



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE**

DIPARTIMENTO DI AREA MEDICA

**Corso di laurea in Tecniche della prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di
lavoro, classe SNT/4**

Tesi di laurea

**LA RILEVAZIONE DEI PARAMETRI FISIologici A
SUPPORTO DELLE VALUTAZIONI
MICROCLIMATICHE: UN CASO STUDIO**

**LAUREANDO:
Cristian Stabile**

**RELATORE:
Dott. Negro Corrado**

**CORRELATORE:
Dott. Marco Rizzo**

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

Sommario

Introduzione	2
Effetti sull'uomo di condizioni ambientali non favorevoli in ambienti moderabili freddi.....	5
Obiettivo.....	6
Materiali e metodi.....	7
Temperatura dell'aria	7
Temperatura media radiante.....	7
Velocità relativa dell'aria	7
Pressione parziale del vapore acqueo.....	7
Metabolismo energetico	7
Isolamento termico dell'abbigliamento	7
Centralina microclimatica	12
Misura della temperatura delle mani.....	20
Questionario ashrae	21
Analisi statistica	22
Risultati	23
Luoghi di indagine	24
Comparazione delle caratteristiche tecniche dei luoghi di indagine:	24
Parametri climatici esterni.....	25
Parametri microclimatici interni	26
Isolamento termico	31
Indici PMV e PPD	33
Sensazione termica individuale.....	35
Grado di soddisfazione	38
Dati misure parametri fisiologici	40
Relazione fra parametri fisiologici e grado di comfort descritto dagli operatori.....	44
Correlazione fra parametri fisiologici e indice PMV.....	45
Regressione lineare dei dati relativi la temperatura del dorso della mano e l'indice PMV	46
Discussione.....	47
Conclusioni	49
Ringraziamenti.....	50
Bibliografia	51
Allegato I	53
Allegato II	58

Introduzione

Trascurriamo una quantità significativa di tempo al chiuso: a casa, al lavoro o in altri ambienti interni. Pertanto, l'ambiente fisico interno gioca un ruolo fondamentale nei confronti del nostro benessere psicofisico, inteso anche come comfort termico. Il comfort termico può essere definito come grado di soddisfazione di un individuo nei confronti dell'ambiente termico circostante. Quest'ultimo è influenzato da diversi fattori, tra cui la temperatura dell'aria, l'umidità, la velocità dell'aria e la temperatura radiante.

In seguito alla legge emanata lo scorso inverno (legge 27 aprile 2022, n.34), che aveva come obiettivo finale la riduzione dei consumi degli edifici, è stato impartito il limite relativo alle temperature medie ponderate dell'aria a *“19 gradi centigradi, più due gradi centigradi di tolleranza”*. L'applicazione di tali restrizioni ha portato alcune strutture nelle quali solitamente le condizioni microclimatiche venivano gestite in funzione del comfort personale dell'individuo in delle nuove condizioni vincolate e standardizzate per la collettività. A causa di queste restrizioni si sono verificate delle condizioni di discomfort microclimatico, che abbiamo scelto di valutare.

Gli ambienti lavorativi e la loro gestione hanno seguito delle variazioni correlate all'avanzamento tecnologico generale. Tale miglioramento è dovuto anche alla necessità di sopperire alle esigenze sempre maggiori di una popolazione lavorativa la cui età media è in crescente aumento con conseguente intensificazione di patologie e problematiche sottovalutate o nemmeno considerate nel secolo scorso.

Il microclima costituisce un fattore centrale nella vita lavorativa di ogni giorno, l'interferenza di quest'ultimo parte dal semplice discomfort fino a poter costituire un vero proprio rischio per la salute degli operatori.

Una condizione microclimatica non confortevole, seppur non fonte di rischio diretto per la salute, può portare ad una significativa riduzione delle performance lavorative, alla mancanza di concentrazione e conseguentemente ad un aumento di probabilità del verificarsi di infortuni.

È definito “microclima” il complesso dei parametri climatici ambientali e altri fattori quali vestiario e scambi termici che vanno ad influire sul locale nel quale un individuo vive o lavora. L'interazione dell'individuo con l'ambiente termico che lo circonda può dar luogo ad una serie di effetti estremamente varia, come ad esempio effetti di tipo percettivo [Parsons, 2003]. Attualmente per quanto concerne gli ambienti analizzati, essi risultano esser disciplinati dall'allegato IV del Dlgs.81/2008 in quanto non costituenti fonte di rischio ma bensì di disagio o discomfort. Ulteriori riferimenti, che ci permettono di definire queste tipologie di ambienti possiamo trovarli in articoli scientifici, normative internazionali o linee guida. A tal proposito è stata delineata una classificazione degli ambienti al fine di definire dei sottogruppi

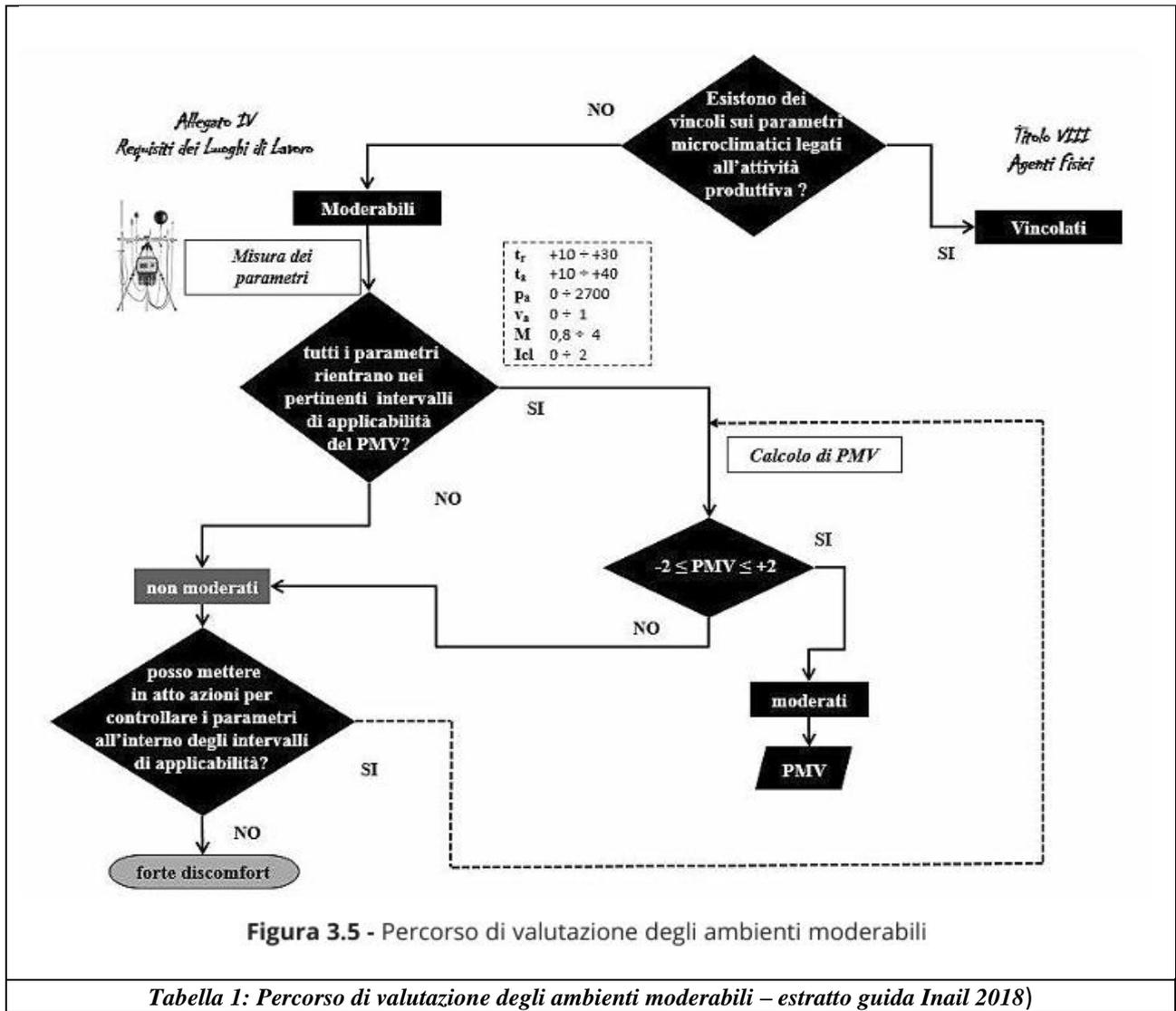
associati a delle specifiche procedure di valutazione.

In primo luogo, è bene definire gli ambienti moderati: ambienti nei quali lo scambio termico fra soggetto ed ambiente consentono il raggiungimento di condizioni prossime all'equilibrio termico; e gli ambienti severi: ambienti nella quale le condizioni ambientali sono tali da determinare nel soggetto uno squilibrio termico che può comportare un fattore di rischio per la salute. Con la presente distinzione si va ad individuare e differenziare quella che potenzialmente è una fonte di discomfort da quella che potenzialmente è una fonte di rischio a tutti gli effetti, tale suddivisione semplifica tutto l'iter di valutazione dell'applicabilità delle specifiche norme tecniche dedicate. [Guida Inail, 2018].

Ulteriore distinzione si ha relativamente alla moderabilità di un ambiente, nello specifico vengono evidenziate due tipologie di ambienti termici: ambienti termicamente moderabili, nella quale non esistono vincoli in grado di pregiudicare il raggiungimento della condizione di comfort; ambienti termicamente vincolati, nella quale c'è un pregiudizio dato dalle temperatura e da altri parametri ambientali, oltre ad essere associati ad un vestiario e/o un'attività metabolica vincolati (per esempio esigenze di processo o lavorazioni in ambiente aperto) [Guida Inail, 2018].

Il grado di comfort microclimatico viene valutato tramite l'uso della centralina microclimatica o di singole strumentazioni che permettono la rilevazione di: temperatura dell'aria, temperatura media radiante, umidità relativa e velocità relativa dell'aria. Sviluppare una campagna di misurazioni per la valutazione del microclima attraverso l'uso della strumentazione precedentemente citata è molto complesso, per questo motivo, per la valutazione degli ambienti moderati, si è tentato di sviluppare un metodo innovativo che renda queste valutazioni più semplici. Attualmente il modello di riferimento per la realizzazione di una valutazione microclimatica consiste in una versione aggiornata del modello matematico frutto dello studio di P.O.Fanger.

Tale studio si è sviluppato andando ad analizzare i dati raccolti durante esperimenti realizzati col coinvolgimento di studenti, i quali sono stati sottoposti a condizioni microclimatiche controllate. Dato queste condizioni di partenza è stato necessario eseguire dei successivi adattamenti per realizzare un modello che potesse essere applicato anche in altri contesti. Nello specifico, il diagramma di riferimento per la determinazione della percentuale di insoddisfatti (PPD index), rappresenta l'esito di una campagna di analisi condotta su un campione di 1300 soggetti [Thermal comfort 1970, P. O. Fanger].



Ulteriori precedenti studi han permesso lo sviluppo di modelli PTS (Predicted Thermal State) basati sulla correlazione fra temperatura della pelle (arti superiori: avambraccio, dita delle mani, dorso polso) e il grado di comfort descritto dagli operatori coinvolti. Verificando il grado di accuratezza del modello si è raggiunto una capacità predittiva pari al 87% dei casi, risultato ottenuto con un modello sviluppato su un campione di 20 soggetti di età compresa fra i 21 e i 26 anni in un range di temperatura compreso fra i 18 e i 27 °C [Tanaya Chaudhuri et al., 2018].

Effetti sull'uomo di condizioni ambientali non favorevoli in ambienti moderabili freddi

Considerare la temperatura ambientale come unico parametro che va ad incidere sullo stato di comfort del lavoratore è una conclusione errata. Tale semplificazione, evidenziata anche nel decreto n. 34 emanato il 28 aprile 2022, va a sottostimare l'importanza degli altri parametri microclimatici, i quali potenzialmente potrebbero rendere una situazione microclimatica che, rispetta il limite di temperatura imposto dalla legge, una condizione di discomfort per il lavoratore. Una situazione di discomfort in una condizione di temperatura entro i limiti legali può essere generata dalla sommatoria degli altri parametri microclimatici (es. forti correnti d'aria).

È altresì vero che anche individualmente l'operatore possiede un leggero margine di gestione della sensazione microclimatica, tale margine può essere influenzato dalla tipologia di vestiario o dalle condizioni diverse di adattamento.

Per esempio, se considerassimo un ipotetico abbassamento della temperatura di un locale di 2 °C con la sola aggiunta di una felpa o un maglione potremmo preservare il grado di comfort [ASHRAE 55, 2020] senza dover intaccare alcun parametro ambientale e conseguentemente impattando in misura minore sui consumi energetici dello stabile.

Tuttavia, condizioni di caldo o freddo eccessivo possono causare una riduzione della produttività e favorire il verificarsi di infortuni e casi di malessere [guida Inail, 2018].

Il comfort ed il discomfort termico rientrano tra le sfumature di segnali forniti dal sistema di piacere-dolore negli animali, incidendo a tal punto da interrompere o modificare le normali funzioni dell'organismo per sopperire alla nuova condizione termica [Nagashima et al, 2018]. Tale modifica potrebbe essere l'origine delle problematiche descritte in precedenza.

Evidenze dirette degli effetti di una condizione microclimatica non adeguata sono stati riscontrati in un campione di 18 soggetti esposti gradualmente a delle temperature fra i 18°C e i 28°C.

In tale studio sono stati eseguiti 11 test di comprensione e ragionamento, i quali risultati hanno evidenziato una variazione nelle capacità dei soggetti, nello specifico si è potuto notare che i lavoratori eseguivano il compito standard in un tempo superiore a quello di base e con un grado di accuratezza inferiore. [Sun C et al., 2021].

Obiettivo

Lo studio si focalizza sulla valutazione del comfort termico in due realtà lavorative in ambienti moderabili, una sottoposta a vincolo termico, l'altra sprovvista di tale vincolo.

La campagna di misurazioni si è svolta impiegando una centralina microclimatica (Delta OHM HD 32.1). al fine di ottenere i relativi indici di PMV e PPD di entrambe le aziende tenendo conto dei parametri metabolici ed il grado di isolamento dei soggetti coinvolti (come descritto da norma tecnica UNI EN ISO 7730).

E' dunque primo scopo dello studio verificare il grado di discomfort derivato dall'applicazione del limite di legge ($19^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

In secondo luogo, basandosi su precedenti studi [Tanaya Chaudhuri et al., 2018, Wu Z et al, 2017], si è proceduto con la misurazione di alcuni parametri fisiologici (temperatura delle mani) al fine di verificarne l'effettivo grado di correlazione con l'indice di PMV corrispondente a tale misurazione.

Materiali e metodi

Come detto in precedenza il microclima è composto da più parametri climatici che influiscono sul lavoratore all'interno dell'ambiente lavorativo, nello specifico per la presente tesi sono stati valutati i seguenti parametri fisici:

Temperatura dell'aria

Temperatura di bulbo secco dell'aria che circonda la persona esposta all'ambiente. [UNI EN ISO 13731:2004]

Temperatura media radiante

Temperatura uniforme di una cavità nera fittizia nella quale un soggetto scambierebbe la stessa quantità di energia termica radiante che si scambia nell'ambiente reale non uniforme [UNI EN ISO 13731:2004]

Velocità relativa dell'aria

Velocità dell'aria (intensità media del vettore velocità in un intervallo di tempo) relativa al soggetto che si trova nell'ambiente, che tiene conto dei movimenti del corpo [UNI EN ISO 13731:2004]

Pressione parziale del vapore acqueo

Pressione che il vapore d'acqua eserciterebbe se da solo occupasse il volume occupato dall'aria umida alla stessa temperatura. [UNI EN ISO 13731:2004].

Ed i seguenti parametri individuali:

Metabolismo energetico

Trasformazione nell'unità di tempo di energia chimica in energia termica e meccanica a seguito di attività metaboliche aerobiche ed anaerobiche all'interno di un organismo, generalmente riferita all'unità di area della superficie totale corporea [UNI EN ISO 13731:2004]

Isolamento termico dell'abbigliamento

Isolamento termico intrinseco dell'abbigliamento, ovvero resistenza termica di uno strato uniforme di isolante disposto su tutto il corpo che, in condizioni di riferimento (persona immobile, aria stagnante), ha lo stesso effetto sul flusso termico sensibile che ha l'abbigliamento reale [UNI EN ISO 13731:2004]

Nel luglio del 2018 è stata emessa la prima linea guida per la valutazione del microclima da parte dell'INAIL (Istituto nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro). L'opuscolo è stato redatto al fine di fornire uno strumento di valutazione che sintetizzasse le attuali conoscenze in materia. Il documento è suddiviso in 5 capitoli che trattano nello specifico sia gli ambienti moderabili che gli ambienti vincolati (caldi e freddi), al fine della presente tesi si è fatto riferimento alla sola parte

inerente agli ambienti moderabili come tipologia di approccio alla valutazione del comfort termico in un ambiente moderabile.

Il d.lgs.81/2008 al titolo IV racchiude al suo interno dei riferimenti e delle quantità fisiche significative per la valutazione del grado di comfort termico ma non contiene alcuna indicazione né riguardo agli indici sintetici da utilizzare né riguardo ad eventuali valori limite di accettabilità [linea guida inail, 2018].

La linea guida applica come tipologia di approccio la medesima descritta all'interno della norma tecnica UNI EN ISO 7730 andando a determinare i relativi PMV e PPD.

L'attuale stato dell'arte nell'ambito della valutazione del grado di comfort microclimatico è dato dalla norma tecnica UNI EN ISO 7033, derivata della norma tecnica ASHRAE 55 (American Society of heating, refrigerating and air conditioning engineers). Le suddette norme restituiscono degli indici di PMV e PPD ed una valutazione del discomfort locale data da una valutazione puntuale dell'incidenza di:

- Differenza verticale di temperatura dell'aria tra testa e caviglie;
- Temperatura del pavimento;
- Asimmetria della temperatura radiante.

Al fine della presente tesi si è tenuto conto dei seguenti parametri: Il PMV (predicted mean vote – voto medio previsto) “è un indice che prevede il valore medio dei voti di un consistente gruppo di persone sulla scala di sensazione termica a 7 punti, basato sul bilancio di energia termica umano, che è verificato quando la produzione interna di energia termica uguaglia la quantità di energia termica ceduta all'ambiente”. [UNI EN ISO 7730]

Scala di valutazione	Sensazione termica
+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Abbastanza caldo
0	Né caldo né freddo
-1	Abbastanza freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo

Nel presente studio l'indice di PMV è stato ricavato direttamente impiegando il software della centralina dedicata che va ad applicare il codice sorgente descritto all'interno della norma 7730.

Per il calcolo del PMV sono necessari tutti i parametri descritti all'inizio del presente capitolo.

L'impiego del software è stato necessario a causa della mole di dati e della complessità del sistema di equazioni da risolvere per ottenerlo.

L'equazione impiegata ha origine (con modifiche avvenute nel tempo) dagli studi storici di P.O. Fanger relativi ad un'esposizione controllata di 1300 soggetti in condizioni microclimatiche controllate.

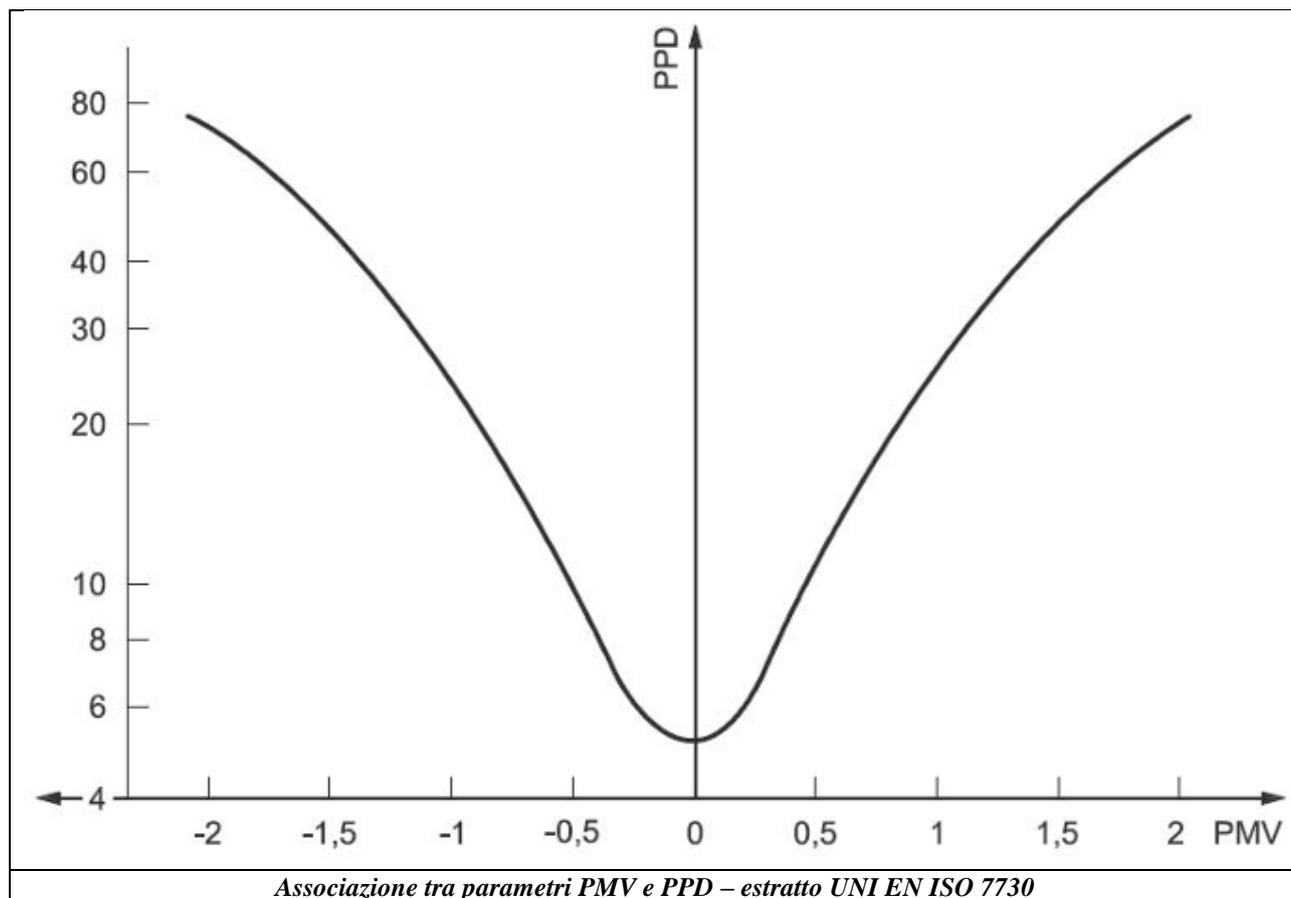
Trattandosi di un giudizio medio implica la non certa soddisfazione di tutti gli individui presi in esame, a tal proposito è stato introdotto il PPD (predicted percentage of dissatisfied – percentuale prevista di insoddisfatti).

Il rapporto fra i due indici è dato dalla seguente relazione:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp - (0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)$$

Dalla quale si può dedurre che il valore minimo associato ad un PMV pari a 0 corrisponde ad una percentuale di insoddisfatti minima del 5%

Rappresentando graficamente l'equazione precedentemente descritta si ottiene la seguente curva:



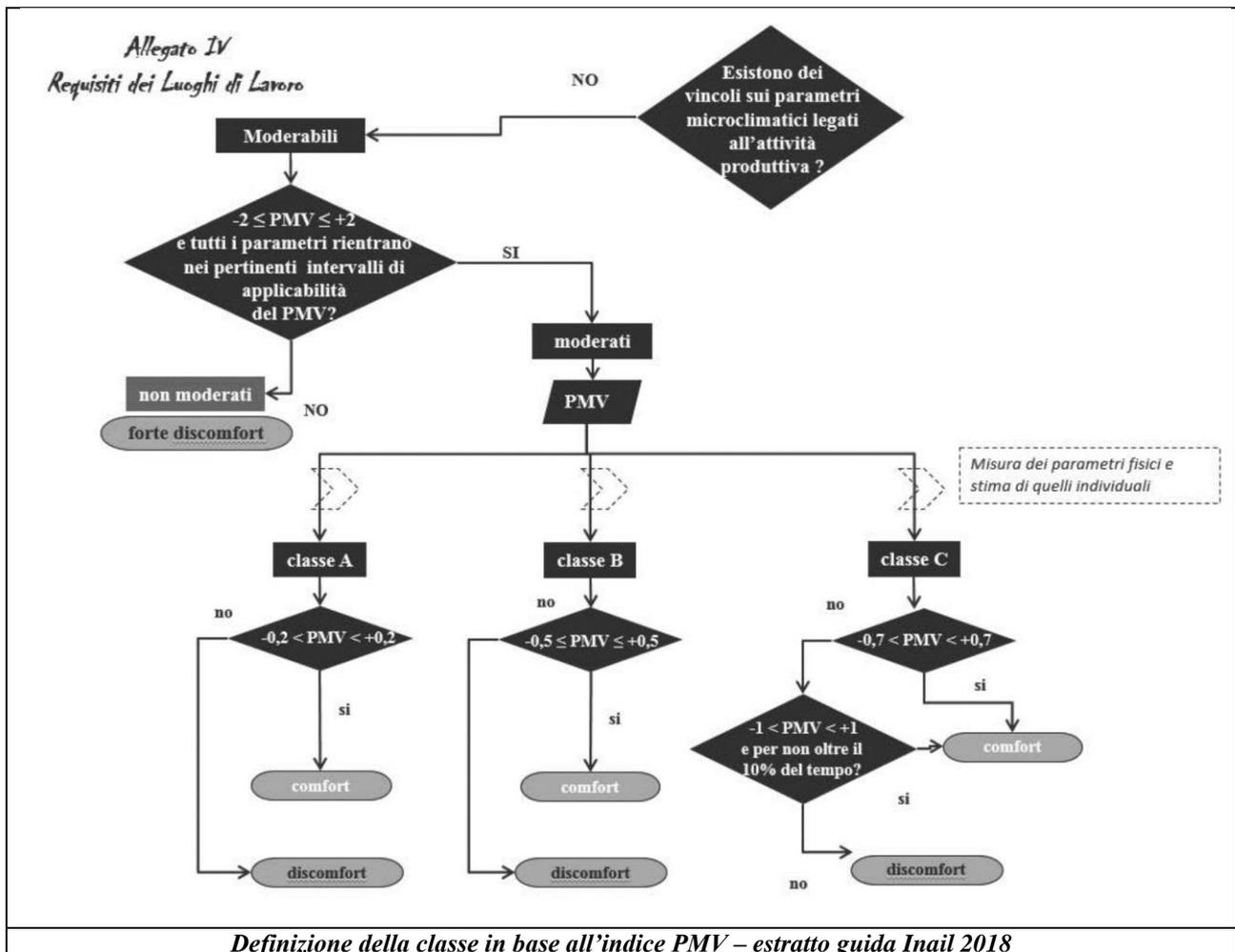
Una volta determinato il PMV ed PPD è possibile comparare tali risultati con i valori indicati dalla norma e dedurne la classe di appartenenza.

Tali valori sono rappresentati nella presente tabella:

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	vertical air temperature difference	PD % caused by warm or cool floor	radiant asymmetry
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Limiti di accettabilità – estratto UNI EN ISO 7730

La logica di applicazione e lettura dei parametri limite precedentemente descritti è la seguente:



Generalmente ad ogni ambiente ha una classe di riferimento in base alla destinazione d'uso. Solitamente le classi corrispondono ai seguenti impieghi del luogo:

Classe A: livello che dovrebbe essere adottato in presenza di soggetti termicamente vulnerabili (bambini, anziani, persone con disabilità);

Classe B: livello di riferimento per ambienti comuni;

Classe C: livello ai limiti di accettabilità ai fini del comfort: introduce perdita di prestazioni nell'espletamento delle attività.

[PAF, portale agenti fisici, https://www.portaleagentifisici.it/faq_viewer_microclima.php?id=78]

Centralina microclimatica

La presente campagna di misure è stata effettuata interamente mediante l'utilizzo della centralina microclimatica DELTA OHM HD 32.1

La centralina impiegata dispone di 8 sonde, nello specifico:

TP3207	Sonda temperatura bulbo secco.
TP3275	Sonda globotermometro Ø 150mm (in alternativa TP3276).
TP3276	Sonda globotermometro Ø 50mm (in alternativa TP3275).
HP3217DM	Sonda a due sensori per la misura della temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale e della temperatura a bulbo secco (in alternativa a: HP3201 e TP3207).
AP3203	Sonda a filo caldo omnidirezionale (0°C...+80°C).
AP3203-F	Sonde a filo caldo omnidirezionale (-30°C...+30°C).
HP3201	Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale.
HP3217 R	Sonda combinata temperatura e umidità relativa.

Specifica delle sonde - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1

Il riconoscimento delle sonde avviene automaticamente all'accensione dello strumento in ordine crescente dal primo ingresso fino l'ottavo. L'unica sonda vincolata ad un ingresso specifico è la ventolina necessaria per la misura della velocità dell'aria, completa di modulo SICRAM, la quale va obbligatoriamente connessa all'ottavo ingresso.



Interfaccia della centralina - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1



Interfaccia I/O della centralina - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1

Di seguito verranno descritti sinteticamente i comandi e le interfacce della centralina:

1. Tasto **ON/OFF**: accende e spegne lo strumento.
2. Tasto **TIME**: permette la visualizzazione di **data** e **ora**, sulla prima riga del display per circa 8 secondi.
3. Tasto **SHIFT FNC**: attiva la finestra di scelta rapida.
4. Display grafico.
5. Tasti funzione **F1**, **F2**, **F3**: attivano la funzione indicata nell'ultima riga del display.
6. Tasto **ENTER**: all'interno dei menù conferma il dato inserito.
7. Tasto **ESC**: permette di uscire dal menù o, nel caso di sottolivello di menù, esce dalla visualizzazione del livello corrente.
8. Tasti di navigazione **▲ ▼ ◀ ▶**: permettono la navigazione all'interno dei menù.
9. Tasto **PRINT**: avvia e termina l'invio dei dati alla porta di comunicazione seriale/USB.
10. Tasto **MEM**: permette l'avvio e l'arresto della memorizzazione dei dati.
11. Tasto **SETUP**: permette l'ingresso e l'uscita dal menù di impostazione dei parametri di funzionamento dello strumento.
12. Ingressi SICRAM per le sonde.
13. Vano batterie.
14. Porta seriale RS232.
15. Porta USB.
16. Ingresso per alimentatore.

L'utilizzo delle sonde è vincolato alla tipologia di misurazione effettuata le quali a loro volta sono vincolate alla tipologia di programma selezionato. Il dispositivo presenta tre tipologie di programmi preinstallati (A, B e C)

Software DeltaLog10	Programma Operativo	Principali Indici calcolati		Ambienti	Norma di riferimento
DeltaLog10 BASE	Prog.A	t_a : Temperatura dell'aria t_r : Temperatura media radiante PMV: Voto medio previsto PPD: Percentuale di insoddisfatti DR: Rischio da correnti d'aria t_o : Temperatura operativa	IS: Indice di Scharlau DI: Indice di Thom THI: Indice Termoigrometrico RSI: Indice di Tensione Relativa SSI: New Summer Simmer Index HI: Indice di Calore H: Indice Humidex T_{eq} : Indice di Temperatura Equivalente Per il calcolo di questi indici è necessario rilevare UR e temperatura dell'aria e inserire i valori misurati nelle tabelle "Indice di Disagio"	Moderati	ISO 7730
DeltaLog10 Ambienti caldi	Prog.A	WBGT: temperatura a bulbo umido e del globotermometro SW_e : Sweat rate (tasso di sudorazione) $E_{p,req}$: Predicted evaporative heat flow (Flusso di calore evaporativo previsto) PHS: Predicted Heat Strain Model		Severi caldi	ISO 27243 ISO 7933
DeltaLog10 Ambienti freddi	Prog.A	IREQ: Isolamento richiesto DLE: Durata limite di esposizione RT: Tempo di recupero richiesto WCI: Wind chill index(Indice di raffreddamento da Vento)		Severi freddi	ISO 11079
DeltaLog10 Analisi di Discomfort	Prog.B	PD_v : Insoddisfatti da differenza di temperatura verticale (testa-caviglie) PD_p : Insoddisfatti da temperatura del pavimento PD_a : Insoddisfatti da asimmetria radiante		Moderati	ISO 7730
DeltaLog10 BASE	Prog.C	t_a : temperatura dell'aria RH-t: Umidità-temperatura V_a -t: Velocità dell'aria, temperatura e portata lux: Illuminanza cd/m^2 : Luminanza $\mu W/m^2$: Irradianza W/m^2 : Irradianza $\mu mol/m^2s$: PAR ppm: CO e CO ₂	FLD: Fattore medio di Luce Diurna Per il calcolo dell'indice FLD è necessaria la misura della luce (sonda luxmetro LP 471 Phot). Necessità del programma "HD32.1 prog. C".	Uso generale	

Specifica dei programmi della centralina - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1

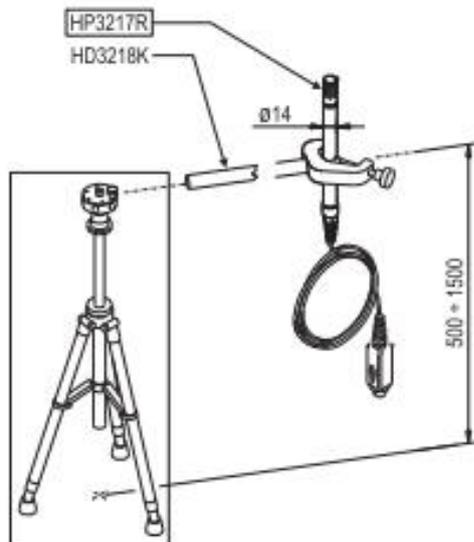
Per lo svolgimento della campagna di misurazioni è stata richiesta la connessione delle seguenti sonde:

- TP 3275 – sonda globotermometro diametro 150 mm
- AP 3203 – sonda a filo caldo omnidirezionale (range 0-80°C)
- HP 3217 – sonda combinata temperatura e umidità relativa

Ciascuna riga indica la combinazione delle sonde da impiegare per il calcolo dei vari indici

	TP3207	TP3275	TP3276	AP3203 AP3203-F	HP3201 TP3204S	HP3217	HP3217DM
t_a : Temperatura dell'aria.	•					•	•
t_r : Temperatura media radiante.	•	•	•	•			
PMV : Voto medio previsto. PPD : Percentuale di insoddisfatti	•	•	•	•		•	•
DR : Rischio da correnti d'aria.	•			•		•	•
t_o : Temperatura operativa.	•	•	•	•			•
t_{eq} : Temperatura equivalente.	•					•	•

Specifica delle sonde previste in base agli indici da rilevare - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1



HP3217R

Sonda combinata temperatura e umidità relativa. Impiegata nelle misure degli indici di comfort ambientali

Sensori tipo: - Pt100 a film sottile per temperatura
- Sensore capacitivo per umidità relativa.

(*) Incertezza di misura: temperatura: 1/3 DIN
umidità relativa: $\pm 2.5\%$

Campo di misura: temperatura: $-40^{\circ}\text{C} \dots +100^{\circ}\text{C}$
umidità relativa: $0 \dots 100\% \text{UR}$

Collegamento: 7 fili più modulo SICRAM

Connettore: 8 poli femmina DIN45326

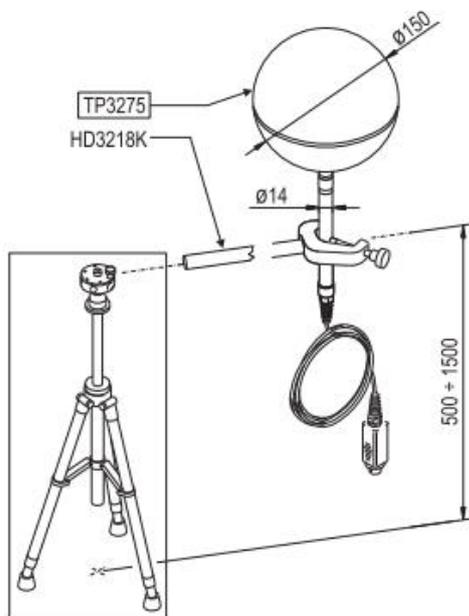
Lunghezza cavo: 2 metri

(**) $T_{95} \% \text{UR}$ 1 minuto

T_{95} Temperatura 15 minuti



Specifiche sonda HP 3217 - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1



TP3275

Sonda globotermometro Ø=150 mm secondo norme ISC 7243 - ISO 7726

Sensore tipo:

Pt100

(*) Incertezza di misura:

Classe 1/3 DIN

Campo di misura:

-10°C ... +100°C

Collegamento:

4 fili più modulo SICRAM

Connettore:

8 poli femmina DIN45326

Lunghezza cavo:

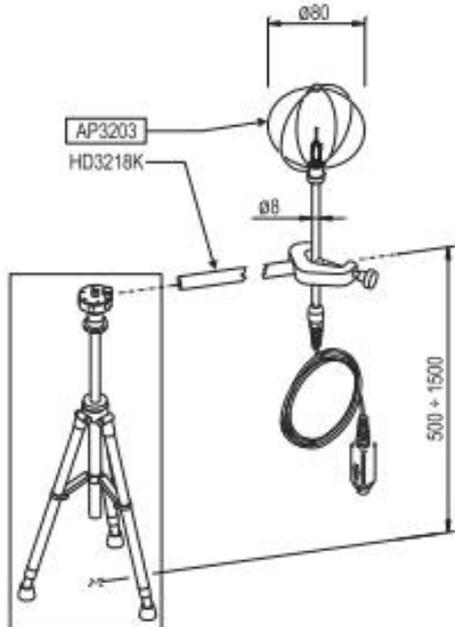
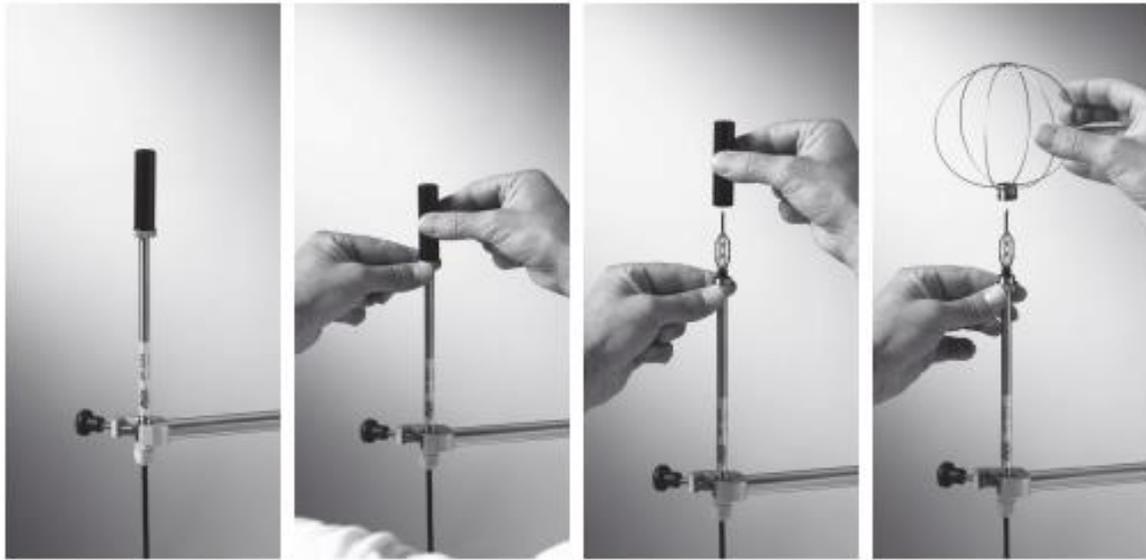
2 metri

(**) Tempo di risposta T₉₅

15 minuti



Specifiche sonda TP 3275 - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1



AP3203 / AP3203-F

Sonda a filo caldo omnidirezionale.

Sensore tipo: NTC 10kOhm

(*) Incertezza di misura: $\pm 0.2 \text{ m/s}$ (0.1 ... 1 m/s)
 $\pm 0.3 \text{ m/s}$ (1 ... 5 m/s)

Campo di misura: 0.1 ... 5m/s

0°C ... +80°C (per AP3203) / -30°C ... +30°C (per AP3203-F)

Collegamento: 7 fili più modulo SICRAM

Connettore: 8 poli femmina DIN45326

Lunghezza cavo: 2 metri

Specifiche sonda TP 3275 - estratto manuale d'uso Delta OHM HD 32.1

Le misurazioni sono state eseguite in modo tale che esse risultino rappresentative di tutte le postazioni occupate nella abituale attività lavorativa dai soggetti sottoposti allo studio.

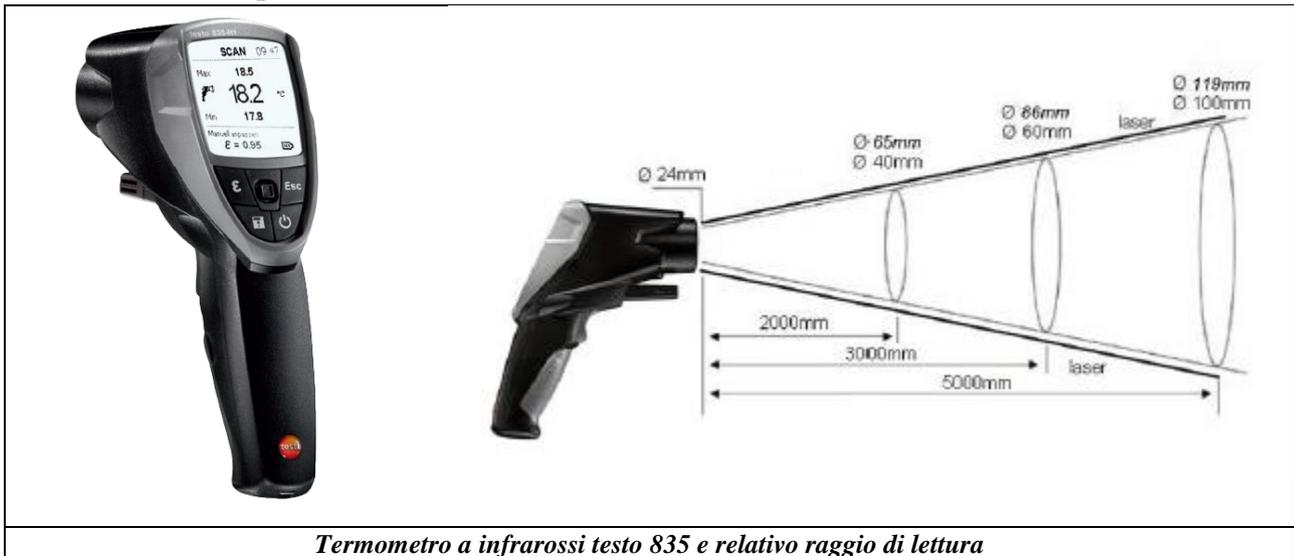
Le misure sono state eseguite all'altezza dell'addome (1,1 m per soggetti in piedi e 0,6 m per soggetti seduti) [UNI EN ISO 7726, tabella 5].

Di seguito viene riportato un esempio di misurazione avvenuta all'interno di un ufficio dell'azienda B:



Esempio di misurazione

Misura della temperatura delle mani



Termometro a infrarossi testo 835 e relativo raggio di lettura

In associazione alle misure microclimatiche sono state eseguite delle misurazioni della temperatura di:

- Dita della mano;
- Dorso della mano;
- Polso interno;
- Dorso dell'avambraccio

Tutte le misure sono state eseguite sull'arto superiore sinistro dei lavoratori prestando attenzione ad eventuali fattori confondenti come lavaggio delle mani con acqua calda avvenuto in prossimità delle misurazioni, esposizione ad ambienti esterni all'area di riferimento precedentemente alle misurazioni. Le misurazioni sono state effettuate mediante termometro a raggi infrarossi "testo 835" ad una distanza di misurazione non superiore ai 20cm.

La scelta specifica dell'arto sinistro è dovuta proprio al minor utilizzo di quest'ultimo da parte degli operatori che nella totalità sono risultati destrorsi. Dunque, la mano sinistra non dovendo muovere il puntatore (mouse) risulta esser meno utilizzata e conseguentemente meno vascolarizzata e riscaldata dal flusso sanguigno.

Questionario ashrae

Il questionario impiegato per lo studio (allegato I) fa riferimento al modello proposto dallo standard Ashrae 55, componendosi nello specifico dei seguenti elementi:

- Anagrafica del luogo specifico e dell'operatore;
- Campo identificativo della misurazione memorizzata dalla centralina;
- Dati fisici ambientali e dati soggettivi degli operatori;
- Parte relativa al grado di soddisfazione in tempo reale;
- Parte relativa al grado di soddisfazione a livello assoluto.

Il questionario è stato predisposto mantenendo gli elementi costitutivi dello standard Ashrae 55 a cui sono stati aggiunti i parametri relativi alla misurazione della temperatura dell'avambraccio e delle mani previsti nell'ambito della presente indagine.

Analisi statistica

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Jamovi, usando i test T, il test di Mann-Whitney per il confronto delle medie assieme a delle analisi di regressione lineare.

Nello specifico tali test trovano i seguenti impieghi:

Il **T-test** è un tipo di test statistico utilizzato per confrontare due gruppi di dati per determinare se ci sono differenze significative tra di essi. È particolarmente utile quando si desidera stabilire se la differenza tra le medie dei due gruppi è statisticamente significativa. Il t-test prende il nome dalla statistica "t" che segue una distribuzione t di Student.

In sintesi, il t-test è uno strumento fondamentale nell'analisi statistica dei dati per stabilire se le differenze osservate tra due gruppi di dati sono probabilmente dovute a effetti reali o semplicemente al caso.

Il test di **Mann-Whitney** è un altro test statistico utilizzato per confrontare due gruppi di dati, ma a differenza del t-test, è un test non parametrico. Questo significa che il test di Mann-Whitney non fa alcuna ipotesi sulla distribuzione dei dati sottostanti e può essere utilizzato quando i dati non soddisfano i requisiti delle distribuzioni normali richiesti dal t-test.

La regressione lineare è una tecnica statistica utilizzata per analizzare la relazione tra una variabile dipendente (o variabile risposta) e una o più variabili indipendenti (o variabili predittive). La sua principale utilità è quella di modellare e quantificare la relazione lineare tra queste variabili.

Risultati

Le misurazioni sono state svolte nel periodo compreso fra il 7 dicembre 2022 e il 2 febbraio 2023 ad un campione totale di 171 operatori divisi in sedi diverse.

Le aziende coinvolte che nelle successive pagine saranno indicate con “azienda A” ed “azienda B”, sono realtà d’ufficio che si occupano principalmente di attività di carattere amministrativo.

Gli operatori coinvolti svolgono quasi interamente la loro attività da seduti ad eccezione delle due pause giornaliere (mattina e pomeriggio).

Tabella riassuntiva dei dati relativi al campione coinvolto:

AZIENDA	N operatori
Azienda A	53
Azienda B	118

Distribuzione per età del campione:

	AZIENDA	ETA'
Media	Azienda A	44.9
	Azienda B	47.3
Mediana	Azienda A	45
	Azienda B	49
Deviazione standard	Azienda A	8.86
	Azienda B	11.3
Minimo	Azienda A	30
	Azienda B	20
Massimo	Azienda A	60
	Azienda B	64

I questionari raccolti evidenziano la presenza di operatori aventi un’età prevalente compresa fra i 40 ed i 50 anni.

Luoghi di indagine

Le strutture sito di indagine non differivano significativamente per età di costruzione e per tecnologia edile impiegata ma va sottolineato che gli infissi dell'azienda B risultavano essere recentemente sostituiti con serramenti a taglio termico. Nell'azienda B inoltre erano inoltre stati recentemente sostituiti i dispositivi di riscaldamento e climatizzazione in tutti gli uffici della struttura.

Le postazioni degli operatori in entrambi i casi dispongono dei classici arredi da ufficio, i tavoli realizzati in legno truciolare rivestito di materiale plastico e le sedie a 5 razze con schienale regolabile. Lo schienale in ogni caso era composto da un frame metallico racchiuso posteriormente da un guscio plastico e protetto frontalmente da un cuscino traspirante.

Finestre ed infissi in entrambi i casi disponevano di opportuna maniglia di apertura con modalità "anta/ribalta", solamente nell'azienda "A" le finestre disponevano di tapparella avvolgibile esterna che veniva utilizzato dagli operatori come ulteriore fonte di isolamento per le ore esterne a quelle operative (impiegate per non far calare eccessivamente la temperatura della stanza nelle ore notturne e conseguentemente ritrovare temperature ancor più basse il mattino seguente).

Comparazione delle caratteristiche tecniche dei luoghi di indagine:

	Azienda A (con vincolo legislativo di temperatura)	Azienda B (esente da vincolo)
Presenza di coibentazioni o cappotti isolanti	assente	assente
Vetrocamera (camera singola)	si	si
Infissi	Infissi in alluminio, termicamente conduttivi e guarnizioni in pessimo stato	Infissi sostituiti recentemente con ottima capacità isolante
Uniformità del riscaldamento	Impianto disomogeneo	Ottima omogeneità
Presenza di zone di accesso frequente (porte che danno verso l'esterno)	Assenti	Assenti
Distribuzione su più piani	Si (2 piani)	Si (7 piani)

Parametri climatici esterni

Parallelamente alle misurazioni microclimatiche interne si è provveduto alla registrazione dei corrispettivi parametri esterni forniti dall'ARPA sul portale Osmer dedicato.

Distribuzione dei parametri esterni registrati:

	Temperatura Esterna Osmer	Umidita' Esterna Osmer	Velocita' Vento Osmer
Media	6,28	72,8	19,7
Mediana	7,30	75,0	14
Deviazione st.	3,20	13,4	20,2
Minimo	-2,70	50,0	2
Massimo	10,8	92,0	77

Parametri microclimatici interni

Per la raccolta dei dati interni alle strutture è stata impiegata la centralina microclimatica con le tre sonde associate alla tipologia di misurazione prevista dal presente studio.

I dati raccolti seguono la seguente distribuzione:

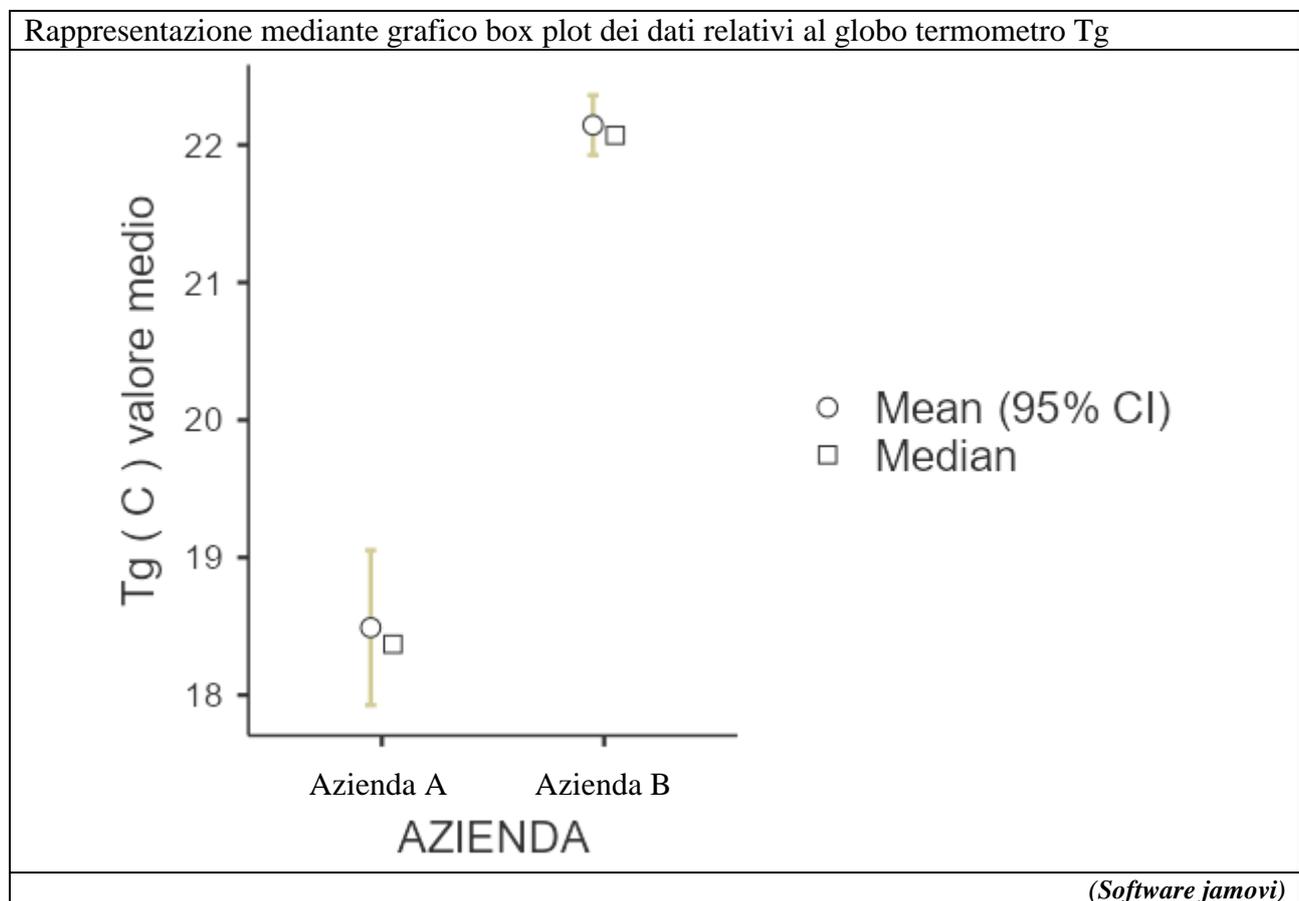
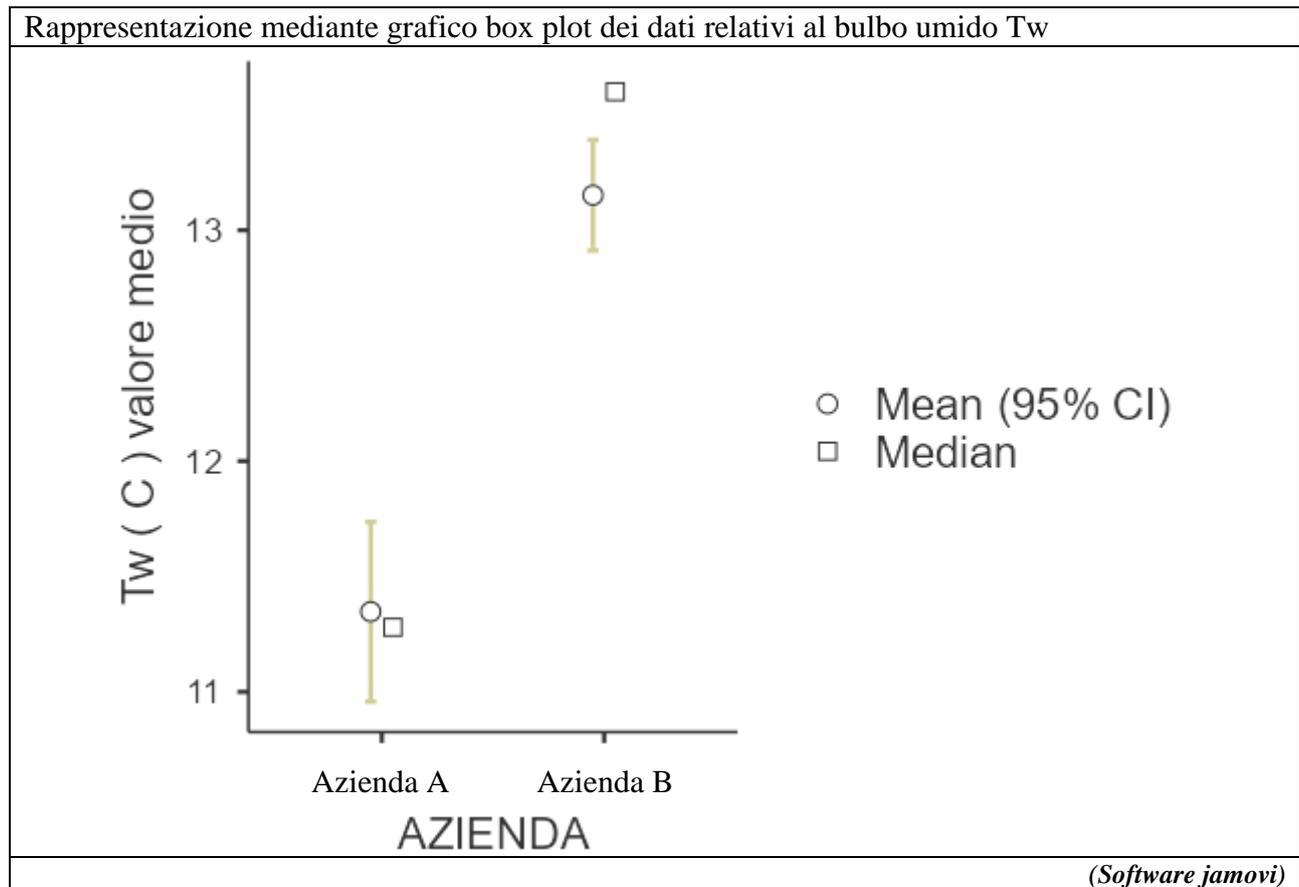
Distribuzione dei valori relativi ai parametri microclimatici interni					
	Azienda	Media	Mediana	SD	SE
Tw (C) valore medio	Azienda A	11,35	11,30	1,45	0,20
	Azienda B	13,15	13,60	1,33	0,12
Tg (C) valore medio	Azienda A	18,49	18,40	2,09	0,29
	Azienda B	22,14	22,07	1,20	0,11
Ta (C) valore medio	Azienda A	18,73	18,60	1,69	0,23
	Azienda B	22,32	22,32	1,17	0,11
Pr (hPa) valore medio	Azienda A	999,52	999,00	1,48	0,20
	Azienda B	998,04	997,80	7,24	0,67
RH (%) valore medio	Azienda A	38,95	39,10	4,26	0,58
	Azienda B	33,20	34,18	7,54	0,69
Va (m/s) valore medio	Azienda A	0,01	0,00	0,01	0,00
	Azienda B	0,02	0,01	0,02	0,00
Tr (C) valore medio	Azienda A	18,71	18,80	1,66	0,23
	Azienda B	21,88	22,10	1,82	0,17

La temperatura dell'aria misurata come definito inizialmente presuppone due temperature di riferimento differenti come comprovato anche dalle misurazioni.

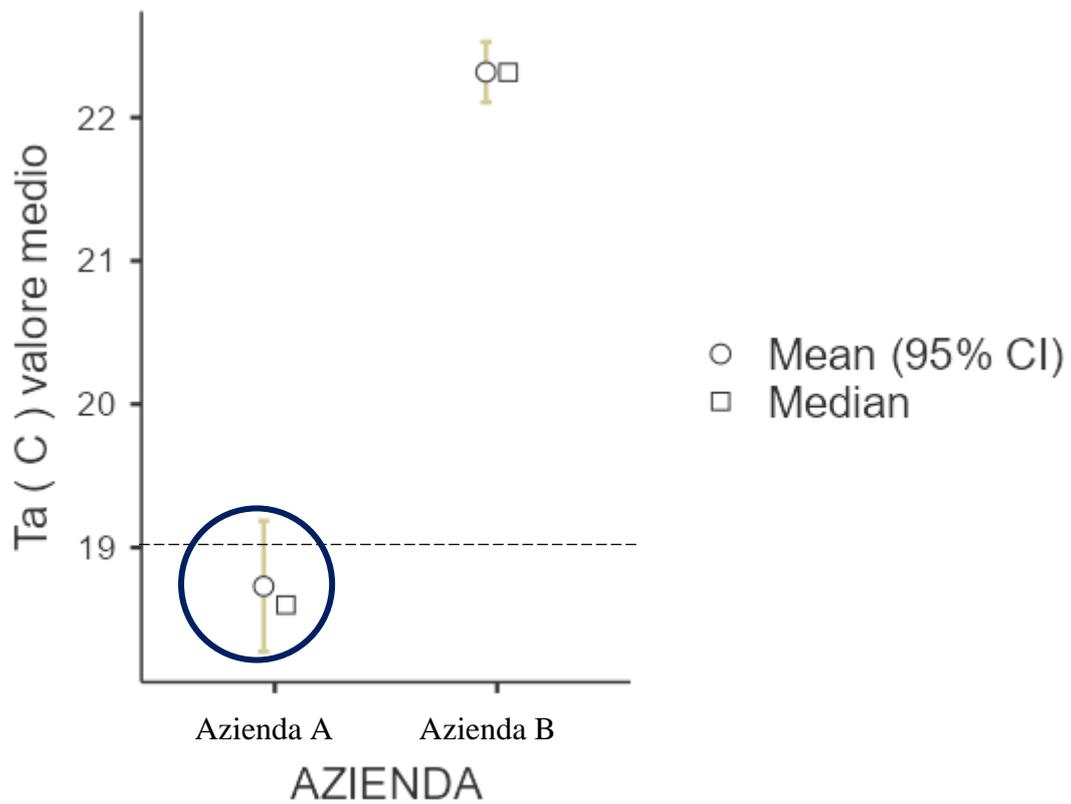
Per ognuno dei valori misurati sono state rilevate delle differenze significative ai fini statistici ad esclusione della pressione atmosferica. Il parametro con maggior differenza fra i due campioni risulta esser la temperatura dell'aria come descritto nella presente tabella riepilogativa:

Test T di indipendenza relativo ai parametri fisici rilevati				
	Tipologia test	Statistic	df	p
Tw (C) valore medio	Student's t	-7,99	169	<,001
	Mann-Whitney U	1168		<,001
Tg (C) valore medio	Student's t	-14,41	169	<,001
	Mann-Whitney U	274		<,001
Ta (C) valore medio	Student's t	-16,04	169	<,001
	Mann-Whitney U	287		<,001
Pr (hPa) valore medio	Student's t	1,47	169	0,145
	Mann-Whitney U	2091		<,001
RH (%) valore medio	Student's t	5,19	169	<,001
	Mann-Whitney U	1722		<,001
Va (m/s) valore medio	Student's t	-3,54	169	<,001
	Mann-Whitney U	1898		<,001
Tr (C) valore medio	Student's t	-10,80	169	<,001
	Mann-Whitney U	530		<,001

Di seguito vengono riportati i grafici relativi la distribuzione dei parametri misurati:

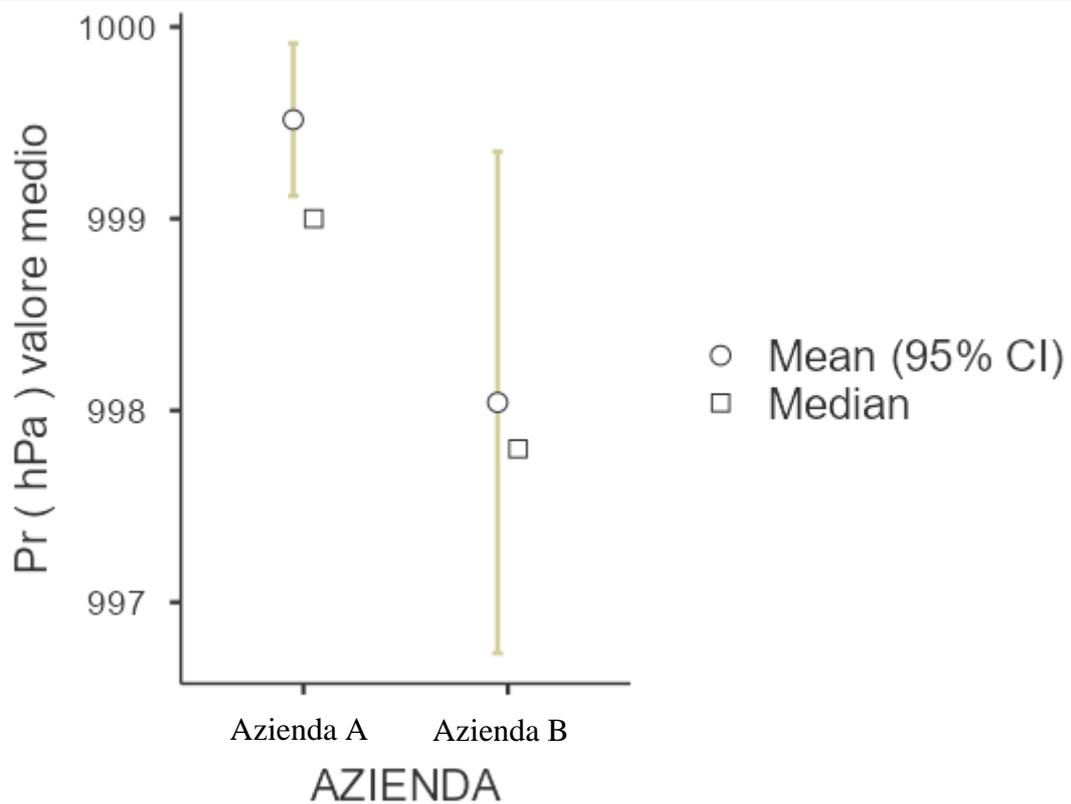


Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi



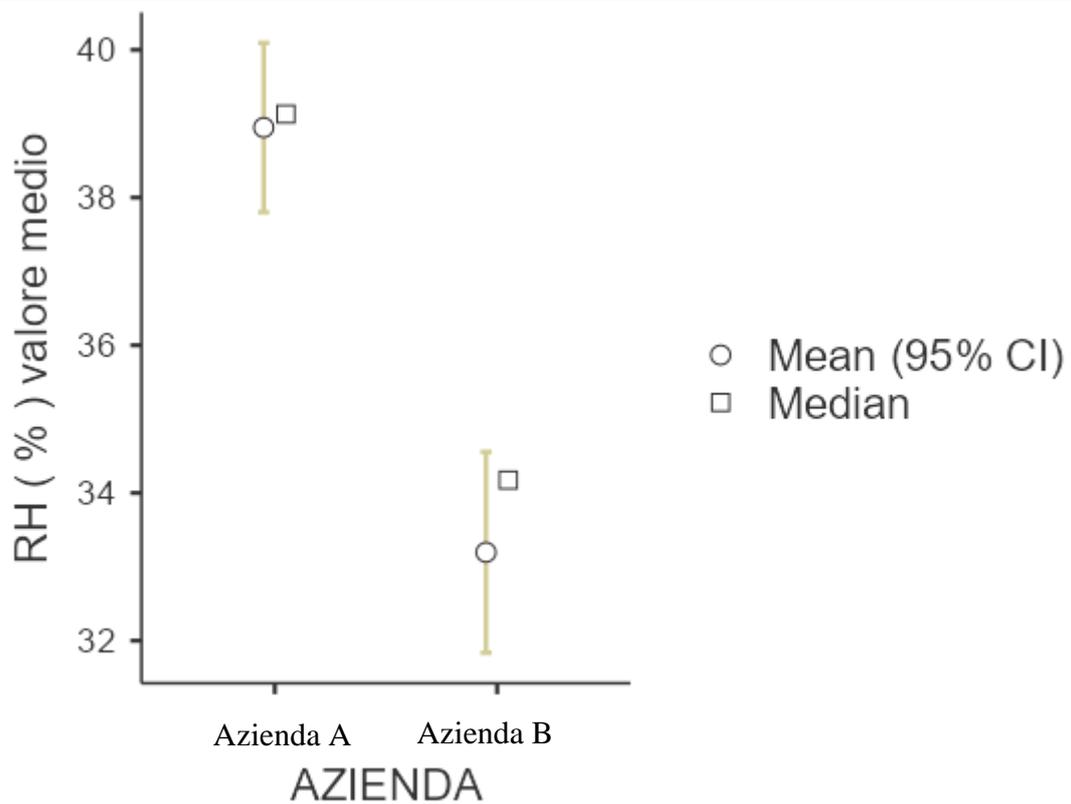
(Software jamovi)

Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi la pressione atmosferica Pr



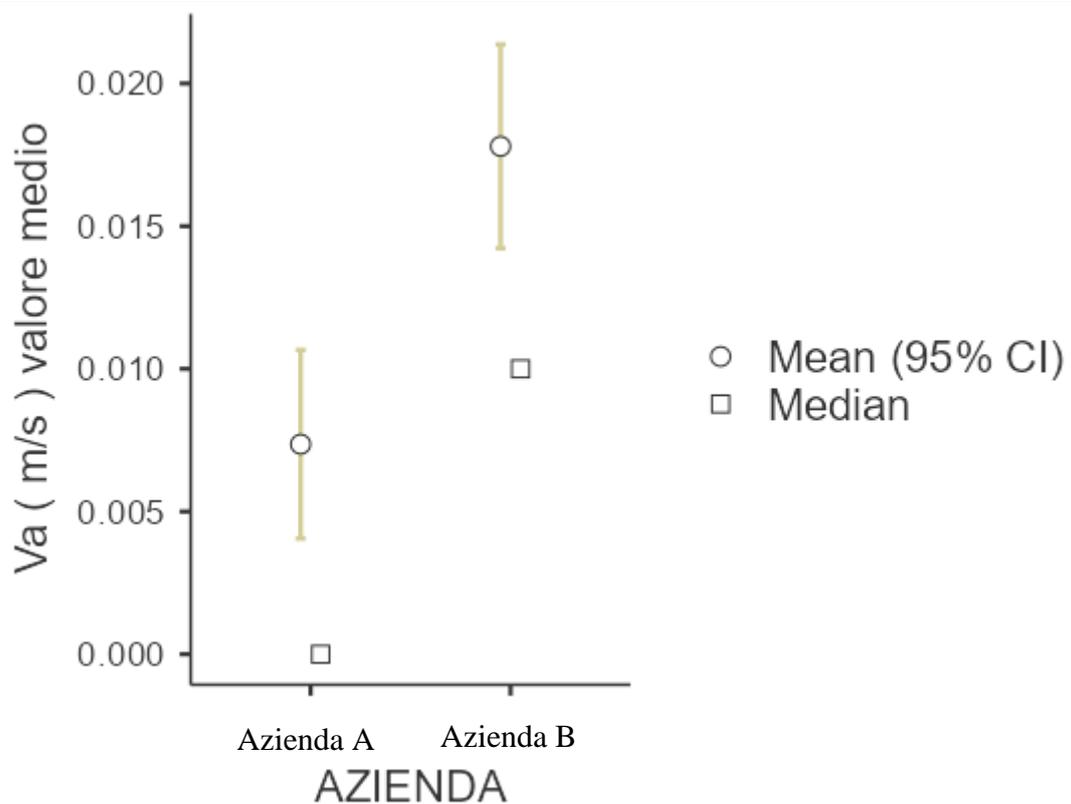
(Software jamovi)

Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi l'umidità relativa RH



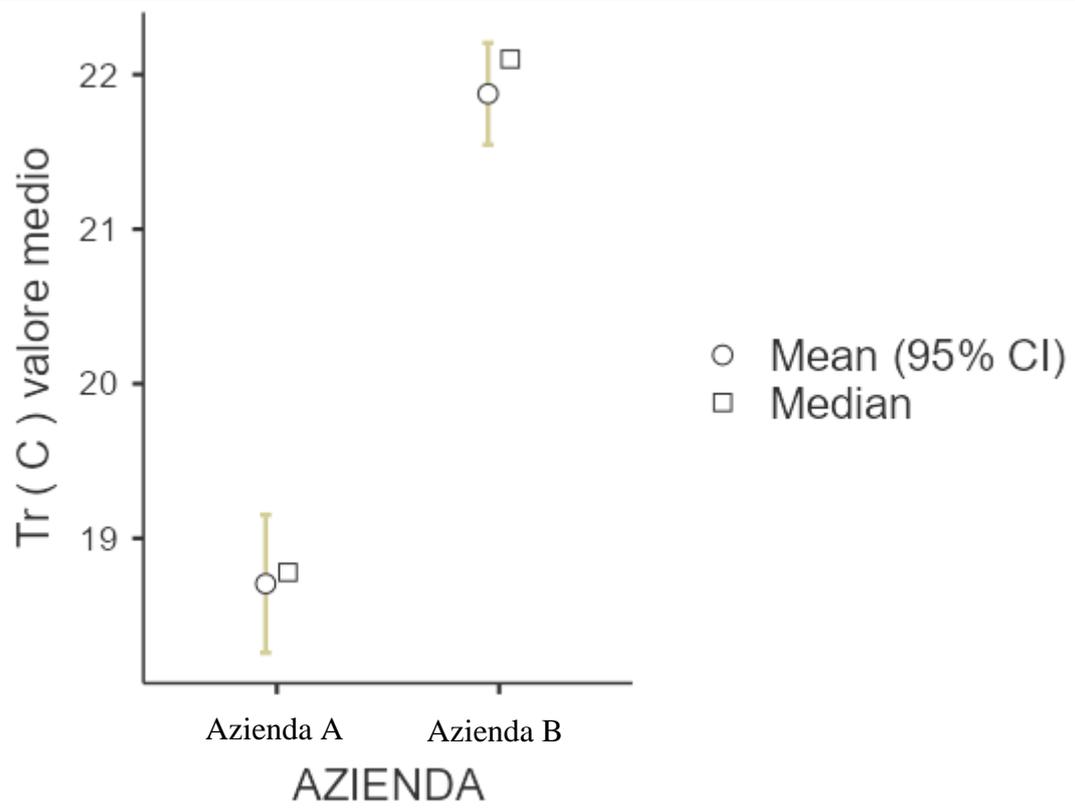
(Software jamovi)

Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi la velocità dell'aria Va



(Software jamovi)

Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi la temperatura radiante Tr



(Software jamovi)

Isolamento termico

Di seguito vengono riportati i dati relativi all'indice di "clo" rilevato. Vale a dire il quantitativo di vestiario indossato dagli operatori stimato e quantificato per ogni singolo indumento in base ai valori tabellati presenti nel prospetto C.2 della norma UNI EN ISO 7730.

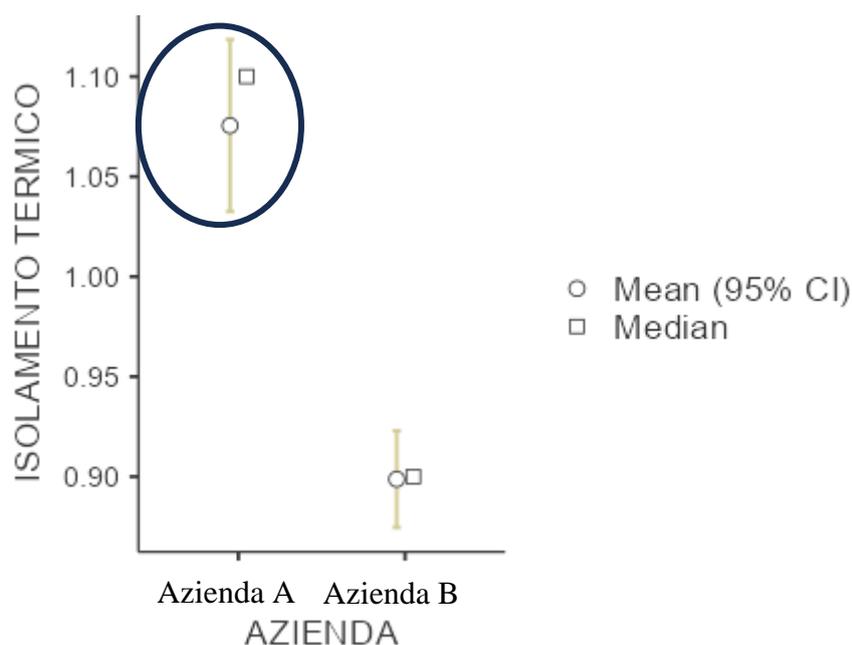
Ogni indumento possiede un relativo valore di "clo" associato, la somma di tutti gli indici attribuiti per ogni indumento indossato da un operatore fornisce il valore di "clo" totale e conseguentemente il grado di isolamento termico per ogni singolo operatore.

L'attività metabolica attribuita ad ogni operatore è relativa ad un'attività di carattere puramente sedentario. Alla quasi totalità degli operatori è stata attribuita un'attività metabolica pari a 1,2 MET. 1 MET equivale a 58,2 W/m² ed è un'unità di misura che stima la quantità di energia utilizzata dal nostro organismo durante un'attività rispetto a quando siamo a riposo. Si esprime in termini di consumo di ossigeno, o a volte di kilocalorie. 1 MET corrisponde a 3,5 ml di O₂/kg/min oppure a 1 Kcal/kg/h [UNI EN ISO 13731:2004]

Distribuzione dei parametri relativi l'isolamento termico e l'attività metabolica del campione:

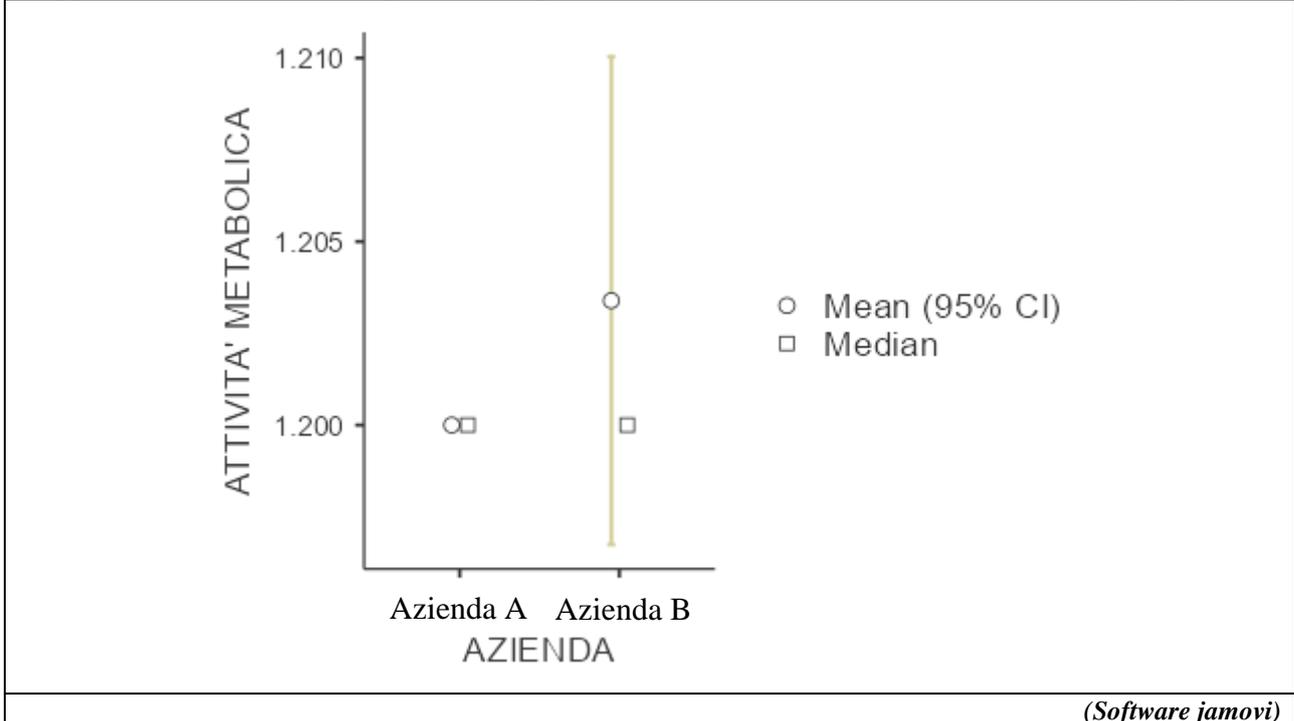
	Azienda	N	Media	Mediana	SD	SE
Isolamento termico	Azienda A	53	1.08	1.10	0.16	0.02
	Azienda B	118	0.9	0.90	0.13	0.01
Attività metabolica	Azienda A	53	1.20	1.20	0.00	0.00
	Azienda B	118	1.20	1.20	0.04	0.00

Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi all'isolamento termico degli operatori



(Software jamovi)

Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi all'attività metabolica degli operatori



Come evidenziato in precedenza, vi è la minima presenza di operatori che lavorano in condizioni differenti dal sedentario.

La differenza che risalta maggiormente è quella relativa al grado di isolamento degli operatori.

Il grado di isolamento riscontrato nell'azienda A è nettamente superiore rispetto a quello suggerito dai dati relativi all'azienda B.

Indici PMV e PPD

A seguito della misurazione dei parametri precedentemente descritti sono stati ricavati gli indici PMV e PPD come descritto dalla norma UNI EN ISO 7730, già da una prima analisi descrittiva è possibile rilevare un elevato numero di insoddisfatti nell'azienda A.

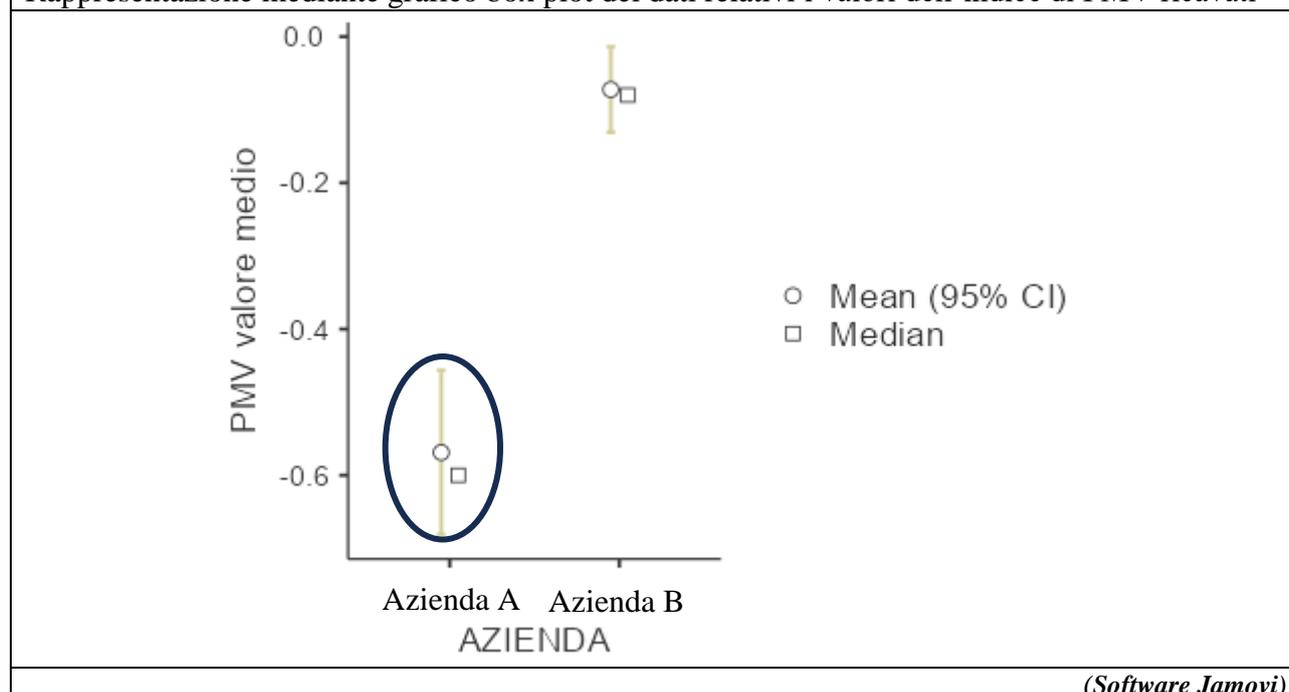
Di seguito vengono riportati sinteticamente i dati raccolti:

Distribuzione dei valori relativi gli indici di PMV e PPD						
	Group	N	Mean	Median	SD	SE
PMV valore medio	Azienda A	53,00	-0,57	-0,60	0,42	0,06
	Azienda B	117,00	-0,07	-0,08	0,32	0,03
PPD (%) valore medio	Azienda A	53,00	15,41	12,63	10,27	1,41
	Azienda B	118,00	7,32	5,97	3,71	0,34

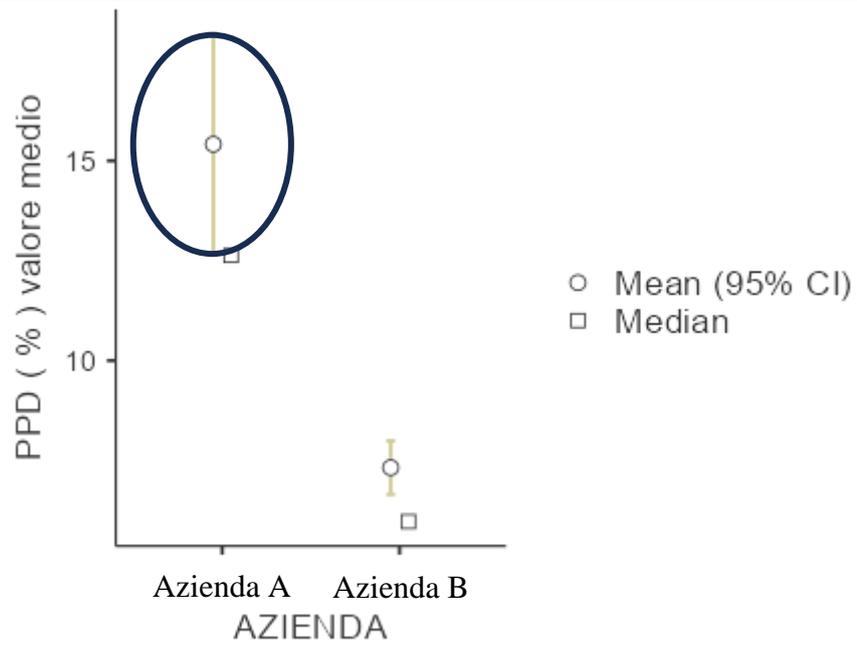
Successivamente è stato verificato e quantificato il grado di differenza fra le i parametri rilevati delle due aziende ed è risultata statisticamente significativa la differenza di entrambi i parametri per entrambe le aziende, di seguito vengono riportati i risultati dei test statistici:

T-test di indipendenza dei valori di PMV e PPD rilevati				
	Tipologia test	Statistic	df	p
PMV valore medio	Student's t	-8.45	168	< .001
	Mann-Whitney U	1085		< .001
PPD (%) valore medio	Student's t	7.56	169	< .001
	Mann-Whitney U	1342		< .001

Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi i valori dell'indice di PMV ricavati



Rappresentazione mediante grafico box plot dei dati relativi i valori dell'indice di PPD ricavati



(Software Jamovi)

Sensazione termica individuale

Riepilogo dati raccolti inerenti alla sensazione termica degli operatori al momento della somministrazione del questionario:

Sensazione termica	Tipologia dato	Azienda A	Azienda B	Total
Abbastanza caldo	assoluto	2	13	15
	percentile	3.8 %	11.2 %	8.9 %
Abbastanza freddo	assoluto	19	9	28
	percentile	35.8 %	7.8 %	16.6 %
Freddo	assoluto	20	1	21
	percentile	37.7 %	0.9 %	12.4 %
Molto freddo	assoluto	1	0	1
	percentile	1.9 %	0.0 %	0.6 %
Né caldo né freddo	assoluto	11	93	104
	percentile	20.8 %	80.2 %	61.5 %
Total	assoluto	53	116	169

Grafico a torta rappresentativo dei dati percentili relativi alla sensazione termica dell'azienda A

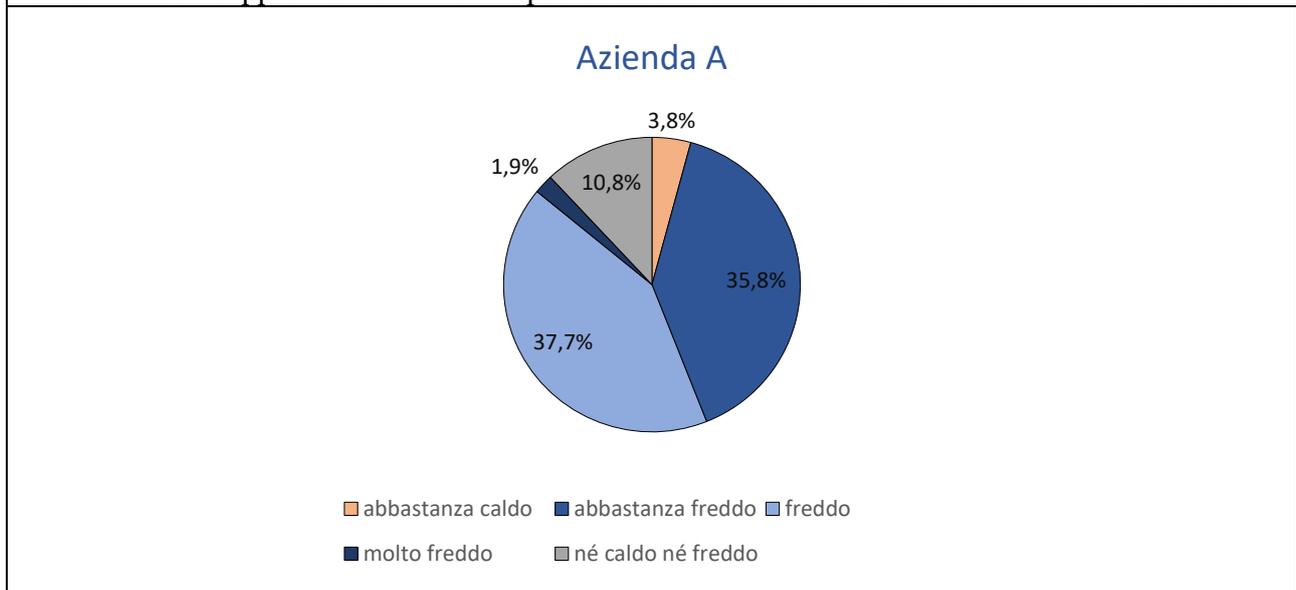
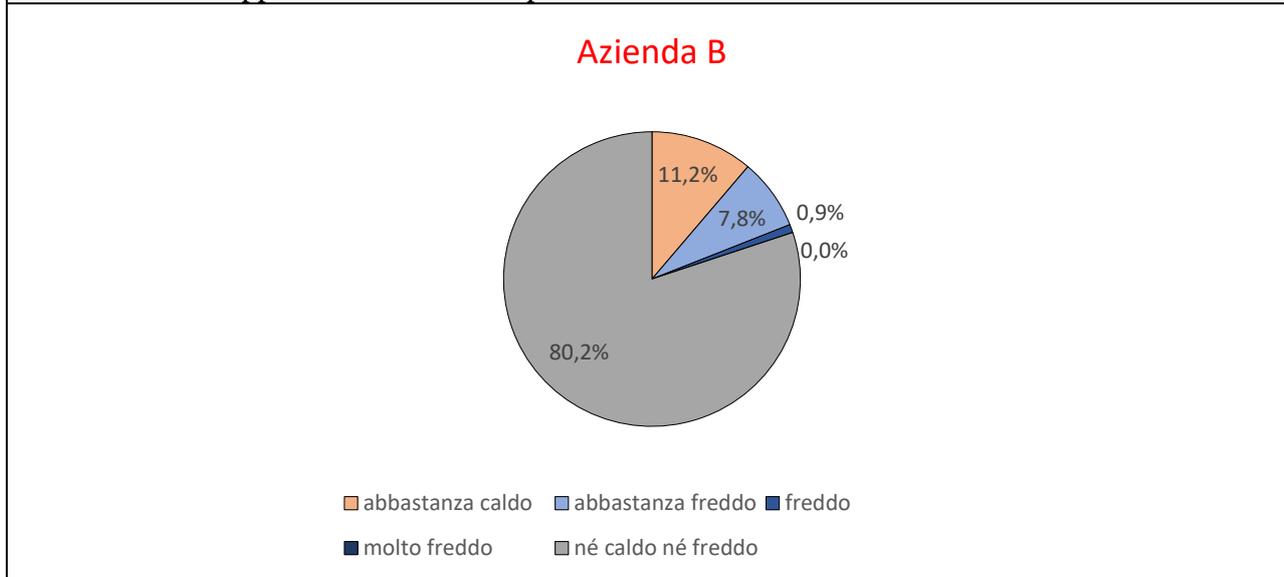


Grafico a torta rappresentativo dei dati percentili relativi alla sensazione termica dell'azienda B



Sia graficamente che numericamente risulta evidente la massiva percentuale di insoddisfatti presente nell'azienda A, raggiungendo una percentuale superiore al 70 % di insoddisfatti sul totale, della quale un 37 % particolarmente grave in quanto segnalata una condizione pari a "freddo".

Tali risultati derivano dalle risposte al questionario indicate con "qual è la tua sensazione termica generale?", riferita al grado di soddisfazione termico riscontrato dall'operatore al momento della somministrazione del questionario.

Andando a commutare numericamente la precedente scala di voti numericamente (punteggi negativi per sensazioni tendenti al freddo e punteggi positivi per sensazioni tendenti al caldo) è possibile realizzare una verifica della presenza di una differenza significativa fra i voti delle due aziende

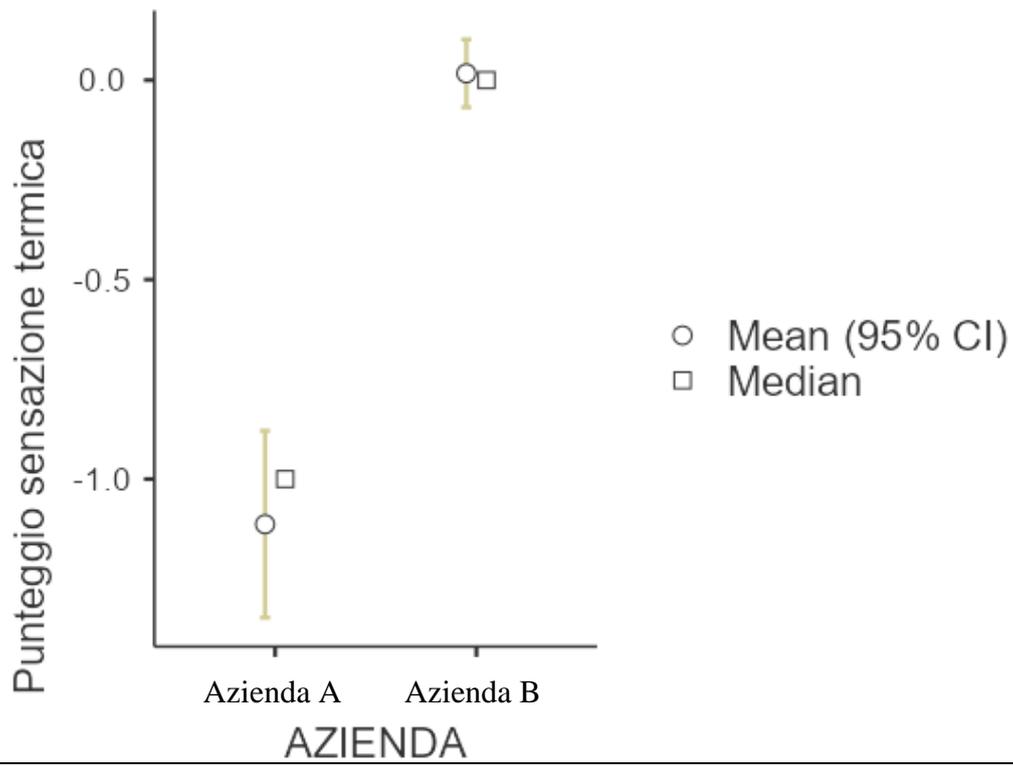
Di seguito la vengono elencati i dati descrittivi relativi alle due distribuzioni:

Distribuzione punteggi relativi alla sensazione termica						
	Azienda	N	Media	Mediana	SD	SE
Punteggio sensazione termica generale	Azienda A	53	-1.11	-1.00	0.870	0.119
	Azienda B	118	0.0169	0.00	0.471	0.0434

Dai test statistici eseguiti risulta esserci una differenza statisticamente significativa fra i due gruppi relativamente al punteggio attribuito:

Test T di indipendenza				
	Tipologia di test	Statistic	df	p
Punteggio sensazione termica generale	Student's t	-11.0	169	<.001
	Mann-Whitney U	971		<.001

Grafico box plot rappresentativo delle distribuzioni delle due aziende riguardo la sensazione termica percepita



(Software Jamovi)

Grado di soddisfazione

Quesito del questionario riguardava il grado di soddisfazione della propria postazione nel lungo periodo.

Le risposte prevedevano una scala di valori compresa fra l'1 ed il 7 che andava a rappresentare con 7 il massimo della soddisfazione e con 1 il minimo valore attribuibile.

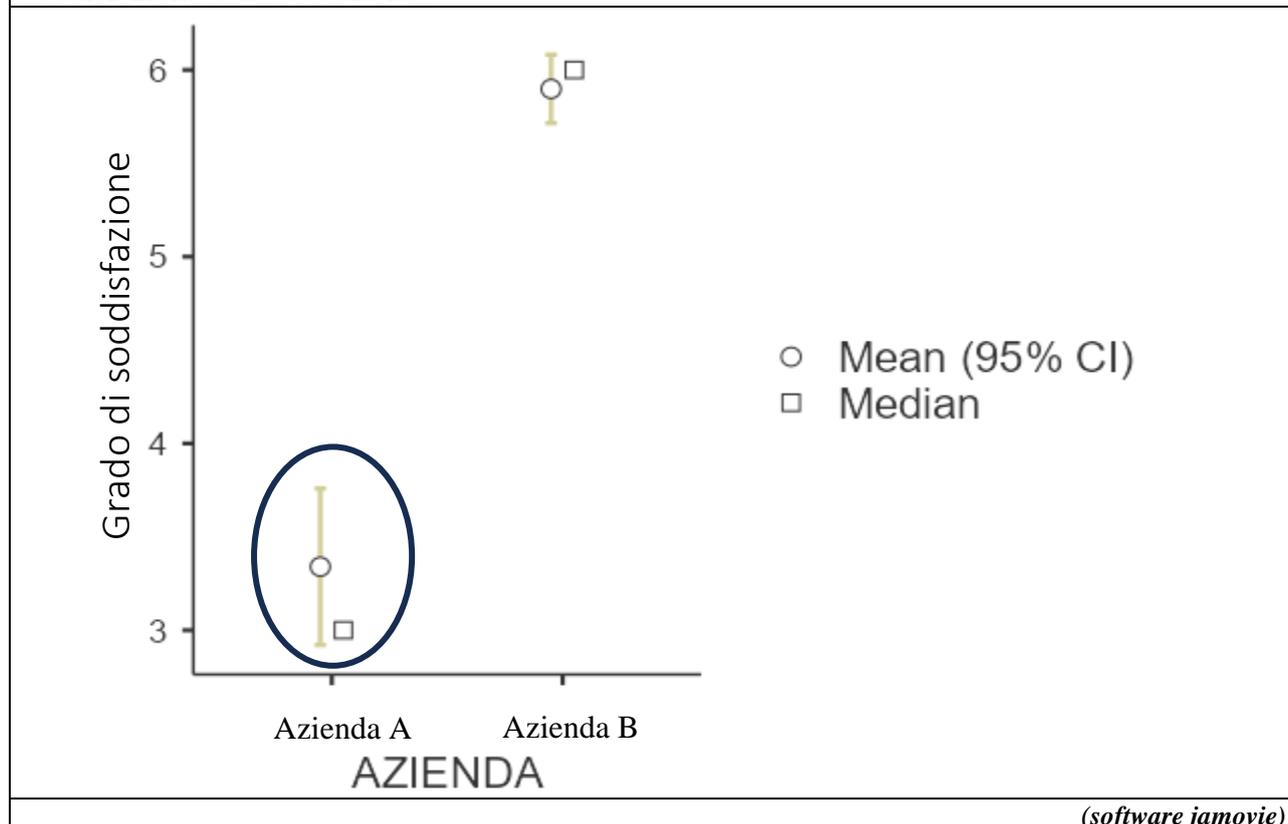
Dalle due raccolte dati è emersa una differenza statisticamente significativa fra i due campioni analizzati come di seguito descritto dal T test condotto e dall' evidente differenza di punteggio medio attribuito.

Di seguito i valori relativi al T-test di indipendenza fra le due aziende ed i dati statistici relativi le due distribuzioni:

Distribuzione punteggi relativi il grado di soddisfazione						
	Azienda	N	Media	Mediana	SD	SE
Grado di soddisfazione della temperatura nello spazio di lavoro	Azienda A	53	3.34	3.00	1.56	0.214
	Azienda B	118	5.90	6.00	1.02	0.0935

Test T di indipendenza				
		Statistic	df	p
Quanto sei soddisfatto della temperatura nel tuo spazio di lavoro?	Student's t	-12.8	169	<.001

Grafico box plot rappresentativo della distribuzione relativa i punteggi attribuiti al grado di soddisfazione delle due aziende



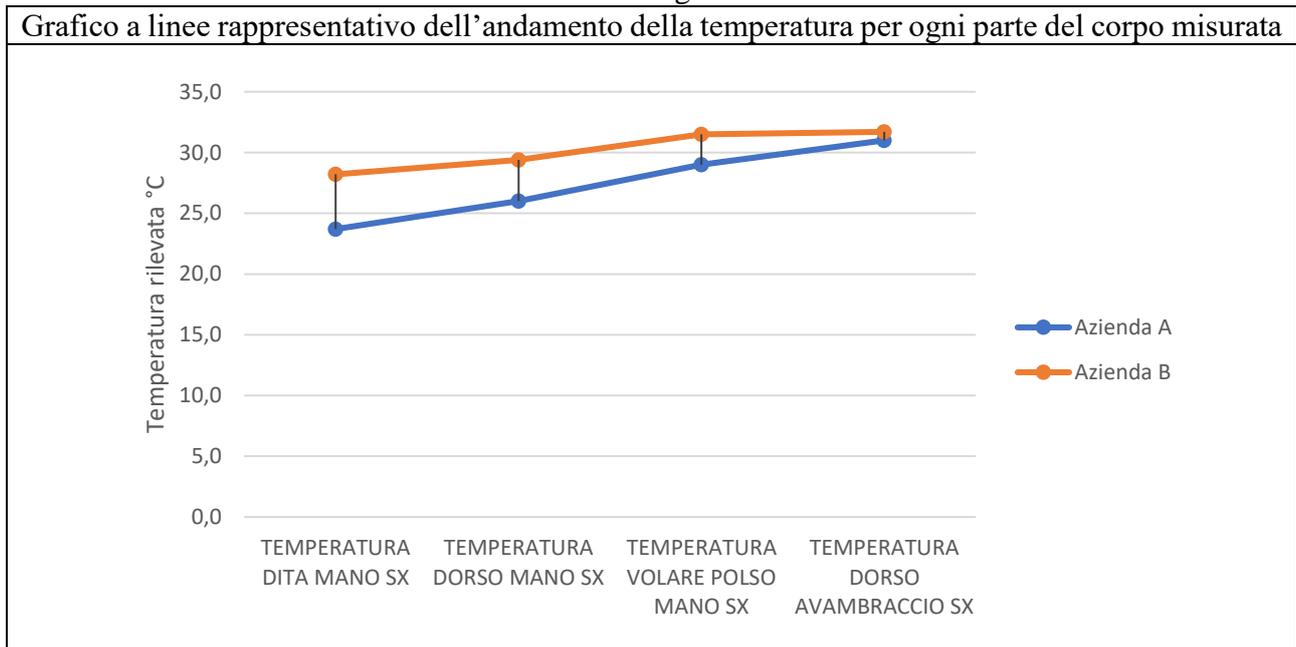
Ulteriore conferma delle condizioni sfavorevoli è deducibile dai pessimi risultati ottenuti dall'azienda A. Tale risultato per quanto soggettivo potrebbe rappresentare un indice di una pessima condizione lavorativa protratta nel tempo.

Dati misure parametri fisiologici

Le misurazioni dei parametri fisiologici riportano ancora una volta l'elevato grado di differenza fra le due realtà lavorative andando ad evidenziare la presenza di temperature nettamente inferiori nell'azienda limitata termicamente come dai dati descritti in seguito:

Distribuzione relativa le misurazioni dei parametri fisiologici						
	Azienda	N	Mean	Median	SD	SE
Temperatura dita mano sx	Azienda A	53	23,7	23,3	3,73	0,513
	Azienda B	118	28,2	28,3	3,67	0,338
Temperatura dorso mano sx	Azienda A	53	26,0	25,7	2,56	0,351
	Azienda B	118	29,4	29,6	2,22	0,205
Temperatura volare polso mano sx	Azienda A	53	29,0	28,9	1,79	0,245
	Azienda B	118	31,5	31,7	1,47	0,135
Temperatura dorso avambraccio sx	Azienda A	53	31,0	31,0	1,49	0,205
	Azienda B	118	31,7	31,7	1,30	0,120

I risultati evidenziano un crescente aumento della temperatura ed una minor variazione fra le due aziende all'avvicinarsi con le misurazioni al core degli individui:



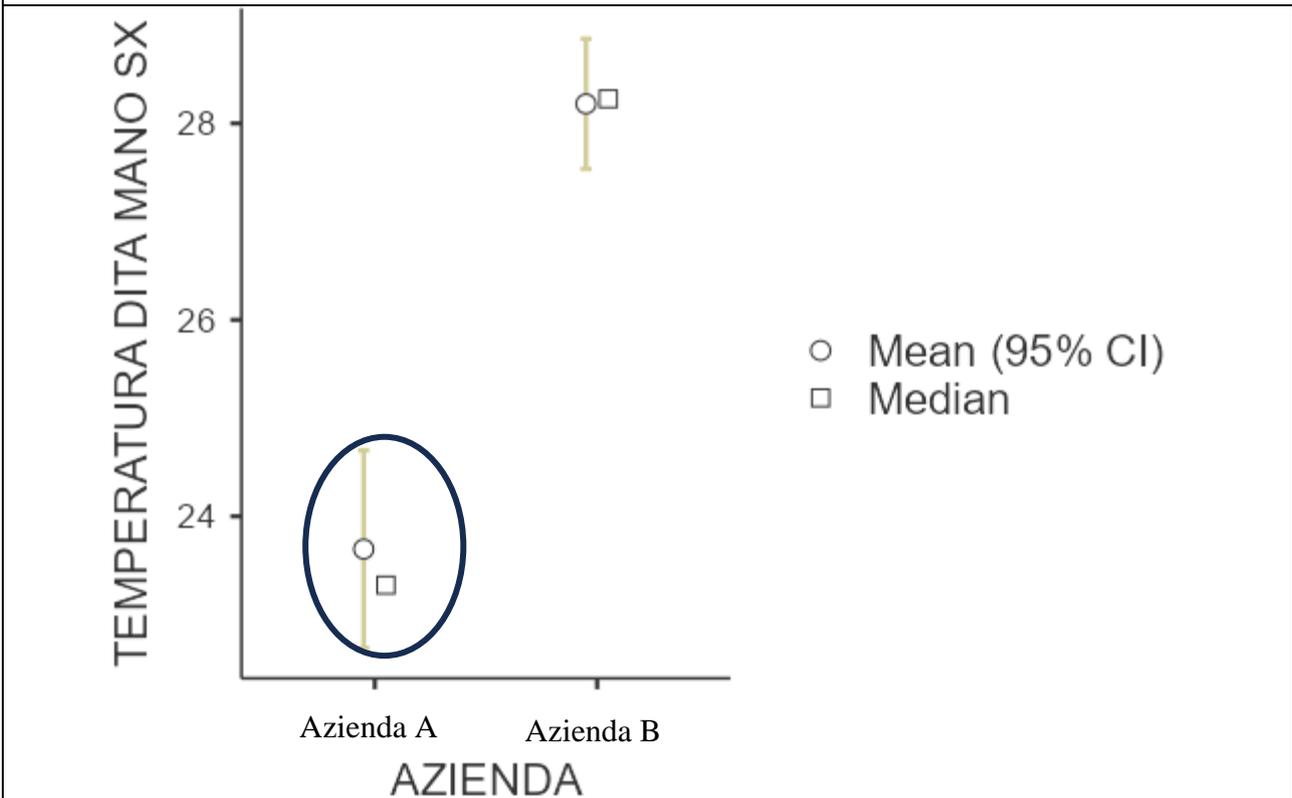
Dai test statistici è risultata esserci una differenza statisticamente significativa per ognuno dei parametri, differenza leggermente meno rimarcata per le misurazioni relative il dorso dell'avambraccio

T-test di indipendenza relativo i valori rilevati durante le misurazioni dei parametri fisiologici				
	Tipologia test	Statistic	df	p
Temperatura dita mano sx	Student's t	-6.36	169	<.001
	Mann-Whitney U	1403		<.001
Temperatura dorso mano sx	Student's t	-8.19	169	<.001
	Mann-Whitney U	1039		<.001
Temperatura volare polso mano sx	Student's t	-6.66	169	<.001
	Mann-Whitney U	1282		<.001
Temperatura dorso avambraccio sx	Student's t	-2.47	169	0.014
	Mann-Whitney U	2325		0.017

Differentemente da come si era ipotizzato ad inizio studio la temperatura delle dita della mano non è risultata essere il parametro maggiormente influenzato dalla differenza di temperatura delle due strutture seppur esso sia evidentemente e statisticamente su un livello differente per ognuna delle sue realtà.

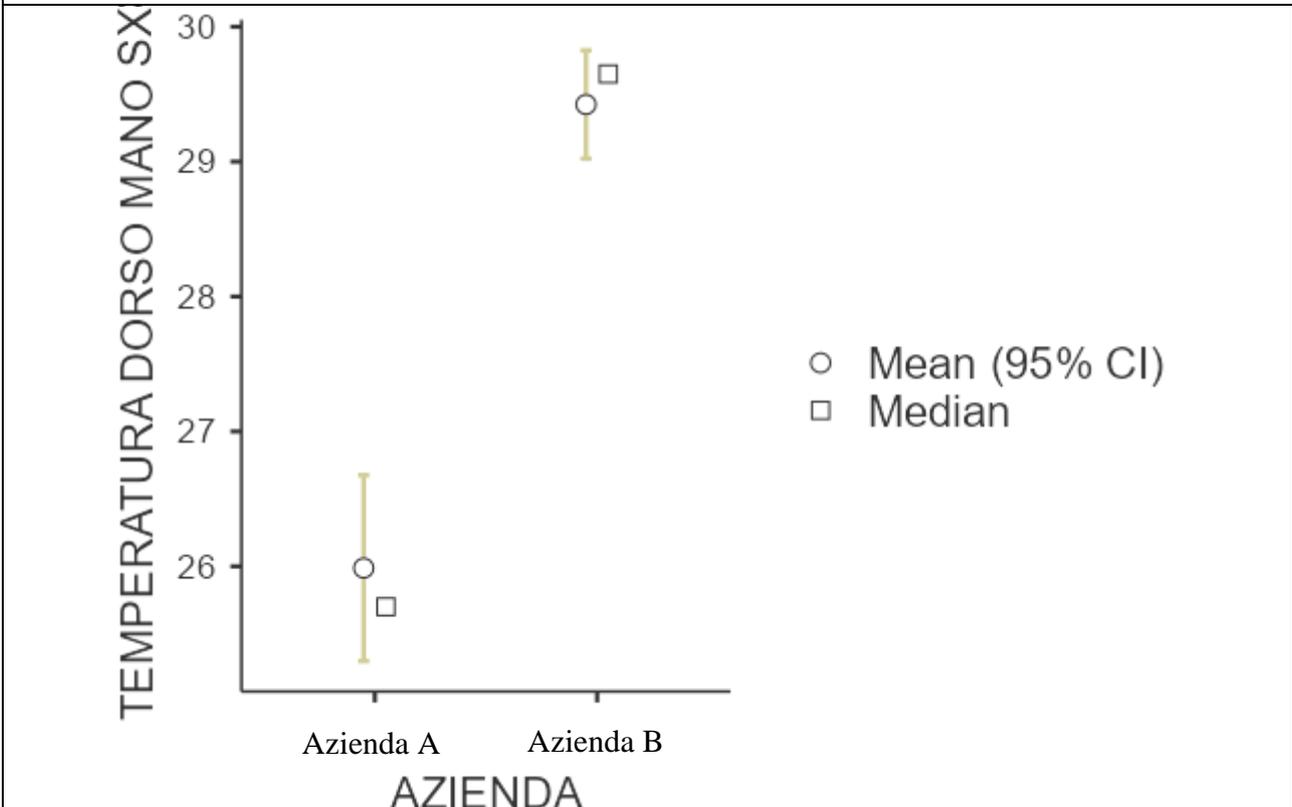
Di seguito vengono riportati i grafici relativi la distribuzione delle temperature misurate:

Grafico box plot rappresentativo della distribuzione delle misurazioni relative la temperatura delle dita della mano



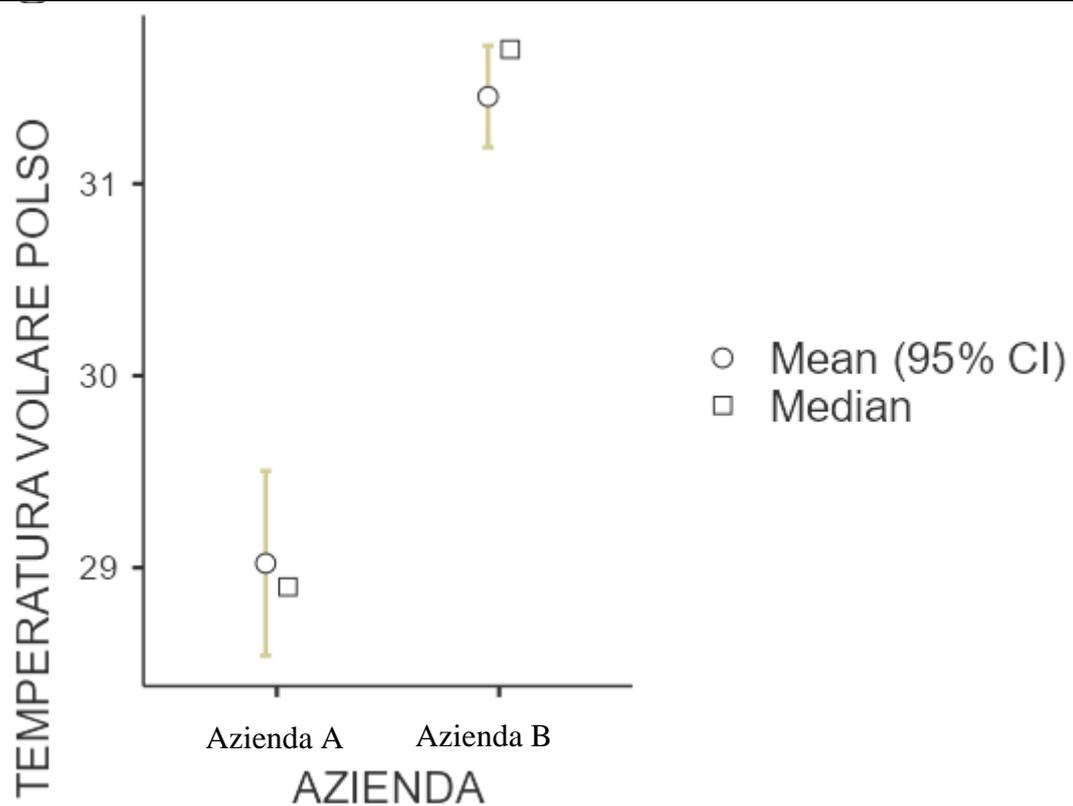
(Software Jamovi)

Grafico box plot rappresentativo della distribuzione delle misurazioni relative la temperatura del dorso della mano



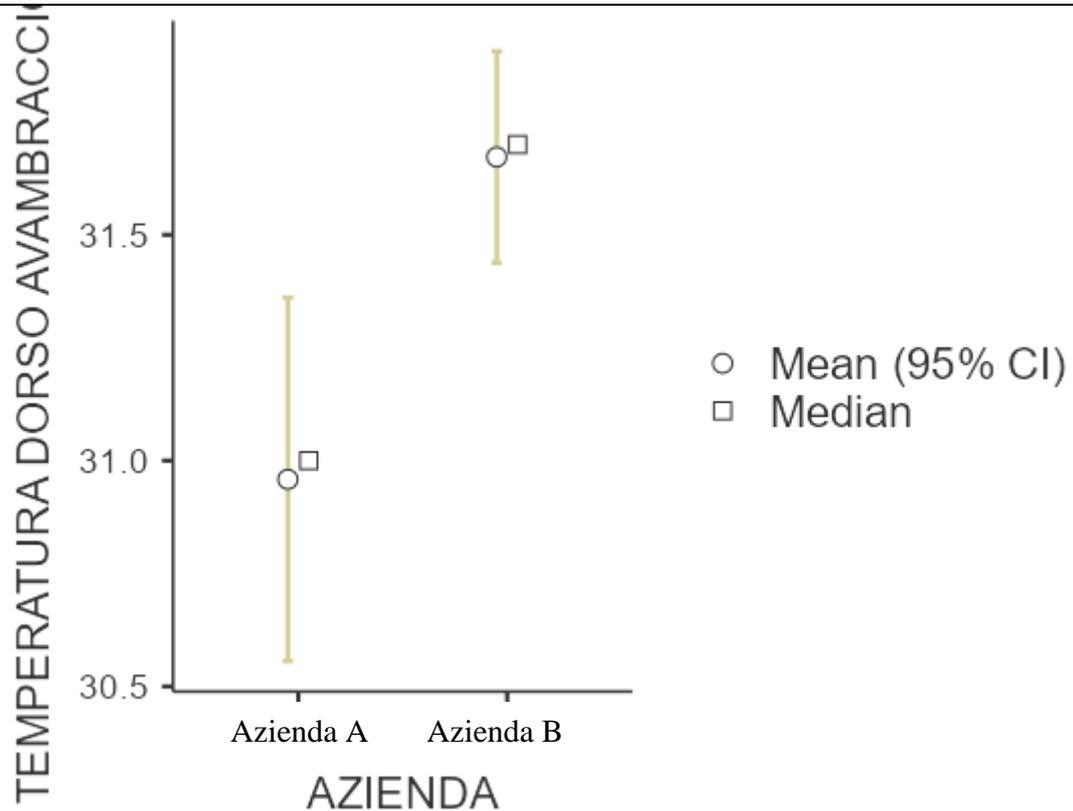
(Software Jamovi)

Grafico box plot rappresentativo della distribuzione delle misurazioni relative la temperatura volare del polso



(Software Jamovi)

Grafico box plot rappresentativo della distribuzione delle misurazioni relative la temperatura del dorso dell'avambraccio



(Software Jamovi)

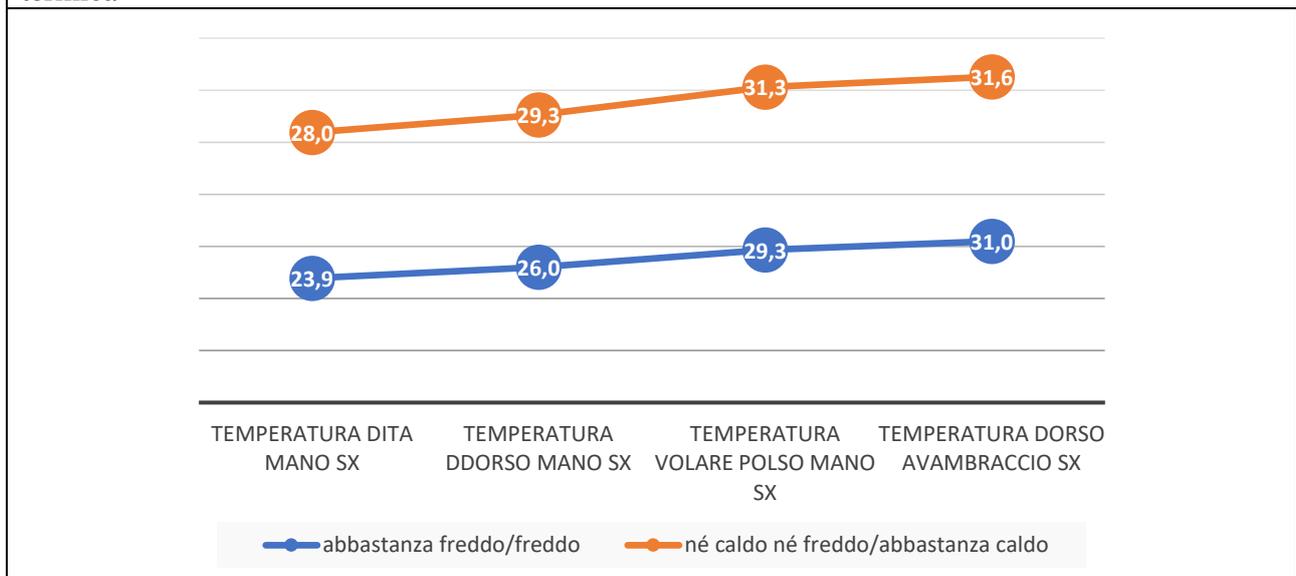
Relazione fra parametri fisiologici e grado di comfort descritto dagli operatori

Andando a verificare le temperature rilevate e suddividendole per grado di sensazione termica riscontrato risalta particolarmente sia a livello numerico che graficamente una temperatura superiore di tutte le parti degli arti misurati dei soggetti aventi sensazione termica percepita pari a “né caldo né freddo o abbastanza caldo”

Di seguito vengono riportati i dati relativi la distribuzione dei presenti valori ed il grafico a linee relativo la relazione precedentemente descritta:

Distribuzione valori dei parametri fisiologici suddivisi per classe di comfort termico percepito					
Misurazione	Sensazione termica	Media	Mediana	SD	SE
Temperatura Mano Sx Dita	abbastanza freddo/freddo	23,9	23,9	3,83	0,542
	né caldo né freddo/abbastanza caldo	28,0	27,9	3,81	0,346
Temperatura Mano Sx Dorso	abbastanza freddo/freddo	26,0	26,1	2,61	0,370
	né caldo né freddo/abbastanza caldo	29,3	29,6	2,29	0,209
Temperatura Polso Mano Sx Volare	abbastanza freddo/freddo	29,3	29,1	1,83	0,259
	né caldo né freddo/abbastanza caldo	31,3	31,7	1,68	0,152
Temperatura Avambraccio Sx Dorso	abbastanza freddo/freddo	31,0	31,2	1,62	0,229
	né caldo né freddo/abbastanza caldo	31,6	31,7	1,26	0,115

Grafico a linee dell'andamento delle temperature misurate suddivise per tipologia di sensazione termica



Correlazione fra parametri fisiologici e indice PMV

Andando a confrontare le temperature fisiologiche rilevate e di relativi valori di PMV corrispondenti mediante coefficiente di correlazione r di Pearson è stato riscontrato un grado di modesta correlazione (definita tale in quanto i valori sono compresi nell'intervallo fra 0,3 e 0,7) per ognuno dei parametri misurati.

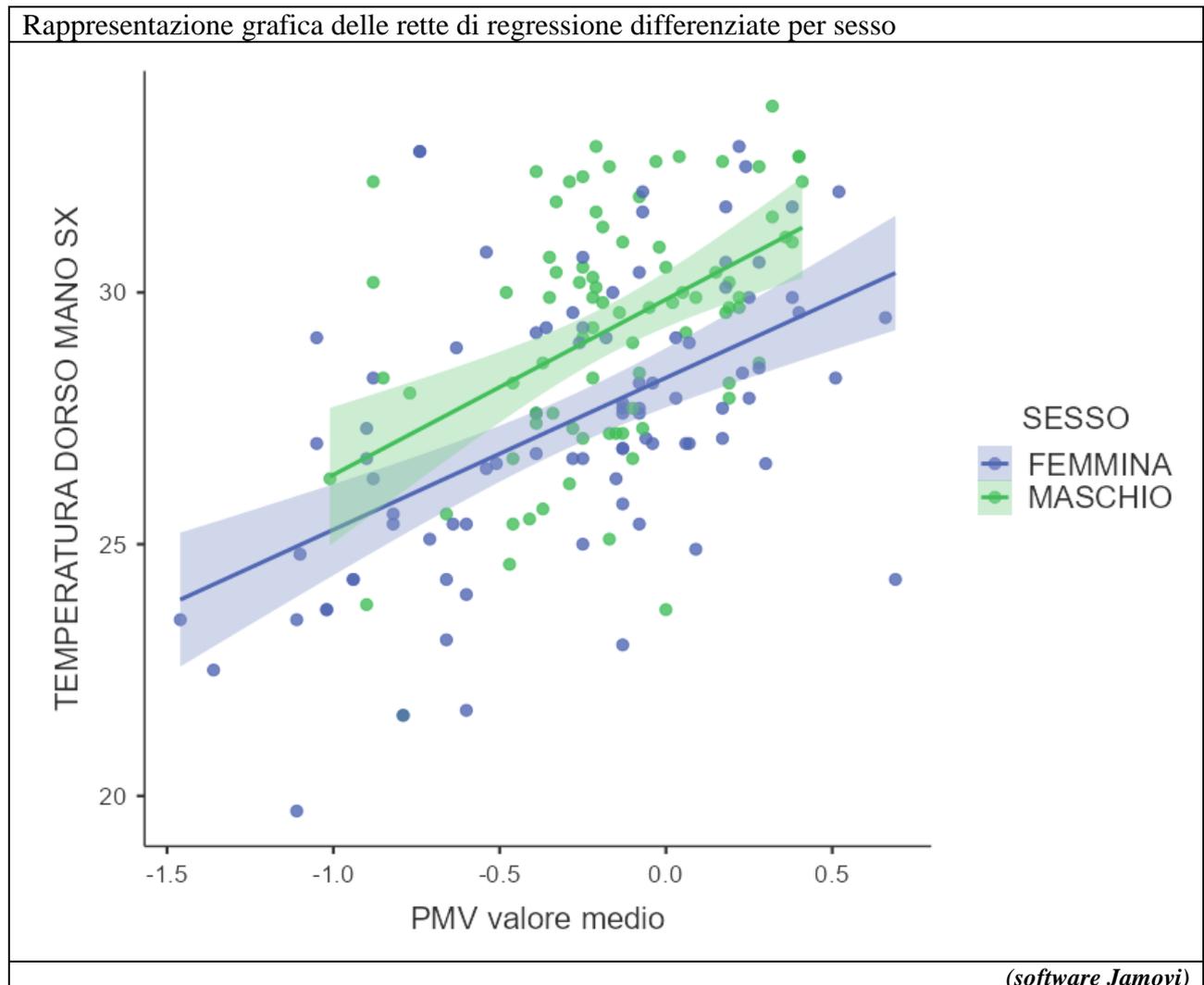
Nello specifico la miglior correlazione è risultata quella relativa alla temperatura del dorso della mano Sx

		Pearson's r	p-value
Temperatura Dorso Mano Sx	PMV valore medio	0.511	< .001
Temperatura Dita Mano Sx	PMV valore medio	0.449	< .001
Temperatura Volare Polso Mano Sx	PMV valore medio	0.478	< .001
Temperatura Avambraccio Sx	Dorso	0.361	< .001

Regressione lineare dei dati relativi la temperatura del dorso della mano e l'indice PMV

Dal test di regressione lineare si è riscontrato che stratificando per genere e per classi di età, aumenta il grado di correlazione tra temperatura del dorso della mano e indice PMV.

Regressione specifica dati relativi al dorso della mano:				
R			R ²	
0,60			0,36	
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept ^a	28,61	1,03	27,76	< ,001
PMV valore medio	2,94	0,43	6,79	< ,001
Sesso:				
MASCHIO – FEMMINA	1,72	0,38	4,52	< ,001
Classi di età:				
30-39 – 20-29	-0,85	1,11	-0,76	0,45
40-49 – 20-29	-0,67	1,09	-0,62	0,54
50-59 – 20-29	0,08	1,07	0,07	0,94
60-69 – 20-29	-0,93	1,19	-0,78	0,43



Discussione

Lo studio ha preso in considerazione un campione composto da 88 femmine e 83 maschi, dunque un quantitativo quasi pari ognuno dei generi, con un'età compresa fra i 20 e i 64 anni.

Le misurazioni si sono svolte nel periodo che va dal 07/12/22 al 03/02/23, le condizioni climatiche esterne sono rimaste invariate per tutta la durata della campagna, non ci sono state giornate di pioggia o giornate di vento intenso, le temperature registrate spaziavano dai $-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ai $10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Differentemente dall'ambiente esterno le condizioni interne non presentano minimamente dei profili comparabili, seppur l'umidità in entrambi i casi sia risultata simile e tendente al secco e in entrambi i casi sia stata registrata la quasi assenza di flussi d'aria. L'umidità registrata in entrambi i casi aveva una media inferiore al 40 % e va considerato che il range ottimale è compreso fra il 40% ed il 60 % [Wolkoff et al., 2021].

Parametro che risalta per la propria differenza nelle due strutture è la temperatura dell'aria, nel caso "A" abbiamo una media di $18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ nel caso "B" di $21,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nel primo caso la media delle temperature si collocano al limite del range consigliato dei $18-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ [WHO,1987], anche se la temperatura ottimale per le funzioni cerebrali sia di $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Abbasi et al.,2019].

Verificando i parametri di benessere ottimali indicati all'interno del prospetto A.1 presente all'interno della norma UNI EN ISO 7730 e considerata anche l'applicazione di tale prospetto, è riscontrabile che l'ambiente d'ufficio trova una parametrizzazione riconducibile allo scenario descritto dalla categoria "B" di tale prospetto. Focalizzandosi sia sull'indice di PPD che l'indice di PMV, i dati raccolti inerenti alla realtà lavorativa definita come "azienda A" non rientrano nel range suggerito di nessuno dei due parametri.

La differenza termica fra le due aziende ha portato il personale ad adottare due tipologie di vestiario nettamente differente. L'azienda "A" con una media di 1.08 clo risulta aver impiegato un vestiario riconducibile ad un ambiente esterno, mentre nell'azienda "B" non sono stati riscontrati casi di applicazione anormale del vestiario rispetto lo standard del periodo invernale.

Considerato il medesimo grado di attività metabolica di entrambi i casi si ottiene un ulteriore indice di anomalia microclimatica nell'azienda A, tale anomalia che comporta l'impiego di svariati abiti da parte degli operatori implica un possibile discomfort anche a livello ergonomico nello svolgimento delle regolari attività d'ufficio, intralciando e limitando i movimenti degli operatori nelle loro postazioni

Sia gli indicatori di PMV/PPD che l'esito dei questionari ha riportato una condizione di discomfort nell'azienda A. È stato registrato un indice di PMV minimo pari a $-1,46$ (PPD equivalente pari al 48,76%), dato particolarmente allarmante che risulta esser non distantissimo dal limite di applicabilità della norma (PMV pari a -2), l'indice medio di PMV è pari a $-0,57$ che costituisce un valore limite

tollerato dalla norma ma indicato come possibile fonte di perdita delle prestazioni e situazioni di discomfort diffuso.

Non differentemente dai parametri precedentemente descritti, i questionari riportano la medesima condizione ancor più accentuata negativamente per quanto concerne l'azienda A. Nello specifico il 70% degli operatori di quella realtà han segnalato una condizione microclimatica non confortevole che entrando ancor più nel merito va a sfociare in un 37,7% degli operatori che rilevano un contesto termico pari a "freddo" la cui gravità è ragionevolmente riconducibile a "medio-grave".

Considerando le risposte fornite al grado di soddisfazione relativo alla propria postazione in un contesto generale si riscontra una panoramica comparabile a quella descritta per i parametri termici seppur numericamente differente.

La letteratura suggerisce una correlazione fra sensazione termica percepita e temperatura delle estremità superiori [Zhibin Wu et al.,2017], le misurazioni e i relativi test statistici han restituito degli indici che rappresentano un moderato grado di correlazione per ognuno dei parametri fisiologici presi in esame.

Il parametro che risulta esser più correlabile col grado di comfort percepito risulta esser la temperatura del dorso della mano riscontrando un indice r di pearson pari a 0.51.

L'esito della regressione lineare frutto dell'incrocio fra l'indice PMV e le relative temperature del dorso della mano associate a ciascuno degli indici, ha portato ad un indice di correlazione R^2 pari a 0,36.

Un R^2 di 0,36 indica che il modello di regressione lineare spiega circa il 36% della variazione nei dati di output (variabile dipendente) utilizzati nel modello. In altre parole, il modello non è molto efficace nello spiegare la variazione nei dati, poiché gran parte della variazione rimane non spiegata.

Sono state rilevate delle differenze significative per quanto riguarda le temperature delle mani in base al genere, nello specifico temperature inferiori sono state rilevate nel sesso femminile, ottenendo un riscontro positivo rispetto a quanto evidenziato dalla letteratura [Tanaka et al.,2003].

Conclusioni

In base ai dati raccolti e alle misurazioni effettuate, si può osservare che il mantenimento di una temperatura indoor di 19°C nell'ambito di attività lavorative del tipo ufficio rappresenta una potenziale fonte di discomfort per i lavoratori con conseguente riduzione dei livelli di soddisfazione percepiti e potenziali ripercussioni negative sulle performance lavorative. Tale condizione di discomfort è risultata evidente a seguito dell'analisi e comparazione delle risposte fornite dai due gruppi analizzati. Nello specifico nell'azienda A, in cui è stata applicata rigidamente la disposizione normativa prevista dalla legge 27 aprile 2022, n.34 diretta a ridurre i consumi energetici nei luoghi di lavoro mantenendo temperature prossime a 19°C, si è osservato un altissimo grado di insoddisfazione rispetto alla temperatura dell'ambiente di lavoro. Tale condizione a lungo termine può influire sul benessere percepito dei singoli operatori e conseguentemente anche sul benessere organizzativo complessivo.

L'esito delle indagini suggerisce la necessità di promuovere nell'azienda A un piano o delle misure compensative al fine di ripristinare delle condizioni termiche confortevoli a parità di consumo energetico; potenziali azioni di miglioramento potrebbero essere rappresentate da interventi di riqualificazione energetica della struttura (coibentazione edificio, installazione serramenti a taglio termico) ed installazione/implementazione di sistemi di riscaldamento aventi maggior efficienza.

Per quanto concerne la rilevazione dei parametri fisiologici, si è potuto osservare che la temperatura delle mani presenta una moderata correlazione con l'indice PMV, e tale correlazione risulta influenzata da numerosi fattori individuali quali l'età e il genere.

Ringraziamenti

Desidero riservare quest'ultima pagina a tutti coloro che mi hanno accompagnato nel mio percorso universitario e di Tesi.

Ringrazio il Relatore, Professor Corrado Negro, per avermi fornito consigli e spunti sempre utili ed aver riposto piena fiducia nel progetto.

Un ringraziamento speciale al Correlatore, Dottor Marco Rizzo, per essersi speso in tal modo, per avermi supportato in ogni fase della Tesi permettendomi di mettermi in gioco dal primo giorno in un'esperienza preziosa per il futuro.

Ringrazio i Tutor Didattici, Dottor Giovanni Missana e Michele Bordignon, per le competenze, la puntualità e la disponibilità mostrata lungo il mio percorso.

Ringrazio il futuro laureando Luis Saitta per l'importante supporto durante la realizzazione delle misurazioni.

Ultimi, ma non per importanza, si ringraziano i miei genitori e i miei familiari, i quali hanno sempre saputo essermi accanto e aiutarmi al bisogno.

Bibliografia

Abbasi AM, Motamedzade M, Aliabadi M, Golmohammadi R, Tapak L. The impact of indoor air temperature on the executive functions of human brain and the physiological responses of body. *Health Promot Perspect*. 2019 Jan 23;9(1):55-64. doi: 10.15171/hpp.2019.07. PMID: 30788268; PMCID: PMC6377698.

ANSI/ASHRAE Standard 55-2020 “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”

Del Gaudio, M., Freda, D., Lenzuni, P., Nataletti, P., & Sabatino, R. (2018). La valutazione del microclima. Inail. <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-valutazione-del-microclima.pdf>

Nagashima K, Tokizawa K, Marui S. Thermal comfort. *Handb Clin Neurol*. 2018; 156:249-260. doi: 10.1016/B978-0-444-63912-7.00015-1. PMID: 30454593.

P.O. Fanger, Thermal comfort Analysis and applications in environmental engineering, 1970

Parsons K.C (2003), *Human Thermal environments. The effect of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*, Taylor & Francis

Sun C, Han Y, Luo L, Sun H. Effects of air temperature on cognitive work performance of acclimatized people in severely cold region in China. *Indoor and Built Environment*. 2021;30(6):816-837. doi: 10.1177/1420326X20913617

Tanaka M, Desruelle AV, Sari H, Candas V, Tanaka K, Maeda T. Effects of decreasing air temperature on peripheral thermal reactions in males and females. *Environ Health Prev Med*. 2003;8(5):178-183. doi: 10.1007/BF02897912

Tanaya Chaudhuri, Deqing Zhai, Yeng Chai Soh, Hua Li, Lihua Xie, Thermal comfort prediction using normalized skin temperature in a uniform built environment, *Energy and Buildings*, Volume 159, 2018, Pages 426-440, ISSN 0378-7788,

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.10.098>.

UNI EN ISO 7726:2002 “Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche”

UNI EN ISO 7730:2006 “Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale”

UNI EN ISO 13731:2004 “Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli”

World Health Organization. Regional Office for Europe. (1987). Air quality guidelines for Europe.

Wolkoff P, Azuma K, Carrer P. Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation. *Int J Hyg Environ Health*. 2021; 233:113709. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113709

Wu Z, Li N, Cui H, Peng J, Chen H, Liu P. Using Upper Extremity Skin Temperatures to Assess Thermal Comfort in Office Buildings in Changsha, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(10):1092. Published 2017 Sep 21. doi: 10.3390/ijerph14101092

Allegato I

INDAGINE COMFORT AMBIENTALE TERMICO

Azienda:	
Comune	
Indirizzo:	
Servizio /struttura:	
Numero ufficio/stanza:	
Codice misura:	
Operatore:	
Sesso:	
Età:	
Qualifica:	
Data misurazione:	___/___/_____
Giorno:	<input type="checkbox"/> lun <input type="checkbox"/> mar <input type="checkbox"/> mer <input type="checkbox"/> gio <input type="checkbox"/> ven <input type="checkbox"/> sab <input type="checkbox"/> dom
Ora misurazione:	
Meteo: (dato OSMER)	
Temperatura esterna: (dato OSMER)	
Umidità esterna: (dato OSMER)	
Velocità del vento: (dato OSMER)	
Direzione vento: (dato OSMER)	
Temperatura dita mano sx:	
Temperatura dorso mano sx:	
Temperatura volare polso mano sx:	
Temperatura dorsale avambraccio sx:	
Tw (C) valore medio	
Tg (C) valore medio	
Ta (C) valore medio	
Pr (hPa) valore medio	
RH (%) valore medio	
Va (m/s) valore medio	
Tr (C) valore medio	
PMV valore medio	
PPD (%) valore medio	
ISOLAMENTO TERMICO	

1. Qual è la tua sensazione termica generale? (Seleziona quello più appropriato)

- Molto caldo
 Caldo
 Abbastanza caldo
 Né caldo né freddo
 Abbastanza freddo
 Freddo
 Molto freddo

2. In che parte dell'edificio si trova il tuo ambiente di lavoro?

- nord
 nord-est
 est
 sud-est
 sud
 sud-ovest
 ovest
 nord-ovest
 Nucleo centrale
 Non lo so

3. A che piano dell'edificio ti trovi adesso?

- 0°
 1°
 2°
 3°
 4°
 5°
 Altro (fornire il numero del piano):

4. Sei vicino a un muro esterno (entro 4.5 metri)?

- Sì No

5. Sei vicino a una finestra (entro 4.5 metri)?

- Sì No

6. Utilizzando l'elenco seguente, controlla ogni capo di abbigliamento che indossi in questo momento.

- mutande, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali = 0,30 CLO
 mutande, sottoveste, calze, abito leggero con maniche, scarpe = 0,45 CLO
 mutande, camicia a maniche corte, pantaloni leggeri, calzini leggeri, scarpe = 0,5 CLO
 mutande, calze, camicia a maniche corte, gonna, sandali = 0,55 CLO
 mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe = 0,6 CLO
 mutande, sottoveste, calze, abito, scarpe = 0,7 CLO
 mutande, camicia, pantaloni, calzini, scarpe = 0,7 CLO
 biancheria intima, abito completo (pantaloni e maglione), calze lunghe, scarpe = 0,75 CLO
 mutande, sottoveste, camicia, gonna, calze lunghe, scarpe = 0,8 CLO
 mutande, camicia, gonna, maglione a girocollo, calze lunghe, scarpe = 0,9 CLO
 mutande, maglia a maniche corte, camicia, pantaloni, maglione, calzini, scarpe = 0,95 CLO
 mutande, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe = 1 CLO

- mutande, calze, camicia, gonna, gilet, giacca = 1 CLO
- mutande, sottoveste, camicetta, gonna lunga, giacca, scarpe = 1,1 CLO
- biancheria intima, maglia a maniche corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe = 1,1 CLO
- biancheria intima, maglia a maniche corte, camicia, pantaloni, gilet, giacca, calzini, scarpe = 1,15 CLO
- biancheria intima a maniche e gambe lunghe, camicia, pantaloni, maglione, giacca, calzini, scarpe = 1,3 CLO
- biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, gilet, giacca, cappotto, calzini, scarpe = 1,5 CLO
- Altro: (Si prega di notare se indossi qualcosa non descritto sopra, o se pensi che qualcosa che indossi sia particolarmente pesante.) _____

7. Qual è il tuo livello di attività in questo momento? (Seleziona quello più appropriato)

- Attività sedentaria/ufficio (1,2 MET = 70 W/m²)
- Attività leggera in piedi (1,6 MET = 93 W/m²MET)
- Attività media in piedi (2 MET = 116 W/m²)
- Elevata attività (3 MET= 174,5 W/m²)

8. Come regoli la temperatura nel tuo ambiente di lavoro durante la stagione fredda?

- Climatizzatore ambiente
- Riscaldatore portatile
- Calorifero
- Termoconvettore
- Riscaldamento centralizzato
- Impostando il termostato
- Stufetta elettrica
- Aprendo la porta verso lo spazio interno
- Aprendo la porta verso lo spazio esterno
- Presa d'aria regolabile a parete o soffitto
- Ventilatore a soffitto
- Presa d'aria a pavimento regolabile (diffusore)
- Ventilatore portatile
- Tende o tendine per finestre
- Finestra apribile
- Nessuno di questi
- Altro: _____

9. Quanto sei soddisfatto della temperatura nel tuo spazio di lavoro? Indicare il punteggio da 1 (molto insoddisfatto) a 7 molto soddisfatto

Molto insoddisfatto 1	2	3	4	5	6	Molto soddisfatto 7
<input type="checkbox"/>						

10. Se non sei soddisfatto della temperatura nel tuo ambiente di lavoro, quale delle seguenti contribuisce alla tua insoddisfazione:

a Nella stagione fredda, la temperatura nel mio ambiente di lavoro è (selezionare la casella più appropriata):

- Sempre troppo caldo
- Spesso troppo caldo
- Occasionalmente troppo caldo
- A volte troppo freddo
- Spesso troppo freddo
- Sempre troppo freddo

b Nella stagione calda, la temperatura nel mio spazio è (selezionare la casella più appropriata):

- Sempre troppo caldo
- Spesso troppo caldo
- Occasionalmente troppo caldo
- A volte troppo freddo
- Spesso troppo freddo
- Sempre troppo freddo

11. Qual è il momento della giornata più problematico? (verifica tutto Quello applicare):

- Mattina (prima delle 11:00)
- Mezzogiorno (11:00-14:00)
- Pomeriggio (14:00–17:00)
- Sera (dopo le 17:00)
- Fine settimana/festivi
- Lunedì mattina
- Nessun orario particolare
- Sempre
- Altro:

12. Come descriveresti al meglio la fonte di questo disagio?:

- Umidità troppo alta (ambiente umido)
- Umidità troppo bassa (ambiente secco)
- Movimento dell'aria troppo elevato (correnti d'aria)
- Movimento dell'aria insufficiente
- Esposizione a sole diretto
- Calore dalla strumentazione e dalle apparecchiature dell'ufficio
- Spifferi dalle finestre
- Spifferi da prese d'aria
- La mia zona è più calda rispetto ad altre zone
- La mia zona è più fredda rispetto ad altre zone
- Il termostato è inaccessibile
- Il termostato è regolato da altre persone
- La politica dell'abbigliamento non è flessibile
- Il sistema di riscaldamento non risponde abbastanza rapidamente al termostato
- Il sistema di raffreddamento non risponde abbastanza rapidamente al termostato
- Superfici circostanti calde (pavimento, soffitto, pareti o finestre)
- Superfici circostanti fredde (pavimento, soffitto, pareti o finestre)

Finestre inadeguate/non apribili

Altro: _____

e. Descrivi qualsiasi altro problema relativo al microclima del tuo spazio di lavoro:

Allegato II

Proprietà	Valori
Misura a infrarossi	
Ottica	50:1
Zona spettrale	8 sino a 14 µm
Tipo laser	laser a 4 punti
Potenza / Lunghezza d'onda	< 1 mW / da 8 a 14 µm
Classe / Norma	2 / EN 60825-1:2007
Fascia di misura	T1 / H1: -30...+600 °C T2: -10...+1500 °C
Risoluzione	0,1°C/°F
Precisione (±1 digit) (a +23 °C, ± 1 digit)	T1 / H1: ±2,5 °C (-30,0...-20,1 °C) ±1,5 °C (-20,0...-0,1 °C) ±1,0 °C (0,0...+99,9 °C) ±1 % del valore di misura (+100,0...+600,0 °C) T2: ±2,0 °C o ±1 % del valore di misura (è valido il valore più alto)
Frequenza di misura	0,5 s
Misura a contatto	
Tipo sensore	termocoppia tipo K (collegabile)
Fascia di misura	T1 / H1: -50...+600 °C T2: -50...+1000 °C
Risoluzione	0,1 °C/°F
Precisione (±1 digit)	± (0,5 °C + 0,5 % del valore di misura)
Frequenza di misura	0,5 s
Misura umidità (solo H1)	
Campo di misura	0...100 %Urel (a -20...+50 °C)
Risoluzione	0,1 %UR (umidità) 0,1 °C/°F (temperatura) 0,1 °C tr/°F tr (temperatura di rugiada)
Precisione (±1 digit)	± 2 %UR ± 0,5 °C
Frequenza di misura	0,5 s
Generalità	
Temperatura di lavoro	-20...+50 °C
Temperatura di trasporto/stoccaggio	-30...+50 °C
Alimentazione elettrica	3 x batteria tipo AA o tramite interfaccia USB (solo con software EasyClimate)
Autonomia batteria	25 h (a 25 °C senza laser e illuminazione display) 10 h (a 25 °C senza illuminazione display)
Corpo	ABS/PC
Dimensioni	193 x 166 x 63mm
Peso	T1 / T2: 514g (incl. batterie) H1: 527g (incl. batterie)
Direttiva CE	2104/30/UE

Specifiche tecniche termometro ad infrarossi testo 835

12. CARATTERISTICHE TECNICHE

Strumento

Dimensioni (Lunghezza x Larghezza x Altezza)	220x180x50 mm
Peso	1100 g (completo di batterie)
Materiali	ABS, Policarbonato e Alluminio
Display	Retroilluminato, a matrice di punti 128x64 punti, area visibile 56x38mm

Condizioni operative

Temperatura operativa	-5 ... 50°C
Temperatura di magazzino	-25 ... 65°C
Umidità relativa di lavoro	0 ... 90% UR no condensa
Grado di protezione	IP64

Incertezza dello strumento

± 1 digit @ 20°C

Misura della pressione atmosferica con sensore interno

Accuratezza	±0.5hPa
Risoluzione	0.1hPa
Tempo di risposta	1s
Range di misura	600...1100hPa

Misura di temperatura dello strumento con sonda Pt100

Range di misura Pt100	-200...+650°C
Risoluzione	0.01°C nel campo ±199.99°C, 0.1°C nel restante campo
Accuratezza	±0.01°C nel campo ±199.99°C, ±0.1°C nel restante campo
Deriva in temperatura @20°C	0.003%/°C
Deriva ad 1 anno	0.1°C/anno

Misura di umidità relativa dello strumento (Sensore capacitivo)

Range di misura	0...100%UR
Risoluzione	0.1%UR
Accuratezza	±0.1%UR
Deriva in temperatura @20°C	0.02%UR/°C
Deriva ad 1 anno	0.1%UR/anno

Alimentazione

Adattatore di rete (cod. SWD10)	12Vdc/1A
Batterie	4 batterie 1.5V tipo C-BABY
Autonomia	Con sonde di temperatura e UR: 200 ore con batterie alcaline da 7800mAh Con sonda filo caldo @ 5m/s: 100 ore con batterie alcaline da 7800mAh
Corrente assorbita a strumento spento	< 45µA

Sicurezza dei dati memorizzati

Illimitata

Specifiche tecniche centralina Delta OHM HD 32.1 pt I

Collegamenti

Ingresso per sonde con modulo SICRAM

8 Connettori 8 poli maschio DIN 45326

Interfaccia seriale RS232C

Tipo

RS232C isolata galvanicamente

Baud rate

Impostabile da 1200 a 38400 baud

Bit di dati

8

Parità

Nessuna

Bit di stop

1

Controllo di flusso

Xon/Xoff

Lunghezza cavo seriale

Max 15m

Interfaccia USB

Tipo

1.1 – 2.0 isolata galvanicamente

Memoria

suddivisa in 64 blocchi.

Capacità di memoria

67600 memorizzazioni degli 8 ingressi ciascuna.

Intervallo di memorizzazione

selezionabile tra: 15, 30 secondi, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 minuti e 1 ora.

Intervallo di stampa

selezionabile tra: 15, 30 secondi, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 minuti e 1 ora.

Specifiche tecniche centralina Delta OHM HD 32.1 pt II