

LA GRANDINE

A cura di Ezio Tormena

Una pubblicazione di *SERENISSIMAMETEO.EU*



NordEstMeteo.it



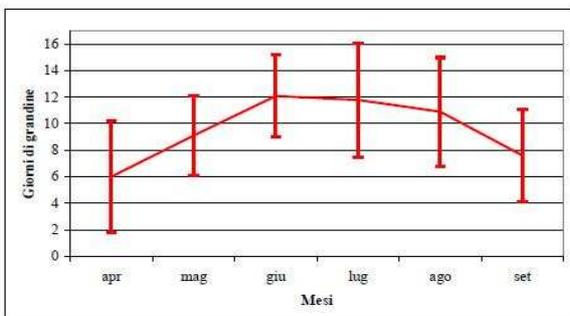
1-Introduzione

La grandine, sempre presente in un temporale, è la precipitazione più vistosa e spesso più violenta che accompagna i fenomeni temporaleschi. Essa è costituita da grani di ghiaccio di forma e dimensioni diverse che dipendono dallo stato di sviluppo del cumulonembo, l'unica nube in cui il fenomeno può aver luogo.

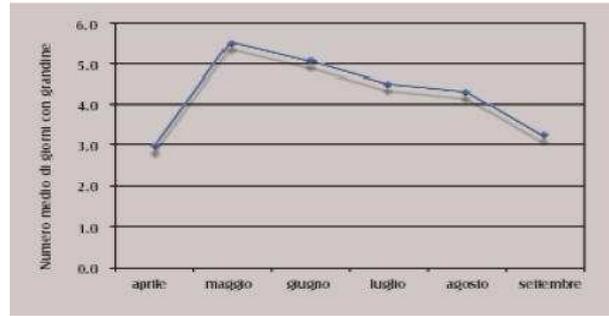
Con questo breve lavoro cercherò di spiegare in maniera semplice come si forma questo tipo di precipitazione e il suo impatto sulle regioni del Nord Est. Infine si analizzerà anche la lotta da parte dell'uomo per ridurre il rischio di grandinate e i relativi danni alle colture.

2-Come si forma la grandine

Alle medie latitudini le precipitazioni hanno origine dai cristalli di ghiaccio contenuti dentro le nubi, insieme alle goccioline d'acqua. In particolare i cristalli attraverso i processi di brinamento ed aggregazione raggiungono in tempi brevi dimensioni tali da cadere al suolo senza evaporare prima dell'impatto con il terreno. Lo stato della precipitazione (solido e/o liquido) dipende dalla temperatura degli strati atmosferici attraversati durante la caduta. Se la temperatura è ovunque negativa la precipitazione è generalmente allo stato solido (la neve può comunque arrivare al suolo anche con temperature di poco superiori allo zero nei strati più bassi della colonna d'aria). Viceversa se gli ultimi strati atmosferici attraversati sono al di sopra dello zero termico, la precipitazione che in quota generalmente è allo stato solido, si scioglie ed arriva al suolo allo stato liquido (pioggia). La grandine invece, data la velocità di caduta e la massa, non viene molto influenzata dalla temperatura degli strati bassi dell'atmosfera. Infatti le grandinate nelle regioni nord-orientali risultano più frequenti nei mesi caldi come si può notare dai seguenti grafici.



Il numero di giorni di grandine sulla pianura e costa del Friuli Venezia Giulia distribuito secondo i vari mesi. La barra verticale indica la doppia deviazione standard.



Distribuzione delle grandinate nell'arco dell'anno in Emilia

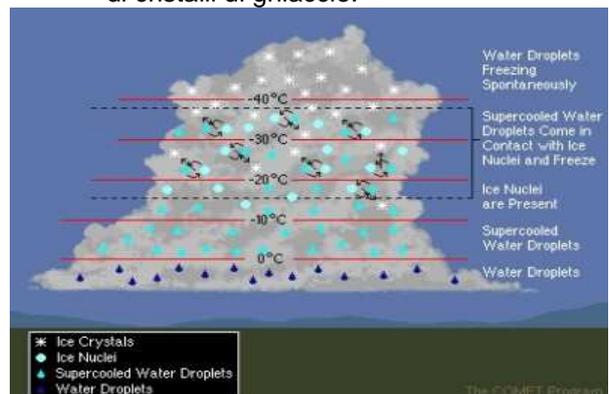
Comuni	Aprile			Maggio			Giugno			Luglio			Agosto			Settembre			tot. Grand.
	I	II	III	I	II	III													
Zevio				2						2									43
Ronco all'A.				3			3	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	36
Verona				3	1		3	2	1	2	2	1	1	3	2	2	1	1	34
Merlara	2			1	1	1	3	1	3	3	4	2	1	1	1	2	1	1	31
Badia Pol. S. Martino B.A.		1			1		3	2	3		2	4	1						29
S. Bonifacio				2			3	1	2	2	1	1	2			1	1	1	27
Legnaro				1	1	2	1	2	2	2	3	4	2	3	1	3	1	1	27
Belluno				1	1	1	3	4	1	2	2	2	2	2	1			1	26
Bevilacqua				1	1	1	3	3	3	2	3	2	4			2	2		25
grand. risar.	2	1	0	15	3	6	32	42	25	14	26	54	16	11	37	9	7	3	

Decadi storicamente più soggette a grandinate nei comuni più colpiti del Veneto

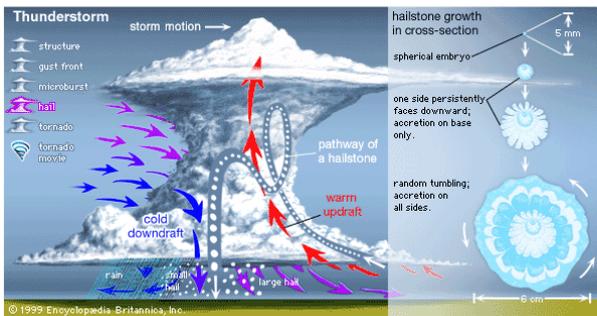
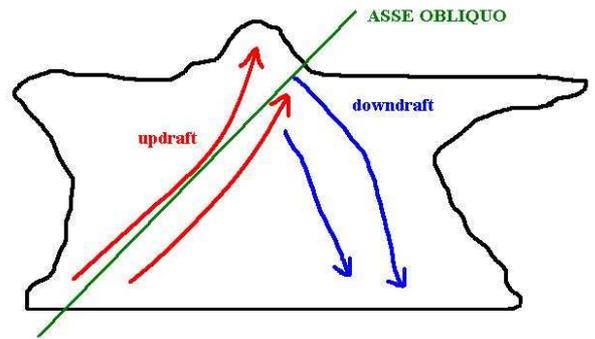
Anche in Trentino il maggior numero di grandinate si registra nei mesi caldi, con un picco nel mese di Luglio.

Il temporale è generato dal risucchio di aria caldo umida dal suolo che sale in quota progressivamente raffreddandosi e condensando. Una volta raggiunta la sommità del cumulo, queste correnti subiscono una rapida inversione di direzione dirigendosi nuovamente verso il suolo. Le correnti ascendenti trasportano le gocce d'acqua verso l'alto fino alle quote in cui la temperatura è sottozero. Queste passano dapprima per lo stato di sopraffusione (stato in cui pur essendoci le condizioni per il congelamento queste gocce d'acqua restano allo stato liquido) poi continuano la loro marcia verso la testa del temporale cominciando a cristallizzare in ghiaccio. All'interno del cumulonembo si possono così individuare tre zone:

- una zona inferiore, dove avviene la formazione di piccole gocce;
- una zona mediana, caratterizzata dalla presenza di gocce sopraffuse;
- una zona superiore, particolarmente ricca di cristalli di ghiaccio.



Se la turbolenza all'interno del temporale è forte, si creano delle gire di correnti che fanno vorticosamente girare all'interno della nube le gocce d'acqua ghiacciate e quelle ancora in uno stato di sopraffusione che venendo in contatto con i chicchi già formati possono accrescerli ulteriormente strato dopo strato. Il chicco va quindi aumentando la sua dimensione e scenderà verso il suolo soltanto quando il suo peso avrà vinto la forza delle correnti vorticosose che lo mantengono in quota. Le fortissime correnti ascendenti e discendenti nel temporale fanno sì che l'embrione compia molte salite e discese all'interno della nube.

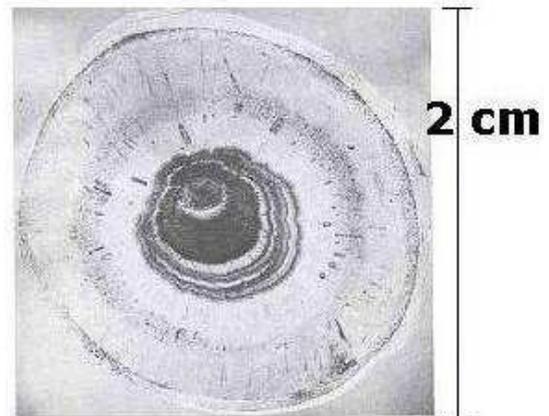


Tale fenomeno assume rilevante importanza nei cumulonembi che superano i 9-10 Km di quota e con updraft ad asse obliquo, in cui cioè le linee di flusso della corrente ascendente sono inclinate verso il temporale (dal fronte al retro) a quote basse, e se ne allontanano (sottovento) alle quote più alte a causa di forti venti nell'alta troposfera. Ciò permette ai chicchi di piccole dimensioni, che si sono formati nella parte alta del cumulonembo, di scendere nel settore frontale della colonna calda ascendente; una volta che essi saranno divenuti sufficientemente pesanti, cominceranno per gravità a cadere verso il basso, ma così facendo entreranno nella zona in cui le correnti ascendenti sono molto forti. Questo perché in quota i forti venti fanno "sfuggire" molta più aria rispetto al flusso presente nei bassi strati e la corrente ascensionale spesso non è in grado di colmare il *deficit di flusso* che si viene a creare: a questo punto l'unico sistema possibile per ricreare l'equilibrio è una intensificazione del richiamo di aria dal basso, che si traduce in una corrente ascensionale più forte proporzionalmente al divario di flusso esistente tra quota e bassi strati.

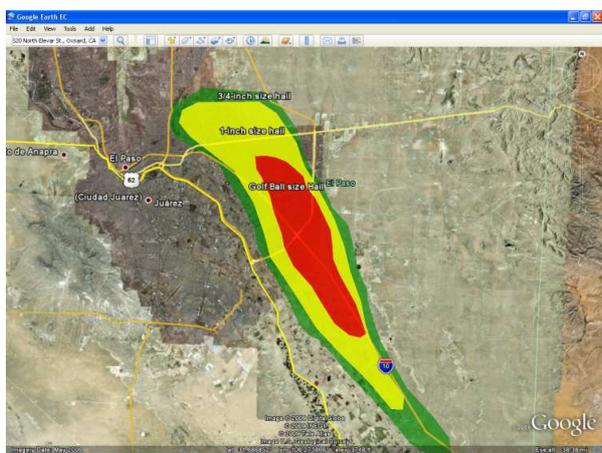
I chicchi saranno così riportati dall'updraft verso la sommità della nube e, spinti nuovamente avanti dalle forti correnti in quota, cominceranno a ricadere venendo poi "ripresi" dalla corrente ascensionale e così via. Questo tipo di temporali favoriscono la genesi di violente grandinate.

Processi evolutivi come quello appena descritto comportano la formazione di un chicco di grandine che presenta in sezione una struttura a "cipolla" che permette di risalire al numero di cicli sali-scendi che il chicco di grandine ha effettuato all'interno del cumulonembo. Alcuni chicchi presentano fino a 25 stratificazioni di ghiaccio successive con una permanenza dei chicchi all'interno del cumulonembo che varia dai 30 ai 45 minuti.

Risulta evidente che più saranno intense le correnti ascendenti e maggiori saranno le dimensioni dei chicchi. Un updraft di 16 m/s (circa 60 Km/h) è in grado di sostenere chicchi con un diametro di 1-2 cm.



Rispetto alla pioggia, la grandine tende a cadere su di una superficie ristretta e caratterizzata da una enorme variabilità spaziale. Nel loro movimento i temporali grandinigeni, sospinti dal vento, coprono aree che vengono chiamate "corridoi" (*hailswaths*) che possono arrivare a misurare anche lunghezze di centinaia di chilometri e larghezza di decine di chilometri. Ogni corridoio è caratterizzato da sotto-aree - dette chiazze o *hailstreaks* - che dipendono dalla irregolarità della caduta della grandine. Le chiazze - che interessano superfici variabili dai 5 ai 10 km² - rappresentano l'intersezione con il terreno delle singole colonne di grandine che scendono dal temporale.



Esempio di corridoio (*hailswaths*)



Esempio di chiazze (*hailstreaks*)

Una precipitazione grandinigena ha una durata molto più breve di quella piovosa nello stesso temporale: ciò suggerisce che la zona di formazione della grandine in quota corrisponda soltanto ad una parte del volume totale del temporale. Il valore medio della durata di una grandinata è di 5-10 minuti, e difficilmente supera il 10% circa della produzione totale di pioggia.

Solitamente i chicchi cadono nella prima fase delle precipitazioni perché sono più pesanti della pioggia. Invece la comparsa di grandine nella parte posteriore del temporale sta ad indicare che mentre esso transitava sopra l'osservatore non era ancora nello stadio di massima intensità.

Da osservazioni effettuate da Pierluigi Randi nella bassa pianura ravennate dal 1970 ad oggi, pare che le fasce più a rischio siano quelle pomeridiane e serali, mentre nella notte (soprattutto dalle 04:00 alle 8:00 quando il gradiente termico verticale è minore) il verificarsi di grandinate risulta più raro. Anche l'osservatorio meteorologico del Friuli Venezia Giulia dalle campagne svolte dal 1988 al 2000 ha appurato che le fasce orarie maggiormente interessate dal fenomeno grandinigeno sono quella pomeridiana (12:00-18:00) seguita da quella serale (18:00-24:00). La fascia notturna (24:00-06:00) e quella mattutina (06:00-12:00) risultano invece meno interessate dal fenomeno.

2.1-Danni da grandine

I danni da grandine sono misurabili secondo una scala chiamata *Torro (Tornado and storm research organisation)* introdotta nel 1986 dall'inglese Jonhatan Webb, che prevede 10 categorie di gravità. I parametri per valutare l'intensità dell'evento sono indicatori ovvero associano ad un determinato effetto dannoso una categoria via via crescente.

Cinque sono i fattori principali che concorrono nel determinare la gravità dei danni causati da una grandinata:

1. Dimensioni del chicco;
2. Velocità cinetica di caduta del chicco;
3. Durezza del chicco;
4. Forma del chicco;
5. Orientamento della traiettoria di caduta del chicco.

L'intensità di una grandinata può essere più facilmente determinata se questa avviene su aree piene di oggetti che hanno la capacità di mantenere evidenti i danni o quando si verifica su un'area costruita. L'intensità di una grandinata è determinata in riferimento al danno maggiore che ha causato. Quando una grandinata si verifica in aperta campagna, dove i danni non possono essere misurati, l'intensità del fenomeno viene messa in relazione alla grandezza del chicco di grandine e non più al danno che potenzialmente avrebbe causato. I chicchi non hanno tutti la stessa forma. La classificazione generale li suddivide in sferoidi, ellissoidi, pomi, coni e forme irregolari.

Scala Torro

Scala TORRO	Descrizione dei danni	Size code range
H0	Nessun danno	1
H1	Cadono le foglie ed i petali vengono asportati dai fiori	1 - 3
H2	Foglie strappate, frutta e verdura in genere graffiata o con piccoli fori	1 - 4
H3	Alcuni segni sui vetri delle case, lampioni danneggiati, il legno degli alberi inciso. Vernice dei bordi delle finestre graffiata, piccoli segni sulla carrozzeria delle auto e piccoli buchi sulle tegole più leggere	2 - 5
H4	Vetri rotti (case e veicoli) pezzi di tegole cadute, vernice asportata dai muri e dai veicoli, carrozzeria leggera visibilmente danneggiata, piccoli rami tagliati, piccoli uccelli uccisi, suolo segnato	3 - 6
H5	Tetti danneggiati, tegole rotte, finestre divelte, lastre di vetro rotte, carrozzeria visibilmente danneggiata, lo stesso per la carrozzeria di aerei leggeri. Ferite mortali a piccoli animali. Danni ingenti ai tronchi degli alberi ed ai lavori in legno.	4 - 7
H6	Molti tetti danneggiati, tegole rotte, mattonelle non di cemento seriamente danneggiate. Metalli leggeri scalfiti o bucati, mattoni di pietra dura leggermente incisi ed infissi di finestre di legno divelte	5 - 8
H7	Tutti i tipi di tetti, eccetto quelli in cemento, divelte o danneggiati. Coperture in metallo segnate come anche mattoni e pietre murali. Infissi divelte, carrozzerie di automobili e di aerei leggeri irrimediabilmente danneggiate	6 - 9
H8	Mattoni di cemento anche spaccati. Lastre di metallo irrimediabilmente danneggiate. Pavimenti segnati. Aerei commerciali seriamente danneggiati. Piccoli alberi abbattuti. Rischio di seri danni alle persone	7 - 10
H9	Muri di cemento segnati. Tegole di cemento rotte. Le mura di legno delle case bucate. Grandi alberi spezzati e ferite mortali alle persone	8 - 10
H10	Case di legno distrutte. Case di mattoni seriamente danneggiate ed ancora ferite mortali per le persone	9 - 10

La tabella seguente è inversa, poiché parte dal size-code (ultima colonna della scala Torro) per arrivare all'intensità; è inserito il diametro e il paragone dei chicchi con oggetti o frutti conosciuti.

Size Code	Diametro	Riferimento	Intensità
1	5 - 10 mm	Piselli	H0 - H2
2	11 - 15 mm	Fagioli, nocciole	H0 - H3
3	16 - 20 mm	Piccoli acini d'uva, ciliegie e piccole biglie	H1 - H4
4	21 - 30 mm	Grossi acini d'uva, grosse biglie e noci	H2 - H5
5	31 - 45 mm	Castagne, piccole uova, palla da golf, palla da ping-pong, e da squash	H3 - H6
6	46 - 60 mm	Uova di gallina, piccole pesche, piccole mele e palle da biliardo	H4 - H7
7	61 - 80 mm	Grosse pesche, grosse mele, uova di struzzo, piccole e medie arance, palle da tennis, da cricket e da baseball	H5 - H8
8	81 - 100 mm	Grosse arance, pompelmi e palle da softball	H6 - H9
9	101 - 125 mm	Meloni	H7 - H10
10	Sopra i 125 mm	Noci di cocco e simili	H8 - H10

3-La grandine nelle regioni del Nord-Est

Di seguito si cerca di analizzare il fenomeno della grandine nel territorio del Nord-Est (Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige e Veneto).

Per far ciò si sono analizzati i dati di diverse campagne di monitoraggio eseguite alcuni anni fa. Lo strumento più utilizzato per questo scopo è il grelimetro. Esso è costituito da un pannello di polistirolo, ricoperto da un sottile foglio di alluminio, montato su un supporto che lo espone all'impatto con i chicchi di grandine su un piano orizzontale, i quali lasciano sul pannello stesso una serie di impronte.



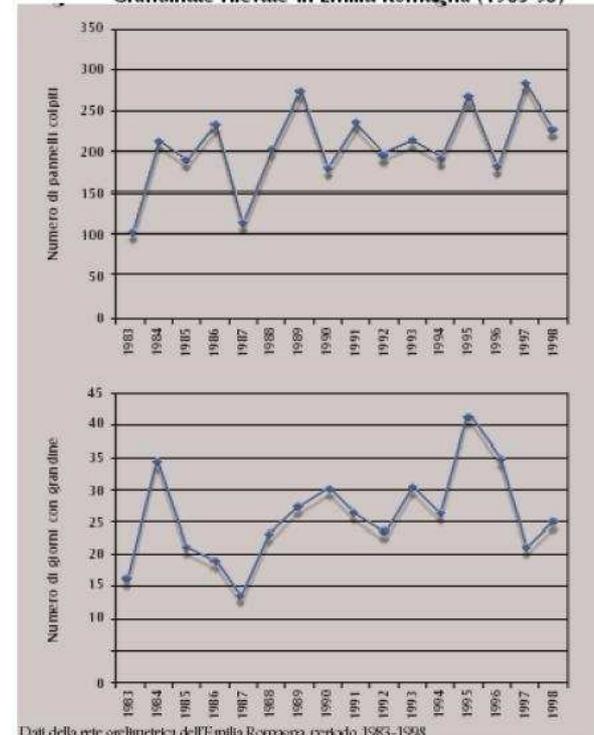
Grelimetro

3.1-Emilia Romagna

I dati a disposizione sono relativi ad un periodo che va dal 1983 fino al 1998, e ha interessato la parte pianeggiante centro-orientale della regione, da metà della provincia di Modena alla costa, con un numero di punti di rilevamento pari a 370, situati a 4 km circa di distanza l'uno dall'altro.

Analizzando i dati climatologici notiamo che il numero medio di giornate all'anno con grandine è uguale a 26, che equivale a un giorno alla settimana, tra aprile e settembre in un'area di dimensioni pari a circa 4.000 km², con una forte variabilità del numero di giorni tra i diversi anni.

Grandinate rilevate in Emilia Romagna (1983-98)



Dati della rete greliometrica dell'Emilia Romagna, periodo 1983-1998.

I dati dei singoli pannelli della rete mostrano che nell'arco dei 16 anni la grandine non ha "risparmiato" nessuna area del territorio emiliano-romagnolo, anche se con intensità e frequenza diverse: il numero medio di eventi grandinigeni registrati dai pannelli è pari a 10, ovvero in ogni

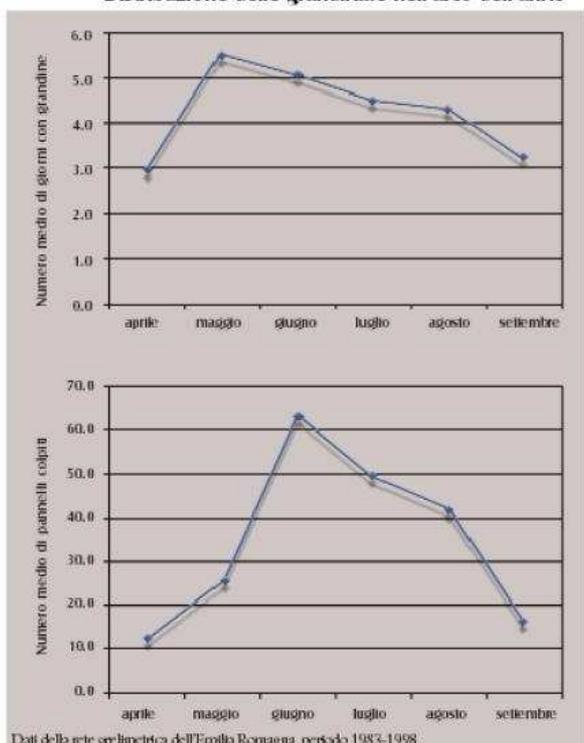
punto della regione Emilia Romagna in media c'è da aspettarsi più di una grandinata ogni due anni e in alcuni punti il valore atteso è pari a una grandinata all'anno.

La distribuzione delle giornate di grandine nel corso dell'anno fa registrare il valore massimo nel mese di maggio, con una media di 5,5 grandinate (il 18% circa dei giorni del mese, di poco superiore al 17% di giugno).

I temporali grandinigeni più distruttivi presentano anche le maggiori estensioni; essi si verificano principalmente in estate: si vede infatti dal secondo grafico che la distribuzione dei pannelli colpiti nel corso dell'anno riporta

dei valori nettamente superiori nei mesi di giugno, luglio e agosto rispetto agli altri mesi.

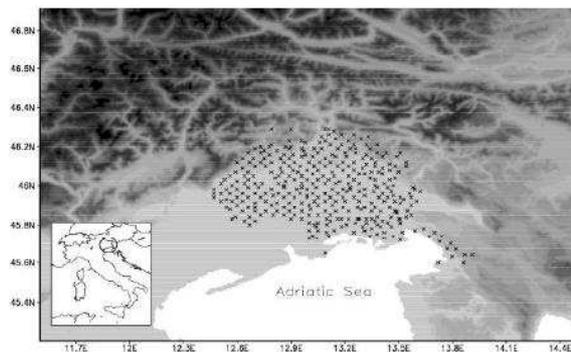
Distribuzione delle grandinate nell'arco dell'anno



Un altro dato interessante riguarda la distribuzione della grandine sul territorio regionale: le province di Modena, Bologna e Ferrara risultano maggiormente interessate dalle grandinate a giugno; Ravenna e Forlì a luglio.

3.2-Friuli Venezia Giulia

A partire dal 1988, l'OSMER dell'ARPA FVG gestisce una rete di rilevamento della grandine mediante 360 grefimetri.



Rete di rilevamento Osmer

Mediante questa rete di pannelli è stato possibile mostrare come la grandine non sia affatto un fenomeno puramente aleatorio ma che, al contrario, anche su un'area relativamente piccola come la pianura del Friuli Venezia Giulia, predilige delle zone ben precise.

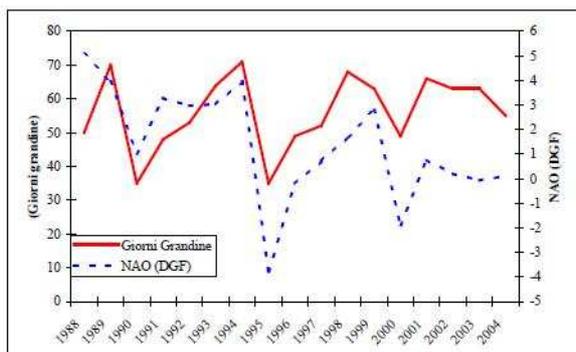
Le cause all'origine di questi massimi di frequenza risultano essere diversi per le diverse zone e sono strettamente connesse alle peculiarità orografiche e all'interazione tra queste e i flussi atmosferici. La distribuzione temporale della grandine, sia negli anni che nei mesi e nelle diverse ore del giorno, è tanto interessante quanto la distribuzione spaziale e, al pari di questa, permette di ricavare utili informazioni sulle cause che portano allo sviluppo delle celle temporalesche che producono questa meteora.

In particolare è stato possibile mettere in relazione il numero di giorni di grandine nei vari anni con l'indice NAO, correlazione che, pur se non sufficientemente robusta da permettere delle previsioni stagionali, può essere utile nell'interpretazione degli effetti dei cambiamenti climatici sulla frequenza di questa meteora.

Il numero di giorni di grandine correla in maniera significativa, benché debole, con l'indice NAO misurato nella stagione primaverile (marzo - aprile - maggio) e in particolare nella stagione invernale successiva, come si può ben vedere dal grafico qui sotto. Si osserva che tanto più alto è l'indice NAO, cioè tanto più forte è il divario tra la Bassa d'Islanda e l'Alta delle Azzorre, tanto maggiore sarà il numero dei giorni di grandine sulla pianura e costa del Friuli Venezia Giulia.

Questo fatto è interpretabile ricordando che un alto valore del NAO corrisponde ad un posizionamento settentrionale del fronte polare.

Questa configurazione sinottica mantiene il Friuli Venezia Giulia sufficientemente lontano dall'aria fredda (accumulo di energia nei bassi strati) ma non tanto da inibire le temporanee discese delle perturbazioni fredde, favorendo così lo sviluppo delle condizioni ottimali per la formazione della grandine.

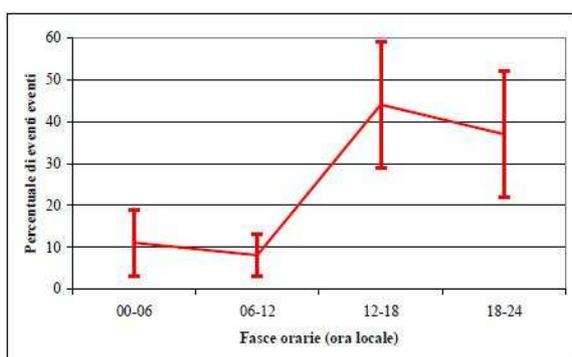


Il numero dei giorni di grandine sulla pianura e costa del Friuli Venezia Giulia (linea continua) e l'indice NAO invernale (linea tratteggiata).

I mesi maggiormente grandinigeni risultano essere giugno e luglio, seguiti da agosto e maggio.

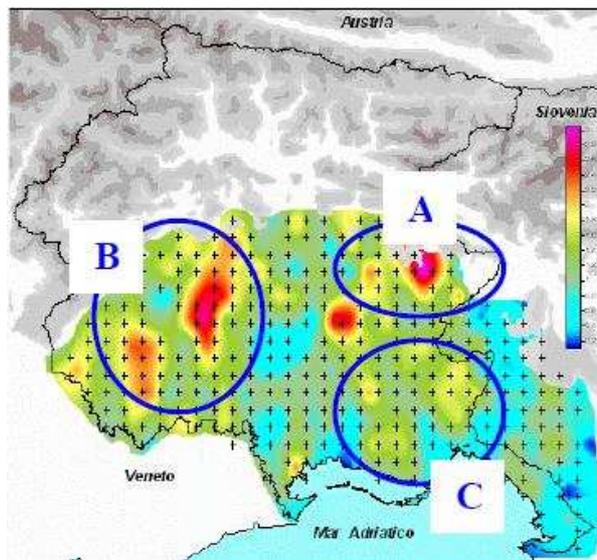
Questa distribuzione delle osservazioni è facilmente interpretabile ricordando che la formazione della grandine richiede la presenza di molto vapore acqueo nei bassi strati ma anche dell'instabilità atmosferica e di un opportuno shear verticale del vento. Queste condizioni sono più frequenti a cavallo dei mesi di giugno e luglio quando il fronte polare è sufficientemente lontano da favorire il raggiungimento di temperature elevate ma abbastanza vicino da permettere la discesa delle perturbazioni. Giugno, infatti, è il mese con il maggior numero di giorni di pioggia in Friuli Venezia Giulia.

Osservando la distribuzione giornaliera delle grandinate emerge chiaramente la propensione di questa meteora a svilupparsi nella fascia pomeridiana, cioè in concomitanza con il maggior riscaldamento dei bassi strati atmosferici.



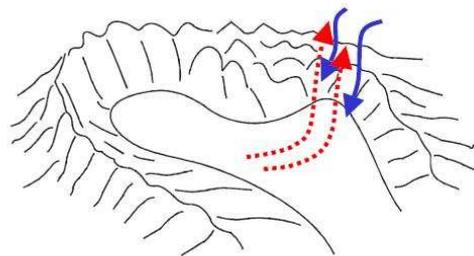
Distribuzione giornaliera delle grandinate

Nonostante le relativamente ridotte dimensioni dell'area pianeggiante del Friuli Venezia Giulia la frequenza della grandine non è omogeneamente distribuita. Come si può vedere dalla cartina qui sotto, relativa ai giorni di grandine dal 1988 al 2005.



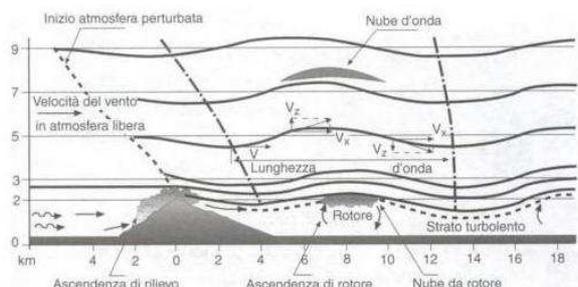
In tale figura si può vedere come ci siano tre aree distinte (A – B – C) nelle quali il numero di giorni di grandine ha dei massimi relativi. Queste tre zone risultano tra di loro statisticamente indipendenti, pertanto l'alta frequenza di grandine su queste aree è verosimilmente ascrivibile a cause diverse.

L'area A (pedemontana orientale) si trova a ridosso delle Prealpi Giulie ed è al margine di una delle zone più piovose d'Europa. In quest'area i flussi caldi e umidi provenienti da sudovest, richiamati dalle perturbazioni di origine atlantica, generano la convergenza nei bassi strati atta ad innescare e sostenere le correnti ascendenti necessarie alla formazione della grandine. Inoltre, per la particolare conformazione dell'orografia, le correnti fredde discendenti delle celle temporalesche sono convogliate contro le correnti calde e umide richiamate dalle perturbazioni aumentando l'intensità delle correnti ascendenti, cioè l'efficienza nella produzione delle grandine.

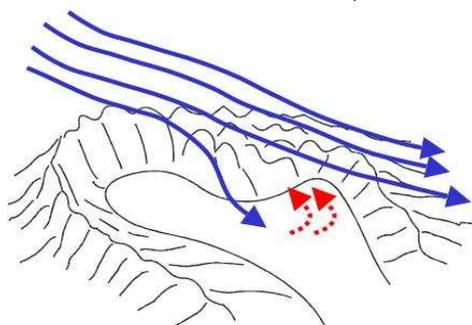


Rappresentazione schematica dei flussi atmosferici associati alla formazione di grandine nell'area A. Le correnti calde e umide sono tratteggiate, quelle fredde sono continue.

L'innescio delle celle temporalesche nell'area B può avvenire a seguito di meccanismi fluidodinamici come le "lee waves" (onde orografiche). Il fenomeno si comprende meglio osservando la figura qui sotto.



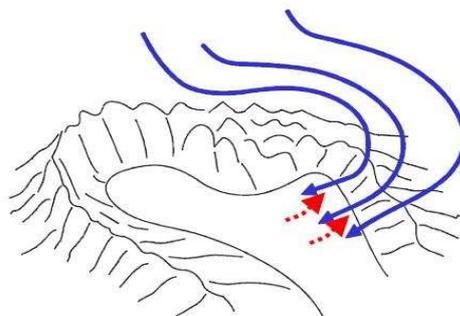
Quando correnti con intensità superiore a 20-30 nodi urtano in direzione quasi perpendicolare la linea di cresta di una montagna con base molto estesa, acquistano sottovento un moto oscillatorio sul piano verticale, in modo simile a quanto avviene in una corda di violino quando viene pizzicata. Nel settore ascendente di queste onde, si vengono a creare delle condizioni di atmosfera perturbata a seguito della condensazione dell'aria. Nello strato turbolento si generano grandi vortici stazionari denominati rotori. Nei rotori i venti prossimi al suolo sono meno intensi che alla sommità, ma assumono in genere una direzione quasi opposta a quella delle correnti in libera atmosfera. Le intense correnti ascendenti e discendenti all'interno del vortice danno luogo a una turbolenza superiore a quella riscontrata nei temporali. Per questo motivo la maggior frequenza di grandine, infatti, non si osserva a stretto ridosso dei rilievi, ma da 10 a 20 km da questi, distanza consistente con i tempi di vita delle celle stesse (ca. 20') e con la velocità del vento nei medi strati atmosferici (ca. 10 m/s).



Rappresentazione schematica dei flussi atmosferici associati alla formazione di grandine nell'area B. Le correnti calde e umide sono tratteggiate, quelle fredde sono continue.

I meccanismi che portano ad una maggior frequenza di grandine sull'area C sono anch'essi connessi all'avvicinarsi sul Friuli Venezia Giulia di una perturbazione di origine atlantica rallentata nel suo passaggio da ovest ad est dalla presenza della catena alpina. L'aria fredda associata alla perturbazione riesce a valicare i rilievi in quota aumentando l'instabilità termodinamica sulla regione mentre nei bassi strati è forzata a scivolare verso est. Contemporaneamente correnti calde e umide, richiamate dalla perturbazione, affluiscono nei bassi strati provenienti da sudovest. Se la perturbazione è

sufficientemente rallentata dall'orografia, quello che accade è che l'aria fredda nei bassi strati riesce a valicare la catena alpina da est mentre ancora soffiano le correnti calde e umide da sudovest. In questa situazione sull'area C si instaura una zona di convergenza atta a generare delle correnti ascendenti sufficientemente intense da sostenere la formazione dei chicchi di grandine.



Rappresentazione schematica dei flussi atmosferici associati alla formazione di grandine nell'area C. Le correnti calde e umide sono tratteggiate, quelle fredde sono continue.

3.3-Trentino Alto Adige

Le rilevazioni delle grandinate in Trentino sono attive dal 1974. La rete si compone attualmente di 272 strumenti (grelimetri), distribuiti su 1088 km² di territorio agricolo della provincia. Le rilevazioni di ogni anno partono con il 1° maggio e terminano con il 30 settembre, ma talora vengono considerati anche eventi occorsi nei giorni immediatamente precedenti o seguenti tale periodo.

I dati che si andranno ad analizzare sono relativi al periodo che va dal 1974 al 2000.

Osservando appunto i dati del 2000 e confrontandoli con l'andamento medio del ventennio 1974-1993 si nota che, pur presentando l'anno 2000 un numero di eventi (giorni di grandine) leggermente inferiore alla media (circa il 10% in meno), il numero di segnalazioni di grandine (cioè il numero di pannelli colpiti) è nettamente superiore a quello medio (+ 19%). Ma notevole è soprattutto il valore dell'energia cinetica sviluppata dalla caduta dei chicchi: un valore superiore del 63% a quello medio, da attribuire in buona parte alla maggior energia media di ogni grandinata (+ 44%) e secondariamente al numero medio di segnalazioni per grandinata.

ANNO	GIORNI DI GRANDINE	NUMERO DI SEGNALAZIONI	ENERGIA CINETICA TOTALE [MJ]	EN. CIN. MEDIA PER SEGNALAZIONE [J/m ²]
2000	27	351	75481	53,8
MEDIA 1974 - '93	30	295	46186	37,4

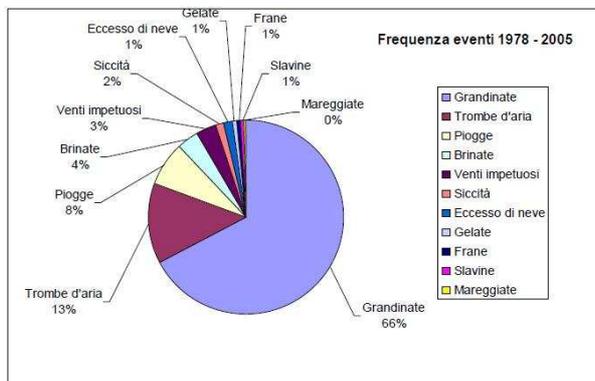
La rete di monitoraggio dell' Istituto agrario di San Michele all'Adige, in un seminario organizzato dal Centro Trasferimento Tecnologico sui risultati del monitoraggio degli eventi grandinigeni in provincia di Trento del 2010, conferma il fatto che negli ultimi 35 anni è aumentata l'intensità delle grandinate, in particolare l'energia cinetica dei chicchi e la loro capacità di provocare danno alle aree agricole, mentre sono diminuite il numero di giornate con grandine e l'estensione della superficie coperta.

Inoltre è emerso che in Trentino, le grandinate sono state 1007, con 41.564 chilometri quadrati di superficie agricola cumulata colpita in tutto il periodo.

Pare dunque che la presenza prolungata dell'anticiclone estivo – generalmente prevista dai modelli climatici per le estati del 21° secolo - non sia in grado di risparmiare il territorio da questa minaccia.

3.4-Veneto

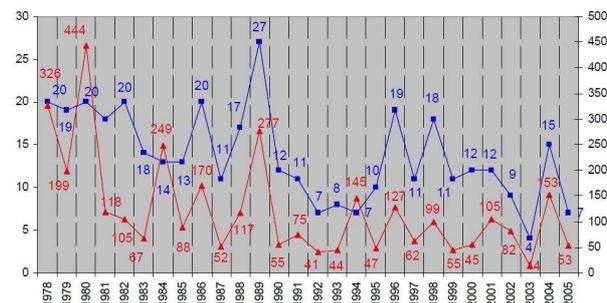
Analizzando le delibere regionali, dal 1978 al 2005, che hanno comportato risarcimenti a carico del Fondo Nazionale di Solidarietà alle aziende del Veneto si nota come il fenomeno che maggiormente ha interessato la regione sia proprio la grandine.



Avversità	n.eventi	n.Comuni colpiti	n.eventi/anno	n.Comuni colpiti / anno
Grandinate	385	3402	13,8	121,5
Trombe d'aria	76	456	2,7	16,3
Piogge	44	309	1,5	11
Brinate	21	287	0,75	10,25
Venti impetuosi	18	354	0,65	12,6
Siccità	9	550	0,32	19,6
Eccesso di neve	8	584	0,28	20,8
Gelate	4	334	0,14	12
Frane	3	198	0,1	7,07
Slavine	3	198	0,1	7,07
Mareggiate	2	44	0,07	1,58
Totale	573	6716	20,41	239,77

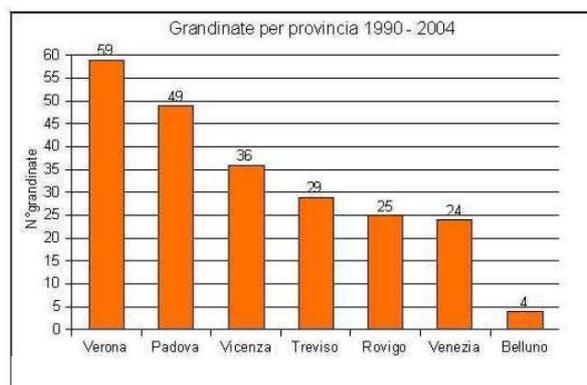
Diagramma e tabella della frequenza di fenomeni violenti risarciti dal Fondo Nazionale di Solidarietà

Nel dettaglio si può analizzare l'andamento del numero di grandinate e di comuni interessati nei 28 anni presi in esame.



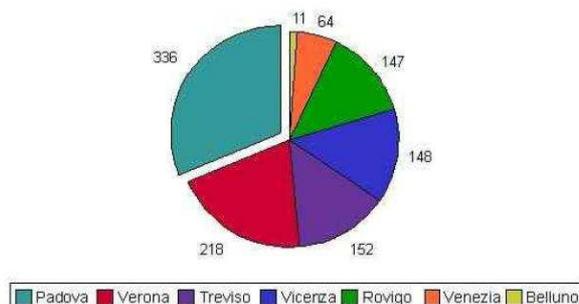
Andamento annuo numero grandinate e numero comuni colpiti

Da uno studio nei 15 anni compresi tra il 1990 ed il 2004, risulta che le Province più colpite sono state rispettivamente Verona, Padova, Vicenza, Treviso, Rovigo, Venezia e Belluno, mentre il numero di Comuni più colpiti per grandine, vede il seguente ordine tra le Province: Padova, Verona, Treviso, Vicenza, Rovigo, Venezia e Belluno. Sicuramente sulla classifica ha inciso la vocazione agricola della Provincia (vedi Belluno) ed il numero di Comuni presente in ciascuna Provincia dove Padova è seconda con 104 Comuni, dopo Vicenza (121), ma prima di Verona che ne ha 98 e Treviso con 95.



Numero di grandinate per provincia

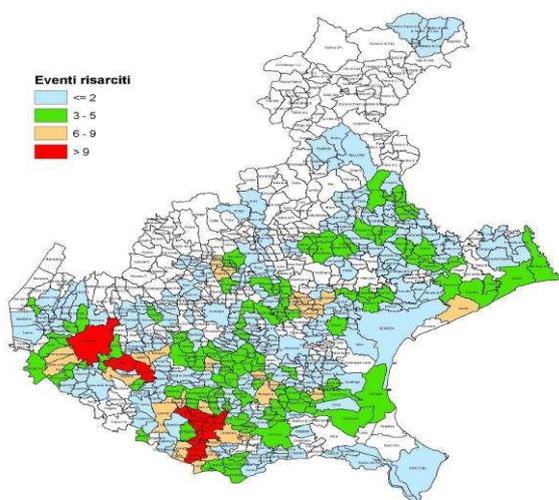
Comuni colpiti per provincia 1990 - 2004



Numero di grandinate per comune

Distribuendo sul territorio comunale gli eventi climatologici dichiarati dal Fondo di Solidarietà Nazionale, si è ottenuta una mappatura della Regione con l'indicazione delle zone a maggiore rischio grandine, in base ai "dati storici" 1990 – 2004.

In Veneto i fenomeni temporaleschi associati alla manifestazione di grandinate sono purtroppo relativamente frequenti, e particolarmente colpite al riguardo sono le zone della media/bassa pianura veronese, dei Colli Berici, della pedemontana veronese, bassa pianura padovana e rodigina, come risulta dalla cartina di seguito riportata.



Eventi grandinigeni risarciti nel periodo 1990-2004

Distribuendo su un calendario le date nelle quali sono state rilevati gli eventi grandinigeni dichiarati al Fondo di Solidarietà Nazionale nel periodo 1978-2003, si è ottenuto un calendario storico "di rischio" per i Comuni più colpiti, in grado di evidenziare le decadi storicamente più soggette a tale calamità naturale. Dall'analisi di questo calendario "di rischio" si nota come le decadi più soggette a grandinate risultino essere la seconda di giugno, la terza di luglio e la terza di agosto.

Comuni	Aprile			Maggio			Giugno			Luglio			Agosto			Settembre			tot. Grand.		
	I	II	III	I	II	III															
Zevio				2			7	8	5	2	2		7	1	2	3	2	1	1	43	
Ronco all'A.				3			3	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1		36	N° Grand.
Verona				3	1		3	2	7	2	2	7	1	3	2			1		34	0
Merlara	2			1	1	1	3	1	3		3	4	2	1	3	2	1	1		31	1-2
Badia Pol.		1			1		3	2	3		6	2	4	1	6					29	3-4
S. Martino B.A.				2			3	5	2		2	8	1		2		1	1		27	5-8
S. Bonifacio				1		1	2	8	2	2	3	4	2		3		3	1		27	
Legnaro				1		1	2	8	3	1	1	8	1	2	2		2	1		26	
Belfiore				1			3	5	4	1	2	7	2		3		3	1		25	
Bevilacqua				1		1	3	5	2	3	2	4			2		2	2		25	
grand. risar.	2	1	0	15	3	6	32	42	25	14	26	54	16	11	37	9	7	3			

Calendario "di rischio"

4- La lotta alla grandine

L'uomo ha da sempre cercato di combattere, e se possibile vincere, il flagello della grandine. Questo evento in pochi minuti può distruggere il lavoro di un'intera annata.

Nel 1754 il parroco di un piccolo villaggio boemo, P. Divish, costruì un parafulmine alto circa 40 metri e munito, su alcune barre orizzontali, di scatolette metalliche piene di limatura di ferro e guarnite di numerose punte ugualmente di ferro e comunicanti con un pozzo. Tale impianto era basato sull'ipotesi sella quasi assoluta prevalenza dei fenomeni elettrici nella genesi della grandine. Dall'idea dell'umile pastore boemo si arrivò in seguito ad altri sistemi per la lotta a questo fenomeno.

Ad oggi esistono quattro mezzi per contrastare la grandine:

- 1) frantumazione del chicco mediante onde sonore prodotte al suolo (cannoni detonanti);
- 2) frantumazione del chicco mediante onde sonore prodotte dentro la nube (razzi esplodenti);
- 3) insemminazione artificiale delle nubi con particelle microscopiche (ioduro d'argento);
- 4) reti antigrandine.

4.1- I cannoni detonanti



Il loro meccanismo si basa sulla creazione di onde sonore mediante emettitore di scoppi a ripetizione (ogni 10-20 secondi). La forte deflagrazione, amplificata dalla forma a megafono del cannone, propaga da terra verso l'alto una potente onda sonora che arriva fino a un centinaio di metri di altezza e che si prefigge di alterare i processi che portano alla formazione dei chicchi e alla loro caduta.

Le pressioni provocate dai cannoni detonanti sono insufficienti sia per influenzare la dinamica del cumulonembo (vista l'immane energia che in esso

si sviluppa) sia per perforare il nucleo centrale del chicco e facilitarne la rottura anticipata (cavitazione).

Nella relazione commissionata nel 1981 dalla regione Emilia-Romagna ad alcuni tecnici e scienziati, vengono citati studi effettuati in importanti centri di ricerca francesi (Groupement Interdipartimental d'Etudes des Fléaux Atmosphériques di Valence e l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers di Parigi) che dimostrano come la pressione esercitata dall'onda d'urto proveniente dal cannone risulti, sopra la sua verticale e a soli 100 metri di altezza, di circa 1,5hPa, mentre crolla a 0,033hPa a 4km di altezza.

Questo cosa significa in parole povere? Analizziamo meglio questi dati. A 100 metri di altezza il cannone sviluppa una pressione di 1,5hPa, che è pari ad una forza di 0,0015N su ogni millimetro quadro di superficie. Il diametro medio di un chicco di grandine in Italia risulta nell'ordine dei 10mm, il che significa che la forza esercitata dal cannone deve coprire una superficie sferica di circa 1300mm² per ogni chicco. Con un rapido calcolo, scopriamo così che, a 100 metri dal cannone, su ogni chicco l'onda d'urto agisce con una forza di 1,95N. Per dare un'idea concreta di cosa significhi tale valore, vi basti pensare che una forza del genere riesce a malapena a tenere sospesa in aria (e quindi a vincere la forza di gravità) una pallina da baseball (del peso di circa 200 grammi). Risparmiandovi i calcoli, a 4000 metri dal cannone (dove l'onda d'urto sviluppa appena 0,033hPa di pressione) il solito chicco di grandine di 10mm è soggetto ad una forza complessiva di 0,043N, ovvero la forza necessaria per far restare sospesa in aria una piccola monetina da 10 centesimi di Euro (del peso di circa 4 grammi). In aggiunta a questi dati, sapendo che:

- a) la grandine, in Estate e alle nostre latitudini, si forma generalmente sopra i 5000 metri e ogni chicco pesa mediamente 5-10 grammi;
- b) in un temporale di medie dimensioni le correnti ascensionali e discensionali raggiungono e superano spesso velocità di 100km/h e sono quindi capaci di trascinare oggetti pesanti fino a qualche decina di chili;
- c) un temporale di medie dimensioni si estende in altezza per 6-10 chilometri e in larghezza per qualche chilometro;

Risulta evidente il fatto che:

- a) il cannone ad onda d'urto non riesce minimamente ad innescare fenomeni di cavitazione, nemmeno a 100 metri di distanza da se stesso (per l'innescio del fenomeno deve crearsi un abbassamento di pressione fulmineo e davvero importante, che si riesce ad avere solo con forze e velocità di diversi ordini di grandezza maggiori di quelle create dal cannone);
- b) il volume d'aria coperto da una serie di cannoni (in altezza ed in larghezza) risulta molto modesto

rispetto al sollevamento di masse d'aria caldo-umide che caratterizzano l'evoluzione di un temporale;

c) le enormi forze in gioco in un temporale (calore latente, vento, fulmini, tuoni) fanno sì che l'attività del cannone non riesca minimamente ad influenzare nemmeno le dinamiche generali all'interno della nube. In provincia di Ferrara ne vennero installati numerosi esemplari alla fine degli anni '70, ma dopo diverse grandinate il loro uso venne interrotto. Stessa cosa alla periferia di Bologna. Nella pubblicazione "Atti dei Seminari", volume edito nel 1988 dal Servizio Meteorologico Regionale a cura di F. Nucciotti, viene fatto notare che i cannoni detonanti vennero proposti in Italia come idea nuova, mentre incarnano un'idea vecchia di cent'anni, che a suo tempo tramontò per una allora evidente inefficacia contro la grandine, come è possibile verificare leggendo le cronache dell'epoca (anni 1904 e 1905).

4.2- Razzi esplodenti



Essi vengono lanciati da terra e scoppiano a circa 2000-2500 m. di quota; le onde d'urto prodotte dovrebbero determinare uno sfaldamento dei chicchi prima del loro impatto sulle colture tramite il fenomeno della cavitazione.

Anche in questo caso enti autorevoli quali l'UCEA hanno dimostrato che il sistema è inefficace: la quota di 2000-2500 metri è infatti troppo bassa in rapporto alla quota che contiene il maggior numero di chicchi, inoltre la pressione esercitata dalla detonazione sembra troppo bassa per

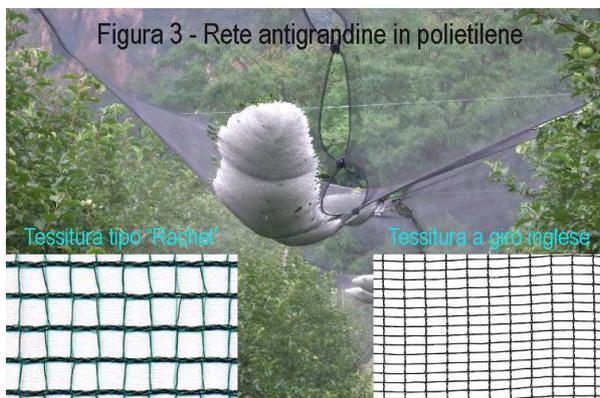
determinare la cavitazione, se non in un numero di chicchi irrisorio. Esiste un'ampia letteratura scientifica che dimostra l'inutilità di tali mezzi di difesa attivi.

4.3- Inseminazione artificiale



Con il metodo della nucleazione artificiale, invece, si tenta di indurre la formazione di numerosissime gocce di piccole dimensioni attraverso lo spargimento di ioduro di argento che ha un effetto "soluto". Lo spargimento può avvenire dall'alto con aerei che sorvolano la nube o dal basso mediante bruciatori che liberano vapori che sfruttano le correnti ascensionali interne al cumulonembo. Anche in questo caso però i risultati riscontrati sono modesti e sono stati ottenuti su celle di moderata intensità ed estensione. Inoltre gli effetti migliori si ottengono se la dispersione dell'aerosol enucleante avviene, con mezzi aerei, all'interno o al di sopra della nube e in opportuni momenti critici della formazione dei primi cristalli di ghiaccio.

4.4- Le reti antigrandine



Grazie ai materiali e alle tecnologie odierne, la protezione fornita da tali strumenti è oramai a prova di grandinate anche molto importanti. Le reti sono infatti spesso costituite dall'intreccio di fili in polietilene, il polimero sintetico (materiale plastico) più diffuso ed economico che, come la maggioranza dei polimeri sintetici, offre un alto

grado di resistenza alle sollecitazioni meccaniche (come il peso di grossi chicchi di grandine). Le maglie delle reti (ovvero gli spazi tra un filo e l'altro) possono essere rettangolari o quadrate e variano molto in dimensione, andando da 2-3mm fino a 7-8mm di larghezza. Per cui esistono reti in grado di fermare la quasi totalità dei chicchi e reti che invece bloccano solo i chicchi medio-grandi (quelli più piccoli non arrecano comunque particolare danno alle coltivazioni). Ad ogni modo, poiché la dimensione media del chicco di grandine in Italia è di circa 10mm di diametro, le reti sono in grado di far fronte alla gran parte dei fenomeni grandinigeni più intensi a cui sono esposte.

Soluzione decisamente efficace, ma vanno attentamente considerati gli elevati costi di impianto e di manutenzione.

5- Fonti

- ARPAV, Agenzia Regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto
 - Istituto agrario di San Michele all'Adige
- ARPAL-CMIRL, Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure
- Il Divulgatore n°4/2004 CALAMITÀ NATURALI Strumenti tecnici e finanziari a sostegno delle produzioni Pagg. 40-46
- ARPA Friuli Venezia Giulia - settore OSMER Osservatorio Meteorologico Regionale
 - Temporalis e tornado – Alpha Test
 - Che tempo farà – Edmondo Bernacca