



Università degli Studi di Trieste

DIPARTIMENTO UNIVERSITARIO CLINICO DI SCIENZE MEDICHE
CHIRURGICHE E DELLA SALUTE

Corso di Studi
TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI LAVORO

LAVORI ALL'APERTO NELLA STAGIONE ESTIVA: STRESS TERMICO DA CALDO ED ESPOSIZIONE A RON NELLE ATTIVITÀ DEL SETTORE AGRICOLO

Tesi di laurea triennale

Laureando:
Verona Tommaso

Relatore:
Dott. Fabozzi Marco

Correlatore:
Dott.ssa Mauro Marcella

Indice

1) Introduzione.....	5
2) Obiettivo della tesi.....	7
3) Analisi statistica degli infortuni e perdita della produttività.....	9
4) Il cambiamento climatico	12
5) Il microclima e l'inquadramento normativo.....	16
6) Bilancio energetico ed equilibrio termico	19
7) Patologie da calore.....	23
8) Indici di valutazione.....	26
9) Ambito di indagine	38
10) Materiali e metodi.....	40
11) Risultati e analisi dei dati raccolti.....	47
12) Conclusioni	77
13) Allegati.....	79
14) Bibliografia e sitografia	88

1) Introduzione

L'esposizione prolungata a temperature elevate durante la stagione estiva costituisce un fattore di rischio rilevante per la salute dei lavoratori, specialmente in un contesto in cui il cambiamento climatico sta rendendo sempre più frequenti e intense le ondate di calore. Le alte temperature, che in passato caratterizzavano prevalentemente i mesi estivi, si stanno ora manifestando anche nelle stagioni intermedie, con un impatto sempre più significativo sulla salute pubblica. Gli effetti negativi di queste condizioni climatiche estreme sono ormai riconosciuti e documentati dalla comunità scientifica internazionale. Le ondate di calore sono associate a un incremento della mortalità, dei ricoveri ospedalieri e degli accessi al pronto soccorso, soprattutto tra le categorie più vulnerabili, come anziani, persone affette da malattie croniche e lavoratori esposti a condizioni ambientali critiche.

Il settore agricolo emerge come uno dei più esposti agli effetti del cambiamento climatico, sia per la sua dipendenza dalle condizioni climatiche, sia per l'impatto diretto che queste hanno sulla salute dei lavoratori. Le variazioni climatiche influenzano non solo la produttività agricola, ma anche la sicurezza e il benessere dei lavoratori. In agricoltura, i lavoratori sono spesso esposti a temperature estreme per lunghi periodi, svolgendo attività fisicamente impegnative all'aperto, senza possibilità di riparo adeguato o refrigerazione, il che accentua i rischi legati allo stress termico.

Tradizionalmente, il rischio di stress termico è stato considerato soprattutto in ambienti chiusi (indoor), dove la combinazione di alte temperature (sopra i 30°C), umidità elevata e scarsa ventilazione crea condizioni particolarmente insidiose. Tuttavia, con il riscaldamento globale, queste problematiche si stanno estendendo a settori lavorativi come l'agricoltura, attività legata alle condizioni climatiche delle varie stagioni. Le ondate di calore prolungate e sempre più frequenti registrate durante le estati aumentano significativamente i rischi per i lavoratori agricoli, spesso costretti a lavorare in condizioni di disagio termico senza strumenti adeguati per proteggersi dal caldo eccessivo.

Uno sforzo fisico intenso e prolungato in condizioni di calore estremo, accompagnato da una inadeguata idratazione e dall'uso di dispositivi di protezione individuale (DPI) che ostacolano la dispersione del calore corporeo, possono aumentare il rischio di sviluppare reazioni acute al calore. Queste reazioni includono colpo di calore, sincope da calore, crampi muscolari, problemi cutanei e disfunzioni delle ghiandole sudoripare. In presenza di malattie preesistenti, come disturbi cardiovascolari o respiratori, l'esposizione a temperature elevate può aggravare la condizione del lavoratore, compromettendo ulteriormente la sua salute. Non solo, lo stress termico e il conseguente affaticamento possono ridurre la capacità di concentrazione e attenzione del lavoratore, aumentando così il rischio di incidenti e infortuni sul lavoro. In agricoltura, tali circostanze non incidono solo sulla salute dei lavoratori, ma hanno anche ricadute sulla produttività delle aziende che possono subire perdite economiche a causa del calo delle prestazioni lavorative e dei potenziali infortuni.

In definitiva, il cambiamento climatico e il conseguente aumento delle temperature richiedono una revisione delle strategie di prevenzione dei rischi lavorativi, soprattutto nei settori più vulnerabili come l'agricoltura. È essenziale adottare misure che riducano l'esposizione al calore e che garantiscano un'adeguata protezione dei lavoratori, affinché si possa salvaguardare la salute e migliorare le condizioni di lavoro, minimizzando così i danni economici e sociali derivanti da un clima sempre più imprevedibile e ostile.¹

¹ “La Prevenzione del Rischio da Stress da Calore negli Ambienti di Lavoro”, Regione Emilia-Romagna;

2) Obiettivo della tesi

Lo studio è stato condotto dalla Struttura Complessa Prevenzione Sicurezza Ambienti di Lavoro (SC PSAL) dell'Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale (ASUFC) di Udine, con l'obiettivo di valutare l'impatto dello stress termico da calore sui lavoratori impiegati nel settore agricolo e nella manutenzione del verde. Questo studio ha preso in esame un aspetto cruciale della sicurezza sul lavoro, ovvero l'esposizione a condizioni microclimatiche potenzialmente dannose, attraverso un'analisi approfondita dei parametri ambientali, fisici e comportamentali dei lavoratori agricoli e manutentori del verde di alcune aziende del territorio udinese.

La ricerca prevede la raccolta e l'analisi dei parametri microclimatici tramite l'utilizzo di centraline microclimatiche, consentendo di monitorare in tempo reale le condizioni ambientali in cui i lavoratori operano, rilevando variabili come temperatura, umidità e velocità dell'aria; l'utilizzo di cardiofrequenzimetri, dispositivi indossabili che hanno permesso di registrare la frequenza cardiaca durante le attività lavorative per valutare lo sforzo fisico sostenuto dai lavoratori in relazione alle condizioni di calore ambientale; somministrazione di questionari che hanno permesso di raccogliere informazioni su come i lavoratori affrontano le condizioni di calore durante le giornate lavorative e il loro stato di salute, contribuendo a ottenere un quadro completo delle pratiche comportamentali e delle abitudini che possono influire sull'esposizione al rischio termico; valutazione dei giubbotti raffrescanti e refrigeranti in termini di miglioramento del comfort e della riduzione della temperatura corporea durante il lavoro.

Il progetto è stato realizzato in collaborazione con l'Università degli Studi di Trieste e l'Azienda Sanitaria Universitaria Giuliano Isontina (ASUGI), coinvolgendo un medico del lavoro e un assistente sanitario che hanno partecipato alla raccolta di campioni di urina dei lavoratori, eseguita all'inizio e alla fine del turno, sia a inizio settimana che a fine settimana. L'analisi delle urine ha permesso di valutare i livelli di idratazione dei lavoratori, un indicatore

chiave dello stato di benessere fisico in condizioni di lavoro estreme. Inoltre, sono state condotte bioimpedenziometrie, una tecnica che misura la composizione corporea per determinare la quantità di acqua presente nel corpo, il livello di sudorazione e lo stato di idratazione complessivo. Questi dati hanno fornito una valutazione accurata delle condizioni fisiologiche dei lavoratori esposti a elevate temperature.

3) Analisi statistica degli infortuni e perdita della produttività

Nel seguente capitolo verranno analizzati gli studi di *Gariazzo C. et al. (2022)*² e *Morabito M. et al. (2021)*³, i quali hanno dimostrato che simmetricamente agli effetti sulla salute dei lavoratori, con temperature estreme si rileva un incremento della casistica infortunistica dovuto, oltre che ai malori, a una riduzione delle prestazioni motorie, cognitive e tempi di reazione. Pertanto, durante le intense ondate di calore gli infortuni più riscontranti sono gli incidenti di trasporto, gli scivolamenti e le cadute, il contatto con oggetti o attrezzature, ferite, lacerazioni e amputazioni.⁴

Lo studio *Gariazzo C. et al. (2022)*⁵ dimostra l'esistenza di una correlazione tra l'esposizione al caldo e gli infortuni, dimostrando che un'esposizione prolungata a temperature elevate in virtù dell'esecuzione di un certo grado di sforzo fisico aumenta il rischio di questa tipologia di esiti. Un chiaro supporto è rappresentato dalla Figura 1 sull'asse delle ordinate viene rappresentata la variazione in percentuale degli infortuni mentre sull'asse delle ascisse la variazione in percentile della temperatura. Le aree blu e rossa corrispondono agli effetti delle basse e alte temperature, la media dei rispettivi valori è raffigurata dalle linee in grassetto blu e rossa. Le linee tratteggiate rappresentano le funzioni specifiche delle regioni italiane.

² Gariazzo C., Taiano L., Bonafede M., Leva A., Morabito M., De' Donato F., Marinaccio A.- "Association between extreme temperature exposure and occupational injuries among construction workers in Italy: An analysis of risk factors" Doi: 10.1016/j.envint.2022.107677 (2022);

³ Morabito M., Messeri A., Crisci A., Bao J., Ma R., Orlandini S., Huang C., Kjellstrom T., "Heat-related productivity loss: benefits derived by working in the shade or work-time shifting" Doi: 10.1108/IJPPM-10-2019-0500 (2021);

⁴ "Ambiente e Sicurezza sul Lavoro", Maggio-Giugno 2024;

⁵ Gariazzo C., Taiano L., Bonafede M., Leva A., Morabito M., De' Donato F., Marinaccio A.- "Association between extreme temperature exposure and occupational injuries among construction workers in Italy: An analysis of risk factors" Doi: 10.1016/j.envint.2022.107677 (2022);

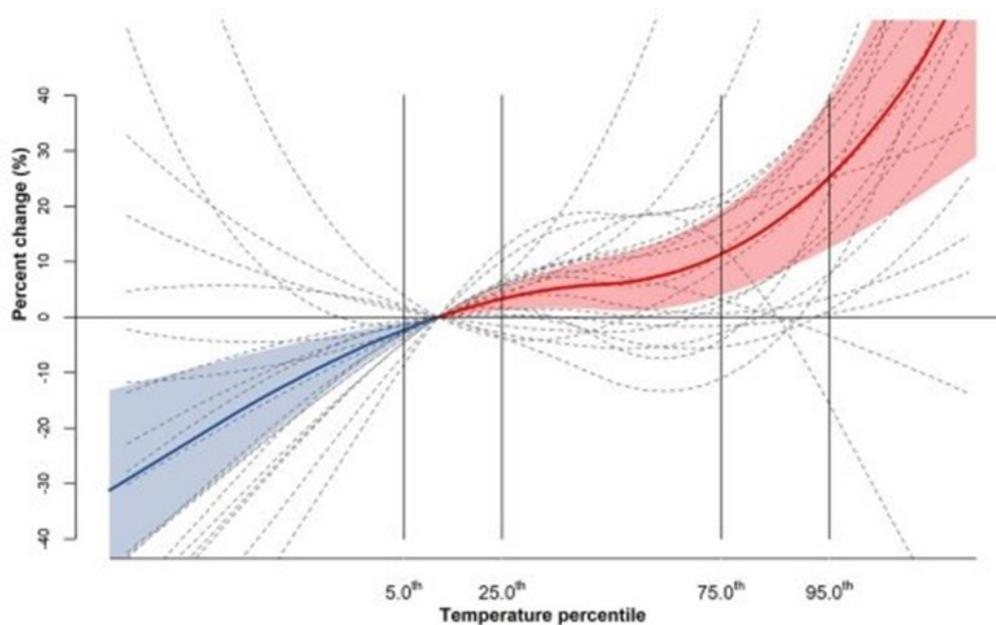


Figura 1: Relazione esposizione-risposta tra le temperature medie giornaliere e gli infortuni sul lavoro tra i lavoratori edili (Gariazzo C. et al. 2022)

Un altro studio che si ritiene importante citare è quello condotto da *Morabito M. et al. (2021)*⁶ il quale indaga su una possibile correlazione tra temperature estreme e diminuzione della produttività dei lavoratori. Nella figura sottostante, sull'asse delle ordinate è rappresentato in percentuale il valore della produttività persa in funzione dell'aumento orario del valore della temperatura globale del bulbo umido (WBGT) sull'asse delle ascisse. In particolare, la linea continua rappresenta la stima della produttività persa secondo la ISO 7243:2017 che indica, per vari livelli di intensità di lavoro, le soglie WBGT al di sopra delle quali un lavoratore dovrebbe ridurre il proprio tasso metabolico eseguendo diversi minuti di riposo nell'arco di un'ora di lavoro per evitare che la temperatura corporea interna superi i 38.8 °C. Questa situazione evita rischi per la salute del lavoratore ma crea anche PL. In questo studio si prevede un calcolo applicato ad una situazione ideale di lavoratori che eseguono un'attività

⁶ Morabito M., Messeri A., Crisci A., Bao J., Ma R., Orlandini S., Huang C., Kjellstrom T., "Heat-related productivity loss: benefits derived by working in the shade or work-time shifting" Doi: 10.1108/IJPPM-10-2019-0500 (2021);

lavorativa moderata. La linea tratteggiata rappresenta la stima della produttività persa in funzione dei dati epidemiologici disponibili.

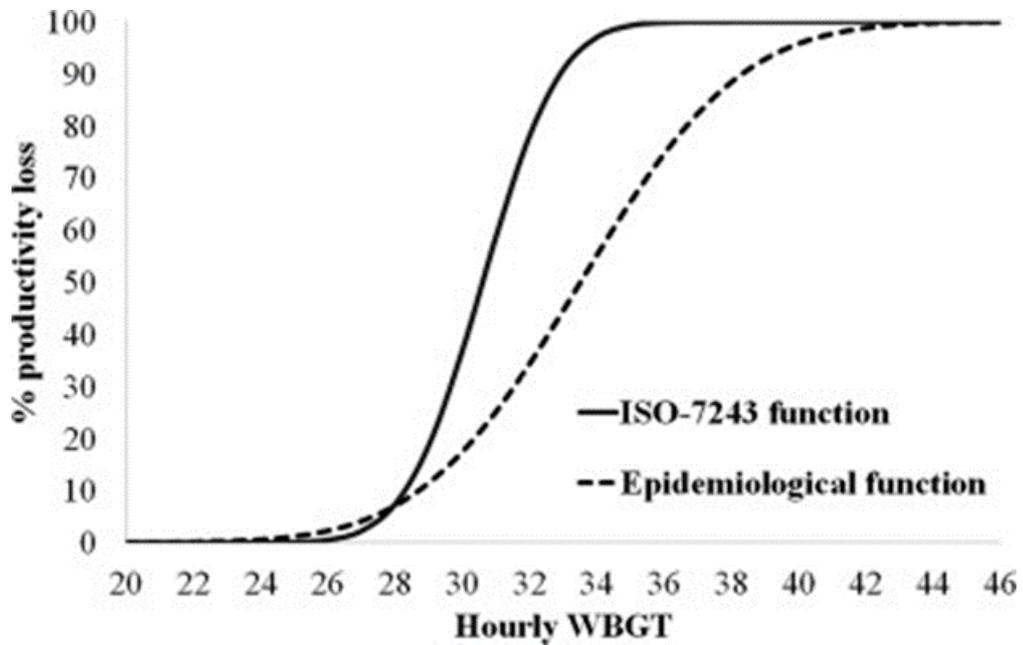


Figura 2: Relazione esposizione-risposta per riduzione oraria della capacità produttiva (produttività lavorativa) in lavori con intensità di 300W basati su ISO-7243 e dati epidemiologici. (Morabito M. et al. 2021)

4) Il cambiamento climatico

Il cambiamento climatico e in particolare l'aumento delle temperature è un tema essenziale per la ricerca in ambito occupazionale in relazione ad una serie di connessioni che riguardano il rischio di infortunio sul lavoro associato all'esposizione a temperature estreme (e in particolare alle ondate di calore), l'aumento del livello di inquinamento atmosferico, l'esposizione alle radiazioni solari, l'interazione fra inquinamento ed esposizione a cancerogeni occupazionali e ad allergeni biologici.⁷

Gli esperti dei cambiamenti climatici indicano che le temperature in Europa stanno aumentando più velocemente di qualsiasi altro continente negli ultimi decenni, con un innalzamento del doppio rispetto alla media globale. Il 2023 è stato il terzo anno più caldo mai registrato in Europa (il record di anno più caldo lo detiene il 2020). I dieci anni più caldi mai registrati in Europa si sono verificati tutti dal 2000 e i cinque anni più caldi si sono verificati tutti dal 2014.

Secondo il rapporto “*Segnali dal clima in FVG*” del Gruppo di Lavoro tecnico-scientifico Clima FVG, pubblicato nel 2024, il 2023 risulta essere il terzo anno più caldo mai registrato in Friuli-Venezia Giulia. Durante diversi mesi, sia l'atmosfera che il mare hanno sperimentato temperature al di sopra della media, e varie aree della regione sono state colpite da eventi estremi di forte intensità.

La temperatura media del 2023 in Friuli-Venezia Giulia ha superato di quasi 1 °C il valore di riferimento del trentennio climatico 1991-2020. Se si considerano i dati storici della città di Udine, l'aumento diventa ancora più marcato: dal 1901, solo il 2022 e il 2014 hanno superato il 2023, con un aumento rispetto alla media del secolo scorso di +1,7 °C, evidenziando il fenomeno del riscaldamento globale anche a livello locale.

⁷ INAIL “*Esposizione a temperature estreme ed impatti sulla salute e sicurezza sul lavoro. Il progetto workclimate e la piattaforma previsionale di allerta*” (2022);

Nonostante le elevate temperature registrate durante l'anno, la percezione comune è che il 2023 non sia stato particolarmente caldo, probabilmente perché nei mesi estivi le temperature si sono mantenute sui valori medi abituali. Analizzando i dati mensili del 2023 e confrontandoli con le medie dal 1901 al 2022, emerge che, in pianura, le temperature sono state quasi sempre superiori, con poche eccezioni nei mesi di aprile e novembre, che hanno registrato valori in linea o leggermente inferiori alla media secolare.⁸

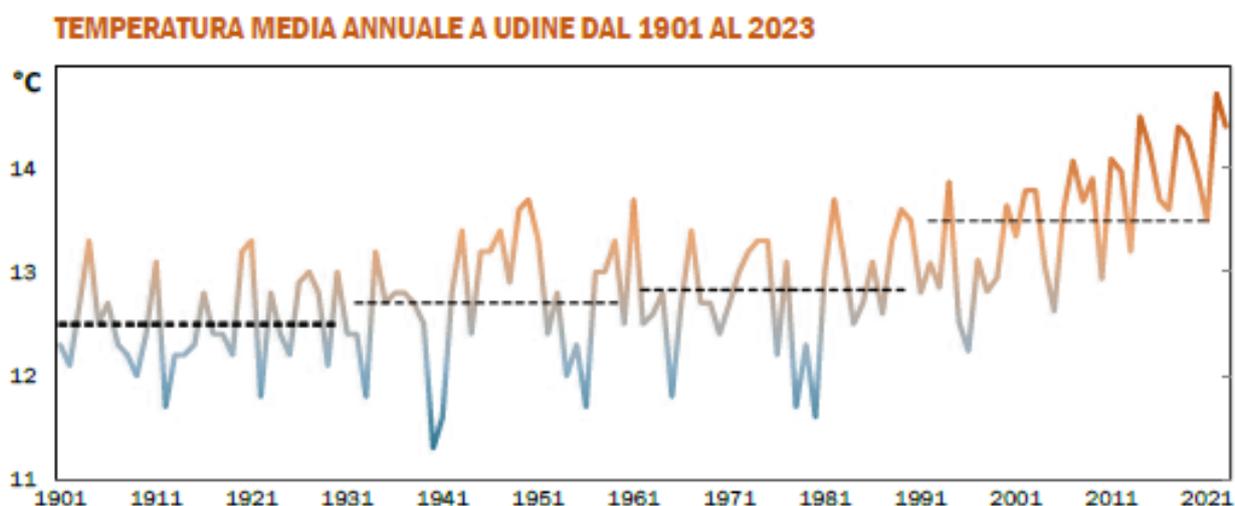


Figura 3: Andamento secolare della temperatura media annuale a Udine. (Dati: serie HistAlp 1901-1991 ARPA FVG – RAFVG 1992-2023). Le linee tratteggiate orizzontali indicano le temperature medie e trentennali.

⁸ Gruppo di Lavoro tecnico scientifico Clima FVG “Segnali dal clima in FVG” (2024);

ANOMALIA TERMICA MENSILE - 2023

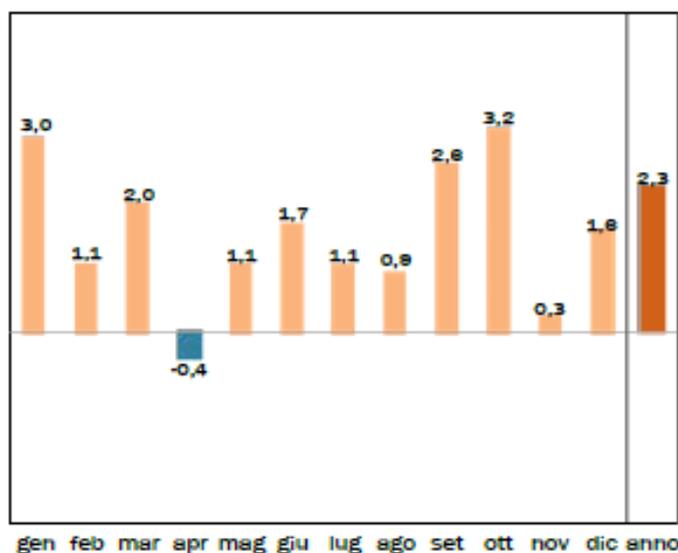


Figura 4: Anomalia delle temperature medie mensili del 2023 a Udine rispetto al periodo 1901-2022 (serie HistAlp1901-1991 ARPA FVG-RAFVG 1992-2023).

Riguardo al tema del cambiamento climatico negli anni a venire, le proiezioni in Friuli-Venezia Giulia per il XXI secolo, elaborate dall' ICTP (*International Centre for Theoretical Physics*), prospettano in generale un ulteriore riscaldamento, modulato però dai diversi scenari di sviluppo.

Se le emissioni di gas climalteranti continueranno a crescere in regione potremo aspettarci a fine secolo un aumento di temperature medie fino a 5 °C in inverno e fino a 6 °C in estate, con un forte aumento di ondate di calore.

Invece nello scenario più virtuoso, cioè quello che si verificherebbe se le emissioni globali di gas climalteranti venissero rapidamente e drasticamente diminuite, dando attuazione all'Accordo di Parigi, i modelli indicano che in Friuli-Venezia Giulia le temperature continueranno a crescere fino a metà secolo, ma poi si stabilizzeranno e l'anomalia termica rimarrà entro 1-2 °C in inverno e 2-3 °C in estate a fine secolo.⁹

⁹ Gruppo di Lavoro tecnico scientifico Clima FVG "Segnali dal clima in FVG" (2023);

Aumento delle temperature medie in FVG a fine secolo in due diversi scenari

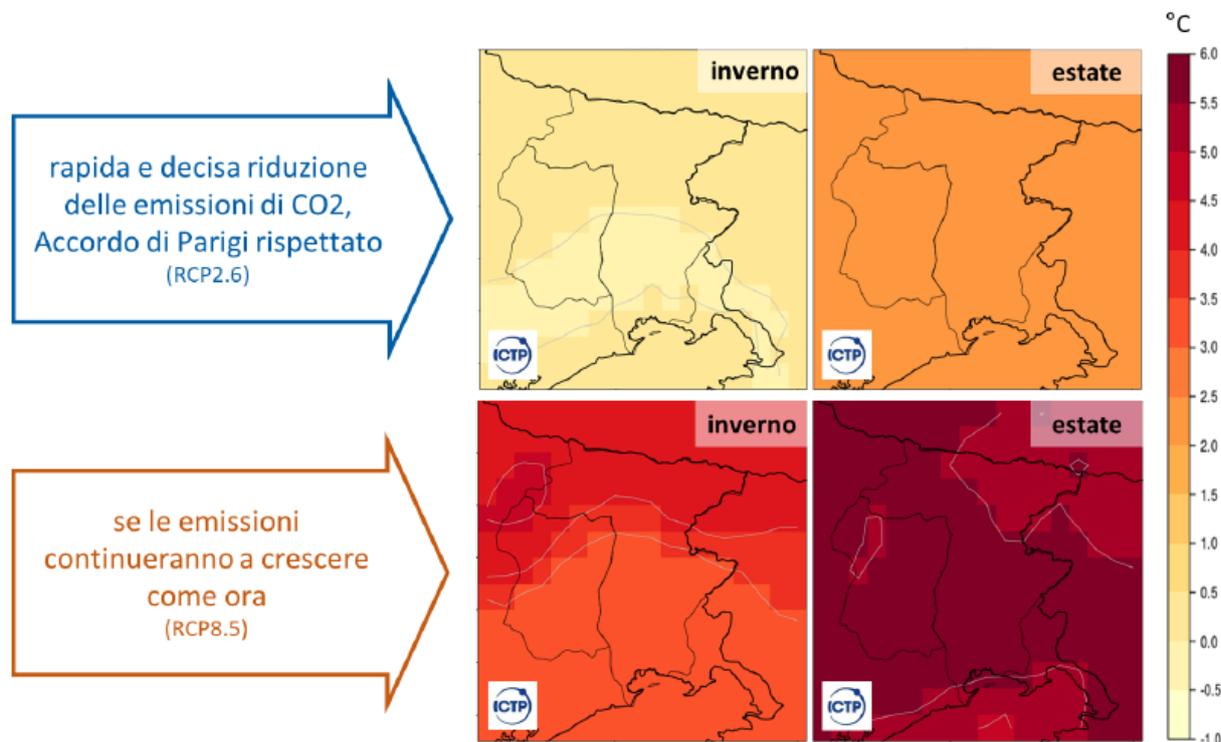


Figura 5: Anomalia delle temperature medie invernali ed estive in Friuli Venezia secondo le proiezioni al 2071-2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 (Accordo di Parigi rispettato) e RCP8.5 (se continuerà l'attuale tendenza all'aumento delle emissioni). Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG (ARPA FVG, 2018).

5) Il microclima e l'inquadramento normativo

Per microclima si intende il complesso dei parametri climatici dell'ambiente 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 che spazia da aspetti di tipo percettivo (comfort/discomfort) ad aspetti di tipo prestazionale fino ad aspetti che coinvolgono elementi fisiologici e finanche le funzioni vitali dell'individuo stesso.¹⁰

Il microclima è definito a livello normativo dall'art. 180 titolo VIII del Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n.81 in materia di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro e s.m.i. come un agente fisico. Gli agenti fisici rappresentano dei fattori, governati da leggi fisiche, che provocano una trasformazione delle condizioni ambientali nelle quali essi si manifestano. La loro presenza determina un'immissione di energia, negli ambienti di vita e di lavoro, che, oltre i valori tollerati, risulta potenzialmente dannosa per la salute umana.

Non esiste un capo del titolo VIII del D. Lgs. 81/2008 specificatamente dedicato al microclima, pertanto si applicano le disposizioni generali contenute negli articoli 181 – 186. L'articolo 181 obbliga il Datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza, incluso anche quello dovuto all'esposizione al microclima, in relazione ai quali esiste quindi l'obbligo alla valutazione ed all'identificazione delle misure preventive e protettive per minimizzare il rischio. All'articolo 184 sussiste inoltre l'obbligo di provvedere affinché i lavoratori esposti ai rischi derivanti da agenti fisici sul luogo di lavoro, e i loro rappresentanti, vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi.

Oltre alle Disposizioni Generali, il rischio microclimatico è normato in alcune parti anche dall'Allegato IV del D. Lgs. 81/2008 e richiamato dall'articolo 63 che richiede la conformità dei luoghi lavorativi agli elementi da essi indicati.

¹⁰ https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT;

Tali documenti, convenzionalmente, distinguono gli ambienti “moderati” da quelli “severi” secondo il seguente criterio:

- gli ambienti “moderati” sono ambienti nei quali gli scambi termici fra soggetto e ambiente consentono il raggiungimento di condizioni prossime all’equilibrio termico, ovvero di comfort;
- gli ambienti “severi” sono, al contrario, quelli in cui le condizioni ambientali sono tali da determinare nel soggetto esposto uno squilibrio termico tale da poter rappresentare un fattore di rischio per la sua salute.

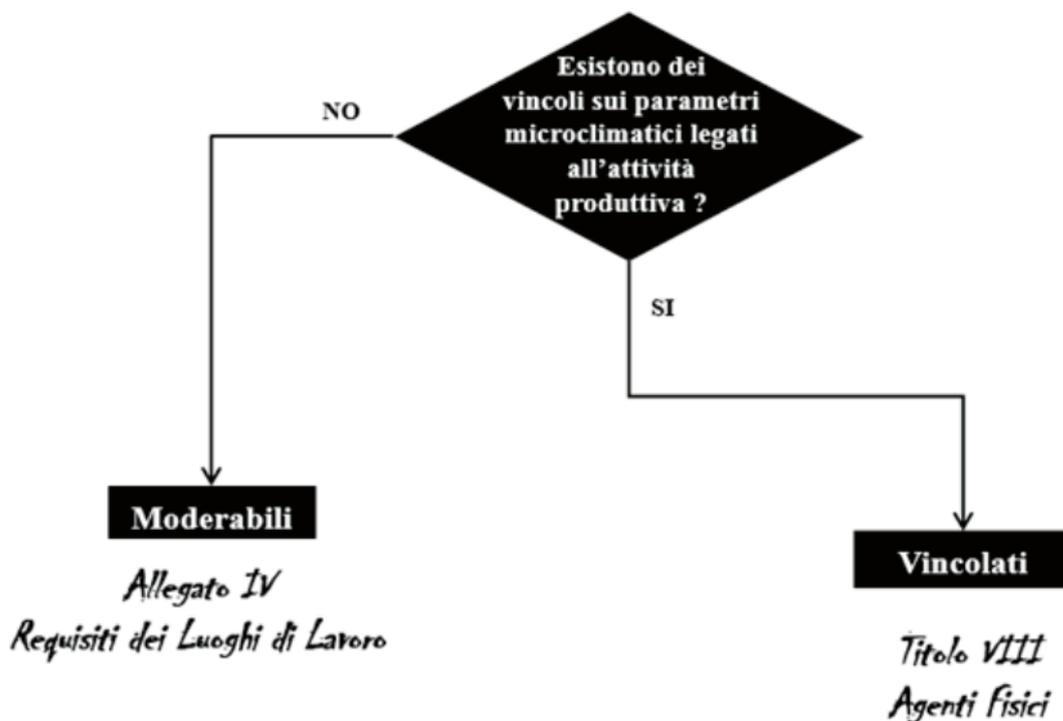


Figura 6: Discriminazione radicale fra ambienti ad obiettivo comfort (moderabili) ed ambienti ad obiettivo tutela della salute (vincolati).

Questa distinzione è tuttavia relativa alle condizioni che si realizzano in un ambiente (ex-post) e non alle condizioni che è possibile realizzare, e di conseguenza devono essere realizzate in un ambiente (ex-ante). Essa, pertanto, non coglie la distinzione fra ambienti nei quali non

esistono ostacoli allo stabilirsi di condizioni di comfort ed ambienti nei quali, al contrario tali ostacoli esistono, distinzione che rappresenta l'unico vero elemento discriminante pertinente.

Una seconda distinzione nella definizione degli ambienti termici, diversa da quella operata dalla normativa tecnica, viene fornita dall'INAIL nella pubblicazione precedentemente citata del 2018.

Vengono così definiti:

- ambienti “termicamente moderabili”: ambienti nei quali non esistono vincoli in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort;
- ambienti “termicamente vincolati”: ambienti nei quali esistono vincoli, in primo luogo sulla temperatura e sulle altre quantità ambientali, ma anche sull'attività metabolica e sul vestiario, in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort.¹¹

¹¹ Inail “*Valutazione del Microclima, l'esposizione al caldo e al freddo: quando è un fattore di discomfort, quando è un fattore di rischio per la salute*” (2018);

6) Bilancio energetico ed equilibrio termico

In questo capitolo verranno spiegati gli effetti fisiologici sulla salute dovuti al caldo attraverso l'equazione di bilancio energetico e le basi del funzionamento della termoregolazione di ogni individuo.

Nel corso dell'evoluzione, l'essere umano ha dimostrato una straordinaria capacità di adattamento ai vari ambienti in cui è vissuto. Tra gli impatti più significativi dell'aumento delle temperature si annoverano le ondate di calore, fenomeni meteorologici estremi che possono mettere a rischio la salute e il benessere umano. L'adattamento del nostro organismo alle variazioni termiche è uno degli aspetti chiave della fisiologia umana, e comprende come il calore influenza il nostro corpo è diventato sempre più rilevante nell'attuale scenario climatico.

Le ondate di calore si verificano quando si registrano temperature molto elevate per più giorni consecutivi, spesso associate a tassi elevati di umidità, forte irraggiamento solare e assenza di ventilazione. Queste condizioni climatiche possono rappresentare un rischio per la salute della popolazione. Il caldo, infatti, causa problemi alla salute nel momento in cui altera il sistema di regolazione della temperatura corporea.

Un'esposizione prolungata a temperature elevate può provocare disturbi lievi, come crampi, svenimenti, edemi, o di maggiore gravità, come congestione, disidratazione e colpo di calore. Condizioni di caldo estreme, inoltre, possono determinare un aggravamento delle condizioni di salute di persone con patologie croniche preesistenti.¹²

L'organismo umano viene definito "omeotermo", ovvero è in grado di mantenere costante la propria temperatura centrale in un range ristretto di 37 ± 1 °C nelle più diverse condizioni climatiche, attraverso continui scambi termici con l'ambiente circostante che avvengono per convezione, evaporazione, irraggiamento e, in misura minore, per conduzione tramite la

¹²<https://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioContenutiCaldo.jsp?lingua=italiano&id=4546&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto> (Ministero della Salute);

superficie cutanea e per convezione ed evaporazione attraverso l'attività respiratoria.

L'equazione di bilancio energetico applicata al corpo umano, in termini di energia per unità di tempo ovvero di potenza, assume la seguente forma:

$$S = M - W \pm C_{RES} \pm E_{RES} \pm K \pm C \pm R - E$$

dove

- S = variazione di energia interna, ovvero differenza tra la potenza termica acquisita e dissipata dal corpo umano;
- M = metabolismo energetico
- W = potenza meccanica impegnata per compiere lavoro meccanico;
- C_{RES} = potenza termica scambiata nella respirazione per convezione;
- E_{RES} = potenza termica scambiata nella respirazione per evaporazione;
- K = potenza termica scambiata per conduzione;
- C = potenza termica scambiata per convezione;
- R = potenza termica scambiata per irraggiamento;
- E = potenza termica ceduta per traspirazione e sudorazione.

Nell'equazione i singoli termini hanno segno + se si ha un guadagno di energia oppure hanno segno - se si ha una perdita di energia.

L'equazione può assumere i seguenti valori:

- S=0 rappresenta la condizione di equilibrio termico, non c'è variazione di energia all'interno del corpo, la temperatura tende a rimanere costante, la sensazione è di neutralità termica;
- S>0 la potenza termica in ingresso nel corpo è maggiore di quella in uscita. Tale variazione positiva di energia interna determina un incremento della temperatura centrale con conseguente sensazione di caldo;
- S<0, la potenza termica in ingresso è minore di quella in uscita. Tale variazione

negativa di energia interna determina un decremento della temperatura centrale con conseguente sensazione di freddo.

Il mantenimento dell'equilibrio termico è assicurato da un complesso sistema di termoregolazione in cui l'ipotalamo, nella sua regione anteriore e nell'area preottica, svolge la funzione di un vero e proprio termostato. A queste aree giungono informazioni provenienti dai termocettori profondi centrali che rendono conto delle variazioni della temperatura centrale dell'organismo e dai termocettori periferici sensibili al caldo (corpuscoli di Ruffini) e al freddo (corpuscoli di Krause), diffusi su tutta la superficie corporea.

Il centro di termoregolazione ipotalamico integra tali informazioni e con un meccanismo di controllo nervoso a feed-back attiva gli effettori periferici modulando la risposta in relazione alla necessità di dissipare il calore o di incrementarne la produzione.

Nel caso di esposizione ad ambienti severi caldi, con tendenza all'incremento della temperatura centrale e conseguente necessità di disperdere calore verso l'esterno, il primo meccanismo ad essere attivato è la vasodilatazione periferica. Il sangue ha elevata capacità termica specifica e conducibilità termica; pertanto, il suo passaggio nel sistema venoso dei distretti periferici e il conseguente riscaldamento della superficie cutanea consentono la dispersione del calore accumulato centralmente verso gli strati d'aria immediatamente contigui alla superficie, nel caso in cui l'aria circostante si trovi ad una temperatura inferiore rispetto alla pelle, innanzitutto con meccanismo convettivo. La cessione di calore continua man mano che l'aria riscaldata viene sostituita da strati d'aria più fresca. Al meccanismo di dissipazione del calore contribuisce in misura importante l'irraggiamento, molto meno la conduzione a causa della ridotta superficie di contatto, soprattutto per soggetti in piedi, e l'evaporazione dall'epidermide mediante gli scambi respiratori.

Successivamente, nonché in caso di temperatura dell'aria superiore a quella della superficie del corpo, che porterebbe ad un trasferimento di calore in senso inverso, il meccanismo prevalente e decisamente più efficace di raffreddamento del corpo è rappresentato dalla evaporazione del sudore. L'aumento della velocità dell'aria rende più efficiente il meccanismo

di termo dispersione per convezione e per evaporazione. Poiché la velocità di evaporazione è dipendente dalla tensione di vapore d'acqua, è esplicito che quanto più l'aria ambiente è satura di umidità tanto minore è l'evaporazione.

Va detto che tale meccanismo è reso più efficiente, in termini di velocità di produzione e di efficacia del processo evaporativo del sudore, dall'acclimatamento del soggetto rispetto al soggetto non acclimatato. Anche la deplezione di sali per esposizioni prolungate ad ambienti severi caldi risulta ridotta nel soggetto acclimatato e sono inferiori le ripercussioni sull'apparato cardiovascolare nel complesso.

Le risposte effettrici che l'ipotalamo mette in atto nel caso di esposizione ad ambienti che si configurano come severi freddi sono esattamente opposte a quelle finora descritte, essendo finalizzate ad impedire la dispersione di calore all'esterno e ad assicurare il mantenimento della temperatura centrale nei limiti fisiologici. La vasocostrizione periferica è il primo meccanismo ad innescarsi in tal senso, a seguire viene prodotto calore mediante il meccanismo della termogenesi con brivido per attivazione dei muscoli scheletrici.

In entrambe le condizioni, quando i meccanismi fisiologici non sono più sufficienti a contrastare il prolungato stress termico, l'organismo mette in atto dei meccanismi "comportamentali": riduzione del movimento fino al blocco di ogni attività muscolare volontaria con lo scopo di evitare la produzione di calore endogeno negli ambienti severi caldi; attivazione volontaria delle masse muscolari per incrementare la produzione di calore in caso di esposizione ad ambienti severi freddi.¹³

¹³ https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT (Portale Agenti Fisici);

7) Patologie da calore

Negli ambienti severi caldi si verifica l'innalzamento della temperatura del nucleo corporeo, di conseguenza il sistema termoregolatore attiva una serie di meccanismi sopradescritti, per dissipare l'eccesso di calore. Quando tali meccanismi non sono sufficienti per garantire lo stato di omeotermia, si possono avere disturbi patologici più o meno gravi determinati da disordini dovuti alla instabilità del sistema cardio-circolatorio e squilibri elettrolitici, con conseguenze, talvolta, persino fatali.¹⁴

Di seguito viene fornito un elenco delle patologie da calore con i relativi effetti legati all'esposizione ad alte temperature:

- **CRAMPI DA CALORE:** sono causati da una perdita di sali minerali dovuta alla sudorazione e ad una conseguente modificazione dell'equilibrio idro-salino. Sono caratterizzati da spasmi muscolari dolorosi della durata di qualche minuto e possono interessare soprattutto polpaccio e addome. I crampi si possono verificare anche in persone, giovani, che svolgono attività fisica senza reintegrare a sufficienza i liquidi persi con la sudorazione, generalmente dopo qualche giorno di esposizione al caldo e di forte sudorazione.
- **DERMATITE DA SUDORE:** è il problema più comune negli ambienti di lavoro caldi. È causata dalla macerazione cutanea indotta dalla eccessiva presenza di sudore e si presenta sotto forma di piccoli brufoli o vescicole. L'eruzione cutanea può comparire sul collo, sulla parte superiore del torace, sull'inguine, sotto il seno e sulle pieghe del gomito.
- **DISIDRATAZIONE:** è causata da una perdita di liquidi dall'organismo maggiore di quella introdotta, come nel caso delle alte temperature per via della sudorazione. I disturbi da disidratazione cominciano a manifestarsi quando le perdite raggiungono il 5% del volume totale con sintomi e segni clinici rappresentati da: sete marcata, polso

¹⁴ <https://www.inail.it/portale/prevenzione-e-sicurezza/it/come-fare-per/conoscere-il-rischio/agenti-fisici/stress-termico.html>;

rapido, sudorazione ridotta o abolita, debolezza, vertigini, palpitazioni, ansia, pelle e mucose asciutte, crampi muscolari, abbassamento della pressione arteriosa.

- **SINCOPE DA CALORE:** dovuta a un'eccessiva vasodilatazione che dà luogo a stasi venosa periferica, ipotensione e insufficiente flusso sanguigno cerebrale, manifestandosi con una perdita di coscienza preceduta da pallore, stordimento e vertigini. Nei soggetti che svolgono attività lavorativa in ambienti severi caldi, in particolare se non acclimatati, si accompagna spesso ad una ipertermia che può raggiungere i 39 °C, ma non comporta né abolizione della sudorazione né agitazione motoria.
- **CONGESTIONE:** può verificarsi quando l'organismo è surriscaldato e si assumono bevande ghiacciate durante o dopo i pasti quando il sangue è concentrato a livello gastrico; l'introduzione della bevanda molto fredda provoca una riduzione dell'afflusso di sangue all'addome che può rallentare o bloccare i processi digestivi. I primi sintomi sono costituiti da sudorazione e dolore toracico, la pressione si alza o si abbassa improvvisamente e la respirazione diventa difficoltosa.
- **COLPO DI CALORE:** è la condizione clinica più grave associata all'esposizione al calore, si verifica quando il centro della termoregolazione è gravemente compromesso. Il primo sintomo è rappresentato da un improvviso malessere generale, cui seguono mal di testa, nausea, vomito e sensazione di vertigine, fino ad arrivare a stati d'ansia e stati confusionali. Si può avere perdita di coscienza, può cessare la sudorazione. La temperatura corporea aumenta rapidamente (in 10-15 minuti) fino anche a 40-41° C ed è seguita da un possibile malfunzionamento degli organi interni, che può portare alla morte.¹⁵

¹⁵ "Patologie da calore e fattori che contribuiscono alla loro insorgenza, informativa per i Datori di Lavoro"; Miriam Levi, Francesca de' Donato, Manuela De Sario, Emanuele Crocetti, Andrea Bogi, Iole Pinto, Marco Morabito, Alessandro Messeri, Alessandro Marinaccio, Simona Del Ferraro, Tiziana Falcone, Vincenzo Molinaro e Michela Bonafede;

TABELLA 1. SEGNI E SINTOMI DELLE PATOLOGIE DOVUTE AL CALDO

Disidratazione	Stress da calore	Colpo di calore
Cali improvvisi di pressione arteriosa Debolezza improvvisa Palpitazioni/tachicardia Irritabilità, sonnolenza Sete intensa Pelle e mucose asciutte Cute anelastica Occhi ipotonici Iperreflessia, scosse muscolari Riduzione della diuresi	Temperatura corporea elevata Improvviso malessere generale Mal di testa Ipotensione arteriosa Confusione, irritabilità Tachicardia Nausea/Vomito Riduzione della diuresi	(oltre quelli della colonna precedente) Temperatura corporea >40°C Iperventilazione Blocco della sudorazione Alterazioni stato mentale (es. delirio) Aritmie cardiache Rabdomiolisi Malfunzionamento organi interni (es. insufficienza renale ed epatica, edema polmonare) Shock

Fonti: American Family Physician June 1, 2002; Linee di indirizzo per la prevenzione effetti ondate di calore del Ministero della Salute

Tabella 1: segni e sintomi delle patologie dovute al caldo analizzati nel progetto Workclimate

8) Indici di valutazione

Negli ambienti vincolati caldi esistono vincoli ineludibili che portano ad una situazione di squilibrio termico nella quale i guadagni energetici superano le perdite. La valutazione deve verificare prima di tutto l'esistenza e successivamente l'entità di un eventuale stress termico. All'interno del D.Lgs 81/08 non è contenuta alcuna indicazione relativa ai metodi di valutazione dello stress termico; pertanto, bisogna fare riferimento e affidamento alle norme tecniche:

- *Norma UNI EN ISO 7243:2017 per il metodo WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)*
- *Norma UNI EN ISO 7933:2005 per il metodo PHS (Predicted Heat Strain).*

Indice WBGT

L'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) proposto dalla UNI EN ISO 7243:2017 *“Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo umido)”* è un indice empirico, di facile valutazione, che viene utilizzato in prima battuta per comprendere se l'esposizione ad un determinato ambiente caldo genera o meno stress termico. La stima è grossolana ma permette di comprendere se è necessaria una valutazione più approfondita dell'ambiente in esame.

Si applica per valutare la presenza o meno di stress termico provocato da un ambiente caldo sia indoor che outdoor, su un soggetto adulto, sia maschio che femmina.

La valutazione dell'indice WBGT avviene attraverso i seguenti passi:

a) calcolo del WBGT considerando il soggetto vestito con l'abbigliamento di riferimento da lavoro in cotone ($I_{cl} = 0.6 \text{ clo}$ e $i_m = 0.38$), utilizzando le seguenti relazioni:

- In assenza di carico solare: $WBGT = 0.7 \cdot t_{nw} + 0.3 \cdot t_g$

- In presenza di carico solare: $WBGT = 0.7 \cdot t_{nw} + 0.2 \cdot t_g + 0.1 \cdot t_a$

dove

t_{nw} rappresenta la temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale, misura che combina gli effetti della temperatura e dell'umidità dell'aria ed è il valore indicato da un sensore di temperatura ricoperto da una guaina umida ventilata naturalmente, cioè situata nell'ambiente in esame senza ventilazione forzata. Viene determinata avvolgendo un termometro a bulbo in un tessuto umido e permettendo l'evaporazione, che raffredda il bulbo a seconda del tasso di umidità;

t_g rappresenta la temperatura del globotermometro, misura che prende in considerazione gli effetti del calore radiante ed è la temperatura indicata da un sensore di temperatura posto al centro di un globo nero opaco che assorbe la radiazione termica dall'ambiente circostante;

t_a rappresenta la temperatura dell'aria, detta di bulbo asciutto, che può essere misurata con qualsiasi metodo idoneo, qualunque sia la forma del sensore utilizzato. Il sensore della temperatura dell'aria deve essere protetto dalle radiazioni mediante un dispositivo come un termometro che non impedisca la circolazione dell'aria intorno al sensore.

b) Correzione del valore WBGT calcolato, nel caso di abbigliamento diverso da quello preso come riferimento, aggiungendo al WBGT il valore CAV (Clothing Adjustment Value) nel seguente modo:

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV$$

Ensemble	Comment	CAV [°C-WBGT]
Work clothes	Work clothes made from a woven fabric is the reference ensemble.	0
Cloth coveralls	Woven fabric that includes treated cotton.	0
Non-woven SMS coveralls as a single layer	A non-proprietary process to make non-woven fabrics from polypropylene.	0
Non-woven polyolefin Coveralls as a single layer	A proprietary fabric made from polyethylene.	2
Vapour-barrier apron with long sleeves and long length over cloth coveralls	The wrap-around apron configuration was designed to protect the front and sides of the body against spills from chemical agents.	4
Double layer of woven clothing	Generally taken to be coveralls over work clothes.	3
Vapour-barrier coveralls as a single layer, without hood	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	10
Vapour-barrier coveralls with hood as a single layer	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	11
Vapour-barrier over cloth coveralls, without hood	—	12
Hood ^a	Wearing a hood of any fabric with any clothing ensemble.	+1
The CAVs are added to the measured WBGT to obtain WBGT _{eff} .		
NOTE For high vapour resistance clothing there is a dependence on relative humidity. The CAVs represent the likely high value.		
^a This value is added to the CAV of the ensemble without hood or respirator.		

Tabella 2: valori di CAV (Clothing Adjustment Value)

c) Calcolo del valore di riferimento WBGT_{ref} (in funzione del metabolismo energetico) utilizzando la Tabella 3, quando la valutazione dell'attività metabolica viene fatta utilizzando la Tabella 4.

Metabolic rate (class) (see Table E.1 for description)	Metabolic rate W	WBGT reference limit for persons acclimatized to heat °C	WBGT reference limit for persons unacclimatized to heat °C
Class 0 Resting metabolic rate	115	33	32
Class 1 Low metabolic rate	180	30	29
Class 2 Moderate metabolic rate	300	28	26
Class 3 High metabolic rate	415	26	23
Class 4 Very high metabolic rate	520	25	20
The values for WBGT _{eff} given here are provided for harmonization with existing national standards. As those standards are revisited in the future, the values from Figure A.1 or the related equations may be considered. The newer values will generally differ by ± 1 °C.			

Tabella 3

Class	Metabolic rate W	Examples
0 Resting	115 (100 to 125)	Resting, sitting at ease
1 Low metabolic rate	180 (125 to 235)	Light manual work (writing, typing, drawing, sewing, book-keeping); hand and arm work (small bench tools, inspection, assembly or sorting of light materials); arm and leg work (driving vehicle in normal conditions, operating foot switch or pedal). Standing drilling (small parts); milling machine (small parts); coil winding; small armature winding; machining with low power tools; casual walking on level surface (speed up to 2,5 km/h).
2 Moderate metabolic rate	300 (235 to 360)	Sustained hand and arm work (hammering in nails, filing); arm and leg work (off-road operation of lorries, tractors or construction equipment); arm and trunk work (work with pneumatic hammer, tractor assembly, plastering, intermittent handling of moderately heavy material, weeding, hoeing, picking fruits or vegetables, pushing or pulling lightweight carts or wheelbarrows, walking at a speed of 2,5 to 5,5 km/h on level surface: forging)
3 High metabolic rate	415 (360 to 465)	Intense arm and trunk work; carrying heavy material; shovelling; sledge-hammer work; sawing; planing or chiselling hard wood; hand mowing; digging; walking at a speed of 5,5 to 7 km/h on level surface. Pushing or pulling heavily loaded hand carts or wheelbarrows; chipping castings; concrete block laying.
4 Very high metabolic rate	520 (>465)	Very intense activity at fast to maximum pace; working with an axe; intense shovelling or digging; climbing stairs, ramp or ladder; walking quickly with small steps; running on level surface; walking at a speed greater than 7 km/h on level surface.

Tabella 4

Se si dispone di una valutazione più accurata del metabolismo energetico, $WBGT_{ref}$ può essere calcolato utilizzando le seguenti relazioni, diagrammate in Figura 7:

- Per soggetto acclimatato:

$$WBGT_{ref} = 56.7 - 11.5 \times \log_{10}(M)$$

- Per soggetto non acclimatato:

$$WBGT_{ref} = 59.9 - 14.1 \times \log_{10}(M)$$

I due modi di valutazione di $WBGT_{ref}$ possono differire di 1 °C.

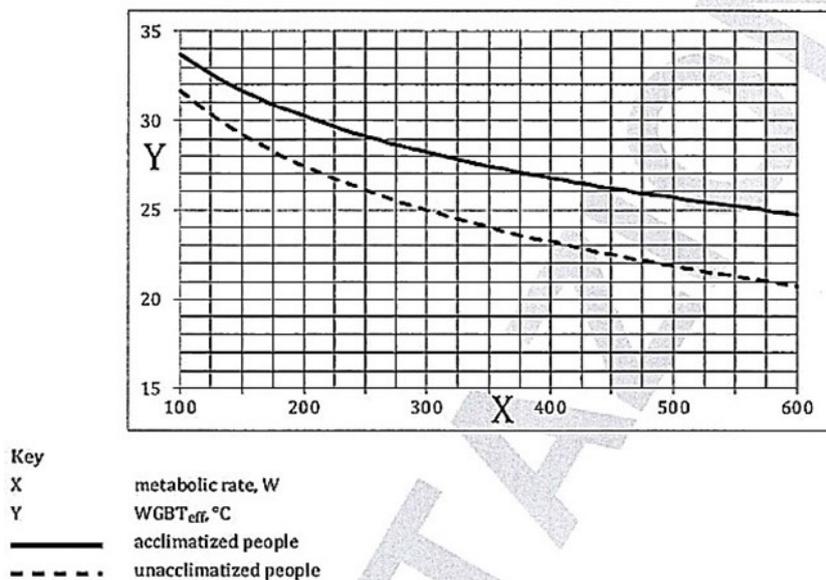


Figura 7: grafico INAIL “Valutazione del Microclima 2018” andamento del $WBGT_{eff}$ in funzione del metabolismo per soggetto acclimatato (linea a tratto pieno) e non acclimatato (linea tratteggiata).

In seguito al confronto tra $WBGT_{eff}$ e $WBGT_{ref}$ si possono distinguere due scenari. Il primo si presenta se il valore dell'indice $WBGT_{eff}$ è maggiore rispetto al $WBGT_{ref}$, ove è necessario ridurre lo stress termico con metodi appropriati (controllo dell'ambiente, del livello di attività, del tempo trascorso nell'ambiente in esame) e procedere ad una analisi più dettagliata dello stress termico utilizzando il metodo PHS. Il secondo scenario si manifesta se il valore dell'indice $WBGT_{eff}$ risulta inferiore rispetto al $WBGT_{ref}$; in questo caso, invece, i soggetti non sono esposti a stress termico e quindi non è necessaria una valutazione più approfondita secondo il metodo PHS e non sono richieste ulteriori azioni da intraprendere.¹⁶

Questo metodo di valutazione dello stress termico si basa sulla misura di questi differenti parametri e sul calcolo di valori medi che tengano conto delle eventuali variazioni spazio-temporali. I dati così raccolti e utilizzati devono essere confrontati con dei valori limite e

¹⁶ Norma UNI EN ISO 7243:2017, “Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)”;

quando superati è necessario ridurre direttamente lo stress termico o le sollecitazioni fisiologiche sul posto di lavoro con metodi appropriati.

I valori limite corrispondono a livelli di esposizione ai quali la quasi totalità degli individui può essere esposta in maniera abituale senza alcun effetto sulla salute, purché non esistano stati patologici preesistenti.

Valori di WBGT elevati che superano i limiti indicano un maggiore rischio di stress termico, richiedendo misure preventive come pianificazione delle pause attraverso periodi di riposo in aree fresche, una corretta idratazione garantendo ai lavoratori l'accesso ad acqua potabile, l'utilizzo di abbigliamento adeguato come abiti leggeri e traspiranti e monitoraggio della salute osservando i segni di stress termico tra i lavoratori.¹⁷

¹⁷ "ISL Igiene & Sicurezza sul Lavoro", 07/2022;

Metodo PHS

Quando è necessario effettuare una valutazione più approfondita dello stress termico determinato da un ambiente caldo, si procede al calcolo della sollecitazione termica prevedibile utilizzando il modello PHS (Predicted Heat Strain).

La norma di riferimento in cui viene descritto il modello PHS è la UNI EN ISO 7933:2005: *“Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile.”*

Il metodo PHS è un approccio per valutare lo stress termico e il carico termico sugli esseri umani in ambienti outdoor e viene utilizzato qualora si riscontrino situazioni di rischio per le persone che lavorano o svolgono attività all'aperto, soprattutto in condizioni estreme, in cui i valori limite del WBGT vengono superati. Questo indice consente di valutare il rischio da stress calorico in modo più dettagliato e affidabile, poiché si basa sulle equazioni del bilancio termico dell'organismo umano, analizzando istante per istante tutti gli scambi di energia fra soggetto ed ambiente e fornisce ad ogni passo l'incremento di energia dovuto allo squilibrio termico dell'organismo.

La procedura di calcolo è di tipo iterativo e permette di seguire nel tempo la risposta fisiologica del corpo umano alla sollecitazione termica restituendo come risultati gli andamenti temporali della temperatura rettale (t_{re}) e della perdita totale di acqua (SW_{tot})

I parametri necessari per applicare il metodo PHS sono:

- PARAMETRI FISICI (temperatura dell'aria, pressione parziale di vapore, temperatura media radiante, velocità relativa dell'aria);
- PARAMETRI INDIVIDUALI (attività metabolica e isolamento termico del vestiario).

Parametri	Quantità	Simbolo	Unità di misura
FISICI	temperatura dell'aria	t_a	°C o K
	temperatura media radiante	t_r	°C o K
	pressione parziale del vapore acqueo	p_a	Pa (1 Pa = 1 N/m ²)
	velocità relativa dell'aria	v_a	m/s
INDIVIDUALI	attività metabolica (ovvero dispendio metabolico ovvero metabolismo energetico)	M	W/m ² o met (1 met = 58,2 W/m ²) pari a 104,8 W per la superficie corporea standard di un individuo adulto (1,8 m ²)
	isolamento termico del vestiario	I_{cl}	m ² K/W o clo (1 clo = 0,155 m ² K/W)

Tabella 5: Parametri ambientali ed individuali che caratterizzano il rapporto individuo-ambiente

Il metodo PHS risulta verificato soltanto all'interno di determinati intervalli stabiliti sia per i parametri ambientali che per i parametri individuali, come indicato nella seguente tabella.

Quantità	Simbolo	Intervallo utile	Unità di misura
temperatura dell'aria	t_a	+15+50	°C
differenza fra t_r e t_a	$t_r - t_a$	0 +60	°C
pressione parziale del vapore acqueo	p_a	0..... 4.500	Pa
velocità relativa dell'aria	v_a	0 3	m/s
attività metabolica	M	0,8 4,5	met
isolamento termico del vestiario	I_{cl}	0,1 1	clo

Tabella 6: Intervalli di applicabilità dei parametri ambientali ed individuali

La procedura per il calcolo dell'Indice PHS si articola nelle seguenti fasi:

- Calcolo dell'andamento nel tempo della temperatura rettale e della perdita totale di acqua;
- Calcolo dei valori limite per la temperatura rettale e per la perdita totale d'acqua;
- Confronto tra gli andamenti temporali ed i valori limite;
- Calcolo dei tempi in cui si raggiungono i valori limite per la temperatura rettale e per la perdita totale di acqua;

- Determinazione del limite di tempo massimo di esposizione W_{max} e SW_{max} ;
- Calcolo di dS_{eq} (potenza termica dovuta all'incremento della temperatura del nucleo corporeo dalla quale viene calcolata la temperatura rettale);
- Temperatura della pelle;
- Temperatura del nucleo;
- Temperatura rettale t_{re} .

Da questi valori vengono calcolati gli scambi termici per gli istanti successivi.¹⁸

Le principali azioni e misure di prevenzione che possono essere intraprese per gli ambienti caldi, in particolare quelli indoor caratterizzati da elevate temperature dell'aria e alte temperature radianti e l'eventuale presenza di umidità richiesto, sono:

- interposizione di schermi che evitino l'esposizione diretta del soggetto alla radiazione emessa dalle superfici calde. Naturalmente, quando possibili, interventi di coibentazione diretta della sorgente risultano ancor più efficaci;
- estrazione di grandi volumi di aria dalle immediate vicinanze delle sorgenti di calore. È bene fare attenzione a che la velocità dell'aria sulla postazione di lavoro non divenga eccessiva;
- installazione di cabine climatizzate, ben isolate dall'ambiente. Questa soluzione è adottabile specialmente in condizioni particolari, come in vicinanza di forni, laminatoi, e simili attrezzature.

¹⁸ Norma UNI EN ISO 7933:2005; "Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile";

UV Index

Le più autorevoli organizzazioni internazionali (ICNIRP, ILO, WHO) e nazionali (Istituto Superiore di Sanità) preposte alla tutela della salute e della sicurezza e gli studi epidemiologici condotti in ambito internazionale concordano nel considerare la radiazione ultravioletta solare un rischio di natura professionale per tutti i lavoratori che lavorano all'aperto (lavoratori outdoor) elencati a titolo indicativo, da valutare e prevenire alla stregua di tutti gli altri rischi presenti nell'ambiente di lavoro. In particolare, per tali lavoratori sono da tempo individuate e caratterizzate molte patologie foto indotte, i cui organi bersaglio sono pelle ed occhi. La principale patologia foto indotta è senz'altro il cancro della pelle.

L'indice UV (indice di radiazione ultravioletta) misura l'intensità della radiazione UV solare sulla superficie terrestre ed è usato per indicare il rischio potenziale di danni alla pelle non protetta.

La scala numerica dell'indice UV va generalmente da 0 a 11+, con valori più alti che indicano un rischio maggiore. Un indice pari a 0 corrisponde a zero radiazioni UV, come avviene essenzialmente di notte. Un indice di dieci corrisponde approssimativamente alla luce solare estiva di mezzogiorno con un cielo sereno.

Ecco la scala standard dell'indice UV:

- 0-2 (Basso): Rischio minimo di esposizione al sole. È sicuro stare all'aperto senza protezione solare.
- 3-5 (Moderato): Rischio moderato. Si raccomanda di usare protezioni come cappello, occhiali da sole e crema solare.
- 6-7 (Alto): Rischio elevato. È importante applicare crema solare, indossare vestiti protettivi e limitare il tempo sotto il sole.
- 8-10 (Molto Alto): Rischio molto elevato. Evitare l'esposizione diretta al sole nelle ore centrali della giornata.

- 11+ (Estremo): Rischio estremo. È fondamentale proteggersi adeguatamente ed evitare di stare all'aperto durante le ore di maggiore intensità solare.



Figura 8: scala standard dell'indice UV (Consorzio LaMMA)

Nella figura sottostante sono raffigurati i valori medi dell'Indice UV nella città di Udine durante il periodo di misure nei mesi di Luglio e Agosto dimostrando che durante la stagione estiva è sempre necessaria una minima protezione dal sole utilizzando occhiali da sole, cappello, magliette e creme solari.

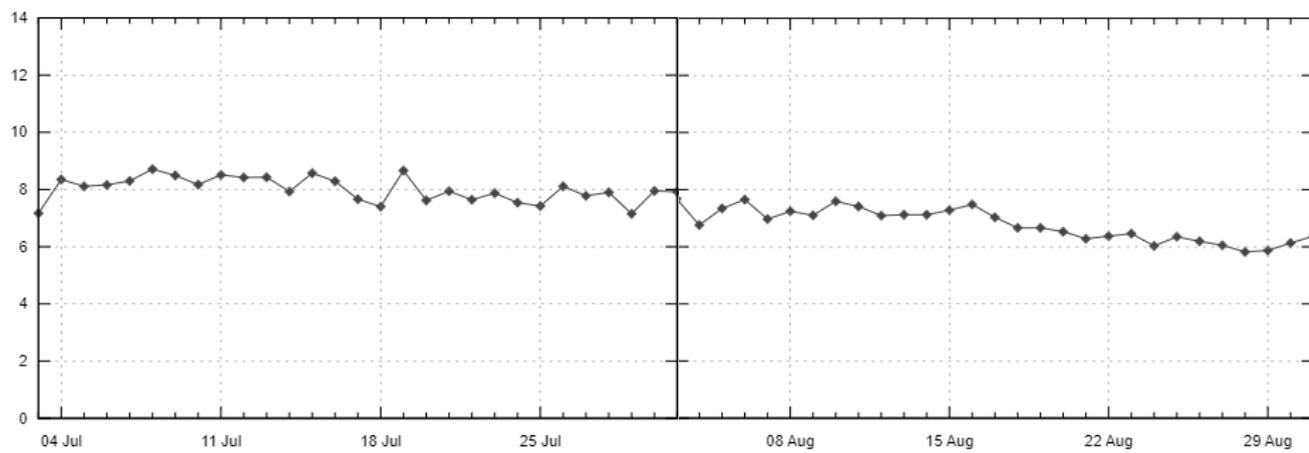


Figura 9: andamento medio dell'Indice Uv nella città di Udine nei mesi di luglio e agosto (WeatherOnline)

9) Ambito di indagine

Lo studio è stato condotto dal personale (tecnici della prevenzione, medici del lavoro e assistenti sanitari) afferenti alla Struttura Operativa Complessa Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro dell'Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale, durante i mesi di luglio e agosto del 2024. Lo scopo del lavoro è stato quello di valutare l'esposizione a condizioni di caldo nella stagione estiva dei lavoratori del comparto agricolo e della manutenzione del verde e di verificare l'adozione delle principali indicazioni per una corretta gestione del rischio stress termico da calore attraverso la raccolta di informazioni tramite questionari. Infine, sono stati fatti testare ai lavoratori due tipologie di indumenti refrigeranti, prevalentemente usati in ambito sportivo e militare, per verificarne l'efficacia e l'accettabilità in ambito lavorativo.

L'indagine ha coinvolto un campione di 37 lavoratori, appartenenti a quattro diverse aziende operanti nel settore agricolo, con attività in pieno campo e in serra, e nella manutenzione del verde, in quanto presentano attività con moderato impegno fisico come lo sfalcio.

Le misurazioni ambientali sono state effettuate utilizzando due centraline microclimatiche, collocate in punti strategici all'interno delle aree lavorative nelle ore in cui le temperature erano più elevate al fine di rappresentare le condizioni microclimatiche dell'ambiente nel quale operavano i lavoratori, seguendo le indicazioni presenti all'interno della norma UNI EN ISO 7243:2017.

Ai lavoratori sono stati somministrati due questionari: uno di carattere generale, contenente domande su aspetti personali come abitudini alimentari, presenza o meno di patologie croniche, fumo, peso, altezza e luogo di nascita, e uno più specifico, focalizzato sulle condizioni lavorative.

Una volta completata la fase di raccolta dati sul campo, i risultati sono stati elaborati. I dati dei questionari sono stati organizzati e analizzati mediante Excel, mentre le registrazioni dei

cardiofrequenzimetri e delle centraline microclimatiche sono state processate tramite un software specifico, che ha permesso di calcolare l'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), utile per valutare lo stress termico dei lavoratori.

10) Materiali e metodi

Nel seguente capitolo verranno descritti dettagliatamente i dispositivi e gli strumenti utilizzati per condurre la ricerca sperimentale e la raccolta dei dati. Per ciascuno di essi, verranno fornite le specifiche tecniche rilevanti e, se applicabile, le fonti da cui sono stati ottenuti o i riferimenti bibliografici. L'obiettivo è fornire una panoramica completa delle risorse impiegate e dei passaggi seguiti per garantire la validità e l'affidabilità dello studio.

Centralina microclimatica

Una centralina microclimatica è uno strumento avanzato progettato per monitorare e registrare le condizioni ambientali di un microclima specifico. Per microclima si intendono quei parametri ambientali che influenzano gli scambi termici tra soggetto e ambiente negli spazi confinati e che determinano il cosiddetto "benessere termico". I fattori microclimatici insieme al tipo di lavoro svolto e al tipo di vestiario condizionano nel lavoratore una serie di risposte biologiche legate a situazioni di benessere (Comfort) o disagio termico (Discomfort), il quale può sfociare in stress termico.

Questi dispositivi sono utilizzati in una varietà di contesti, tra cui agricoltura, gestione forestale, musei, archivi, laboratori di ricerca e ambienti industriali, dove è essenziale mantenere e controllare precise condizioni ambientali per preservare materiali sensibili o garantire la qualità del prodotto.

Nel presente studio è stata utilizzata la centralina microclimatica LSI Lastem che è in grado di rilevare le seguenti grandezze:

- temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale (t_{nw})
- temperatura di globotermometro (t_g)
- temperatura ambiente (t_a)
- pressione atmosferica (p_r)
- umidità relativa (RH)

- velocità dell'aria (v_a)

Lo strumento è composto da un Data - logger M-Log e quattro sonde:

- ESU403.1: Sonda combinata temperatura e umidità relativa. Impiegata nelle misure degli indici di comfort ambientale.
- ESV307: Sonda a filo caldo omnidirezionale per il reperimento dei dati relativi alla velocità dell'aria.
- ESU121: Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale per la misura dell'indice WBGT. L'elemento per il rilevamento dei dati è posizionato all'interno di un serbatoio in una calza bagnata da acqua distillata. Il serbatoio è riflettente in modo da evitare che si accumuli calore a causa di fonti radianti.
- EST131: Sonda globo termometro secondo norme ISO 7243 - ISO 7726. Il globo termometro è una sonda globo termometrica, ovvero un termometro a irraggiamento costituito da una cavità sferica dal diametro di 15 cm e di spessore di 0.2 mm e ricoperta da un materiale detto nerofumo. Consente di misurare la temperatura operativa, la cui viene definita come "la temperatura operante rappresenta la temperatura uniforme di un ambiente nel quale un occupante scambierebbe per irraggiamento e convezione la stessa potenza termica scambiata nell'ambiente in esame termicamente non uniforme".



Figura 10: Centralina Microclimatica LSi Lastem composta dal Data-logger M-Log e le quattro sonde per la misurazione dei parametri del WBGT

I software forniti con la centralina sono:

- Support Center per la ricerca e installazione aggiornamenti
- 3DOM per una gestione completa del data-logger
- Gidas Wiever per archiviazione e visualizzazione dati
- Gidas Tea per la valutazione degli indici MC.

Per praticità verrà utilizzato solo quest'ultimo in quanto sono presenti tutti gli indici da calcolare dopo aver effettuato le misure.

Cardiofrequenzimetri

Un altro materiale utilizzato all'interno dello studio sono i cardiofrequenzimetri Polar Verity Sense, un versatile sensore ottico di frequenza cardiaca di alta qualità che misura la frequenza cardiaca dal braccio o dalla tempia. È un'ottima alternativa alle fasce toraciche e ai dispositivi di monitoraggio della frequenza cardiaca dal polso e lo si può utilizzare con la fascia da braccio oppure indossarlo in altri punti del corpo facendolo aderire perfettamente alla pelle.

In questo caso viene posto nella parte interna dell'avambraccio e registra una sessione completa di lavoro, trasferendo i dati successivamente tramite chiavetta USB nel software Polar FlowSync scaricabile su PC.



Figura 11: raffigurazione della modalità di utilizzo del cardiofrequenzimetro

Giacche raffrescanti e refrigeranti

I gilet da lavoro raffrescanti sono dispositivi indossabili progettati per mantenere una temperatura corporea confortevole durante le attività lavorative in ambienti caldi. Sono particolarmente utili per chi lavora in condizioni di calore estremo, come operai edili, lavoratori in fabbrica, agricoltori, e personale di emergenza.

Essi funzionano grazie all'evaporazione dell'acqua, infatti vanno immersi in acqua, assorbendo e trattenendo il liquido per poi rilasciarlo lentamente attraverso l'evaporazione fornendo un effetto raffrescante duraturo in ambienti asciutti e ventilati.

I vantaggi dei gilet raffrescanti sono diversi: mantengono il corpo fresco, migliorando il comfort durante il lavoro e riducendo il rischio di colpi di calore e altre patologie legate al calore, incrementando di conseguenza anche la produttività dei lavoratori.



Figura 12: gilet raffrescante ad alta visibilità

Per quanto concerne le giacche refrigeranti, il sistema brevettato INUTEQ-PAC PCM CoolOver a base biologica al 100%, prodotto nei Paesi Bassi, offre un raffreddamento costante e protezione dallo stress termico per i professionisti che necessitano di un raffreddamento sotto indumenti protettivi in situazioni di calore (estremo).

In particolare, il prodotto è disponibile con diversi PCM PAC per una diversa temperatura di esercizio:

- Giallo 21°C/70° F – INU21C
- Bianco 24°C/75° F – INU24C
- Rosso 29°C/84° F – INU29C

In questo progetto è stato utilizzato il gilet fresco INU24C, indossato direttamente da alcuni lavoratori dopo essere stato conservato in un'apposita borsa frigo. Infatti, come spiegato nel manuale delle istruzioni, è sconsigliato usare il giubbotto direttamente dal congelatore perché può far sentire un freddo fastidioso al lavoratore. Pertanto, bisogna attendere almeno cinque minuti per dare il tempo al giubbotto di riscaldarsi alla temperatura consigliata. Una volta che il giubbotto ha raggiunto la temperatura di 24°, essa rimarrà costante fino ad una durata di 4 ore.



Figura 13: gilet refrigerante INUTEQ-PAC PCM CoolOver indossato dai lavoratori

Questionari

In questa sezione verranno descritti i due questionari somministrati ai partecipanti allo studio, uno di carattere generale e uno per la valutazione soggettiva del benessere/disagio termico.

Di seguito si descrivono i due questionari dello studio presente:

- Uno di tipo generico al fine di caratterizzare la persona e il luogo di lavoro, con domande sia individuali, come ad esempio abitudini alimentari, presenza o assenza di malattie croniche, abitudini voluttuarie (fumo, alcol, etc.), peso, altezza e luogo di nascita, sia comuni dell'ambiente lavorativo, come ad esempio la presenza di zone d'ombra, il quantitativo e la durata delle pause, il grado di informazione e formazione sui rischi legati alle alte temperature;
- uno di tipo specifico al fine di monitorare, nelle giornate in cui si sono svolte le rilevazioni microclimatiche, il lavoratore nell'arco del turno lavorativo, con delle domande relative, ad esempio, al grado di stress termico provato, la tipologia di attività lavorativa svolta, l'abbigliamento indossato, il numero di pause e la quantità di acqua assunta.

Per completezza si riporta l'intero "Questionario generale" provvisto di 33 domande all'allegato 1, e l'intero "Questionario di valutazione soggettiva del benessere/disagio termico" all'allegato 2.

11) Risultati e analisi dei dati raccolti

Risultati del “Questionario Generale”

Di seguito verranno analizzate parte delle risposte al “Questionario Generale” date dal campione di lavoratori intervistato durante lo studio, composto da 37 lavoratori, di cui l’81% è costituito dal genere maschile e il restante 9% dal genere femminile.

La maggior parte dei lavoratori intervistati (73%) ha un rapporto di lavoro a tempo determinato di cui circa la metà opera nel settore agricolo e della manutenzione del verde solo nel periodo estivo (c.d. lavoratori stagionali); il 21% dei lavoratori invece ha un rapporto di lavoro a tempo indeterminato. All’interno dello studio sono stati intervistati anche un datore di lavoro e uno stagista.

Nel campione analizzato la mansione principale è quella di operatore agricolo con il 70% (raccolta frutta e verdura, spollonatura barbatelle, etc.) il restante 30% si occupa della manutenzione del verde (attività di sfalcio in campo e in ambiente urbano con decespugliatori a scoppio).

Esaminando gli ambienti di lavoro, il 73% del campione di lavoratori opera principalmente all’aperto, lavorando nei campi delle varie aziende agricole o in strada per le attività di sfalcio, il restante 27% opera all’interno di una serra.

Per quanto concerne l’orario di lavoro, i grafici 1 e 2 mostrano come il 49% dei lavoratori intervistati lavori 8 o più ore al giorno, per un massimo di 10 ore con una pausa pranzo di 3 ore. Tutti i 37 lavoratori intervistati operano in una fascia oraria compresa tra le 6:00 e le 14:00, mentre solo 7 lavoratori operano il pomeriggio tra le 15:00 e le 19:00, evidenziando come parte della giornata lavorativa si svolge nelle ore meno calde.



Grafico 1



Grafico 2

Tutti i lavoratori che hanno partecipato allo studio hanno risposto affermativamente alla domanda riguardante la disponibilità di acqua, in particolare il 73% può idratarsi con acqua fresca. L'acqua viene fornita dall'azienda solo al 43% degli operatori, il restante 57% deve munirsi autonomamente e mediamente durante una giornata lavorativa viene bevuta una quantità di acqua pari a 1,5 l, dato al di sotto delle indicazioni di Worklimate secondo cui in condizioni di esposizione al caldo bisogna bere circa 1 l / h (un bicchiere di acqua ogni 20 minuti).

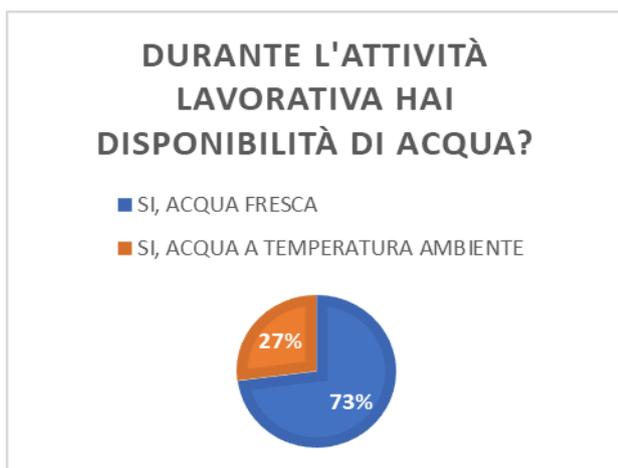


Grafico 3

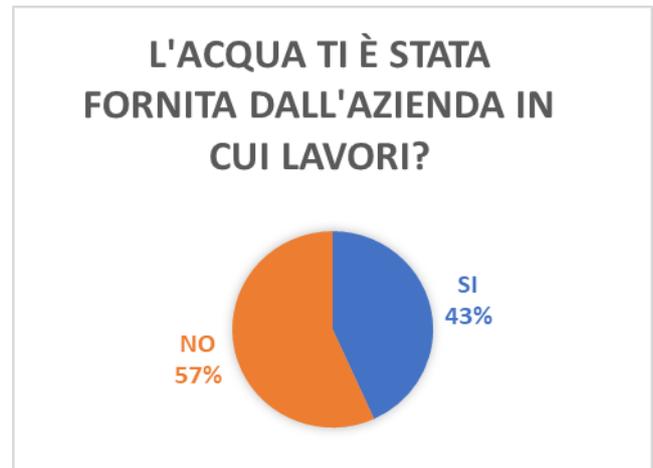


Grafico 4

Il 48% dei lavoratori presi in esame non beve altre bevande oltre all'acqua, il 26% predilige bevande gassate zuccherate (Coca Cola, Fanta...), il 14% caffè o tè e il restante 12% bevande energizzanti o integratori.

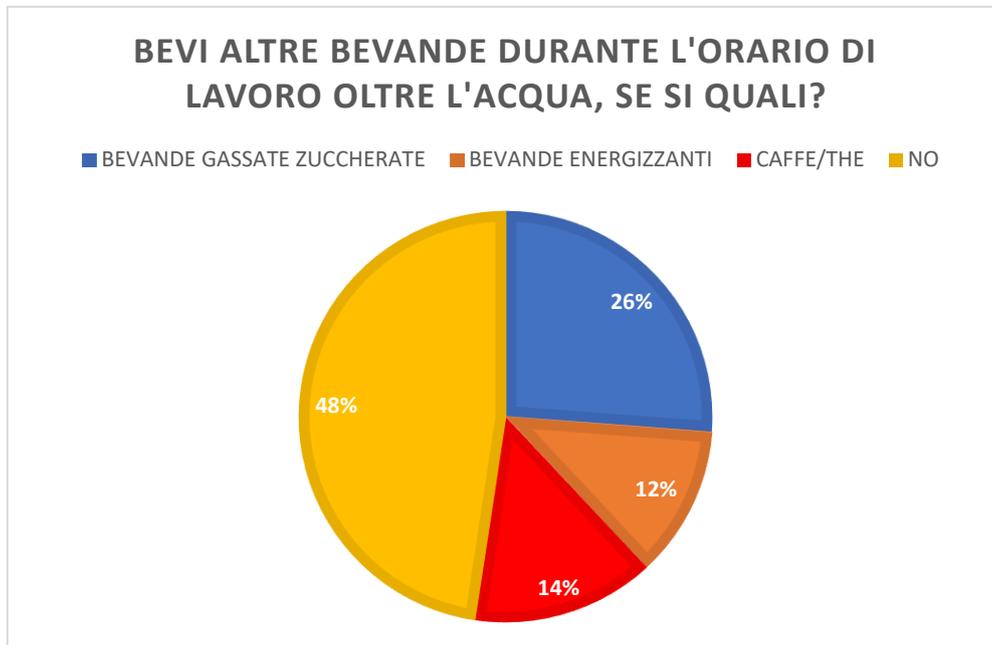


Grafico 5

Durante l'attività lavorativa, soprattutto in condizioni di caldo estremo e intensa attività fisica è fondamentale compiere delle pause. Pianificare pause brevi ma frequenti in luoghi ombreggiati non causa perdite di produttività, ma anzi, ci sono evidenze che in assenza di pause pianificate il ritmo di lavoro si rallenta e aumenta il rischio di errore umano. Il 70% dei lavoratori intervistati dichiara di effettuare 1-2 pause o addirittura nessuna pausa lavorativa (11%) durante l'arco della giornata ed è emerso che la durata di queste pause generalmente (81%) dura dai 5-15 minuti; tali momenti di riposo inoltre non sono programmati e seguono le necessità imposte dall'attività lavorativa. Il 76% degli operatori durante le pause si posiziona in un luogo ombreggiato; invece, il 24% rimane esposto al sole

anche in conseguenza dell'ambiente lavorativo in cui opera e della mancata predisposizione di aree ombreggiate di ristoro.

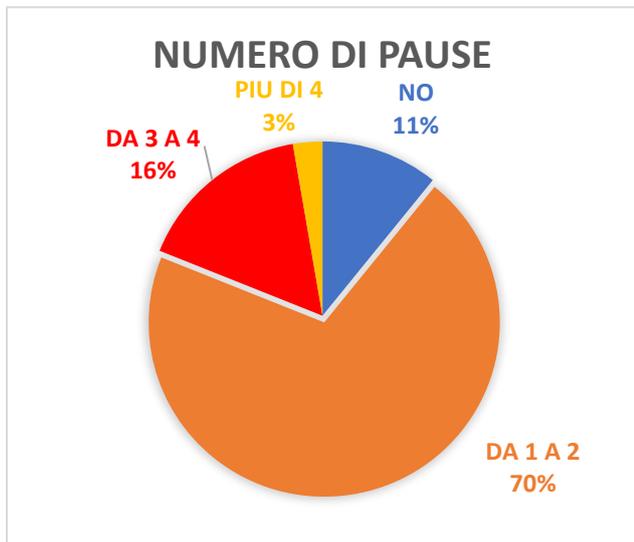


Grafico 6

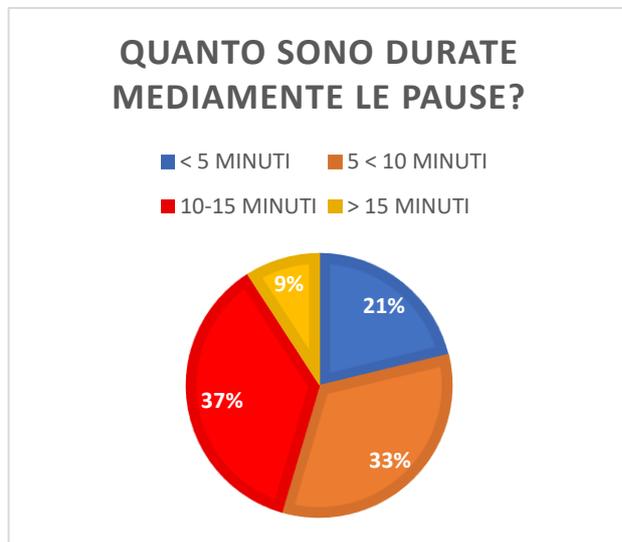


Grafico 7

Vi è una bassa consapevolezza del rischio stress termico da calore; infatti, il 70% del campione in esame ha ricevuto informazioni riguardo a questo tipo di rischio e le misure preventive; tuttavia, il 41% di questi non sa cosa sia un colpo di calore.



Grafico 8



Grafico 9

Come evidenziato nei grafici 10 e 11, il 40% non sa riconoscere i sintomi del colpo di calore e il 51% non sa quali sarebbero le azioni prioritarie da intraprendere per soccorrere una persona vittima di un colpo di calore o di un malessere dovuto al caldo.



Grafico 10



Grafico 11

I dati raccolti in queste ultime risposte descrivono una situazione nel quale la formazione ai lavoratori sul rischio da calore è presente ma in maniera lacunosa, in quanto i lavoratori stessi faticano a capire eventi dannosi e azioni da intraprendere in caso di colpo da calore. E' plausibile ritenere che i percorsi di formazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro, previsti dall'art 37 del D. Lgs.81/08, affrontino in maniera marginale il rischio stress termico da calore, in quanto rischio emergente e non presente trasversalmente in tutti settori produttivi.

Sarebbe auspicabile che nei percorsi di formazione specifica prevista per i settori ATECO, in cui le attività lavorative espongono i lavoratori a rischio stress termico da calore, venisse approfondito maggiormente questo rischio e le relative misure di prevenzione e protezione, nonché le prime azioni di intervento in caso di emergenza sanitaria.

All'interno del questionario venivano poste domande riguardo l'utilizzo di creme solari. I grafici 12 e 13 dimostrano che il 57% dei lavoratori dice di non utilizzarne, al contrario il 27% risponde in modo affermativo. Di quest'ultimi, il 78% afferma che le creme solari non vengono fornite dal datore di lavoro, pertanto occorre portarsele da casa. Le creme solari con un fattore di protezione tra 30 e 50 o più di 50 sono quelle maggiormente utilizzate.

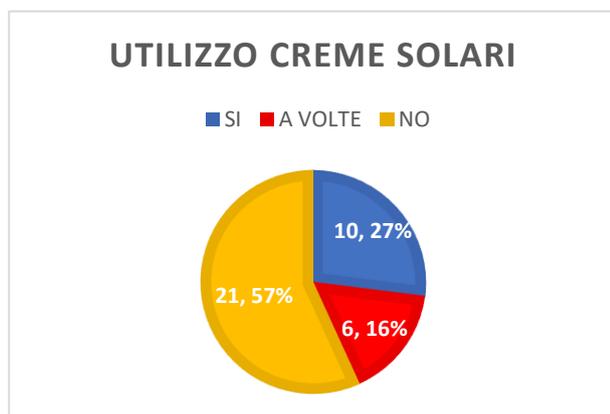


Grafico 12

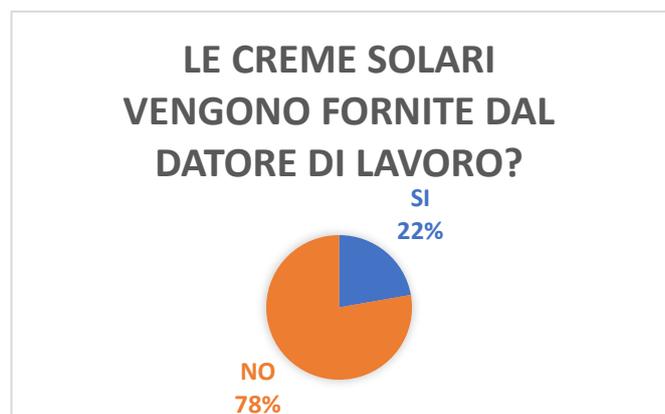


Grafico 13

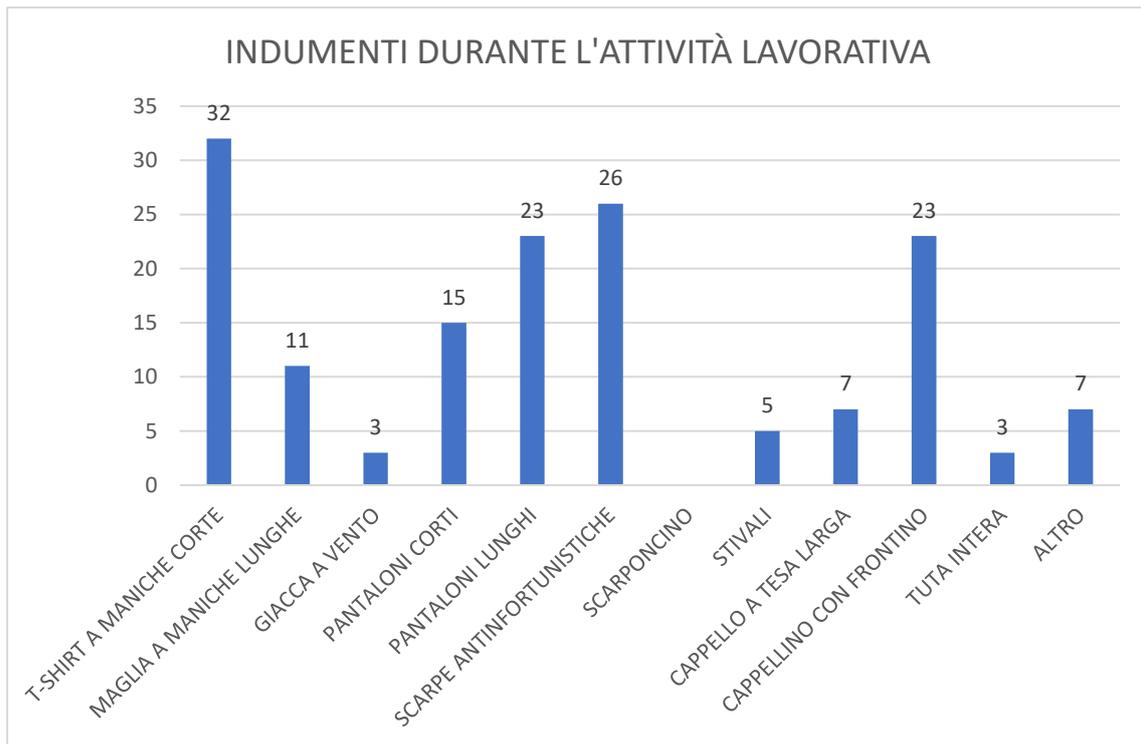


Grafico 14

Dalle risposte date ai questionari si può notare come la maggior parte delle persone indossi solo una t-shirt maniche corte e un cappellino, lasciando scoperte le braccia e il collo. Questa situazione può comportare gravi conseguenze per la salute, tra cui scottature solari, colpi di calore e disidratazione, soprattutto durante le ore più calde della giornata. Per la parte inferiore, l'abbigliamento è adatto al tipo di mansione che viene svolta in quanto la maggior parte dei lavoratori indossa pantaloni lunghi e scarpe antinfortunistiche, riducendo il rischio di esposizione della pelle al sole e altre conseguenze come tagli o contusioni.

Risposte del “Questionario di valutazione soggettiva del benessere/disagio termico”

I seguenti grafici analizzeranno le risposte al “Questionario di valutazione soggettiva del benessere/disagio termico” date dal campione di lavoratori intervistato durante lo studio che ha indossato gli indumenti raffrescanti o refrigeranti, composto da 19 lavoratori sui 37 totali a cui è stato sottoposto il questionario.

Come dimostrato dal grafico 15 il 79% dei lavoratori presi in esame è presente nel luogo di lavoro da più di 14 giorni, favorendo l’acclimatamento, ossia una serie di modificazione fisiologiche che consente all’organismo di tollerare meglio l’esposizione a temperature elevate.

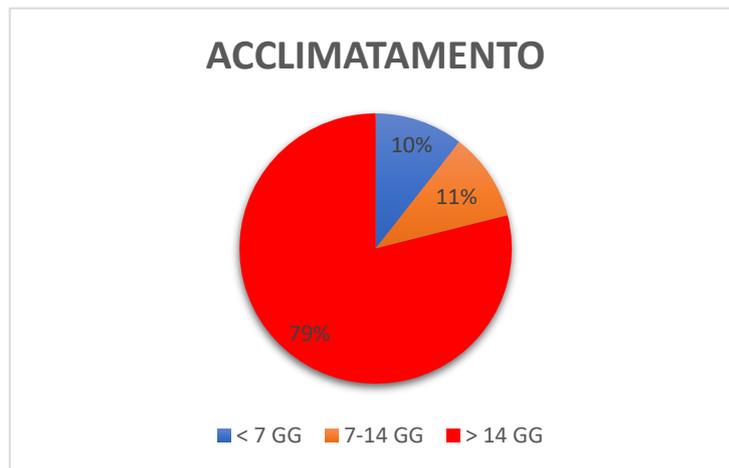


Grafico 15

È stata analizzata l’intensità dell’attività lavorativa di ogni lavoratore espressa attraverso una classificazione dei livelli secondo la UNI ISO 8996, nel quale a ogni livello viene associato un numero in ordine crescente come nell’elenco seguente:

- 0 - A riposo: riposo;
- 1 - Leggera: seduto a proprio agio: lavoro manuale leggero (scrittura, lavoro al computer, disegno, taglio, contabilità); lavoro con mani e braccia (piccoli utensili,

- ispezione, montaggio o cernita di materiale leggero); lavoro con braccia e gambe (guida di un veicolo in condizioni normali, manovra di un pedale o di interruttore con i piedi). In piedi: lavoro con trapano (piccoli pezzi); fresatrice (piccoli pezzi); avvolgimento bobine; avvolgimento piccole armature; lavoro con macchine di piccola potenza; passeggiare (velocità fino a 3.5 km/h);
- 2 - Moderata: lavoro sostenuto con mani e braccia: (martellare chiodi, limare); lavoro con braccia e gambe (guida di autocarri fuori strada, trattori o macchine per costruzione); lavoro con braccia e tronco (lavoro con martello pneumatico, montaggio trattori, intonacare, movimentazione intermittente di materiale moderatamente pesante, sarchiare, zappare, raccogliere frutta o verdura); spingere o tirare carri leggeri o carriole; camminare a velocità compresa tra 3,5 e 5,5 km/h;
 - 3 - Intensa: lavoro intenso con braccia e tronco; portare materiale pesante; scavare con pala; lavorare con martello; segare, piallare o scalpellare legno duro; tosare l'erba a mano; scavare; camminare ad una velocità tra 5,5 e 7 km/h. Spingere o tirare carri e carriole con carichi pesanti; sbavare pezzi fusi; disporre blocchi di cemento;
 - 4 - Molto Intensa: attività molto intensa a ritmo da veloce a massimo; lavorare con la scure; scavare in modo intenso; salire scale o rampe; camminare velocemente a piccoli passi, correre, camminare a velocità superiore a 7 km/h.

All'interno del questionario è stata posta la stessa domanda riguardo all'intensità dell'attività lavorativa in due momenti distinti della giornata: una a inizio turno e una a fine turno dopo aver indossato i gilet raffrescanti o refrigeranti, in modo tale da poter effettuare un confronto delle differenze di intensità.

Il grafico 16 vuole mettere in risalto la differenza tra l'inizio e la fine del turno grazie all'utilizzo di due box plot per rappresentare i dati relativi a ciascun momento della giornata lavorativa.

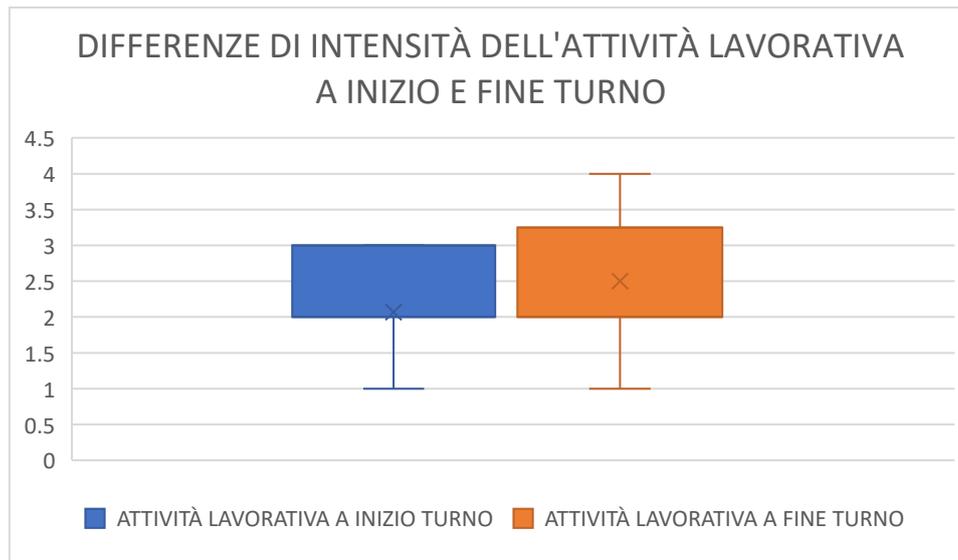


Grafico 16

Per l'attività lavorativa a inizio turno l'intervallo interquartile si trova approssimativamente tra 2 e 3 (indica dove si concentra il 50% dei valori); la mediana (rappresentata dalla linea all'interno della scatola) è vicina a 2,5, mentre i valori minimi e massimi si estendono da circa 1 a 3. A fine turno l'intervallo interquartile si estende tra 2 e 3, la mediana è ancora vicino a 2,5, simile al box plot del turno iniziale e i valori massimi arrivano fino a circa 4, mentre i minimi si avvicinano a 0.

Pertanto, l'intensità dell'attività lavorativa è abbastanza simile sia all'inizio che alla fine del turno, con una mediana comune. Tuttavia, c'è maggiore variabilità nell'attività lavorativa alla fine del turno, come indicato dalla lunghezza maggiore del box plot arancione. Questo suggerisce che ci sono persone che percepiscono un'intensità molto più alta o molto più bassa a fine turno rispetto all'inizio. Il box plot blu (inizio turno) presenta una gamma più ristretta di valori, il che potrebbe indicare che l'intensità lavorativa è più uniforme all'inizio della giornata lavorativa.

In sintesi, l'utilizzo dei gilet raffrescanti o refrigeranti ha aiutato a minimizzare la differenza dell'intensità dell'attività lavorativa tra l'inizio del turno e la fine.

Il livello di sensazione termica è stato espresso mediante una scala di valori da -3 (molto freddo) a 3 (molto caldo) come indicato nella figura seguente:

Molto freddo	Freddo	Poco freddo	Neutro	Poco caldo	Caldo	Molto Caldo
-3	-2	-1	0	1	2	3

Come nel tema dell'intensità lavorativa, anche in questo caso all'interno del questionario è stata posta la stessa domanda riguardo il livello di sensazione termica in due momenti distinti della giornata: una a inizio turno e una a fine turno dopo aver indossato i gilet raffrescanti o refrigeranti, in modo tale da poter effettuare un confronto delle differenze di risposte.

Il grafico 17 confronta il livello di sensazione termica in tre diverse condizioni: senza giubbotto, con giubbotto refrigerante e con giubbotto raffrescante, rappresentate tramite box plot.

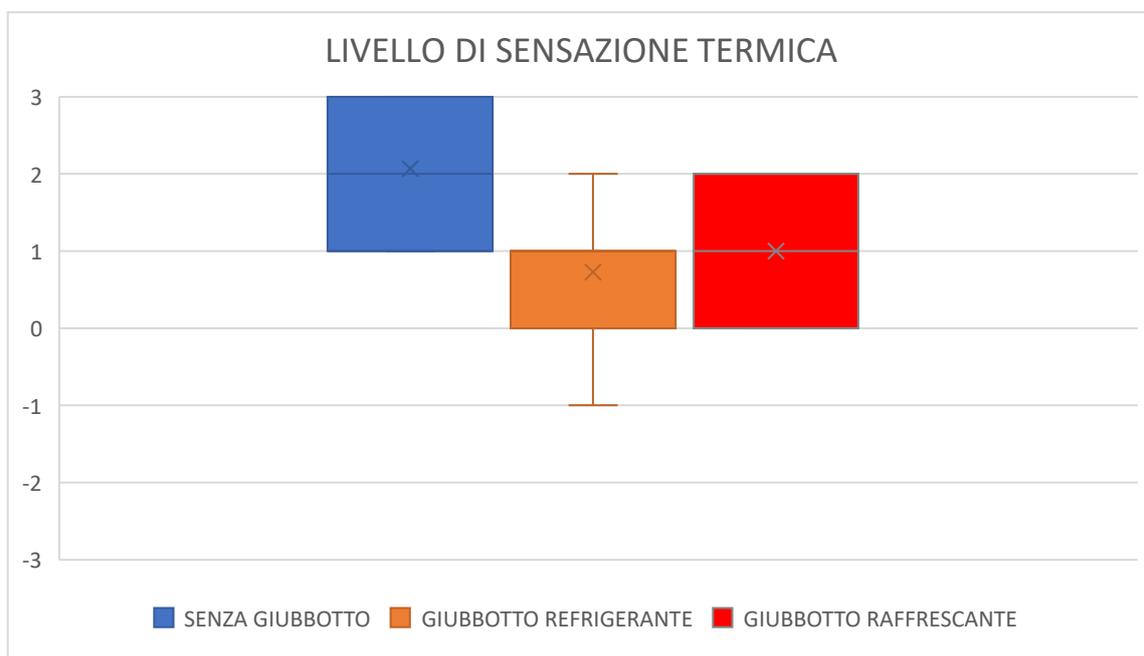


Grafico 17

I lavoratori senza giubbotto, ossia a inizio turno, percepiscono una sensazione termica relativamente alta, in quanto l'intervallo interquartile si trova tra 2 e 3, con una mediana intorno a 2,5.

Per coloro i quali hanno indossato il giubbotto refrigerante l'intervallo interquartile è più basso, tra circa 0 e 1, con una mediana intorno a 0,5. Ci sono valori estremi che arrivano fino a -1,5 (minimi) e 1,5 (massimi). La variabilità in questa condizione è più ampia rispetto a quella senza giubbotto, il che suggerisce che la sensazione termica varia di più con l'uso del giubbotto refrigerante.

Per coloro i quali hanno indossato il giubbotto raffrescante l'intervallo interquartile è tra 1 e 2, con una mediana intorno a 1,5. La distribuzione dei dati è più simile a quella senza giubbotto, ma con un livello medio di sensazione termica inferiore.

In sintesi, i lavoratori a inizio turno quando erano senza giubbotto hanno percepito generalmente una sensazione termica elevata, il che potrebbe indicare che hanno sentito più caldo. La sensazione termica dei lavoratori che durante la giornata lavorativa hanno indossato il giubbotto refrigerante varia molto e, in media, è più bassa rispetto alla condizione senza giubbotto. Tuttavia, alcuni possono percepire una leggera situazione di freschezza, come indicato dai valori negativi. L'utilizzo del giubbotto raffrescante sembra ridurre leggermente la sensazione termica rispetto a non indossare un giubbotto, ma non quanto il giubbotto refrigerante.

Pertanto, il giubbotto refrigerante sembra essere più efficace nel ridurre la sensazione termica, anche se provoca una maggiore variabilità. Il giubbotto raffrescante riduce la sensazione termica in modo meno drastico e uniforme rispetto al refrigerante.

Le successive risposte del questionario vogliono mettere in risalto i miglioramenti e il comfort che può dare l'utilizzo del giubbotto, differenziandole tra coloro i quali hanno indossato i gilet refrigeranti e coloro i quali hanno indossato i gilet raffrescanti, affinché si possa capire quale dei due abbia una migliore vestibilità e possa venire utilizzato quotidianamente dai lavoratori che operano in condizioni di stress termico da caldo.

Sul totale del campione dei lavoratori (19 persone), il 58% (11 persone) ha indossato il gilet refrigerante, il restante 42% (8 persone) il gilet raffrescante.

Il grafico 18 mostra i risultati delle risposte date dal campione di lavoratori riguardo al miglioramento della sensazione termica durante il lavoro grazie all'utilizzo dei giubbotti. Il 63% ha risposto "Poco", il che indica che la maggior parte delle persone ritiene che il giubbotto abbia migliorato la sensazione termica, ma non in modo significativo; il restante 37% segnala un netto miglioramento della sensazione termica grazie all'uso del giubbotto. Il dato più interessante da notare è che nessuno ha considerato il giubbotto come ininfluenza, suggerendo che in generale l'abbigliamento ha avuto un impatto termico percepibile durante il lavoro.



Grafico 18

Il grafico 19, invece, mostra come i partecipanti giudicano il comfort della vestibilità dei due diversi giubbotti: il giubbotto raffrescante e il giubbotto refrigerante. I risultati dimostrano come quasi la metà degli intervistati (47%) non ha opinioni forti sulla comodità del giubbotto, classificandolo come neutro, mentre il 42% lo trova confortevole.

Pertanto, entrambi i giubbotti sono generalmente considerati comodi o accettabili dalla maggior parte delle persone. Il giubbotto refrigerante ha una percezione complessivamente migliore in termini di comfort, con un numero più elevato di persone che lo trovano confortevole rispetto al raffrescante. Tuttavia, né uno né l'altro presenta feedback significativamente negativi, il che suggerisce che entrambi i giubbotti sono abbastanza ben tollerati dal punto di vista della vestibilità.



Grafico 19

Il grafico 20 mostra i risultati dati dalle risposte alla domanda riguardo alla presenza stabile dei gilet raffrescanti o refrigeranti durante l'orario di lavoro nella stagione estiva. Il dato del 68% di risposte positive dimostra che la maggioranza dei partecipanti sembra trovare il giubbotto abbastanza utile da volerlo utilizzare regolarmente. Tuttavia, il 32% di persone che non lo userebbero stabilmente è un indicatore di insoddisfazione. Le ragioni dietro questa risposta negativa potrebbero essere legate al comfort, alla vestibilità, o alla percezione che il giubbotto non offra un adeguato miglioramento in termini di protezione termica.

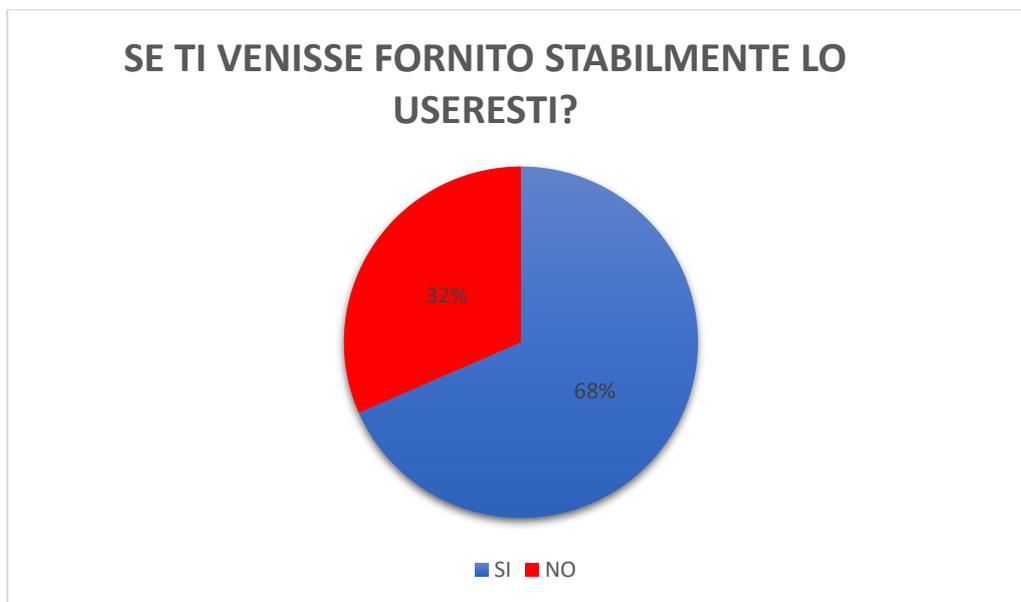
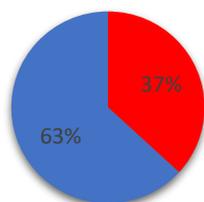


Grafico 20

La domanda conclusiva del questionario serve ad analizzare quanto lo stress da caldo possa influire sulla produttività tipica giornaliera di un lavoratore. Del campione di 19 lavoratori, per il 63%, rappresentato dalla sezione blu del grafico 21, il caldo percepito ha influito in modo significativo sulla loro produttività giornaliera. Il restante 37% ritiene che lo stress da caldo abbia avuto un impatto minimo sulla produttività.

**PENSI CHE LO STRESS DA CALDO PERCEPITO
NEL CORSO DI TUTTA LA GIORNATA
LAVORATIVA POSSA AVER RIDOTTO LA TUA
PRODUTTIVITÀ TIPICA GIORNALIERA?**



■ POCO (FINO AL 10%) ■ ABBASTANZA (DAL 10 AL 25%)

Grafico 21

Circa il 60% dei lavoratori ritiene che a causa delle elevate temperature la propria produttività cala del 10%-25%; tale riduzione è plausibilmente ascrivibile ad un aumento della fatica percepita e alla riduzione della capacità di concentrazione e di reazione dovuta alla condizione climatiche in cui i lavoratori si trovano ad operare. Va evidenziato che tali condizioni possono essere causa di infortuni sul lavoro. Questo risultato potrebbe sottolineare l'importanza di trovare soluzioni per ridurre l'impatto del caldo sul luogo di lavoro, come l'utilizzo di gilet refrigeranti o raffrescanti, come indicato nell'analisi del grafico precedente.

Risultati delle misure con la Centralina Microclimatica

Di seguito verranno analizzati i dati delle misure effettuate con la centralina microclimatica.

I grafici mostrano l'andamento dell'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) calcolato attraverso l'utilizzo delle centraline microclimatiche durante le attività lavorative. L'asse delle ordinate rappresenta il WBGT, quello delle ascisse mostra l'intervallo orario di misura. Il valore per ogni minuto indicato rappresenta la media delle temperature dell'ora precedente. In ogni grafico sono rappresentate due curve: una indica la temperatura interna del $WBGT_{int}$ (in blu) e l'altra rappresenta la temperatura esterna del $WBGT_{ext}$ (in arancione). Le linee rosse e gialle rappresentano rispettivamente il valore limite di WBGT per soggetti acclimatati e non.

Le tabelle, invece, mostrano i valori minimi, medi e massimi dei parametri ambientali, degli indici microclimatici calcolati e la valutazione del superamento dei limiti per soggetti acclimatati e non, come stabilito dalla norma UNI EN ISO 7243:2017.

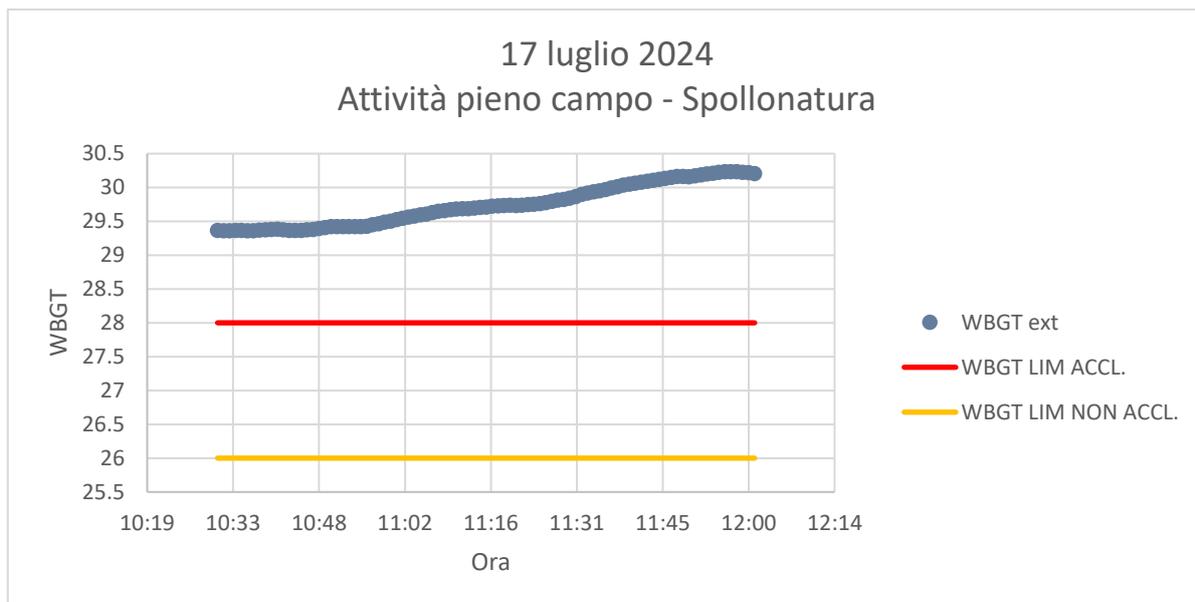


Figura 14

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	32,98	34,55	35,90
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	24,82	25,54	26,51
Temperatura globo (Tg) °C	38,80	42,16	45,28

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGT _{int}) (°C)	29,14	30,53	32,08
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	28,57	29,77	31,13

Verifica superamento dei limiti

I limiti vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

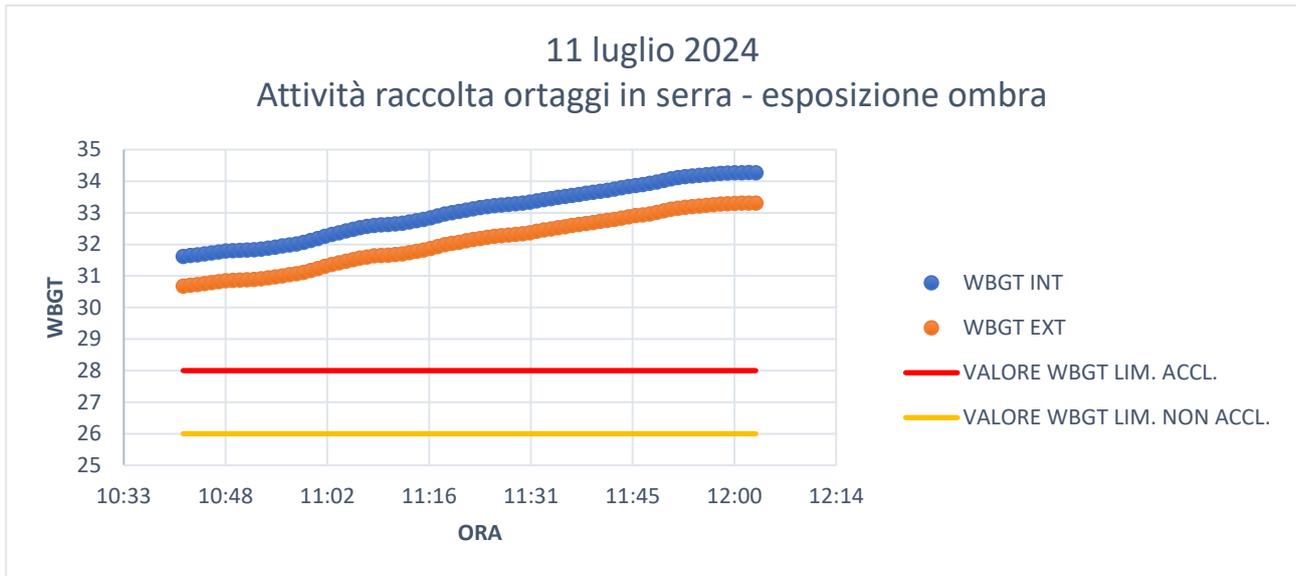


Figura 15

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	32,49	35,88	39,02
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	25,75	27,64	29,81
Temperatura globo (Tg) °C	41,64	45,42	49,01

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGT _{int}) (°C)	30,56	32,98	35,29
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	29,64	32,02	34,24

Verifica superamento dei limiti

I limiti vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

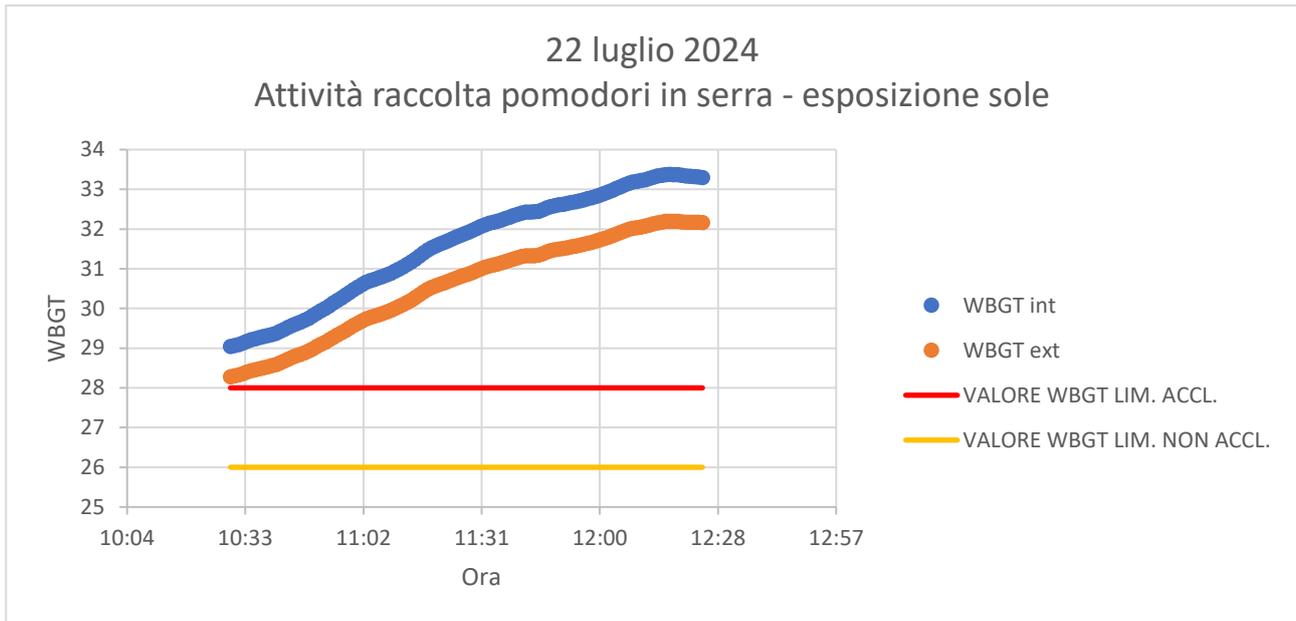


Figura 16

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	28,54	32,62	36,06
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	24,44	26,69	28,91
Temperatura globo (Tg) °C	34,77	42,46	48,91

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGTint) (°C)	27,78	31,42	34,83
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	27,15	30,44	33,57

Verifica superamento dei limiti

I limiti vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

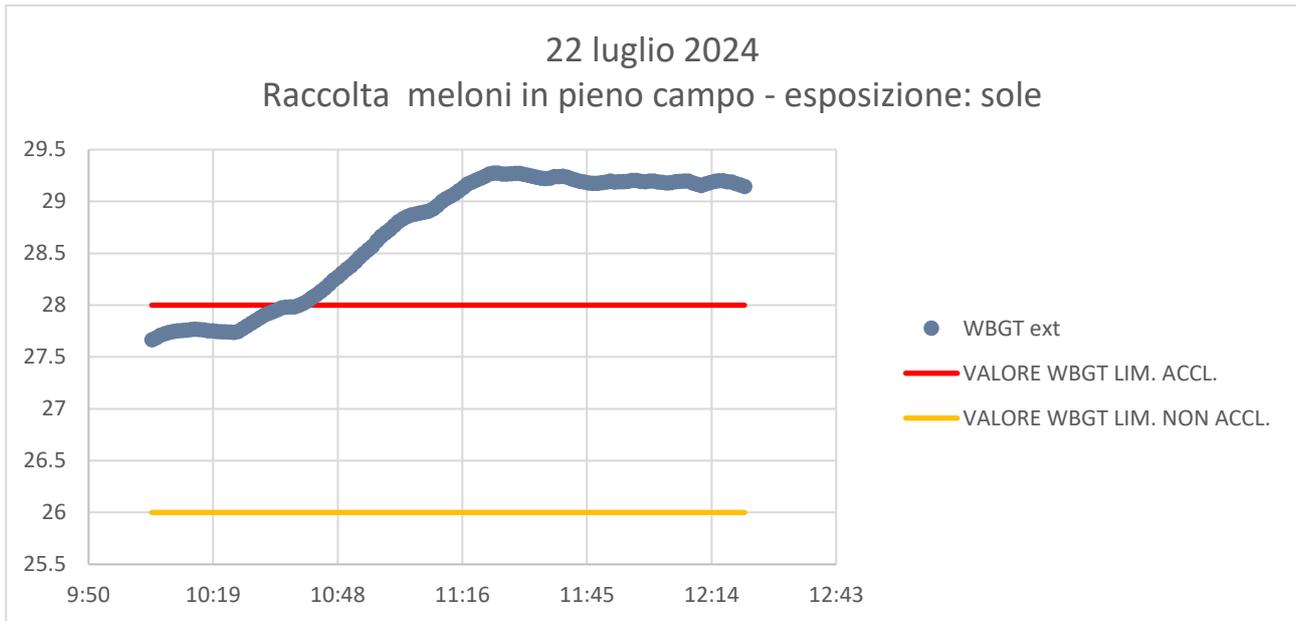


Figura 17

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	29,99	32,68	36,09
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	22,48	23,92	25,39
Temperatura globo (Tg) °C	38,31	43,07	47,15

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGT _{int}) (°C)	27,60	29,66	31,63
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	26,80	28,62	30,55

Verifica superamento dei limiti

I limiti vengono superati non per tutto l'intervallo di misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è superato dopo la prima ora di misura per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

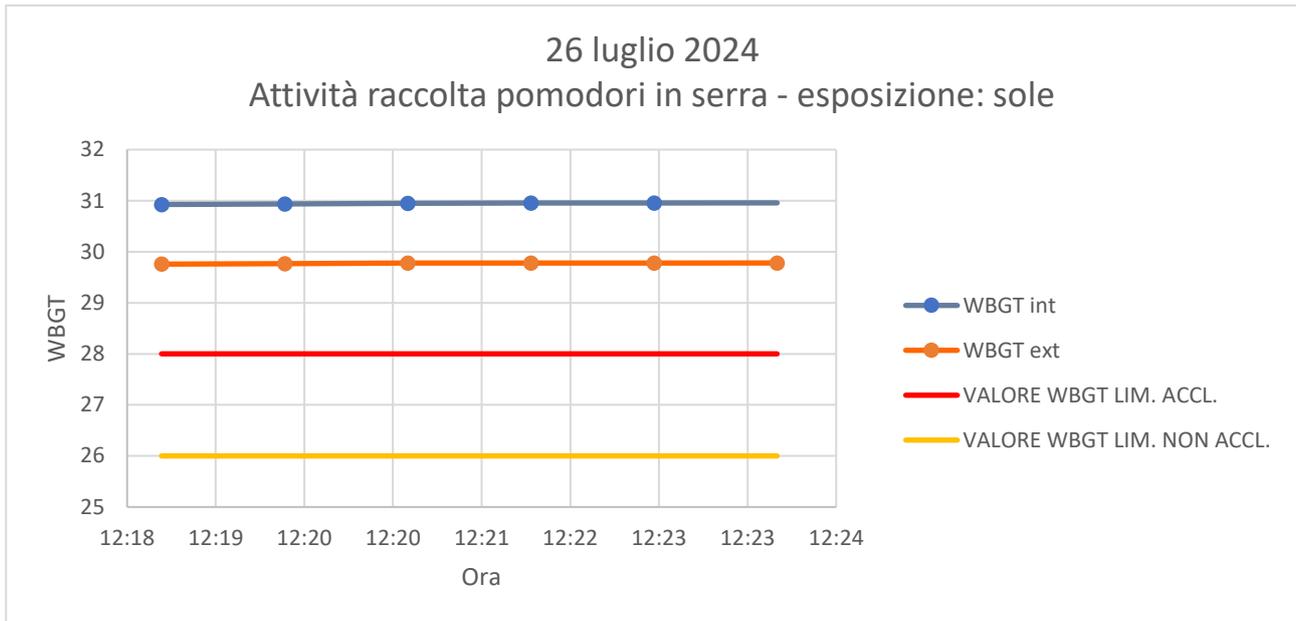


Figura 18

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	31,97	32,96	33,87
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	23,91	25,03	26,30
Temperatura globo (Tg) °C	42,07	44,69	46,15

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGTint) (°C)	29,98	30,93	32,23
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGTtext) (°C)	28,84	29,75	30,99

Verifica superamento dei limiti

I limiti vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

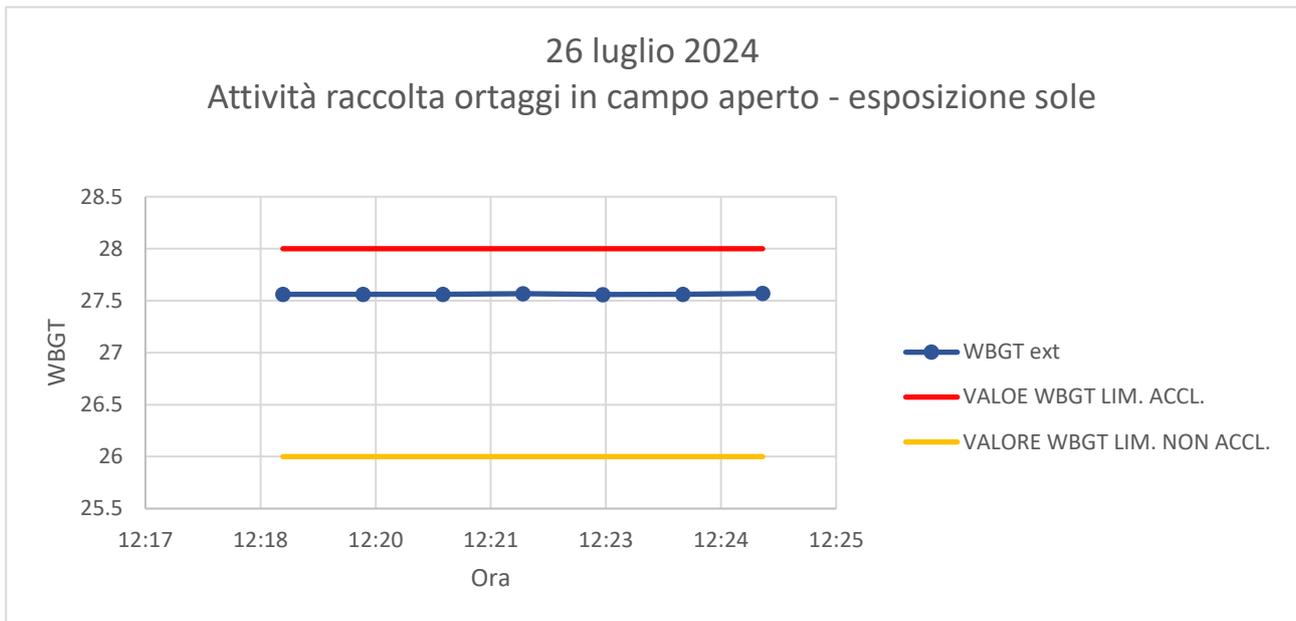


Figura 19

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	30,44	32,39	33,22
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	21,26	22,05	22,66
Temperatura globo (Tg) °C	40,12	44,30	47,06

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGT _{int}) (°C)	27,30	28,72	29,98
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	26,23	27,53	28,58

Verifica superamento dei limiti

I limiti non vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite non è mai superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$.

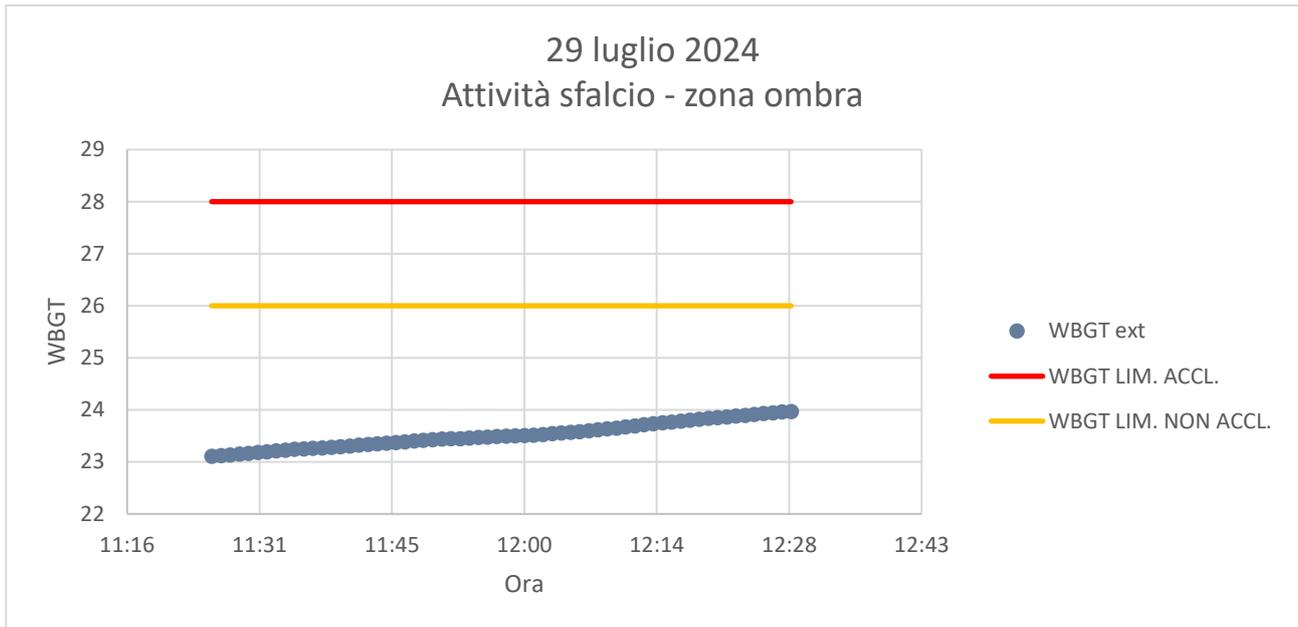


Figura 20

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	28,68	29,89	31,35
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	19,74	20,52	21,33
Temperatura globo (Tg) °C	29,66	30,93	32,68

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGTint) (°C)	22,75	23,64	24,65
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGTtext) (°C)	22,65	23,54	24,53

Verifica superamento dei limiti

I limiti non vengono mai superati in ogni fase della misura, sia per il soggetto acclimatato della Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C), sia per il soggetto non acclimatato con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$.



Figura 21

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	31,66	33,28	34,33
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	20,38	21,04	21,92
Temperatura globo (Tg) °C	38,20	42,03	44,91

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGT _{int}) (°C)	25,90	27,34	28,75
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	25,38	26,46	27,68

Verifica superamento dei limiti

I limiti non vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite non è mai superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

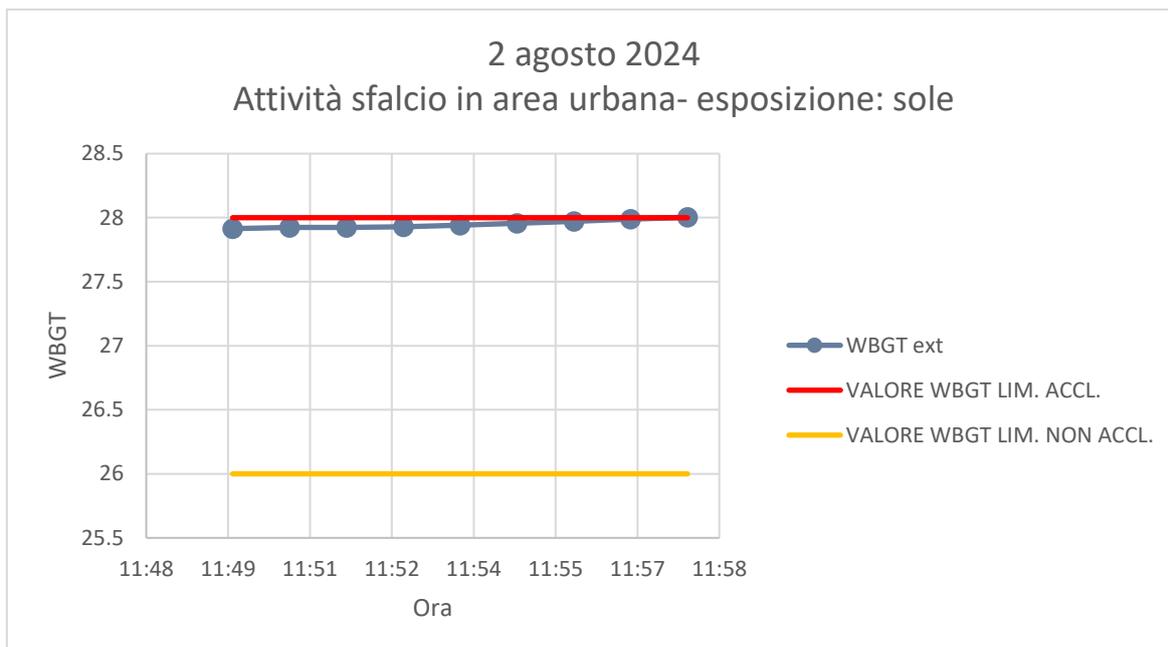


Figura 22

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	31,44	32,56	34,25
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	22,19	23,47	24,65
Temperatura globo (Tg) °C	43,55	46,56	50,40

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGTint) (°C)	28,62	30,40	32,16
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGTtext) (°C)	27,40	29,00	30,58

Verifica superamento dei limiti

I limiti non vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite non è mai superato, eguagliando gli stessi valori per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del $WBGT_{ext}$ viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).



Figura 23

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	31,44	32,56	34,25
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	22,19	23,47	24,65
Temperatura globo (Tg) °C	43,55	46,56	50,40

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGTint) (°C)	28,62	30,40	32,16
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	27,40	29,00	30,58

Verifica superamento dei limiti

I limiti non vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è superato dopo la prima mezz'ora di intervallo per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

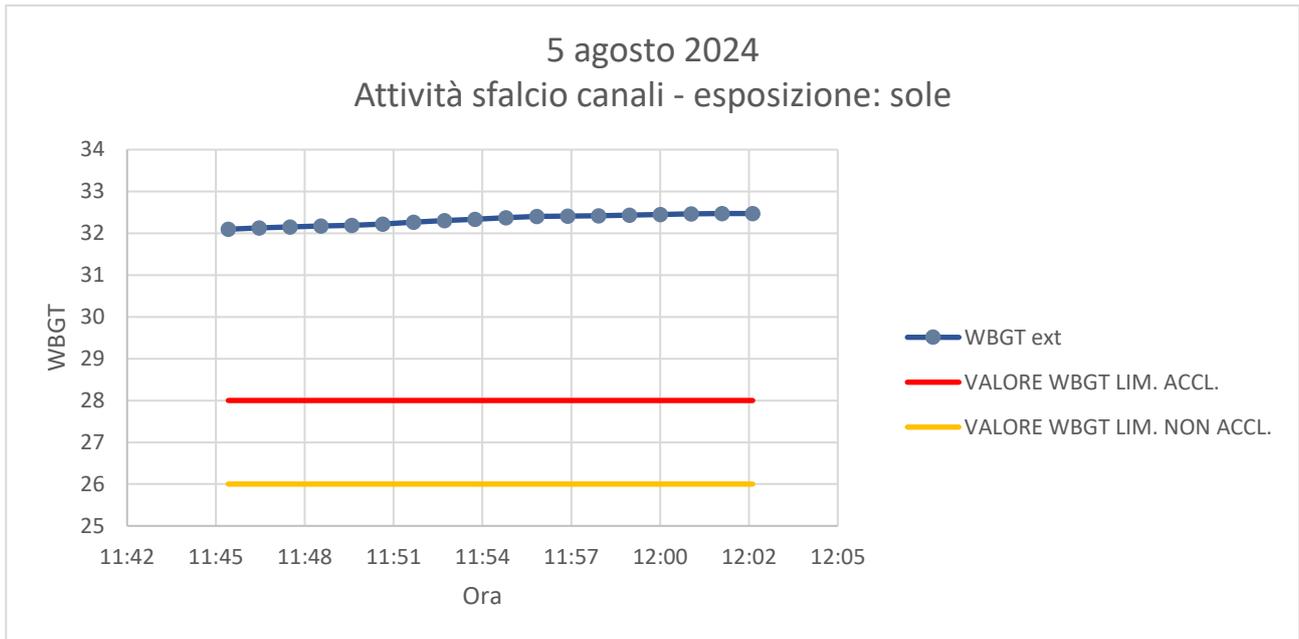


Figura 24

Verifica superamento dei limiti

I limiti vengono sempre superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

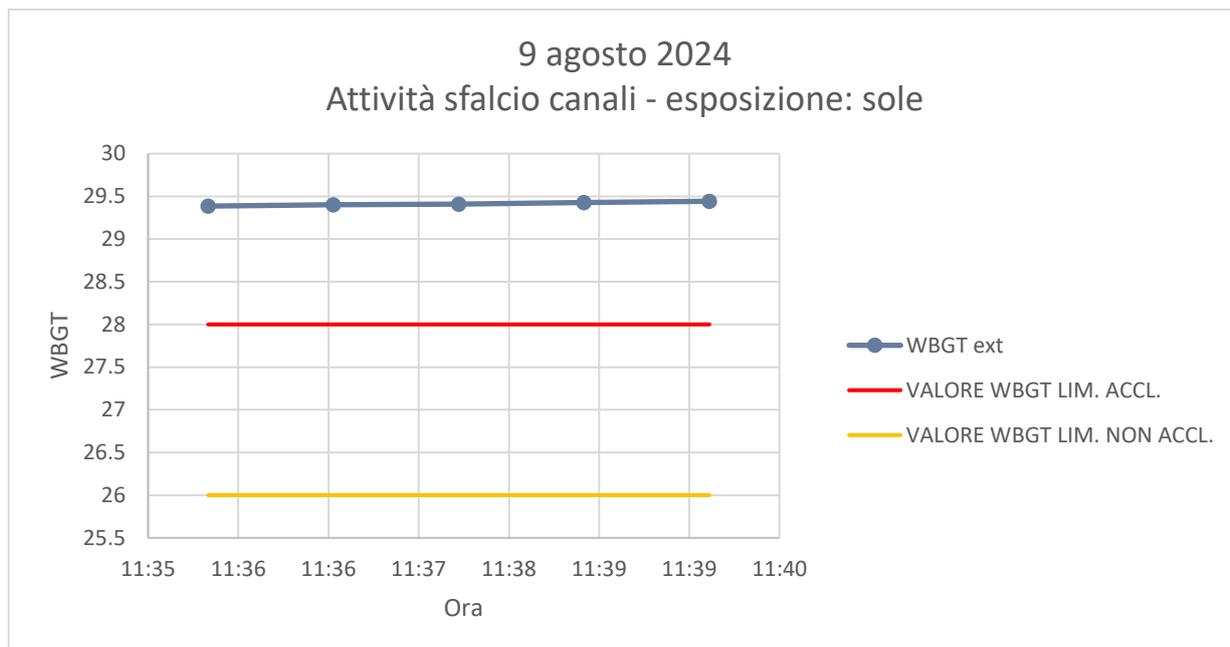


Figura 25

Parametri ambientali

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche dei parametri ambientali.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Temperatura aria (Ta) °C	34,47	35,42	36,50
Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) °C	22,12	23,08	25,14
Temperatura globo (Tg) °C	45,38	48,37	50,78

Indici microclimatici

Questo paragrafo contiene le tabelle statistiche degli indici microclimatici calcolati.

Quantità	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Wet Bulb Globe Temperature interno (WBGT _{int}) (°C)	29,21	30,67	32,28
Wet Bulb Globe Temperature esterno (WBGT _{ext}) (°C)	28,12	29,37	30,95

Verifica superamento dei limiti

I limiti vengono superati in ogni fase della misura, in particolare per il soggetto acclimatato il limite è sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 28°C). Per il soggetto non acclimatato il limite del WBGT_{ext} viene sempre superato per la Classe 2 con un tasso metabolico moderato $130 < M \leq 200$ (valore limite 26°C).

Calcolo dell'indice WBGT con il metodo di Büller

I risultati del calcolo del WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) e i dati raccolti dai cardiofrequenzimetri sono stati analizzati attraverso l'algoritmo sviluppato da Büller e colleghi, che fornisce stime accurate della temperatura interna corporea in vari contesti. Quando combinato con un sistema di monitoraggio della frequenza cardiaca, come i cardiofrequenzimetri utilizzati in questo studio, l'algoritmo consente di rilevare in tempo reale lo stress termico del lavoratore.¹⁹ Lo studio e il calcolo del WBGT mediante questo metodo è ancora in corso di analisi da parte del Laboratorio di Sanità Pubblica Settore Agenti Fisici dell'Azienda USL Toscana Sud Est di Siena.

A titolo di esempio viene mostrato il seguente grafico contenente le misure delle centraline microclimatiche (linee tratteggiate) e dei cardiofrequenzimetri (linee unite) durante una giornata lavorativa che verranno analizzate con l'algoritmo di Büller.

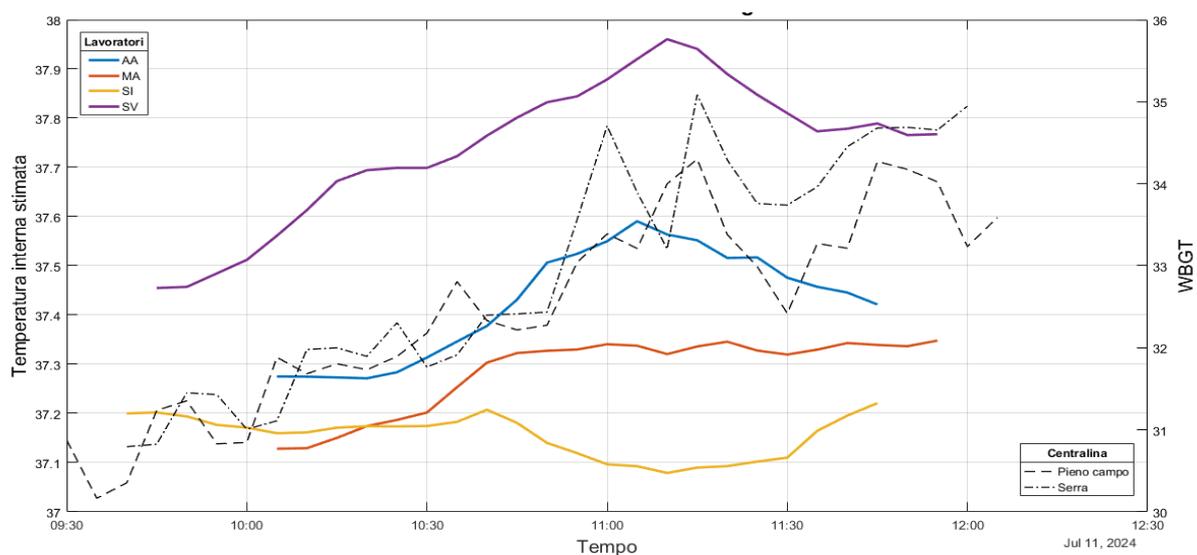


Figura 26: grafico delle misure delle centraline microclimatiche (linee tratteggiate) e dei cardiofrequenzimetri (linee unite) analizzate con l'algoritmo di Büller

¹⁹ Andrea Bogi, Francesco Picciolo, Iole Pinto, Nicola Stacchini, Marco Morabito, Azienda USL Toscana Sud Est – Laboratorio di Sanità Pubblica – Settore Agenti Fisici; “Progetto Workclimate, Individuazione e sviluppo di soluzioni organizzative e procedure operative: Report attività 3.1”;

12) Conclusioni

Lo studio ha evidenziato come il caldo estremo rappresenti una sfida significativa per i lavoratori, con un impatto rilevante sulla loro produttività e sul loro stato di salute. I giubbotti refrigeranti si sono dimostrati più efficaci nel ridurre la sensazione di calore e migliorare il comfort rispetto ai giubbotti raffrescanti, sebbene entrambi i dispositivi siano stati generalmente accettabili. La gestione dello stress da caldo attraverso l'uso di abbigliamento adeguati e l'implementazione di misure preventive potrebbe migliorare le condizioni di lavoro e ridurre i rischi associati alle alte temperature. Dalle informazioni raccolte attraverso i questionari per verificare l'adozione di corrette strategie è emerso che: le pause sono scarse; l'idratazione avviene con una frequenza nettamente inferiore a quanto indicato da Workclimate, secondo cui, in condizioni di esposizione al caldo, bisognerebbe bere circa 1 litro di acqua all'ora (un bicchiere ogni 20 minuti); vi è una scarsa conoscenza del rischio e delle prime azioni di intervento in caso di colpo di calore nonostante sia presente la formazione dei lavoratori sui rischi legati al calore, attuata in maniera incompleta. Pertanto, è plausibile che i percorsi di formazione sulla salute e sicurezza sul lavoro, previsti dall'articolo 37 del D.lgs. 81/08, trattino marginalmente il rischio di stress termico, considerandolo un rischio emergente non presente trasversalmente in tutti i settori produttivi. Sarebbe auspicabile che nei percorsi di formazione specifici previsti per i settori ATECO, dove le attività lavorative espongono i lavoratori a stress termico, si approfondissero maggiormente tali rischi, le relative misure di prevenzione e protezione, nonché le prime azioni da intraprendere in caso di emergenza sanitaria. Le informazioni raccolte rispetto all'esposizione a RON evidenziano che l'indice UV nel periodo considerato era alto o molto alto e che parte dei lavoratori non utilizzava creme solari e/o indumenti che coprono il corpo.

L'analisi dei dati dell'indice WBGT rilevati evidenzia un superamento del valore limite WBGT per la classe metabolica 2 anche per lavoratori acclimatati. Nelle attività prese in

esame il superamento dei valori limite di riferimento WBGT, nell'attuale scenario climatico, pare possa presentarsi con notevole frequenza.

Pertanto, per i datori di lavoro è necessario implementare programmi di formazione del rischio da stress termico ed esposizione a RON, pianificare maggiori pause e predisporre aree ombreggiate (valutazione del rischio giorno per giorno attraverso strumenti come la piattaforma Workclimate) evitando le ore più calde anche attraverso l'utilizzo della integrazione salariale al superamento dei 35°C.²⁰

Inoltre, è fondamentale avere una fornitura costante di acqua fresca e considerare l'utilizzo di abbigliamento raffrescante/refrigerante come i gilet adottati nel seguente studio. Inoltre, si potrebbe valutare l'opportunità di adottare strategie per organizzare pause e idratarsi correttamente, soprattutto in zone estese e difficili da gestire come in campo aperto o all'interno delle serre. Tali azioni, oltre a proteggere la salute dei lavoratori, possono migliorare la produttività e ridurre i costi associati a infortuni e malattie professionali causate dallo stress termico durante la stagione estiva, favorendo uno sviluppo in tema di sicurezza e salute nel settore agricolo.

Per i lavoratori è fondamentale che ricevano un corretto percorso di formazione del rischio da stress termico ed esposizione a RON, anche per chi è straniero e non conosce l'italiano, in quanto alcune abitudini come l'idratazione e l'uso di creme e indumenti coprenti dipendono dalla percezione del rischio.

²⁰ <https://www.lavorosi.it/prestazioni-previdenziali/integrazioni-salariali/inps-mess-n-2736-del-26072024-caldo-eccessivo-integrale-istruzioni-per-la-cassa-inte/>;

13) Allegati

Allegato 1 “Questionario Generale”

Data questionario:/...../.....	AZIENDA
NOME COGNOME _____ anno di nascita _____	
Genere: <input type="checkbox"/> Uomo <input type="checkbox"/> Donna	
Peso: Kg	Altezza: cm
Nazionalità: <input type="checkbox"/> Italiana	<input type="checkbox"/> Altro.....

1. Tipo di rapporto lavorativo:

- Tempo indeterminato Tempo determinato Autonomo
- Stage o Apprendistato Lavoro stagionale o intermittente
- Altro (specificare):

2. Che mansione svolgi?

- Manutentore del verde
- Operaio agricolo
- Altro.....

3. Anzianità Lavorativa

- <1 anno 1-5 anni 6-10 anni 11-20 anni >20 anni

4. Abitudine al fumo:

- Fumatore da quanti anni nr sigarette al giorno.....
- Non fumatore
- Ex-fumatore per quanti anni nr sigarette al giorno.....

5. Consumo di alcolici:

- Bevo alcolici tutti i giorni
- Bevo alcolici occasionalmente
- Non bevo alcolici

6. Attività fisica:

- Svolgo attività fisica regolare (2-3 volte/settimana)
- Svolgo attività fisica occasionale
- Non svolgo attività fisica

7. Anamnesi patologica

- SI NO Broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO)
- SI NO Asma bronchiale
- SI NO Ipercolesterolemia
- SI NO Malattie neurologiche
- SI NO Diabete mellito
- SI NO Cefalea
- SI NO Malattia renale cronica e/o calcolosi renale Anemia
- SI NO Ipertensione arteriosa
- SI NO Altra malattia dell'apparato cardiovascolare:

SI NO Rinite/congiuntivite allergica da:

SI NO Patologie tiroidee

SI NO Altro.....

8. Assume farmaci: No Sì Quali:.....

9. Durante il periodo caldo (tra maggio e settembre), fai giorni di digiuno per motivi personali (religiosi/etici/nutrizionali...)? Mai Raramente Qualche volta Spesso Sempre

10. Durante il periodo caldo (tra maggio e settembre), quale è il tuo orario lavorativo abituale?

05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

11. In quale tipo di ambiente di lavoro svolgi attualmente le attività professionali?

- Principalmente al chiuso in ambiente climatizzato
- Principalmente al chiuso in ambiente non climatizzato
- Principalmente all'aperto
- All'interno di una serra

12. Utilizzi creme solari in ambito lavorativo?

- sì
- no
- a volte

13. Le creme vengono fornite dal datore di lavoro?

- sì
- no

14. Che fattore di protezione ha?

- SPF 6-10 (protezione solare bassa)
- SPF 15, 20 o 25 (protezione solare media)
- SPF 30-50 (protezione solare alta)
- SPF ≥ 50+ (protezione molto alta)

15. Quali indumenti indossi durante l'attività lavorativa in estate?

- T-shirt a maniche corte Maglia a maniche lunghe
- Giacca a vento
- Pantaloni corti Pantaloni lunghi
- Scarpe antinfortunistica Scarponcino Stivali Altro:.....
- Cappello a tesa larga Cappellino con frontino
- Tuta intera

16. Il tuo lavoro richiede/ha richiesto l'uso di indumenti/dispositivi protettivi come tute, camici monouso, facciali filtranti, maschere di protezione da sostanze chimiche?

- Sì (quali _____) No
- A volte (quali _____)

17. Se hai risposto sì o alcune volte, ritieni che l'uso di questi indumenti/dispositivi di protezione in condizioni di caldo, peggiori il comfort del tuo lavoro?

- Sì Alcune volte No

18. Durante l'attività lavorativa hai disponibilità di acqua?

- Sì, acqua fresca
- Sì, acqua a temperatura ambiente

No, non ho disponibilità di acqua

19. L'acqua ti è stata fornita dall'azienda in cui lavori?

Sì No

20. Bevi altre bevande durante l'orario lavoro oltre l'acqua se sì quali?

Bevande gassate zuccherate (Coca, Fanta, ecc)

Bevande energizzanti/integratori Sali minerali

Caffè/The

21. Durante le giornate lavorative effettui delle pause (compresa la pausa pranzo)?

No

Da 1 a 2

Da 3 a 4

Più di 4

22. Se effettui delle pause queste sono programmate?

Sì

No

23. Quanto sono durate mediamente le pause (escluso il pranzo)?

< 5 minuti

5 < 10 minuti

10-15 minuti

> 15 minuti

24. Durante le pause di cui al punto precedente sei stato:

in un luogo ombreggiato e climatizzato

in un luogo ombreggiato

esposto al sole

25. Che tipo di attività fisica svolgi mediamente nel tuo luogo di lavoro?

Molto leggera	Leggera	Moderata	Intensa	Molto intensa
1	2	3	4	5

26. Nella tua vita lavorativa, hai mai avuto lesioni, malori o infortuni causati da (almeno in parte) condizioni di caldo / alta umidità?

Sì No

27. Se sì, con quale frequenza diresti che si verificano?

Mai Raramente Alcune volte Spesso Non so

28. Hai ricevuto informazioni sulla gestione del rischio CALORE?

Sì In alcune aziende No

29. Sai cos'è un colpo di calore?

Sì No

30. Sai riconoscere i sintomi del colpo di calore?

Sì, me lo hanno spiegato in azienda o me lo ha spiegato il medico competente

Sì, ma non mi è stato spiegato in azienda né dal medico competente

No

Non so

31. Conosci quali sono le azioni prioritarie da intraprendere per soccorrere un collega vittima di un colpo di calore o di un malessere dovuto al caldo?

Sì, me lo hanno spiegato in azienda o me lo ha spiegato il medico competente

- Sì, ma non mi è stato spiegato in azienda né dal medico competente
 No

32. Ti capita di sperimentare più frequentemente rispetto al solito uno o più di questi sintomi durante la stagione estiva?

- SI NO Marcata astenia (stanchezza)
SI NO Vertigini
SI NO (Svenimento) Lipotimia/sincope
SI NO Insonnia
SI NO Disturbi dell'umore
SI NO Alterazioni della Concentrazione

33. Durante un'ondata di calore ti è capitato di presentare alcuni di questi disturbi?

- SI NO Cefalea
SI NO eritema (rossore) cutaneo
SI NO crampi muscolari
SI NO debolezza
SI NO sudorazione importante
SI NO nausea e/o vomito
SI NO Stato confusionale
SI NO sete

Allegato 2 “Questionario di valutazione soggettiva del benessere/disagio termico”

DATA ____/____/____ ORA _____

LUOGO _____ NOME AZIENDA _____

NOME COGNOME LAVORATORE _____

NUMERO CARDIO FREQUENZIMETRO _____

NAZIONALITÀ _____ ETÀ _____

ALTEZZA (cm): _____ PESO (kg): _____

GENERE: Uomo Donna

MANSIONE SVOLTA: Manutentore del verde Operatore agricolo Altro (_____)

DA QUANTO TEMPO SVOLGI QUESTA MANSIONE (acclimatamento):

- <7 giorni 7-14 giorni >14 giorni

PRIMA RILEVAZIONE

DATA ____/____/____ ORA _____

TEMPERATURA TIMPANICA _____ (°C)**1. Che abbigliamento e accessori utilizza il lavoratore nella giornata odierna?**

Tipologia di Abbigliamento	Sì	No
Tuta poco traspirante per trattamenti chimici		
Canottiera		
Maglietta maniche corte		
Maglietta maniche lunghe		
Camicia a maniche corte		
Camicia a maniche lunghe		
Felpa		
Impermeabile/giacca		
Pantaloni corti		
Pantaloni lunghi		
Sovrapantaloni		
Calzini / Calze		
Scarpe		
Scarpe antiinfortunistiche		
Cappello parasole		
Cappello di lana o sintetico		
Casco da lavoro		
Mascherina facciale da lavoro per specifiche mansioni		
Guanti per trattamenti chimici o da lavoro		
Occhiali da lavoro		
Occhiali da sole		
Occhiali da vista		

EVENTUALI NOTE SU MATERIALE ABBIGLIAMENTO

Cotone, poliestere, altro

Consegna giubbotto

Sì No

PERCEZIONE PERSONALE DEL CALDO**2. Che cosa hai percepito mediamente durante il lavoro?**

Percezioni	Nessuna o molto leggera	Leggera	Moderata	Intensa	Molto Intensa
	1	2	3	4	5
Sudorazione					
Stanchezza					
Sete					
Vertigini					
Stato confusionale					

Difficoltà a respirare					
------------------------	--	--	--	--	--

3. Che livello di sensazione termica generale hai percepito durante il lavoro?

Molto freddo	Freddo	Poco freddo	Neutro	Poco caldo	Caldo	Molto Caldo
-3	-2	-1	0	1	2	3

4. Come giudicheresti l'intensità dell'attività lavorativa che hai svolto prima di rispondere a questo questionario?

- 0 = A riposo
- 1 = Leggera
- 2 = Moderata
- 3 = Intensa
- 4 = Molto intensa

LAVORO ED ATTIVITA' SVOLTA

5. Descrizione dell'attività lavorativa/giornata

Dalle ___ Alle ___	Dalle_ ___ Alle ___	Dalle__ ___ Alle ___	Dalle__ ___ Alle ___	Dalle__ ___ Alle ___	Dalle__ ___ Alle ___
<input type="checkbox"/> Attività svolta (_____) <input type="checkbox"/> Pausa					
<input type="checkbox"/> All'aperto al sole <input type="checkbox"/> All'aperto all'ombra <input type="checkbox"/> In serra (_____) <input type="checkbox"/> Al chiuso climatizzato <input type="checkbox"/> Al chiuso non climatizzato	<input type="checkbox"/> All'aperto al sole <input type="checkbox"/> All'aperto all'ombra <input type="checkbox"/> In serra (_____) <input type="checkbox"/> Al chiuso climatizzato <input type="checkbox"/> Al chiuso non climatizzato	<input type="checkbox"/> All'aperto al sole <input type="checkbox"/> All'aperto all'ombra <input type="checkbox"/> In serra (_____) <input type="checkbox"/> Al chiuso climatizzato <input type="checkbox"/> Al chiuso non climatizzato	<input type="checkbox"/> All'aperto al sole <input type="checkbox"/> All'aperto all'ombra <input type="checkbox"/> In serra (_____) <input type="checkbox"/> Al chiuso climatizzato <input type="checkbox"/> Al chiuso non climatizzato	<input type="checkbox"/> All'aperto al sole <input type="checkbox"/> All'aperto all'ombra <input type="checkbox"/> In serra (_____) <input type="checkbox"/> Al chiuso climatizzato <input type="checkbox"/> Al chiuso non climatizzato	<input type="checkbox"/> All'aperto al sole <input type="checkbox"/> All'aperto all'ombra <input type="checkbox"/> In serra (_____) <input type="checkbox"/> Al chiuso climatizzato <input type="checkbox"/> Al chiuso non climatizzato
<input type="checkbox"/> In piedi <input type="checkbox"/> Accovacciato <input type="checkbox"/> Seduto	<input type="checkbox"/> In piedi <input type="checkbox"/> Accovacciato <input type="checkbox"/> Seduto	<input type="checkbox"/> In piedi <input type="checkbox"/> Accovacciato <input type="checkbox"/> Seduto	<input type="checkbox"/> In piedi <input type="checkbox"/> Accovacciato <input type="checkbox"/> Seduto	<input type="checkbox"/> In piedi <input type="checkbox"/> Accovacciato <input type="checkbox"/> Seduto	<input type="checkbox"/> In piedi <input type="checkbox"/> Accovacciato <input type="checkbox"/> Seduto
Note: Misura n. _____					

SECONDA RILEVAZIONE (fine rilevazione)

DATA ____/____/____ ORA _____

TEMPERATURA TIMPANICA _____ (°C)

PERCEZIONE PERSONALE CALDO seconda rilevazione

6. Che cosa hai percepito mediamente durante il lavoro?

Percezioni	Nessuna o molto leggera	Leggera	Moderata	Intensa	Molto Intensa
	1	2	3	4	5
Sudorazione					
Stanchezza					
Sete					
Vertigini					
Stato confusionale					
Difficoltà a respirare					

7. Che livello di sensazione termica generale hai percepito?

Molto freddo	Freddo	Poco freddo	Neutro	Poco caldo	Caldo	Molto Caldo
-3	-2	-1	0	1	2	3

UTILIZZO DI GIUBBOTTO RINFRESCANTE

8. Hai utilizzato il dpi: giubbotto raffrescante?

Sì (raffrescante) Sì (refrigerante) No

9. Ritieni che il giubbotto abbia migliorato la sensazione termica durante il tuo lavoro all'aperto?

Poco Ininfluyente Molto

10. Come giudichi il comfort della vestibilità del giubbotto?

Non confortevole Neutro Confortevole

11. Se ti venisse fornito stabilmente lo useresti?

Sì No

12. Considerata l'intensità del lavoro effettuato, che livello di sensazione termica hai percepito con il giubbotto?

Molto freddo	Freddo	Poco freddo	Neutro	Poco caldo	Caldo	Molto Caldo
-3	-2	-1	0	1	2	3

13. Rispetto all'utilizzo del giubbotto, che cosa hai percepito mediamente durante il lavoro?

Percezioni	Nessuna o molto leggera	Leggera	Moderata	Intensa	Molto Intensa
	1	2	3	4	5
Sudorazione					
Stanchezza					
Sete					
Vertigini					
Confusione					
Difficoltà a respirare					

14. Come giudicheresti l'intensità dell'attività lavorativa che hai svolto prima di rispondere a questo questionario?

- 0 = A riposo
- 1 = Leggera
- 2 = Moderata
- 3 = Intensa
- 4 = Molto intensa

REINTEGRAZIONE LIQUIDI (da compilare a fine giornata)

15. Questa mattina ti sei idratato prima di venire al lavoro?

- Sì
- No

16. Durante l'attività lavorativa odierna hai avuto disponibilità di acqua?

- Sì, acqua fresca
- Sì, acqua a temperatura ambiente
- No, non ho disponibilità di acqua

17. L'acqua ti è stata fornita dall'azienda in cui lavori?

- Sì
- No

18. Hai Bevuto altre bevande durante l'orario lavoro oltre l'acqua se sì quali?

- Bevande gassate zuccherate (Coca, Fanta ecc.)
- Bevande energizzanti/integratori Sali minerali
- Caffè/The

19. Puoi quantificare quanta acqua hai bevuto durante l'attività lavorativa odierna - nel calcolo deve essere compresa anche quella bevuta a pranzo (1 bicchiere 200ml) ?

Fino a 0,5 L	Da 0,5 a 1,5 L	Da 1,5 a 2,0 L	Da 2,0 a 3,0 L	Oltre 3 L

20. Con che frequenza ti sei idratato?

Ogni 15-30 min	Ogni ora	Ogni 2 ore	Ogni 4 ore

PAUSE (da compilare a fine giornata)

21. Nella giornata odierna ha effettuato delle pause (compresa la pausa pranzo)?

- No
- Da 1 a 2
- Da 3 a 4
- Più di 4

22. Se hai effettuato pause, queste erano programmate?

- Sì
- No

23. Quanto sono durate mediamente le pause (escluso il pranzo)?

- < 5 minuti
- 5 < 10 minuti
- 10-15 minuti
- > 15 minuti

24. Durante le pause di cui al punto precedente sei stato:

- in un luogo ombreggiato e climatizzato
- in un luogo ombreggiato
- esposto al sole

25. Pensi che lo stress da caldo percepito nel corso di tutta la giornata lavorativa possa aver ridotto la tua produttività tipica giornaliera?

Per niente	Poco (fino al 10%)	Abbastanza (dal 10 al 25%)	Molto (dal 25 al 50%)	Moltissimo (oltre il 50%)

14) Bibliografia e sitografia

- “La Prevenzione del Rischio da Stress da Calore negli Ambienti di Lavoro”, Regione Emilia-Romagna;
- Gariazzo C., Taiano L., Bonafede M., Leva A., Morabito M., De’ Donato F., Marinaccio A.- “Association between extreme temperature exposure and occupational injuries among construction workers in Italy: An analysis of risk factors” Doi: 10.1016/j.envint.2022.107677 (2022);
- Morabito M., Messeri A., Crisci A., Bao J., Ma R., Orlandini S., Huang C., Kjellstrom T., “Heat-related productivity loss: benefits derived by working in the shade or work-time shifting” Doi: 10.1108/IJPPM-10-2019-0500 (2021);
- “Ambiente e Sicurezza sul Lavoro”, Maggio-Giugno 2024;
- Gariazzo C., Taiano L., Bonafede M., Leva A., Morabito M., De’ Donato F., Marinaccio A.- “Association between extreme temperature exposure and occupational injuries among construction workers in Italy: An analysis of risk factors” Doi: 10.1016/j.envint.2022.107677 (2022);
- INAIL “Esposizione a temperature estreme ed impatti sulla salute e sicurezza sul lavoro. Il progetto workclimate e la piattaforma previsionale di allerta” (2022);
- Gruppo di Lavoro tecnico scientifico Clima FVG “Segnali dal clima in FVG” (2024);
- Gruppo di Lavoro tecnico scientifico Clima FVG “Segnali dal clima in FVG” (2023);
- https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT (Portale Agenti Fisici);
- Inail “Valutazione del Microclima, l’esposizione al caldo e al freddo: quando è un fattore di discomfort, quando è un fattore di rischio per la salute” (2018);
- <https://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioContenutiCaldo.jsp?lingua=italiano&id=4546&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto> (Ministero della Salute);
- <https://www.inail.it/portale/prevenzione-e-sicurezza/it/come-fare-per/conoscere-il-rischio/agenti-fisici/stress-termico.html>;

- “Patologie da calore e fattori che contribuiscono alla loro insorgenza, informativa per i Datori di Lavoro”; Miriam Levi, Francesca de’ Donato, Manuela De Sario, Emanuele Crocetti, Andrea Bogi, Iole Pinto, Marco Morabito, Alessandro Messeri, Alessandro Marinaccio, Simona Del Ferraro, Tiziana Falcone, Vincenzo Molinaro e Michela Bonafede;
- Norma UNI EN ISO 7243:2017, “Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l’indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)”;
- “ISL Igiene & Sicurezza sul Lavoro", 07/2022;
- Norma UNI EN ISO 7933:2005; “Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile”;
- Andrea Bogi, Francesco Picciolo, Iole Pinto, Nicola Stacchini, Marco Morabito, Azienda USL Toscana Sud Est – Laboratorio di Sanità Pubblica – Settore Agenti Fisici; “Progetto Workclimate, Individuazione e sviluppo di soluzioni organizzative e procedure operative: Report attività 3.1”;
- <https://www.lavorosi.it/prestazioni-previdenziali/integrazioni-salariali/inps-mess-n-2736-del-26072024-caldo-eccessivo-integrate-le-istruzioni-per-la-cassa-inte/>.

