

Epidemiologia dell'impatto dell'esposizione al caldo sulla salute e la sicurezza dei lavoratori

Alessandro Marinaccio
a.marinaccio@inail.it

Roma, 24 marzo 2026



**WORKCLIMATE 2.0 - TEMPERATURE ESTREME
E IMPATTI SU SALUTE, SICUREZZA
E PRODUTTIVITÀ AZIENDALE**
Strategie di intervento e soluzioni tecnologiche,
informative e formative

INAIL

Auditorium Antonio Maglio
Piazzale G. Pastore - Roma
24 marzo 2026



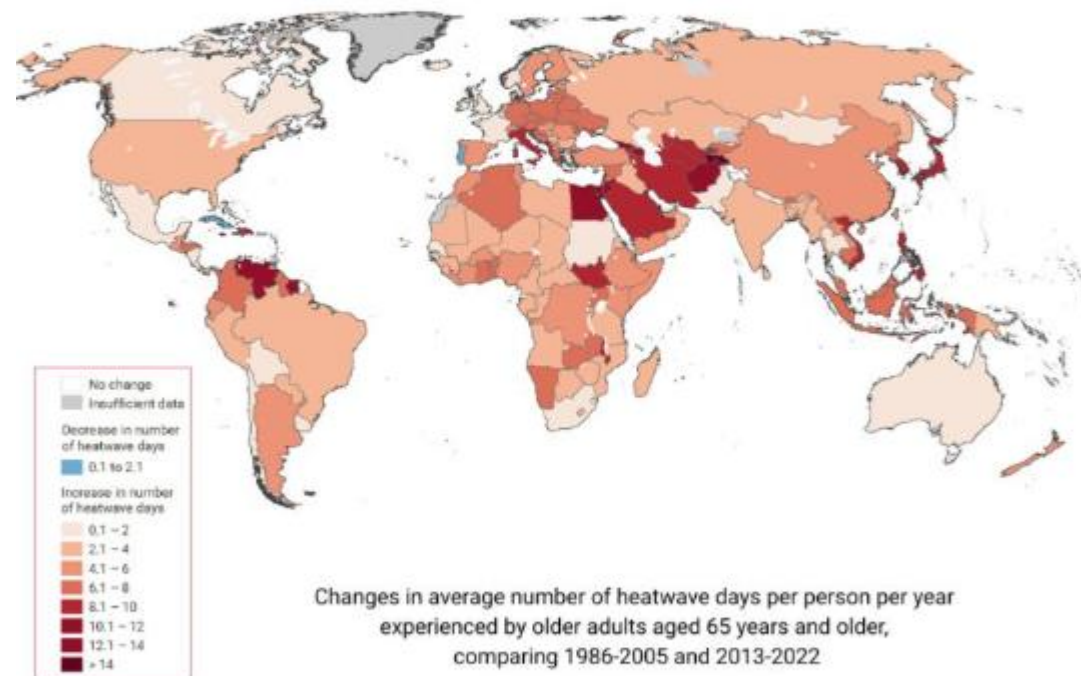
Cambiamento climatico, aumento delle temperature, gruppi vulnerabili.

“Heat waves are among the most frequent and deadly impacts of climate change”

UN Environment Programme

Fra gli effetti sulla salute del cambiamento climatico, l'aumento delle temperature e della intensità, frequenza e durata delle ondate di calore è riconosciuta come la più rilevante in termini epidemiologici.

Extreme heat is likely to cause 370% more deaths in older adults by 2050 if global temperatures rise by 2°C

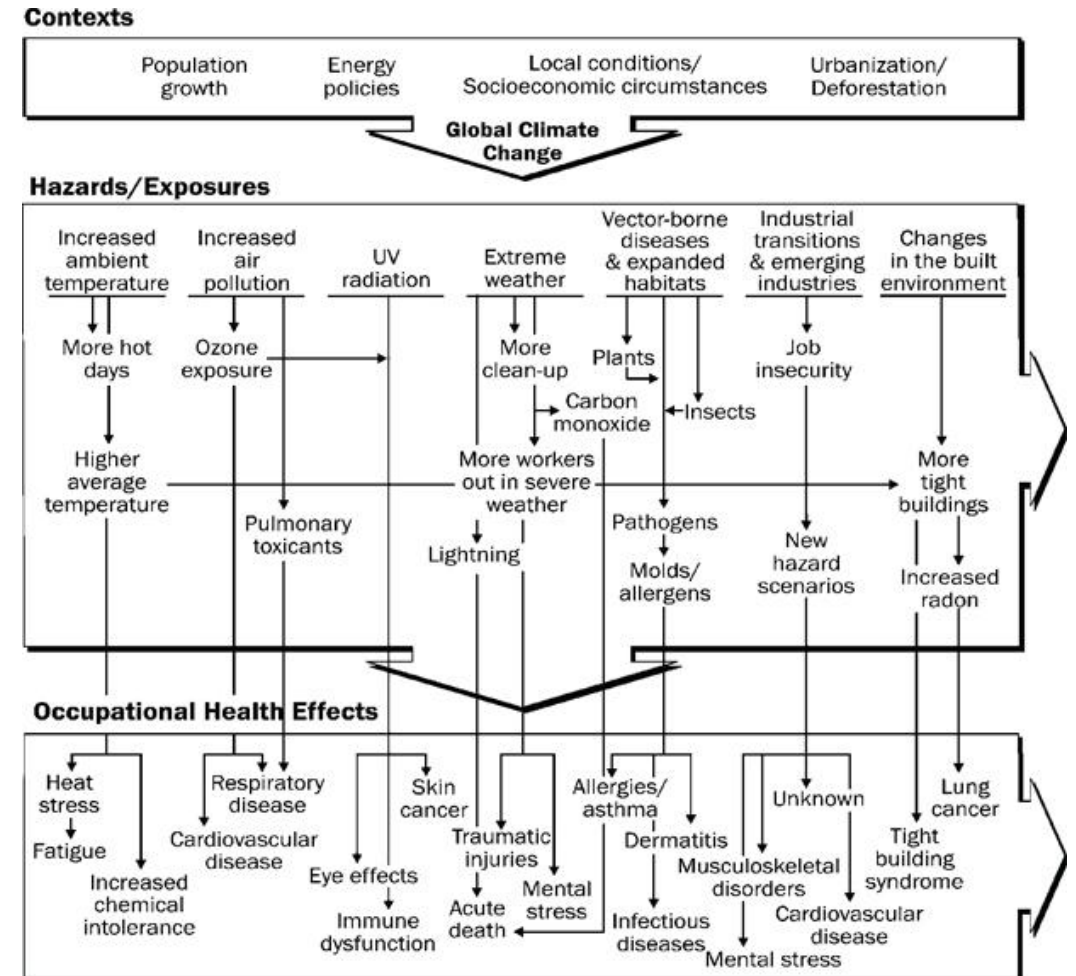


The world has already seen an 85% increase in annual heat-related deaths of adults aged 65+ since the 1990s

Cambiamento climatico, aumento delle temperature, gruppi vulnerabili.

L'impatto del cambiamento climatico sulla salute e la sicurezza dei lavoratori riguarda molteplici linee di azione:

- ✓ Aumento delle temperature outdoor;
- ✓ Inquinamento dell'aria;
- ✓ Esposizione a radiazioni ultraviolette;
- ✓ Eventi climatici estremi;
- ✓ Malattie trasmissibili e rischio da agenti biologici;
- ✓ Transizione ecologica e tecnologie emergenti;
- ✓ Energie rinnovabili.



Ruolo della ricerca, stime di effetto.

La disponibilità di analisi epidemiologiche che misurino gli effetti sulla salute e la sicurezza dei lavoratori del cambiamento climatico, è essenziale per lo sviluppo della percezione del rischio e la consapevolezza, per le politiche di prevenzione e la verifica della loro efficacia.

No data, no problem
No problem, no action



Metanalisi degli studi epidemiologici di analisi di associazione fra esposizione a temperature estreme e rischio di infortuni sul lavoro

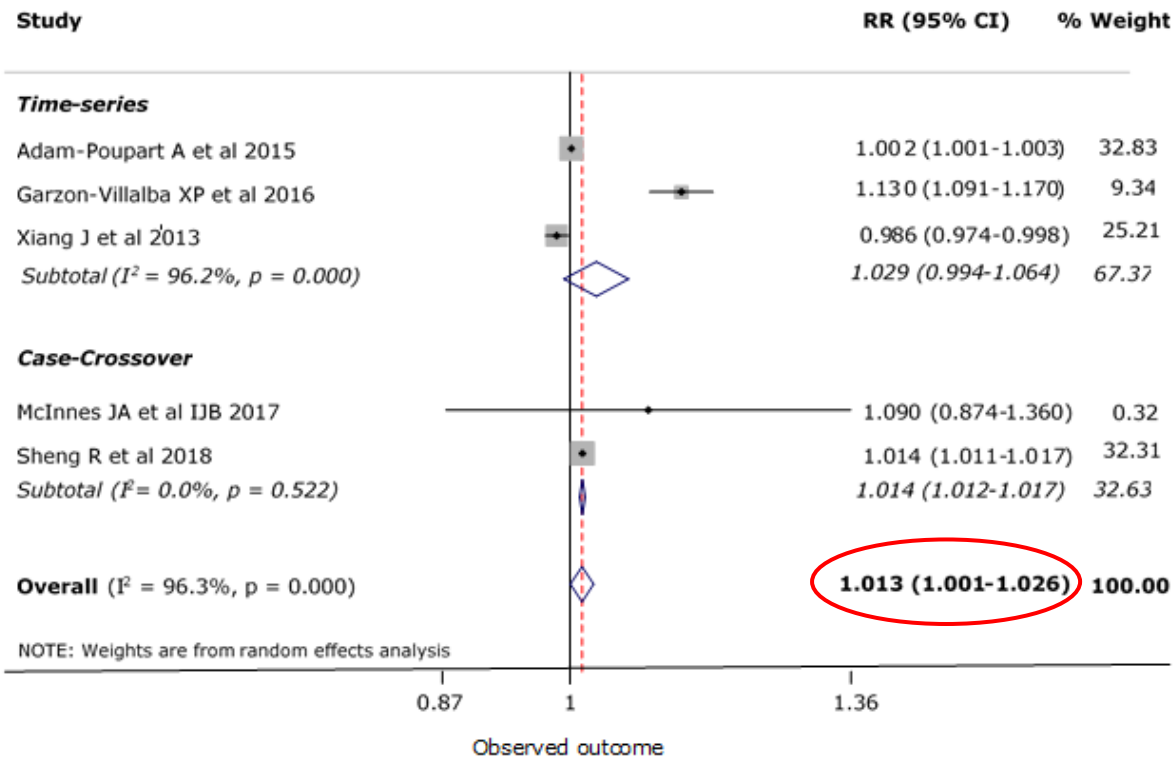
Evaluation of the impact of heat stress on the occurrence of occupational injuries: Meta-analysis of observational studies

Alessandra Binazzi BSc, PhD¹ | Miriam Levi MD, PhD² |
Michela Bonafede MSc¹ | Marcella Bugani MSc¹ |
Alessandro Messeri MSc, PhD² | Marco Morabito MSc, PhD^{3,4} |
Alessandro Marinaccio MSc¹ | Alberto Baldasseroni MD²

Ann Ist Super Sanità 2016 | Vol. 52, No. 3: 357-367
DOI: 10.4415/ANN_16_03_07

The association between extreme weather conditions and work-related injuries and diseases. A systematic review of epidemiological studies

Michela Bonafede¹, Alessandro Marinaccio¹, Federica Asta², Patrizia Schifano², Paola Michelozzi² and Simona Vecchi²



Metanalisi degli studi epidemiologici di analisi di associazione fra esposizione a temperature estreme e rischio di infortuni sul lavoro.

Environment International 148 (2021) 106384



Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint



Review article

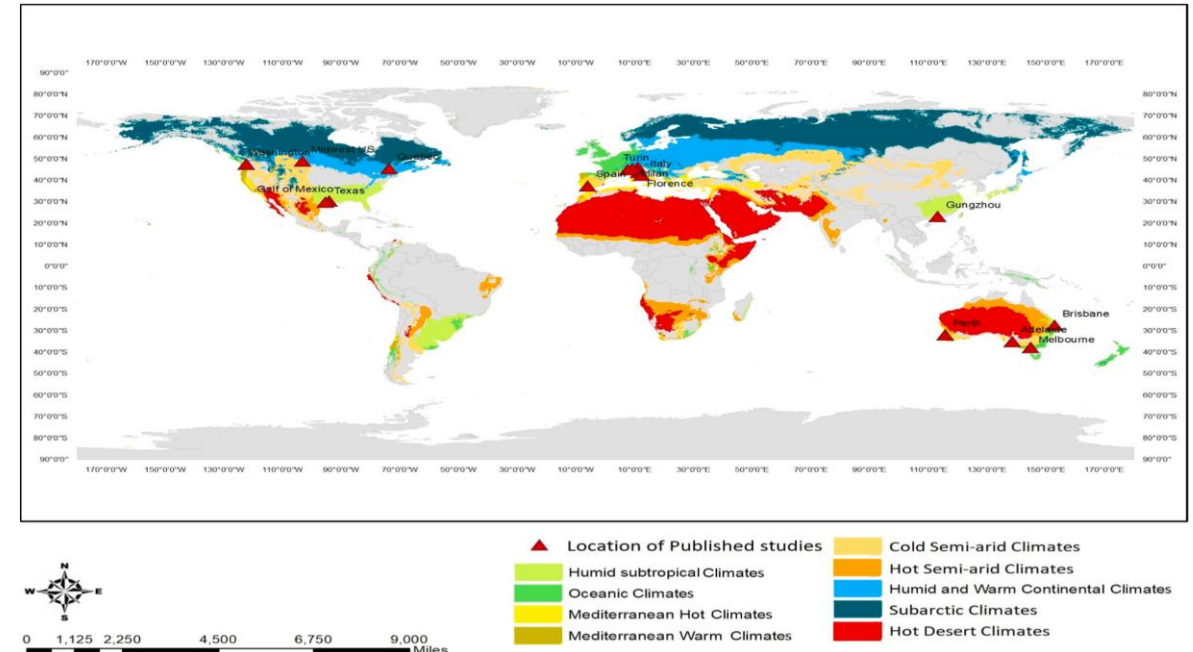
Extreme heat and occupational injuries in different climate zones: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence

Syeda Hira Fatima^a, Paul Rothmore^b, Lynne C. Giles^a, Blesson M. Varghese^a, Peng Bi^{a,*}

^a School of Public Health, The University of Adelaide, Australia

^b School of Allied Health Science and Practice, The University of Adelaide, Australia

“The pooled results suggested that the risk of occupational injuries increased by 1% for 1 °C increased in temperature. Young workers, male and workers in agriculture, construction and manufacturing were at major risk.”



Metanalisi degli studi epidemiologici di analisi di associazione fra esposizione a temperature estreme e rischio di infortuni sul lavoro.

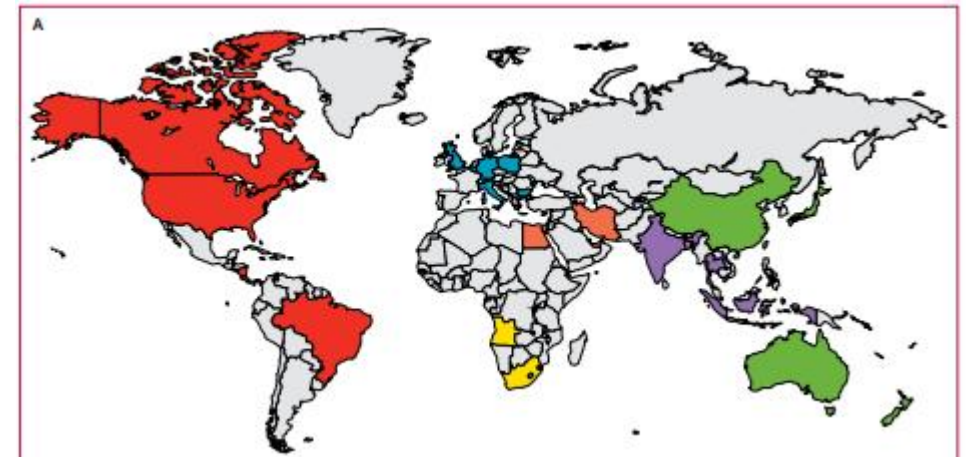
Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis



Andreas D Flouris, Petros C Dinas, Leonidas G Ioannou, Lars Nybo, George Havenith, Glen P Kenny, Tord Kjellstrom



“This study estimated that workers shift under heat stress are four times more likely to experience occupational heat strain. Of those individuals who work under heat stress, 35% experience occupational heat strain, while 30% report productivity losses. Finally, 15% of individuals who typically work under heat stress experience kidney disease or acute kidney injury”.



Occupational heat stress and economic burden.



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



Review article

Occupational heat stress and economic burden: A review of global evidence

Matthew A. Borg^a, Jianjun Xiang^{a,1}, Olga Anikeeva^a, Dino Pisaniello^a, Alana Hansen^a, Kerstin Zander^b, Keith Dear^a, Malcolm R. Sim^c, Peng Bi^{a,*}



The estimated global economic burden of occupational heat stress is substantial.

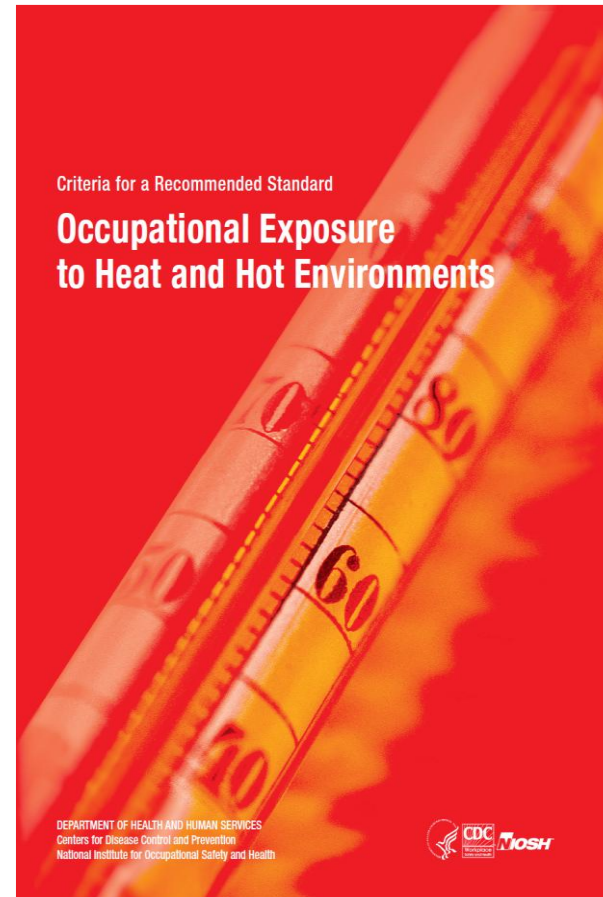
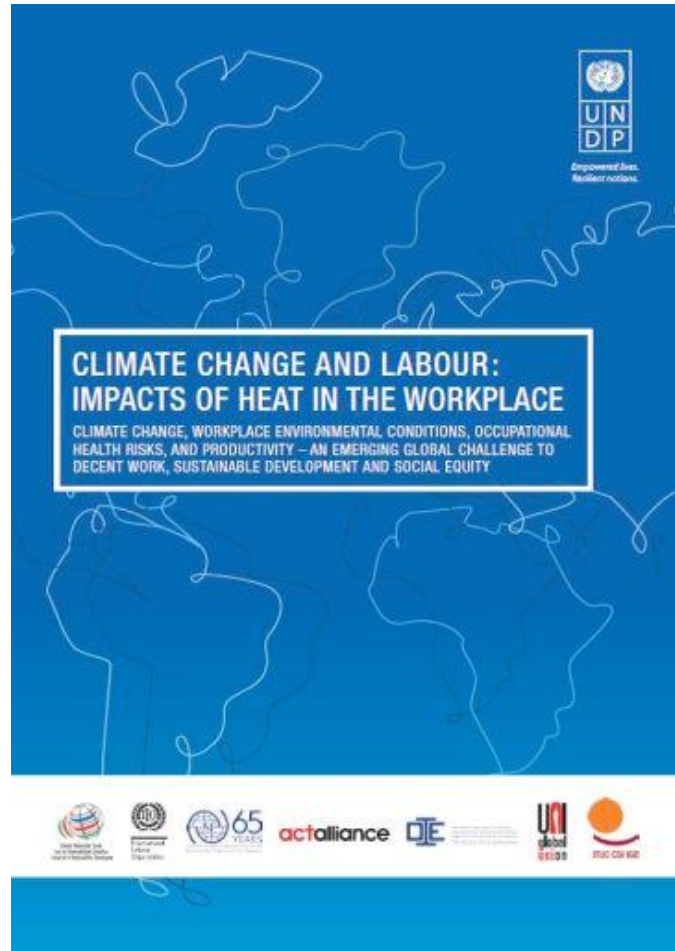
Predicted global costs:

- 0.5% of GDP in 2010
- > 1% of GDP in 2030
- > 4% of GDP by 2100.

Outdoor industries, medium-sized, males, workers aged 25–44 years.



Cambiamento climatico, esposizione al caldo, salute e sicurezza nei luoghi di lavoro. Linee Guida NIOSH, HSE, ILO, OMS, UN



Heat stress in the workplace

A brief guide



This leaflet describes what you, as an employer, may need to do to protect your employees from heat stress in the workplace. It will also be useful to employees and their safety representatives.

It tells you about the risks to the body from overheating when working in hot conditions (such as bakeries, compressed air tunnels, foundries and smelting operations) and gives practical guidance on how to avoid it. It does not address issues of thermal comfort in the workplace.

If you need more information on workplace temperature management than is provided here then visit our web pages on heat stress risk assessment (www.hse.gov.uk/temperature/heatstress/riskassessment.htm) and heat stress measurement (www.hse.gov.uk/temperature/heatstress/index.htm).

This is a web-friendly version of leaflet INDG451(rev1), published 06/13

In many jobs heat stress is an issue all year round but this information also applies during the hot summer months where there may be an increased risk of heat stress for some people.



Estimating future heat-related and cold-related mortality under climate change, demographic and adaptation scenarios in 854 European cities

I ricercatori hanno analizzato temperature e mortalità in 854 città di 30 Paesi europei, valutando scenari tra il 2015 e il 2099. Se le emissioni non saranno ridotte e le misure di adattamento non implementate, le morti legate al caldo aumenteranno del 50%. Spagna, Francia e Italia le aree più colpite.

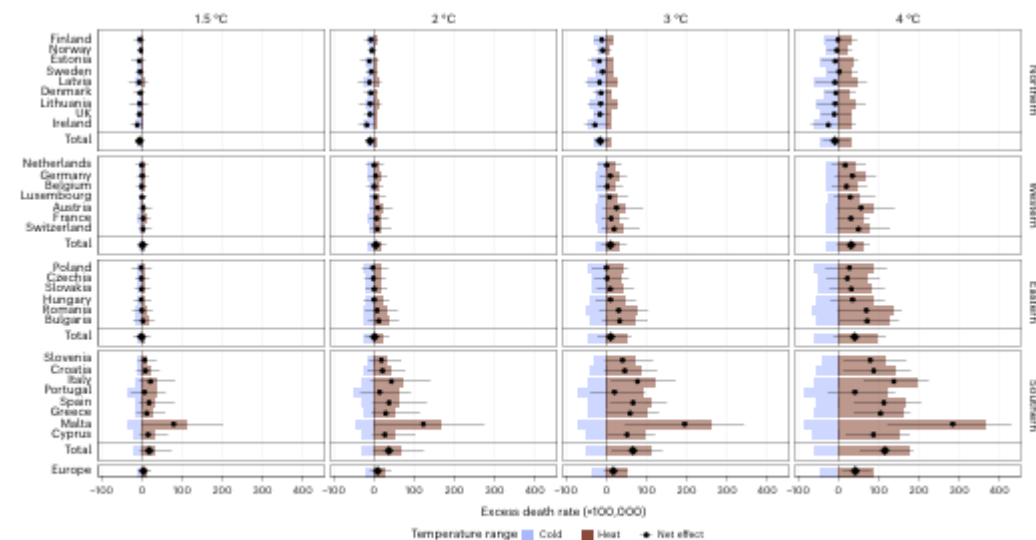


Fig. 2 | Country-level net changes in temperature-related excess death rates for each warming level under scenario SSP3-7.0 and no adaptation to heat. The bars and points represent the average point estimate between the 19 GCMs considered. The horizontal bars indicate the 95% empirical CIs of the net effect

from the 500 simulations in the 19 GCMs. The diamond-shaped points indicate regional and European-level values. The temperature range is defined relative to the MMT.

Esposizione a temperature estreme e rischio di infortuni sul lavoro. Studi analitici, Italia

Environment International 133 (2019) 105176



Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint



Nationwide epidemiological study for estimating the effect of extreme outdoor temperature on occupational injuries in Italy

Alessandro Marinaccio^{a,*}, Matteo Scortichini^b, Claudio Gariazzo^a, Antonio Leva^a, Michela Bonafede^a, Francesca K. de' Donato^b, Massimo Stafoggia^b, Giovanni Viegi^c, Paola Michelozzi^b, BEEP Collaborative Group (Ancona Carla, Angelini Paola, Argentini Stefania,



A. Marinaccio, et al.

Environment International 133 (2019) 105176

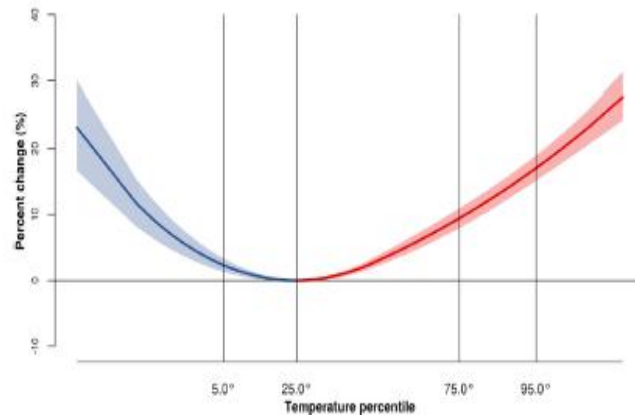


Fig. 2. Dose-response relationship. Percent change in work related injuries by temperature percentile. Blue and red areas correspond to cold and hot temperature effects. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Heat (>75° percentile)

Age

15-34

35-60

>60

Relative Risk

1.25 (1.19-1.30)

1.14 (1.10-1.80)

0.91 (0.78-1.08)

Firm size

<10 workers

10-49

50-250

>250

1.20 (1.15-1.25)

1.19 (1.11-1.27)

1.20 (1.10-1.31)

1.06 (1.00-1.18)

Sector

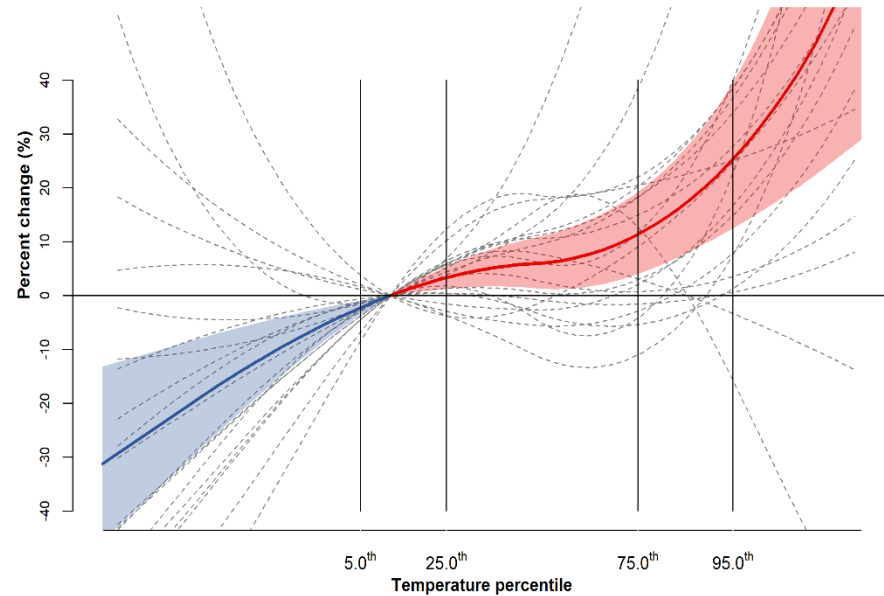
Construction

1.30 (1.22-1.38)

Esposizione a temperature estreme e rischio di infortuni sul lavoro.

Studi analitici, settore costruzioni

Un approfondimento per il settore dell'edilizia, ha mostrato una curva esposizione-rischio di infortunio specifica e ha identificato alcuni segmenti occupazionali maggiormente coinvolti.



Caldo (>75° percentile)

Età	Relative Risk
15-34	1.25
35-60	1.24
>60	0.95

Mansione	Relative Risk
Muratore	1.31

Attività	Relative Risk
Scivolamento, caduta, ...	1.53
Spostamento oggetti	

Siti	Relative Risk
Cave	1.25
Siti industriali	1.24

Esposizione a temperature estreme e rischio di infortuni sul lavoro. Studi analitici, settore agricoltura

Un approfondimento per il settore dell’agricoltura, ha mostrato un rischio di infortunio maggiormente elevato per i lavoratori giovani ed occasionali e in relazione alle ondate di calore.

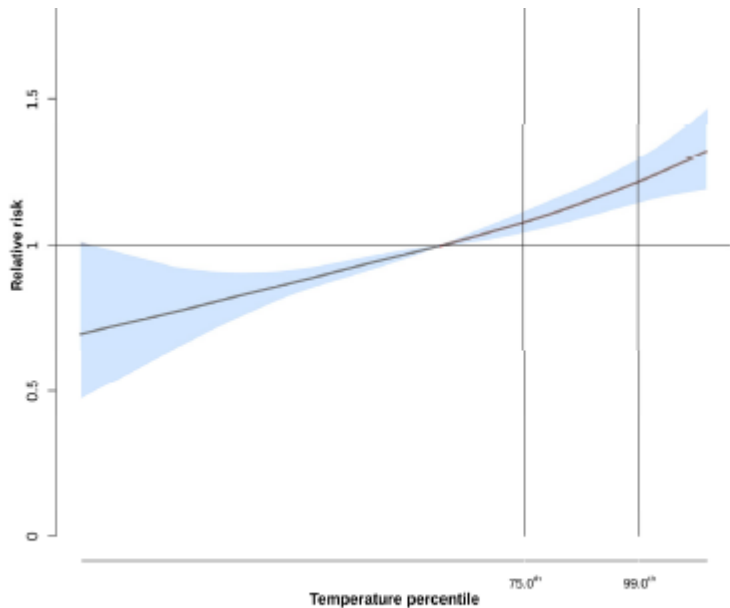


Figure 2. Meta-analytical exposure-response curve between daily mean air temperature and occupational injuries in the agricultural sector in Italy in the period 2014–2018. Estimates are expressed as Relative Risks (thick lines) and 95% confidence bands.

Età	Relative Risk
15-34	1.23
35-60	1.10
>60	1.16
Rapporto di lavoro	
Dipendenti	1.01
Autonomi	1.15
Occasionali	1.25
Heatwaves	
Ondata di calore	1.06

Stress termico occupazionale, aggiornamento stime, costi sociali.

Environmental Research 269 (2025) 120844



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



Climate change and occupational health and safety. Risk of injuries, productivity loss and the co-benefits perspective

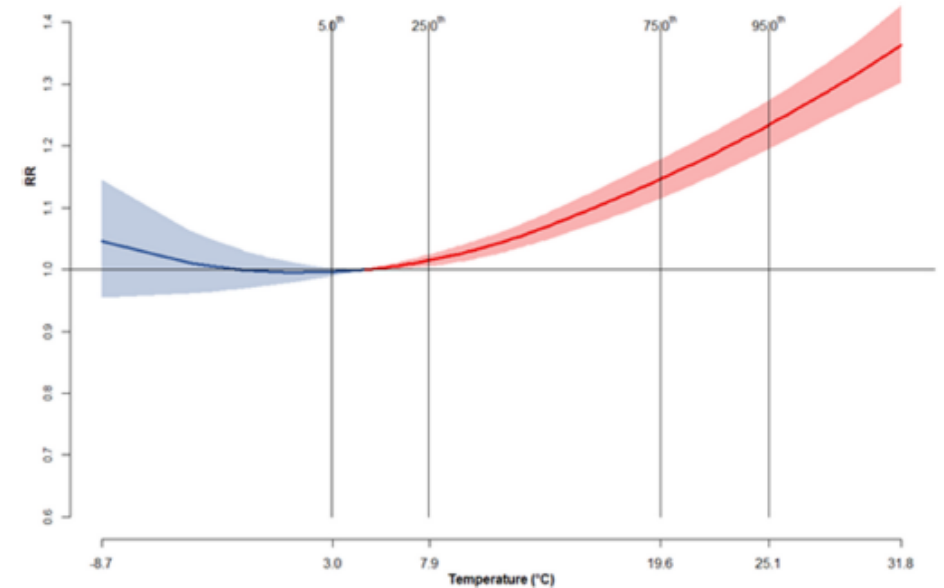
A. Marinaccio^{a,*}, C. Gariazzo^a, L. Taiano^a, M. Bonafede^a, D. Martini^b, S. D'Amario^b, F. de'Donato^c, M. Morabito^d, Worklimate working group¹

Recentemente, il gruppo di ricerca Worklimate ha prodotto un aggiornamento dell'analisi epidemiologica:

- 4272 casi stimati di infortunio caldo correlato per anno;
- 6,5% di decremento nella produttività per un grado di aumento delle temperature in attività di lavoro intenso;
- 50 milioni per anno di impatto economico.

A. Marinaccio et al.

Environmental Research 269 (2025) 120844



Stress termico occupazionale, costi sociali e impatto economico. Co-benefits

Environmental Research 269 (2025) 120844



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

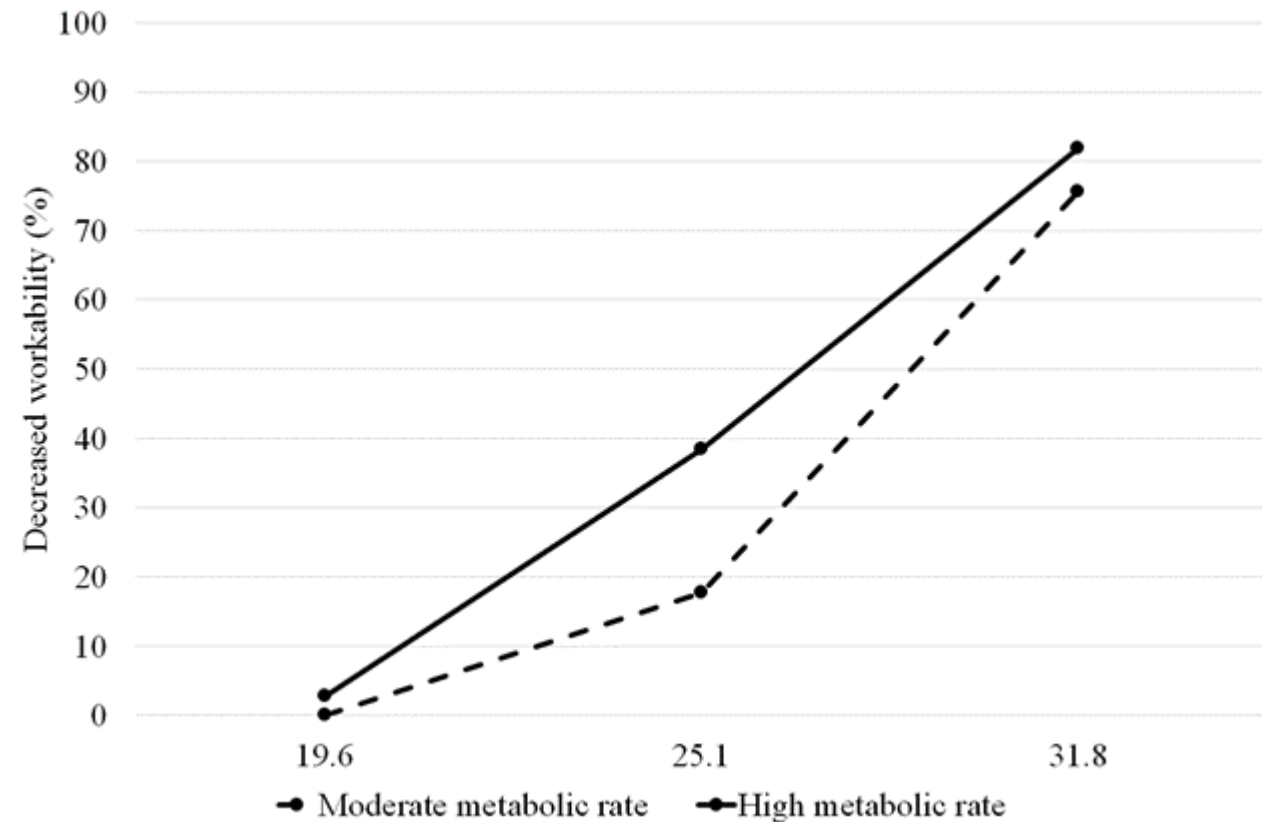
journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



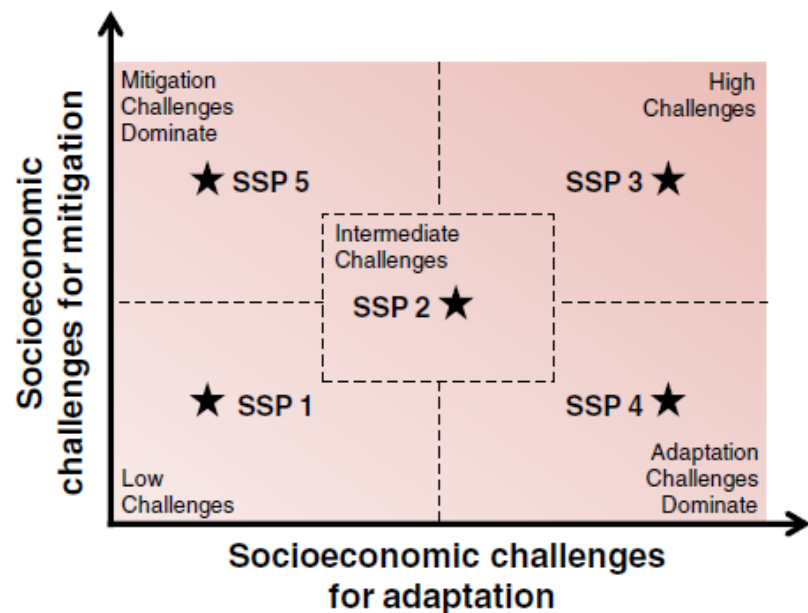
Climate change and occupational health and safety. Risk of injuries, productivity loss and the co-benefits perspective

A. Marinaccio^{a,*}, C. Gariazzo^a, L. Taiano^a, M. Bonafede^a, D. Martini^b, S. D'Amario^b, F. de' Donato^c, M. Morabito^d, Worklimate working group¹

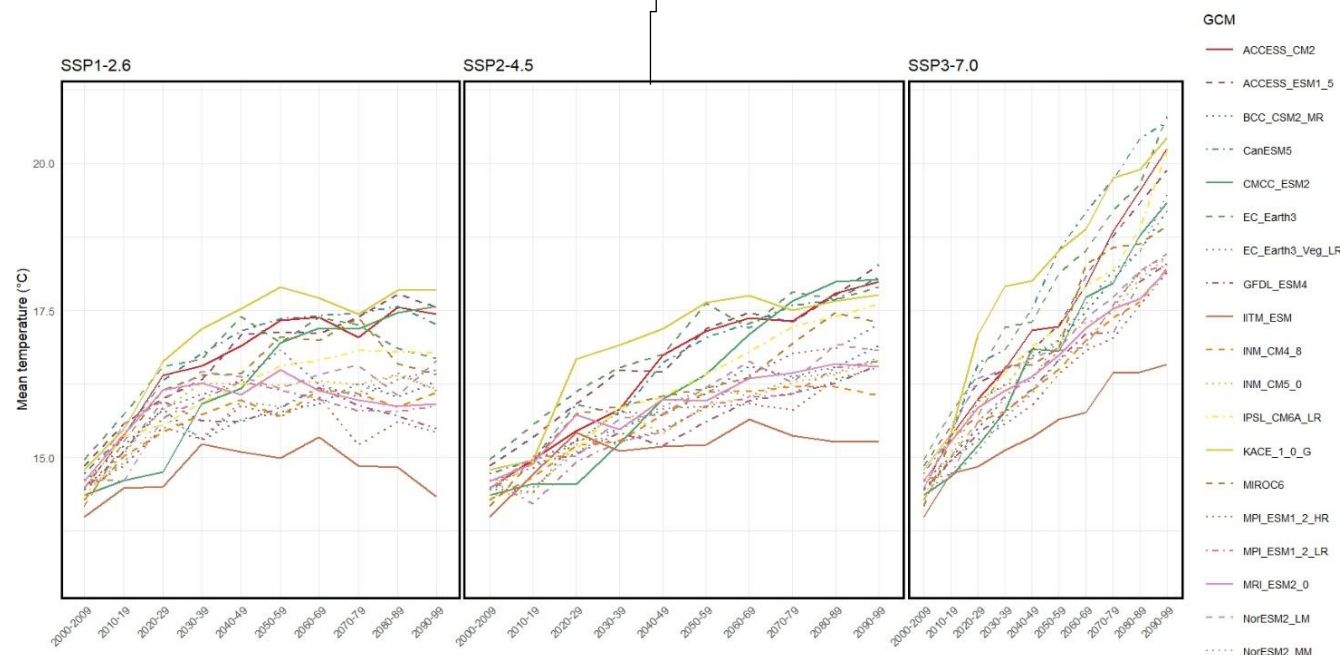
Le misure di prevenzione e le strategie di adattamento per contrastare l'esposizione occupazionale a temperature estreme possono contribuire sia a contenere il rischio di infortuni, sia a evitare la perdita di produttività, in un'ottica di co-benefits.



Scenari climatici e stime di impatto



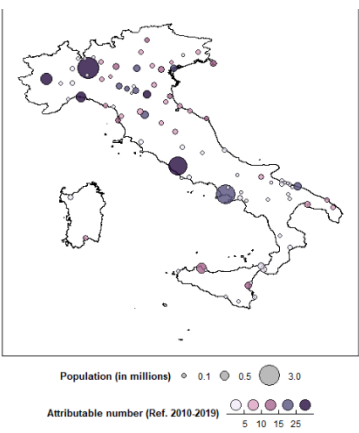
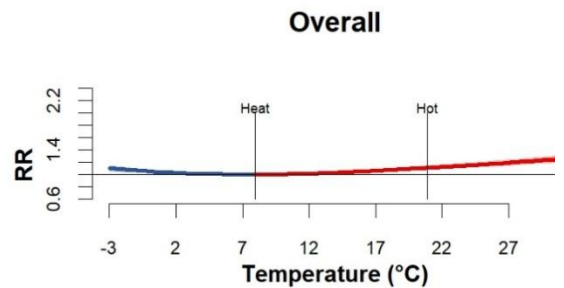
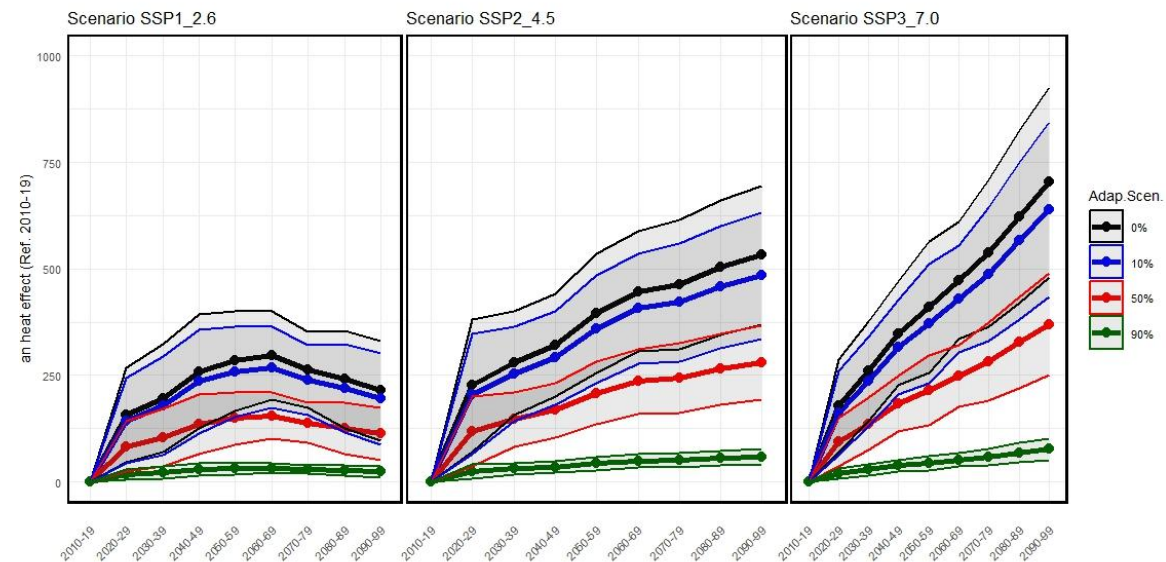
E' possibile stimare l'impatto delle ondate di calore sul rischio di infortunio occupazionale, in relazione agli scenari climatici ed alle strategie di adattamento.
Gariazzo C et al (Env Res, 2026; submitted).



- **SSP1-2.6:** un'Europa più equa, impegnata nella sostenibilità e in stili di vita a basso consumo, con conseguenti azioni significative sia per la mitigazione sia per l'adattamento
- **SSP2-4.5:** un'Europa che mantiene le attuali disuguaglianze, con una crescente privatizzazione e progressi lenti verso la mitigazione e l'adattamento
- **SSP3-7.0:** un'Europa caratterizzata da crescente instabilità, conflitti regionali e disuguaglianze, con scarsi o nulli sforzi verso la mitigazione e l'adattamento.

Scenari climatici e stime di impatto

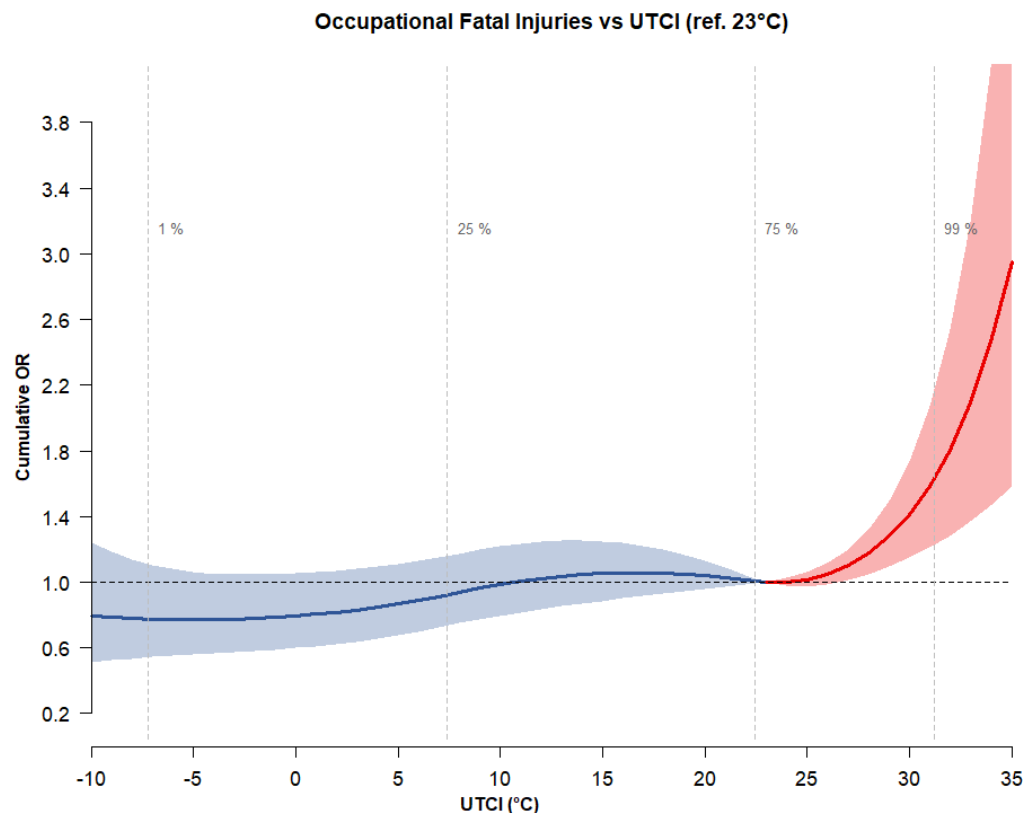
Casi attribuibili caldo correlati per scenari di adattamento



Anche in presenza di scenari climatici e di adattamento favorevoli, l’impatto delle ondate di calore sul rischio di infortunio occupazionale rimane rilevante.
Gariazzo C et al [Env Res, 2026; under review].

Periodo	Settore	SSP1_2.6	SSP2_4.5	SSP3_7.0
2010-2019	Tutti	0 (ref.)	0 (ref.)	0 (ref.)
2040-2049	Tutti	0.18 (0.09-0.28)	0.23 (0.14-0.31)	0.25 (0.16-0.33)
2070-2079	Tutti	0.19 (0.12-0.25)	0.33 (0.22-0.44)	0.38 (0.26-0.5)
2010-2019	Costruzioni	0 (ref.)	0 (ref.)	0 (ref.)
2040-2049	Costruzioni	0.23 (0.11-0.34)	0.37 (0.25-0.48)	0.37 (0.25-0.49)
2070-2079	Costruzioni	0.17 (0.09-0.26)	0.44 (0.29-0.59)	0.55 (0.38-0.72)
2010-2019	Trasporti	0 (ref.)	0 (ref.)	0 (ref.)
2040-2049	Trasporti	0.19 (0.07-0.32)	0.28 (0.16-0.40)	0.30 (0.18-0.42)
2070-2079	Trasporti	0.13 (0.03-0.23)	0.32 (0.16-0.48)	0.45 (0.27-0.62)
2010-2019	Agricoltura	0 (ref.)	0 (ref.)	0 (ref.)
2040-2049	Agricoltura	0.55 (0.36-0.73)	0.82 (0.65-0.99)	0.84 (0.69-1.)
2070-2079	Agricoltura	0.42 (0.27-0.56)	0.99 (0.8-1.18)	1.20 (0.99-1.41)

Stime di impatto, decessi per infortunio sul lavoro



E' possibile stimare i decessi associati all'esposizione dei lavoratori a temperature estreme (15 decessi/anno caldo correlati) che è confermata dall'analisi sistematica della letteratura grigia.

Taiano L et al [Env Res, 2026; under review]

Overall

Heat

Cold

Relative Risk

1.61 [1.2-2.1]

0.84 [0.6-1.1]

Settore (heat)

Agricoltura

Edilizia

5.90 [2.5-13.9]

2.26 [1.0-4.9]

Nationality (heat)

Italiana

Non italiana

1.57 [1.2-2.1]

2.17 [1.1-4.5]

Esposizione a temperature estreme e formazione. Segmenti occupazionali vulnerabili.



International Journal of
*Environmental Research
and Public Health*



Analisi su casi studio aziendali hanno mostrato nel settore dell'agricoltura e dell'edilizia un ampio spazio di azione per la formazione e l'informazione sui rischi di esposizione al caldo estremo durante il lavoro con aspetti peculiari per i lavoratori migranti.

E' necessario predisporre strumenti specifici che considerino le specificità culturali, religiose, linguistiche e di adattabilità

Article

Heat Stress Perception among Native and Migrant Workers in Italian Industries—Case Studies from the Construction and Agricultural Sectors

Alessandro Messeri ^{1,2,*}, Marco Morabito ^{1,3} , Michela Bonafede ⁴ , Marcella Bugani ⁴,
Miriam Levi ⁵ , Alberto Baldasseroni ⁵, Alessandra Binazzi ⁴, Bernardo Gozzini ⁶,
Simone Orlandini ^{1,2} , Lars Nybo ⁷  and Alessandro Marinaccio ⁴ 



Heat at work: European commission, advisory committee opinion on climate change and OSH (Doc 016-24)



EUROPEAN COMMISSION
DG Employment, Social Affairs and Inclusion
Working Conditions and Social Dialogue
Health and Safety at Work, EU OSHA

Doc. 016-24

The Advisory Committee on Safety and Health at Work

Opinion

Climate Change – extreme weather conditions

Adopted on 27/11/2024

Viene sottolineata la necessità di implementare misure tecniche (idratazione, disponibilità aree fresche e ventilate di riposo) e organizzative (gestione pause, acclimatazione, informazione e consapevolezza).

Viene citata l'esperienza di Workclimate (e l'utilizzo del WBGT) come modello di riferimento.

3.6. Experiences at national level and existing tools

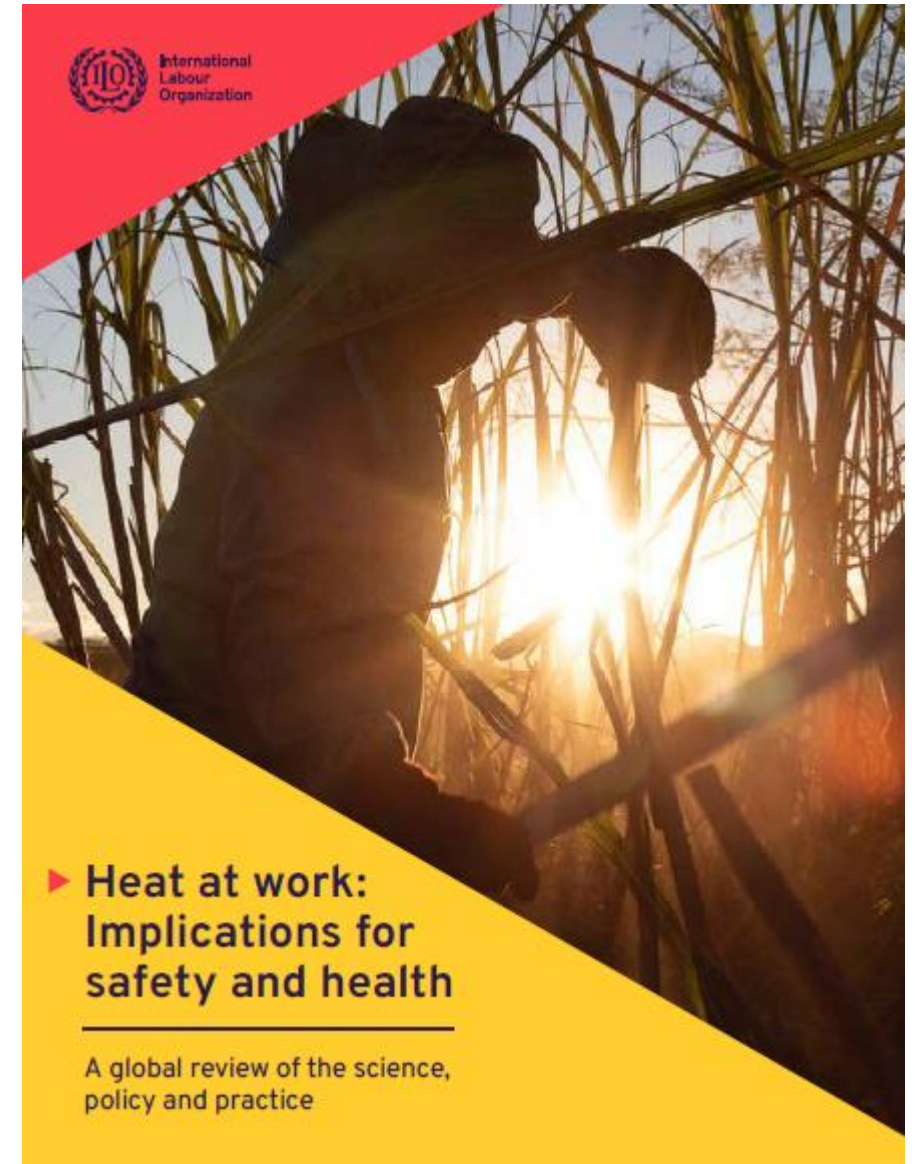
In Italy, several national bodies have published circular notes, tools, vademecum and guidelines on the topic allowing to identify the necessary measures to adopt in the indoor and outdoor workplace taking into account the specific features of the case, both from the sectorial and territorial aspect. Firstly, it is mandatory to evaluate all risks and to indicate the preventive and protective measures implemented. Moreover, the tool "Workclimate", developed by the National Institute for Insurance against Accidents at Work (INAIL), has the aim of managing the thermal risk, defining an information guide for workers, employers and responsible parties.

Heat at work: implications for safety and health. ILO research paper

Viene sottolineata l'importanza dei sistemi di sorveglianza e della verifica dell'impatto delle politiche.

- ✓ Misure organizzative: turni, rotazioni, orari, ...
- ✓ Misure strumentali: aree ombreggiate, disponibilità di acqua, vestiario refrigerante, ...
- ✓ Piattaforme di allerta dedicate all'ambito occupazionale (www.workclimate.it)

<https://www.ilo.org/publications/heat-work-implications-safety-and-health>



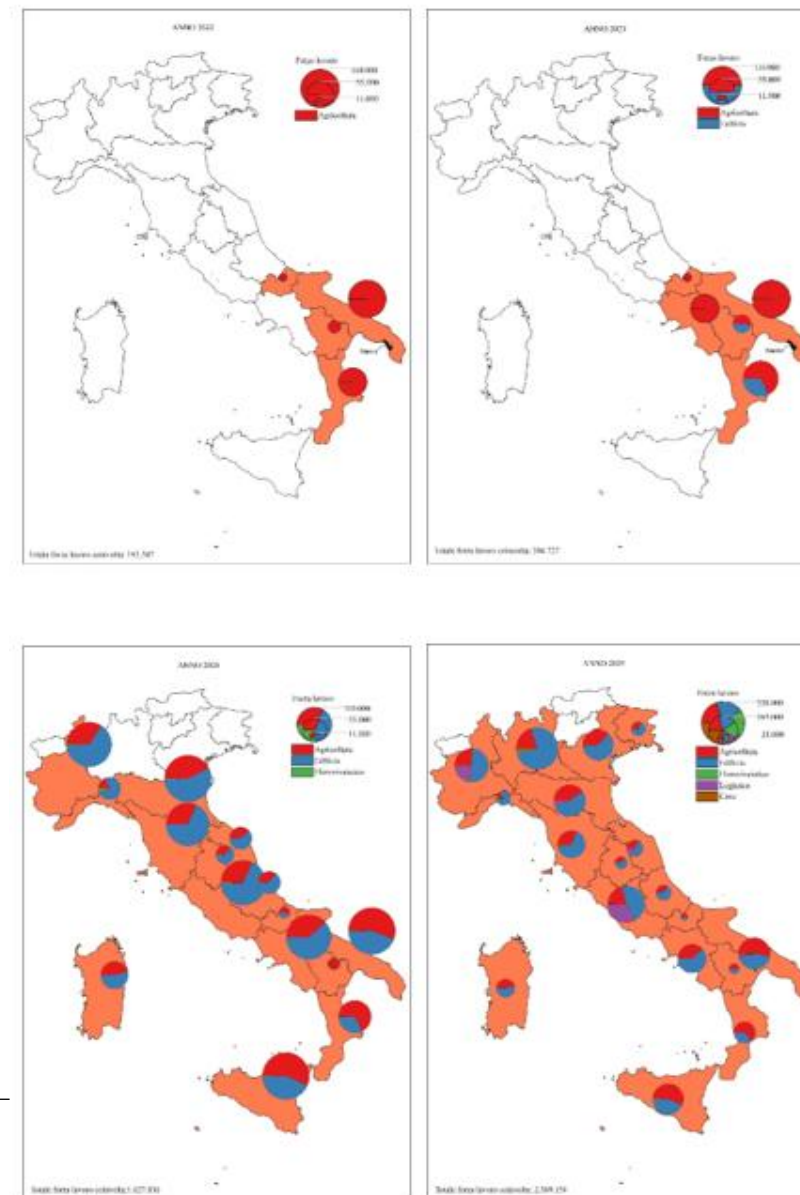
Il Progetto di ricerca WORKCLIMATE. Impatti sulle politiche di prevenzione

Ricerca scientifica e politiche di adattamento. Il progetto Workclimate e le ordinanze regionali di protezione dei lavoratori dal caldo estremo

Scientific research and adaptation policies. The Workclimate project and the regional actions for protecting workers from extreme heat.

Nell'estate del 2025, 18 regioni italiane hanno emanato provvedimenti di chiusura delle aziende agricole e edili, nei segmenti spazio temporali indicati dalla piattaforma Workclimate come ad alto rischio per i lavoratori.

Marinaccio et al, 2026; Epidemiologia e Prevenzione, in press



Il Progetto di ricerca WORKCLIMATE. Impatti sulle consapevolezza collettiva

- ✓ Il Progetto Workclimate in questi anni ha dato un contributo rilevante alla consapevolezza collettiva della rilevanza del tema del cambiamento climatico, anche in relazione alla salute ed alla sicurezza dei lavoratori.
- ✓ Nell'ambito del progetto, la produzione di evidenze scientifiche ed epidemiologiche originali ha consentito di disporre di dati d'impatto altrimenti invisibili.
- ✓ Nihil volitum quin praecognitum ...



Grazie per l'attenzione