



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE

PERMAFROST ANTARTICO: Analisi delle proprietà granulometriche e termiche del suolo antartico per studiare l'evoluzione temporale dello spessore del permafrost. Un caso studio dalla Taylor Valley, West Antarctica

Relatore: Prof. Valerio Olivetti

Laureando: Pietro Bilal Khachab

2041747

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

INTRODUZIONE.....	(2)
Permafrost.....	(2)
La Taylor Valley.....	(3)
Il Caso studio.....	(4)
MODALITA' E PROCEDIMENTO.....	(5)
Passaggi delle analisi.....	(5)
Funzionamento strumenti utilizzati.....	(6)
DATI DEI CAMPIONI.....	(8)
Granulometria setacci.....	(8)
Granulometria laser.....	(13)
Analisi termiche.....	(18)
CONCLUSIONI.....	(20)
APPENDICE.....	(22)
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	(25)

INTRODUZIONE

La presente tesi sperimentale riguarda i risultati delle attività di laboratorio svolte nell'ambito del tirocinio formativo tenutosi nell'anno accademico 2023/2024.

Le analisi sperimentali in questione contribuiscono, con il loro svolgimento, alla raccolta di dati utili per il progetto SENECA (Source and impact of greenhouse gases in Antarctica) condotto dall'INGV, Università La Sapienza e Università di Padova e), finanziato dal Piano Nazionale di ricerca In Antartide) che ha lo scopo di monitorare lo stato del permafrost in Antartide e studiare le emissioni di gas serra associate alle possibili variazioni di spessore del permafrost indotte dal riscaldamento globale.

Permafrost: definizione e relazione con il riscaldamento globale

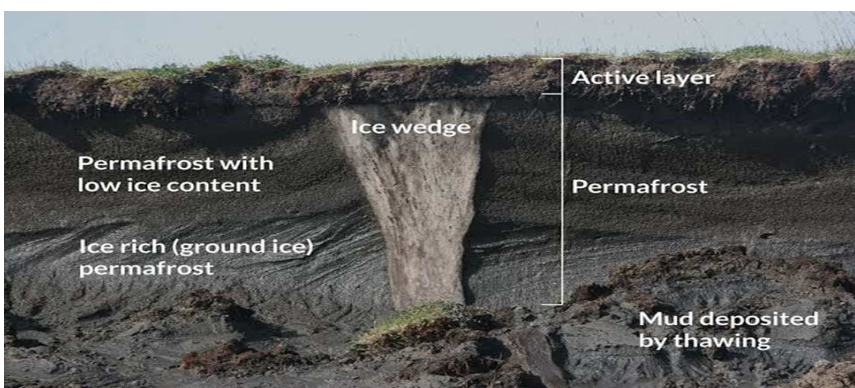
Il permafrost è, per definizione, "qualsiasi suolo (sciolto o roccioso, comprensivo di materia organica e ghiaccio) che rimane completamente ghiacciato (a temperatura pari o minore di 0° Celsius) per un periodo di tempo di almeno due anni.

Questo tipo di suolo è presente in entrambi gli emisferi ad alte latitudini e le sue caratteristiche in termini di temperatura, spessore e continuità dipendono dall'ubicazione geografica e, su scala più larga, dal bilancio energetico di superficie.

Nelle regioni artiche e boreali, il permafrost è presente in Groenlandia, Canada, Nord Europa, Russia e Cina ed occupa il 17% della superficie di questi territori.

Il permafrost delle regioni artiche è ricco in materia organica congelata, che funge da "serbatoio" di carbonio organico: si stima che nelle zone polari dell'emisfero nord sia presente nel permafrost una quantità di carbonio equivalente al doppio di quanto è contenuto attualmente nell'atmosfera ("Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implication for the Global Carbon Cycle", E. A. G. Schuur et al., 2008(1)).

Nell'emisfero australe, suoli con permafrost si trovano a elevate latitudini, nelle isole sub-Antartiche e nelle regioni non coperte di ghiaccio del continente Antartico (queste ultime rappresentano una minima percentuale, sotto l'1%), tra cui il territorio da cui sono stati prelevati i campioni da noi studiati, ovvero la Taylor Valley.



Strati di permafrost con caratteristiche diverse, suddivisi in permafrost "povero in ghiaccio", nella parte superiore, e permafrost "ricco in ghiaccio", nella parte inferiore.

La Taylor Valley

La Taylor Valley fa parte della regione delle McMurdo Dry Valleys, scoperta durante la prima spedizione di J. F. Scott nel 1903, che costituisce una regione dell'Antartide dove il fondo delle valli è privo di ghiacciai.

Questa valle è la più meridionale delle tre valli desertiche che costituiscono le (McMurdo Dry Valleys) e si estende per 47 km di lunghezza dal ghiacciaio Taylor alla baia di McMurdo, con una superficie di circa 400 km², di cui il 35% coperto da ghiacciai che si trovano lungo i fianchi della valle.

Queste valli desertiche sono luoghi estremamente sensibili alle variazioni climatiche e anche variazioni molto piccole possono portare ad importanti variazioni nel regime idrologico del territorio (Andrew G. Fountain, W Berry Lyons ecc. "Physical Controls on the Taylor Valley Ecosystem, Antarctica).

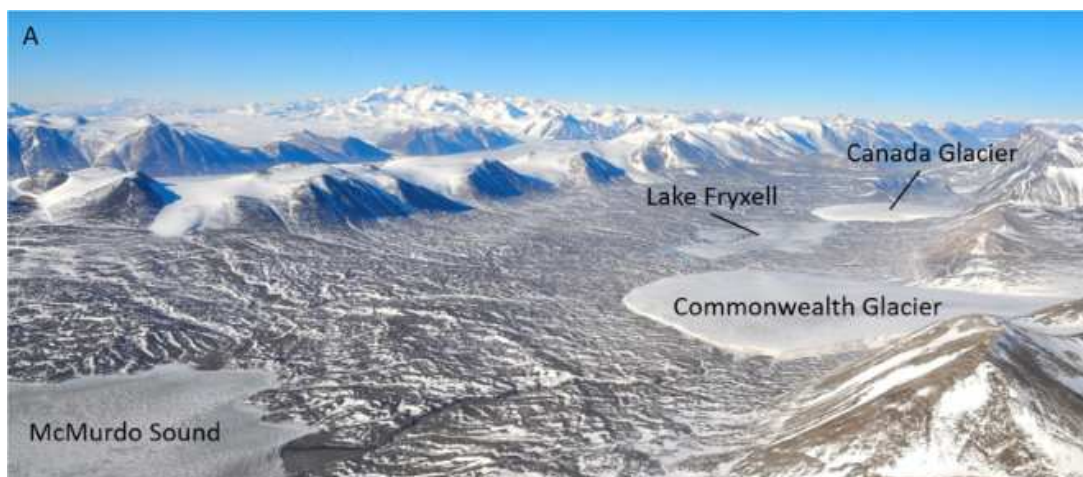
Si ritiene che la valle sia stata scavata proprio dal ghiacciaio Taylor negli ultimi 35 Ma, che ritirandosi ha poi dato vita ad una serie di laghi glaciali. La ritirata del ghiaccio è avvenuta probabilmente intorno a 15 Milioni di anni fa.

Qui, le temperature medie variano da -16° C a -21° C durante l'anno e le precipitazioni, in questo lasso di tempo, sono meno di 10 cm.

L'aridità di questa zona si ritiene sia dovuta a due principali fattori, dovuti entrambi alla presenza della catena delle Montagne Transantartiche:

- L'azione di blocco operata nei confronti del ghiaccio del plateau antartico, che ne impedisce per la maggior parte la discesa verso valle;
- Il formarsi dei venti catabatici che, soffiando a velocità che raggiungono 300 km/h, provocano la sublimazione delle parti ghiacciate a quota minore e dell'eventuale neve caduta.

Il suolo che si trova lungo il fondovalle della Taylor Valley è un costituito da sedimenti sciolti, principalmente sabbia e ciottoli e privo di sostanza organica. Infatti le temperature annuali estremamente basse non permettono nessun tipo di vita vegetale.



Vista della Taylor Valley da Est ad Ovest

Il caso studio

Il mio lavoro è stato quello di studiare le proprietà granulometriche e termiche dei campioni di sedimenti che costituiscono il suolo antartico della Taylor Valley.

Il primo passo è stato, quindi, quello di selezionare i campioni da analizzare, partendo da un pool totale di 57 campioni prelevati nella regione della Taylor Valley tra il 2019 e il 2020. I parametri discriminanti sono stati la posizione, la vicinanza con il mare e/o altri bacini d'acqua (come il lago Fryxell), la loro composizione in elementi e la colorazione del terreno da cui provenivano.

Una volta individuati i campioni più adatti, l'obiettivo è stato studiarne le caratteristiche granulometriche e le proprietà di conducibilità termica. I risultati sono stati messi in relazione con la profondità del permafrost, misurata nell'area di studio in due diverse campagne (2019 e 2022), per capire se le caratteristiche dei suoli controllino la profondità del permafrost.

I campioni esaminati sono stati, in totale, 7; con due modalità di analisi diverse per le analisi granulometriche (solo tramite setacci o anche tramite granulometro laser).

Questa procedura ha comportato la divisione dei campioni in due differenti tipologie, con due differenti tipologie di dati risultanti.

Le differenze maggiori riguardano:

- La quantità di classi di diametro in cui sono divisi i sedimenti (maggiore nei sedimenti analizzati a granulometro laser)
- La precisione delle misure (diametro più piccolo rilevabile e rilevato)
- L'impostazione dei dati (grafici e tabelle)

MODALITA' E PROCEDIMENTO

Passaggi delle analisi

Le varie fasi dell'esperimento si sono svolte utilizzando setacci per la granulometria fisica (8mm, 4mm, 2mm, 1mm, 500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m), granulometro laser e ISOMET 2114,

Tre dei campioni analizzati sono stati analizzati unicamente con setacci e quattro, invece, anche con il granulometro laser.

Quelli che presentavano parte predominante con granulometria minore di 2 mm sono stati analizzati al granulometro laser e, dunque, non sono stati passati a setacci aventi griglie con fori di diametro minore di 2 mm. Gli altri, diversamente, sono stati passati a setacci aventi griglie con fori di diametro fino a 63 micron.

Una prima parte delle analisi, che ha avuto luogo nel laboratorio di macinazione del dipartimento di Geoscienze dell'università di Padova, ha previsto la setacciatura dei campioni di sedimenti per la stesura della loro curva granulometrica.

Il campione in questione è stato pesato e successivamente inserito nel complesso di setacci impilati l'uno sull'altro, con un fondo a raccogliere il materiale passante.

La setacciatura è avvenuta a blocchi di tre setacci più fondo, per un totale di 4 corpi metallici fatti vibrare/oscillare per un tempo che aumenta al diminuire del diametro dei fori delle griglie.

(8mm/4mm/2mm; 1mm/500 μ m/250 μ m; 8mm/125 μ m/63 μ m).

Terminato il tempo di vibrazione, ogni setaccio è stato pesato, previa tara a vuoto, per quantificare la percentuale in peso della rispettiva classe granulometrica sul totale (sedimenti di diametro minore di 63 μ m venivano pesati con il fondo).

Per i campioni analizzati con il granulometro laser, il procedimento è stato il medesimo solo per il primo blocco di setacci, fino a 2mm di diametro.

Il restante quantitativo del campione, raccolto sul fondo, è stato portato al laboratorio di sedimentologia e separazione del Dipartimento di Geoscienze per l'analisi con il granulometro laser.

In questo processo, parte del campione è stata prelevata ed aggiunta ad acqua e fosfato di sodio (composto deflocculante) per poi essere analizzata.

La macchina ha effettuato 15 misurazioni totali per ogni campione e i dati restituiti sono una media di esse.

Le analisi termiche, effettuate sui campioni tal quali, non divisi in classi granulometriche, sono state fatte tramite ISOMET 2114, composto da un ago capace di diffondere calore e di misurare tre proprietà: -conducibilità termica, -diffusività, -calore specifico.

Lo strumento va calibrato inserendo i range di conducibilità termica che ci si aspetta di trovare dalla misura e, successivamente, inserito nel campione e lasciato misurare per un tempo di circa 30 min.

Funzionamento strumenti utilizzati

Il granulometro laser basa il suo funzionamento sulla tecnica della diffrazione laser.

La tecnica si basa sul principio che le particelle illuminate da un fascio laser diffondono la luce ad un angolo correlato alla loro dimensione. Al diminuire della dimensione delle particelle, l'angolo osservato di scattering (diffusione) aumenta in maniera logaritmica.

L'intensità di scattering dipende anche essa dalle dimensioni delle particelle e diminuisce, con una buona approssimazione, in relazione alla superficie della sezione trasversale della particella. Semplificando, particelle grandi diffondono la luce con angoli stretti ed alta intensità, mentre particelle piccole con angoli più ampi e bassa intensità. La granulometria della particella viene riportata come diametro della sfera di volume equivalente.

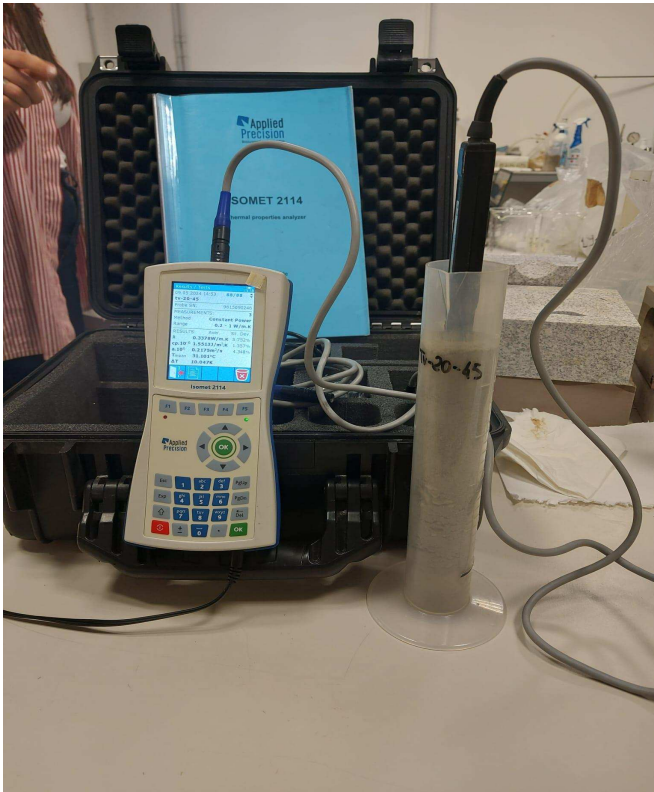
La macchina cattura tutta la luce diffusa dalle particelle che si stanno analizzando e traduce gli angoli di diffrazione in particelle di un determinato diametro.

Un tipico sistema è costituito da:

- **Un laser** per fornire una fonte di luce con lunghezza d'onda fissa coerente ed intensa.
- **Un sistema di presentazione del campione** per garantire che il materiale in prova passi attraverso il raggio laser come un flusso omogeneo di particelle in uno stato di dispersione noto e riproducibile.
- **Una serie di rilevatori** utilizzati per analizzare la diffusione della luce ottenuta in una vasta gamma di angoli.

La macchina ISOMET 2114 funziona analizzando le risposte termiche del materiale sotto analisi a flussi di calore. Un resistore inserito nel materiale viene riscaldato elettricamente

e genera i flussi di calore necessari. Le proprietà termiche vengono misurate in funzione di una periodica misura della temperatura, messa in relazione con il tempo passato dal flusso di calore indotto.

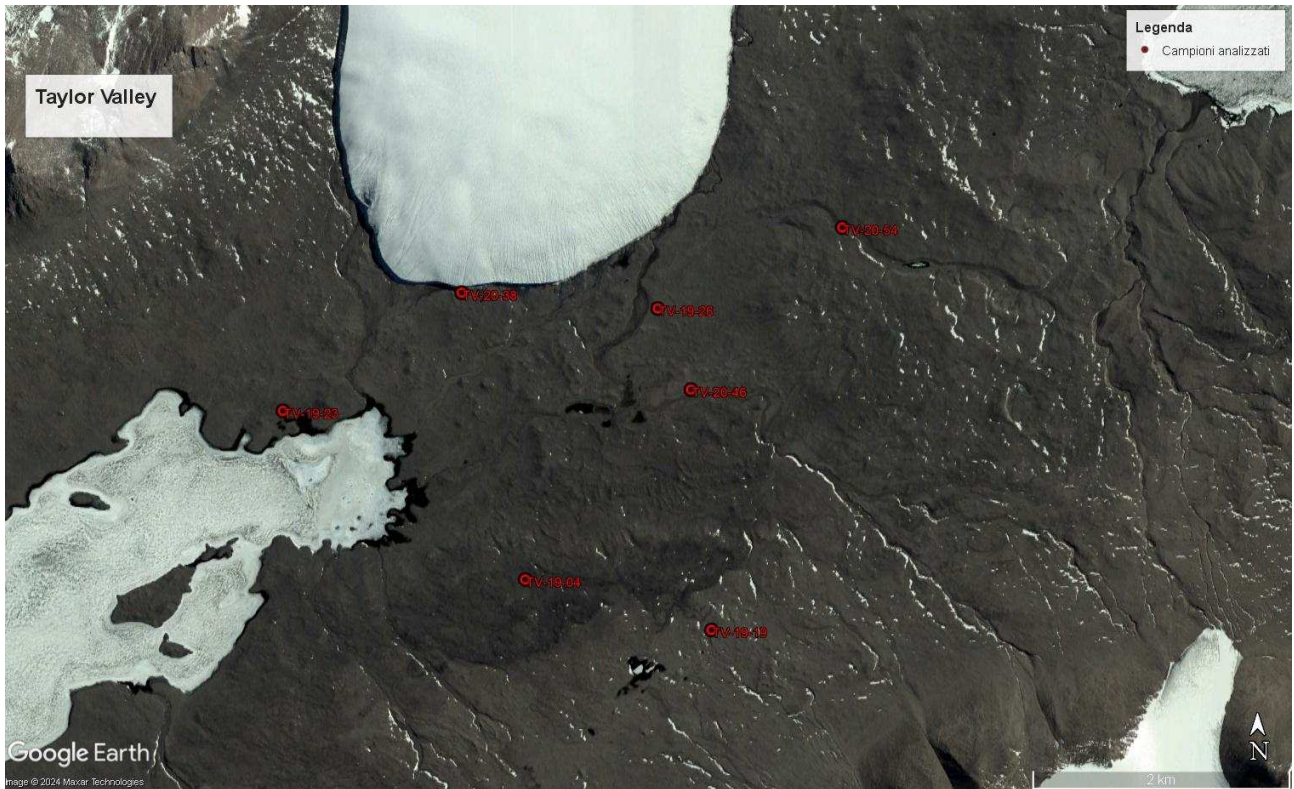


Macchina ISOMET 2114, analisi termiche



Granulometro laser

DATI DEI CAMPIONI



Locazione dei campioni all'interno della valle.

GRANULOMETRIA SETACCI

CAMPIONE TV-20-46

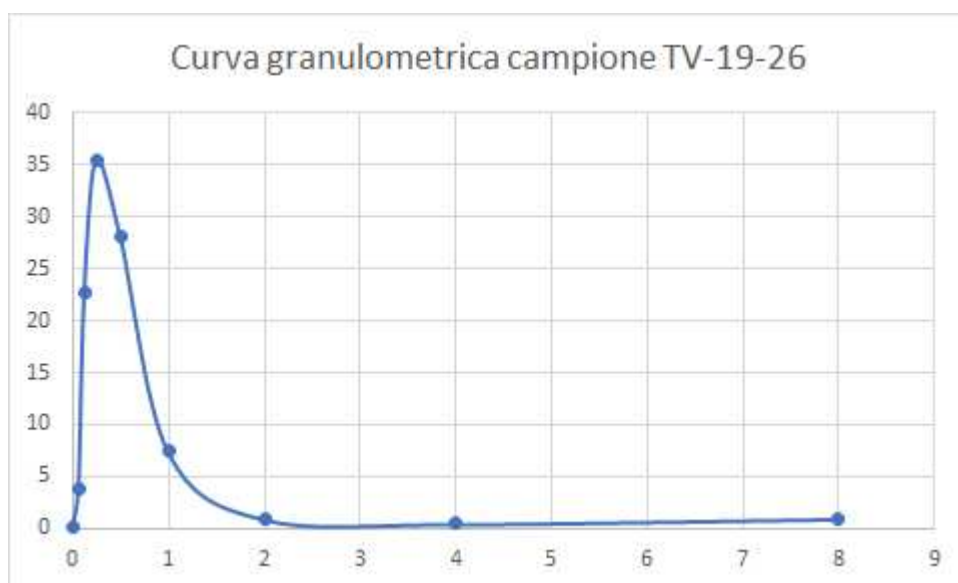
Coordinate: 460547 X; 1386085 Y



campione 46	peso campione: 1248,8 g	1248,8		
<i>dimensioni griglia</i>	<i>tara griglia (g)</i>	<i>tara + netto (g)</i>	<i>netto</i>	<i>% sul totale</i>
8 mm	1271,7	1393,5	121,8	9,75336323
4 mm	1249,4	1456,7	207,3	16,5999359
2 mm	1096,5	1253,4	156,9	12,5640615
1 mm	995,9	1146,1	150,2	12,0275464
0,5 mm	920,6	1081,4	160,8	12,8763613
0,25 mm	883,2	1086,2	203	16,2556054
0,125 mm	828,9	1038,7	209,8	16,8001281
0,063 mm	915,5	953,4	37,9	3,03491352
0 mm	880,4	885,3	4,9	0,39237668

CAMPIONE TV-19-26

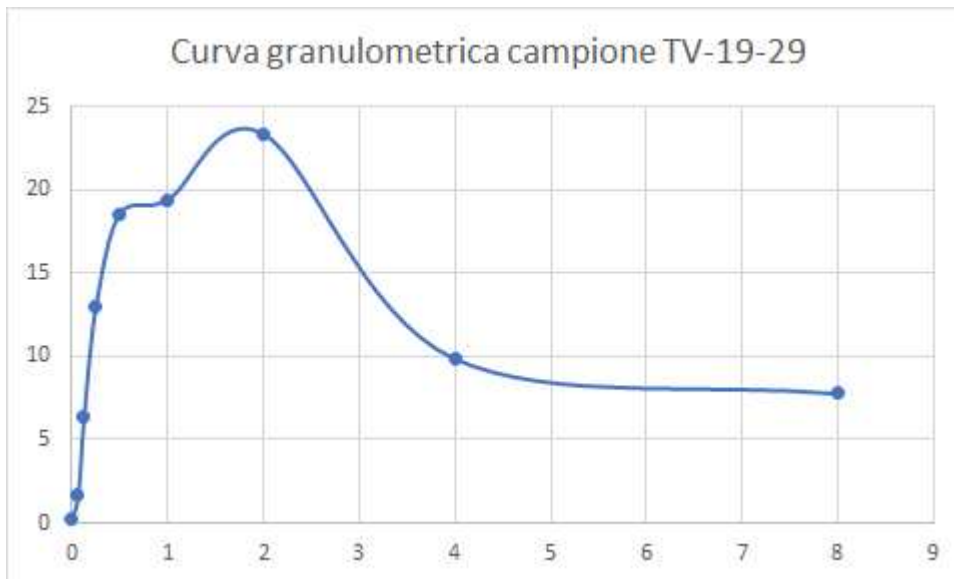
Coordinate: 460272 X; 1386705.677 Y



campione 26	peso campione: 1636,1 g	1636,1		
<i>dimensioni griglia</i>	<i>tara griglia (g)</i>	<i>tara + netto (g)</i>	<i>netto</i>	<i>% sul totale</i>
8 mm	1271,7	1287,3	15,6	0,95348695
4 mm	1249,4	1257	7,6	0,46451928
2 mm	1096,5	1111,6	15,1	0,92292647
1 mm	995,9	1117,5	121,6	7,43230854
0,5 mm	920,6	1379,3	458,7	28,0361836
0,25 mm	884,3	1464,6	580,3	35,4684922
0,125 mm	828,9	1199,4	370,5	22,6453151
0,063 mm	915,5	977	61,5	3,75893894
0 mm	880,4	884,5	4,1	0,25059593

CAMPIONE TV-19-29

Coordinate: 460386 X; 1385065 Y



campione 29	peso campione: 928,7 g			
<i>dimensioni griglia</i>	<i>tara griglia (g)</i>	<i>tara + netto (g)</i>	<i>netto</i>	<i>% sul totale</i>
8 mm	1271,9	1344,1	72,2	7,77430817
4 mm	1249,7	1341,4	91,7	9,87401744
2 mm	1096,6	1313,8	217,2	23,387531
1 mm	996	1176,3	180,3	19,414235
0,5 mm	920,7	1093,4	172,7	18,5958867
0,25 mm	883,5	1004,4	120,9	13,0181975
0,125 mm	828,1	887,2	59,1	6,36373425
0,063 mm	914,8	930	15,2	1,63669646
0 mm	880,7	882,5	1,8	0,19381932

CAMPIONE TV-20-54

Coordinate: X: 461682; Y: 1387372

campione 54	peso campione: 1212 g			
<i>dimensioni griglia</i>	<i>tara griglia (g)</i>	<i>tara + netto (g)</i>	<i>netto</i>	<i>% sul totale</i>
8 mm	1271,7	1271,7	0	0
4 mm	1249,5	1253,2	3,7	0,30528053
2 mm	1096,7	1115	18,3	1,50990099
< 2 mm	880,6	2071,4	1190,8	98,2508251

Il campione TV-20-54 è il primo campione della lista che è stato analizzato con il granulometro laser, avendo quasi unicamente granulometria molto fine (<2mm).

CAMPIONE TV-20-38

COORDINATE: 458751 X ; 1386784 Y

campione 38	peso campione: 714,8 g			
<i>dimensioni griglia</i>	<i>tara griglia (g)</i>	<i>tara + netto (g)</i>	<i>netto</i>	<i>% sul totale</i>
8 mm	1271,7	1319,4	47,7	6,6731953
4 mm	1249,5	1261,2	11,7	1,63682149
2 mm	1096,7	1106,1	9,4	1,31505316
< 2 mm	880,6	1527,5	646,9	90,5008394

La granulometria, ancora una volta, è per il 90% minore di 2 mm e per questo motivo, è il secondo analizzato al granulometro laser.

CAMPIONE TV-19-23

campione 23	peso campione: 430,9g				430,9
<i>dimensioni griglia</i>	<i>tara griglia (g)</i>		<i>tara + netto (g)</i>	<i>netto</i>	<i>% sul totale</i>
8 mm	1271,7		1275,4		3,7 0,858667904
4 mm	1249,5		1259		9,5 2,204687863
2 mm	1096,7		1102		5,3 1,229983755
< 2 mm	880,6		1293,1		412,5 95,72986772

COORDINATE: 457395 X ; 1385830.094 Y

La stragrande maggioranza delle particelle ha diametro <2 mm, con assenza quasi totale di clasti di ghiaia con diametro >8 mm.

CAMPIONE TV-19-04

campione 04	peso campione: 1280,5 g		1280,5		
<i>dimensioni griglia</i>	<i>tara griglia (g)</i>		<i>tara + netto (g)</i>	<i>netto</i>	<i>% sul totale</i>
8 mm	1271,7		1271,7		0 0
4 mm	1249,4		1253,8		4,4 0,343615775
2 mm	1096,5		1104,2		7,7 0,601327606
< 2mm	880,4		2122,7		1242,3 97,01679032

COORDINATE: X: 459307 ; Y:1384580.023

Il campione 04 si presentava, già alla vista, composto da una grande quantità di sedimenti molto fini e polverosi (probabilmente di limo o sabbia fine), con i clasti di maggiori dimensioni visibili solo dopo la setacciatura.

Quest'ultima ha, appunto, evidenziato come la stragrande maggioranza dei granuli avesse diametro < 2 mm e, quindi, il campione è stato esaminato con la macchina granulometrica laser.

GRANULOMETRIA LASER

CAMPIONE TV-20-54

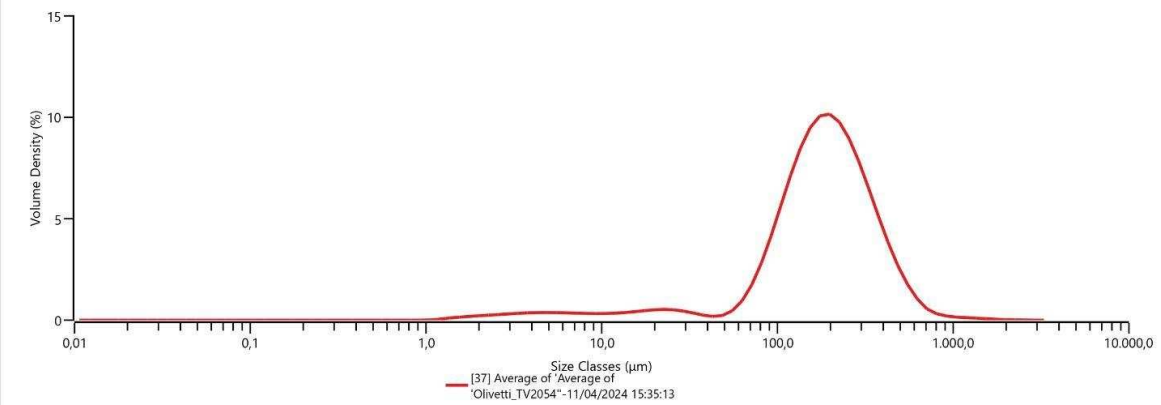
Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name MasterSizer Sample Name Average of 'Average of 'Olivetti_TV2054'' SOP File Name HydroEV.cfg	Measurement Details Analysis Date Time 11/04/2024 15:35:13 Measurement Date Time 11/04/2024 15:35:13 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Antarctic Soil Particle Refractive Index 1,600 Particle Absorption Index 0,010 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1,330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0,27 % Laser Obscuration 11,88 %	Result Concentration 0,0768 % Span 1,717 Uniformity 0,561 Specific Surface Area 38,88 m ² /kg D [3;2] 53,218 μm D [4;3] 214,204 μm Dv (10) 71,967 μm Dv (50) 184,265 μm Dv (90) 388,418 μm

Frequency (compatible)



Result

Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0,010	0,00	0,060	0,00	0,357	0,00	2,131	0,21	12,726	0,31	76,006	2,33	453,960	2,23	2711,357	0,00
0,011	0,00	0,068	0,00	0,405	0,00	2,421	0,23	14,458	0,35	86,355	3,46	515,772	1,46	3080,544	0,00
0,013	0,00	0,077	0,00	0,460	0,00	2,750	0,26	16,427	0,39	98,114	4,71	586,001	0,86	3500,000	
0,015	0,00	0,088	0,00	0,523	0,00	3,125	0,28	18,664	0,43	111,473	5,97	665,793	0,44		
0,017	0,00	0,100	0,00	0,594	0,00	3,550	0,30	21,205	0,44	126,652	7,09	756,449	0,25		
0,019	0,00	0,113	0,00	0,675	0,00	4,034	0,31	24,092	0,43	143,897	7,94	859,450	0,17		
0,022	0,00	0,128	0,00	0,767	0,00	4,583	0,32	27,373	0,38	163,490	8,43	976,475	0,12		
0,024	0,00	0,146	0,00	0,872	0,00	5,207	0,31	31,100	0,30	185,752	8,51	1109,435	0,10		
0,028	0,00	0,166	0,00	0,991	0,00	5,916	0,30	35,335	0,21	211,044	8,17	1260,499	0,08		
0,032	0,00	0,188	0,00	1,125	0,04	6,722	0,29	40,146	0,15	239,780	7,49	1432,133	0,06		
0,036	0,00	0,214	0,00	1,279	0,09	7,637	0,28	45,613	0,18	272,430	6,54	1627,136	0,04		
0,041	0,00	0,243	0,00	1,453	0,12	8,677	0,27	51,823	0,37	309,525	5,43	1848,692	0,02		
0,046	0,00	0,276	0,00	1,651	0,15	9,858	0,27	58,880	0,77	351,670	4,28	2100,416	0,01		
0,053	0,00	0,314	0,00	1,875	0,18	11,201	0,29	66,897	1,42	399,555	3,19	2386,415	0,01		

Vediamo come i dati si presentano in maniera più dettagliata: è possibile osservare il diametro minore rilevato (in questo caso appena più di 1 μm) e quello maggiore (quasi 2,4 mm).

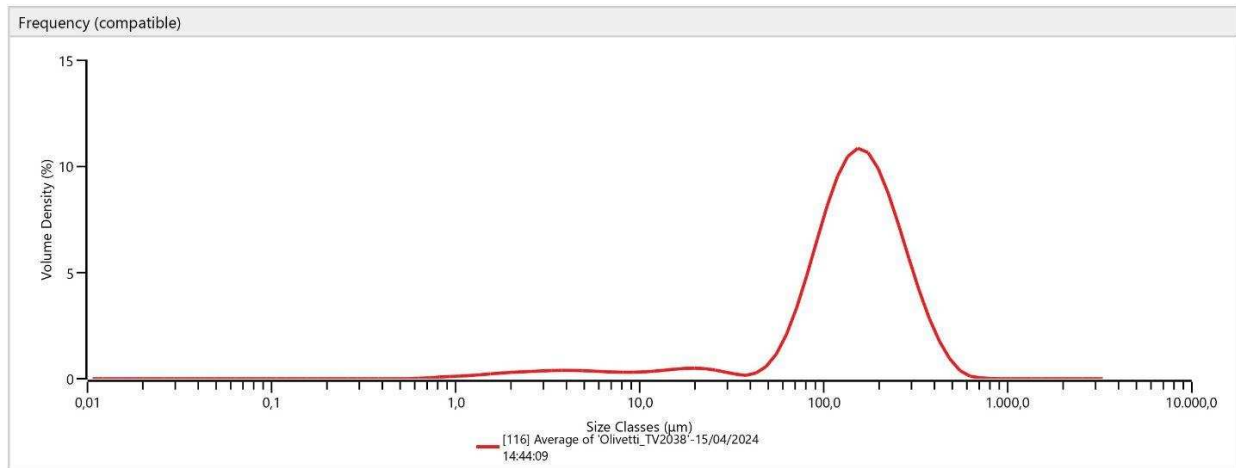
Il fatto che particelle di diametro maggiore di 2 mm siano state rilevate dalla macchina anche se era stata effettuata previa setacciatura, è probabilmente dovuto alla forma delle particelle, le quali potrebbero avere diametro minore di 2 mm in una direzione spaziale ma maggiore in un'altra (non sono sferiche). In base all'orientamento di caduta, quindi, potrebbero essere passate attraverso il setaccio.

Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name MasterSizer Sample Name Average of 'Olivetti_TV2038' SOP File Name HydroEV.cfg	Measurement Details Analysis Date Time 15/04/2024 14:44:09 Measurement Date Time 15/04/2024 14:44:09 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Antarctic Soil Particle Refractive Index 1,600 Particle Absorption Index 0,010 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1,330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0,33 % Laser Obscuration 11,20 %	Result Concentration 0,0520 % Span 1,581 Uniformity 0,496 Specific Surface Area 53,95 m ² /kg D [3;2] 38,347 µm D [4;3] 165,434 µm Dv (10) 60,309 µm Dv (50) 149,626 µm Dv (90) 296,799 µm



Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0,010	0,00	0,060	0,00	0,357	0,00	2,131	0,27	12,726	0,33	76,006	4,05	453,960	0,77
0,011	0,00	0,068	0,00	0,405	0,00	2,421	0,29	14,458	0,37	86,355	5,45	515,772	0,30
0,013	0,00	0,077	0,00	0,460	0,00	2,750	0,30	16,427	0,40	98,114	6,82	586,001	0,08
0,015	0,00	0,088	0,00	0,523	0,00	3,125	0,32	18,664	0,41	111,473	7,97	665,793	0,03
0,017	0,00	0,100	0,00	0,594	0,02	3,550	0,33	21,205	0,40	126,652	8,77	756,449	0,01
0,019	0,00	0,113	0,00	0,675	0,03	4,034	0,33	24,092	0,34	143,897	9,10	859,450	0,00
0,022	0,00	0,128	0,00	0,767	0,07	4,583	0,31	27,373	0,26	163,490	8,92	976,475	0,00
0,024	0,00	0,146	0,00	0,872	0,08	5,207	0,30	31,100	0,18	185,752	8,28	1109,435	0,00
0,028	0,00	0,166	0,00	0,991	0,10	5,916	0,28	35,335	0,12	211,044	7,27	1260,499	0,00
0,032	0,00	0,188	0,00	1,125	0,12	6,722	0,26	40,146	0,21	239,780	6,04	1432,133	0,00
0,036	0,00	0,214	0,00	1,279	0,15	7,637	0,25	45,613	0,45	272,430	4,73	1627,136	0,00
0,041	0,00	0,243	0,00	1,453	0,19	8,677	0,25	51,823	0,94	309,525	3,46	1848,692	0,00
0,046	0,00	0,276	0,00	1,651	0,22	9,858	0,27	58,880	1,71	351,670	2,35	2100,416	0,00
0,053	0,00	0,314	0,00	1,875	0,25	11,201	0,29	66,897	2,77	399,555	1,45	2386,415	0,00



In questo caso, la particella più piccola facente parte del campione ha diametro appena minore di 0,6 micron.

Analysis

Malvern Instruments

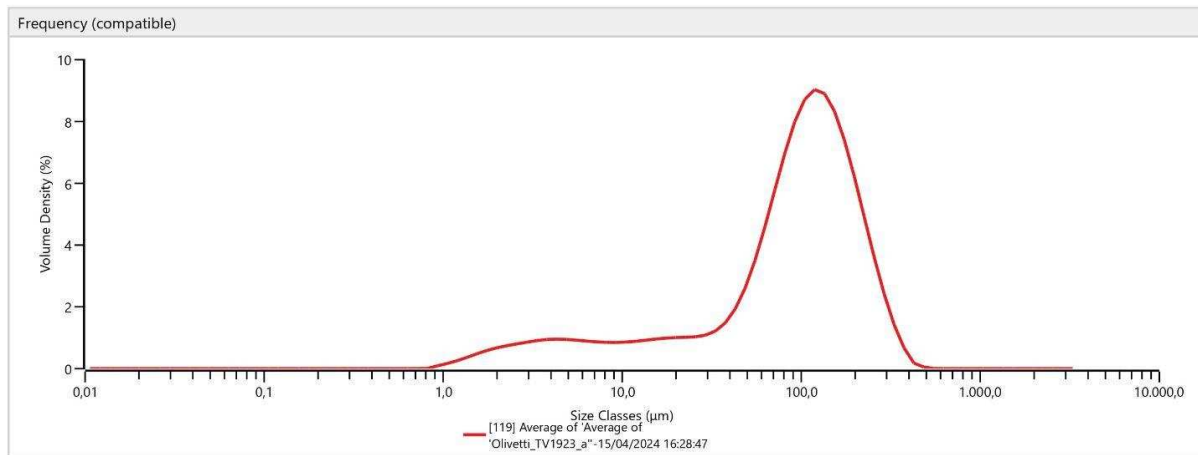


Measurement Details	
Operator Name	MasterSizer
Sample Name	Average of 'Average of 'Olivetti_TV1923_a''
SOP File Name	HydroEV.cfg

Measurement Details	
Analysis Date Time	15/04/2024 16:28:47
Measurement Date Time	15/04/2024 16:28:47
Result Source	Averaged

Analysis	
Particle Name	Antarctic Soil
Particle Refractive Index	1,600
Particle Absorption Index	0,010
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1,330
Scattering Model	Mie
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	0,75 %
Laser Obscuration	11,73 %

Result	
Concentration	0,0286 %
Span	2,074
Uniformity	0,611
Specific Surface Area	98,54 m ² /kg
D [3;2]	20,996 µm
D [4;3]	110,504 µm
Dv (10)	8,242 µm
Dv (50)	100,985 µm
Dv (90)	217,654 µm



Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.010	0,00	0.060	0,00	0.357	0,00	2.131	0,62	12.726	0,77	76.006	5,83	453.960	0,04	2711.357	0,00
0.011	0,00	0.068	0,00	0.405	0,00	2.421	0,67	14.458	0,80	86.355	6,68	515.772	0,00	3080.544	0,00
0.013	0,00	0.077	0,00	0.460	0,00	2.750	0,71	16.427	0,82	98.114	7,29	586.001	0,00	3500.000	0,00
0.015	0,00	0.088	0,00	0.523	0,00	3.125	0,76	18.664	0,84	111.473	7,56	665.793	0,00		
0.017	0,00	0.100	0,00	0.594	0,00	3.550	0,79	21.205	0,85	126.652	7,45	756.449	0,00		
0.019	0,00	0.113	0,00	0.675	0,00	4.034	0,80	24.092	0,86	143.897	6,97	859.450	0,00		
0.022	0,00	0.128	0,00	0.767	0,00	4.583	0,79	27.373	0,90	163.490	6,19	976.475	0,00		
0.024	0,00	0.146	0,00	0.872	0,08	5.207	0,77	31.100	1,00	185.752	5,19	1109.435	0,00		
0.028	0,00	0.166	0,00	0.991	0,14	5.916	0,74	35.335	1,22	211.044	4,09	1260.499	0,00		
0.032	0,00	0.188	0,00	1.125	0,21	6.722	0,72	40.146	1,60	239.780	3,00	1432.133	0,00		
0.036	0,00	0.214	0,00	1.279	0,31	7.637	0,71	45.613	2,16	272.430	2,01	1627.136	0,00		
0.041	0,00	0.243	0,00	1.453	0,40	8.677	0,71	51.823	2,91	309.525	1,17	1848.692	0,00		
0.046	0,00	0.276	0,00	1.651	0,49	9.858	0,72	58.880	3,83	351.670	0,55	2100.416	0,00		
0.053	0,00	0.314	0,00	1.875	0,57	11.201	0,74	66.897	4,83	399.555	0,12	2386.415	0,00		



Malvern Instruments Ltd.
www.malvern.com

Mastersizer - v3.81
Page 1 of 1

Measurement_file_Olivetti

Created: 01/01/2015
Printed: 16/04/2024 18:46

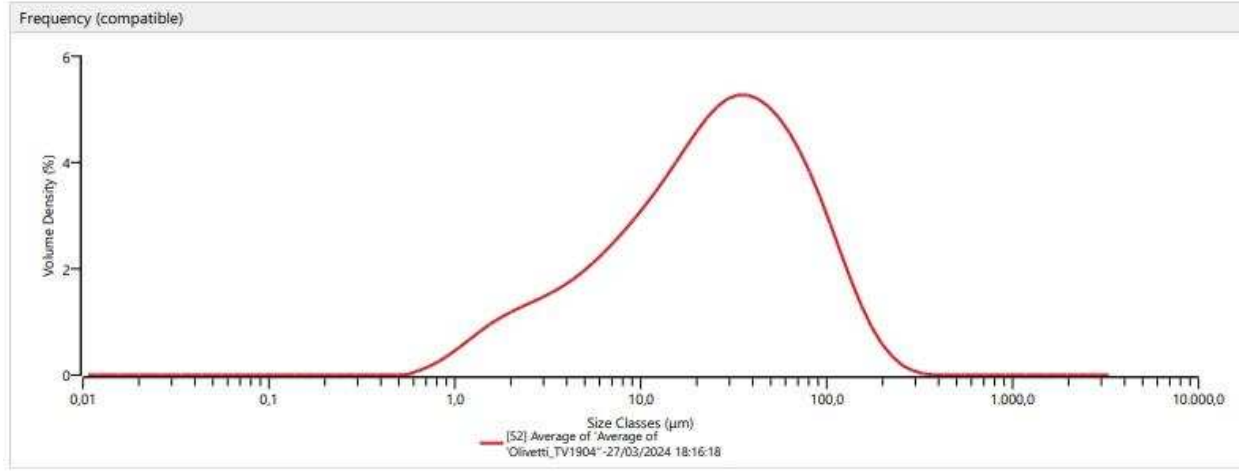
I dati derivanti dal granulometro evidenziano come la particella di diametro minore rilevata per questo campione è di 0,876 micron, mentre la maggiore non raggiunge il mezzo millimetro.

Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name MasterSizer Sample Name Average of 'Average of 'Olivetti_TV1904'' SOP File Name HydroEV.cfg	Measurement Details Analysis Date Time 27/03/2024 18:16:18 Measurement Date Time 27/03/2024 18:16:18 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Soil Tognin-Puppin Particle Refractive Index 2,000 Particle Absorption Index 0,010 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1,330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0,32 % Laser Obscuration 9,04 %	Result Concentration 0,0103 % Span 3,469 Uniformity 1,084 Specific Surface Area 506,5 m ² /kg D [3;2] 9,476 μm D [4;3] 38,672 μm Dv (10) 3,624 μm Dv (50) 25,512 μm Dv (90) 92,115 μm



Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0.010	0.00	0.060	0.00	0.357	0.00	2.131	1.06	12.726	3.09	76.008	3.19	453.960	0.00
0.011	0.00	0.068	0.00	0.405	0.00	2.421	1.14	14.458	3.33	86.355	2.80	515.772	0.00
0.013	0.00	0.077	0.00	0.460	0.00	2.750	1.21	16.427	3.58	98.114	2.37	586.001	0.00
0.015	0.00	0.088	0.00	0.523	0.00	3.125	1.29	18.664	3.81	111.473	1.52	665.793	0.00
0.017	0.00	0.100	0.00	0.594	0.06	3.550	1.39	21.205	4.03	126.652	1.49	756.449	0.00
0.019	0.00	0.113	0.00	0.675	0.13	4.034	1.49	24.092	4.21	143.897	1.09	859.450	0.00
0.022	0.00	0.128	0.00	0.767	0.21	4.583	1.62	27.373	4.34	163.490	0.75	976.475	0.00
0.024	0.00	0.146	0.00	0.872	0.31	5.207	1.76	31.100	4.40	185.752	0.48	1109.435	0.00
0.028	0.00	0.166	0.00	0.991	0.43	5.916	1.92	35.335	4.40	211.044	0.29	1260.498	0.00
0.032	0.00	0.188	0.00	1.135	0.56	6.722	2.08	40.146	4.34	239.780	0.14	1432.133	0.00
0.036	0.00	0.214	0.00	1.279	0.68	7.637	2.26	45.613	4.22	272.430	0.07	1627.136	0.00
0.041	0.00	0.243	0.00	1.453	0.80	8.677	2.45	51.623	4.04	309.925	0.02	1848.692	0.00
0.046	0.00	0.275	0.00	1.651	0.90	9.858	2.65	58.880	3.82	351.670	0.00	2100.416	0.00
0.053	0.00	0.314	0.00	1.875	0.99	11.201	2.87	66.897	3.53	399.555	0.00	2386.415	0.00

I dati uscenti evidenziano un range di diametri da mezzo micron (0,594) a più di 300 (309,525).

ANALISI TERMICHE

CAMPIONE TV-20-46

-Conducibilità termica	$\lambda=0.5482 \text{ W/m.k}$	Profondità permafrost: 46 cm
-Calore specifico	$cp=1.6515 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3.\text{K}$	
-Diffusività termica	$a=0.3314 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$	Temperatura rilevata: $-2,1^{\circ} \text{ C}$

CAMPIONE TV-19-26

-Conducibilità termica	$\lambda=0,2636 \text{ W/m.k}$	Profondità permafrost: 25 cm
-Calore specifico	$cp=1.5061 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3.\text{K}$	
-Diffusività termica	$a=0,1749 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$	Temperatura rilevata: $-0,8^{\circ} \text{ C}$

Si nota come per questo campione siano valori minori di quelli rilevati per il campione TV-20-46 e come questo campione abbia mediamente granuli di diametro minore.

CAMPIONE TV-19-29

-Conducibilità termica	$\lambda=0.3558 \text{ W/m.k}$	Profondità permafrost: 28 cm
-Calore specifico	$cp=1.4738 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3.\text{K}$	
-Diffusività termica	$a=0.2414 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$	Temperatura rilevata: $-1,2^{\circ} \text{ C}$

CAMPIONE TV-19-23

-Conducibilità termica	$\lambda=0.2373 \text{ W/m.k}$	Profondità permafrost: 24 cm
-Calore specifico	$cp=1.4381 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3.\text{K}$	
-Diffusività termica	$a=0.1649 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$	Temperatura rilevata: $-1,8^{\circ} \text{ C}$

I valori, in questo caso, tornano ad essere bassi, di pari passo con la diminuzione del diametro medio dei grani. Si inizia a notare un trend che lega la dimensione dei grani del sedimento del terreno e le sue proprietà termiche.

CAMPIONE TV-20-38

-Conducibilità termica	$\lambda=0,2871 \text{ W/m.k}$	Profondità permafrost: 38 cm
-Calore specifico	$cp=1.5038 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3.\text{K}$	
-Diffusività termica	$a=0,1909 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$	Temperatura rilevata: -2° C

CAMPIONE TV-20-54

-Conducibilità termica	$\lambda=0,2347 \text{ W/m.k}$	Profondità permafrost: 38 cm
-Calore specifico	$cp=1.4785 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3.\text{K}$	
-Diffusività termica	$a=0,1588 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$	Temperatura rilevata: $-1,9^{\circ} \text{ C}$

CAMPIONE TV-19-04

-Conducibilità termica	$\lambda=0.1505 \text{ W/m.k}$	Profondità permafrost: NULL
-Calore specifico	$cp=1.7558 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3.\text{K}$	
-Diffusività termica	$a=0.0857 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$	Temperatura rilevata: NULL

Questo campione aveva una grana molto fine per la maggior parte del suo peso e le analisi termiche sono state abbastanza disturbate da questa sua caratteristica (non tutte le misurazioni da cui poi si traeva la media sono andate a buon fine).

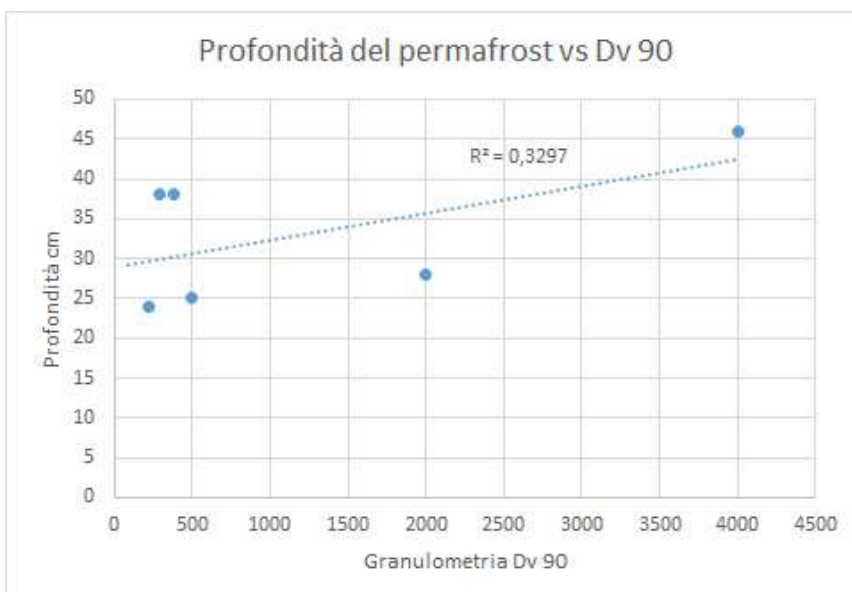
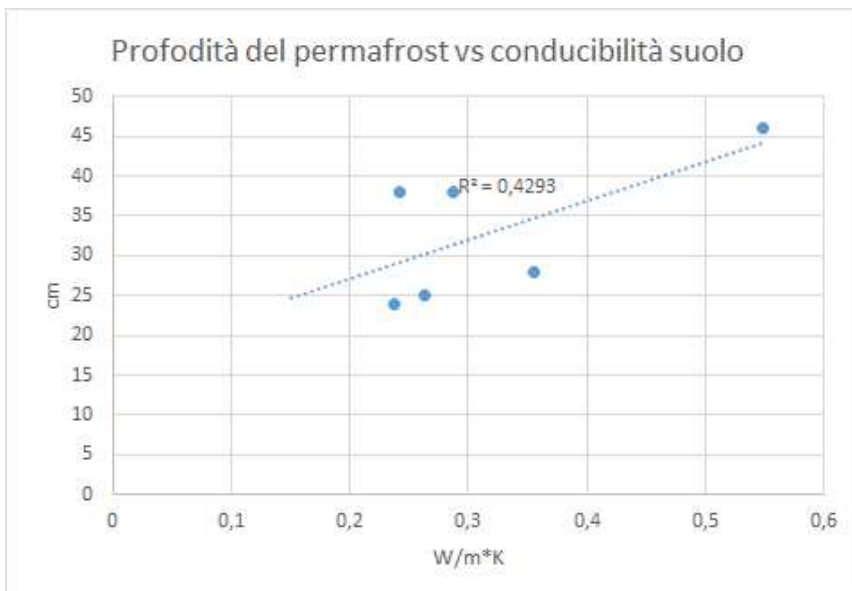
CONCLUSIONI

L'obiettivo finale del caso studio, della raccolta dei dati e della loro analisi è, a questo punto, capire se sia presente una relazione tra le caratteristiche dei sedimenti che compongono il suolo antartico e lo stato di scioglimento del permafrost.

In altre parole, il fine era quello di identificare quali tra le caratteristiche del suolo e dei materiali dai quali è composto avessero un ruolo nell'accelerare o rallentare il processo di scioglimento dello strato di terreno permanentemente ghiacciato.

Questo collegamento potrebbe aiutare, in futuro, qualora fosse necessario, a comprendere e prevedere meglio lo scioglimento, ad identificare eventuali aree più soggette e a stimare al meglio il progredire del processo.

Per questo, osserviamo i due grafici seguenti:



Mettendo in relazione i dati sulla conducibilità termica e la profondità di inizio del permafrost, possiamo ben vedere come a maggiore conducibilità termica corrisponda una maggiore profondità e, quindi, uno stato di scioglimento più avanzato.

Ciò che è interessante osservare è che i campioni con valori di conducibilità termica maggiore sono spesso anche quei campioni aventi maggiore quantità di granuli di maggiori dimensioni.

Un'altra conclusione evidente è la relazione più stretta che lega la profondità del permafrost alla conducibilità piuttosto che alla granulometria, per quanto questa rimanga comunque un fattore.

Un'ipotesi probabilmente valida è quindi che la conducibilità sia il fattore determinante nel progredire dello scioglimento del permafrost e che la granulometria, insieme ad altri fattori da individuare (probabilmente composizione petrografica/tessitura ed altri fattori pedologici) influiscano sulla conducibilità stessa.

Queste riflessioni possono permetterci di avere una visione di insieme sullo stato del permafrost nell'area: le diverse zone, in base alle loro caratteristiche di composizione del suolo come la granulometria, il colore e la composizione petrografica, che influenzano le proprietà termiche del suolo stesso, sono esposte in maniera diversa allo scioglimento del permafrost.

Queste sono informazioni importanti da considerare nello studio del fenomeno generale e, più in particolare, dell'area di interesse: quali sono le calcolabili/stimabili quantità di CO₂ che possono essere liberate dallo scioglimento del permafrost?

Come organizzare le aree di studio? Quanta differenza c'è tra le quantità liberate in zone diverse del pianeta con diverse proprietà pedologiche? Quanto può cambiare, in termini quantitativi, il progredire del fenomeno anche a distanze minime di osservazione?

Tutte queste domande, con le loro risposte, possono contribuire ad una comprensione più dettagliata possibile del fenomeno e, quindi, giocare un ruolo fondamentale nell'ambito delle Scienze Ambientali.

In un mondo che ha sempre meno tempo per rispondere alle problematiche ambientali che si presentano, è necessario comprendere appieno il fenomeno e le sue conseguenze nel minor tempo possibile, in questa corsa contro il tempo per salvare ciò che, ad oggi, può essere salvato.

APPENDICE

In questo paragrafo sono inseriti dati, commenti e foto che, in favore dello scorrere del testo e della presentazione della tesi, non sono stati inseriti campione per campione.

COMMENTI SUI CAMPIONI

Il campione TV-20-46 è stato prelevato non lontano da quello che sembrerebbe essere un alveo fluviale in secca; presenta una relativa abbondanza di clasti di discrete dimensioni (quantità con diametro superiore a 2mm relativamente abbondanti).

La profondità del permafrost è tra le maggiori misurate nell'intero pool di campioni (46 cm), così come la temperatura a livello dello strato è tra le più basse misurate (-2,1° C).

Il campione TV-19-26 ha sito di prelievo più vicino al fronte del ghiacciaio rispetto al campione 46; tuttavia, non è tra i più vicini ad esso prelevati. La profondità dello strato di permafrost non è né tra le più basse e né tra le più alte rilevate (25cm), mentre la temperatura è nel range delle più alte (-0,8° C)

Il campione presenta una spiccata predominanza delle granulometrie sotto al millimetro (in particolare di diametro compreso tra 500 micron e 250 micron), con poco più del 2% dei clasti aventi diametro maggiore di 2 mm. In questo caso non è stato utilizzato il granulometro laser in quanto ci si trovava ad una delle prime misurazioni, prima di decidere di utilizzarlo per sedimenti simili a questo.

Il campione TV-19-29 ha una composizione granulometrica eterogenea, con percentuali in peso che iniziano a calare per diametri sotto ai 250 micron. La profondità dello strato di permafrost è poco superiore a quella del campione 26 (28 cm) e la temperatura misurata è tuttavia di quasi mezzo grado inferiore, minore di un grado sotto lo zero celsius (-1,2° C). E' un campione discretamente abbondante in granulometrie >2mm rispetto agli altri analizzati, con una percentuale complessiva di circa 40%.

Per *il campione TV-20-54*, attraverso il granulometro laser, viene evidenziato come più della metà dei granuli abbiano diametro compreso tra 100 e 250 μm e come il campione sia composto da più del 90% del suo volume da particelle di sabbia (incluso nei dati a fine testo).

Il dato di profondità del permafrost rimane tra quelli considerabili medi (38 cm), così come quello relativo alla temperatura (-1,9° C).

Il campione TV-19-23 è situato a nord di un lago ghiacciato ed è uno dei più ad ovest prelevati.

Il dati sul permafrost indicano un livello relativamente poco profondo (24 cm) e una temperatura medio-bassa (-1,8° C)

Il campione TV-19-04 non presenta, nei dati presentatici, né profondità dello strato di permafrost, né temperatura a livello di esso, risultando essere un “outsider” dei nostri campioni. Tuttavia, il campione TV-19-03 (non analizzato nella nostra esperienza), con sito di prelievo molto poco distante presenta una profondità di 28 cm.

FOTO DEL SUOLO DEI LUOGHI DI PRELIEVO DEI CAMPIONI





BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- 1) "Physical Controls on the Taylor Valley Ecosystem, Antarctica", (Andrew G. Fountain, W. Berry Lions, Melody B. Burnkins ecc.)

<https://academic.oup.com/bioscience/article/49/12/961/247325>

- 2) "Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle" (Edward A. G. Schuur, James Bockheim, Josep G. Canadell ecc.)
(2)

<https://academic.oup.com/bioscience/article/58/8/701/380621>

- 3) "Provenance of Ross Sea Drift in McMurdo Sound (Antarctica) and implications for middle-Quaternary to LGM glacial transport: New evidence from petrographic data" (Matteo Perotti, Luca Zurli, Sonia Sandroni ecc.) (3)

- 4) "EVIDENCE FROM TAYLOR VALLEY FOR A GROUNDED ICE SHEET IN THE ROSS SEA, ANTARCTICA" (BRENDA L. HALL, GEORGE H. DENTON AND CHRIS H. HENDY) (4)