



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**

Dipartimento universitario clinico di scienze mediche
chirurgiche e della salute

Corso di Laurea

**Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi
di Lavoro**

Tesi di laurea

**Valutazione del rischio microclimatico e da
esposizione a radiazione solare a cui sono
sottoposti i lavoratori vitivinicoli del Collio**

Laureando:

Andrea Graba

Relatore:

Prof.ssa Marcella Mauro

Anno accademico 2024-2025

Sommario

1.	INTRODUZIONE: CAMBIAMENTI CLIMATICI	5
2.	IL MICROCLIMA: INQUADRAMENTO NORMATIVO	11
2.1	GLI AMBIENTI TERMICI: “MODERATI” E “SEVERI”	13
2.2	GLI AMBIENTI TERMICI: “MODERABILI” E “VINCOLATI”	14
3.	GLI EFFETTI SULLA SALUTE	16
3.4	PATOLOGIE DA CALORE	21
3.5	PATOLOGIE DA ESPOSIZIONE A RADIAZIONE SOLARE	25
4.	INDICI DESCRITTORI	27
4.1	INDICE WBGT.....	28
4.3	HEAT INDEX	35
4.4	UV INDEX.....	37
5.	IL COMPARTO VITIVINICOLO REGIONALE E IL COLLIO.....	39
6.	INDAGINE SPERIMENTALE	40
6.2	MATERIALI E METODI.....	41
6.2.1	LA CENTRALINA MICROCLIMATICA	41
6.2.2	TERMOCAMERA.....	48
6.2.3	DOSIMETRI UV GENESIS	50
6.2.4	QUESTIONARI.....	51
7.	CAMPAGNA DI MISURAZIONE	52

8.	RISULTATI	54
8.1	QUESTIONARI	54
8.2	WBGT	60
8.3	PHS	62
8.4	TERMOCAMERA E TERMOMETRO TIMPANICO	70
8.5	RADIAZIONE UV	73
9.	DISCUSSIONE	75
10.	CONCLUSIONI	79
11.	ALLEGATI	82
12.	BIBLIOGRAFIA.....	97

1. INTRODUZIONE: CAMBIAMENTI CLIMATICI

Per “cambiamenti climatici” si intendono i cambiamenti a lungo termine delle temperature e dei modelli meteorologici. Questi cambiamenti possono avvenire

in maniera naturale, ad esempio tramite variazioni del ciclo solare. Tuttavia, a partire dal XIX secolo, le attività umane sono state il fattore principale all'origine dei cambiamenti climatici, imputabili essenzialmente alla combustione di combustibili fossili come il carbone, il petrolio e il gas¹.

Il cambiamento climatico ha portato a un aumento significativo della temperatura media globale e il 2024 è probabilmente il primo anno solare in cui la temperatura media globale ha superato di oltre 1,5°C i livelli preindustriali, con un valore stimato di $1,55 \pm 0,13^\circ\text{C}$ superiore rispetto alla media del periodo 1850-1900 secondo la World Meteorological Organization. Si tratta dell'anno più caldo mai registrato in 175 anni di osservazioni, un record che non arriva inaspettato ma che segna un nuovo punto critico nella crisi climatica.²

Inoltre, l'intensità, la frequenza e la durata delle ondate di calore sono aumentate rapidamente in tutto il mondo³.

L'esposizione alle alte temperature può avere vari effetti negativi sulla salute. Questi variano da effetti acuti di varia intensità e grado, che in casi estremi possono portare alla morte per colpo di calore, ad effetti cronici, che interessano diversi organi ed apparati. Le proiezioni per l'anno 2030 stimano complessivamente la perdita di 880.000 anni di vita lavorativa a causa della mortalità per colpo di calore da causa professionale nei luoghi di lavoro indoor ed outdoor⁴.

I dati italiani relativi all'estate 2024 hanno registrato complessivamente 52.681 decessi a causa delle ondate di calore nel mese di luglio e 54.670 nel mese di agosto, pari, rispettivamente a $n=870$ (+2%) e $n=3629$ (+7%) decessi in più rispetto alla media pre-pandemia relativa al periodo 2015-2019⁵ (figura 1).

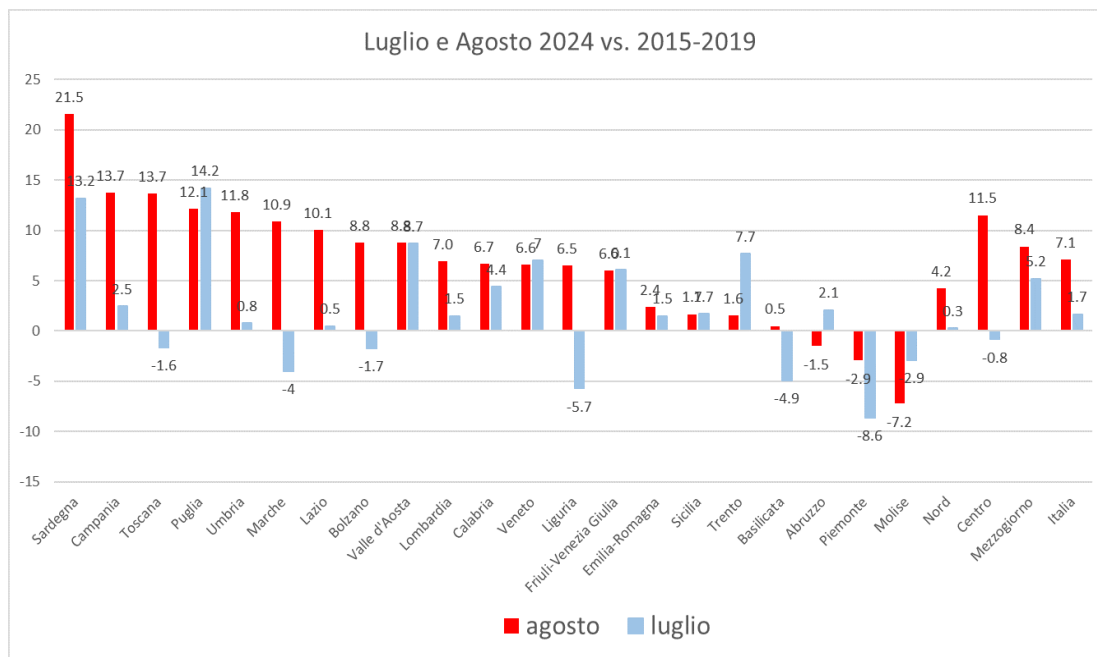


Figura 1: decessi causati da ondate di calore; confronto luglio e agosto 2024 con la media 2015-2019 (“Estate 2024: gli effetti del caldo sulla mortalità in Toscana e in Italia», Agenzia regionale di sanità Toscana)

Rispetto alla popolazione generale, i lavoratori possono risultare più suscettibili allo stress termico, in ragione di una maggiore attività metabolica derivante dall'attività fisica esercitata, in alcuni contesti anche particolarmente intensa, ed all'eventuale utilizzo di dispositivi di protezione individuale che possono ridurre o impedire i normali meccanismi di dissipazione del calore corporeo. I lavoratori outdoor sono inoltre esposti per periodi prolungati alla radiazione solare ed ai raggi UV, che possono arrecare danno a livello di cute, mucose ed apparato visivo. Diversi studi in letteratura individuano i lavoratori agricoli come gruppo occupazionale particolarmente a rischio, con tassi stimati di mortalità professionale legata al caldo circa 35 volte maggiori rispetto ai lavoratori di altri comparti lavorativi. Fra i fattori di rischio individuati meritano particolare attenzione (1) le prestazioni di lavoro manuale intensivo, (2) i pagamenti a cottimo, che incoraggiano i lavoratori a fare poche pause e sovente spingersi oltre i loro limiti fisici senza l'adeguata idratazione (3) la mancanza di controllo sulle

pratiche di salute e sicurezza sul luogo di lavoro e di un adeguato accesso all'acqua, all'ombra e l'effettuazione di adeguate pause di riposo⁶.

Le proiezioni identificano un aumento di durata ed intensità dei fenomeni di calore estremo nei prossimi decenni, che determineranno un impatto sempre maggiore sulla popolazione. In tal senso questo settore di ricerca risulta di grande interesse per lo sviluppo di idonee strategie preventive e protettive nei confronti dei lavoratori outdoor.

Dati FVG

Anche i dati regionali risultano allineati a quelli nazionali e globali. Le rilevazioni delle temperature medie e massime effettuate da ARPA FVG evidenziano infatti un trend in aumento nell'arco temporale 1961-2016, come evidenziato in figura 1, dove i valori sono stati opportunamente validati e omogeneizzati per ottenere un'unica serie sintetica che ben rappresenti la pianura regionale. Nella figura è evidente come, rispetto a una temperatura media annuale pari a 12.6°C, riscontrabile nel trentennio di riferimento (1961-1990), negli ultimi decenni si siano raggiunti valori decisamente superiori, con un picco di 14.6 °C del 2014. Nell'intero periodo 1961-2016 l'aumento medio della temperatura media è stato pari a 0.3 °C ogni 10 anni, con una chiara tendenza all'accelerazione nei decenni più recenti (linea tratteggiata in fig. 1).

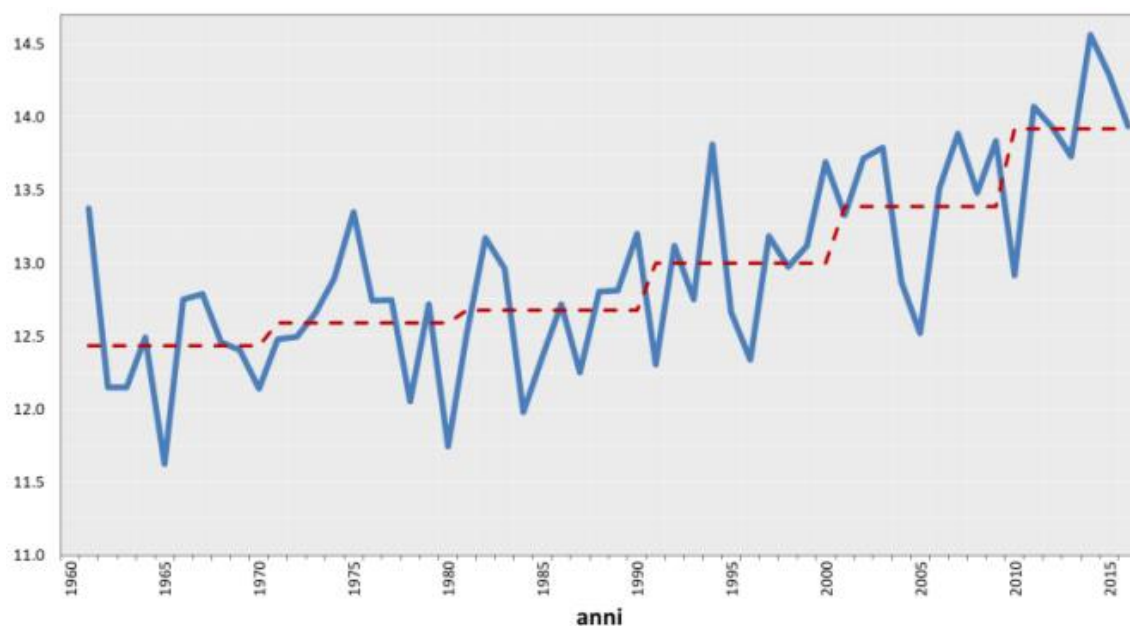


Figura 1: Trend temperature medie e massime in FVG dal 1960 al 2016

Analizzando l'andamento delle temperature medie nelle quattro stagioni (figura 2), si nota come l'aumento con tasso maggiore risulti quello relativo alla stagione estiva (0.4°C per decennio).⁷

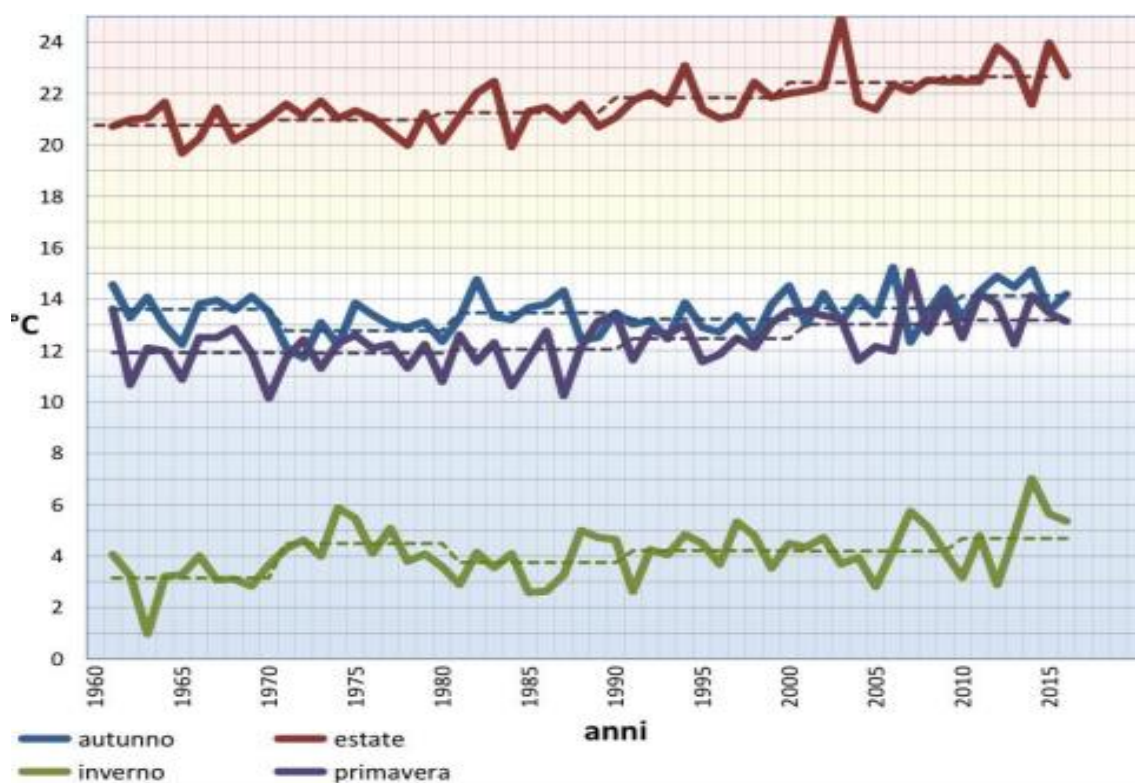


Figura 2: aumento T° medie in FVG nel periodo 1960-2016 diviso per stagione

Considerando l'arco temporale degli ultimi 10 anni (2015 - 2024) l'aumento medio della temperatura risulta ancora più evidente, e pari a 14.2 °C: il riscaldamento di questo ultimo decennio, rispetto al secolo scorso, risulta quindi di 1.5 °C.⁸

Per quanto concerne le temperature massime (Tmax), anch'esse hanno subito un aumento. In particolar modo nel trentennio di riferimento 1991-2020 sono stati n=42 i giorni con Tmax superiore alla soglia di 30 °C (figura 3), dato in ulteriore aumento nel corso del 2024.

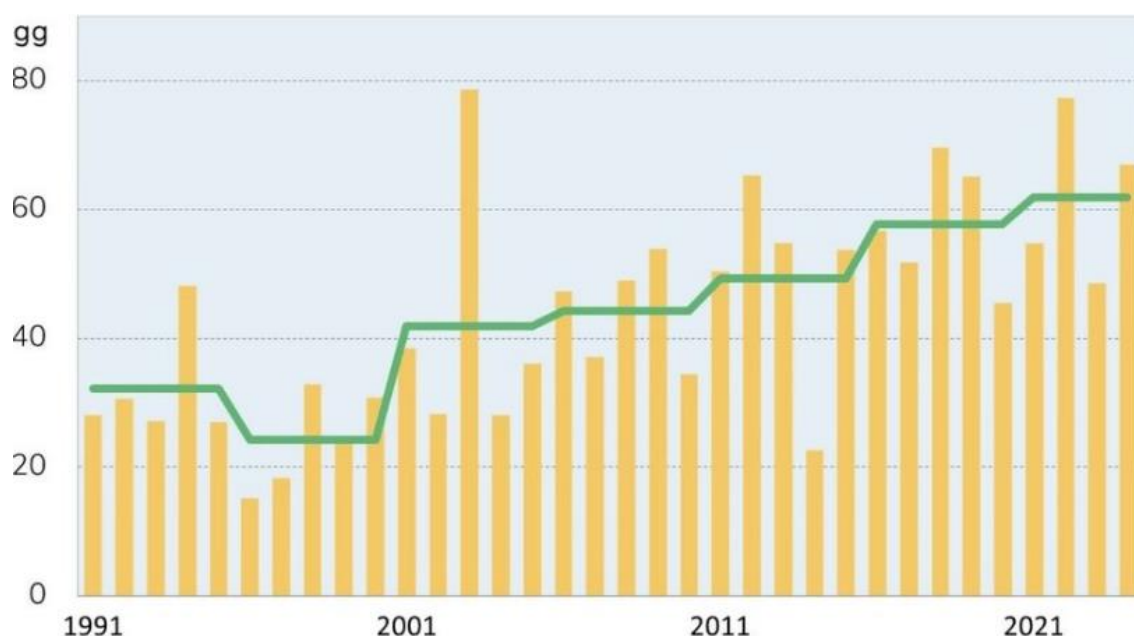


Figura 3: giorni annuali con Tmax. superiore a 30°C nel periodo 1991-2021

In figura 4 è riportato un confronto fra arco temporale 1991-2020 e 2024, in cui si evince che la numerosità di giornate con Tmax superiore a 30°C è risultato nettamente superiore nel 2024 nei mesi di luglio-agosto-settembre, con un rapporto invertito, invece, nel mese di giugno.

Sulla pianura regionale durante l'estate 2024 i giorni caldi registrati sono stati infatti ben n=24 in più rispetto al dato medio 1991-2020 e nella provincia di Udine in particolar modo ne sono stati conteggiati n=62, rispetto ad una media trentennale 1991-2020 di n=38⁹.

In conclusione, secondo i dati di monitoraggio regionale ARPA, il Friuli-Venezia Giulia non solo si allinea al trend globale di riscaldamento, ma presenta un aumento della temperatura media annuale più alto rispetto a quello medio globale e compreso tra 1.5°C e 2.0°C.

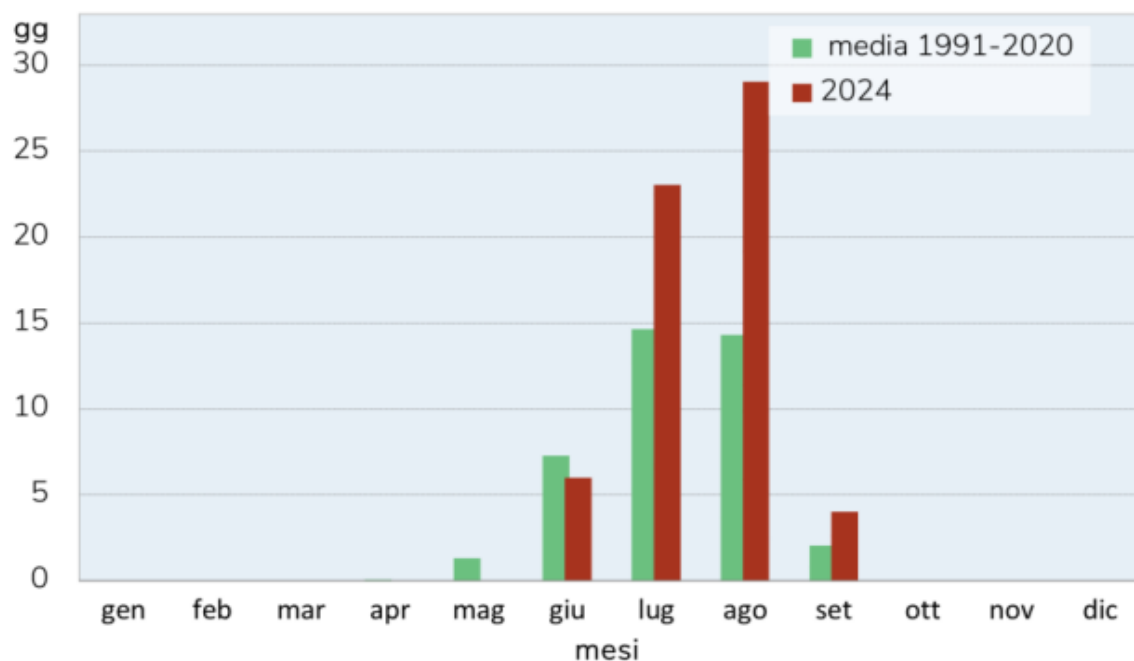


Figura 4: Giornate con T^{max} superiore ai 30°C (confronto tra 2024 e media 1991-2020)

2. IL MICROCLIMA: INQUADRAMENTO NORMATIVO

Con il termine microclima si intende il complesso di parametri ambientali che caratterizzano localmente l'ambiente in cui l'individuo vive e lavora e che congiuntamente a parametri individuali quali l'attività metabolica correlata al compito lavorativo e la resistenza termica del vestiario determinata dalle caratteristiche dell'abbigliamento indossato, condizionano gli scambi termici tra soggetto e ambiente circostante¹⁰.

Il rischio microclimatico appartiene alla categoria degli agenti fisici, definita dal Titolo VIII, Capo I del Decreto Legislativo 81/2008 "Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro". Questa classe di rischi è rappresentata da fattori governati da leggi fisiche, che per mezzo delle proprie caratteristiche sono in grado di

modificare le condizioni ambientali nei luoghi in cui si presentano poiché possono immettere una quantità di energia negli ambienti di lavoro superiore a valori normalmente tollerati e che quindi risultano essere potenzialmente dannosi per la salute dei lavoratori.

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 (sanzionabile) 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.

Vi sono diverse fonti ed enti che a vario titolo regolamentano il rischio microclima:

1. Norme ISO (International Organization for Standardization)". Nello specifico, a livello nazionale la normativa di riferimento è la UNI EN ISO, di cui di seguito si riporta l'elenco per gli ambienti caldi e molto caldi
 - UNI EN ISO 7726:2002 "Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche";
 - UNI EN ISO 9886:2004 "Ergonomia - Valutazione degli effetti termici mediante misurazioni fisiologiche";
 - UNI EN ISO 8996:2021 "Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico";
 - UNI EN ISO 9920:2009 "Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento";

- UNI EN ISO 12894:2002 “Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti “molto caldi” o “molto freddi”;
 - UNI EN ISO 7730:2006 “Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV (voto medio previsto) e il PPD (percentuale di soggetti insoddisfatti prevista) e dei criteri di benessere termico locale”;
 - UNI EN ISO 7933: 2005 “Ergonomia dell’ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile”;
 - UNI EN ISO 7243:2017 “Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l’indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)”;
2. le linee guida INAIL denominate “La Valutazione del Microclima” del 2018, aggiornate nel 2021 in relazione alle strategie e tecniche di misura dello stress termico.¹¹
 3. Linee di indirizzo per la protezione dei lavoratori dagli effetti del calore e della radiazione solare, approvate dalla Conferenza delle Regioni Autonome nella seduta del 19 giugno 2025. Tale documento rappresenta una sintesi di quanto emanato dalle Regioni e Province Autonome e fornisce una visione d’insieme degli elementi che permettono il miglioramento delle condizioni di lavoro ad alte temperature e a radiazione solare.¹²

2.1 GLI AMBIENTI TERMICI: “MODERATI” E “SEVERI”

Gli ambienti di lavoro vengono inizialmente distinti in due categorie: quelli “moderati” e quelli “severi”:

- 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.

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. Come citato prima nell’Allegato IV punto 1.9, il microclima è un requisito di salute e sicurezza, nel Titolo VIII è un agente fisico che può portare a rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori. È importante però non concludere che gli ambienti moderati coincidono con l’Allegato IV e gli ambienti severi con il Titolo VIII.

2.2 GLI AMBIENTI TERMICI: “MODERABILI” E “VINCOLATI”

Si configura pertanto la necessità di operare una discriminazione fra due tipologie di ambienti termici, diversa da quella operata dalla normativa tecnica. 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 in relazione alla temperatura ed alle altre quantità ambientali, ma anche in relazione all’attività metabolica ed al vestiario, in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort¹³.

Risulta pertanto essenziale, a monte della valutazione vera e propria, acquisire tutte le informazioni atte a fornire un quadro completo relativamente alle postazioni di lavoro occupate ed ai tempi di permanenza nelle stesse; quindi, è necessario valutare la presenza di: eventuali vincoli, posti dall'attività lavorativa, relativamente alle condizioni termo-igrometriche ambientali; all'abbigliamento e/o all'attività metabolica del soggetto. Di seguito, si riporta in Figura 5 uno schema esemplificativo delle linee guida INAIL "La Valutazione del Microclima" relativa alla distinzione principale tra gli ambienti "moderabili" e quelli "vincolati".

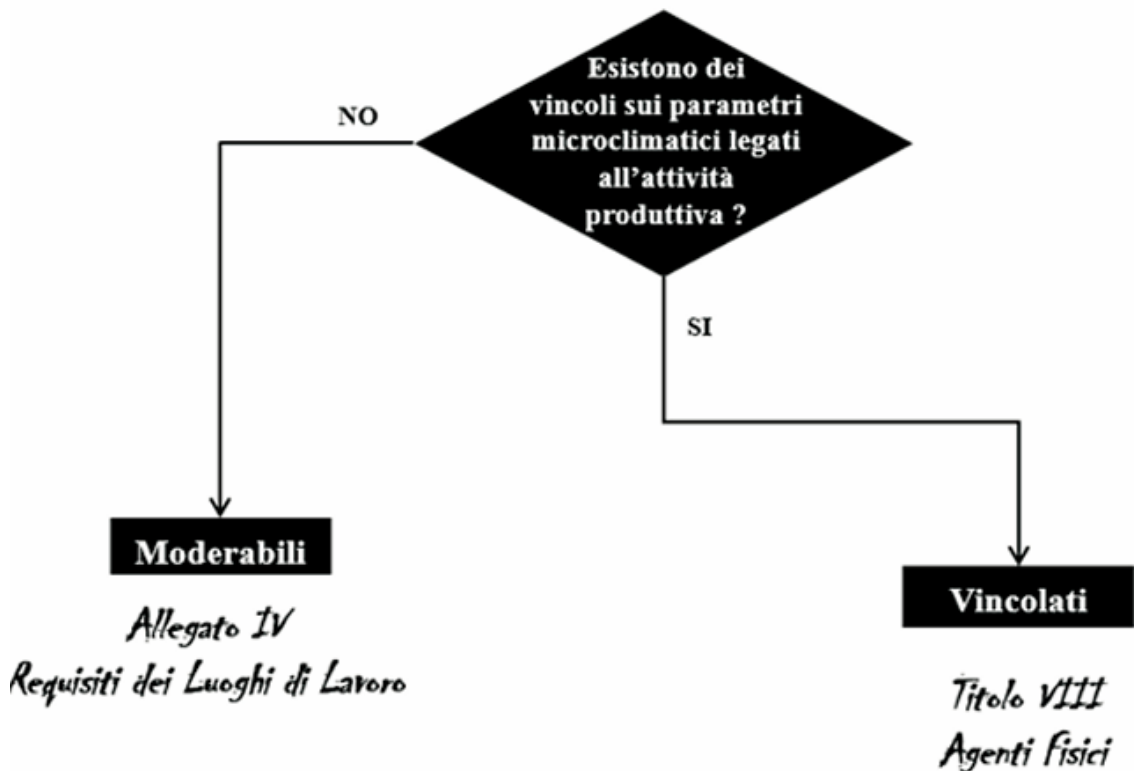


Figura 5: schema esemplificativo relativo alla distinzione tra ambienti moderabili e vincolati

Esso dimostra il processo secondo cui un ambiente, laddove vi sia assenza di vincoli, è valutato in un'ottica di perseguimento delle condizioni di comfort ai sensi del punto 1.9.2. dell'Allegato IV del D. Lgs 81/2008. Nel caso in cui, invece, siano presenti dei vincoli che possono pregiudicare il raggiungimento delle condizioni

di comfort, la valutazione deve essere effettuata secondo il criterio di tutela della salute ai sensi del Titolo VIII del medesimo decreto.

Seppur l'Allegato IV del D. Lgs 81/2008 esponga determinati parametri fisici da tenere in considerazione per la valutazione di un'eventuale condizione di discomfort termico, esso non contiene le indicazioni riguardanti gli indici sintetici né i valori limite di accettabilità. Per far fronte a questa situazione sono infatti necessarie le norme di buona tecnica poiché le sole indicazioni sarebbero altrimenti di carattere generale e risulterebbero quindi limitate.

3. GLI EFFETTI SULLA SALUTE

Fisiologia della termoregolazione

L'organismo umano viene definito "omeotermo", è in grado, cioè, 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 superficie cutanea e per convezione ed evaporazione attraverso l'attività respiratoria. Tale processo viene eseguito in maniera indipendente rispetto alle variazioni termiche dell'ambiente ed alle variazioni quantitative di calore generate dall'organismo attraverso i processi metabolici attivati dai meccanismi interni di termoregolazione. Di fatto, l'organismo umano è un sistema termico interessato da flussi di energia entrante e uscente e dalla generazione di energia al suo interno. Se l'effetto complessivo di questi flussi non è nullo, ci sarà conseguentemente un aumento o una diminuzione del contenuto termico del sistema, corrispondenti ad un incremento o ad un abbassamento della temperatura propria. I parametri che influenzano gli scambi energetici individuo-ambiente sono quelli ambientali, ovvero la temperatura, l'umidità relativa, la temperatura media radiante e la velocità

dell'aria, e quelli individuali del soggetto, cioè l'attività svolta che influenza il metabolismo energetico e l'isolamento termico dell'abbigliamento.

I quattro parametri ambientali sono misurabili direttamente mediante una centralina microclimatica e consentono di caratterizzare l'ambiente termico in esame; i due parametri "soggettivi", al contrario, non sono misurabili direttamente; pertanto, le valutazioni del metabolismo energetico e dell'isolamento termico vengono effettuate mediante l'utilizzo di specifiche norme tecniche.

Noti i sei parametri citati, si è in grado di svolgere le procedure analitiche che conducono al calcolo degli indici che hanno alla base, nella maggior parte dei casi, l'equazione di bilancio energetico che è definita dalla seguente formula:

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

- S: è la differenza termica acquisita e dissipata dal corpo umano;
- M: è la potenza termica prodotta dai processi metabolici o metabolismo energetico;
- W: è la potenza meccanica impegnata per compiere lavoro meccanico;
- C_{RES} : è la potenza termica scambiata nella respirazione per convezione;
- E_{RES} : è la potenza termica scambiata nella respirazione per evaporazione;
- K: è la potenza termica scambiata per conduzione;
- C: è la potenza termica scambiata per convezione;
- R: è la potenza termica scambiata per irraggiamento;
- E: è la potenza termica ceduta per evaporazione (traspirazione e sudorazione).

Nell'equazione i singoli termini hanno segno + se si ha un guadagno di energia, mentre hanno segno – se si ha una perdita di energia. L'equazione può assumere i seguenti valori:

1) $S=0$: 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;

2) $S>0$: 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;

3) $S<0$: 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 termodispersione 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 freddi¹⁴.

3.1 METABOLISMO ENERGETICO

Il metabolismo energetico rappresenta un elemento caratterizzante nel processo di raggiungimento del comfort termico. È l'energia chimica contenuta negli alimenti, trasformata in calore e lavoro, mediante processi di ossidazione, detti anche processi metabolici. La quantità di calore che viene generata da essi, dipende dall'attività e dal lavoro. Il simbolo del metabolismo è indicato con la lettera M e l'unità di misura è rappresentata dal "met". Esso è il calore prodotto per unità di tempo e per unità di superficie da un individuo seduto a riposo, 1 met risulta pari a $58,2 \text{ Wm}^2$.

3.2 RESISTENZA TERMICA DEL VESTIARIO

Un ulteriore elemento in grado di influire fortemente sul comfort termico percepito dal lavoratore è rappresentato dalla resistenza termica del vestiario. A seconda della situazione, esso può costituire una protezione oppure un vincolo a danni del soggetto che fatica a raggiungere il comfort termico. L'unità di misura della resistenza termica è indicata dal descrittore Clo, laddove 1 Clo corrisponde a $0,155 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$.

3.3 ACCLIMATAMENTO

L'organismo si adatta a un nuovo ambiente termico mediante un processo chiamato «acclimatazione», l'adattamento fisiologico che si verifica durante

l'esposizione ripetuta a un ambiente caldo, che comprende: l'aumento dell'efficienza della sudorazione (inizio anticipato della sudorazione, maggiore produzione di sudore e riduzione della perdita di elettroliti nel sudore); la stabilizzazione della circolazione; la capacità di svolgere lavori con una temperatura corporea più bassa e una frequenza cardiaca inferiore; l'aumento del flusso sanguigno cutaneo a una determinata temperatura corporea¹⁵. Tuttavia, occorrono circa 7-10 giorni affinché si verifichi l'acclimatamento^{16 17}, proprio per questo il Portale agenti fisici propone in caso di primo ingresso al lavoro in ambiente caldo o in caso di rientro da ferie o interruzioni dell'attività lavorativa al caldo di più di una settimana, di prevedere un percorso di acclimatamento nelle lavorazioni che espongono a stress termico. I risultati ottimali si raggiungono prevedendo un piano di lavoro che preveda un incremento graduale delle durate delle lavorazioni in ambiente caldo in un arco temporale di circa 7-14 giorni, pianificando pause che prevedano il raffreddamento e l'idratazione del lavoratore. L'acclimatamento deve essere specifico per il tipo di lavoro svolto al caldo. Essere semplicemente esposti ad un ambiente caldo non è sufficiente ai fini dell'acclimatamento. Svolgere un lavoro leggero al caldo rende acclimatati solo all'esecuzione di lavoro leggero al caldo: lavori più lunghi ed impegnativi dal punto di vista dello sforzo fisico richiedono un acclimatamento più lungo.

3.4 PATOLOGIE DA CALORE

Allorché il bilancio termico corporeo si discosta dal valore di neutralità ($S=0$) intervengono i meccanismi termoregolatori al fine di mantenere la temperatura entro i limiti compatibili con le funzioni vitali. L'impegno esasperato di tali meccanismi dà luogo ad una situazione di stress termico, che può preludere allo sviluppo di veri e propri processi patologici se l'esposizione non viene limitata nel tempo. Un'attivazione intensa e prolungata dei meccanismi deputati alla termoregolazione può portare infatti ad un cedimento del sistema di controllo,

con conseguente insorgenza di manifestazioni patologiche da calore anche gravi, conseguenti ad un progressivo ed inesorabile innalzamento o riduzione della temperatura centrale.

Un'attività lavorativa ad elevato impegno fisico effettuata in ambienti severi caldi impone richieste conflittuali al sistema cardiovascolare: da una parte la vasodilatazione periferica aumenta il flusso di sangue verso la superficie corporea nel tentativo di dissipare il calore responsabile dell'incremento della temperatura centrale; dall'altra, il lavoro muscolare intenso richiede a sua volta un incremento del flusso sanguigno verso i distretti muscolari interessati dallo sforzo. Poiché la gittata cardiaca non può comunque eccedere il flusso garantito dal ritorno venoso, la capacità cardiaca costituisce un fattore limitante per il lavoro intenso svolto in ambienti severi caldi e il sistema cardiovascolare può trovarsi in una condizione di sovraccarico tale da non poter soddisfare adeguatamente entrambe le esigenze.

I risultati di una recente revisione di letteratura che ha considerato 266 articoli sul tema, ha evidenziato un'associazione positiva fra l'aumento di 1°C della temperatura ambiente e la mortalità legata a qualsiasi causa cardiovascolare. Nello specifico, il rischio complessivo risulta aumentato del 2.1% per la mortalità cardiovascolare dello 0.5% per la morbidità cardiovascolare, fra cui in particolar modo emergono gli eventi aritmici e l'arresto cardiaco (RR 1.6%).¹⁸.

Oltre a quelle appena trattate l'esposizione al calore può portare a diverse manifestazioni cliniche, di seguito viene fornito un elenco delle patologie da calore con i relativi effetti legati all'esposizione ad alte temperature:

- **Crampi:** 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.

- **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.
- **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 rapido, sudorazione ridotta o abolita, debolezza, vertigini, palpitazioni, ansia, pelle e mucose asciutte, crampi muscolari, abbassamento della pressione arteriosa.
- **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 morte¹⁹.

- **Esaurimento da calore:** è la risposta del corpo a un'eccessiva perdita di acqua e sali, di solito attraverso un'eccessiva sudorazione. Se non trattato, può portare a un colpo di calore.
- **Rabdomiolisi:** La rabdomiolisi è una affezione medica associata a stress termico e a sforzo fisico prolungato che provoca la rapida disgregazione, rottura e morte del muscolo. Quando il tessuto muscolare muore, elettroliti e grandi proteine vengono rilasciati nel flusso sanguigno, il che può causare irregolarità del ritmo cardiaco, convulsioni e danni ai reni.
- **Eruzioni cutanee da calore:** sono minuscole macchie rosse sulla pelle con forte prurito, un'irritazione cutanea causata da sudorazione eccessiva in presenza di un ambiente caldo e umido. Le macchie derivano dall'infiammazione causata dall'ostruzione dei dotti delle ghiandole sudoripare.
- **Patologie renali:** colpo di calore può provocare gravi alterazioni elettrolitiche e patologie renali sia acute che croniche. Tuttavia, anche livelli minori di stress da calore hanno molteplici effetti, tra cui l'esacerbazione della malattia renale e l'acuirsi di eventi cardiovascolari nei soggetti con malattia renale conclamata. Lo stress da calore può anche aumentare il rischio di calcoli renali e²⁰.
- **Patologie del sistema nervoso centrale:** Studi di neuroimaging condotti mesi o anni dopo un colpo di calore hanno rivelato danni cellulari nel cervelletto e in altre regioni cerebrali, tra cui ippocampo, mesencefalo e talamo, con il potenziale di complicanze neurologiche a lungo termine nei sopravvissuti a un colpo di calore²¹.

Da ultimo ma non meno incisivo, soprattutto nell'ambito del presente elaborato, l'esposizione al calore può aumentare il rischio di infortuni sul lavoro causati da alterazioni neurologiche quali disorientamento, compromissione della capacità di giudizio, perdita di concentrazione, riduzione della vigilanza, disattenzione e

stanchezza, capogiro e riduzione delle funzioni cerebrali; nonché riduzione della capacità di prensione a causa di sudorazione dei palmi delle mani, e riduzione dell'acuità visiva a causa dell'appannamento degli occhiali protettivi aumentando così il rischio di infortuni e incidenti²².

3.5 PATOLOGIE DA ESPOSIZIONE A RADIAZIONE SOLARE

La Radiazione Ultravioletta (RUV) appartiene al sottoinsieme delle Radiazioni Elettromagnetiche Non Ionizzanti (NIR, Non Ionizing Radiation) e occupa la regione spettrale da 100 a 400 nanometri (nm) a cui corrispondono energie dei fotoni comprese fra 12.4 e 3.1 eV, rispettivamente. L'occhio e la pelle sono i due organi critici, bersaglio delle RUV. La "radiazione solare" è classificata come cancerogeno del gruppo 1 dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) in quanto per essa sono disponibili sufficienti evidenze di cancerogenicità per l'uomo²³. Gli effetti sugli organi bersaglio dipendono dalla qualità della radiazione e dal tempo di esposizione, in associazione a caratteristiche individuali, quali ad esempio la tipologia di fototipo. Considerati dal punto di vista del loro decorso temporale gli effetti prodotti sull'occhio e sulla pelle possono essere suddivisi in:

a) effetti a breve termine o da esposizione acuta, con tempi di latenza dell'ordine di ore o giorni. Fra i più frequenti effetti a breve termine ricordiamo:

- L'eritema solare a carico della cute: indotto essenzialmente dalla componente UVB. Nelle forme gravi (ustioni solari) un eritema marcato può accompagnarsi a edema e flittene (ustioni gravi) nelle zone foto-esposte;
- fotocongiuntivite, per interessamento della membrana congiuntivale esposta, o fotocheratite per il coinvolgimento della cornea.

b) effetti a lungo termine o da esposizione cronica con tempi di latenza di mesi, anni.

In generale per ciascun effetto acuto è possibile stabilire “la dose soglia” al di sotto della quale l’effetto non si verifica. La maggior parte degli effetti a lungo termine hanno natura diversa dagli effetti acuti e la loro probabilità (carcinoma cutaneo) o la loro gravità (fotoinvecchiamento della pelle) è tanto maggiore quanto più è elevata la dose accumulata dall’individuo.

Considerato fino a pochi anni fa una neoplasia rara, oggi il melanoma cutaneo mostra una incidenza in crescita costante in tutto il mondo e numerosi studi suggeriscono che essa sia addirittura raddoppiata negli ultimi 10 anni. A livello mondiale, si stima che nell’ultimo decennio il melanoma cutaneo abbia raggiunto i 100.000 nuovi casi l’anno: un aumento di circa il 15% rispetto al decennio precedente²⁴. In Italia, ogni anno, circa 7.200 uomini e 6.500 donne si ammalano di melanoma cutaneo. L’insieme dei dati dai registri tumori italiani mostra un aumento di incidenza statisticamente significativo per il melanoma cutaneo, quantificabile tra il 2010 e il 2017, in un aumento del 6,2% per gli uomini e del 8,4% per le donne. Il confronto con l’insieme dei dati di tutti i registri tumori italiani mostra che l’incidenza di tali tumori negli uomini e nelle donne del Friuli-Venezia Giulia era quasi il doppio della media nazionale e superiore del 50% alle incidenze dello stesso periodo nelle altre regioni del Nord Italia²⁵.

Il descrittore utilizzato ai fini protezionistici per quantificare il rischio di insorgenza di danno per patologie fotoindotte della pelle è l’Esposizione radiante efficace o Dose efficace (Heff), ottenuta dall'integrale dell'irradianza spettrale ponderata con uno spettro d'azione relativo al rischio di induzione dell'eritema. Lo spettro di azione per induzione di eritema è stato standardizzato dalla CIE (Commission International d’Eclairage) e viene correntemente impiegato anche come curva di ponderazione per altre patologie della pelle fotoindotte, quali i tumori cutanei. La

“Dose Minima per l’Eritema” (MED) viene impiegata per descrivere le potenzialità della radiazione UV nell’indurre la formazione dell’eritema e 1 MED viene definita come la dose di UV efficace in grado di provocare un arrossamento percettibile della pelle umana non precedentemente esposta al sole. Poiché le persone non sono ugualmente sensibili alla radiazione UV a causa delle differenti capacità di autodifesa della pelle (pigmentazione), 1 MED varia fra le popolazioni europee in un intervallo compreso fra 200 e 500 (J/m²). Esiste inoltre una “Dose Standard per l’Eritema” (SED) che quantifica la capacità di una fonte di produrre eritema e corrisponde alla MED normalizzata in funzione del fototipo sullo spettro d’azione standard dell’eritema della CIE: 1 SED = 100 J/m² di esposizione efficace a radiazione UV. Un UV Index di 1 corrisponde a poco meno di 1 SED e si stima che l’esposizione a 1 SED comporti circa 100.000 lesioni al DNA per singola cellula²⁶. Sebbene l’impianto normativo italiano attualmente vigente non stabilisca valori limite di esposizione per la radiazione UV solare, ma lo faccia solo per la radiazione UV di origine artificiale, dal momento che le pubblicazioni dell’ICNIRP non fanno distinzioni tra radiazione UV di origine naturale e artificiale, il Portale Agenti Fisici suggerisce che è possibile ritenere validi i valori limite dell’allegato XXXVII del d.lgs. 81/08 (Valori limite di esposizione per radiazioni ottiche non coerenti sulle 8 ore lavorative) pari a 30 Heff (J/m²) anche per la radiazione UV di origine solare. In termini di effetti cutanei acuti da esposizione solare, il limite di 30 J/m² equivale a circa 1,0 – 1,3 SED.²⁷

4. INDICI DESCRITTORI

Per la valutazione del rischio microclima negli ambienti severi caldi si può fare riferimento alla norma UNI EN ISO 7243:2017 “Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore, utilizzando l'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature - temperatura del globo del bulbo bagnato)”, che fornisce un metodo facilmente utilizzabile per una prima valutazione.

Per un'analisi più accurata e dettagliata occorre far riferimento alla norma UNI EN ISO 7933:2023 (Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile), che utilizza, ai fini della valutazione, il modello PHS (Predicted Heat Strain o sollecitazione termica prevedibile). Un ulteriore metodo di valutazione, più semplice, è costituito dall'indice di calore (Heat Index), che si basa sulla rilevazione di due parametri: temperatura dell'aria e umidità relativa.

4.1 INDICE WBGT

L'indice WBGT 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 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 (isolamento termico del vestiario $I_{cl} = 0.6 \text{ clo}$ e permeabilità all'aria e al vapore $i_m = 0.38$), 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} è la temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale;
- t_g è la temperatura del globotermometro;
- t_a è la temperatura dell'aria.

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) di tabella 1. L'indice Icl che descrive l'isolamento termico del

vestiario può essere calcolato direttamente dal programma DeltaLog10, con il quale si analizzano i dati registrati dalla centralina, inserendo singolarmente i capi indossati dal lavoratore durante la misurazione. In alternativa la norma offre alcuni esempi di 'isolamento termico fornite da alcune fra le più comuni combinazioni di vestiario.

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 1: valori CAV

c) Calcolo del valore di riferimento WBGT_{ref} (in funzione del metabolismo energetico) utilizzando la Tabella 2, laddove la valutazione dell'attività metabolica viene stimata utilizzando la Tabella 3. Anche in questo caso il programma di elaborazione dati DeltaLog10 consente di selezionare l'attività metabolica tra un'ampia gamma di attività. Inoltre, la norma riporta un prospetto (appendice C, tabella c1) nel quale vengono codificate varie tipologie di attività e il loro livello indicativo di attività metabolica in W/m². L'attività metabolica può anche essere stabilita a partire dalla frequenza cardiaca (UNI EN ISO 8996).

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 2: Valori di attività metabolica

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 3: Esempi di attività metabolica e relativi valori

Se si dispone di una valutazione più accurata del metabolismo energetico, WBGT_{ref} può essere calcolato utilizzando le seguenti relazioni, diagrammate in Figura 7 che descrivono la differenza di variazione del limite WBGT al variare del metabolismo divisa tra soggetti acclimatati e non:

- 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.

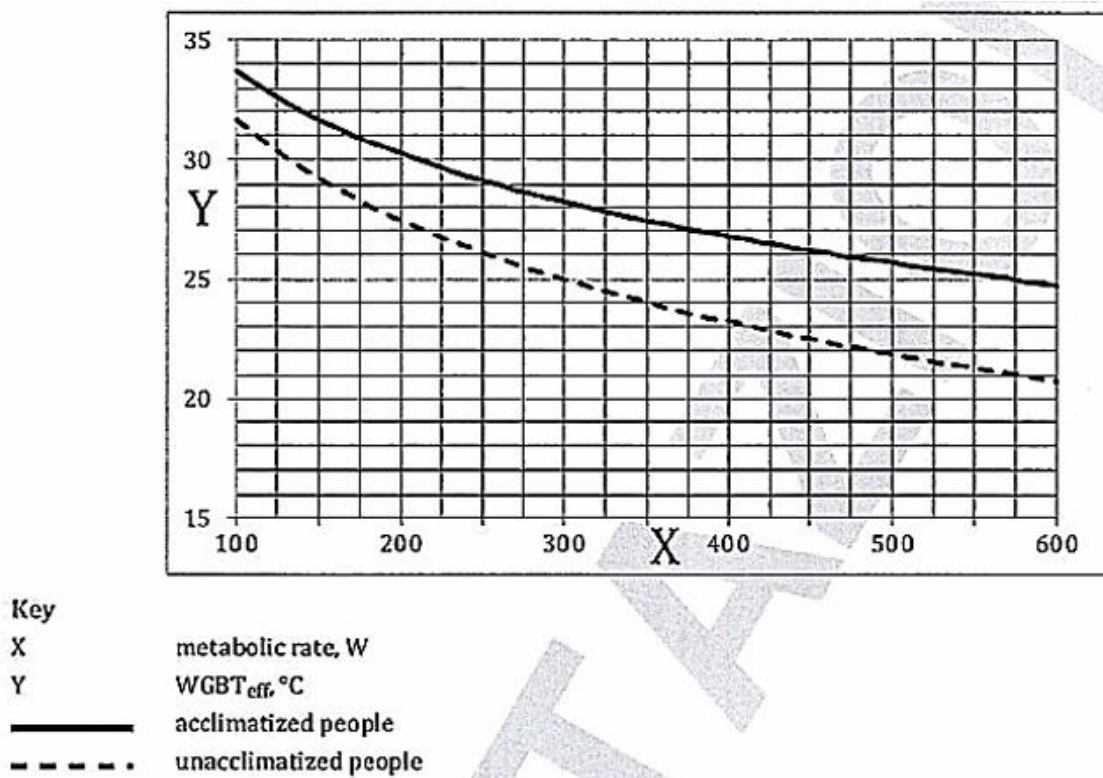


Figura 2: grafico INAIL “Valutazione del Microclima 2018” andamento del WBGT_{eff} in funzione del metabolismo per soggetto acclimatato (linea a tratto pieno) e non acclimatato (linea tratteggiata).

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.

4.2 INDICE PHS

Qualora mediante il calcolo dell'indice WBGT si riscontrino situazioni di rischio da stress termico, con superamento dei valori limite, è consigliabile effettuare una valutazione ulteriore utilizzando il modello di riferimento PHS. Il metodo PHS ("Predicted Heat Strain"), descritto nella norma UNI EN ISO 7933, si basa sulle equazioni del bilancio termico dell'organismo umano. Il metodo PHS si basa su un codice iterativo che analizzando istante per istante tutti gli scambi di energia fra soggetto ed ambiente, fornisce ad ogni passo l'incremento di energia dovuto allo squilibrio termico dell'organismo e da questo deduce il conseguente aumento di temperatura del core e la quantità di sudore che caratterizzerà il corpo umano in risposta alle condizioni di lavoro. La struttura del codice, con una dipendenza esplicita dal tempo, fa sì che il metodo PHS calcoli l'andamento nel tempo di tutte le quantità descrittive del soggetto e dello scambio termico di quest'ultimo con l'ambiente che lo circonda. I parametri ambientali ed individuali necessari per il calcolo dell'indice sono quelli contenuti nella seguente tabella (Figura 8).

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)

Figura 8

L'affidabilità del metodo PHS risulta verificata soltanto all'interno di determinati intervalli stabiliti sia per i parametri ambientali che per i parametri individuali, riportati nella sottostante tabella (Figura 9).

Quantità	Simbolo	Intervallo utile	Unità di misura
temperatura dell'aria	ta	+15+50	°C
differenza fra tr e ta	tr - ta	0 +60	°C
pressione parziale del vapore acqueo	pa	0 4.500	Pa
velocità relativa dell'aria	va	0 3	m/s
attività metabolica	M	0,8 4,5	met
isolamento termico del vestiario	Icl	0,1 1	clo

Figura 9

Sono inoltre richiesti i seguenti ulteriori parametri individuali:

- peso (kg)
- altezza (m)
- postura (in piedi/seduto/accovacciato)
- possibilità di idratazione (vero/falso)
- soggetto acclimatato (vero/falso).

Sono poi utilizzati dei parametri aggiuntivi da inserire nel software di calcolo di cui il Portale Agenti Fisici indica un valore per la procedura di calcolo standard, che sono i seguenti:

- potenza meccanica efficace (W) [0]
- permeabilità statica all'umidità (-) [0.38]
- frazione del corpo coperta da vestiario riflettente (-) [0.54]
- emissività del vestiario riflettente (-) [0.97]
- dati velocità camminata (-) [non disponibili]
- velocità camminata (m/s) [0]
- dati direzione del vento (-) [non disponibili]

- direzione del vento (gradi) [0]

Tra parentesi tonde sono indicate le unità di misura per una corretta valutazione da parte del calcolatore, tra parentesi quadre sono indicati i valori che devono essere inseriti.

Il metodo PHS utilizza due descrittori di strain termico:

- la temperatura del core (T_{core}), essa descrive lo stato termico della parte più interna del corpo umano ma non corrisponde alla temperatura di alcun organo in particolare. Essa viene comunemente approssimata mediante la temperatura rettale (T_{re}).
- la quantità di liquido perduto nel corso dell'esposizione (D).

I limiti massimi di accettabilità dei due descrittori di strain termico sono i seguenti:

- temperatura rettale (T_{re-max}): 38°C;
- quantità di liquido perduto nel corso dell'esposizione (D_{max}): 5% della massa del soggetto (3% se il soggetto non è libero di bere).

Dal confronto fra i limiti di accettabilità indicati al punto precedente e l'evoluzione nel tempo dei descrittori di strain termico T_{re} e D , possono essere ottenute due stime indipendenti del tempo massimo di esposizione all'ambiente in esame:

- $D_{lim-T_{re}}$ rappresenta il tempo dopo il quale la temperatura rettale T_{re} raggiunge il valore limite T_{re_max} ;
- $D_{limloss95}$ rappresenta il tempo dopo il quale la quantità di liquido perduto supera il valore limite D_{max} (protegge il 95% della popolazione lavorativa).

Se nessuno dei due limiti viene mai superato, l'esposizione è ammissibile. Se anche solo uno dei due limiti viene superato in almeno un istante, l'esposizione è inaccettabile. Di conseguenza devono essere messe in atto azioni o di tipo

organizzativo (riducendo o frammentando la durata dell'esposizione negli ambienti a più alta criticità) o di tipo tecnico (riducendo la temperatura dell'aria e/o la temperatura radiante nelle postazioni maggiormente critiche).

Il metodo PHS risulta largamente preferibile per una valutazione più approfondita a differenza del WBGT per i seguenti motivi:

a) richiede la misura delle stesse quantità già richieste per l'applicazione del metodo PMV per la quantificazione del comfort termico e quindi non impone strumentazione aggiuntiva; il metodo WBGT richiede al contrario l'uso aggiuntivo del termometro a bulbo bagnato a ventilazione naturale.

b) può essere applicato ad una ampia casistica di situazioni sperimentali, ed in termini di vestiario indossato, dimostrandosi assai più flessibile del metodo WBGT.

c) segue l'evoluzione nel tempo di alcuni parametri di interesse fisiologico ai fini dell'identificazione dello stress termico.

d) può essere applicato a situazioni ambientali variabili nel tempo, sempre che esse non siano caratterizzate da transienti troppo rapidi.

e) produce una quantificazione del rischio termico molto più accurata, che si basa su di un'analisi precisa dell'equilibrio energetico dell'organismo del soggetto esposto e della risposta di questo a situazioni di stress termico. Al contrario il metodo WBGT può unicamente identificare, nel caso di non superamento del limite, situazioni che sicuramente non implicano stress termico.²⁸

4.3 HEAT INDEX

Uno degli indicatori più comuni usati per valutare se e in che misura le condizioni dell'ambiente termico possono compromettere la salute degli individui della popolazione generale, in cui rientrano i lavoratori che operano in "ambienti

moderabili" o lavoratori che siano comunque "inconsapevoli" del rischio da calore, è l'utilizzo dell'indice di calore (Heat Index) basato sulla lettura dei valori di temperatura e di umidità relativa, adottato anche dall'Istituto Nazionale Francese per la Ricerca sulla Sicurezza [INRS]. I valori dell'Heat Index sono tipicamente rappresentati in una tabella a matrice (Figura 8), che vede l'intersezione dei valori assunti dalla temperatura dell'aria (espressa in °C) con quelli assunti dall'umidità relativa. Vengono quindi definite quattro fasce di rischio in base alla temperatura percepita dal soggetto e le possibili e probabili conseguenze correlate. Il razionale di questo descrittore si basa sull'assunto che in presenza di valori elevati di umidità la sensazione termica del soggetto esposto è maggiore e corrisponde a quella che percepirebbe in presenza di una temperatura dell'aria più elevata. L'elevata influenza dell'umidità sulla sensazione termica è una caratteristica degli ambienti non moderati che il PMV non coglie²⁹. Le categorie indicate in figura 10 vanno dalla categoria 1 (verde = possibile affaticamento, crampi di calore) fino alla categoria 5 (rosso = colpo di calore altamente probabile).

		Umidità relativa															
		20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	
T E M P E R A T U R E	41°C	41	43	45	48	51	54										
	39°C	38	39	41	43	46	49	52	55								
	37°C	35	36	38	39	41	43	46	49	51	55						
	35°C	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53				
	33°C	31	31	32	33	34	35	36	38	40	41	44	46	48	51	54	
	31°C	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	
	29°C	27	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	
	27°C	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	
Conseguenze																	
27-31°C		Possibile affaticamento, crampi di calore															
32-39°C		Forte affaticamento, difficoltà nella respirazione															
40-54°C		Possibile colpo di calore, insolazione															
oltre 54°C		Colpo di calore altamente probabile															

Figura 10: tabella Heat index

L'indice di calore può essere calcolato facilmente sul sito del Portale Agenti Fisici. Il calcolatore consente di valutare l'indice di calore a partire dai parametri di temperatura e umidità dell'aria, viene inoltre richiesto se il lavoratore operi in condizioni di pieno sole, in tale caso l'indice aumenta di 15 punti, in accordo con una stima cautelativa effettuata dal National Weather Service statunitense.

4.4 UV INDEX

La valutazione dell'esposizione alla radiazione ultravioletta solare può essere effettuata in maniera semplice a partire dall'UV index (indice UV). Si tratta di una grandezza scalare utilizzata come unità di misura dell'intensità della radiazione solare UV che giunge al suolo. La sua definizione è stata standardizzata e pubblicata dalla Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), dal World Meteorological Organization (WMO), dallo United Nations Environment Programme (UNEP) e dalla International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). L'indice UV è un indice internazionalmente utilizzato per

comunicare al pubblico il rischio connesso con l'esposizione alla radiazione ultravioletta (UV) solare. Esso dipende principalmente dall'altezza del sole sull'orizzonte e dalla nuvolosità e pertanto raggiunge i valori massimi nelle ore centrali del giorno con cielo sereno. La scala dell'indice UV viene espressa, per convenzione, da un minimo di 1 ad un massimo di 11+: più è alto il valore di UV index maggiore è l'intensità degli UV. Si fa presente che la notazione UV index "11+" si riferisce, ai fini della comunicazione del rischio, a tutti i valori UV index uguali o maggiori di 11. Data la sua immediatezza, l'UV index è raccomandato come mezzo per trasmettere rapidamente al pubblico la presenza di rischi per la salute derivanti dalla esposizione alla radiazione UV e per informare la popolazione sulle misure di protezione da adottare. Nella figura 11 sono schematizzate le raccomandazioni pertinenti a ogni classe di UVI promosse dalla OMS.

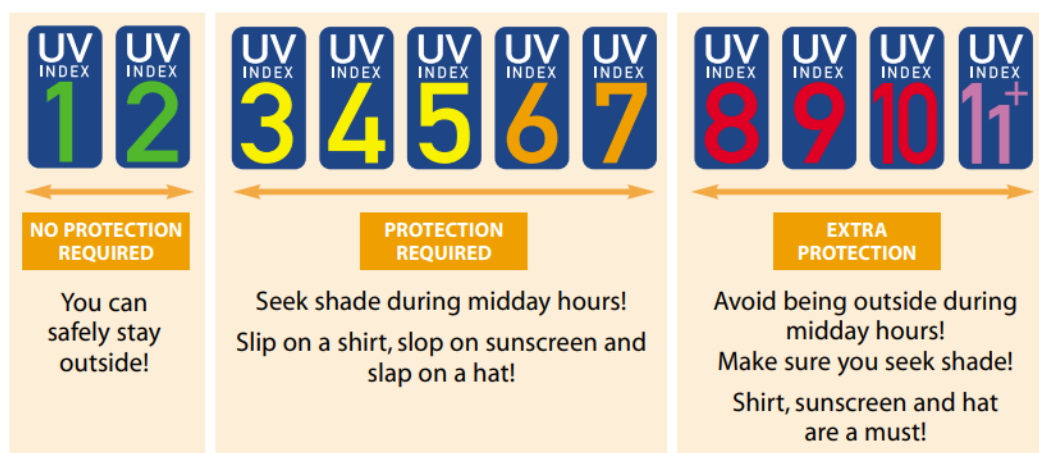


Figura 11: scala indice UV

Fino ad un indice di 2 non è presente un rischio, da 3 a 7 è consigliato stare all'ombra nelle ore centrali della giornata, proteggere la pelle con degli abiti adatti, indossare un cappello e utilizzare la crema solare protettiva. Da 8 in su bisognerebbe evitare di stare all'aperto durante le ore centrali, stare all'ombra mentre indumenti protettivi, cappello e crema solare sono indispensabili.

Sul Portale Agenti Fisici è disponibile un calcolatore dell'esposizione cutanea a radiazioni UV solari che usa i parametri di stagionalità, latitudine, copertura nuvolosa, durata dell'esposizione, riflettanza del suolo, vestiario e aree d'ombra. È inoltre disponibile l'App Sole Sicuro, sviluppata nell'ambito del Piano Regionale Prevenzione di Regione Toscana. La APP utilizza le previsioni UV index effettuate da Open Weather (<https://openweathermap.org>). All'utente viene richiesto di inserire il nome del Comune in cui viene effettuata l'attività all'aperto. La APP estrae la previsione dell'Indice UV massimo giornaliero per la località selezionata, in condizioni di cielo sereno. Ciò in quanto il valore di Indice UV previsto tenendo conto della nuvolosità può risultare sottostimato nel caso che la nuvolosità risulti minore di quella prevista, in particolare per ampie schiarite nelle ore centrali del giorno. In presenza di superfici molto riflettenti (es. marmo chiaro, sabbia molto bianca, superfici metalliche, superfici verniciate o piastrellate molto chiare etc.) si possono rilevare valori di Indice UV superiori a quelli previsti per cielo sereno. La APP richiede pertanto che venga individuata la tipologia di superficie ove si effettua l'attività outdoor e ricalcola l'indice UV massimo giornaliero in relazione all'eventuale incremento fornito dalla superficie riflettente. Viene inoltre richiesto il tipo di attività lavorativa svolta, al fine di fornire indicazioni di prevenzione specifiche congruenti con la tipologia di attività svolta. È inoltre disponibile sul sito di ARPA FVG la previsione dell'indice UV divisa per singolo comune.

5. IL COMPARTO VITIVINICOLO REGIONALE E IL COLLIO

Nel contesto del Friuli-Venezia Giulia, si è notato come nel corso del 2022 si sia verificato un aumento delle superfici e della produzione di uve, a cui è conseguito un aumento della produzione di vino. La vite da vino è una delle colture più rilevanti nel panorama agricolo regionale: dopo soia e mais, è la terza coltivazione per estensione e la prima per valore economico. Complessivamente le superfici

investite a vigneti nell'ultimo decennio sono aumentate di circa 49% e sono risultate pari a 27.323 ettari³⁰.

Il Collio Goriziano, territorio teatro di questa indagine, comprende la fascia collinare settentrionale della provincia di Gorizia, tra i fiumi Isonzo a est e Judrio a ovest, con a nord il confine di Stato. La zona è a nord a ridosso del confine con la Slovenia mentre a sud è delimitata dalla pianura isontina. Il Collio così delimitato comprende circa 1.500 ettari di vigneto posti su una sequenza di colline lungo la direttrice est ovest, che presentano ampie superfici esposte al sole, ideali per una viticoltura di qualità. I vigneti si trovano a un'altitudine che varia da 60 a 270 metri sul livello del mare.

Fondato nel 1964, il Consorzio Tutela Vini Collio tutela circa 1.300 ettari di vigneti Doc distribuiti nei comuni di Capriva del Friuli, Cormòns, Dolegna del Collio, Farra d'Isonzo, Gorizia, Mossa, San Floriano del Collio e San Lorenzo Isontino, riunendo circa 270 produttori. Questi variano notevolmente in termini di dimensioni e produzione. Le aziende più piccole, spesso a conduzione familiare, potrebbero avere pochi dipendenti o nessuno, mentre le aziende più grandi e strutturate impiegano un numero maggiore di lavoratori, spesso assunti stagionalmente.

6. INDAGINE SPERIMENTALE

6.1 SCOPO DELLA TESI

L'obiettivo è stato quello di valutare il rischio microclimatico dei lavoratori delle aziende vitivinicole del Collio, che rappresenta un settore economicamente importante della provincia di Gorizia e in costante espansione. L'ambiente di lavoro è all'aperto, termicamente vincolato e soggetto all'aumento costante delle temperature negli ultimi anni. Fra le tipologie di mansioni possibili in questo ambito sono state considerate ed indagate ai fini del presente progetto solo quelle di operaio agricolo addetto alla potatura, legatura, manutenzione delle vigne e

vendemmia. Sono stati esclusi i trattoristi, poiché gran parte dell'orario di lavoro è svolto all'interno della cabina di guida, nella quasi totalità dei casi climatizzata.

È stata effettuata la misurazione dei fattori ambientali attraverso l'utilizzo della centralina microclimatica, mentre i fattori di stress termico individuali sono stati indagati tramite monitoraggio della temperatura timpanica e della distribuzione corporea del riscaldamento, rispettivamente tramite termometro timpanico ad infrarossi e termocamera. Si è inoltre misurato attraverso l'utilizzo di dosimetri personali l'indice UV al quale sono stati esposti i lavoratori.

6.2 MATERIALI E METODI

In questa sezione, verranno descritte in modo dettagliato tutte le attrezzature, gli strumenti e i dispositivi che sono stati impiegati durante l'intero processo di ricerca sperimentale. Verranno illustrati non solo i nomi e le caratteristiche tecniche principali di ciascun elemento, ma anche le modalità di utilizzo e le eventuali configurazioni adottate per ottenere i dati necessari. Se pertinente, saranno forniti anche riferimenti alle fonti di provenienza, come cataloghi, pubblicazioni o studi precedenti, per offrire un quadro completo e trasparente delle risorse utilizzate. L'obiettivo di questa panoramica è di rendere chiara e comprensibile l'intera metodologia adottata, evidenziando le scelte tecniche e operative effettuate per garantire che i risultati siano affidabili, ripetibili e validi. In questo modo, si vuole anche assicurare trasparenza e l'approccio scientifico utilizzato.

6.2.1 LA CENTRALINA MICROCLIMATICA

Nel presente studio è stata utilizzata la centralina DeltaOhm Thermal Microclimate HD32.1 collegata al software DelgaLog10. Il Thermal Microclimate HD32.1 è stato progettato per l'analisi del microclima negli ambienti di lavoro; con lo strumento vengono rilevati i parametri necessari a stabilire se un dato

ambiente di lavoro è idoneo allo svolgimento di determinate attività. Lo strumento è in grado di gestire tre programmi operativi che possono essere di volta in volta caricati dall'utente, in funzione del programma di misura e delle grandezze che devono essere rilevate. L'apparecchiatura è dotata di otto ingressi per sonde con modulo SICRAM: le sonde dispongono di un circuito elettronico che dialoga con lo strumento, nella sua memoria permanente sono conservati i dati di taratura del sensore. Tutte le sonde SICRAM, ad eccezione della sonda ventolina, possono essere inserite in uno qualunque degli ingressi: vengono riconosciute automaticamente all'accensione dello strumento.



Figura 12: Centralina microclimatica Thermal Microclimate HD32.1 Delta Ohm

L' HD32.1, Thermal Microclimate, con il programma operativo A: Analisi Microclimatiche rileva le seguenti grandezze:

- **Temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale (tnv):** corrisponde al valore della temperatura a contatto con l'acqua allo stato liquido. In altre parole, è la temperatura che tiene conto dell'umidità in sospensione (umidità dell'aria).

- **Temperatura di globotermometro (tg):** rappresenta un parametro fondamentale che simula l'assorbimento di calore del corpo umano e insieme alla temperatura dell'aria e alla velocità dell'aria definisce la temperatura media radiante.
- **Temperatura ambiente (ta):** è una grandezza fisica che indica lo stato termico dell'aria, ovvero l'energia cinetica media delle sue particelle. Si misura in gradi Celsius o Fahrenheit;
- **Pressione atmosferica (pr):** è la forza per unità di area esercitata dall'atmosfera su una superficie;
- **Umidità relativa (RH):** esprime il rapporto fra la pressione parziale del vapore d'acqua presente nell'aria e la pressione massima del vapore d'acqua nell'aria alla stessa temperatura (detta anche tensione di vapore saturo).
- **Velocità dell'aria(va):** La velocità del vento può influenzare la percezione del calore da parte delle persone. Il vento può aiutare a dissipare il calore corporeo e fornire un sollievo temporaneo durante ondate di calore estreme. La velocità dell'aria è una grandezza vettoriale definita dalla sua intensità e dalla sua direzione.

Oltre alle misure dirette effettuate con le sonde collegate lo strumento è in grado di calcolare e visualizzare direttamente anche i seguenti indici:

- **Indice WBGT** (Per il calcolo dell'indice WBGT è necessario che siano collegate allo strumento: la sonda di temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale, la sonda globotermometro, la sonda di temperatura a bulbo secco nel caso in cui il rilievo venga effettuato in presenza di irraggiamento solare).
- **Indice Tu:** intensità locale di turbolenza in per cento, definita come il rapporto fra la deviazione standard della velocità locale dell'aria e la velocità media locale dell'aria;

- **Indice WCI:** permette una valutazione sintetica degli effetti degli ambienti freddi sull'uomo;

- **Temperatura media radiante (t_r):** La temperatura media radiante è definita come la temperatura di un ambiente fittizio termicamente uniforme che scambierebbe con l'uomo la stessa potenza termica radiante scambiata nell'ambiente reale.

Le sonde utilizzate per la misura dei parametri sopra elencati sono le seguenti:

1. HP3217R Sonda combinata temperatura e umidità relativa. Impiegata nelle misure degli indici di comfort ambientale (figura 13).



Figura 13: sonda HP3217R

2. AP3203 Sonda a filo caldo omnidirezionale per il reperimento dei dati relativi alla velocità dell'aria (figura 14).

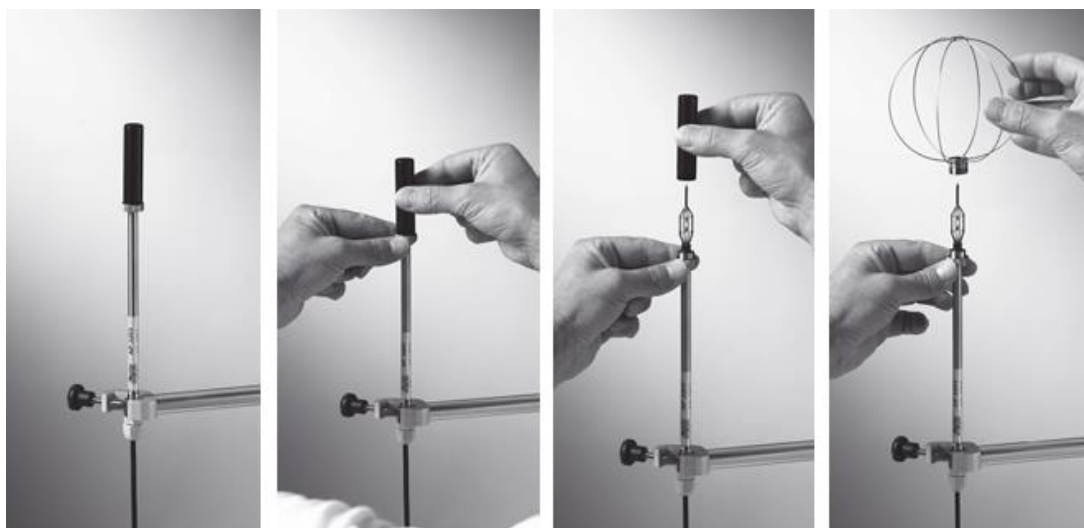


Figura 14: Sonda AP3203

3. HP3201 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 (figura 15). La temperatura di bulbo umido (T_{nw}) è la temperatura più bassa che un ambiente può raggiungere attraverso l'evaporazione dell'acqua. In pratica, la sonda simula il raffreddamento di un corpo umano esposto a condizioni ambientali, considerando sia la temperatura che l'umidità.



Figura 15: HP3201 Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale

1. TP3275 - Sonda globotermometro secondo norme ISO 7243 - ISO 7726.
 Il globotermometro 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”. (UNI 10375:2011).
 (Figura 16)

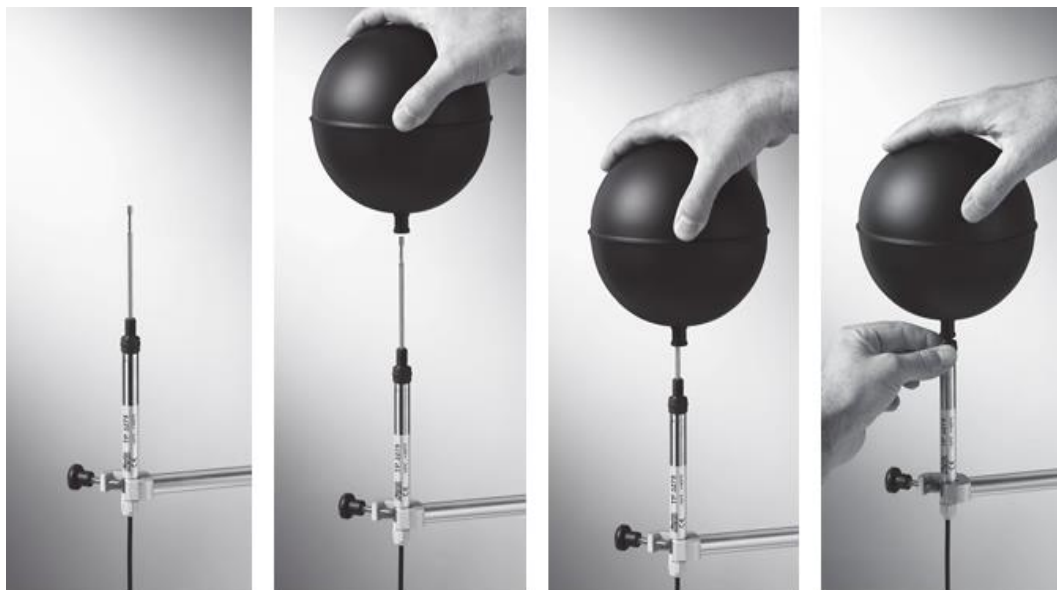


Figura 16: TP3275 - Sonda globotermometro

Al fine di rispondere a quanto richiesto dall'art. 181 e 182 del D.Lgs. 81/2008 ai fini della valutazione di qualsiasi rischio fisico, la cui finalità è la riduzione e la prevenzione dello stesso, le misure sono state eseguite in modo tale da essere rappresentative delle condizioni termiche maggiormente critiche ricorrenti nelle lavorazioni oggetto di valutazione. Le misurazioni si effettuano quando la temperatura esterna risulta superiore o uguale alle temperature medie massime del mese più caldo. In funzione della postura nella quale i lavoratori effettuano la propria attività, la centralina deve essere posizionata ad altezze differenti secondo quanto stabilito dalla norma UNI EN ISO 7726. Nel caso in cui le mansioni siano eseguite in posizione seduta e l'ambiente risulti omogeneo, la centralina si pone all'altezza di 0,6 metri dal suolo, mentre se l'attività viene effettuata in posizione in piedi l'altezza è fissata a 1.1 metri da terra. Un fattore fondamentale è rappresentato dal tempo di acclimatamento delle sonde al fine di garantire la raccolta di dati rappresentativi delle condizioni microclimatiche ambientali. Questo aspetto risulta particolarmente importante per quanto concerne il globotermometro, poiché il periodo per il proprio acclimatamento è superiore rispetto a quello di tutte le altre sonde vista l'elevata sensibilità dello strumento

ai cambiamenti delle condizioni microclimatiche. Per questa motivazione per il raggiungimento dell'equilibrio è necessario un periodo non inferiore ai 15-20 minuti. Solamente nel momento in cui tutte le sonde sono acclimatate possono essere effettuate le misure microclimatiche considerando sufficiente una misura della durata di almeno 3 minuti.

6.2.2 TERMOCAMERA

La termocamera FLIR E8 Pro rappresenta uno strumento di rilevamento termico di elevata precisione, utilizzato principalmente per l'analisi delle dispersioni di calore e delle anomalie termiche in diversi contesti applicativi. Il suo funzionamento si basa sulla rilevazione delle radiazioni infrarosse emesse dagli oggetti, convertendo queste onde in immagini termiche visibili e misurabili. L'apparecchio è dotato di un sensore VOx con risoluzione di 320 x 240 pixel (76.800 punti di misura), che consente di ottenere immagini dettagliate con una sensibilità termica di circa 0,05°C, permettendo di individuare differenze di temperatura minime. L'utilizzo della termocamera avviene tramite l'interfaccia utente intuitiva, che permette di acquisire immagini e video, effettuare misurazioni multiple e aggiungere annotazioni direttamente sul campo. La modalità di funzionamento prevede l'inquadratura dell'area di interesse, con la possibilità di regolare le impostazioni di emissione e di palette colori per ottimizzare la visualizzazione delle anomalie termiche. La FLIR E8 Pro è inoltre equipaggiata con un display LCD a colori da 3.5 pollici, che garantisce una buona visibilità anche in condizioni di luce intensa, e con funzioni di registrazione e archiviazione dei dati, facilitando l'analisi successiva tramite software dedicati. La tecnologia MSX consente di sovrapporre dettagli visivi alle immagini termiche, migliorando la chiarezza e facilitando l'identificazione delle zone di interesse. La robustezza e l'ergonomia del dispositivo ne consentono l'uso in ambienti

industriali e sul campo, rendendola uno strumento affidabile per le attività di diagnosi termica.

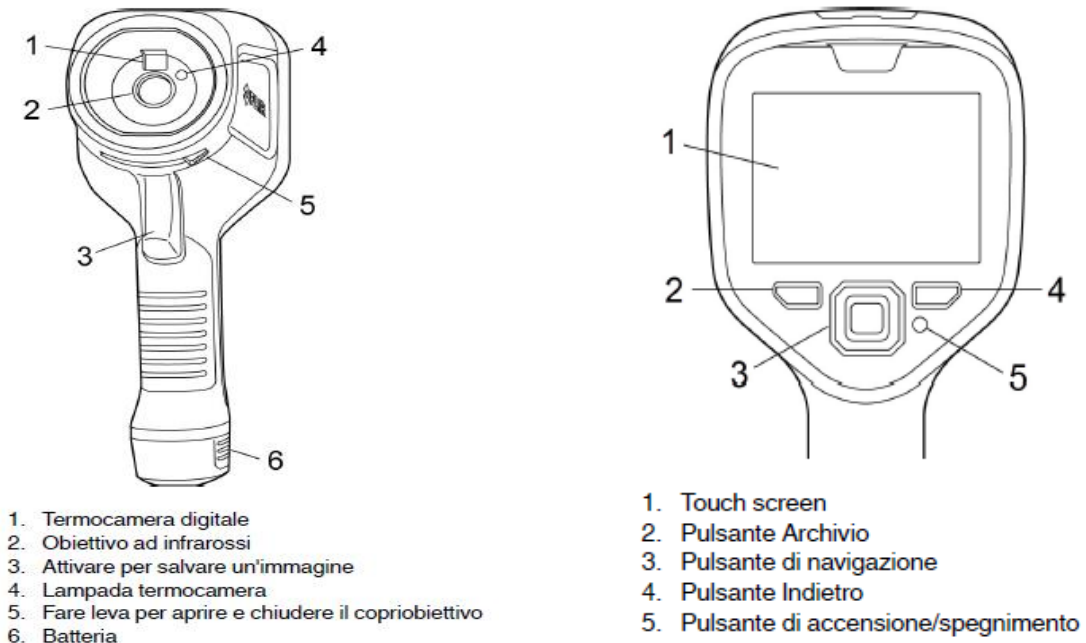


Figura17: Vista anteriore e posteriore della termocamera Flir E8 Pro e relativi comandi

Il metodo PHS (Predicted heat strain) definito dalla norma UNI EN ISO 7933:2005 stabilisce il limite massimo di accettabilità della temperatura rettale/interna a 38°. Diventa fondamentale quindi monitorare la temperatura dei lavoratori e capire se quella rilevata dalla termocamera può essere precisa per definire la temperatura corporea interna. Diversi studi hanno valutato la capacità della termocamera di prevedere le misurazioni della temperatura corporea interna. Ad esempio, confrontando la temperatura rilevata dalla termocamera a quella di una pillola termometrica ingerita, hanno mostrato un coefficiente di correlazione di Pearson di 0,611, che è considerato una correlazione moderata³¹. Un altro studio ha confrontato le temperature rilevate tramite termocamera con quelle rilevate da termometri a infrarossi senza contatto mostrando una maggiore accuratezza con l'uso della prima, associata ad una maggiore efficacia diagnostica. I risultati di tale studio indicano che ciò è dovuto, almeno in parte, al fatto che la termocamera misura la temperatura su una posizione facciale termicamente più stabile,

analizzata su un gran numero di pixel (ad esempio, come nel nostro caso, 320 × 240 pixel)³². Per quanto riguarda la zona del volto che si avvicina maggiormente alla temperatura interna, misurata tramite termometro ascellare, è stata trovata una buona correlazione con le temperature interne dei canti oculari (angolo interno, dove le palpebre superiore e inferiore si incontrano per formare l'apertura dell'occhio)^{33 34}. La norma tecnica ISO/TR 13154:2017 definisce linee guida operative per l'uso delle termocamere in ambito medico, con particolare attenzione alla sicurezza e all'affidabilità delle misurazioni. Tali indicazioni, adottate nel presente studio, prevedono:

1. Calibrazione accurata: Le termocamere devono essere calibrate regolarmente, preferibilmente prima di ogni uso, per garantire che le misurazioni siano precise.
2. Condizioni ambientali controllate: È importante mantenere temperature e umidità stabili nell'ambiente di misurazione, evitando correnti d'aria, fonti di calore o superfici riflettenti che possano influenzare le immagini.
3. Distanza e angolazione: La distanza tra la telecamera e l'oggetto, così come l'angolazione, devono essere standardizzate per confronti affidabili.
4. Il soggetto: il soggetto deve essere preparato, evitando di aver bevuto o mangiato poco prima, per ottenere risultati più affidabili.

6.2.3 DOSIMETRI UV GENESIS

I lavoratori all'aperto hanno un'esposizione alle radiazioni ultraviolette molto elevata, che di solito supera gli attuali limiti professionali stabiliti per l'esposizione ai raggi UV artificiali da organismi normativi internazionali quali l'ACGIH (Conferenza Americana degli Igienisti Industriali Governativi) e dall'ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti). Il limite di esposizione professionale è attualmente pari a 30 J/m² per una giornata lavorativa (otto ore) per un lavoratore esposto ai raggi UV artificiali (tutte le bande

UV considerate, opportunamente ponderate)³⁵. L'Unione Europea ha emanato direttive con valori limite di esposizione vincolanti per le sorgenti artificiali di radiazioni basate sulle raccomandazioni dell'ICNIRP, paragonabili a circa 1.0-1.3 SED di radiazione solare al giorno (Dose Eritemica Standard; 1 SED corrisponde a 100 J/m² di irradiazione eritemica ponderata). Un UV Index di 1 corrisponde a poco meno di 1 SED.

Nei dosimetri utilizzati il sensore volto alla cattura dell'intensità della radiazione solare è un dosimetro elettronico X2012-10 con registrazione dei dati (Gigahertz, Türkenfeld, Germania) e viene fatto indossare ai lavoratori nella parte superiore del braccio sinistro con un supporto appositamente sviluppato. La radiazione UVA e UVB/C viene misurata ad intervalli di 1 s e ponderata utilizzando lo spettro d'azione dell'eritema solare. Il dosimetro viene fatto indossare dai lavoratori per tutta la durata del turno durante tutta la settimana lavorativa.

6.2.4 QUESTIONARI

Nel presente sottocapitolo vengono descritti i due questionari che sono stati somministrati ai lavoratori.

- 1) Il primo questionario è a carattere generale, ha lo scopo di caratterizzare il lavoratore con i suoi dati anagrafici e biometrici, il tipo di attività lavorativa che svolge e le sue caratteristiche (abbigliamento, DPI), le eventuali comorbidità ed esposizioni extraprofessionali (malattie, farmaci, alcol, fumo), le abitudini legate al lavoro e al rischio microclimatico (pause, idratazione, utilizzo di creme protettive) e l'eventuale formazione o conoscenza riguardo al tema oggetto della tesi.
- 2) Il secondo questionario, diviso a sua volta in due rilevazioni, una pre ed una post turno, ha lo scopo di definire puntualmente l'attività lavorativa nella specifica giornata di lavoro in cui sono state parallelamente condotte le rilevazioni

microclimatiche. Tale questionario richiede al lavoratore di indicare la quantità di acqua, il numero e la durata delle pause effettuate, l'abbigliamento indossato e le sensazioni percepite durante la giornata.

Entrambi sono stati pseudo-anonimizzati al fine di tutelare la privacy della persona. Tali questionari sono riportati in allegato I e allegato II, rispettivamente.

7. CAMPAGNA DI MISURAZIONE

Per l'arruolamento delle Aziende ai fini degli obiettivi del progetto sono stati coinvolti i potenziali stakeholder ed utilizzati diversi canali di informazione. Nello specifico è stato effettuato in data 02/07/2025 un incontro preliminare con le associazioni di categoria (Coldiretti e Confagricoltura) e con l'Ente bilaterale Agricolo Territoriale della Venezia Giulia (EBAT VG) presso i locali e con la partecipazione dei tecnici dei servizi ispettivi del Dipartimento di Prevenzione di ASUGI, al fine di illustrare obiettivi, contenuti e articolazione del progetto. Successivamente è stato pubblicato un comunicato stampa sul portale dell'Università degli Studi di Trieste (<https://portale.units.it/it/notizie/vini-di-eccellenza-e-viticoltori-salute-la-nuova-frontiera-del-benessere-lavorativo-nel>), è stata data visibilità al progetto sui canali social del corso di laurea in Tecniche della Prevenzione ed è stata contattata la Camera di Commercio Friuli Venezia Giulia – sede di Gorizia, ai fini dell'individuazione di Aziende potenzialmente interessate alla partecipazione al progetto e che presentassero i requisiti richiesti (lavoratori dipendenti con attività outdoor non climatizzata). Come approccio finale sono state contattate direttamente alcune fra le maggiori realtà aziendali del settore tramite mail informativa e/o contatto telefonico. Complessivamente sono state raggiunte 36 aziende (2 con sede a Gorizia, 6 a San Floriano del Collio, 4 a Capriva del Friuli, 3 a Mariano del Friuli, 6 a Cormons, 4 a Dolegna del Collio, 3 a Corno di Rosazzo, 2 a Gradisca d'Isonzo, 1 a San Lorenzo Isontino, 1 a Prepotto, 1 a Spessa, 1 a Farra d'Isonzo, 1 a Villanova di Farra, 1 a San Giovanni al Natisone). Di queste

36 aziende 17 non hanno risposto, 12 non hanno dato disponibilità, 3 non possedevano i requisiti richiesti dallo studio e 4 hanno manifestato interesse alla partecipazione al progetto, per due di queste due di queste, a valle della disponibilità manifestata, non ci sono più state giornate meteorologicamente opportune per l'effettuazione delle rilevazioni.

Le rilevazioni sono state condotte nelle due realtà vitivinicole in due giornate separate: il 7 agosto 2025 presso l'Azienda 1 di Capriva del Friuli (GO) e il 19 agosto 2025 presso l'Azienda 2 di San Floriano del Collio (GO). In entrambe le giornate il meteo è stato soleggiato ma i parametri climatici sono risultati inferiori alla media rispetto al periodo di riferimento (report mensile ARPA FVG mese di agosto). Proprio per questo motivo, le misurazioni microclimatiche sono state effettuate anche durante un'ondata di calore (15 agosto), in modo da poter incrociare i dati microclimatici con quelli dei lavoratori raccolti sul campo e simulare un'esposizione più rappresentativa del rischio.

Sebbene in FVG fosse in vigore dal 02.07.2025 l'ordinanza contingibile e urgente per motivi di igiene e sanità pubblica "ATTIVITA' LAVORATIVA NEL SETTORE AGRICOLO E FLOROVIVAISTICO, NEI CANTIERI EDILI E STRADALI E NELLE CAVE IN CONDIZIONI DI ESPOSIZIONE PROLUNGATA AL SOLE", la stessa riguardava la sospensione delle attività lavorative dalle ore 12.30 alle ore 16.00 nel caso in cui sul portale Workclimate (<https://app.workclimate.it/ordinanza-caldo-lavoro>) fosse previsto un rischio "ALTO" alle ore 12.00 per i «lavoratori esposti al sole» ma unicamente per gli scenari con «attività fisica intensa», fattispecie in cui non rientrano le maggiori realtà ortofrutticole e vitivinicole (generalmente comprendenti mansioni con attività fisica "moderata").

Le rilevazioni sono state effettuate durante tutto il turno di lavoro che in estate prevede un orario dalle 6:00 alle 14:00. Il numero dei lavoratori sottoposti alla valutazione sono stati tre nella giornata del 7 agosto e sette nella giornata del 19

agosto. Ai lavoratori è stato somministrato il questionario generale ad inizio turno e il questionario specifico dopo un'ora dall'inizio del turno e alla fine del turno. Sono state misurate le temperature corporee tramite termometro timpanico e termocamera prima dell'inizio, a metà e a fine turno. Infine, tutti i lavoratori hanno indossato sul braccio sinistro un dosimetro UV per tutta la durata del turno.

8. RISULTATI

In questo capitolo si andranno a presentare i risultati ottenuti dalla campagna di misurazione precedentemente descritta e comprendenti le risposte aggregate dei questionari somministrati, i report della centralina microclimatica e le rilevazioni della temperatura corporea. I dati sono stati raccolti su foglio di calcolo Microsoft Excel, per l'elaborazione dei dati microclimatici è stato utilizzato il software Datalog10.

8.1 QUESTIONARI

Nella presente sezione vengono analizzate alcune delle risposte ai questionari somministrati al campione di lavoratori coinvolto nello studio.

Il Grafico 1 riporta la tipologia contrattuale dei 10 soggetti intervistati: 4 lavoratori a tempo indeterminato, 3 a tempo determinato e 3 lavoratori stagionali, impiegati esclusivamente nel periodo estivo. Tutti i partecipanti risultavano occupati nella mansione da oltre 14 giorni; tuttavia, mentre i lavoratori a tempo indeterminato e determinato avevano iniziato l'attività già in primavera, con la possibilità di acclimatarsi progressivamente alle elevate temperature estive, i 3 lavoratori stagionali erano stati assunti a stagione inoltrata, risultando quindi non adeguatamente acclimatati alle condizioni microclimatiche del periodo.

Tipo di rapporto lavorativo

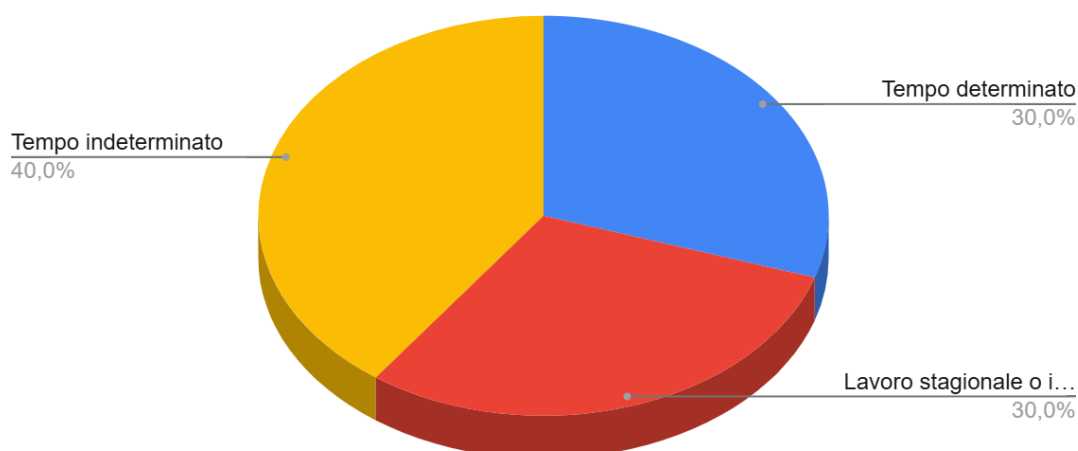


Grafico 1: tipo di rapporto lavorativo

Nelle tabelle sottostanti sono rappresentati i risultati delle domande inerenti l'idratazione dei lavoratori: il 70% dichiara di non aver assunto liquidi a casa prima dell'inizio del lavoro; il 60% dichiara di avere disponibilità di acqua fresca durante il turno mentre il 40% di acqua a temperatura ambiente; nel 70% dei casi l'acqua non è fornita dal datore di lavoro; il 60% non ha assunto liquidi prima di iniziare il turno mentre durante il turno il 60% ha dichiarato di aver assunto da 0.5L a 1.5L, il 20% da 2L a 3L, un 10% da 1.5L a 2L e un altro 10% appena 0.5L.

Disponibilità acqua	
Risposta	Percentuale%
acqua a temperatura ambiente	60
acqua fresca	40
L'acqua viene fornita dal datore di lavoro?	
Risposta	Percentuale%
no	70
sì	30

Hai assunto liquidi prima del turno di lavoro?	
Risposta	Percentuale%
no	60
sì	40
Quanti liquidi hai assunto durante il turno?	
Risposta	Percentuale%
Da 0,5L a 1,5L	60
Da 2L a 3L	20
Da 1,5L a 2L	10
fino a 0,5L	10
Con quale frequenza ti sei idratato	
Risposta	Percentuale%
ogni due ore	60
ogni ora	40

Per quanto riguarda l'utilizzo delle creme solari, ben il 50% dichiara di non utilizzarle, il 40% le utilizza con protezione alta (da 30 a 50 spf) e il 10% di utilizzarle solo a volte (grafico 2). Come per l'acqua anche le creme solari non vengono fornite dal datore di lavoro.

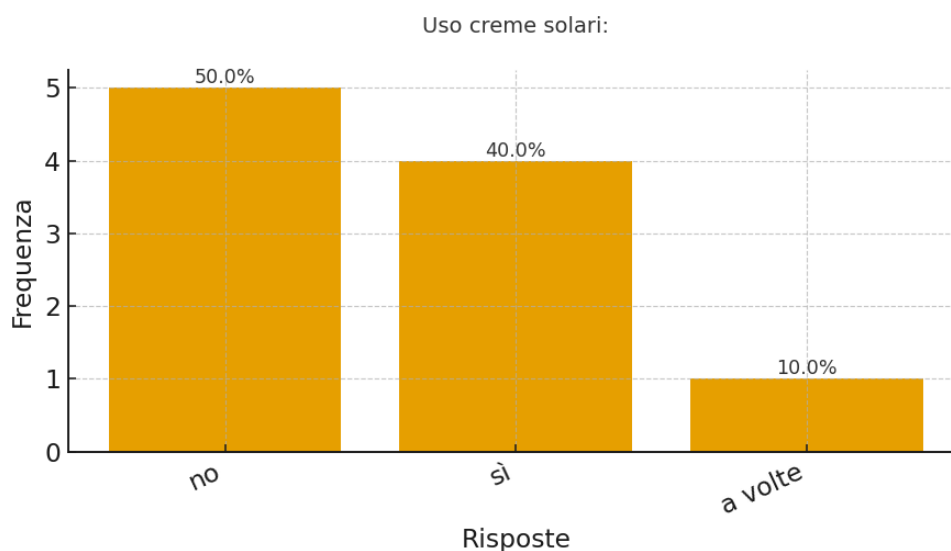


Grafico 3: utilizzo di creme solari protettive

Per quanto riguarda le pause lavorative, il 90% del campione ha dichiarato di effettuare da 1 a 2 interruzioni durante il turno, mentre il restante 10% ne effettua

da 3 a 4. Nel 50% dei casi le pause risultano programmate, mentre nell'altra metà sono svolte in modo non programmato. In merito alla durata, il 70% dei lavoratori ha riferito pause comprese tra 5 e 10 minuti, mentre il 30% ha indicato una durata compresa tra 10 e 15 minuti (Grafico 4). La quasi totalità dei soggetti (90%) ha dichiarato di usufruire delle pause in zone d'ombra, mentre il 10% le ha effettuate in pieno sole. Nessuno dei lavoratori intervistati ha riportato la disponibilità di spazi freschi o climatizzati per il recupero.

Quanto durano mediamente le pause? Esclusa la pausa pranzo
10 risposte

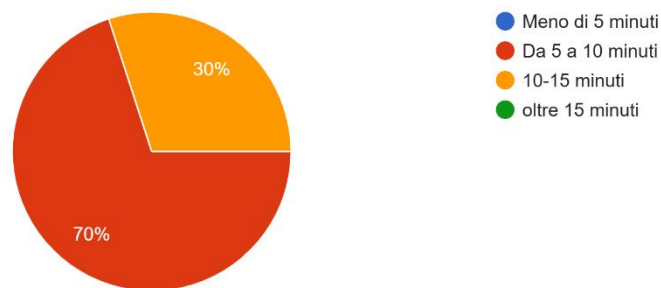


Grafico 4: durata media delle pause

Nel grafico 5 sono rappresentati i principali indumenti indossati dai lavoratori suddivisi in indumenti per la porzione superiore del corpo, porzione inferiore e copricapo.

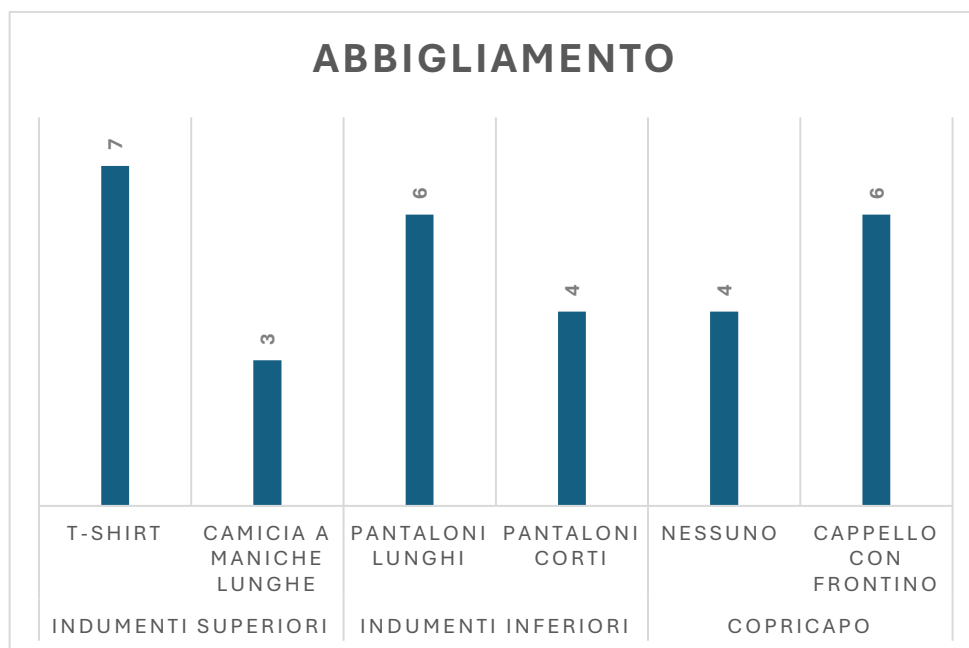


Grafico 5: abbigliamento indossato

Di seguito vengono riportate le domande e le rispettive risposte riguardo la formazione ricevuta e le conoscenze possedute dai lavoratori rispetto al colpo di calore.

Sai cos'è un colpo di calore?	
Risposta	Percentuale%
no	60
sì	40
Sai riconoscerne i sintomi?	
Risposta	Percentuale%
sì	40
non so	30
no	30
Conosci le azioni da intraprendere nel caso avvenga?	
Risposta	Percentuale%
no	60
sì, ma non mi sono state insegnate dall'azienda	30
sì, mi sono state insegnate dall'azienda	10

Nel grafico 6 vediamo il grado di intensità di alcune sensazioni percepite dai lavoratori, correlate all'esposizione al caldo e al lavoro, quali: stanchezza, sete, sudorazione, difficoltà a respirare, vertigini e stato confusionale. Nel grafico a radar sono rappresentate le intensità medie percepite da tutti i lavoratori, in blu quelle relative alla prima rilevazione (effettuata un'ora dopo l'inizio del turno), mentre in rosso quelle relative alla seconda rilevazione (effettuata a fine turno). Si nota l'aumento di sete, stanchezza e sudorazione mentre vertigini, stato confusionale e difficoltà a respirare non sono state percepite da nessun lavoratore durante l'intero turno di lavoro.

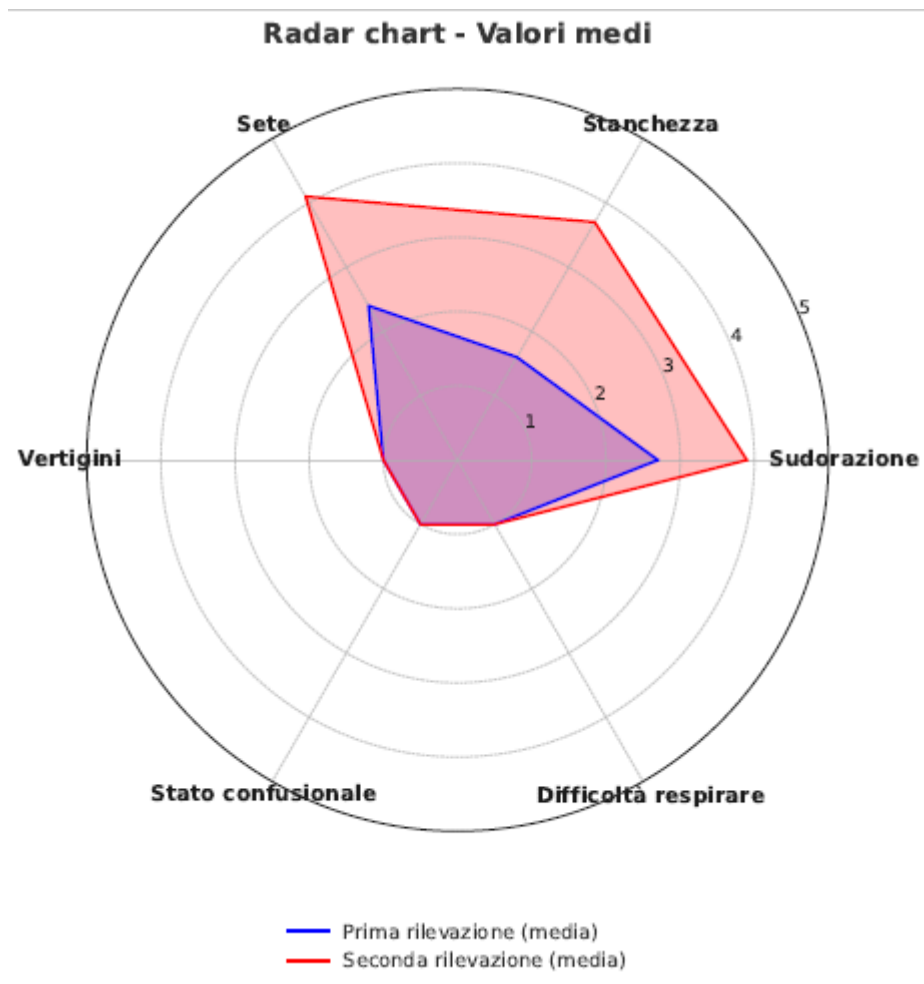


Grafico 6: variazione dell'intensità di alcune sensazioni a inizio e fine turno

8.2WBGT

In questo capitolo vengono illustrati i risultati del calcolo dell'indice WBGT, ottenuti tramite il software Deltalog10 sulla base dei dati raccolti con la centralina microclimatica utilizzata per le misurazioni. I risultati sono presentati in forma grafica e articolati in tre parti:

1. Un grafico relativo alla prima giornata di rilevazione del 7 agosto (grafico 7);
2. Un grafico riferito alla seconda giornata di rilevazione del 19 agosto (grafico 8);
3. Un terzo grafico che mostra una simulazione, elaborata a partire dalle misure microclimatiche registrate durante l'ondata di calore e integrata con i dati sul metabolismo energetico e sull'abbigliamento rilevati direttamente sul campo (grafico 9).

I grafici rappresentano sull'asse delle ascisse il tempo e sull'asse delle ordinate l'indice WBGT. La linea orizzontale blu rappresenta il limite WBGT per i lavoratori acclimatati mentre la linea orizzontale gialla il limite WBGT per i lavoratori non acclimatati. In rosso invece la variazione dell'indice WBGT misurato nel tempo.

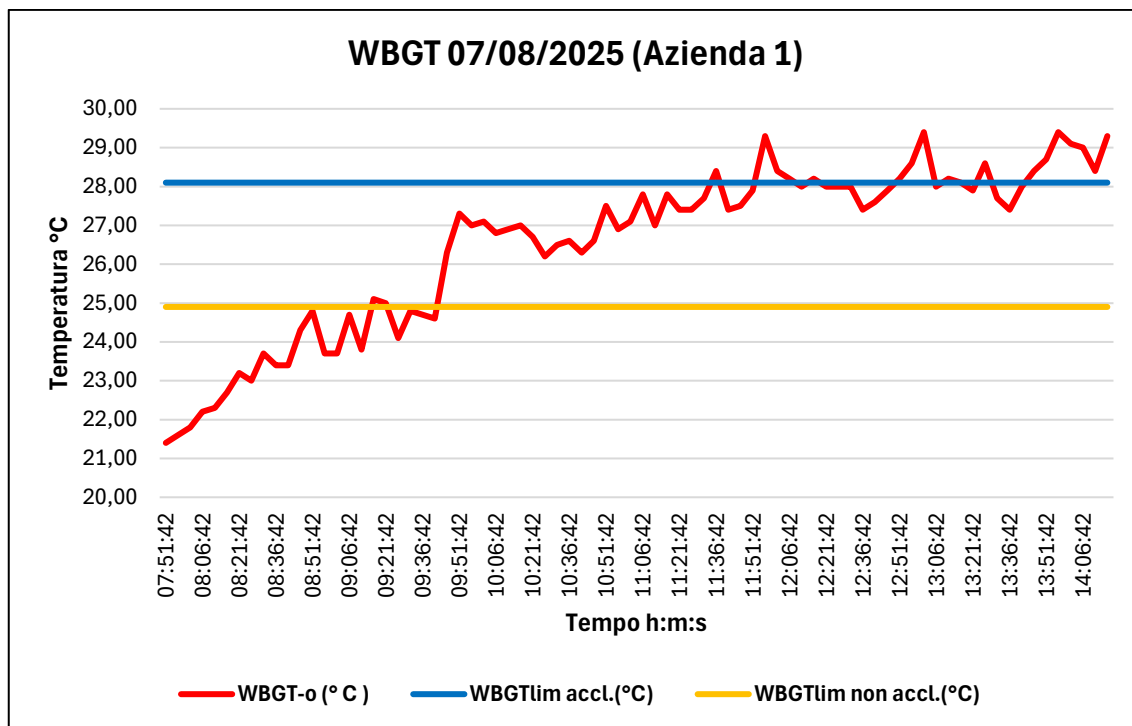


Grafico 7: indice WBGT 07/08/2025

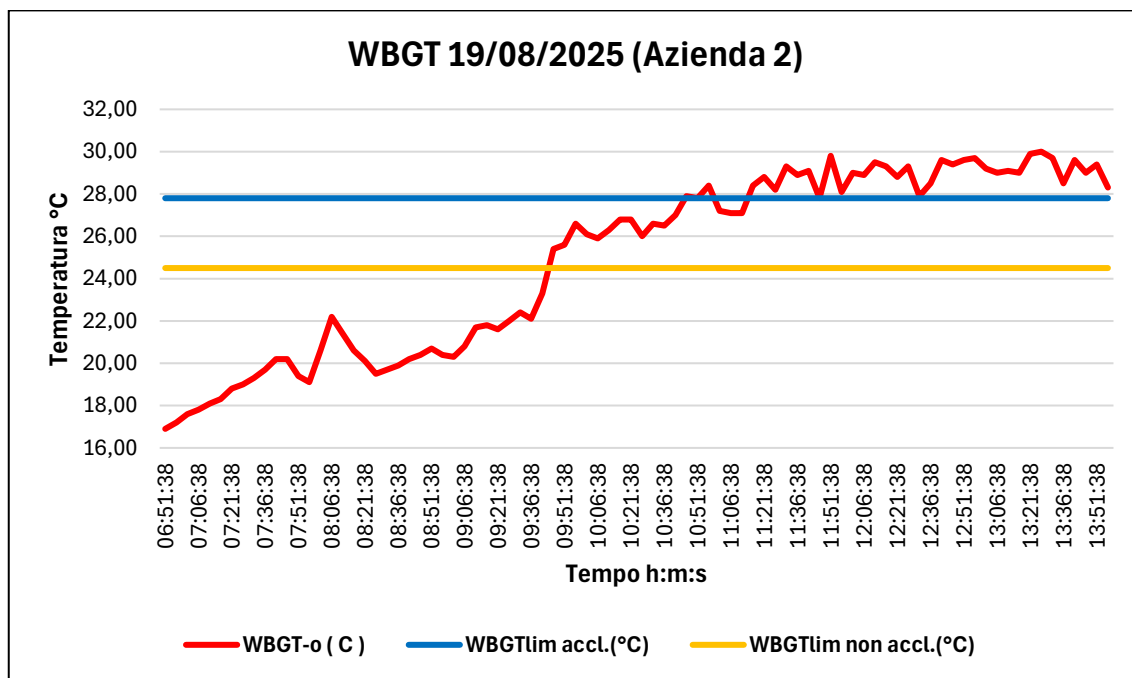


Grafico 8: indice WBGT 19/08/2025

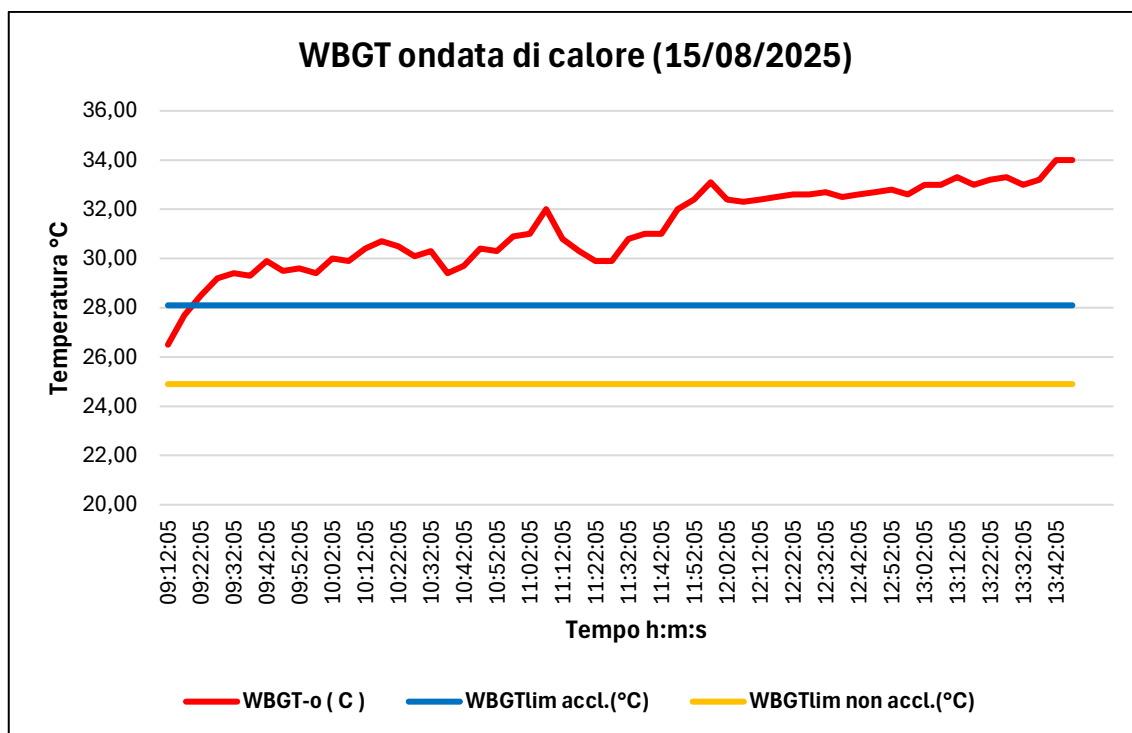


Grafico 9: indice WBGT 15/08/2025

8.3PHS

In questo capitolo vengono rappresentati graficamente i risultati del calcolo dell'indice PHS, descrittore che permette di stimare l'andamento della temperatura rettale del lavoratore esposto a stress termico e la quantità di liquido perso tramite la sudorazione. Il calcolo è stato effettuato tramite il foglio di calcolo Excel per esposizioni multifase, disponibile sul sito INAIL. Analogo calcolatore è disponibile sul sito del Portale Agenti fisici, ma, a differenza di quello utilizzato, non tiene conto della variazione dei parametri microclimatici durante il turno di lavoro e può essere utilizzato esclusivamente inserendo i valori medi registrati. Il limite protettivo per il 95% della popolazione in relazione alla quantità di liquido perso tramite sudorazione è posto ad un valore inferiore o pari al 5% della massa totale del lavoratore. Nel calcolo sono stati utilizzati i valori medi di peso e altezza dei lavoratori presenti nelle due giornate e nella simulazione sono stati utilizzati i valori medi di tutti i lavoratori delle due giornate. Anche in questo caso i grafici si

riferiscono alle due giornate di misurazioni sul campo e alla simulazione durante l'ondata di calore. I grafici riportati di seguito rappresentano per ogni giornata di indagine l'andamento della temperatura rettale stimata nel tempo (tempo sull'asse delle ascisse e temperatura su quello delle ordinate) e la quantità cumulativa di liquido perso in grammi tramite sudorazione nel tempo (tempo sull'asse delle ascisse e liquido totale perso su quello delle ordinate).

Per la giornata del 7 agosto, presso l'Azienda 1, gli indici PHS sono stati calcolati esclusivamente per i lavoratori non acclimatati che, in base alle misurazioni, avrebbero superato il corrispondente limite WBGT. Sebbene tale tipologia di lavoratori non fosse presente durante le rilevazioni, si è ritenuto opportuno effettuare una simulazione di esposizione ipotetica per lavoratori più suscettibili al rischio. Per la giornata del 19 agosto, presso l'Azienda 2, gli indici PHS sono stati invece calcolati sia per i lavoratori acclimatati sia per quelli non acclimatati. Lo stesso approccio è stato applicato alla simulazione relativa a un'ondata di calore, alla quale sono stati aggiunti due proiezioni di scenari, volti a valutare gli indici di esposizione tenendo conto dell'introduzione di misure di mitigazione del rischio (pause programmate). Nelle tabelle sottostanti ai grafici sono riportati i valori limite di riferimento, i valori calcolati della temperatura rettale massima raggiunta, la perdita di liquidi complessiva e il tempo necessario al raggiungimento di tali condizioni.

- Azienda 1, 7/08/2025:

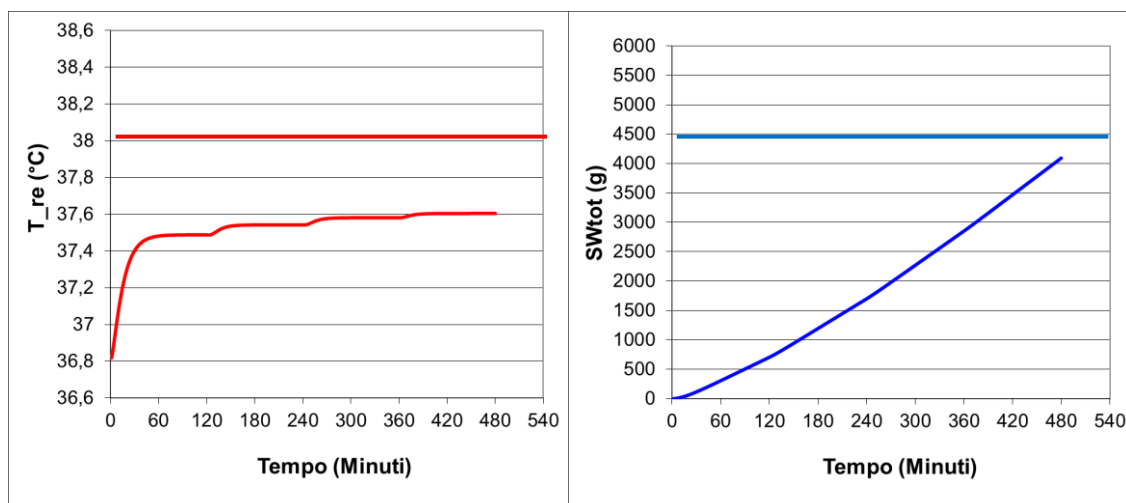


Grafico 12: indici PHS per lavoratori non acclimatati (Azienda 1, 07/08/2025)

Valori fisiologici			
INDICATORI	INAIL	PAF	LIMITI
T _{re_finale}	37,61 °C	37,6 °C	38°C
T _{re_max}	37,61 °C	37,6 °C	38°C
SW_tot	4087 g	4779 g	4450 g
Durate limite dell'esposizione			
INDICATORI	INAIL	PAF	
Dlim_tre	480 minuti	480 minuti	
Dlim_loss95	480 minuti	448 minuti	

- Azienda 2, 19/08/2025:

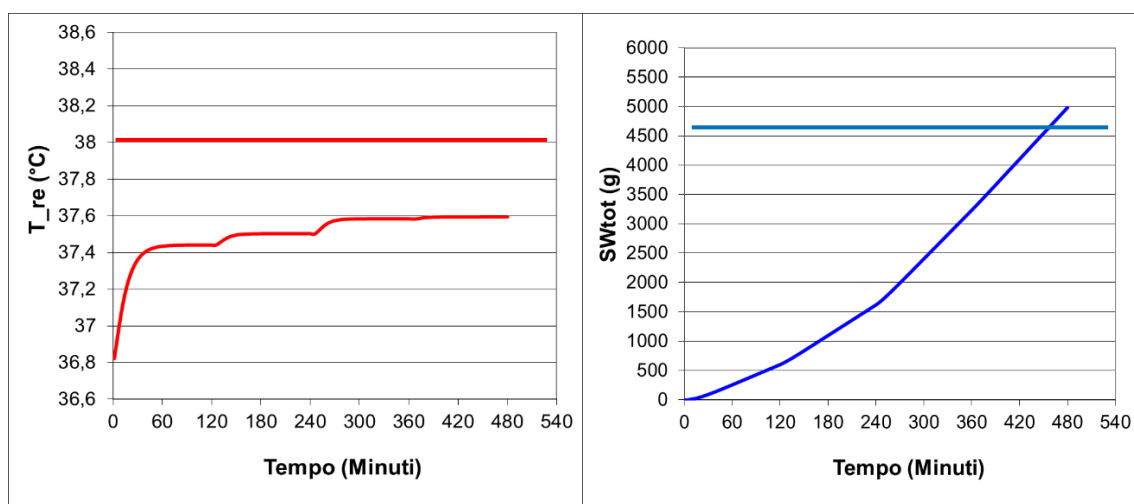


Grafico 13: indici PHS per lavoratori acclimatati (Azienda 2, 19/08/2025)

Valori fisiologici			
INDICATORI	INAIL	PAF	LIMITI
Tre_finale	37,59 °C	37,5°C	38°C
Tre_max	37,59°C	37,5°C	38°C
SW_tot	4978 g	5523 g	4650 g
Durate limite dell'esposizione			
INDICATORI	INAIL	PAF	
Dlim_tre	480 minuti	480 minuti	
Dlim_loss95	458 minuti	407 minuti	

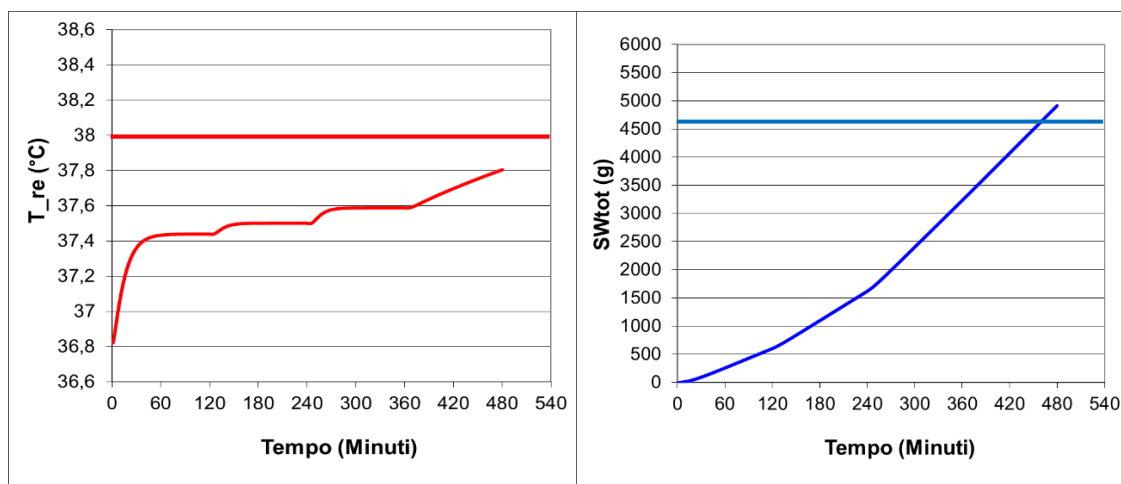


Grafico 14: Indici PHS per lavoratori non acclimatati (Azienda 2, 19/08/2025)

Valori fisiologici			
INDICATORI	INAIL	PAF	LIMITI
Tre_finale	37,81°C	37,5°C	38°C
Tre_max	37,81°C	37,5°C	38°C
SW_tot	4908 g	5523 g	4650 g
Durate limite dell'esposizione			
INDICATORI	INAIL	PAF	
Dlim_tre	480 minuti	480 minuti	
Dlim_loss95	462 minuti	407 minuti	

- Ondata di calore, 15/08/2025:

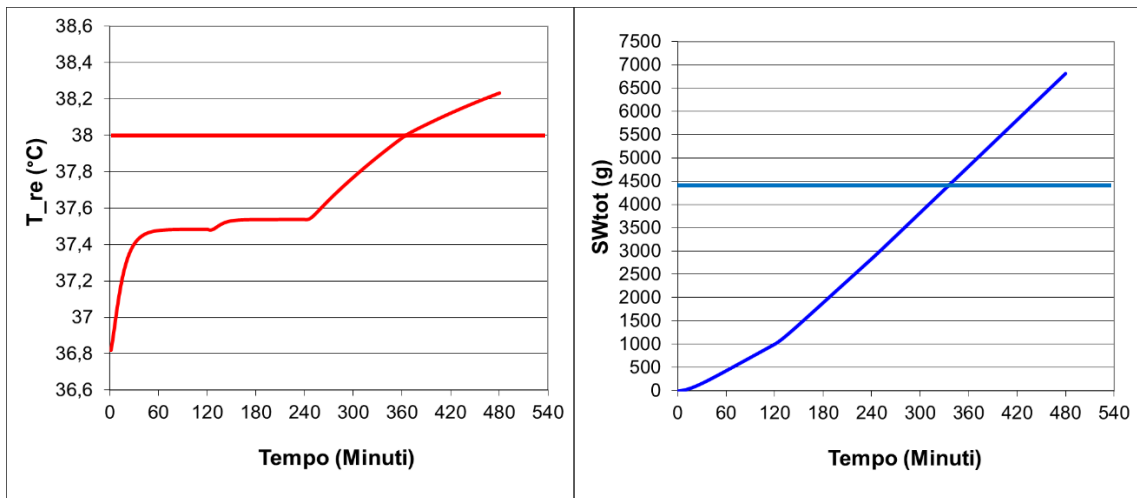


Grafico 15: indici PHS per lavoratori acclimatati (ondata di calore, 15/08/2025)

Valori fisiologici			
INDICATORI	INAIL	PAF	LIMITI
Tre_finale	38,23°C	37,8°C	38°C
Tre_max	38,23°C	37,8°C	38°C
SW_tot	6811 g	7738 g	4500 g
Durate limite dell'esposizione			
INDICATORI	INAIL	PAF	
Dlim_tre	365 minuti	480 minuti	
Dlim_loss95	341 minuti	285 minuti	

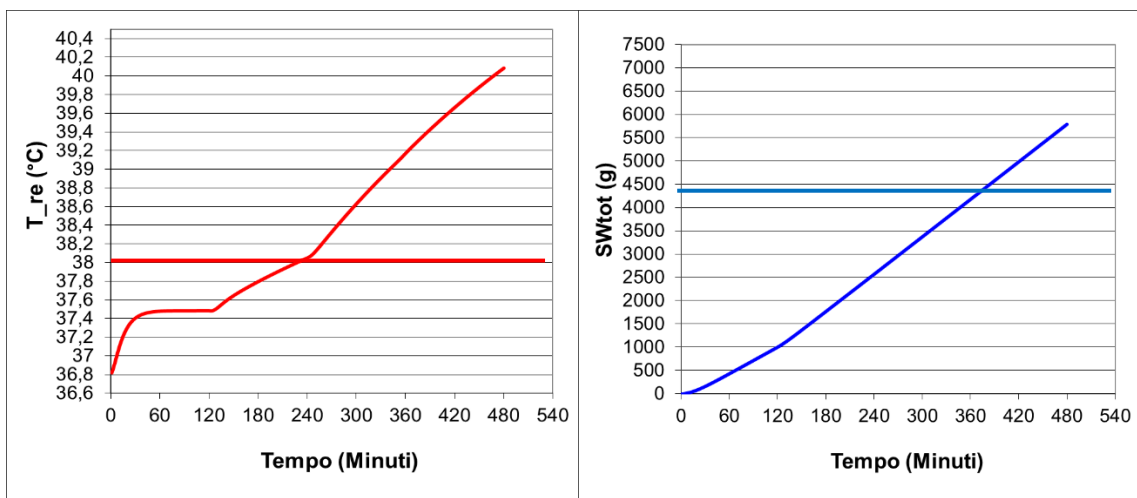


Grafico 16: indici PHS per lavoratori non acclimatati (ondata di calore, 15/08/2025)

Valori fisiologici			
INDICATORI	INAIL	PAF	LIMITI
Tre_finale	40,08°C	38,6°C	38°C
Tre_max	40,08°C	38,6°C	38°C
SW_tot	5780 g	6052 g	4500 g
Durate limite dell'esposizione			
INDICATORI	INAIL	PAF	
Dlim_tre	228 minuti	161 minuti	
Dlim_loss95	385 minuti	356 minuti	

I seguenti grafici calcolano gli indici PHS prevedendo delle pause durante l'esposizione. Nella prima simulazione (grafico 17), considerando i lavoratori acclimatati, sono state inserite due pause da 10 minuti ciascuna, effettuate all'ombra e all'aria aperta, come dichiarato dal 90% dei lavoratori. Nella seconda simulazione (grafico 18) sono state inserite due pause da 20 minuti ciascuna, effettuate in un luogo climatizzato, sempre considerando i lavoratori acclimatati. Nella terza e quarta simulazione (grafico 19 e grafico 20) sono state inserite quattro pause totali, tre da 10 minuti e una da 20 minuti, effettuate all'ombra e all'aria aperta, considerando nella prima i lavoratori acclimatati e nella seconda quelli non acclimatati.

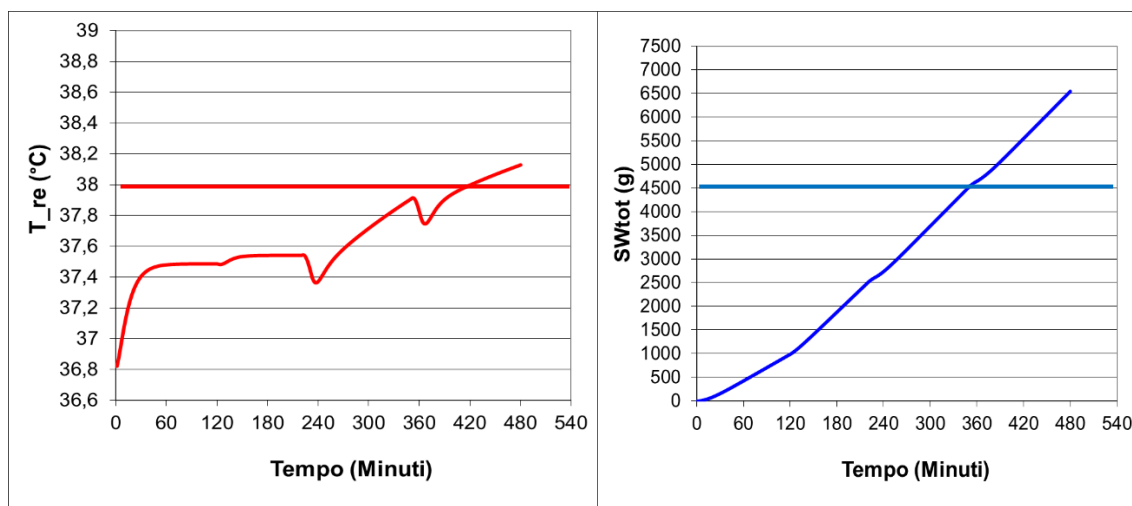


Grafico 17: indici PHS per lavoratori acclimatati con due pause da 10 minuti (ondata di calore, 15/08/2025)

Valori fisiologici			
INDICATORI	INAIL	PAF	LIMITI
Tre_finale	38,14°C	-	38°C
Tre_max	38,14°C	-	38°C
SW_tot	6547 g	-	4500 g
Durate limite dell'esposizione			
INDICATORI	INAIL	PAF	
Dlim_tre	422 minuti	-	
Dlim_loss95	349 minuti	-	

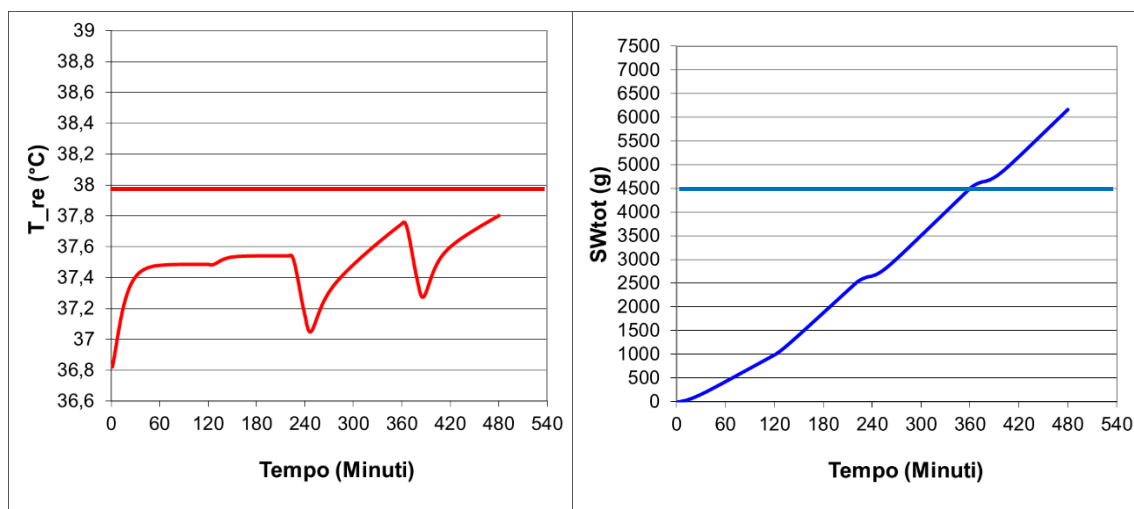


Grafico 18: indici PHS per lavoratori acclimatati con due pause da 20 minuti in luogo climatizzato (ondata di calore, 15/08/2025)

Valori fisiologici			
INDICATORI	INAIL	PAF	LIMITI
Tre_finale	37,8°C	-	38°C
Tre_max	37,8°C	-	38°C
SW_tot	6168 g	-	4500 g
Durate limite dell'esposizione			
INDICATORI	INAIL	PAF	
Dlim_tre	480 minuti	-	
Dlim_loss95	360 minuti	-	

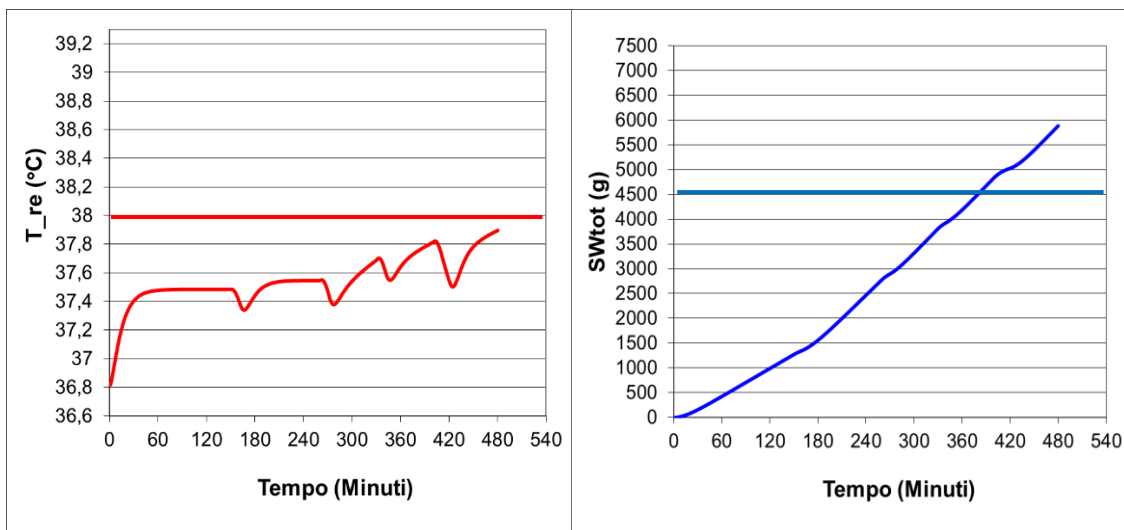


Grafico 19: indici PHS per lavoratori acclimatati con tre pause da 10 minuti e una pausa da 20 minuti effettuate all'ombra e all'aria aperta (ondata di calore, 15/08/2025)

Valori fisiologici		
INDICATORI	INAIL	LIMITI
Tre_Max	37,9°C	38°C
SW_tot	5877 g	4500 g
Durate limite dell'esposizione		
INDICATORI	INAIL	
Dlim_tre	480 minuti	
Dlim_loss95	380 minuti	

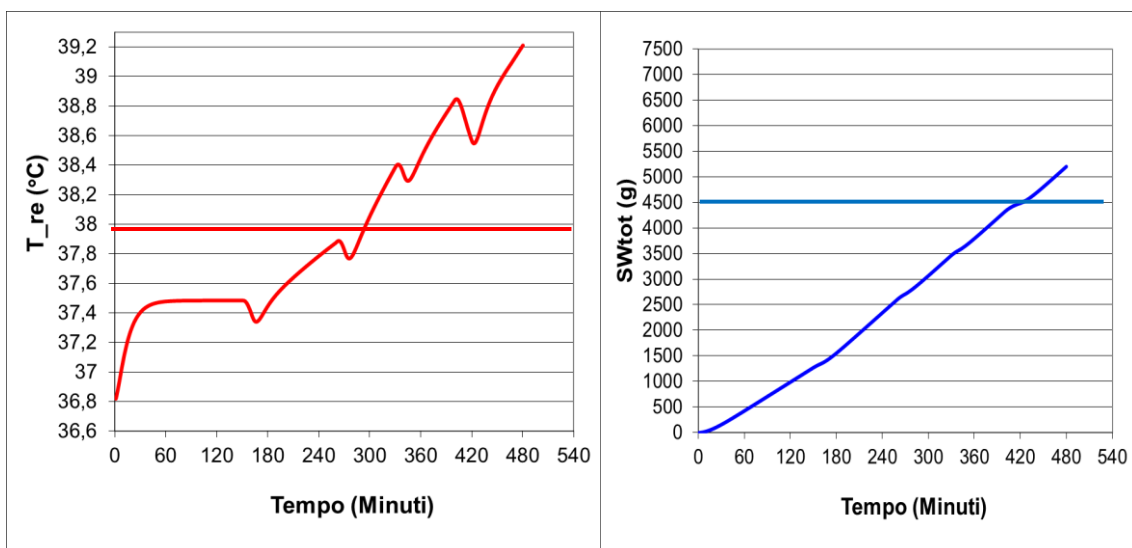


Grafico 20: indici PHS per lavoratori non acclimatati con tre pause da 10 minuti e una pausa da 20 minuti effettuate all'ombra e all'aria aperta (ondata di calore, 15/08/2025)

Valori fisiologici		
INDICATORI	INAIL	LIMITI
Tre_Max	39,2°C	38°C
SW_tot	5202 g	4500 g
Durate limite dell'esposizione		
INDICATORI	INAIL	
Dlim_tre	296 minuti	
Dlim_loss95	423 minuti	

8.4 TERMOCAMERA E TERMOMETRO TIMPANICO

In questo paragrafo verranno presentati i risultati dell'analisi comparativa tra le temperature rilevate con la termocamera e quelle con il termometro timpanico. Nel grafico 19 sono rappresentate le temperature medie rilevate da entrambi gli strumenti durante il turno lavorativo. In entrambi i casi vi è un aumento consensuale con l'aumento delle variabili microclimatiche. Complessivamente le temperature rilevate dalla termocamera sono risultate mediamente più alte rispetto a quelle rilevate tramite termometro timpanico in tutte e tre le rilevazioni effettuate.

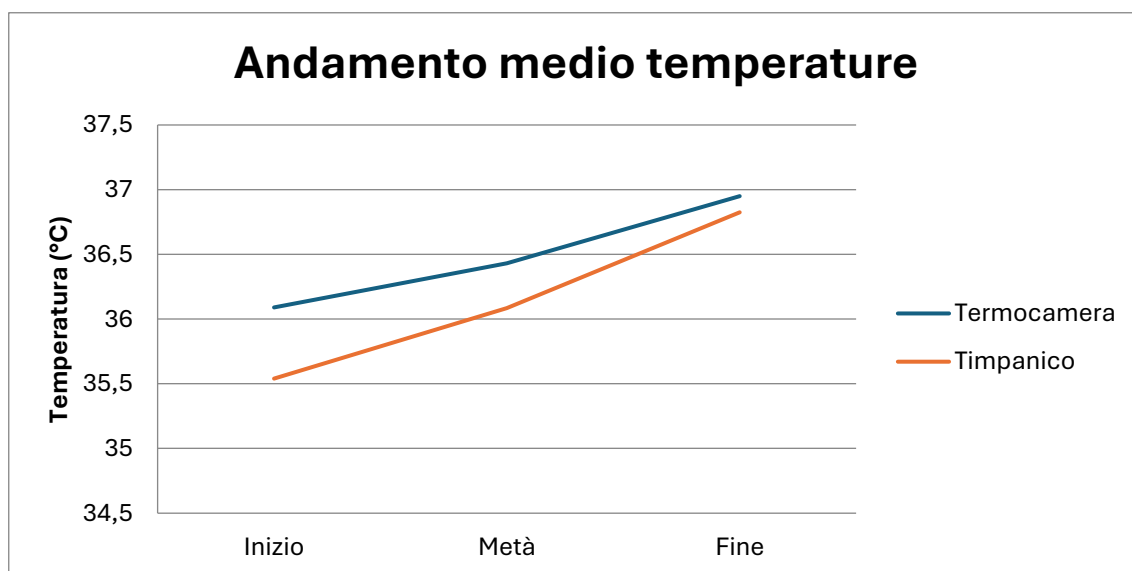


Grafico 19: andamento delle temperature medie rilevate dagli strumenti

Il grafico 20 rappresenta la correlazione tra le misure dei due strumenti attraverso un grafico a dispersione, l'indice di correlazione di Pearson calcolato è pari a 0.5,

valore che indica una correlazione moderatamente positiva e con $p=0.05$ statisticamente significativa. La distribuzione dei valori rilevati, rispetto alla retta di regressione lineare indica che la relazione è presente ma con una variabilità elevata.

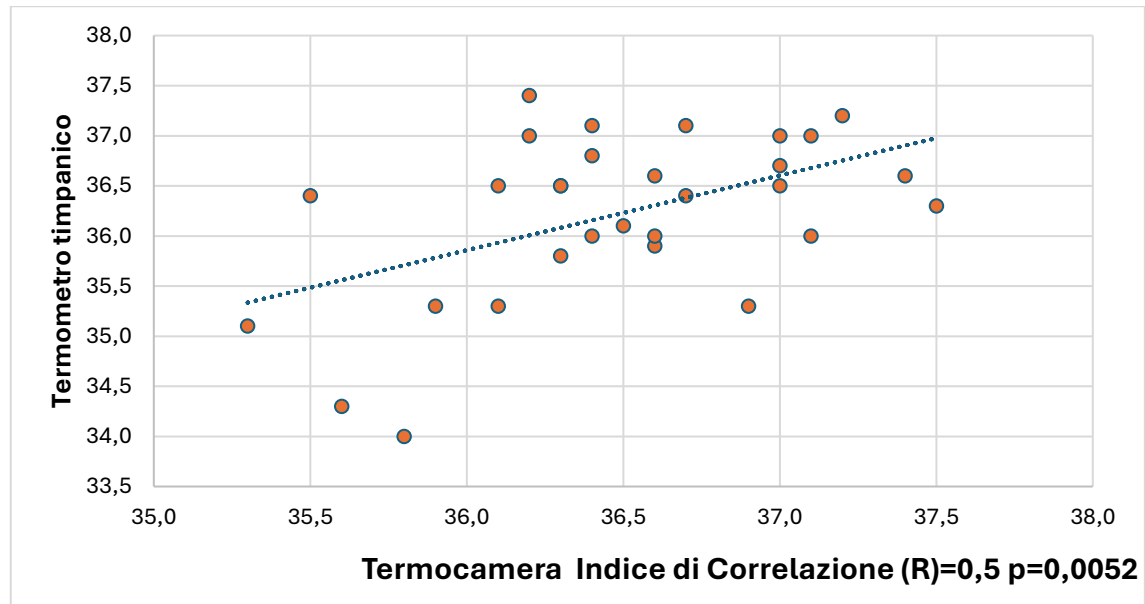


Grafico 20: grafico a dispersione delle rilevazioni dei due strumenti

Il grafico di Bland-Altman (grafico 21) consente di valutare la concordanza tra i due strumenti di misura, ovvero di verificare se possano essere considerati intercambiabili. In tale rappresentazione, ciascun punto corrisponde a una coppia di misurazioni ottenute con i due metodi: sull'asse delle ascisse è riportata la media dei due valori, mentre sull'asse delle ordinate è rappresentata la loro differenza. Il bias di 0,3 indica che la termocamera misura in media 0,3°C in più del termometro timpanico. I limiti di concordanza ($\text{Bias} \pm 1,96 \times \text{deviazione standard delle differenze}$) indicano l'intervallo all'interno del quale ci si aspetta che cada circa il 95% delle differenze tra le due metodiche di misura. In questo caso i limiti di concordanza sono molto ampi e indicano che i due metodi di misura non sono equivalenti perché le singole misure possono discordare anche di molto.

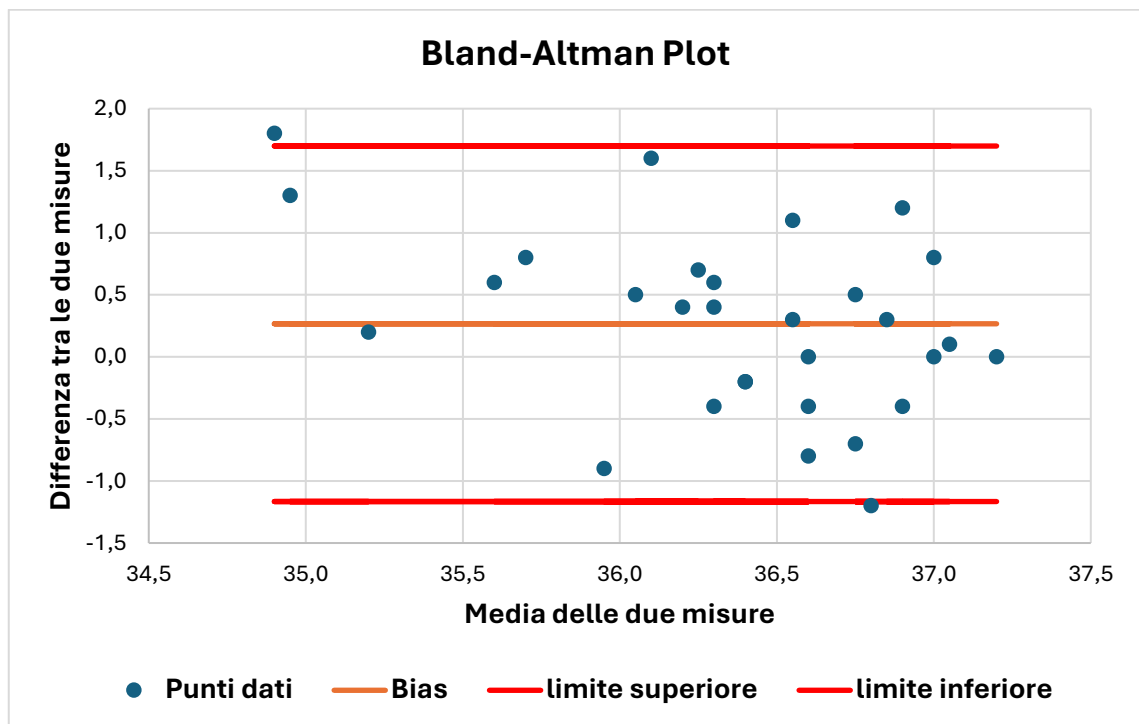


Grafico 21: Bland-Altman

Di seguito sono riportate alcune delle immagini più esplicative della differenza di temperatura rilevata a inizio e fine turno, effettuate con la termocamera.

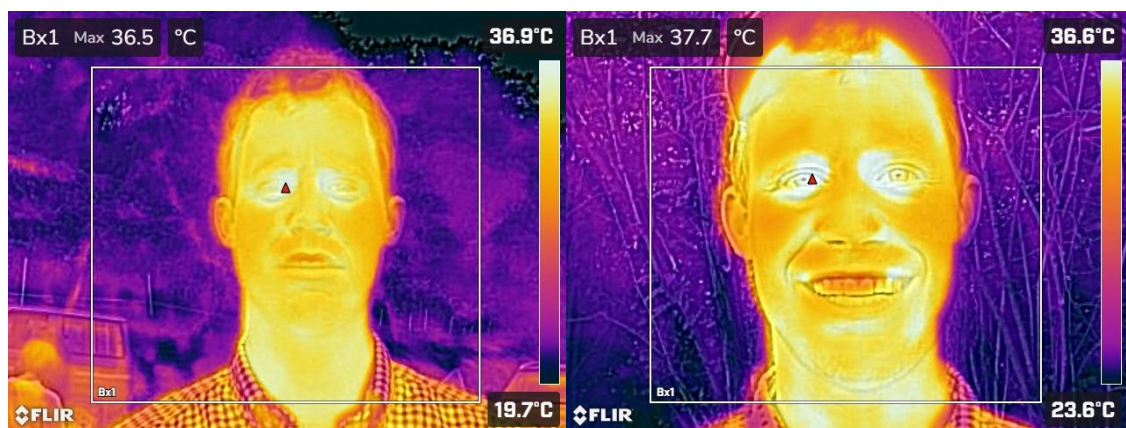


Figura 18: immagine a inizio turno (sx) e a fine turno (dx)



Figura 19: immagine a inizio turno (sx) e fine turno (dx)

8.5 RADIAZIONE UV

Gli indici UV riferiti alle tre giornate di misurazioni sono stati reperiti sull'app Sole Sicuro, disponibile anche sul PAF (portale agenti fisici) e sono indicati nella tabella sottostante.

DATA	AZIENDA	UV INDEX
07/08/2025	Azienda 1	7.57
19/08/2025	Azienda 2	6.33
15/08/2025	-	7.23

L'app fornisce l'indice specifico per la località richiesta e suggerisce le misure di prevenzione più appropriate per prevenire il rischio, ad esempio: non esporsi a dorso nudo, utilizzare un copricapo protettivo, ridurre le lavorazioni al sole specialmente nella fascia oraria 11-16 e l'utilizzo di creme protettive (Figura 20).



Capriva Del Friuli

In condizioni di cielo sereno alle ore 13

Lavoro: Lavori agricoli forestali

Superficie: Erba/Terreno

Rischio UV molto alto **Come proteggersi sul lavoro**

- Mai esporsi a dorso nudo o con canottiera
- Almeno maglietta a maniche corte
- Cappello a tesa larga. Se usi berretto con visiera usa falda protettiva nuca. Se usi casco usa falda protettiva nuca.
- Occhiali da sole avvolgenti
- Lavora all'ombra tutte le volte che è possibile e consuma i pasti all'ombra. la tua azienda deve fornire zone d'ombreggiatura adeguate
- Ridurre le lavorazioni al sole nella fascia oraria 11.00-16.00 anche attraverso modifiche dell'orario di lavoro
- Creme protettive solo sotto supervisione del medico competente o sanitario di fiducia

Per approfondire clicca qui: [PAF](#)

Figura 20: Indice UV, 07/08/2025 (App Sole Sicuro)

I risultati ottenuti mediante i dosimetri UV personali forniti dall'azienda Genesis sono riportati nel grafico 22. Sull'asse delle ascisse sono indicati i codici identificativi attribuiti ai lavoratori, mentre sull'asse delle ordinate è riportata l'unità di misura in joule per metro quadrato (J/m^2). I dati relativi ai tre operatori monitorati nella giornata del 7 agosto sono rappresentati in colore blu, mentre quelli riferiti ai quattro lavoratori campionati il 19 agosto sono riportati in colore rosso.

I valori di esposizione efficace misurati variano da un minimo di $262 J/m^2$ a un massimo di $609 J/m^2$, con un valore medio pari a $414 J/m^2$. Tali valori corrispondono rispettivamente a circa 2.6 e 6 SED, con una media prossima a 4 SED. Ne consegue che i lavoratori coinvolti hanno sperimentato un livello di esposizione compreso tra due e sei volte superiore rispetto ai limiti raccomandati dalla Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP).

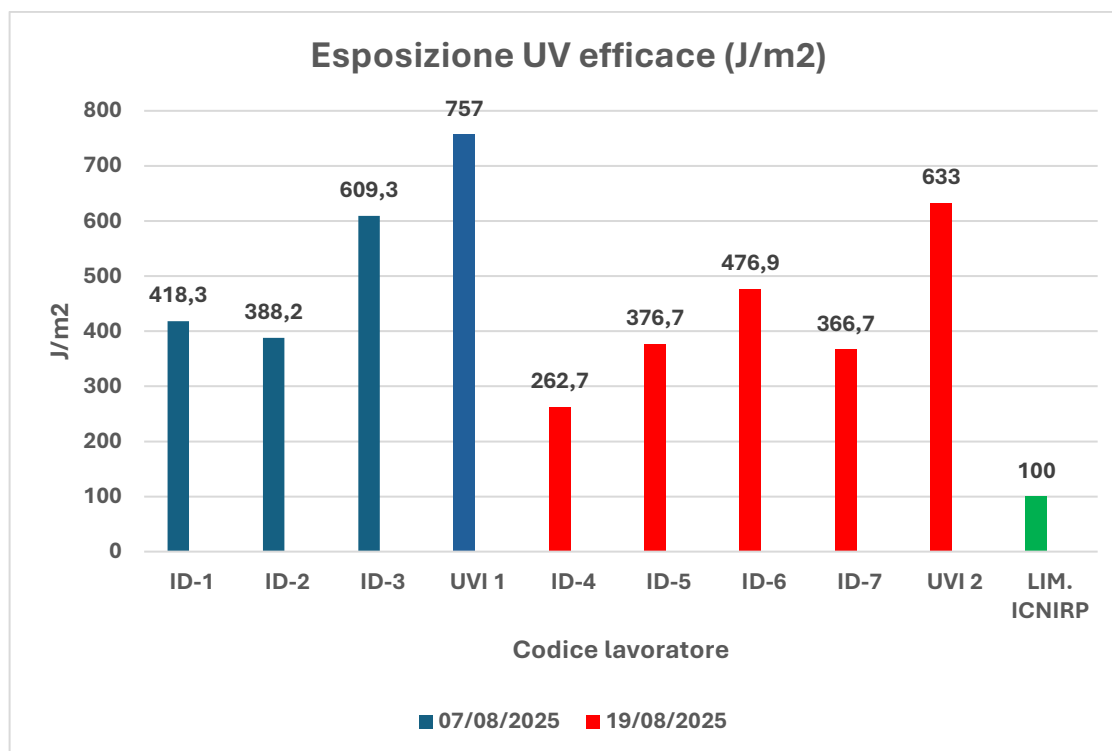


Grafico 22: valori di esposizione UV dei lavoratori nelle due giornate di misura

9. DISCUSSIONE

L'analisi dei dati relativi agli indici WBGT ha consentito di confrontare, per ciascuna giornata di rilevazione, i valori medi osservati con i corrispondenti limiti di riferimento ($WBGT_{lim}$), calcolati dal software della centralina microclimatica, in funzione delle condizioni di metabolismo energetico, resistenza termica del vestiario, altezza e peso dei lavoratori. Tali limiti rappresentano la soglia di sicurezza da rispettare per prevenire rischi da stress termico. Per i lavoratori acclimatati, il limite è risultato superato sporadicamente nelle ultime due ore di esposizione nella giornata del 7 agosto, mentre nella giornata del 19 agosto esso viene oltrepassato in maniera continua nelle ultime due ore e mezza. Nella giornata rappresentativa dell'ondata di calore, invece, il limite risulta già ampiamente superato a partire dalle ore 9, raggiungendo livelli particolarmente elevati. Per quanto riguarda i lavoratori non acclimatati, il limite medio WBGT viene superato già dalle 9:30 in entrambe le giornate di misura del 7 e 19 agosto.

e fin dall'inizio nella giornata rappresentativa dell'ondata di calore. Tali superamenti rendono necessaria una valutazione più approfondita tramite il metodo PHS.

I risultati di quest'ultima valutazione indicano un rischio contenuto per i lavoratori acclimatati nelle giornate del 7 e 19 agosto, poiché, in entrambe le situazioni, la temperatura rettale calcolata non raggiunge il limite di 38°C durante l'intero turno di lavoro (metodo INAIL e PAF). Per quanto riguarda la perdita di liquidi, la cui soglia di rischio è posta al 5% della massa corporea, essa non risulta critica nella giornata del 7 agosto, mentre lo risulta nella giornata del 19 agosto. In tale scenario i soggetti acclimatati raggiungono la soglia dal minuto 458, mentre i non acclimatati al minuto 462. La discrepanza tra le due categorie, seppur minimale, è attribuibile alla maggiore efficienza dei meccanismi di termodispersione negli acclimatati, che riescono a mantenere una temperatura corporea inferiore (37,59°C) rispetto ai non acclimatati (37,81°C). Al contrario, la simulazione condotta per la giornata rappresentativa dell'ondata di calore, evidenzia un rischio particolarmente elevato: la temperatura rettale limite stimata viene raggiunta e superata dopo circa 6 ore di lavoro (al minuto 365) per i lavoratori acclimatati, mentre già dopo circa 3,5 ore (al minuto 228) per i non acclimatati. È stata simulata un'esposizione, considerando i lavoratori acclimatati, inserendo due pause da 10 minuti in un luogo ombreggiato, come solitamente avviene per il 90% dei partecipanti; tuttavia, tali interruzioni non si sono dimostrate sufficienti a prevenire il superamento della temperatura rettale limite, raggiunta dopo circa 7 ore (al minuto 422). Per i lavoratori acclimatati, solamente con l'inserimento di due pause da 20 minuti in un ambiente fresco e climatizzato, oppure di quattro pause di cui tre da 10 minuti e una da 20 minuti effettuate all'aperto e all'ombra, l'esposizione durante tutto il turno diventa accettabile, nonostante fosse raggiunto il limite di perdita di liquidi, rispettivamente dopo circa 6 ore (al minuto 360) e dopo circa 6 ore e 20 minuti (al minuto 380), il che suggerisce comunque

di evitare l'esposizione oltre tale soglia temporale. Per i lavoratori non acclimatati, invece, le quattro pause ipotizzate non sono risultate sufficienti a riportare gli indici al di sotto dei limiti, e la temperatura rettale stimata raggiunge il limite già prima delle 5 ore lavorative (al minuto 296), mentre la perdita di liquidi raggiunge il limite dopo circa 6 ore (al minuto 423). In relazione all'idratazione, dai risultati dei questionari è stato rilevato che il 60% dei soggetti ha dichiarato di assumere solamente da 0.5 a 1.5 litri di acqua (abituamente non fornita dal datore di lavoro) durante l'intero turno lavorativo, tali quantitativi risultano nettamente inferiori rispetto alle raccomandazioni del progetto Workclimate, coordinato da INAIL, secondo cui i lavoratori esposti a condizioni di caldo intenso e prolungato dovrebbero assumere circa un bicchiere d'acqua (250 ml) ogni 15–20 minuti, pari a un fabbisogno complessivo di circa 1 litro all'ora.

Alla luce dei risultati sopra descritti riguardanti gli indici WBGT e PHS, va riservata particolare attenzione nella valutazione del rischio ai lavoratori non acclimatati. Il 40% dei lavoratori partecipanti, infatti, sono risultati essere lavoratori stagionali (si pensi alla gran quantità di lavoratori utilizzati esclusivamente per la vendemmia). Come si evince dal calcolo degli indici WBGT e PHS, questi lavoratori sono esponenzialmente più a rischio rispetto ai lavoratori acclimatati, soprattutto nei casi in cui l'inizio del loro impiego coincida con delle ondate di calore. È auspicabile pianificare una procedura aziendale per l'acclimatamento di tali lavoratori.

Un ulteriore punto affrontato nell'indagine riguarda l'esposizione alla radiazione solare, rischio sottovalutato e poco considerato. A prova di ciò, nel D.lgs. 81/08 è presente un limite di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali (ROA) pari a 30 J/m² di esposizione radiante efficace, ma non vi è alcun limite per le radiazioni ottiche naturali. Dal momento che le pubblicazioni dell'ICNIRP non fanno distinzioni tra radiazione UV di origine naturale e artificiale il Portale Agenti Fisici

suggerisce che è possibile ritenere validi i valori limite dell'allegato XXXVII del d.lgs. 81/08.³⁶ Adattando questo limite allo spettro d'azione eritemale CIE, 1–1.3 SED (circa la metà di una “Dose Minima per l'Eritema” MED per la pelle chiara, ovvero la dose di UV efficace in grado di provocare un arrossamento percettibile della pelle umana non precedentemente esposta al sole, 1 MED varia nella popolazione in base alla pigmentazione della pelle) sarebbe il limite riferito alle otto ore di lavoro per proteggere la pelle dei lavoratori all'aperto dalle scottature solari.²⁷ I dati dell'indice UV reperiti sull'app Sole Sicuro per le giornate di misura, variano da 6.33 a 7.57, indicando un rischio UV molto alto. Considerando che un UV Index di 1 corrisponde a poco meno di 1 SED, l'esposizione massima nelle giornate in esame è risultata da 5 a 7 volte superiore al limite. Inoltre, i dati misurati direttamente dai dosimetri personali UV Genesis, indicano per i lavoratori monitorati un'esposizione media pari a 414 J/m^2 , con un minimo di 262 J/m^2 ed un massimo di 609 J/m^2 , equivalenti rispettivamente a circa 4, 2 e 6 SED. Le esposizioni, dunque, sono da 2 a 6 volte superiori al limite raccomandato dall'ICNIRP. I comportamenti individuali sono tra i fattori più rilevanti che influenzano l'esposizione solare ai raggi UV, come indossare indumenti protettivi, occhiali da sole e cappelli, usare creme protettive solari e organizzare il lavoro in modo da evitare le ore centrali della giornata. I risultati dei questionari appaiono in contrasto con le misure di prevenzione appena elencate, infatti, 7 lavoratori su 10 indossavano una maglietta a maniche corte, 4 lavoratori erano senza alcun copricapo e gli altri 6 non indossavano un cappello a tesa larga. Per quanto riguarda le creme solari, solo il 40% dichiara di utilizzarle a spese proprie, in quanto il datore di lavoro non le fornisce.

Un aspetto cruciale emerso dall'analisi riguarda la necessità di accrescere la consapevolezza delle aziende sull'importanza della formazione in materia di salute e sicurezza. I questionari somministrati hanno evidenziato una significativa carenza formativa: il 60% dei lavoratori intervistati ha dichiarato di non sapere

cosa sia un colpo di calore, di non essere in grado di riconoscerne i sintomi e, conseguentemente, di non conoscere le azioni da intraprendere qualora l'evento si verifichi.

I programmi formativi dovrebbero includere non solo l'illustrazione delle misure organizzative adottate per la prevenzione del rischio, ma anche indicazioni pratiche riguardo l'uso di indumenti ed accessori adeguati (quali occhiali da sole, cappelli a tesa larga e creme solari). Ulteriori elementi di rilievo sono la promozione di una corretta idratazione e la conoscenza delle procedure di riconoscimento e gestione dei sintomi correlati alle patologie da calore e all'esposizione solare, con particolare attenzione alle modalità di prevenzione e agli interventi da attuare in caso di emergenza.

10. CONCLUSIONI

La presente tesi ha affrontato in modo approfondito il tema della valutazione del rischio da esposizione al calore e alla radiazione solare in ambiente lavorativo, focalizzandosi sul contesto specifico delle numerose aziende vitivinicole del Collio che per intensità dell'attività fisica richiesta dalle lavorazioni ("moderata" nella quasi totalità dei casi) risultano escluse dall'applicazione dell'ordinanza "caldo" in vigore in FVG dal 03.07.2025 al 15.09.2025. L'indagine si è basata su un'attenta analisi dei parametri e dei comportamenti individuali dei lavoratori necessari alla valutazione, sulla misurazione strumentale delle variabili microclimatiche, sul calcolo degli indici di rischio secondo quanto previsto dalle norme ISO di riferimento e sul successivo confronto con i limiti di esposizione stabiliti dalle norme stesse.

Dallo studio è emerso un rischio elevato e concreto specialmente durante le ondate di calore e, in particolare, per i lavoratori stagionali non acclimatati. Lo studio, seppur con le limitazioni legate alla numerosità campionaria, è il primo

che viene effettuato in regione su questo settore lavorativo in relazione al rischio specifico, e i risultati risultano coerenti con quanto presente in letteratura scientifica in relazione all' impatto dello stress da calore sui lavoratori outdoor.

Per il 21° secolo, i modelli climatici prevedono ulteriori aumenti della temperatura, compresi tra 0.3 e 1.7°C nello scenario ad emissioni ridotte di gas serra (RCP2.6) adottato dall' IPCC (Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici) per il suo quinto rapporto di valutazione, e tra 2.6 e 4.8°C nello scenario ad emissioni più elevate (RCP8.5).³⁷ Circa il 60% della riduzione dell'orario di lavoro prevista per il 2030 in tutto il mondo a causa dello stress termico si concentrerà nel settore agricolo.³⁸ E' previsto un aumento della frequenza delle ondate di calore, che in futuro riguarderanno anche periodi dell'anno attualmente "atipici". Ne è un esempio la valutazione metereologica del mese di giugno 2025, che, dai dati del report di ARPA FVG, risulta il terzo giugno più caldo di sempre, con temperature registrate di 3° superiori alla norma. Con il progressivo aumento delle temperature medie globali si andrà configurando sempre più un importante problema di salute pubblica.³⁹ Pertanto, identificare soluzioni efficaci, convenienti, fattibili e sostenibili per mitigare gli effetti negativi sulla salute e sulla produttività dei lavoratori è un'esigenza sempre più urgente.

La risposta delle aziende a tali prospettive dovrebbe includere diverse strategie di prevenzione, come indicato anche nelle "Linee di indirizzo per la protezione dei lavoratori dal calore e dalla radiazione solare" pubblicate dalla Conferenza delle Regioni e delle Pubbliche Amministrazioni, in data 19 giugno 2025. Tali misure sono:

- **misure organizzative**, come la pianificazione dei turni in orari meno critici, l'introduzione di pause frequenti in aree ombreggiate o climatizzate e la rotazione dei compiti più gravosi nelle ore centrali della giornata;

- **misure preventive di tipo tecnico**, quali la fornitura di acqua fresca e creme solari da parte delle aziende, l'utilizzo di abbigliamento adatto (cappelli a tesa larga, indumenti leggeri ma protettivi di colore chiaro, occhiali da sole) e la predisposizione di punti d'ombra o luoghi climatizzati;
- **percorsi di acclimatamento graduale** per i lavoratori stagionali, con carichi di lavoro iniziali ridotti e progressivamente incrementati, al fine di consentire un adattamento fisiologico più sicuro alle alte temperature;
- **programmi formativi specifici**, mirati a far acquisire consapevolezza sui rischi legati al caldo e alla radiazione solare, a riconoscere tempestivamente i sintomi delle patologie correlate e a adottare comportamenti corretti per la prevenzione; designare una persona che sovrintenda al piano di sorveglianza per la prevenzione degli effetti del caldo e della radiazione solare;
- **un rafforzamento della cultura della sicurezza**: le aziende vitivinicole dovrebbero maturare una maggiore sensibilità verso questi rischi, riconoscendo che la tutela della salute dei lavoratori non è solo un obbligo normativo, ma anche un fattore determinante per la produttività e la sostenibilità nel lungo periodo. Una consapevolezza più diffusa porterebbe infatti ad affrontare il tema non come un costo, bensì come un investimento sul benessere delle persone e sulla qualità del lavoro.

11. ALLEGATI

ALLEGATO 1

QUESTIONARIO GENERALE

Data	questionario:	/...../.....
AZIENDA.....		
NOME COGNOME..... anno di nascita.....		
Genere: ☐ Uomo ☐ Donna		
Peso: Kg Altezza: cm		

Nazionalità: ☐ Italiana ☐ 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?

0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3

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 confort 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 medialmente 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 1	Leggera 2	Moderata 3	Intensa 4	Molto intensa 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

DIPARTIMENTO DI PREVENZIONE

**S.O.C. Prevenzione e
Sicurezza
degli Ambienti di Lavoro**

PROGETTO MICROCLIMA 2024

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):

Al: SA KANË QË E KRYENI KËTË DETYRË (aklimatizim):

Ru:

☐ <7 giorni ☐ 7-14 giorni ☐ >14 giorni

PRIMA RILEVAZIONE (da compilare almeno dopo la 1° ora di lavoro)

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

.....

PERCEZIONE PERSONALE DEL CALDO

2. Che cosa hai percepito mediamente durante il lavoro?

Al: Çfarë keni perceptuar mesatarisht gjatë punës?

Ru: Ce ați perceput în medie în timpul lucrării?

Percezioni	Nessuna o molto leggera Asnjë ose shumë e lehtë, Niciuna sau foarte ușoară	Leggera Drita, Ușoară	Moderata i moderuar, moderată	Intensa intensive Intensă	Molto Intensa shumë intensive Foarte intensă
	1	2	3	4	5
Sudorazione Djersitje Transpirație					
Stanchezza Lodhje Oboseală					
Sete Etja Sete					
Vertigini Marramendje Amețeață					
Stato confusionale Gjendje konfuzie Stare de confuzie					
Difficoltà a respirare Vështirësi në frymëmarrje Respiratie dificila					

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

Al: Çfarë niveli të ndjeshmërisë së përgjithshme termike keni ndjerë gjatë punës?

Ru: Ce nivel de senzație termică generală ați simțit în timp ce lucrați?

Molto freddo, Shumë ftohtë, Foarte rece	Freddo Ftohtë Rece	Poco freddo Pak e ftohtë Ushor rece	Neutro Neutrale Neutru	Poco caldo Pak e ngrohtë Ushor cald	Caldo E ngrohtë Cald	Molto Caldo Shumë e ngrohtë Foarte cald
-3	-2	-1	0	1	2	3

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

Al: Si do ta vlerësonit intensitetin e aktivitetit të punës që keni kryer përpara se t'i përgjigjeni këtij pyetësori?

Ru: Cum ați evalua intensitatea activității de muncă pe care le-ați desfășurat înainte de a răspunde la acest chestionar?

- ☐ 0 = A riposo, Në pushim, La repaus,
- ☐ 1 = Leggera, Dritë, Lumină,
- ☐ 2 = Moderata, E moderuar, Moderat,
- ☐ 3 = Intensa, intensive, intens,
- ☐ 4 = Molto intensa, Shumë intensive, Foarte intens

Classificazione dei livelli secondo la ISO 8996:

- A riposo: riposo;
- 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).
- 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 cariole; camminare a velocità compresa tra 3,5 e 5,5 km/h; fucinare.
- 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.

- 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.

LAVORO ED ATTIVITA' SVOLTA

5. Descrizione dell'attività lavorativa/giornata

Dalle ____ Alle ____	Dalle ____ Alle ____	Dalle ____ Alle ____	Dalle ____ Alle ____	Dalle ____ Alle ____	Dalle ____ Alle ____
☐ Attività svolta (_____ _____) ☐ Pausa	☐ Attività svolta (_____ _____) ☐ Pausa	☐ Attività svolta (_____ _____) ☐ Pausa	☐ Attività svolta (_____ _____) ☐ Pausa	☐ Attività svolta (_____ _____) ☐ Pausa	☐ Attività svolta (_____ _____) ☐ Pausa
☐ All'aperto al sole ☐ All'aperto all'ombra ☐ In serra (_____ _____) ☐ Al chiuso climatizzato ☐ Al chiuso non climatizzato	☐ All'aperto al sole ☐ All'aperto all'ombra ☐ In serra (_____ _____) ☐ Al chiuso climatizzato ☐ Al chiuso non climatizzato	☐ All'aperto al sole ☐ All'aperto all'ombra ☐ In serra (_____ _____) ☐ Al chiuso climatizzato ☐ Al chiuso non climatizzato	☐ All'aperto al sole ☐ All'aperto all'ombra ☐ In serra (_____ _____) ☐ Al chiuso climatizzato ☐ Al chiuso non climatizzato	☐ All'aperto al sole ☐ All'aperto all'ombra ☐ In serra (_____ _____) ☐ Al chiuso climatizzato ☐ Al chiuso non climatizzato	☐ All'aperto al sole ☐ All'aperto all'ombra ☐ In serra (_____ _____) ☐ Al chiuso climatizzato ☐ Al chiuso non climatizzato
☐ In piedi ☐ Accovacciato ☐ Seduto	☐ In piedi ☐ Accovacciato ☐ Seduto	☐ In piedi ☐ Accovacciato ☐ Seduto	☐ In piedi ☐ Accovacciato ☐ Seduto	☐ In piedi ☐ Accovacciato ☐ Seduto	☐ In piedi ☐ Accovacciato ☐ Seduto
Note: Misura n. _____	Note: Misura n. _____	Note: Misura n. _____	Note: Misura n. _____	Note: Misura n. _____	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?

Al: Çfarë keni perceptuar mesatarisht gjatë punës?

Ru: Ce ați perceput în medie în timpul lucrării?

Percezioni	Nessuna o molto leggera Asnjë ose shumë e lehtë, Niciuna sau foarte ușoară	Leggera Drita, Ușoară	Moderata i moderuar, moderată	Intensa intensive Intensă	Molto Intensa shumë intensive Foarte intensă
	1	2	3	4	5
Sudorazione Djersitje Transpirație					
Stanchezza Lodhje Oboseală					
Sete Etja Sete					
Vertigini Marramendje Amețelă					
Stato confusionale Gjendje konfuze Stare de confuzie					
Difficoltà a respirare					

Vështirësi në frymëmarrje Respiratie dificila					
--	--	--	--	--	--

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

Al: Çfarë niveli të ndjeshmërisë së përgjithshme termike keni ndjerë gjatë punës?

Ru: Ce nivel de senzație termică generală ați simțit în timp ce lucrați?

Molto freddo, Shumë ftohtë, Foarte rece	Freddo Ftohtë Rece	Poco freddo Pak e ftohtë Ushor rece	Neutro Neutrale Neutru	Poco caldo Pak e ngrohtë Ushor cald	Caldo E ngrohtë Cald	Molto Caldo Shumë e ngrohtë Foarte cald
-3	-2	-1	0	1	2	3

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

Al: Si do ta vlerësonit intensitetin e aktivitetit të punës që keni kryer përpara se t'i përgjigjeni këtij pyetësi?

Ru: Cum ați evalua intensitatea activității de muncă pe care le-ați desfășurat înainte de a răspunde la acest chestionar?

- ☐ 0 = A riposo, Në pushim, La repaus,
- ☐ 1 = Leggera, Dritë, Lumină,
- ☐ 2 = Moderata, E moderuar, Moderat,
- ☐ 3 = Intensa, intensive, intens,
- ☐ 4 = Molto intensa, Shumë intensive, Foarte intens

REINTEGRAZIONE LIQUIDI (da compilare a fine giornata)

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

Al: A jeni hidratuar para se të vini në punë këtë mëngjes?

Ru: Te-ai hidratat înainte de a veni la munca în această dimineata?

- ☐ Sì
- ☐ No

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

Al: A kishit ujë në dispozicion gjatë punës së sotme?

Ru: Ați avut apă disponibilă în timpul lucrului de astăzi?

- ☐ Sì, acqua fresca, Po, ujë të freskët, Da, apă dulce
- ☐ Sì, acqua a temperatura ambiente, Po, ujë në temperaturën e dhomës, Da, apă la temperatura camerei

☐ No, non ho disponibilità di acqua, Jo, nuk kam ujë në dispozicion, Nu, nu am apă disponibilă

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

Al: A ju është dhënë uji nga kompania ku punoni?

Ru: Apa ti-a fost furnizata de compania la care lucrezi?

☐ Sî

☐ No

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

Al: A keni pirë pije të tjera gjatë orarit të punës përveç ujit, nëse po cilat?

Ru: Ați băut și alte băuturi în timpul orelor de lucru în afară de apă, dacă da care?

☐ Bevande gassate zuccherate (Coca, Fanta ecc.), Pije të gazuara të ëmbla (Coca, Fanta etj.), Băuturi carbogazoase îndulcite (Coca, Fanta etc.)

☐ Bevande energizzanti/integratori Sali minerali, Pije/suplemente energjike Kripëra minerale, Băuturi energizante/suplimente Săruri minerale

☐ Caffè/The, Kafe/Çaj, Cafea/ceai

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

Al: A mund të përcaktoni sasinë e ujit që keni pirë gjatë punës së sotme - a duhet llogaritja të përfshijë edhe ujin që keni pirë në drekë (1 gotë 200 ml)?

Ru: Poți cuantifica câtă apă ai băut în timpul lucrului de astăzi - ar trebui să includă în calcul și apa pe care ai băut-o la prânz (1 pahar 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

14. Con che frequenza ti sei idratato?

Al: Sa shpesh jeni hidratuar?

Ru: Cât de des te-ai hidratat?

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

PAUSE (da compilare a fine giornata)

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

Al: A keni bërë ndonjë pushim sot (përfshirë një pushim dreke)?

Ru: Ați făcut pauze astăzi (inclusiv o pauză de masă)?

☐ No

☐ Da 1 a 2

☐ Da 3 a 4

☐ Più di 4

16. Se hai effettuato pause, queste erano programmate?

Al: Nëse keni bërë pushime, a janë planifikuar këto?

Ru: Dacë ai fëcut pauze, acetëa au fost programate?

☐ Si

☐ No

17. Quanto sono durate medialmente le pause (escluso il pranzo)?

Al: Sa kohë kanë zgjatur mesatarisht pushimet (me përjashtim të drekës)?

Ru: Cât au durat în medie pauzele (excluzând masa de prânz)?

☐ < 5 minuti

☐ 5 < 10 minuti

☐ 10-15 minuti

☐ > 15 minuti

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

Al: Gjatë pushimeve të përmendura në pikën e mëparshme keni qenë:

Ru: În pauzele menționate la punctul anterior ați fost:

☐ in un luogo ombreggiato e climatizzato, në një vend me hije dhe me ajër të kondicionuar, într-un loc umbrît si cu aer conditionat

☐ in un luogo ombreggiato, në një vend me hije, într-un loc umbrît

☐ esposto al sole, ekspozuar ndaj diellit, expus la soare

ALLEGATO FOTOGRAFICO



Foto 1: centralina microclimatica

Foto 2: centralina microclimatica



Foto 3: analisi biometriche



Foto 4: lavoratori in vigna

12. BIBLIOGRAFIA

1. Che cosa sono i cambiamenti climatici? ONU Italia. Accessed June 8, 2025. <https://unric.org/it/che-cosa-sono-i-cambiamenti-climatici/>
2. State of the Global Climate 2024. World Meteorological Organization. March 14, 2025. Accessed June 12, 2025. <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
3. Perkins SE. A review on the scientific understanding of heatwaves—Their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale. *Atmospheric Res.* 2015;164-165:242-267. doi:10.1016/j.atmosres.2015.05.014
4. El Khayat M, Halwani DA, Hneiny L, Alameddine I, Haidar MA, Habib RR. Impacts of Climate Change and Heat Stress on Farmworkers' Health: A Scoping Review. *Front Public Health.* 2022;10:782811. doi:10.3389/fpubh.2022.782811
5. fallani silvia. Estate 2024: gli effetti del caldo sulla mortalità in Toscana e in Italia. Agenzia regionale di sanità Toscana. Accessed July 3, 2025. <https://www.ars.toscana.it/clima-e-salute-2/5230-estate-2024-effetti-del-caldo-su-mortalita-in-toscana-e-italia.html>
6. El Khayat M, Halwani DA, Hneiny L, Alameddine I, Haidar MA, Habib RR. Impacts of Climate Change and Heat Stress on Farmworkers' Health: A Scoping Review. *Front Public Health.* 2022;10:782811. doi:10.3389/fpubh.2022.782811
7. Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia - ARPA FVG. Accessed June 11, 2025. <https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/pubblicazioni/studio-conoscitivo-dei-cambiamenti-climatici-e-di-alcuni-loro-impatti-in-friuli-venezia-giulia/>
8. I cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia - ARPA FVG. Accessed June 8, 2025. <https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/notizie-in-evidenza/cambiamenti-climatici/>
9. Pubblicato il report meteo.fvg del 2024: l'anno più caldo e con piogge abbondanti - ARPA FVG. Accessed June 12, 2025. <https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/news/pubblicato-il-report-meteofvg-del-2024-lanno-piu-caldo-e-con-piogge-abbondanti/>

10. portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT. Accessed June 17, 2025. https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT
11. *La 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.* Tipografia Inail; 2018.
12. Archivio - Materie. Regioni.it. Accessed August 27, 2025. <https://www.regioni.it/archivio/materie/sanita/salute/>
13. La Valutazione del Microclima. Inail.it. Accessed June 17, 2025. <https://www.inail.it>
14. portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT. Accessed June 18, 2025. https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT
15. Calore sul luogo di lavoro – Guida per i luoghi di lavoro | Sicurezza e salute sul luogo di lavoro EU-OSHA. Accessed August 13, 2025. <https://osha.europa.eu/en/publications/heat-work-guidance-workplaces>
16. Leyk D, Hoitz J, Becker C, Jochen Glitz K, Nestler K, Piekarski C. Health Risks and Interventions in Exertional Heat Stress. *Dtsch Arztebl Int.* 2019;116(31-32):537-544. doi:10.3238/arztebl.2019.0537
17. Périard JD, Racinais S, Sawka MN. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(S1):20-38. doi:10.1111/sms.12408
18. Liu J, Varghese BM, Hansen A, et al. Heat exposure and cardiovascular health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health.* 2022;6(6):e484-e495. doi:10.1016/S2542-5196(22)00117-6
19. Ottobre 2024 09:38 UM 18. Prevenzione da alte temperature nei luoghi di lavoro. Salute. Accessed June 19, 2025. <https://salute.regione.emilia-romagna.it/prp/aree-tematiche/sicurezza-e-salute-in-ambiente-di-vita-e-di-lavoro/pp07-prevenzione-in-edilizia-e-agricoltura/alte-temperature>
20. Sasai F, Roncal-Jimenez C, Rogers K, et al. Climate change and nephrology. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc.* 2023;38(1):41-48. doi:10.1093/ndt/gfab258
21. Yoneda K, Hosomi S, Ito H, et al. How can heatstroke damage the brain? A mini review. *Front Neurosci.* 2024;18:1437216. doi:10.3389/fnins.2024.1437216

22. Heat-at-work-Guidance-for-workplaces_IT_DISCLAIMER.pdf. Accessed June 19, 2025. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Heat-at-work-Guidance-for-workplaces_IT_DISCLAIMER.pdf
23. List of Classifications. Accessed June 24, 2025. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
24. EpiCentro. Melanoma - EpiCentro - Istituto Superiore di Sanità. Accessed July 4, 2025. <https://www.epicentro.iss.it/melanoma/>
25. Registro tumori FVG - Ricercatori - Centro di Riferimento Oncologico di Aviano. Accessed July 4, 2025. https://www.cro.sanita.fvg.it/it/ricercatori/registro_tumori.html
26. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP statement--Protection of workers against ultraviolet radiation. *Health Phys.* 2010;99(1):66-87. doi:10.1097/HP.0b013e3181d85908
27. Modenese A, Korpinen L, Gobba F. Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(10):2063. doi:10.3390/ijerph15102063
28. *La 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.* Tipografia Inail; 2018.
29. *La 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.* Tipografia Inail; 2018.
30. ERSA FVG : PRESENTAZIONE SETTORE VITIVINICOLO 2023 FRIULI VENEZIA GIULIA. Accessed June 14, 2025. <https://www.ersa.fvg.it/cms/aziende/sperimentazione/Statistica-agraria/Report/Rapporti/2023/Presentazione-vino-2023.html>
31. Thomas JB, Pahler L, Handy R, Thiese MS, Schaefer C. Pilot study predicting core body temperatures in hot work environments using thermal imagery. *J Chem Health Saf.* 2019;26(6):75-83. doi:10.1016/j.jchas.2019.08.001
32. Wang Q, Zhou Y, Ghassemi P, McBride D, Casamento JP, Pfefer TJ. Infrared Thermography for Measuring Elevated Body Temperature: Clinical Accuracy, Calibration, and Evaluation. *Sensors.* 2022;22(1):215. doi:10.3390/s22010215

33. Perpetuini D, Filippini C, Cardone D, Merla A. An Overview of Thermal Infrared Imaging-Based Screenings during Pandemic Emergencies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):3286. doi:10.3390/ijerph18063286
34. RING EFJ, JUNG A, KALICKI B, ZUBER J, RUSTECKA A, VARDASCA R. NEW STANDARDS FOR FEVER SCREENING WITH THERMAL IMAGING SYSTEMS. *J Mech Med Biol*. Published online April 11, 2013. doi:10.1142/S0219519413500450
35. Modenese A, Korpinen L, Gobba F. Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(10):2063. doi:10.3390/ijerph15102063
36. IIMelanomaCutaneoProfessionale.pdf. Accessed August 31, 2025. https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/RON_DOCUMENTAZIONE/IIMelanomaCutaneoProfessionale.pdf?lg=IT
37. Global and European temperatures. June 16, 2025. Accessed August 31, 2025. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/global-and-european-temperatures>
38. Lavorare in un pianeta più caldo. L'impatto dello stress termico sulla produttività del lavoro e il lavoro dignitoso - Sintesi del rapporto | International Labour Organization. July 1, 2019. Accessed August 31, 2025. <https://www.ilo.org/it/publications/lavorare-un-pianeta-piu-caldo-limpatto-dello-stress-termico-sulla>
39. Russo S, Sillmann J, Fischer EM. Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environ Res Lett*. Published online 2015. doi:10.1088/1748-9326/10/12/124003