



**Università degli Studi di Padova**

**Dipartimento di Medicina**

**Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dell'Attività Motoria  
Preventiva e Adattata**

Tesi di Laurea:

**LA SEGNALETICA MONTANA È PRECISA? STUDIO DI  
VALIDAZIONE DI UN ALGORITMO DI PREDIZIONE DEL  
TEMPO DI PERCORRENZA DI UN SENTIERO IN SICUREZZA  
SU DATI RACCOLTI DA PIATTAFORME DI TREKKING  
ONLINE**

Relatore: Dott. Daniel Neunhaeuserer

Correlatore: Dott. Marco Vecchiato

Laureanda: Vanessa Franzoi

N° di matricola: 2057365

Anno accademico 2022/2023



# INDICE

<b>1. LA COSTANTE CRESCITA DEL TURISMO DI MONTAGNA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Hiking e turismo in Italia: l'aumento degli infortuni e delle richieste di soccorso alpino.....	1
1.1.1 Il CNSAS.....	3
1.1.2 Le statistiche.....	6
1.2 I cambiamenti fisiologici ad alta quota.....	8
1.3 Malattie croniche: i rischi potenziali ad alta quota.....	13
1.4 La segnaletica.....	18
<b>2. SCOPO .....</b>	<b>21</b>
<b>3. MATERIALI E METODI .....</b>	<b>22</b>
3.1. Disegno di ricerca.....	22
3.2. Descrizione sentieri.....	23
3.3. Estrazione dati.....	32
3.4. Descrizione delle metodiche di stima.....	33
3.5. Analisi statistica.....	34
<b>4. RISULTATI .....</b>	<b>35</b>
<b>5. DISCUSSIONE .....</b>	<b>41</b>
5.1. Limitazioni e prospettive future.....	44
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>46</b>
<b>SITOGRAFIA.....</b>	<b>50</b>

# RIASSUNTO

## Introduzione

La crescente popolarità dell'esposizione all'alta quota, soprattutto in seguito alla pandemia causata dal Coronavirus SARS-CoV-2, può essere attribuita ad un maggior interesse per uno stile di vita attivo e avventuroso, nonché alle bellezze naturali che l'ambiente montano offre. Con l'incremento della partecipazione alle attività montane, il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS) ha registrato un concomitante aumento degli incidenti, in gran parte dovuto alla limitata consapevolezza dei rischi associati a questo ambiente. Ciò ha suscitato un rinnovato interesse nell'adozione di misure preventive durante le escursioni, al fine di prevenire e ridurre tali incidenti. I cartelli della segnaletica fisica montana rappresentano un elemento rilevante da considerare nell'ambito della prevenzione in montagna, in quanto l'indicazione generica del tempo di percorrenza che forniscono potrebbe non risultare adeguatamente accurata e idonea a tutte le categorie di visitatori delle zone montane, considerando la diversificata tipologia d'utenti coinvolta in questa attività.

## Obiettivo

Lo scopo di questo progetto di tesi è stato quello di indagare una possibile differenza statisticamente significativa tra i tempi di percorrenza reali caricati dagli utenti sulla piattaforma Wikiloc e quelli offerti da tre diverse metodiche di stima, con l'obiettivo di valutare se l'algoritmo predittivo MOVE potesse rappresentare la metodica più accurata.

## Materiale e metodi

Sono stati selezionati 20 sentieri distinti all'interno della piattaforma Wikiloc ed è stata condotta un'analisi dei dati relativi ad un campione di 530 utenti. Successivamente, sono stati esaminati e messi a confronto i tempi di percorrenza registrati dagli utenti per ciascun sentiero selezionato con le stime offerte dalle tre diverse metodiche: il tempo indicato dal

cartello della segnaletica verticale, l'applicazione Komoot e l'algoritmo predittivo MOVE.

### Risultati

I risultati ottenuti hanno rivelato che non vi è una differenza statisticamente significativa tra i dati dei tempi reali di percorrenza caricati dagli utenti su Wikiloc e l'algoritmo MOVE ( $p=0,090$ ), contrariamente a quanto osservato con le altre due metodiche di stima, in cui si evidenzia una differenza statisticamente significativa ( $p<0,001$ ). Tali risultati suggeriscono che il tempo stimato dall'algoritmo si avvicina maggiormente al tempo effettivo di percorrenza registrato dagli utenti.

### Conclusioni

In prospettiva futura, attraverso la personalizzazione dei tempi di percorrenza tramite l'algoritmo, sarà possibile attuare strategie preventive finalizzate alla riduzione di infortuni ed incidenti in ambiente montano, promuovendo inoltre gli aspetti salutari dell'esercizio fisico durante le attività all'aperto anche per i soggetti non allenati e per pazienti con malattie croniche.

# ABSTRACT

## Introduction

The growing popularity of trekking in higher altitudes, especially in the aftermath of the pandemic caused by the SARS-CoV-2, might be attributed to an increased interest in an active and adventurous lifestyle, enjoying the natural beauty that the mountain environment offers. As participation in outdoor activities in mountains has increased, the “Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico” (CNSAS) has experienced a concomitant raise in accidents and emergency calls, largely due to limited awareness of the risks associated with this environment. This has prompted a renewed interest in taking preventive measures during hiking to prevent and reduce such adverse events. Physical mountain signage is a relevant element to consider in mountain prevention, as the generic indication of walking time may not be adequately accurate and suitable for everyone due to the diverse types of users who frequent mountain areas.

## Aim of the study

The purpose of this thesis project was to investigate a potential statistically significant difference between the actual travel times uploaded by users on the Wikiloc platform and those provided by three different estimation methods, with the aim of assessing whether the predictive MOVE algorithm could represent the most accurate estimation method.

## Material and methods

Twenty distinct trails within the Wikiloc platform were selected and a data analysis was conducted for a sample of 530 users. Next, the travel times recorded by users for each selected trail were examined and compared with the estimates offered by the three different methods: the time indicated by the vertical signage sign, the Komoot application, and the predictive MOVE algorithm.

## Results

The obtained results revealed that there was no statistically significant difference between the travel time data uploaded by users on Wikiloc and the MOVE algorithm ( $p=0.090$ ), in contrast to what was observed with the other two estimation methods, where a

statistically significant difference ( $p < 0.001$ ) was shown. These results suggest that the time estimated by the algorithm is closer to the real trekking time recorded by users.

### Conclusions

Through the customization of trekking time calculations using an algorithm which includes specific individual bio-physical information, it might be possible to implement preventive strategies aimed at reducing injuries and accidents in the mountain environment, thereby promoting the healthy aspects of physical exercise during outdoor activities also for untrained subjects and patients with chronic diseases.

# **1. LA COSTANTE CRESCITA DEL TURISMO DI MONTAGNA**

## **1.1. Hiking e turismo in Italia: l'aumento degli infortuni e delle richieste di soccorso alpino**

L'attività fisica svolta in ambiente montano comporta una serie di vantaggi significativi per la salute, sia dal punto di vista mentale che fisico. Attività come il trekking contribuiscono ad allenare il volume e la capacità polmonare, migliorano la capacità di resistenza e la coordinazione e rafforzano muscoli, ossa e articolazioni. In aggiunta, l'esercizio all'aria aperta ha un impatto positivo sul tono dell'umore, riducendo i livelli di stress. Milioni di persone in tutto il mondo praticano sport di montagna, soprattutto nella stagione estiva. Tuttavia è importante tenere presente che le attività che si svolgono in montagna possono comportare incidenti e decessi: questo rischio varia notevolmente a seconda del tipo di attività di montagna che si pratica. [1] Gli sport di montagna che vengono principalmente praticati durante la stagione estiva sono: l'escursionismo, la mountain bike e l'arrampicata su roccia o ghiaccio. Il "walking tourism" permette ai visitatori di vivere ed apprezzare i paesaggi di montagna con la sua flora e la sua fauna, oltre che il patrimonio culturale locale. Se gestito nel modo adeguato, il turismo escursionistico può portare ad una serie di vantaggi sia economici che sociali alle comunità locali, soprattutto come fonte di reddito durante la stagione estiva. [2] Negli ultimi anni, in seguito alla pandemia causata dal Coronavirus SARS-CoV-2, è cresciuta la quota di turisti che hanno scelto l'Italia come meta per una vacanza immersa nella natura, con soggiorni all'aria aperta che offrono molteplici attività. Le escursioni e le gite rappresentano la principale motivazione di vacanza (76%). In seguito alla pandemia, infatti, si è verificato un aumento del turismo all'aria aperta: il 35% dei turisti ha scelto di fare una vacanza in Italia nell'anno 2021, e il 28% ha preferito l'Italia rispetto ad altri Paesi grazie alle bellezze naturalistiche e alla possibilità di godere di un turismo più libero e sicuro durante la pandemia. [3]



In seguito alla crescente partecipazione alle attività svolte in ambiente montano durante gli ultimi anni, è emerso un parallelo aumento degli incidenti attribuibile alla limitata consapevolezza dei rischi specifici associati a tale contesto. [4] La mancanza di esperienza sembra essere una delle principali motivazioni alla base delle richieste di soccorso: tale inesperienza si associa all'incremento significativo delle persone sottoposte a soccorso ma che non riportano ferite. È da tener presente che le operazioni di ricerca e di soccorso condotte nelle zone montane risultano intrinsecamente pericolose per gli operatori coinvolti, e vengono rese ancor più difficoltose dall'ambiente stesso. Per questo motivo la conoscenza delle caratteristiche degli incidenti risulta essere estremamente essenziale, allo scopo di ridurre i rischi per i turisti e i costi sanitari. Le strategie preventive devono tener conto della varietà delle discipline sportive praticate in ambiente montano, inclusa l'analisi delle differenze sia dei fattori di rischio che dei praticanti; questi sforzi preventivi devono focalizzarsi in modo specifico sulle attività con un elevato livello di rischio e sui soggetti ad alto rischio. [1]

Una delle misure preventive contro gli incidenti in ambiente montano e negli ambienti ostili è rappresentata dal progetto "Sicuri in Montagna" promosso dal CNSAS (Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico) del Club Alpino Italiano (CAI). L'opuscolo "Sicuri sul Sentiero" [5] mette in luce come i dati acquisiti durante le operazioni di soccorso rivelino come i sentieri siano frequentemente percorsi da individui non adeguatamente preparati con una scarsa conoscenza dell'ambiente montano e/o che non rispettano adeguatamente le norme e le regolamentazioni in vigore. Inoltre i sentieri in montagna possono variare molto in termini di difficoltà. Risulta quindi necessaria una programmazione attenta delle escursioni attraverso la raccolta di informazioni affidabili o la consultazione di guide e manuali. La selezione del percorso da intraprendere dovrebbe essere adattata alle capacità degli escursionisti, tenendo conto inoltre delle competenze e del livello di allenamento degli individui meno esperti che faranno parte del gruppo (bambini ed anziani). In questo progetto vengono affrontati vari aspetti relativi alla prevenzione, tra cui l'importanza di essere provvisti di adeguate attrezzature e abbigliamento, le azioni da intraprendere in caso di incidenti e patologie, il valore di affrontare i sentieri in compagnia, la rilevanza nell'informarsi sulle previsioni meteo e le linee guida su quando e come chiamare il soccorso in caso di necessità. L'obiettivo primario di questa iniziativa è quindi quello di fornire agli escursionisti un messaggio che

possa stimolare una riflessione, con l'intento di sensibilizzare sull'importanza della prevenzione degli incidenti durante le escursioni.

### **1.1.1 Il CNSAS**

Il Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico (CNSAS) è una Sezione nazionale del Club Alpino Italiano (CAI). Si tratta di un ente che effettua soccorsi sanitari e tecnici in ambienti montani, nelle grotte o negli ambienti impervi presenti in tutto il paese. Le diverse attività condotte con il Servizio Sanitario Nazionale 118 hanno, come obiettivo primario, quello di garantire il soccorso e l'assistenza immediata agli individui infortunati, ai soggetti in difficoltà, alle persone in imminente pericolo di vita, nonché alla ricerca e al soccorso dei dispersi e al recupero delle vittime.

L'elicottero rappresenta uno dei migliori alleati del Soccorso Alpino e Speleologico. A partire dagli anni '60 i primi gruppi di soccorritori avviarono una collaborazione con i Reparti Volo dell'Esercito e dell'Aeronautica: nel tempo sono state acquisite competenze uniche e specializzate che hanno reso i Tecnici di Elisoccorso (TE) del CNSAS delle figure essenziali all'interno del moderno sistema sanitario. Attualmente il CNSAS svolge le proprie attività in una stretta collaborazione con gli enti del servizio di emergenza sanitaria (118) attraverso l'impiego di elicotteri sanitari dotati e predisposti di specifiche attrezzature. Vengono eseguiti interventi di soccorso in ambienti montani e in tutte quelle situazioni in cui l'elicottero risulta la soluzione ottimale per effettuare operazioni di soccorso e assistenza. Una problematica riscontrata nel corso degli ultimi anni è rappresentata dall'incremento significativo del numero di decessi causati dalla collisione degli elicotteri con vari ostacoli al volo durante le operazioni di elisoccorso. [6] Questi ostacoli comprendono strutture quali linee elettriche, teleferiche, impianti a fune e antenne. Uncem (Unione Nazionale Comuni Comunità Enti Montani) e CNSAS segnalano diversi incidenti che si sono verificati negli anni e che hanno provocato il decesso di persone che erano impegnate in operazioni di soccorso, sottolineando l'importanza di adottare tempestivamente una legge per affrontare la questione degli ostacoli al volo al fine di potenziare la sicurezza delle attività di elisoccorso svolte dal servizio 118/Soccorso Alpino, nonché dai servizi antincendio boschivo, dalla protezione

civile, dai servizi degli enti dello Stato e dalle attività di lavoro aereo. Uncem e CNSAS evidenziano quindi l'importanza di ottenere l'emanazione di una normativa che permetta di delineare in maniera precisa il concetto di ostacolo al volo, prevedendo l'obbligo di effettuare la mappatura e la conseguente segnalazione di ostacoli al volo di natura fissa o temporanea sia orizzontali che verticali.

Quando le condizioni metereologiche e ambientali lo consentono e la gravità dell'infortunio lo richiede, l'intervento di soccorso viene effettuato mediante l'utilizzo dell'elicottero. L'arrivo dell'elicottero presenta delle questioni relative al comportamento e alla comunicazione che devono essere conosciute da coloro che prestano assistenza all'infortunato. [5] Risulta quindi necessaria l'adozione di segnali visivi semplici di natura convenzionale ed internazionale che permettano di facilitare le comunicazioni essenziali. Una singola persona viene designata come comunicatore (figura 1): questa si pone con le spalle rivolte al vento e rimane ferma durante l'avvicinamento dell'elicottero. Quando il pilota è in fase di atterraggio, il segnalatore si accuccia a terra rimanendo immobile; gli altri presenti sono tenuti ad allontanarsi dalla zona dell'intervento.



**Figura 1.** Come segnalare ad un elicottero se si necessita di soccorso. Tratto da “Sicuri in Montagna”, progetto a cura della Direzione Nazionale del CNSAS – opuscolo “Sicuri sul Sentiero”

Se le condizioni del terreno sono favorevoli verrà eseguita una manovra di atterraggio: questa operazione può essere condotta solamente in aree che non presentano ostacoli quali teleferiche, linee elettriche, vegetazione o altri ostacoli. Inoltre è essenziale che la zona di atterraggio sia facilmente riconoscibile dall’alto. Quando le condizioni del terreno non consentono l’atterraggio, il pilota può optare per avvicinarsi al luogo dell’incidente effettuando una manovra di volo stazionario (hovering). Questa risulta essere impegnativa per il pilota che deve mantenere l’elicottero in uno stato di equilibrio precario. Lo sbarco dei soccorritori e il trasporto dell’infortunato richiedono estrema cautela e avvengono solamente con l’approvazione del personale di volo.

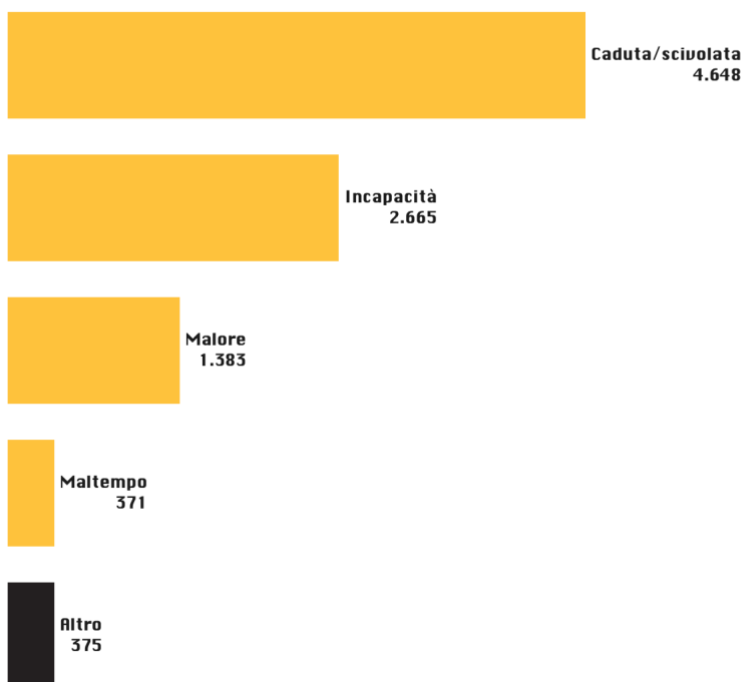
## 1.1.2 Le statistiche

Negli anni successivi alla pandemia causata dal Coronavirus SARS-CoV-2 nell'inverno 2020, la montagna è diventata una delle mete privilegiate per milioni di italiani e stranieri. I dati statistici relativi all'anno 2021 registrati dal CNSAS hanno evidenziato un record di interventi a causa della grande frequentazione della montagna. [7] Complessivamente, sono state compiute 10.730 missioni, dove la caduta/scivolata rappresenta la causa principale di richiesta di soccorso, con oltre 4.696 chiamate che rappresentano il 46,8% delle cause degli incidenti. L'attività principale praticata al momento dell'incidente è rappresentata dall'escursionismo (47,8%), con una maggioranza di feriti leggeri o illesi.

Nel corso dell'anno 2022 il Soccorso Alpino e Speleologico è intervenuto in missioni di soccorso con un incremento del 9,8% rispetto al 2021. Le principali cause alla base degli interventi sono principalmente attribuibili a tre fattori: la caduta o scivolata (che rappresenta il 45,9% degli interventi), l'incapacità nel corso dell'attività svolta (che rappresenta il 26,3% degli interventi) e il malore (che rappresenta il 13,7% degli interventi). Secondo le statistiche, in Italia nel 2022 si è registrato un aumento delle vittime in ambiente impervio, per un totale di 504 persone decedute, riscontrando un incremento significativo pari al +13,5% rispetto all'anno precedente (2021) (figura 2). Il profilo medio della persona soccorsa corrisponde ad un uomo di nazionalità italiana con un'età compresa tra i 50 e 60 anni, che ha riportato ferite lievi a causa di una scivolata durante un'escursione durante il periodo estivo, in particolare nel mese di agosto (figura 3). Infatti, la metà degli interventi del Soccorso Alpino e Speleologico si concentra durante i mesi estivi di giugno (9,5%), luglio (14,6%), agosto (16%) e settembre (10,1%). [8]

Figura 2. Tratto dai grafici per uso social dei dati 2022 del CNSAS

### Le cause degli interventi



### Le persone soccorse mese per mese

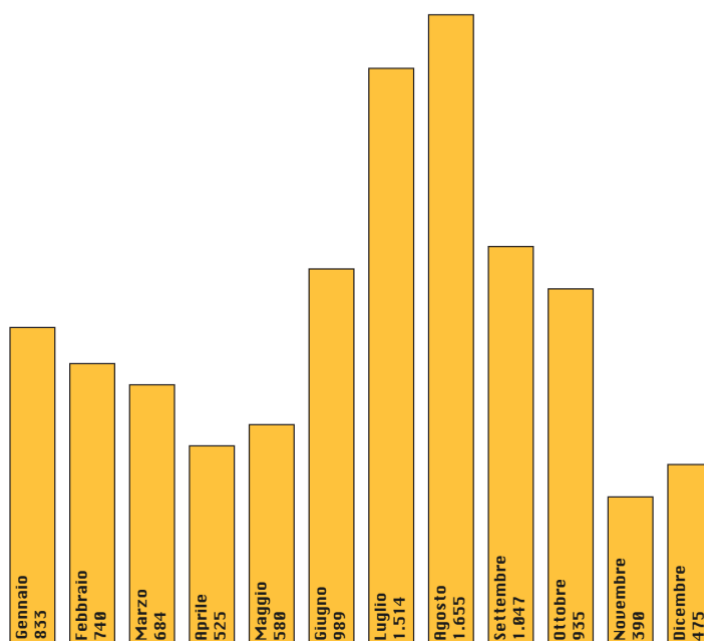


Figura 3. Tratto dai grafici per uso social dei dati 2022 del CNSAS

## 1.2 I cambiamenti fisiologici ad alta quota

La classificazione di quota nel tempo ha subito diverse modifiche. Quella di Bartsch del 2008 considera:

- livello del mare: 0 – 500 metri s.l.m;
- bassa quota: l'ambiente fino a 2.000 metri s.l.m;
- media quota: tra i 2.000 e i 3.000 metri s.l.m;
- alta quota: tra i 3.000 e 5.500 metri s.l.m;
- quota estrema: sopra i 5.500 metri s.l.m.

Con l'aumentare della quota si verifica una diminuzione della pressione barometrica (ipobarismo) e una conseguente diminuzione della pressione parziale d'ossigeno (ipossia). [9] L'ipossia comporta una diminuzione sia della pressione alveolare di ossigeno che della disponibilità di ossigeno a livello tissutale. (Tabella 1)

**Tabella 1.** Relazione tra altitudine, pressione atmosferica, pressione parziale di O<sub>2</sub> (PO<sub>2</sub>) e pressione alveolare di O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub>)

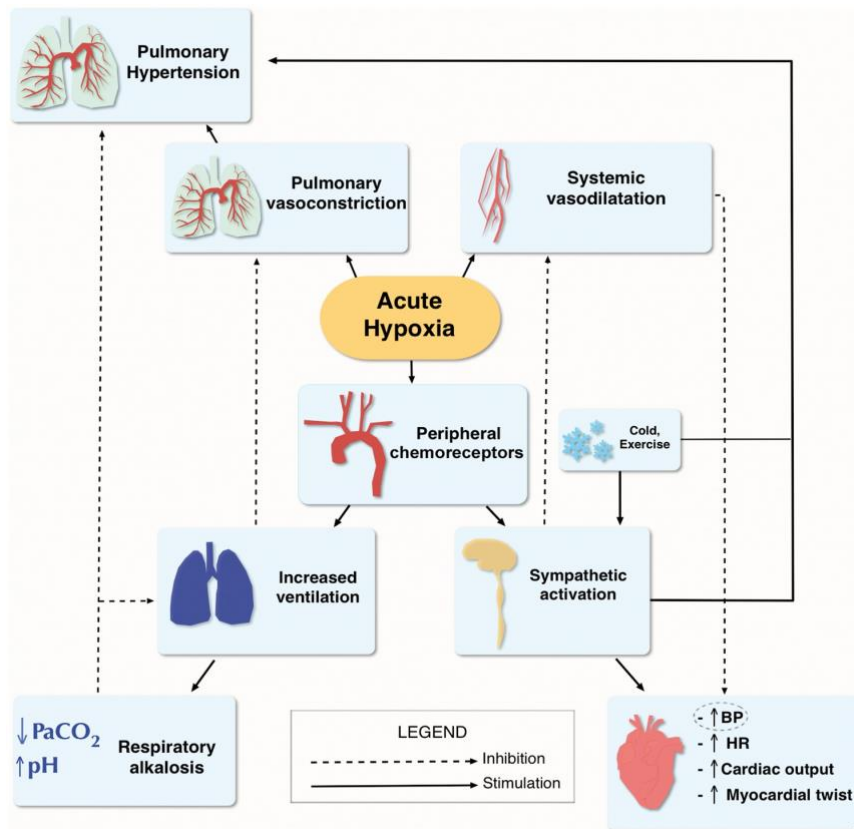
Altitudine (m su livello del mare)	Pressione atmosferica (mmHg)	Pressione parziale di O <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> ) a livello ambientale (mmHg)	Pressione alveolare di O <sub>2</sub> (PaO <sub>2</sub> ) (mmHg)
0	760	159	100
1000	674	141	88
2000	596	125	78
3000	526	110	60
4000	462	97	41
5000	405	85	39
6000	354	74	34
7000	308	64	30

Tratto da "Il lavoro in alta quota: nozioni di fisiopatologia, fattori di rischio, sorveglianza sanitaria e criteri per l'elaborazione del giudizio di idoneità" - G. Taino, G. Giardini, O. Pecchio, M. Brevi, M. Giorgi, M. G. Verardo, E. Detragiache, M. Imbriani - Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia 2012 - Vol. 34 - N. 2 – Aprile - Giugno 2012 - pag. 103

Fino a 500 m. le variabili atmosferiche subiscono poche modifiche, tali da non richiedere alcuna compensazione fisiologica e, di conseguenza, le prestazioni fisiche del soggetto non vengono influenzate. A quote tra i 500 m. e i 2.000 m. si inizia ad osservare una compensazione da parte dell'organismo a causa delle variazioni nella pressione atmosferica e nella pressione parziale d'ossigeno. Tuttavia l'intensità di tali variazioni è ancora bassa al punto che la maggior parte delle persone non percepisce alcun disagio. Tra i 2.000 m. e i 3.000 m. le modifiche dell'ambiente diventano più evidenti, pertanto anche l'organismo inizia ad adattarsi a questi cambiamenti. A quote superiori (oltre i 3.000 m.) si osserva una graduale diminuzione della saturazione percentuale d'ossigeno, il che rende il lavoro fisico più faticoso, comportando una riduzione della capacità aerobica rispetto il livello del mare. È possibile rimanere solo per brevi periodi di tempo oltre i 5.500 m. di quota. [9] [10]

Il nostro organismo, come risposta alla ridotta disponibilità di ossigeno, apporta alcune modificazioni delle sue funzionalità con lo scopo di garantire un apporto costante di ossigeno alle cellule, soprattutto degli organi nobili quali cervello, cuore e polmoni, anche a discapito degli organi più periferici. Questi meccanismi compensatori messi in atto dall'organismo per adattarsi all'ipossia tissutale danno luogo ad un processo chiamato acclimatazione, che si identifica come una serie di "aggiustamenti" rapidi che permettono di ridurre in tempi brevi (ore/giorni) e parzialmente gli effetti negativi dell'ipossia acuta; si differenzia dagli "adattamenti" a lungo termine, che avvengono più lentamente (settimane/mesi) e che hanno il fine di creare le condizioni necessarie per una migliore tolleranza dell'ambiente ipossico/ipobarico. Nell'acclimatazione si possono riscontrare (figura 4): un aumento della ventilazione polmonare (ampiezza e frequenza degli atti respiratori); un incremento della gittata cardiaca grazie all'aumento della frequenza cardiaca (gittata cardiaca = gittata sistolica x frequenza cardiaca); un aumento degli ormoni dello stress quali catecolamine e cortisolo; un incremento dell'attività simpatica e quindi della pressione arteriosa sia a riposo che durante l'esercizio submassimale.

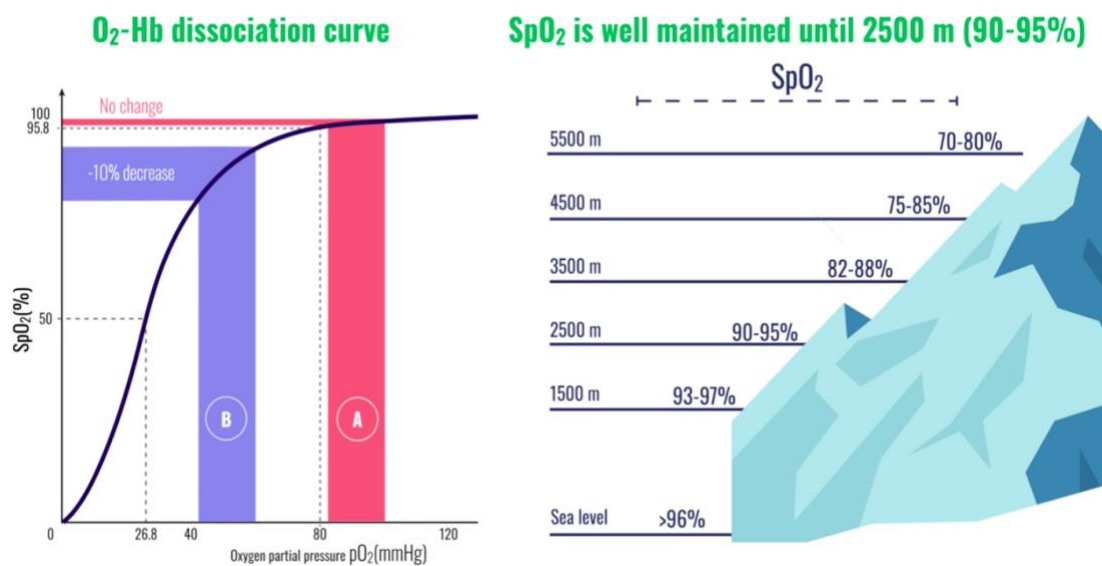




**Figura 4. Risposta dell'organismo all'ipossia.** Adapted from Bartsch and Gibbs. Tratto da: Eur Heart J. 2018 May 1; 39(17): 1546–1554. Published online 2018 Jan 11. doi: 10.1093/eurheartj/ehx720 [11]

L'aumento della ventilazione porta ad alcalosi respiratoria; ne consegue, dopo poche ore, un aumento da parte del rene dell'escrezione di bicarbonato e della produzione di urina per compensare l'alcalosi respiratoria.

Anche la curva di dissociazione dell'emoglobina gioca un ruolo cruciale nella risposta fisiologica all'ipossia (figura 5). In un soggetto normale la forma sigmoide della curva consente di mantenere la saturazione fino a 2.500 metri. Tuttavia, a quote più elevate, anche lievi diminuzioni della pressione parziale d'ossigeno causano significative variazioni nella saturazione dell'ossigeno.



**Figura 5. Curva di dissociazione dell'emoglobina.** Tratto da “Risks and Benefits of exercise in mountains” – Dott. Marco Vecchiato – Exercise in Medicine: From Functional Evaluation to Adapted Exercise Training [12]

Gli aggiustamenti, che in parte riducono gli effetti avversi dell'ipossia come la ridotta saturazione dell'emoglobina, la riduzione della performance atletica e l'ipossia tissutale, non sono però sufficienti per fornire una quantità adeguata d'ossigeno per sostenere la permanenza e l'attività lavorativa e/o sportiva in quota. È necessario quindi che si verifichino gli adattamenti, che consistono sia in modifiche strutturali che funzionali quali, ad esempio, l'aumento del numero di globuli rossi e della concentrazione di emoglobina e modificazioni della microcircolazione tissutale. [9] [10] L'aumento dell'ematocrito durante la permanenza in alta quota è causato dalla diversa distribuzione dell'acqua corporea e dall'aumentata produzione di globuli rossi e di emoglobina. L'esposizione all'alta quota causa un passaggio di acqua dal circolo ematico verso i comparti interstiziali e intracellulari; inoltre si osserva un aumento dell'eliminazione di acqua dall'organismo dovuta ad un incremento della diuresi.

Queste condizioni determinano una riduzione della parte plasmatica e, di conseguenza, un aumento dell'ematocrito e della concentrazione di emoglobina, migliorando la capacità di trasporto dell'ossigeno attraverso il circolo ematico. (Tabella 2)

**Tabella 2.** Adattamenti a breve e a lungo termine all'ipossia da alta quota

<b>Adattamento a breve e lungo termine all'ipossia ad alta quota</b>		
<b>Sistema</b>	<b>A breve termine</b>	<b>A lungo termine</b>
<b>RISPOSTA VENTILATORIA</b>	<b>Iperventilazione:</b> causa riduzione di CO <sub>2</sub> e conseguente alcalosi dei fluidi corporei.	<b>Iperventilazione:</b> i reni provvedono ad eliminare i bicarbonati per compensare l'alcalosi respiratoria (escrezione renale di HCO <sub>3</sub> )
<b>RISPOSTA CARDIOVASCOLARE</b>	Aumento della <b>frequenza e gittata cardiaca</b> in condizioni submassimali; la gittata cardiaca massima rimane invariata o leggermente diminuita.	Frequenza cardiaca rimane elevata. Riduzione della gittata cardiaca massima che in condizioni submassimali ritorna al valore corrispondente al livello del mare.
<b>QUADRO EMATICO</b>		Diminuzione del volume plasmatico. Aumento dell'ematocrito, della concentrazione di emoglobina e del numero totale di globuli rossi.
<b>RISPOSTE LOCALI</b>		Possibile aumento della densità dei capillari dei muscoli scheletrici. Diminuzione del numero di mitocondri. Variazioni degli enzimi della via aerobica.

Tratto da: "McArdle W.D., Katch F.I., Katch V.L.: Fisiologia applicata allo sport, Casa Editrice Ambrosiana, 493, 1998"

### 1.3 Malattie croniche: i rischi potenziali ad alta quota

Le risposte di compensazione da parte del sistema cardiorespiratorio indotte dall'esposizione ad altitudini moderate (tra i 1.500 e i 3.000 metri s.l.m) non sono di natura tale da sconsigliare la permanenza in alta quota ad individui cardiopatici in terapia farmacologica e condizione clinica stabili. [13] È importante sottolineare come le decisioni definitive riguardo un paziente debbano essere prese dal professionista sanitario responsabile, in collaborazione con il paziente stesso e i suoi caregiver, tenendo conto delle circostanze individuali. [14]

I pazienti affetti da una patologia cardiovascolare stabile a livello del mare dovrebbero essere in grado di tollerare escursioni ad altitudini moderate. Ciò nonostante, è fondamentale sottolineare l'importanza dell'acclimatazione prima dell'esercizio al fine di ridurre il rischio di eventi avversi. Prima di intraprendere tali viaggi è essenziale che tutti i pazienti si sottopongano ad una valutazione accurata per garantire che le loro condizioni patologiche siano stabili e ben controllate anche in ambienti ad alta quota. [15] Può quindi risultare indispensabile eseguire un test da sforzo prima del viaggio per valutare la capacità funzionale e la tolleranza all'esercizio fisico in altitudine; inoltre potrebbe rendersi necessaria la consultazione con altri specialisti per revisionare i farmaci ed effettuare una consulenza sulle abitudini alimentari. I pazienti affetti da patologie cardiovascolari devono consapevolmente accettare il rischio di un possibile evento cardiovascolare acuto in un contesto in cui l'accesso alle cure mediche avanzate potrebbe essere limitato: tale rischio dev'essere quindi adeguatamente valutato nella consulenza pre – viaggio (qualora essa sia indicata).

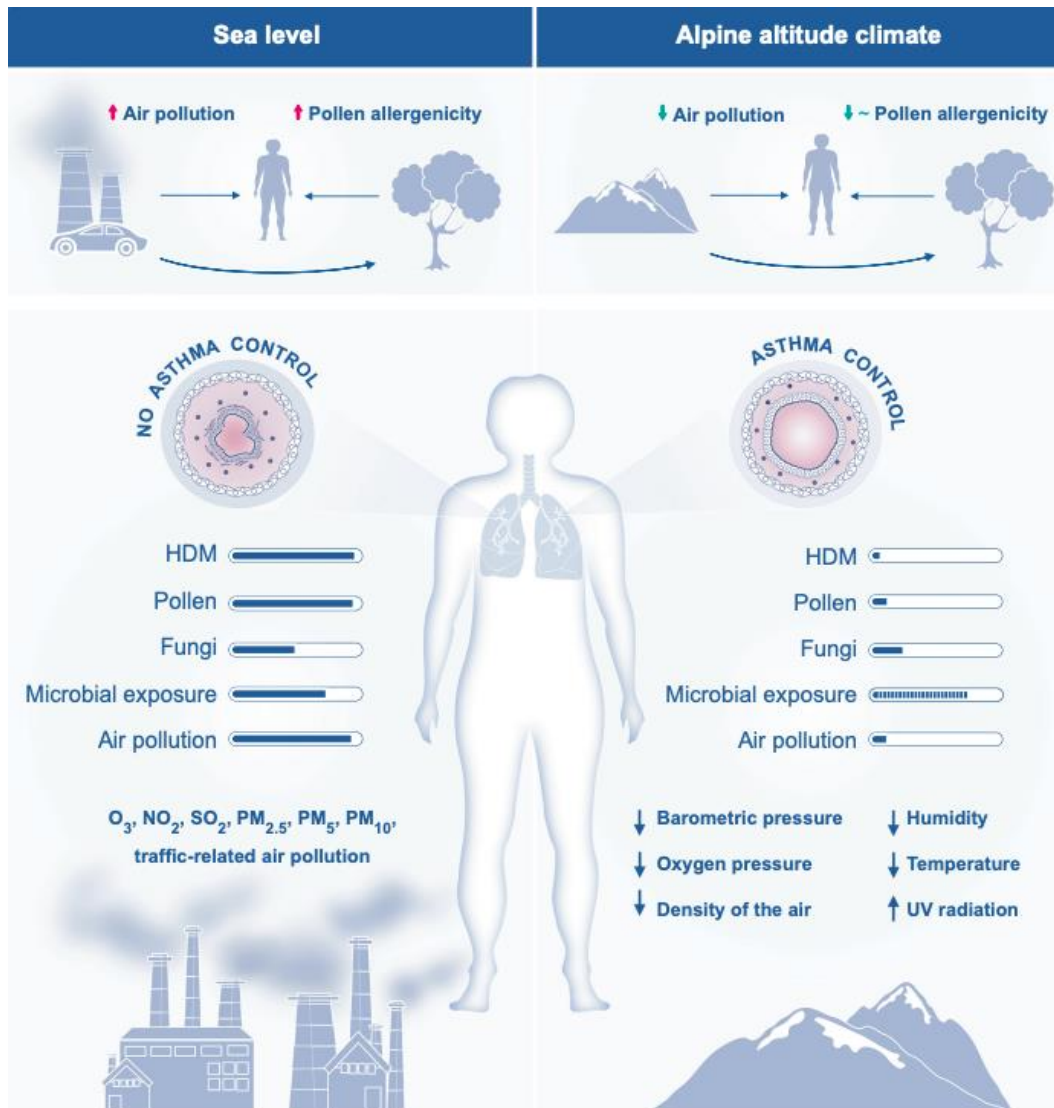
**Malattia coronarica:** la malattia coronarica (Coronary Artery Disease – CAD) non rappresenta una controindicazione assoluta all'alta quota. Tuttavia devono essere presi in considerazione, oltre i fattori legati all'ipossia, anche il freddo e lo stress psico – fisico che possono contribuire all'aumento dell'attività simpatico – adrenergica. I pazienti affetti da malattia coronarica stabilizzata, ma con test da sforzo positivo per angina o ischemia miocardica inducibile, possono impegnarsi nello svolgere attività fisica fino ai 3.000 metri s.l.m a condizione che la frequenza cardiaca rimanga nell'intervallo compreso tra il 70% e l'85% di quella registrata al momento dell'insorgenza dei segni clinici o

sintomi soggettivi. Inoltre l'attività fisica non dovrebbe comportare sforzi di tipo isometrico ed esporre il soggetto a temperature estremamente basse o situazioni di stress psicologico intenso. I pazienti con CAD e angina devono essere consapevoli del fatto che l'ipossia può intensificare i sintomi anginosi. [9] [15]

**BPCO:** nei soggetti bronchitici cronici con ostruzione bronchiale (BPCO) risulta di fondamentale importanza condurre un'attenta valutazione del grado di ostruzione, dell'efficienza dello scambio gassoso e della possibile comparsa di desaturazioni durante l'attività fisica. Questo perché la BPCO è una patologia polmonare fortemente associata all'ipossiemia: i pazienti esposti ad ipossia ipobarica durante un soggiorno in altitudine possono manifestare una serie di effetti avversi quali l'esaurimento della riserva respiratoria con dispnea, un'ipertensione polmonare e una compromissione delle prestazioni durante le attività quotidiane. La presenza di un'insufficienza respiratoria severa o moderata costituisce una controindicazione assoluta all'esposizione prolungata oltre i 2.500 metri. [9] [17]

**Asma:** l'unica condizione pneumologica che può trarre vantaggi da una permanenza ad alta quota è rappresentata dall'asma bronchiale di origine allergica. A quote superiori ai 1.800 metri gli acari della polvere, che costituiscono un comune fattore scatenante dell'asma allergico, sono assenti. Una minor esposizione agli allergeni sembra ridurre gli anticorpi IgE e il rilascio di istamina, diminuendo così l'infiammazione delle vie aeree. Di conseguenza i pazienti affetti da questa forma di asma incontrano un ambiente meno favorevole alla manifestazione dei sintomi asmatici (figura 6).

Al contrario, i soggetti che devono prestare particolare attenzione sono coloro per i quali il freddo e l'attività fisica agiscono come fattori scatenanti delle crisi. [9] [16]



**Figura 6. Caratteristiche fisiche e ambientali del clima alpino rispetto al livello del mare.** Il clima alpino comporta una riduzione degli acari della polvere domestica (house dust mites – HDM), dei pollini, dei funghi, dell'inquinamento atmosferico e una diversa esposizione microbica. Tratto da "Alpine altitude climate treatment for severe and uncontrolled asthma: An EAACI position paper." [16]

**Diabete:** l'impatto della condizione di ipossia acuta sul controllo glicemico è ancora oggetto di studio in quanto gli effetti sembrano dipendere da una complessa interazione di vari fattori, tra cui: l'attività fisica, la temperatura, l'orario della giornata e la composizione dei pasti. [9] Un monitoraggio regolare dei livelli di glicemia risulta essenziale e richiede un'interpretazione attenta dei risultati ottenuti. Bisogna infatti considerare che la lettura effettuata tramite glucometri capillari può essere meno precisa in condizioni di elevata altitudine e basse temperature. (figura 7) [18]

Il paziente affetto da diabete di tipo I deve essere particolarmente consapevole riguardo l'influenza che l'ambiente ha sulla sua abilità di mantenere stabile il proprio livello glicemico. È risaputo come l'attività fisica agisca in modo simile all'insulina a livello dei muscoli interessati, riducendo il fabbisogno complessivo di insulina dell'organismo: per questo motivo si consiglia di ridurre le dosi di insulina quando si esegue dell'attività fisica, in modo da ridurre il rischio di una crisi ipoglicemica. D'altra parte, l'aumento di quota porta ad un graduale incremento degli ormoni "dello stress", che conducono ad un aumento del fabbisogno insulinico: pertanto risulta necessario aumentare le dosi di insulina in relazione all'altitudine per non incorrere in crisi iperglicemiche. Durante una salita in alta quota si può quindi prevedere una transizione graduale che inizia con la prevalenza dell'effetto ipoglicemizzante dell'attività fisica a quote più basse, per poi evolvere verso una prevalenza dell'effetto iperglicemizzante degli ormoni legati allo stress a quote più elevate. In una fase intermedia, questi due effetti si bilanciano reciprocamente e la risposta a questa variazione è altamente individuale. Un approccio prudente riguardante la terapia insulinica (tenendo conto delle differenze individuali) comporta la riduzione del dosaggio basale del 20 – 50% nei primi giorni di attività in alta quota. È fondamentale effettuare un monitoraggio accurato della glicemia e apportare eventuali correzioni in base ai risultati ottenuti e tipologia di esercizio eseguito. [19] [20]

Per i diabetici di tipo II la controindicazione è assoluta nel caso in cui siano presenti complicanze e/o danno d'organo. [9] In generale, nonostante le potenziali complicazioni, le persone che sono in buona salute, fisicamente in forma e ben preparate, sia con diabete di tipo I che di tipo II, possono essere incoraggiate alle attività di trekking in alta quota in quanto può rappresentare un efficace mezzo per svolgere attività fisica e per accrescere la fiducia nelle proprie abilità nella gestione autonoma del diabete. [18]

ALTITUDINE	SICUREZZA DELL'AMBIENTE	EFFETTI DELL'ALTITUDINE SULLA LETTURA DELLA GLICEMIA	CONDIZIONI CLIMATICHE E GEOGRAFICHE	EQUIPAGGIAMENTO ABITUALE	EFFETTI DELL'ALTITUDINE SUL DIABETE
Elevata (8.848 m)	<b>Condizioni molto precarie</b>	Effetti ancora sconosciuti a queste altitudini	Condizioni estreme	Equipaggiamento speciale	Rischi elevati in caso di complicazioni
Alta (5.500 m)	<b>Rischi di prolungato isolamento. Organizzazione dei soccorsi variabile</b>	La variazione può essere del 45% in più o in meno; alterazioni dovute al freddo	Sforzi prolungati; differenze di temperature; secchezza dell'aria	Evitare scarpe troppo strette che impediscono la circolazione. Utilizzare protezioni contro il freddo e il sole	Complicazioni dovute al mal di montagna; modifica nei sintomi dell'ipoglicemia
Media (2.500 m)	<b>Luoghi di approvvigionamento e di soccorso lontani</b>	Variazione poco importante, <20%	Sforzi prolungati; terreno accidentato; secchezza dell'aria	Evitare scarpe troppo strette che impediscono la circolazione. Utilizzare protezioni contro il freddo e il sole	Nessuno
Bassa (1.500 m)	<b>Luoghi di approvvigionamento e di soccorso poco lontani</b>	Nessuno	Nessuna particolare	Utilizzare scarponcini adeguati e attenzione ai colpi di sole	Nessuno

**Figura 7. Diabete e attività motoria.** Tratto da “CAI Piemonte – a cura della commissione medica LPV” [21]



## 1.4 La segnaletica

La segnaletica costituisce uno strumento fondamentale per frequentare in maggior sicurezza l'ambiente montano in quanto permette di condurre gli escursionisti sui sentieri che non conoscono. Il CAI (Club Alpino Italiano), con delibera n. 272 del Consiglio Centrale del 27/11/1999, ha stabilito lo standard della segnaletica escursionistica. [22]

La segnaletica dei sentieri è di due tipi:

- segnaletica verticale (definita anche principale) che è costituita dalle tabelle situate all'inizio del sentiero e agli incroci più importanti. Questo tipo di segnaletica contiene informazioni circa la località di posa, con nome e quota del luogo, o sulle località di destinazione (meta ravvicinata, meta intermedia o meta d'itinerario) con indicati il numero del sentiero e i tempi di percorrenza;
- segnaletica orizzontale (definita come secondaria o intermedia) che è costituita da segnavia dipinti con vernice di colore bianco – rosso o rosso – bianco – rosso. Sono situati all'inizio e lungo il sentiero su sassi e/o piante e sono utilizzati per fornire informazioni sulla continuità e la conferma del percorso intrapreso.

Nella segnaletica verticale sono previste alcune tabelle. La principale è la tabella segnavia (figura 8). Ha la forma di una freccia e si utilizza per indicare la direzione della località di destinazione del sentiero e il tempo di percorrenza approssimativo necessario per raggiungerla a piedi da parte di un escursionista medio.

	Meta Ravvicinata	0. 30
<b>211</b>	Meta Intermedia	1. 40
	Meta d'Itinerario	3. 10

Figura 8. Tabella segnavia

I tempi medi di percorrenza vengono calcolati in due modi:

→ il primo fa riferimento all'esperienza di un escursionista mediamente allenato. In un'ora di cammino su facile sentiero e in salita, l'escursionista guadagna in quota circa 350 metri mentre in discesa si abbassa di circa 500 metri. Se l'itinerario si sviluppa a quote superiori ai 2.800 – 3.000 metri vengono percorsi 250 – 300 metri in salita e 400 – 450 in discesa. Se invece il percorso non presenta particolari difficoltà, è piano o ondulato, il tempo di percorrenza fa riferimento ai chilometri percorsi ad una velocità di cammino pari a 3,5 – 4 km/h. I tempi che vengono calcolati non tengono in considerazione le soste.

→ il secondo metodo è più scientifico ma di facile utilizzo. Si fa riferimento al diagramma dell'Ente Svizzero Pro Sentieri (figura 9)

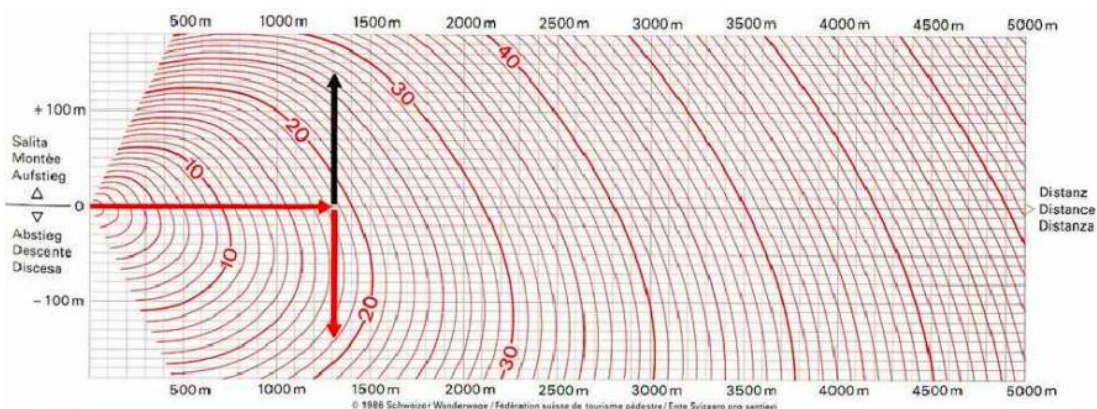


Figura 9. Diagramma dell'Ente Svizzero Pro Sentieri per il calcolo dei tempi medi di percorrenza. Tratto da CAI Italiano "Sentieri, pianificazione, segnaletica e manutenzione: quaderno di escursionismo n.1, 4° edizione dell'anno 2010"

Il suo utilizzo viene combinato con la carta topografica dove viene calcolata la distanza dei diversi tratti di sentieri e la quota dei luoghi di posa delle tabelle (o eventualmente i vari punti intermedi). Per ogni tratto dev'essere annotata la differenza di dislivello e la distanza; i dati, riportati poi successivamente nel diagramma, permettono di leggere il tempo di percorrenza in corrispondenza delle linee rosse dei minuti. Il tempo della tratta verrà poi arrotondato ai 5 minuti ed infine sommato.

## 2. SCOPO

Il turismo escursionistico rappresenta la principale motivazione di vacanza nel territorio italiano [3]. I dati riportati dal CNSAS indicano un notevole aumento degli incidenti e degli infortuni in ambiente montano, un problema significativo correlato alla crescente popolarità dell'esposizione all'alta quota. Questo fenomeno sembra essere soprattutto legato alla scarsa consapevolezza dei rischi associati a tale contesto. Spesso i sentieri montani vengono percorsi da soggetti non adeguatamente preparati, con uno scarso livello di allenamento o da soggetti che presentano patologie. Risulta di fondamentale importanza quindi attuare strategie di prevenzione per garantire sicurezza durante le escursioni e per promuovere gli aspetti salutarì dell'esercizio fisico durante le attività all'aperto, anche per quei soggetti non allenati e per i pazienti affetti da malattie croniche. I cartelli della segnaletica verticale rappresentano lo strumento più conosciuto per programmare le proprie escursioni, ma l'indicazione generica del tempo di percorrenza che forniscono potrebbe non essere sufficientemente accurata e adatta a tutte le categorie di visitatori delle zone montane, data la varietà di utenti coinvolti in queste attività.

L'obiettivo del presente progetto di tesi è stato quello di condurre un'analisi mirata al fine di identificare possibili differenze statisticamente significative tra tre diverse metodiche di stima dei tempi di percorrenza dei sentieri montani con i tempi di percorrenza reali caricati da diversi utenti in una specifica piattaforma. Una di queste metodiche è rappresentata da MOVE (<https://www.mo2ve.com/>), un algoritmo predittivo sviluppato da ricercatori dell'Università degli Studi di Padova attualmente ancora oggetto di deposito di domanda brevettuale. Lo scopo è stato quello di determinare se l'algoritmo potesse rappresentare la metodica di stima più efficace, sfruttando la possibilità di sviluppare una stima personalizzata del tempo di percorrenza di un sentiero in sicurezza una volta noti alcuni parametri biologici dell'utente e quelli specifici del sentiero stesso.

## 3. MATERIALI E METODI

### 3.1. Disegno di ricerca

La raccolta dei dati è stata realizzata seguendo diverse fasi:

- utilizzo della piattaforma Wikiloc per raccogliere i dati relativi a 20 sentieri selezionati;
- confronto dei tempi di percorrenza reali, ovvero quelli caricati dagli utenti nella piattaforma Wikiloc, con le previsioni fornite da tre metodiche di stima differenti:
  1. i cartelli, che rappresentano la metodica più nota;
  2. un calcolatore generico, ovvero la piattaforma Komoot;
  3. un calcolatore più specifico e personalizzato, ovvero l'algoritmo predittivo MOVE.
- analisi dei dati, focalizzandosi sulla differenza dei tempi medi ottenuti.

Questo progetto ambisce infatti a determinare se vi è una differenza statisticamente significativa tra i tempi reali, ovvero i tempi effettivi di percorrenza degli utenti, e quelli stimati dalle altre metodiche.

**Wikiloc** è un sito web gratuito nato nel 2006 dove i membri iscritti caricano i propri percorsi GPS e waypoint. Permette quindi di seguire e condividere i sentieri, non solo di trekking (che è l'attività principale) ma anche di alpinismo, mountain bike o trail running. Questa condivisione dei dati consente agli altri utenti di poter utilizzare le tracce degli itinerari durante i loro viaggi o escursioni. Per questo lavoro di tesi sono stati scelti ed analizzati 20 percorsi ad anello presenti nel territorio italiano, ciascuno caratterizzato da una specifica distanza espressa in chilometri. È stato adottato un metodo di ricerca standardizzato per ciascun sentiero: è stata selezionata l'attività di escursionismo ed è stato impostato un range di tolleranza  $\pm 1$  km rispetto alla distanza effettiva del sentiero indicata dalla scheda tecnica reperibile online. Sono stati selezionati sentieri aventi almeno 20 utenti che hanno caricato la propria uscita corrispondente alle caratteristiche prima descritte.

I 20 percorsi ad anello, oggetto del presente lavoro di tesi, sono i seguenti: giro delle Cinque Torri dal Passo Giau, Tre Cime di Lavaredo, Grotte di Labante, Passo Pordoi – Piz Boè, le Tre Cime del Bondone, Cima Zevola per Passo Tre Croci, giro del Sassolungo dal Passo Sella, Lago di Loie, l’Anello del Pizzo d’Erna, i Tre Santuari di Salò, anello Marola – Campiglia, San Boldo – anello dei Tre Bivacchi, anello del Monte Autore, Monte Scaletta, Corno alle Scale, Giro delle Malghe (Piancavallo), Giro delle Malghe (Asiago), Monte Venere, rifugio Viel del Pan, anello di San Pellegrino.

### 3.2. Descrizione sentieri

Il CAI ha implementato, a livello nazionale, un sistema di classificazione per differenziare le difficoltà dei percorsi escursionistici. Questo sistema fornisce una valutazione del grado di difficoltà basandosi su tre criteri essenziali ed obiettivi: il dislivello, la distanza planimetrica e la segnaletica del sentiero.

- **T = turistico.** Indica itinerari che si estendono lungo piccole strade, mulattiere o sentieri agevoli. Questi percorsi sono di breve durata, ben definiti e segnalati, e non implicano sfide significative in termini di orientamento. I dislivelli solitamente non superano i 500 metri. queste escursioni sono adatte anche a coloro che non hanno una notevole esperienza o preparazione fisica;
- **E = escursionistico.** Indica escursioni che si svolgono principalmente su sentieri o tracce di passaggio in terreno variabile come pascoli, detriti e pietraie. Solitamente sono ben segnalati ma richiedono un certo senso dell’orientamento, esperienza e conoscenza del territorio, una discreta preparazione fisica per la camminata e l’utilizzo di abbigliamento e attrezzature adeguate. Di norma il dislivello è compreso tra i 500 metri e i 1000 metri.
- **EE = escursionisti esperti.** Indica itinerari spesso non segnalati che richiedono una notevole abilità nel muoversi sui vari terreni montagnosi. Possono essere sentieri o labili tracce che si snodano su terreno impervio o ripido con pendii scoscesi e scivolosi, ghiaioni e brevi nevai che possono essere superati senza l’attrezzatura alpinistica. Sono percorsi che richiedono una buona esperienza di montagna, stabilità nell’andatura e una buona preparazione fisica. È inoltre necessario avere

l'equipaggiamento e le attrezzature adeguate, oltre che un buon senso dell'orientamento. Solitamente il dislivello supera i 1000 metri.

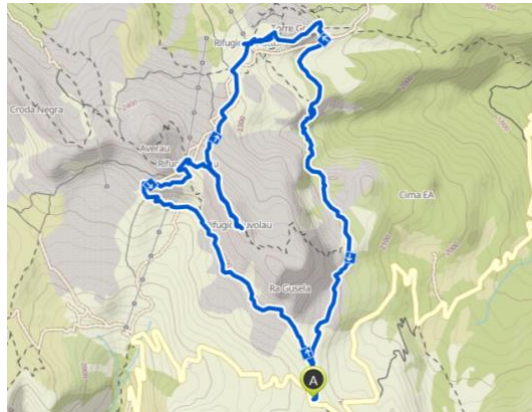
- **EEA = escursionisti esperti con attrezzatura alpinistica.** Indica escursioni che implicano l'utilizzo di attrezzatura da ferrata come cordini, imbracatura, dissipatore, casco e altri dispositivi. Questi percorsi possono comprendere sia sentieri attrezzati che vere e proprie ferrate. È quindi fondamentale saper utilizzare in sicurezza l'equipaggiamento tecnico e avere una notevole esperienza nei terreni alpinistici.

Di seguito vi è una descrizione dei 20 sentieri selezionati con la relativa mappa. Per ognuno di questi, sono indicati rispettivamente: la distanza espressa in chilometri, la difficoltà tecnica secondo il CAI, il dislivello, l'altitudine massima e l'altitudine minima.

I dati raccolti i sono stati ottenuti tramite fonti ufficiali reperibili online.

### **Giro delle Cinque Torri dal Passo Giau.**

Lunghezza del percorso: 11 km.  
Difficoltà tecnica: E  
Dislivello: circa 700 metri. Altitudine minima: 2137 metri. Altitudine massima: 2575 metri

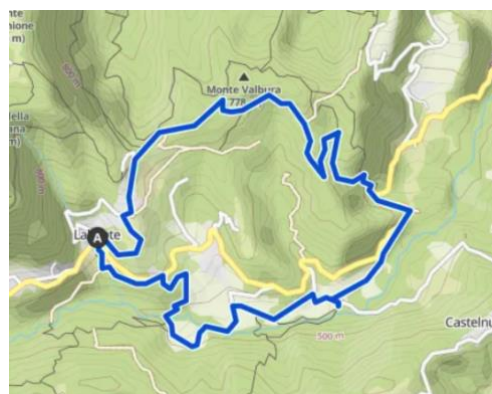


### **Tre Cime di Lavaredo.**

Lunghezza del percorso: 10 km.  
Difficoltà tecnica: E  
Dislivello: circa 500 metri.  
Altitudine minima: 2173 metri.  
Altitudine massima: 2454 metri.

### **Grotte di Labante**

Lunghezza del percorso: 8,43 km.  
Difficoltà tecnica: E  
Dislivello: circa 310 metri.  
Altitudine minima: 440 metri.  
Altitudine massima: 740 metri.







### Passo Bordoi - Piz Boè

Lunghezza del percorso: 9,8 km.  
 Difficoltà tecnica: E/EE  
 Dislivello: circa 900 metri.  
 Altitudine minima: 2239 metri.  
 Altitudine massima: 3152 metri.

### Tre Cime del Bondone

Lunghezza del percorso: 10,4 km.  
 Difficoltà tecnica: E  
 Dislivello: circa 800 metri.  
 Altitudine minima: 1552 metri.  
 Altitudine massima: 2136 metri.



### Cima Zevola per Passo Tre Croci

Lunghezza del percorso: circa 10 km.  
 Difficoltà tecnica: E.  
 Dislivello: circa 815 metri.  
 Altitudine minima: 1236 metri.  
 Altitudine massima: 1940 metri.



### **Giro del Sassolungo dal Passo Sella**

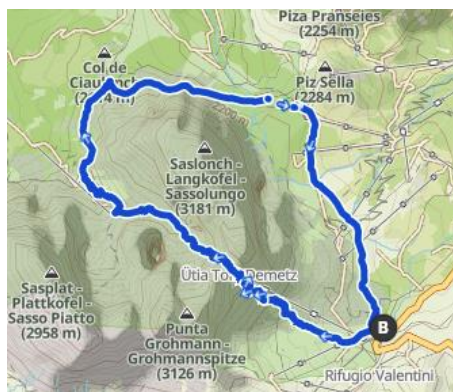
Lunghezza del percorso: 11 km.

Difficoltà tecnica: E.

Dislivello: circa 770 metri.

Altitudine minima: 2051 metri.

Altitudine massima: 2691 metri.



### **Lago di Loie**

Lunghezza del percorso: 12 km.

Difficoltà tecnica: E

Dislivello: 780 metri.

Altitudine minima: 1620 metri.

Altitudine massima: 2388 metri.

### **Anello del Pizzo d'Erna**

Lunghezza del percorso: 10 km.

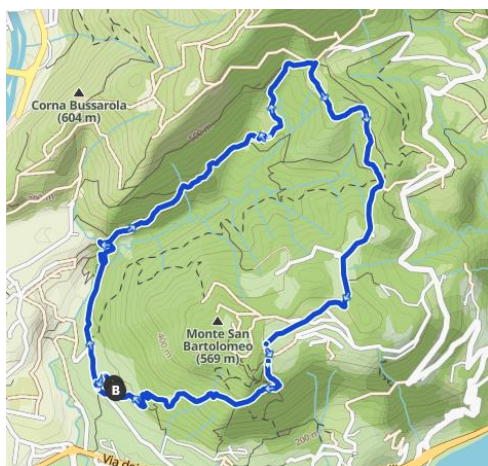
Difficoltà tecnica: E

Dislivello: 800 metri.

Altitudine minima: 600 metri.

Altitudine massima: 1366 metri.





### Tre Santuari di Salò

Lunghezza del percorso: 9 km.  
 Difficoltà tecnica: E  
 Dislivello: circa 450 metri.  
 Altitudine minima: 120 metri.  
 Altitudine massima: 516 metri.

### Anello Marola - Campiglia:

Lunghezza del percorso: 8,7 km.  
 Difficoltà tecnica: E  
 Dislivello: circa 405 metri.  
 Altitudine minima: 90 metri.  
 Altitudine massima: circa 600 metri.

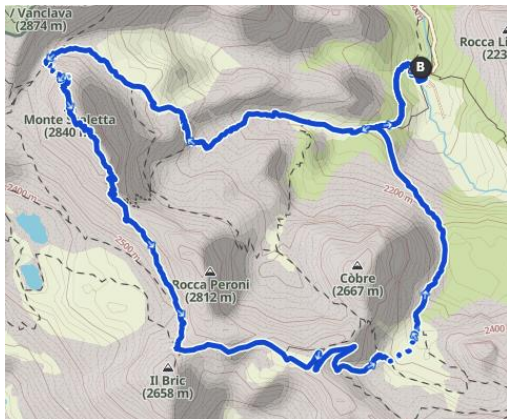
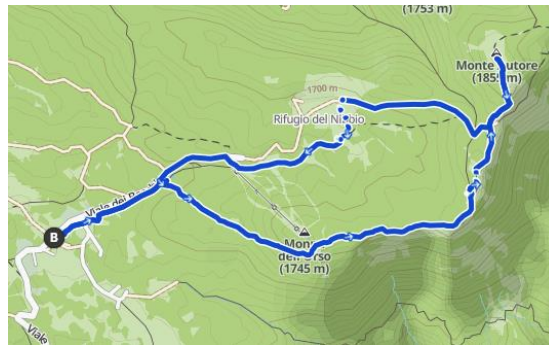


### San Boldo - anello dei Tre Bivacchi

Lunghezza del percorso: 10 km.  
 Difficoltà tecnica: E  
 Dislivello: 600 metri.  
 Altitudine minima: 693 metri.  
 Altitudine massima: 1286 metri.

### Anello del Monte Autore

Lunghezza del percorso: 9,5 km.  
Difficoltà tecnica: E  
Dislivello: 480 metri.  
Altitudine minima: 1577 metri.  
Altitudine massima: 1855 metri.



### Monte Scaletta

Lunghezza del percorso: 13,3 km.  
Difficoltà tecnica: E/EE  
Dislivello: 1182 metri.  
Altitudine minima: 1840 metri.  
Altitudine massima: 2840 metri.

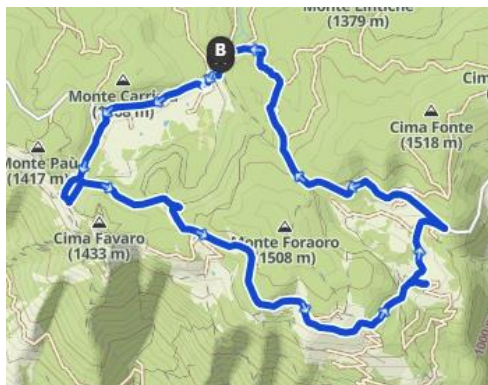
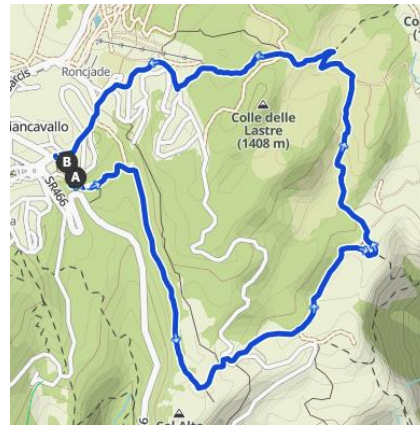
### Corno alle Scale

Lunghezza del percorso: 15,5 km.  
Difficoltà tecnica: E/EE  
Dislivello: 800 metri.  
Altitudine minima: 1424 metri.  
Altitudine massima: 1943 metri.



### **Giro delle Malghe (Piancavallo)**

Lunghezza del percorso: 9 km.  
Difficoltà tecnica: E  
Dislivello: 250 metri.  
Altitudine minima: 1153 metri.  
Altitudine massima: 1370 metri.

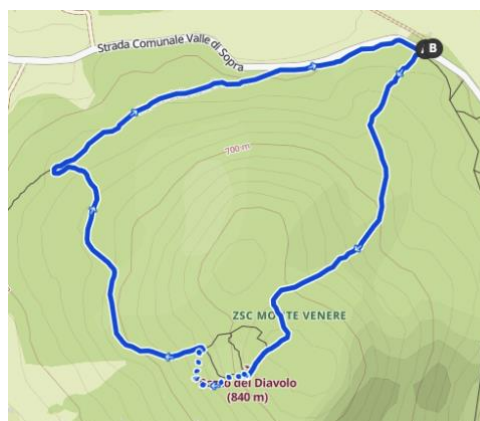


### **Giro delle Malghe (Asiago)**

Lunghezza del percorso: 11,10 km.  
Difficoltà tecnica: E  
Dislivello: 250 metri.  
Altitudine minima: 1265 metri.  
Altitudine massima: 1397 metri.

### **Monte Venere**

Lunghezza del percorso: 4,80 km.  
Difficoltà tecnica: E  
Dislivello: 230 metri.  
Altitudine minima: 500 metri.  
Altitudine massima: 808 metri.





### Rifugio Viel del Pan

Lunghezza del percorso: 14 km.

Difficoltà tecnica: E

Dislivello: 600 metri.

Altitudine minima: 2239 metri.

Altitudine massima: 2432 metri.

### Anello di San Pellegrino

Lunghezza del percorso: 14,8 km.

Difficoltà tecnica: E

Dislivello: 430 metri.

Altitudine minima: 1397 metri.

Altitudine massima: 1674 metri.



### **3.3. Estrazione dati**

Sono stati analizzati i dati di 20 utenti per 18 dei 20 percorsi ad anello selezionati. Per i restanti due sentieri, ovvero Passo Giau e Tre Cime di Lavaredo, sono stati analizzati i dati di 85 utenti per ciascun percorso. Il numero totale degli utenti analizzati corrisponde a 530.

È stato creato un database contenente le informazioni principali per ciascun sentiero selezionato. Per ognuno sono stati indicati i seguenti dati:

- il link del percorso come riferimento per poter accedere alle informazioni complete;
- il sesso dell'utente che ha svolto l'escursione;
- la distanza percorsa;
- il dislivello, ovvero la differenza di altezza tra il punto di partenza e il punto di arrivo del percorso;
- il livello di difficoltà tecnica del sentiero, valutato su una scala con valori da 1 (facile) a 3 (difficile);
- l'altitudine massima e minima raggiunte;
- il tempo totale impiegato in ore e in secondi per completare il percorso;
- il tempo in movimento, ovvero il tempo trascorso effettivamente in movimento durante l'escursione, sempre espresso in ore e in secondi;
- le coordinate geografiche;
- la data in cui si è svolta l'escursione.

### 3.4. Descrizione delle metodiche di stima

In seguito, considerando i tempi di percorrenza caricati dagli utenti in questi 20 sentieri, sono stati effettuati i confronti con le seguenti stime dei tempi di percorrenza:

- **Komoot**, un'applicazione fondata nel 2010 che consente di stimare il tempo di percorrenza, la distanza e il dislivello di un percorso specifico. Offre una stima del tempo generica in cui l'unica variabile personalizzabile è il livello di allenamento. Non conoscendo il livello di attività fisica degli utenti selezionati è stato adottato un metodo standardizzato ed omogeneo, cioè quello di considerare il livello di attività fisica come intermedio;
- **Cartelli**, ovvero il tempo indicato dalla segnaletica fisica montana reperito tramite fonti ufficiali reperibili online. Uno di questi siti è: "itinerari di montagna.it" <https://www.itineraridimontagna.it/>
- **MOVE**, un algoritmo sviluppato da ricercatori dell'Università degli Studi di Padova, attualmente ancora oggetto di deposito di domanda brevettuale, finalizzato alla stima del tempo di percorrenza di un sentiero una volta noti alcuni parametri biologici dell'utente e quelli del sentiero. Per questo studio l'unico parametro biologico disponibile è stato il sesso degli utenti, quindi la stima offerta dall'algoritmo risente della mancanza di numerosi parametri biologici. Non conoscendo molti di questi, alcune variabili sono state considerate come neutrali per tutti gli utenti (normopeso, livello di attività fisica intermedio, frequenza cardiaca a riposo 60 bpm, rischio cardiovascolare moderato. L'età e l'altezza sono stati fissati rispettivamente a 45 anni e a 175 cm per entrambi i sessi, con l'intento di coprire una vasta gamma di utenti).



### **3.5. Analisi statistica**

Tutti i dati estratti sono stati raccolti tramite la piattaforma Excel.

Le variabili qualitative sono state espresse come frequenza (percentuale).

Le variabili quantitative sono state espresse come media e deviazione standard.

Le differenze tra i tempi caricati dagli utenti su Wikiloc (W\_time) con i tempi stimati da Komoot (K\_time), quelli offerti dalla segnaletica (S\_time) e quelli stimati dall'algoritmo MOVE (M\_time) sono stati espressi come delta ( $\Delta\mathbf{WK}$ ,  $\Delta\mathbf{WS}$ ,  $\Delta\mathbf{WM}$ ) in minuti.

I confronti tra le medie delle differenti metodiche di stima sono stati eseguiti con t-test.

I confronti tra delta sono stati effettuati con test non parametrico (Wilcoxon test) per campioni appaiati.

Una  $p < 0,05$  è stata considerata come differenza statisticamente significativa.

L'analisi dei dati è stata condotta con SPSS versione 26.0

## 4. RISULTATI

Le informazioni principali relative ai 20 sentieri selezionati dalla piattaforma Wikiloc sono descritte nelle Tabelle 3a e 3b. La distanza media percorsa tra i 20 sentieri è di 10.82 chilometri: il sentiero più lungo, noto come "Corno alle Scale", presenta una distanza media pari a 14.32 chilometri mentre il sentiero con la distanza media più breve è rappresentato da "Monte Venere" con 5.38 chilometri. Per quanto riguarda il livello di difficoltà tecnica, la media si attesta a un valore di 2, indicando un livello medio. La media complessiva riguardante l'altitudine è di 1.983,35 metri, classificabile come bassa quota in quanto non vengono superati i 2.000 metri s.l.m.

La tabella 4 (suddivisa in tabella 4a e tabella 4b) presenta le variabili quantitative espresse come media e deviazione standard. Inoltre sono indicati i confronti tra i tempi di percorrenza registrati dagli utenti su Wikiloc con i tempi stimati da Komoot (**pWK**), quelli indicati dai cartelli della segnaletica verticale (**pWS**) e quelli stimati dall'algoritmo MOVE (**pWM**).

È importante sottolineare come sia presente una differenza statisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) tra i tempi reali caricati su Wikiloc e i tempi stimati da Komoot e quelli offerti dalla segnaletica montana. Con l'algoritmo MOVE, invece, la differenza non è risultata statisticamente significativa ( $p = 0,090$ ) suggerendo che il tempo stimato dall'algoritmo si avvicina maggiormente al tempo effettivo di percorrenza registrato dagli utenti di Wikiloc. Di conseguenza si può quindi supporre che MOVE è in grado di predire con maggiore precisione i tempi reali di percorrenza rispetto alle altre due metodiche di stima.

PERCORSI	DONNE	UOMINI	MEDIA DISTANZA PERCORSO (km)	MEDIA DISLIVELLO (m)	MEDIA DIFFICOLTÀ TECNICA	MESE CON PIÙ ESCURSIONI
1. PASSO GIAU	26%	74%	11,03 ± 0,51	658,06 ± 88,60	2 (medio)	ago (37,65%)
2. TRE CIME DI LAVAREDO	20%	80%	10,48 ± 0,30	435,02 ± 50,87	2 (medio)	ago (40%)
3. GROTTI DI LABANTE	60%	40%	9,23 ± 0,56	382,70 ± 45,49	2 (medio)	giu-sett-nov (15%)
4. PASSO BORDOI - PIZ BOÈ	40%	60%	9,84 ± 0,42	1014,95 ± 95,48	2 (medio)	ago (65%)
5. TRE CIME DEL BONDONE	20%	80%	10,67 ± 0,57	787,85 ± 64,49	2 (medio)	giu (30%)
6. CIMA ZEVOLA - PASSO TRE CROCI	15%	85%	10,25 ± 1,19	751,15 ± 108,78	2 (medio)	lug (40%)
7. SASSOLUNGO DAL PASSO SELLA	25%	75%	11,44 ± 0,30	823,35 ± 236,62	2 (medio)	ago (50%)
8. LAGO LOIE	15%	85%	12,15 ± 0,58	873,30 ± 118,14	2 (medio)	ago (45%)
9. ANELLO DEL PIZZO D'ERNA	25%	75%	10,24 ± 1,15	857,00 ± 83,16	2 (medio)	ago (25%)
10. TRE SANTUARI DI SALÒ	35%	65%	9,92 ± 0,65	511,20 ± 43,31	2 (medio)	mar (20%)
11. ANELLO MAROLA - CAMPIGLIA	45%	55%	8,62 ± 0,64	689,25 ± 128,17	2 (medio)	mar (30%)
12. SAN BOLDO - ANELLO DEI TRE BIVACCHI	30%	70%	10,94 ± 0,84	628,10 ± 69,57	2 (medio)	mar (20%)
13. ANELLO MONTE AUTORE	15%	85%	9,09 ± 0,53	379,10 ± 31,59	2 (medio)	ott-nov (20%)
14. MONTE SCALETTA	15%	85%	13,84 ± 1,22	1172,35 ± 98,73	2-3 (medio-difficile)	lug (35%)
15. ANELLO DI CORNO ALLE SCALE	5%	95%	14,32 ± 1,04	898,75 ± 86,56	2 (medio)	lug (40%)
16. GIRO DELLE MALGHE (PIANCAVALLO)	25%	75%	8,86 ± 0,63	226,80 ± 21,87	2 (medio)	feb (20%)
17. GIRO DELLE MALGHE (ASIAGO)	35%	65%	13,02 ± 1,20	284,40 ± 42,81	2 (medio)	ago (40%)
18. MONTE VENERE	25%	75%	5,38 ± 0,65	265,40 ± 18,28	2 (medio)	ago-set-ott (15%)
19. RIFUGIO VIEL DEL PAN	30%	70%	13,68 ± 0,91	560,65 ± 72,31	2 (medio)	lug-ago (30%)
20. ANELLO DI SAN PELLEGRINO	25%	75%	14,01 ± 0,77	433,45 ± 60,73	2 (medio)	ago (20%)
<b>TOTALE</b>	<b>27%</b>	<b>73%</b>	<b>10,82 ± 2,01</b>	<b>610,77 ± 249,80</b>	<b>2 (medio)</b>	<b>ago (43,46%)</b>

**Tabella 3a.** Tabella descrittiva contenente i dati principali dei sentieri selezionati. Le variabili quantitative sono rappresentate come medie e deviazioni standard.

PERCORSI	MEDIA ALTITUDINE MASSIMA (m)	MEDIA ALTITUDINE MINIMA (m)	MEDIA COORDINATE	MEDIA TEMPO IN MOVIMENTO (ore)	MEDIA TEMPO TOTALE (ore)
1. PASSO GIAU	2527,21 ± 71,07	2128,81 ± 22,43	1954,65 ± 250,57	3,74 ± 1,05	6,03 ± 1,08
2. TRE CIME DI LAVAREDO	2465,35 ± 23,25	2180,74 ± 33,17	1839,18 ± 217,61	3,24 ± 0,81	4,95 ± 1,11
3. GROTTI D I LABANTE	746,40 ± 28,81	448,55 ± 12,69	1612,75 ± 194,18	2,34 ± 0,51	3,90 ± 0,58
4. PASSO BORDOI - PIZ BOÈ	3139,50 ± 21,59	2232,95 ± 16,90	1676,95 ± 171,26	3,88 ± 1,32	5,87 ± 1,00
5. TRE CIME DEL BONDONE	2234,50 ± 301,56	1619,70 ± 304,34	1791,00 ± 219,23	3,48 ± 1,05	5,75 ± 0,97
6. CIMA ZEVOLA - PASSO TRE CROCI	1921,35 ± 62,41	1232,35 ± 47,79	1776,65 ± 232,75	3,04 ± 0,61	4,24 ± 1,00
7. SASSOLUNGO DAL PASSO SELLA	2680,25 ± 27,27	2056,75 ± 27,85	1906,40 ± 170,47	3,86 ± 1,33	5,91 ± 0,93
8. LAGO LOIE	2441,55 ± 212,29	1659,20 ± 219,63	1778,80 ± 490,00	4,82 ± 1,49	6,26 ± 1,06
9. ANELLO DEL PIZZO D'ERNA	1340,60 ± 50,14	558,35 ± 31,83	1721,60 ± 326,44	2,88 ± 1,09	4,96 ± 1,30
10. TRE SANTUARI DI SALÒ	533,55 ± 20,26	130,45 ± 34,56	1770,05 578,21	2,65 ± 0,66	3,54 ± 0,93
11. ANELLO MAROLA - CAMPIGLIA	595,45 ± 89,38	100,85 ± 87,99	1509,45 ± 120,38	3,12 ± 1,19	5,17 ± 1,12
12. SAN BOLDO - ANELLO DEI TRE BIVACCHI	1273,75 ± 43,76	698,85 ± 21,40	1832,55 ± 202,28	2,78 0,63	4,75 ± 1,06
13. ANELLO MONTE AUTORE	1853,60 ± 24,41	1557,65 ± 27,89	1566,60 ± 105,74	2,56 ± 0,55	4,21 ± 1,05
14. MONTE SCALETTA	2840,50 ± 33,35	1852,35 ± 63,61	2107,95 ± 526,52	5,46 ± 1,84	7,50 ± 1,00
15. ANELLO DI CORNO ALLE SCALE	1940,15 ± 18,86	1295,15 ± 83,60	2417,50 ± 226,64	4,65 ± 1,40	6,59 ± 1,17
16. GIRO DELLE MALGHE (PIANCAVALLO)	1369,40 ± 21,61	1160,65 ± 15,98	1511,35 ± 162,17	2,22 0,36	2,97 ± 0,71
17. GIRO DELLE MALGHE (ASIAGO)	1417,90 ± 32,43	1252,95 ± 26,09	2068,00 ± 328,02	3,20 ± 1,11	4,23 ± 0,95
18. MONTE VENERE	848,00 ± 37,98	586,20 ± 37,25	907,40 ± 103,77	1,66 ± 0,97	2,36 ± 1,00
19. RIFUGIO VIEL DEL PAN	2489,55 ± 29,97	2091,55 ± 26,96	2054,40 ± 497,05	4,43 ± 1,22	5,70 ± 0,81
20. ANELLO DI SAN PELLEGRINO	1674,45 ± 23,39	1382,15 23,75	2353,90 ± 186,24	3,49 ± 0,61	5,69 ± 0,98
<b>TOTALE</b>	<b>1983,35 ± 729,76</b>	<b>1518,20 ± 695,11</b>	<b>1829,70 ± 397,17</b>	<b>3,4 ± 1,3</b>	<b>5,14 ± 1,52</b>

**Tabella 3b.** Tabella descrittiva contenente i dati principali dei sentieri selezionati. Le variabili quantitative sono rappresentate come medie e deviazioni standard.

PERCORSI	MEDIA TEMPO IN MOVIMENTO WIKILOC (ore)	MEDIA TEMPO IN MOVIMENTO KOMOOT (ore)	TEMPO CARTELLI (ore)	MEDIA TEMPO IN MOVIMENTO MOVE (ore)
1. PASSO GIAU	3,74 ± 1,05	3,88 ± 0,24	4,50 ± 0,00	3,62 ± 0,88
2. TRE CIME DI LAVAREDO	3,24 ± 0,81	3,45 ± 0,13	3,50 ± 0,00	2,87 ± 0,5
3. GROTTE D I LABANTE	2,34 ± 0,51	2,57 ± 0,09	2,63 ± 0,00	2,15 ± 0,23
4. PASSO BORDOI - PIZ BOÈ	3,88 ± 1,32	4,87 ± 0,28	4,50 ± 0,00	4,92 ± 0,96
5. TRE CIME DEL BONDONE	3,48 ± 1,05	4,62 ± 0,20	5,50 ± 0,00	3,45 ± 0,62
6. CIMA ZEVOLA - PASSO TRE CROCI	3,04 ± 0,61	3,84 ± 0,38	3,00 ± 0,00	3,10 ± 0,55
7. SASSOLUNGO DAL PASSO SELLA	3,86 ± 1,33	4,69 ± 0,21	3,50 ± 0,00	3,81 ± 0,62
8. LAGO LOIE	4,82 ± 1,49	5,37 ± 0,17	5,00 ± 0,00	4,46 ± 0,88
9. ANELLO DEL PIZZO D'ERNA	2,88 ± 1,09	4,34 ± 0,25	5,00 ± 0,00	3,36 ± 0,52
10. TRE SANTUARI DI SALÒ	2,65 ± 0,66	3,24 ± 0,24	3,50 ± 0,00	2,56 ± 0,33
11. ANELLO MAROLA - CAMPIGLIA	3,12 ± 1,19	3,05 ± 0,23	3,50 ± 0,00	2,72 ± 0,36
12. SAN BOLDO - ANELLO DEI TRE BIVACCH	2,78 ± 0,63	3,70 ± 0,23	6,00 ± 0,00	3,31 ± 0,66
13. ANELLO MONTE AUTORE	2,56 ± 0,55	2,75 ± 0,22	3,25 ± 0,00	2,22 ± 0,23
14. MONTE SCALETTA	5,46 ± 1,84	6,38 ± 0,45	5,00 ± 0,00	4,95 ± 0,89
15. ANELLO DI CORNO ALLE SCALE	4,65 ± 1,40	5,21 ± 0,35	5,00 ± 0,00	4,78 ± 1,42
16. GIRO DELLE MALGHE (PIANCAVALLO)	2,22 ± 0,36	2,44 ± 0,14	2,50 ± 0,00	2,12 ± 0,28
17. GIRO DELLE MALGHE (ASIAGO)	3,20 ± 1,11	3,54 ± 0,23	3,17 ± 0,00	3,95 ± 1,36
18. MONTE VENERE	1,66 ± 0,97	1,55 ± 0,10	1,63 ± 0,00	1,25 ± 0,18
19. RIFUGIO VIEL DEL PAN	4,43 ± 1,22	4,31 ± 0,24	3,50 ± 0,00	3,86 ± 0,56
20. ANELLO DI SAN PELLEGRINO	3,49 ± 0,61	3,88 ± 0,26	4,50 ± 0,00	3,19 ± 0,52
<b>TOTALE</b>	<b>3,40 ± 1,30</b>	<b>3,83 ± 1,01</b>	<b>3,95 ± 0,99</b>	<b>3,31 ± 1,12</b>

**Tabella 4a.** Tabella di confronto tra i tempi di percorrenza e i metodi di stima selezionati. I dati sono rappresentati come medie e deviazioni standard.

PERCORSI	$\Delta$ WK (minuti)	$\Delta$ WS (minuti)	$\Delta$ WM (minuti)	pWK	pWS	pWM
1. PASSO GIAU	-8,45 ± 62,17	-45,47 ± 62,72	7,61 ± 78,11	0,016	<0,001	0,490
2. TRE CIME DI LAVAREDO	-12,46 ± 49,30	-15,59 ± 48,87	22,49 ± 54,28	<0,001	<0,001	<0,001
3. GROTTI DI LABANTE	-14,15 ± 30,54	-17,80 ± 30,79	11,50 ± 31,16	0,051	0,014	0,070
4. PASSO BORDOI - PIZ BOÈ	-59,75 ± 79,72	-37,35 ± 79,26	-62,60 ± 83,75	0,005	0,052	0,007
5. TRE CIME DEL BONDONE	-68,25 ± 61,17	-121,10 ± 63,16	2,20 ± 79,18	0,002	<0,001	0,765
6. CIMA ZEVOLA - PASSO TRE CROCI	-48,25 ± 42,48	2,10 ± 36,53	-4,00 ± 32,19	0,002	0,573	0,779
7. SASSOLUNGO DAL PASSO SELLA	-49,80 ± 80,75	21,85 ± 79,51	3,25 ± 80,24	0,015	<0,001	0,723
8. LAGO LOIE	-33,05 ± 85,06	-11,00 ± 89,14	21,25 ± 84,35	0,126	0,433	0,351
9. ANELLO DEL PIZZO D'ERNA	-87,50 ± 61,56	-127,00 ± 65,20	-28,80 ± 64,55	<0,001	<0,001	0,057
10. TRE SANTUARI DI SALÒ	-35,00 ± 37,19	-50,85 ± 39,45	5,65 ± 42,58	0,001	<0,001	0,779
11. ANELLO MAROLA - CAMPIGLIA	4,50 ± 65,15	-22,55 ± 71,42	24,35 ± 72,28	0,911	0,116	0,279
12. SAN BOLDO - ANELLO DEI TRE BIVACCHI	-55,30 ± 35,62	-193,40 ± 37,90	-31,95 ± 44,39	<0,001	<0,001	0,003
13. ANELLO MONTE AUTORE	-11,75 ± 39,32	-41,60 ± 33,05	19,95 ± 41,07	0,126	<0,001	0,040
14. MONTE SCALETTA	-55,50 ± 114,35	27,50 ± 110,13	30,40 ± 142,29	0,044	0,390	0,478
15. ANELLO DI CORNO ALLE SCALE	-33,90 ± 79,98	-21,25 ± 83,73	-8,00 ± 110,15	0,033	0,100	0,808
16. GIRO DELLE MALGHE (PIANCAVALLO)	-13,45 ± 21,23	-16,95 ± 21,35	6,00 ± 24,82	0,012	0,004	0,411
17. GIRO DELLE MALGHE (ASIAGO)	-20,30 ± 59,89	1,85 ± 66,51	-45,20 ± 95,18	0,032	0,296	0,044
18. MONTE VENERE	6,90 ± 57,61	1,70 ± 58,17	24,60 ± 58,85	0,313	0,100	0,040
19. RIFUGIO VIEL DEL PAN	7,55 ± 78,30	55,95 ± 73,33	34,15 ± 88,77	0,601	0,008	0,108
20. ANELLO DI SAN PELLEGRINO	-23,75 ± 37,69	-60,85 ± 36,34	17,95 ± 48,06	0,015	<0,001	0,117
<b>TOTALE</b>	<b>-25,65 ± 64,91</b>	<b>-32,84 ± 78,29</b>	<b>5,61 ± 74,44</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,090</b>

**Tabella 4b.** Tabella di confronto tra le differenze tra i tempi reali caricati sulla piattaforma Wikiloc dagli utenti e i tre metodi di stima selezionati (Komoot, segnaletica e MOVE). I dati sono rappresentati come medie e deviazioni standard.

La differenza statistica riguardante le medie del totale tra i tempi caricati dagli utenti su Wikiloc e quelli stimati dall'algoritmo MOVE ( $\Delta WM$ ) presenta una differenza di tempo media di 5.61 minuti con una deviazione standard di  $\pm 74.44$ . Questi dati indicano come, nel complesso, MOVE sia in grado di offrire una stima più accurata dei tempi di percorrenza rispetto alle altre due metodiche; tuttavia si riscontra un errore significativo, ma comunque proporzionale, sia a  $\Delta WS$  che  $\Delta WK$ .

## 5. DISCUSSIONE

Questo studio è il primo ad indagare una possibile differenza tra tempi di percorrenza reali dei sentieri montani e i tempi stimati dalle altre metodiche digitali e fisiche.

La metodica di stima più nota è sicuramente quella offerta dalla segnaletica verticale che dal nostro studio sembra leggermente sovrastimare i tempi reali caricati dagli utenti. L'applicazione Komoot fornisce una stima generica dei tempi di percorrenza non basata sulle caratteristiche biologiche degli utenti ma solo sul livello di attività fisica e ancora sovrastima i tempi reali. L'algoritmo MOVE, predittore specifico dei tempi di percorrenza, sembra stimare in modo più accurato i tempi di percorrenza non mostrando differenza statisticamente significativa rispetto ai tempi reali.

Alcune considerazioni riguardo i risultati dello studio sono però necessarie:

- Sovrastima dei tempi di percorrenza della segnaletica montana. Tale fenomeno potrebbe essere imputabile all'ipotesi che il campione selezionato rappresenti una sottopopolazione caratterizzata da una buona preparazione fisica. Questa supposizione si basa sul fatto che gli utenti inclusi nel campione sono attivi in una piattaforma online che consente la condivisione dei propri percorsi escursionistici in montagna, e possono quindi essere considerati degli esperti frequentatori dell'ambiente montano. Un'altra possibile ipotesi potrebbe suggerire che i cartelli tendono a sovrastimare i tempi di percorrenza per questioni di sicurezza ma sappiamo che i loro calcoli di stima sono basati per un escursionista medio. Il concetto di "medio" però non viene meglio precisato e quindi è possibile che il livello di attività fisica degli utenti selezionati sia maggiore rispetto ad un utente definito come "medio".
- Sovrastima dei tempi di percorrenza offerti dall'applicazione Komoot. Komoot presenta tempi di percorrenza più bassi rispetto a quelli indicati dai cartelli, e pertanto più simili ai tempi registrati dagli utenti su Wikiloc ma quindi superiori a quest'ultimo. Questo fenomeno suggerisce l'ipotesi che Komoot, essendo un'applicazione che fornisce una stima generica del tempo di percorrenza in cui



l'unico parametro personalizzabile è il livello di allenamento, potrebbe basare le proprie stime su dati effettivi acquisiti dagli utenti stessi, quindi più vicini alla media dei tempi reali.

- Analizzando i dati dell'algoritmo MOVE ( $\Delta WM$ ) sui singoli sentieri è possibile notare come:
  1. la media della differenza di tempo specifica di un singolo percorso possa risultare maggiore rispetto la media del totale. Ad esempio i dati di "Monte Scaletta" e "Rifugio Viel del Pan" indicano una differenza media rispettivamente di 30,40 minuti  $\pm$  142,29 e di 34,15 minuti  $\pm$  88,77;
  2. la media della differenza del tempo di percorrenza di un singolo sentiero risulti, a volte, maggiore rispetto a quella fornita dalle altre due metodiche. Un esempio è rappresentato dal sentiero "Monte Venere", dove  $\Delta WM$  ha un valore di 24.60 minuti  $\pm$  58.85, mentre  $\Delta WK$  e  $\Delta WS$  presentano valori inferiori, rispettivamente di 1.70 minuti  $\pm$  58.17 e di 6.90 minuti  $\pm$  57.61.

Queste osservazioni suggeriscono come MOVE, nonostante risulti essere complessivamente la metodica di stima più accurata nello stimare i tempi di percorrenza, presenti alcuni errori di stima più consistenti sui singoli sentieri rispetto alle altre due metodiche. Questo fenomeno può essere attribuito al fatto che l'algoritmo richieda la compilazione di determinati parametri biologici per offrire una stima precisa del tempo di percorrenza personalizzato: in questo studio, l'unico parametro biologico a disposizione è stato il sesso degli utenti.

- L'algoritmo MOVE sembra stimare accuratamente i tempi reali di percorrenza. MOVE è un algoritmo oggetto di domanda di deposito brevettuale che adotta come criterio fondamentale un'intensità adottata dall'utente come al massimo moderata. Per una stima più corretta possibile dei tempi di percorrenza individualizzati, MOVE richiede la compilazione di una serie di parametri biologici che non sono stati estraibili per questo studio. L'unico parametro biologico a disposizione estraibile con sicurezza dagli utenti è stato il sesso degli utenti. Per i restanti parametri richiesti dall'algoritmo è stato necessario compiere alcune approssimazioni: è stato fissato un valore d'età di 45 anni per entrambi i sessi, con l'intento di coprire un'ampia gamma

di soggetti. Gli altri parametri antropometrici stabiliti includono un'altezza di 175 cm e un peso di 70 kg per gli uomini (BMI 23 kg/m<sup>2</sup>) e di 64 kg per le donne (BMI 21 kg/m<sup>2</sup>). Inoltre è stato definito un valore costante per il peso dello zaino, che è stato stabilito a 4 kg come carico da trasportare sulle spalle. Per entrambi i sessi, in mancanza di informazioni sul loro livello di attività fisica, si è deciso di assegnare un punteggio di 2 sulla scala BALL [23] corrispondente alla categoria “il mio lavoro è sedentario e nel tempo libero faccio poca attività fisica”, una condizione ritenuta comune nella maggior parte delle persone. Inoltre, si è optato per non formulare alcuna valutazione sul rischio cardiovascolare e sul tabagismo in assenza di elementi sufficienti su questi parametri. L'insieme di questi elementi non considerati impediscono quindi una stima precisa sul singolo individuo che quindi può variare solo in base al sesso del partecipante. Pur presentando stime più precise rispetto alla segnaletica e al calcolatore generico Komoot, la deviazione standard della stima rimane alta e paragonabile a queste metodiche.

<b>TAKE HOME MESSAGES</b>	
PREVENZIONE	Personalizzazione dei tempi di percorrenza
	Riduzione di incidenti e infortuni
CONDIVISIONE	Sito Web dedicato e visibile a tutti
PROMOZIONE	Benefici dell'esercizio fisico in sicurezza all'aria aperta

TAKE HOME MESSAGES: i vantaggi derivanti dall'utilizzo dell'algoritmo MOVE per le proprie escursioni.

## 5.1. Limitazioni e prospettive future

Questo studio presenta alcune limitazioni derivanti dalla mancanza di informazioni sui parametri biologici degli utenti e sul peso di eventuali zaini, nonché l'assenza di dati relativi alle condizioni patologiche e alla presenza o meno di compagni di viaggio durante le escursioni. Le approssimazioni effettuate rappresentano un tentativo di ridurre quanto più possibile l'errore riguardo le stime ma non possono ovviamente soddisfare l'enorme variabilità biologica tra gli utenti. Un'ulteriore limitazione intrinseca a questo studio riguarda la selezione del campione d'utenti da una piattaforma di trekking online dedicata alla condivisione delle proprie escursioni con la community. È plausibile supporre che il campione ottenuto sia costituito da una sottopopolazione caratterizzata da una buona preparazione fisica e con una vasta conoscenza dell'ambiente montano.

Le possibili utilità derivanti dalla personalizzazione dei tempi sono varie, spaziando dalla possibilità di pianificare con precisione gli orari per raggiungere determinate destinazioni (come ad esempio organizzare un'uscita con maggiore precisione o raggiungere un punto di interesse per un'eventuale prenotazione), fino alla considerazione di aspetti pratici, come l'aver con sé attrezzature aggiuntive quali torce o powerbank per i propri dispositivi elettronici in base alla disponibilità di luce naturale e all'orario previsto di arrivo. Un altro beneficio rilevante riguarda la possibilità di adattare il tempo di percorrenza alle persone meno abili o più lente all'interno del gruppo escursionistico. In particolare, nel caso di individui con condizioni croniche o in sovrappeso, un sentiero troppo impegnativo potrebbe non essere consigliato. Questo approccio mira a ridurre le chiamate di soccorso, fornendo informazioni preventive a coloro che, altrimenti, potrebbero essere esposti a rischi elevati a causa della mancanza di informazioni accurate.

In futuro, l'algoritmo MOVE potrebbe essere diffuso non solo tramite un'applicazione mobile, ma anche attraverso info point, punti di ristoro e, addirittura, mediante una modifica della segnaletica verticale. Un possibile approccio potrebbe includere l'aggiunta di un codice QR che, una volta scansionato, reindirizza automaticamente l'utente al sito web di MOVE.

## 6. CONCLUSIONI

Negli ultimi anni, l'implementazione di misure preventive in ambiente montano ha assunto sempre più rilevanza ed importanza a seguito del significativo aumento del numero di incidenti che si sono verificati. La segnaletica rappresenta uno degli elementi che si può prendere in considerazione nell'ambito della prevenzione in montagna in quanto l'indicazione dei tempi di percorrenza in maniera generica costituisce un limite, e si è ipotizzato che personalizzare tali stime potrebbe rappresentare un approccio utile per gli escursionisti. L'obiettivo di questa personalizzazione è fornire agli escursionisti una conoscenza più accurata dei tempi necessari per completare un sentiero in sicurezza, contribuendo potenzialmente a ridurre il numero di incidenti e, di conseguenza, la necessità di un intervento di soccorso in ambiente montano.

Nonostante le limitazioni intrinseche presenti in questo progetto pilota di tesi, l'algoritmo MOVE si è dimostrato essere la metodica di stima che meglio si avvicina ai tempi di percorrenza reali. Ricerche future consentiranno di determinare se, una volta acquisiti i parametri biologici dei soggetti, l'algoritmo MOVE sia in grado di ridurre le stime dettate dalla variabilità tra gli escursionisti e, conseguentemente, dimostrarsi più efficace rispetto alla segnaletica verticale e all'applicazione Komoot. L'obiettivo dell'algoritmo sarà, infatti, quello di sviluppare una personalizzazione delle stime dei tempi di percorrenza altamente accurata per ciascun individuo.

Io sottoscritta Franzoi Vanessa dichiaro che nella realizzazione di questa tesi non ho copiato né citato impropriamente il contenuto di altri autori. Inoltre non è stato utilizzato alcun software o strumento di intelligenza artificiale.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Gatterer H, Niedermeier M, Pocecco E, Frühauf A, Faulhaber M, Menz V, Burtscher J, Posch M, Ruedl G, Burtscher M. Mortality in Different Mountain Sports Activities Primarily Practiced in the Summer Season-A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Oct 15;16(20):3920. doi: 10.3390/ijerph16203920. PMID: 31618960; PMCID: PMC6843304.
- [2] Romeo R., Russo, L., Parisi F., Notarianni M., Manuelli S. and Carvao S., UNWTO. 2021. Mountain tourism – Towards a more sustainable path. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7884en>
- [3] ISNART (Italian National Institute of Tourism Research): tourism report 2021
- [4] Ciesa M, Grigolato S, Cavalli R. Retrospective study on search and rescue operations in two prealps areas of Italy. *Wilderness Environ Med*. 2015 Jun;26(2):150-8. doi: 10.1016/j.wem.2014.10.008. Epub 2015 Feb 16. PMID: 25698181.
- [5] “Sicuri in Montagna”, progetto a cura della Direzione Nazionale del CNSAS – opuscolo “Sicuri sul Sentiero”
- [6] “Ostacoli al volo: il comunicato del Soccorso Alpino e UNCEM”. Direzione Nazionale CNSAS anno 2019
- [7] Dati statistici 2021. Direzione Nazionale CNSAS anno 2021
- [8] Report attività di soccorso CNSAS anno 2022
- [9] “Il lavoro in alta quota: nozioni di fisiopatologia, fattori di rischio, sorveglianza sanitaria e criteri per l'elaborazione del giudizio di idoneità” - G. Taino, G. Giardini, O. Pecchio, M. Brevi, M. Giorgi, M. G. Verardo, E. Detragiache, M. Imbriani - *Giornale*

Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia 2012 - Vol. 34 - N. 2 – Aprile - Giugno 2012 – pag. 101 – 140.

[10] "Medicina e Montagna - I Manuali del Club Alpino Italiano" - Gruppo Ixelle sas, Venezia, Mestre - Edizione 2009 - Volume I - Fisiopatologia dell'organismo e adattamenti all'alta quota - G. Parati, M. Revera, G. Savia, G. Branzi

[11] Gianfranco Parati, Piergiuseppe Agostoni, Buddha Basnyat, Grzegorz Bilo, Hermann Brugger, Antonio Coca, Luigi Festi, Guido Giardini, Alessandra Lironcurti, Andrew M Luks, Marco Maggiorini, Pietro A Modesti, Erik R Swenson, Bryan Williams, Peter Bärtsch, Camilla Torlasco. Clinical recommendations for high altitude exposure of individuals with pre-existing cardiovascular conditions: a joint statement by the European Society of Cardiology, the Council on Hypertension of the European Society of Cardiology, the European Society of Hypertension, the International Society of Mountain Medicine, the Italian Society of Hypertension and the Italian Society of Mountain Medicine, *European Heart Journal*, Volume 39, Issue 17, 01 May 2018, Pages 1546–1554.

[12] “Risks and Benefits of exercise in mountains” – Dott. Marco Vecchiato – Exercise in Medicine: From Functional Evaluation to Adapted Exercise Training

[13] Savonitto, Stefano, and Luigi Piatti. "Il cardiopatico ad alta quota: non solo aria sottile." *G Ital Cardiol* 24 (2023): 1-7.

[14] Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, Collet JP, Corrado D, Drezner JA, Halle M, Hansen D, Heidbuchel H, Myers J, Niebauer J, Papadakis M, Piepoli MF, Prescott E, Roos-Hesselink JW, Graham Stuart A, Taylor RS, Thompson PD, Tiberi M, Vanhees L, Wilhelm M; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2021 Jan 1;42(1):17-96. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa605. Erratum in: *Eur Heart J*. 2021 Feb 1;42(5):548-549. PMID: 32860412.

[15] Cornwell WK 3rd, Baggish AL, Bhatta YKD, Brosnan MJ, Dehnert C, Guseh JS, Hammer D, Levine BD, Parati G, Wolfel EE; American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Secondary Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology; and Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology. Clinical Implications for Exercise at Altitude Among Individuals With Cardiovascular Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association. *J Am Heart Assoc.* 2021 Oct 5;10(19):e023225. doi: 10.1161/JAHA.121.023225. Epub 2021 Sep 9. PMID: 34496612; PMCID: PMC8649141.

[16] Fieten KB, Drijver-Messelink MT, Cogo A, Charpin D, Sokolowska M, Agache I, Taborda-Barata LM, Eguiluz-Gracia I, Braunstahl GJ, Seys SF, van den Berge M, Bloch KE, Ulrich S, Cardoso-Vigueros C, Kappen JH, Brinke AT, Koch M, Traidl-Hoffmann C, da Mata P, Prins DJ, Pasmans SGMA, Bendien S, Rukhadze M, Shamji MH, Couto M, Oude Elberink H, Peroni DG, Piacentini G, Weersink EJM, Bonini M, Rijssenbeek-Nouwens LHM, Akdis CA. Alpine altitude climate treatment for severe and uncontrolled asthma: An EAACI position paper. *Allergy.* 2022 Jul;77(7):1991-2024. doi: 10.1111/all.15242. Epub 2022 Feb 15. PMID: 35113452; PMCID: PMC9305916.

[17] Furian M, Flueck D, Latshang TD, Scheiwiller PM, Segitz SD, Mueller-Mottet S, Murer C, Steiner A, Ulrich S, Rothe T, Kohler M, Bloch KE. Exercise performance and symptoms in lowlanders with COPD ascending to moderate altitude: randomized trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018 Oct 26;13:3529-3538. doi: 10.2147/COPD.S173039. PMID: 30464436; PMCID: PMC6208550.

[18] Mohajeri S, Perkins BA, Brubaker PL, Riddell MC. Diabetes, trekking and high altitude: recognizing and preparing for the risks. *Diabet Med.* 2015 Nov;32(11):1425-37. doi: 10.1111/dme.12795. Epub 2015 May 30. PMID: 25962798.

[19] Brubaker PL. Adventure travel and type 1 diabetes: the complicating effects of high altitude. *Diabetes Care.* 2005 Oct;28(10):2563-72. doi: 10.2337/diacare.28.10.2563. PMID: 16186302.

[20] Maldonato, Aldo. "In Alta Quota con il Diabete tipo-1."

[21] CAI Piemonte "Diabete e attività motoria – a cura della commissione medica LPV"

[22] CAI Italiano “Sentieri, pianificazione, segnaletica e manutenzione: quaderno di escursionismo n.1, 4° edizione dell’anno 2010”

[23] Smith BE, Peterman JE, Harber MP, Imboden MT, Fleenor BS, Kaminsky LA, Whaley MH. Change in Metabolic Syndrome and Cardiorespiratory Fitness Following Exercise Training - The Ball State Adult Fitness Longitudinal Lifestyle Study (BALL ST). *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2022 May 20;15:1553-1562. doi: 10.2147/DMSO.S352490. PMID: 35619799; PMCID: PMC9129263.



## SITOGRAFIA

Wikiloc – percorsi di escursionismo

<https://it.wikiloc.com/percorsi/escursionismo>

Komoot

<https://www.komoot.com/it-it/discover>

Società Alpinisti Tridentini – scala di difficoltà dei sentieri

<https://www.sat.tn.it/sentieri/scala-difficolta/>

Future Learn. Exercise in Medicine: From Functional Evaluation to Adapted Exercise Training. “Risks and Benefits of exercise in mountains”

<https://www.futurelearn.com/courses/exercise-in-medicine-from-functional-evaluation-to-adapted-exercise-training>

Itinerari di montagna.it

<https://www.itineraridimontagna.it/giro-delle-cinque-torri/>

MOVE

<https://www.mo2ve.com/>