



INFORMATICA MUSICALE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA

A.A. 2018/19

Prof. Filippo L.M. Milotta



ID PROGETTO: 1C

TITOLO PROGETTO: Disdrometro acustico

AUTORE 1: Cancelliere Francesco

AUTORE 2: Basile Alfio

AUTORE 3: Basile Alfio

Indice

1. Obiettivi del progetto	2
2. Metodo Proposto / Riferimenti Bibliografici	2
• Schema di acquisizione dei dati	3
• Riferimenti Bibliografici	4
3. Risultati Attesi / Argomenti Teorici Trattati	
• Misure sperimentali	5
• Introduzione nubi	7
• Raindrop size distribution	8
• Possibili applicazioni	10

1. Obiettivi del progetto

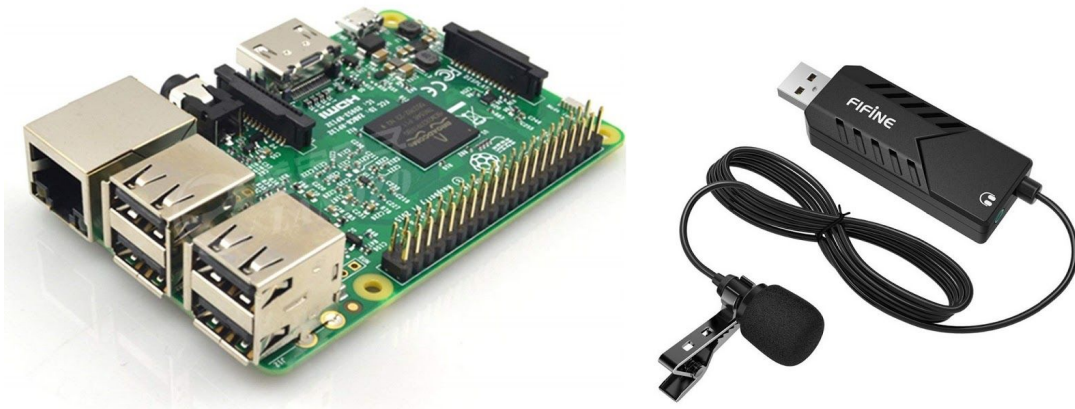
Misura di dati statistici e sperimentali di precipitazioni di bassa, media e alta intensità. L'utilizzo di questa tecnologia permette un'analisi dei dati locali per poter migliorare i modelli di previsione delle precipitazioni.

Proporre un dispositivo che sia in grado, attraverso il posizionamento in più punti strategici, di misurare la quantità di pioggia caduta in una zona. Questo dispositivo può essere distribuito in zone in cui non vi è né connessione internet né rete elettrica, quindi uno dei vantaggi del prodotto è l'indipendenza dall'intervento dell'uomo.

2. Metodo Proposto / Riferimenti Bibliografici

Per quanto riguarda la fase sperimentale del progetto, abbiamo voluto produrre un dispositivo efficiente in grado di misurare ed analizzare l'intensità di pioggia, a partire da un comune microfono. Infatti l'obiettivo è quello di poter utilizzare un dispositivo di facilmente accessibile al pubblico e riproducibile comprando dei componenti che si possono acquistare anche in comuni negozi di elettronica.

Il cuore del dispositivo è un Raspberry Pi, ovvero un computer compatto ed economico, basato sulla piattaforma ARM, con sistema operativo Raspbian. Lo strumento per l'acquisizione dei dati è un microfono USB di tipo lavalier. È stato inoltre utilizzato un modulo RTC (Real Time Clock) per garantire una omogeneità nei dati.



Il linguaggio di programmazione utilizzato è il Python, scelto per la sua facilità nella comprensione e nella modifica, nonché per la grande quantità di librerie e documentazione disponibile. Il codice viene lanciato automaticamente all'avvio del dispositivo, in modo da rendere il prodotto autonomo.

Le librerie necessarie per questo programma sono:

- *alsaaudio* -> per aver accesso all'architettura audio di linux e poter leggere i valori del microfono;
- *audioop* -> per analizzare un campione audio;

- *time* -> per etichettare ogni misura con un tempo;
- *gpiozero* -> per controllare il led;

Il dispositivo acquisisce informazioni dal microfono e le campiona in blocchi da 160 bytes ciascuno, quindi restituisce il valore dell'ampiezza massima di ogni campione. Se il valore supera una certa soglia, l'istante in cui si è verificato l'evento viene registrato in memoria. Il file dati può essere recuperato in un successivo momento e visualizzato attraverso la chiavetta USB. Il dispositivo è alimentato da una comune batteria USB EasyAcc 15000mAh. Poiché il Raspberry Pi ha un consumo medio sotto carico di 0.75 A/h (come riportato dalla tabella sottostante), questo permette al dispositivo complessivo un'autonomia pari a circa 20 ore.

		Pi1 (B+)	Pi2 B	Pi3 B (A)	Zero (A)
Boot	Max	0,26	0,40	0,75	0,20
	Media	0,22	0,22	0,35	0,15
Inattivo	Media	0,20	0,22	0,30	0,10
Riproduzione video (H.264)	Max	0,30	0,36	0,55	0,23
	Media	0,22	0,28	0,33	0,16
Sotto carico	Max	0,35	0,82	1,34	0,35
	Media	0,32	0,75	0,85	0,23

Va precisato che questo è un dispositivo costruito solo al fine di testing, per cui il principale obiettivo è quello di ottenere delle misure accurate. Nel caso di un sistema pronto per la distribuzione, considerando il problema dell'efficienza energetica, si potrebbe pensare all'impiego di un microcontrollore che presenti consumi più bassi ed una migliore ottimizzazione del programma (sfruttando l'utilizzo di interrupt e deep sleep).

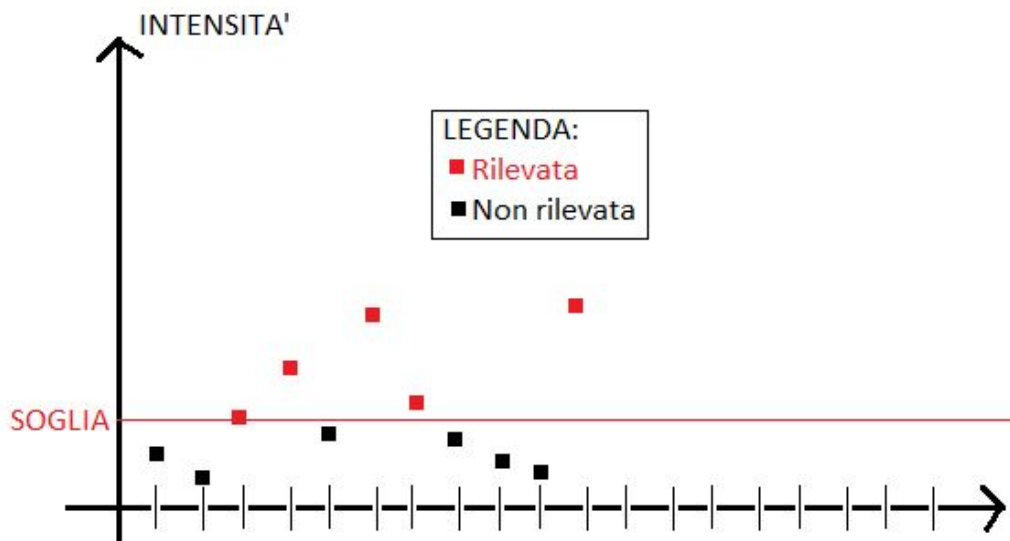
Per rendere queste misure possibili sotto la pioggia abbiamo quindi inserito il dispositivo in una scatola stagna con la batteria precedentemente citata, in modo che sia resistente all'acqua e non vengano danneggiati i componenti elettronici; è stato necessario incollare il microfono al tetto della scatola, per garantire informazioni più accurate.

Schema di acquisizione dei dati

Il dispositivo ha uno schema di funzionamento basato sulla rilevazione dell'evento (singola goccia che cade nell'area di rilevazione) e sulla successiva classificazione dell'intensità del fenomeno (pioggia) in base alla frequenza con cui questo si verifica.

La misura avviene nel seguente modo il dispositivo rileva una singola goccia caduta sulla superficie del contenitore e registra l'intensità del suono prodotto da tale goccia, associandolo all'istante in cui avviene l'evento. La rilevazione viene comparata con una

soglia definita dal programmatore e associata al relativo livello (sopra-soglia e sotto-soglia). Come riportato nell'esempio successivo:



Nel caso in cui la rilevazione supera la soglia (sta piovendo), bisogna classificare l'intensità con cui sta piovendo. La classificazione è stata implementata non rispetto all'intensità con cui piove, ma in base alla frequenza con cui le gocce cadono sul dispositivo. In questo modo l'intensità della singola goccia può assumere, una volta superata la soglia minima, qualunque livello di ampiezza, mentre viene stabilita la quantità di pioggia caduta in base a quanto frequentemente le gocce vengono rilevate.

Riferimenti bibliografici

- <https://it.wikipedia.org/wiki/Idrometeora>
- https://amslaurea.unibo.it/6266/1/Porcacchia_Leonardo_tesi.pdf
- <http://www.meteopoint.com/applicazione.php?ID=9>
- <https://www.arm.gov/capabilities/instruments/disdrometer>
- <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/asl.376>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Raindrop_size_distribution
- *<https://www.paolociraci.it/meteo/catania-condizioni-tempo.htm>
- <https://en.sat24.com/en>
- Willis - Marks - Gottschalck: "Distribuzioni di dimensioni di gocce di pioggia e misure di pioggia radar nel sud della Florida" .
- Ondrej Fiser: "Il ruolo di DSD e diffusione delle onde radio nell' attenuazione della pioggia".
- Marshall - Palmer: "La distribuzione delle gocce di pioggia con le dimensioni"
- Ulbrich - Carlton W: "Variazione naturale nella forma analitica della distribuzione della dimensione della goccia di pioggia"
- <http://retemeteo.lineameteo.it/chart.php?id=1072&mese=05&anno=2019>

(*) Servizio di archivio storico dei dati della Protezione Civile.

3. Risultati Ottenuti / Argomenti Teorici Trattati

Misure sperimentali

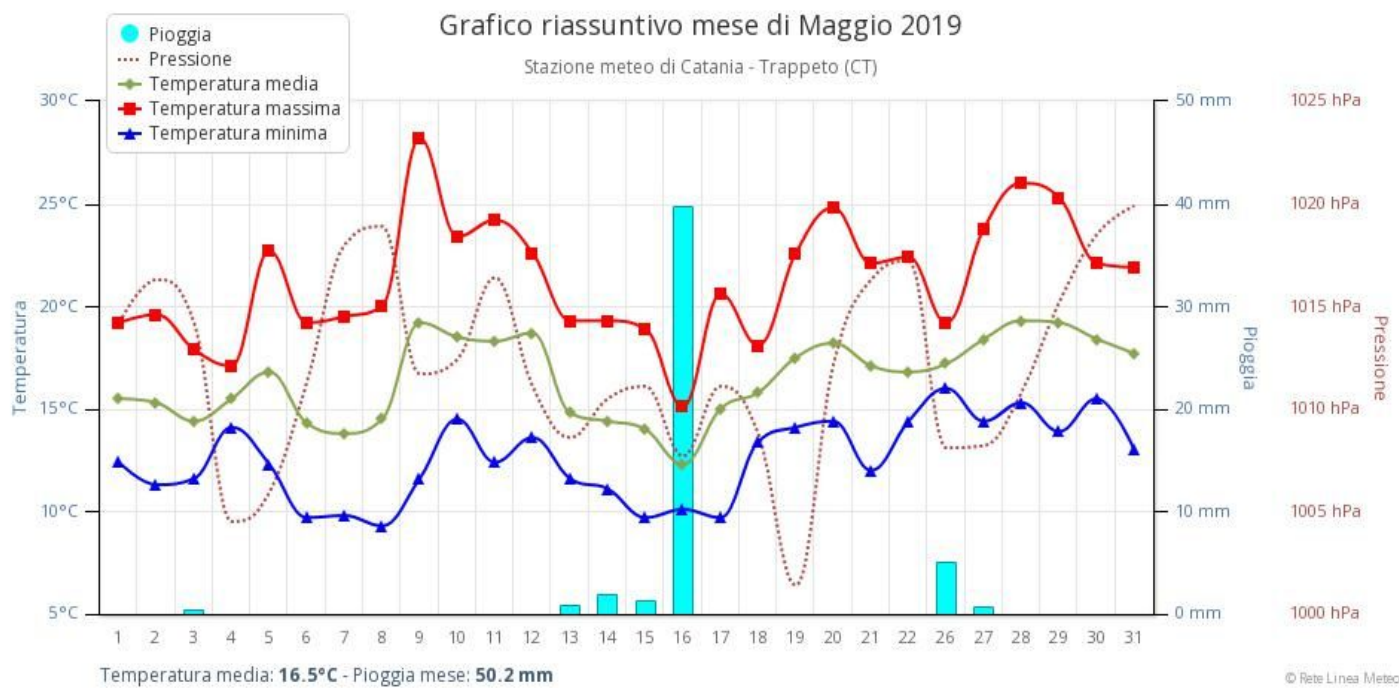
Per quanto riguarda la parte di misure abbiamo prima effettuato una fase di calibrazione degli eventi, e una successiva fase di misura sperimentale. E' stato necessario infatti prima di tutto misurare un threshold per l'ampiezza di volume e un tempo medio tra le gocce per evitare sovrapposizione tra gli eventi. Nel nostro caso abbiamo visto che ogni evento presenta MICLVL superiore a 24000 e che si ripete al massimo ogni 0.3 secondi. Il primo valore è stato acquisito semplicemente toccando leggermente la scatola, "simulando" una goccia. Il secondo valore è stato rilevato prendendo in considerazione un evento di pioggia molto intensa (20mm/h) e calcolandone il valore. La superficie d'impatto da noi considerata per la misura è pari a circa 100 cm².

Dopo questa prima fase di calibrazione, in un giorno di pioggia, abbiamo messo il dispositivo in un luogo isolato, in modo che le misure non vengano influenzate da componenti estranee, quindi falsate.

I dati da noi rilevati sono stati raccolti a Tremestieri Etneo (CT), giorno 16 maggio 2019, nella fascia oraria a partire dalle 6:55 AM.



Il precedente grafico è stato costruito con riferimento ai primi cinque minuti di pioggia rilevati durante la misurazione. Si nota che nei cinque minuti di pioggia più intensa, la quantità di gocce che sono cadute è ben 12 volte superiore a quella dei primi 5 minuti. Da questo grafico possiamo ricostruire che l'evento si sia quasi estinto in circa 40 min. Secondo i dati ricavati nei primi 5 minuti è stata misurata una intensità di pioggia media di 0.5 mm/hr.

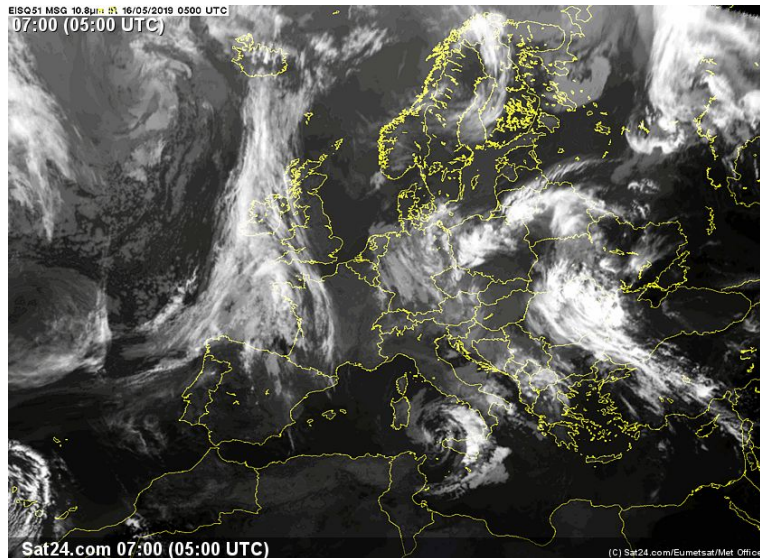


UTC	MSLP	TEMP	RELH	WIND	VIS	SKY	SIGWX
Giovedì, 16 Maggio 2019							
23:20	1010	10	100	WNW 6	Buona	Sereno	
22:20	1010	10	100	W 5	Buona	Sereno	
21:50	1010	10	100	VAR 3	Buona	Sereno	
21:20	1010	10	94	SW 4	Buona	Sereno	
20:20	1010	11	94	SSW 3	Buona	Sereno	
19:20	1009	13	88	SSW 7	Buona	Sereno	
18:50	1009	13	94	SSW 6	Buona	Poco nuvoloso	
18:20	1008	14	94	SSW 7	Buona	Poco nuvoloso	
17:20	1007	15	88	VAR 2	Buona	Nubi sparse	
16:20	1007	14	88	WNW 7	Buona	Nuvoloso	
15:20	1007	12	100	W 6	Buona	Nuvoloso	
14:20	1007	12	88	N 8	Discreta	Nuvoloso	Temporale
13:50	1006	13	82	NNW 13	Discreta	Nuvoloso	Temporale
12:50	1006	13	82	NNW 10	Discreta	Nuvoloso	Temporale
11:50	1005	16	82	NE 13	Discreta	Nuvoloso	Pioggia moderata
10:50	1005	17	72	ENE 16	Buona	Nuvoloso	
10:20	1005	17	77	ENE 13	Buona	Nuvoloso	
09:20	1005	16	82	NE 10	Buona	Nubi sparse	
08:20	1006	14	94	NE 10	Buona	Nuvoloso	
07:50	1007	14	100	NNE 8	Buona	Nuvoloso	Pioggia moderata
06:50	1006	13	100	VAR 5	Discreta	Nuvoloso	Temporale
06:20	1006	13	100	N 13	Scarsa	Molto nuvoloso	Temporale
05:20	1006	14	100	ENE 10	Discreta	Nuvoloso	Temporale
04:50	1007	13	100	N 4	Discreta	Nuvoloso	Pioggia
04:20	1007	13	100	N 4	Discreta	Nuvoloso	Pioggia
03:20	1007	12	100	SW 5	Buona	Sereno	
02:20	1007	13	94	WSW 4	Buona	Nubi sparse	
01:50	1008	12	100	WSW 6	Buona	Sereno	
00:50	1008	12	100	W 5	Buona	Sereno	

Una volta raccolti ed analizzati i dati abbiamo provveduto a controllare che questi fossero coerenti con le misurazioni fatte dagli enti professionali di competenza, ed abbiamo constatato con soddisfazione che queste informazioni sono in linea con quelli che si possono reperire da fonti attendibili, come il sito web della Protezione Civile italiana;

infatti, dai dati reali di giorno 16\05\19 ([fonte](#)), si evince che la pioggia si è estinta dopo circa 55 minuti dal momento in cui è iniziata la rilevazione.

In ogni caso si faccia notare che le misurazioni sono state prese a Tremestieri Etneo (CT). Alleghiamo inoltre le immagini radar di quel giorno a cura del sito sat24.com.



Tutto ciò che abbiamo raccolto fino ad ora può essere quindi poi analizzato con strumenti statistici più potenti, come MATLAB o R, ma ciò va oltre gli scopi di questo progetto.

Introduzione nubi

Le nubi rappresentano un elemento importante dell'atmosfera in quanto influenzano il bilancio energetico della terra. Un modello climatico non può essere sviluppato senza fare delle considerazioni sulle nubi e sulla microfisica legata alla loro formazione. Tutti gli eventi precipitanti, dalle piogge lievi a quelle intense, hanno origine in atmosfera a partire dalle nubi.

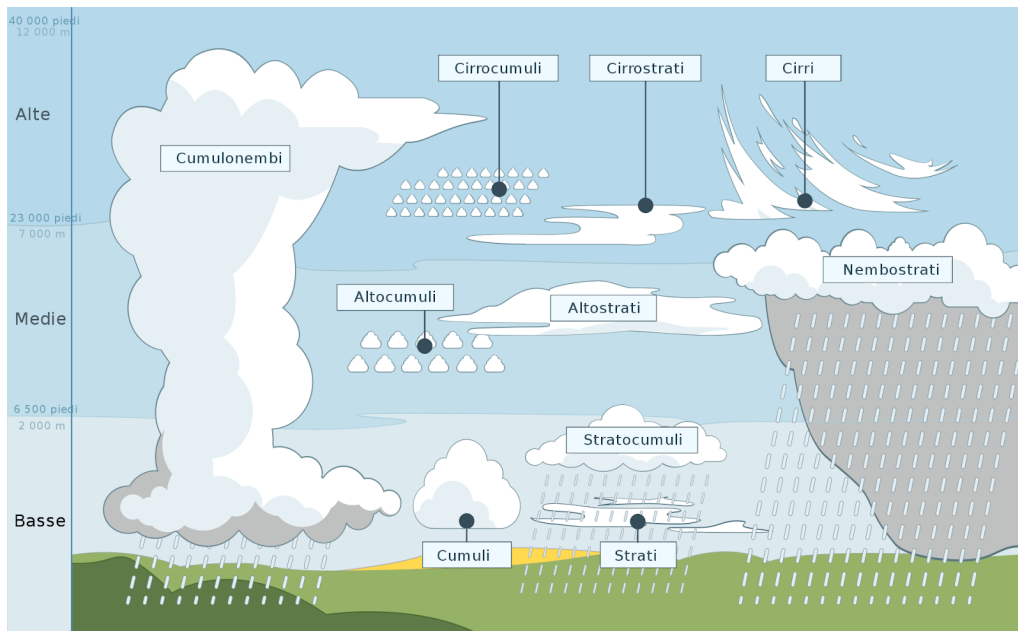
Con il termine "idrometeore" si intende l'insieme di tutti quei fenomeni connessi alla condensazione dell'umidità presente nell'atmosfera terrestre. Rientrano in questa categoria tutti i tipi di precipitazioni atmosferiche. Fenomeni quali nebbie e nuvole stesse, dato che sono formate da minuscole particelle d'acqua condensata, possono essere considerati proprio come idrometeore.

Le nubi si possono classificare in:

- Nubi fredde: sono caratterizzate da un top a temperatura minore di 0 °C. La classificazione comprende soprattutto le idrometeore in fase solida.
- Nubi calde: sono caratterizzate da un top a temperatura superiore a 0°C . La classificazione comprende soprattutto le idrometeore in fase liquida.

Esistono pure delle nubi miste, le quali sono composte nello strato superiore da nubi fredde e nello strato inferiore da nubi calde. Tra i due strati se ne trova uno ulteriore

chiamato “Melting Layer”, luogo fisico in cui avviene la fusione tra le due parti a temperatura differente, per cui si originano le precipitazioni.



Raindrop size distribution

Il disdrometro è parte integrante della ricerca e delle operazioni di telerilevamento radar. È in grado di misurare le distribuzioni delle dimensioni delle gocce (DSD), la caratteristica fondamentale nella stima delle precipitazioni basata su radar. Grazie alla conoscenza del DSD in tempi brevi, lo strumento ha mostrato un grande potenziale nell'adeguamento radar, nel monitoraggio della riflettività e nell'identificazione delle principali fonti di errori nella stima delle precipitazioni radar.

Con il termine “granulometria della pioggia” si intende la distribuzione statistica del numero di gocce di pioggia in base al loro diametro (DSD: Diameter size distribution).

Il processo di formazione delle gocce di pioggia si svolge principalmente in due modi:

- accumulo di piccole gocce su altre gocce preesistenti
- collisione tra accumuli di vapore di diverse dimensioni

La conoscenza della distribuzione delle gocce di pioggia in una nuvola può essere utilizzata per collegare ciò che viene registrato da un radar meteorologico a ciò che viene ottenuto sul terreno come quantità di precipitazioni.

Siano:

- D il diametro di una goccia
- $\tau(D) = (\pi D^3)/6$ il volume della goccia
- $N(D)$ il numero di particelle contenute nel diametro
- $v(D)$ la velocità di caduta della goccia

Allora si può esprimere il Rainrate tramite l'integrale

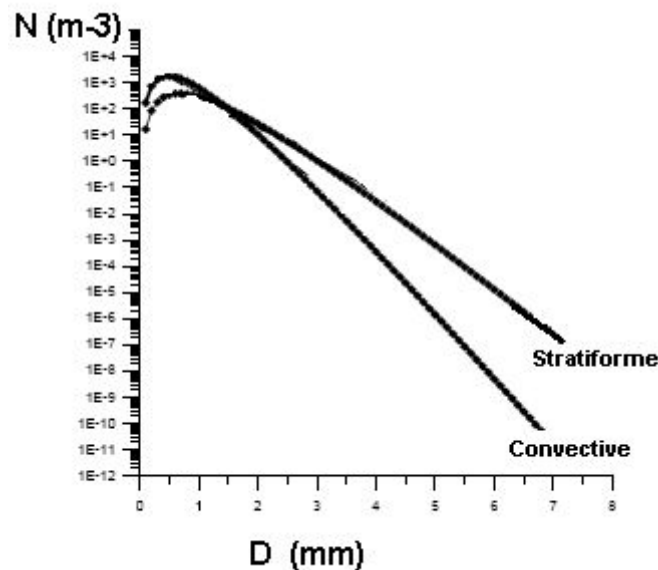
$$R = \int_0^{D_{MAX}} N(D)v(D)\tau(D) dD$$

Le prime misurazioni di questa distribuzione furono fatte da uno strumento piuttosto rudimentale di Marshall e Palmer presso la McGill University di Montréal nel 1948, che espose per un breve periodo un cartone coperto di farina sotto la pioggia. Il segno lasciato da ogni goccia essendo proporzionale al suo diametro, poteva determinare la distribuzione contando il numero di segni corrispondente a ciascuna dimensione della gocciolina.

In generale, la distribuzione delle dimensioni della goccia è rappresentata come una funzione gamma troncata per il diametro zero alla dimensione massima possibile delle gocce di pioggia. Tale distribuzione viene quindi definita come

$$N(D) = N_0 D^\mu e^{-\lambda D}$$

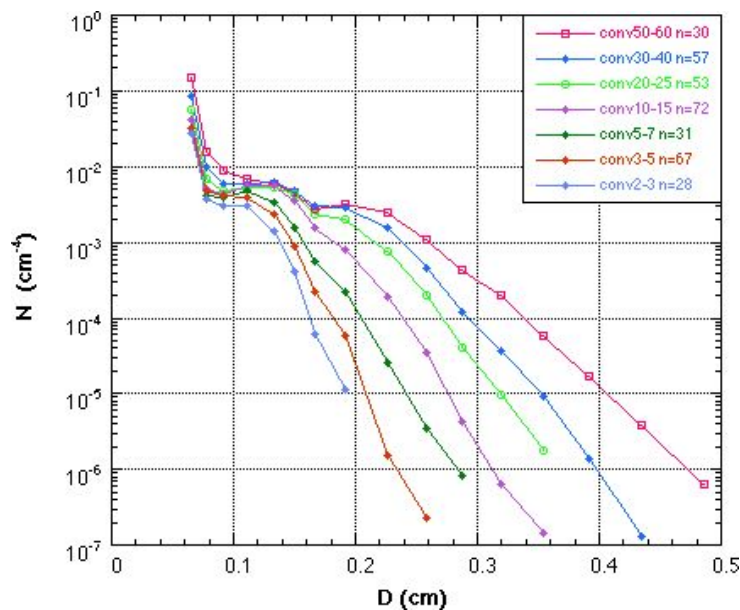
dove N_0 , μ , λ sono costanti.



Lo studio più noto sulla distribuzione delle dimensioni della goccia di pioggia è da Marshall e Palmer fatto alla McGill University di Montréal nel 1948. Hanno usato la pioggia stratiforme con $\mu = 0$ e concluso per una distribuzione esponenziale della dimensione delle gocce. Questa distribuzione Marshall-Palmer è espressa come:

$$N_{MP}(D) = N_0 e^{-\lambda D}$$

con i dati sperimentali.



In realtà, poiché le diverse precipitazioni ed i diversi tipi di nubi che le producono variano nel tempo e nello spazio, i coefficienti della funzione di distribuzione delle gocce variano a seconda della situazione. Possiamo vedere che le curve sperimentali sono più complesse di quelle medie, ma l'aspetto generale è lo stesso. La semi-linearizzazione di Marshall-Palmer è fedele ai dati statistici soprattutto nella zona lineare.

Possibili applicazioni

Una possibile applicazione per il disdrometro è il monitoraggio dei cambiamenti climatici. Un tema di grande importanza ai giorni nostri è l'attivazione di mezzi per la prevenzione in caso di eventi climatici avversi. L'impiego di un disdrometro con le caratteristiche da noi proposte, può provvedere a tale scopo, migliorando giorno per giorno il modello climatico di un determinato territorio, al fine di poter prevedere con anticipo le anomalie locali. Con la nostra soluzione si può quindi agire per aiutare a prevenire i disastri idrogeologici.

Un'altra possibile applicazione del disdrometro utilizzando il modello climatico derivato dai dati ricavati è l'uso di quest'ultimo in ambito agricolo per la previsione delle precipitazioni. Ciò implica quindi una migliore gestione delle risorse idriche da parte delle aziende territoriali.

Punti di forza del prodotto:

- dispositivo a basso costo
- user friendly
- può essere prodotto in larga scala per essere distribuito sul territorio.