

## **CENTRO METEOROLOGICO DI TEOLO**

# **ANALISI DEGLI EVENTI METEOROLOGICI INTENSI IN PROVINCIA DI VENEZIA : GRANDINATE E TROMBE D'ARIA**

**(Convenzione tra ARPAV Centro Meteorologico di Teolo e Provincia di Venezia Settore  
Protezione Civile e Difesa del Suolo, giugno 2003)**

**2004**

**Autori: Dott. Adriano Barbi - ARPAV Centro Meteorologico di Teolo  
Dott. Marco Monai - ARPAV Centro Meteorologico di Teolo  
Dott.ssa Roberta Racca – Provincia di Venezia – Servizio Protezione Civile**

# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LA GRANDINE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Esempi di eventi grandinigeni : eventi temporaleschi e grandinate intense del 4 agosto 2002 in Veneto .....</b>	<b>5</b>
2.1.1	Descrizione della situazione meteorologica .....	5
2.1.2	Descrizione delle aree investite il 4 agosto da celle temporalesche, come deducibile da radar .....	6
2.1.3	Alcuni dei dati più significativi registrati dalle stazioni al suolo.....	8
<b>3</b>	<b>LA TROMBA D’ARIA.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Esempi di tromba d’aria: l’evento del 20 luglio 1997 a Bibione.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>LE FONTI DATI SU GRANDINATE E TROMBE D’ARIA .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Il progetto AVI .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>Avversità atmosferiche in agricoltura.....</b>	<b>15</b>
<b>4.3</b>	<b>Altre fonti.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI DATI.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1</b>	<b>Eventi di grandine.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2</b>	<b>Eventi di tromba d’aria .....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>23</b>

## 1 Premessa

Tra i fenomeni meteorologici più intensi e pericolosi, le grandinate e le trombe d'aria rappresentano per il territorio Veneto ed in particolare per la provincia di Venezia, gli eventi a più elevato potere distruttivo, anche se solitamente molto localizzati nello spazio e di breve durata. Risultando di difficile realizzazione, allo stato attuale, una caratterizzazione climatica di tali fenomeni per il territorio provinciale, dovuta essenzialmente alla carenza di dati a disposizione, l'obiettivo principale del presente studio è quello innanzitutto di inquadrare gli eventi grandinigeni e di tromba d'aria dal punto di vista della loro genesi atmosferica in modo tale da chiarire le condizioni necessarie alla loro comparsa e la loro dinamica evolutiva. In secondo luogo si è comunque cercato di reperire le possibili fonti di informazioni riguardanti tali fenomeni per poter redigere quantomeno un elenco di date e di luoghi che nel recente passato abbiano registrato eventi di grandine e/o di tromba d'aria in provincia di Venezia. La principale fonte individuata, dotata di buona continuità temporale e realizzata secondo criteri oggettivi ed omogenei, è rappresentata dallo studio condotto dall'Unità Operativa di Agro-Biometeorologia del Centro Meteorologico di Teolo, in collaborazione con Università di Padova - Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali - e Regione Veneto - Direzione Regionale Politiche Agroalimentari e per le Imprese, che ha permesso l'analisi di 26 anni (1978-2003) di dati relativi alla operatività delle leggi del Fondo di Solidarietà Nazionale per gli interventi alle aziende agricole colpite da eventi atmosferici avversi. Altre fonti analizzate sono costituite dal "Progetto AVP", condotto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche su commissione del Dipartimento della Protezione Civile per il censimento delle aree del paese colpite da frane e da inondazioni per il periodo 1918-1994, e da alcune segnalazioni pervenute dai Comuni della Provincia di Venezia interpellati mediante l'invio di un questionario.

## 2 La grandine

La grandine si origina all'interno delle più imponenti nubi temporalesche rappresentate dai cumulonembi. All'interno di questa nube temporalesca una gran quantità di acqua liquida si trova a temperature negative sottoforma di goccioline sopraffuse (liquide pur in ambiente sottozero) o gelate che, unite alle particelle di aerosol o di pulviscolo presenti in atmosfera, formeranno gli embrioni sui quali si svilupperanno i chicchi di grandine. Il saliscendi dei cristalli di ghiaccio all'interno della nube, trasportati verso l'alto dalle forti correnti ascensionali (*updraft*) e verso il

basso dalla gravità e dalle correnti discendenti (*downdraft*), li fa crescere, ingrossandosi a più riprese e con una struttura a strati alterni simile a quella di una cipolla. La permanenza dei chicchi in seno al cumulonembo varia da 30 a 45 minuti (e anche più) e gli *updrafts* possono superare abbondantemente i 100 km/h: in tal caso saranno possibili chicchi aventi un diametro superiore a 5-6 cm. Naturalmente più intense saranno le correnti ascendenti maggiori saranno le dimensioni che i chicchi potranno raggiungere: l'intensità degli *updrafts* può essere desunta dalla quota che raggiunge la sommità della nube temporalesca. Cumulonembi che raggiungono la tropopausa (mediamente oltre i 9000-11000 m di altezza) sono potenzialmente molto pericolosi.

L'unico fattore che può interrompere il processo di "sali-scendi" è determinato dal fatto che i chicchi di grandine divengano talmente pesanti da non poter essere più riportati in alta quota dalla corrente ascensionale, con inevitabile caduta al suolo. I chicchi in caduta vengono radunati e si organizzano lungo fasce che seguono i massimi di intensità dei *downdrafts* che accompagnano la precipitazione. Siccome l'intensità di tali venti discendenti non è regolare ma pulsante (raffiche), la maggior quantità di chicchi seguirà le più intense raffiche di vento, colpendo fasce relativamente ristrette ed irregolarmente distribuite. Accade la stessa cosa per la pioggia: durante i temporali in cui si hanno diversi apporti pluviometrici in aree anche vicinissime tra di loro.

Il rilevamento sistematico della grandine risulta ancor oggi difficoltoso per problemi riconducibili principalmente a: 1) rarità del fenomeno, per cui sono necessari strumenti estremamente affidabili e zone di studio molto estese; 2) grande variabilità orizzontale dei parametri di precipitazione il che incide sulla scelta della grandezza e del numero di strumenti. Tra i tipi di rilevatori il più diffuso è quello a pannello costituito da un rettangolo di polistirolo avvolto in foglio di alluminio e montato orizzontalmente su un supporto fissato sul terreno. Solo negli anni più recenti si sono sviluppati strumenti registratori ma che non hanno ancora trovato una larga diffusione. Tra gli strumenti meteorologici sicuramente il radar rappresenta un sistema di rilevamento molto efficace per lo studio dei fenomeni temporaleschi e grandinigeni consentendo, seppur indirettamente, di stimare abbastanza esattamente le zone con grandine.

## **2.1 Esempi di eventi grandinigeni : eventi temporaleschi e grandinate intense del 4 agosto 2002 in Veneto**

(tratto dal sito dell'ARPAV [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it), a cura di Roberta Millini e Marco Monai – Centro Meteorologico di Teolo)

Il 4 agosto 2002 il Veneto, specialmente nella fascia centrale, è stato interessato da fenomeni temporaleschi assai intensi, con forti piogge, intense raffiche di vento, locali grandinate di notevole violenza. Grazie all'utilizzo sinergico dei diversi sistemi di rilevamento gestiti dal Centro Meteorologico di Teolo dell'ARPAV, è stato possibile ricostruire, almeno in parte, genesi ed evoluzione dei fenomeni. Ne emerge un quadro distinto da una forte localizzazione dei temporali più intensi, caratteristica, per altro, ricorrente in questo tipo di fenomeni, nonché da intensità molto elevata degli stessi, particolarmente di quelli della prima mattinata.

### **2.1.1 Descrizione della situazione meteorologica**

Il 4 agosto 2002 il Veneto era sotto l'influsso di un'area depressionaria che dal Canale della Manica dominava tutta l'Europa Centrale, interessando la penisola con correnti umide sud-occidentali, come visibile nella mappa rappresentata in figura 1 riferita al livello di 500 hPa (5500 m circa). L'analisi dei radiosondaggi di Milano e Udine del 4 agosto, indicava la presenza in atmosfera di marcate condizioni d'instabilità su tutto il nord Italia, specialmente in Lombardia. In particolare, dai radiosondaggi di Milano delle 01:00 e delle 19:00 del 4 agosto 2002, si possono trarre molteplici indicazioni di condizioni favorevoli allo sviluppo di fenomeni temporaleschi molto intensi, anche a carattere di tornado, sia dagli indici di instabilità che dalla rotazione del vento con la quota. Nelle prime ore del mattino del 4 agosto 2002 marcate condizioni d'instabilità nell'area padana-lombarda favorivano lo sviluppo di una serie di celle temporalesche intense che, trasferendosi sul Veneto, a partire dal Lago di Garda, ne investivano tutta la fascia centro-settentrionale. I fenomeni localmente violenti e a carattere grandinigeno, risultavano associati a forti raffiche di vento. Nella serata del medesimo giorno, dopo una pausa nelle ore diurne caratterizzata da tempo relativamente buono, una nuova ondata di celle temporalesche dalla Lombardia si spostava sul Veneto interessandone la parte centro-meridionale, orientale e montana, ma con fenomeni generalmente meno intensi dei precedenti. Una delle caratteristiche, infatti, delle precipitazioni delle prime ore del 4 agosto è stata la forte intensità dei fenomeni in alcune zone dove i quantitativi di precipitazione accumulata misurati dalla rete di stazioni al suolo non sono risultati di per sé considerevoli. Ciò può essere imputabile all'inevitabile sottostima effettuata da un normale pluviometro in presenza di

precipitazioni miste o a carattere grandinigeno, nonché alla presenza di forte vento associato alle precipitazioni.

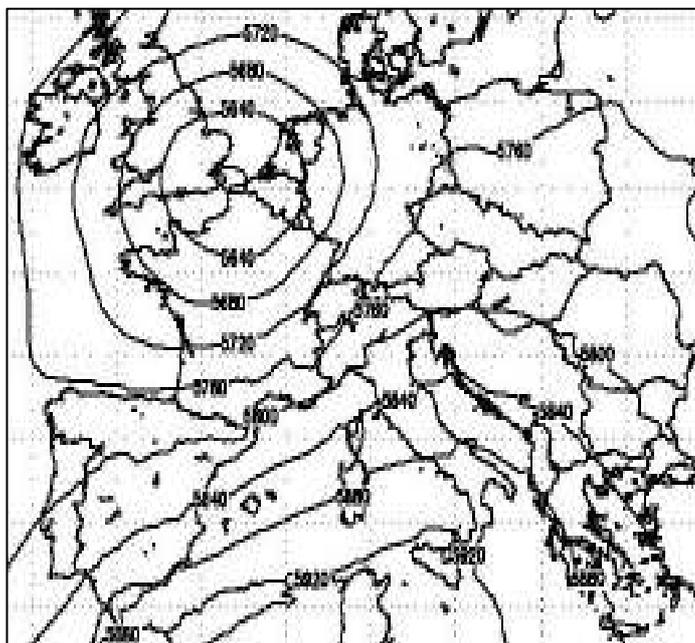


Fig.1 Situazione sinottica relativa al 4 agosto 2002: carta delle altezze geopotenziali a 500 hpa.

### 2.1.2 Descrizione delle aree investite il 4 agosto da celle temporalesche, come deducibile da radar

Il 4 agosto 2002, tra le 01:15 e le 06:00 del mattino, i settori centrale e pedemontano Veneto erano interessati dal transito da ovest verso est di tre celle temporalesche (individuabili in figura 2). Nelle immagini i nuclei più intensi di precipitazione delle celle temporalesche sono individuati dal colore rosso, quelli più deboli dal colore azzurro (il radar è situato sul Monte Grande a Teolo ad una quota di 480 m circa). La prima cella (individuabile in fig. 2, a) si è presentata alle 01:15 nel settore centrale del Lago di Garda ed è transitata sul Veneto, scorrendo lungo la dorsale prealpina e interessando fino alle 02:30 la provincia di Verona, poi, fino alle 03:30 quella di Vicenza, mantenendosi a nord della fascia collinare Euganeo-Berica e poi fino alle 05:00 il trevigiano. La seconda cella (fig. 2, b), ove la cella più a est è la prima, ormai spostatasi sul vicentino, mentre quella più a ovest è la seconda) si è presentata alle 02:45 in prossimità del Garda. Alle 03:30 era sul vicentino centrale e alle 03:45 si intensificava, estendendosi in direzione nord-sud e andando ad interessare il vicentino centro-meridionale (fig. 2, c). Alle 04:00 era ai confini nord-occidentali della provincia di Padova e alle 04:15 si trovava sul padovano settentrionale, dove permase fino alle 04:45, quando si trovava ai confini tra le province di Padova, Treviso e Venezia. Alle 05:00 si trovava tra la provincia di Venezia e quella di Treviso. Alle 05:15 si trovava sul veneziano centro-settentrionale, transitandovi per abbandonare la regione attorno alle 06:00 (fig. 2, d). La terza cella

(fig.2, c) meno intensa delle precedenti, almeno nella fase iniziale, si è presentata alle 04:00 sul lago di Garda. Alle 04:30 era ai confini tra Verona e Vicenza, mentre alle 05:00, intensificatasi, era sul settore prealpino vicentino, alle 05:15 sul vicentino centrale e alle 05:45 sull'alto padovano, dove poi tendeva ad attenuarsi e ad esaurirsi (fig. 2, d). Per quanto attiene le precipitazioni serali, le immagini radar (qui non presentate) hanno evidenziato i seguenti elementi salienti: a partire dalle 20:00 del 4 agosto una cella temporalesca in moto da ovest verso est interessava la provincia di Verona, con nucleo più intenso nel settore meridionale. Alle 21:00 si trovava ai confini tra le province di Verona, Rovigo, Padova e Vicenza. I fenomeni principali in serata interessavano il rodigino, il settore centro-meridionale di Padova e Verona, il veneziano e il trevigiano orientale. In particolare, il nucleo più intenso interessava l'alto veneziano (portogruarese) tra le 23:00 e le 24:00.

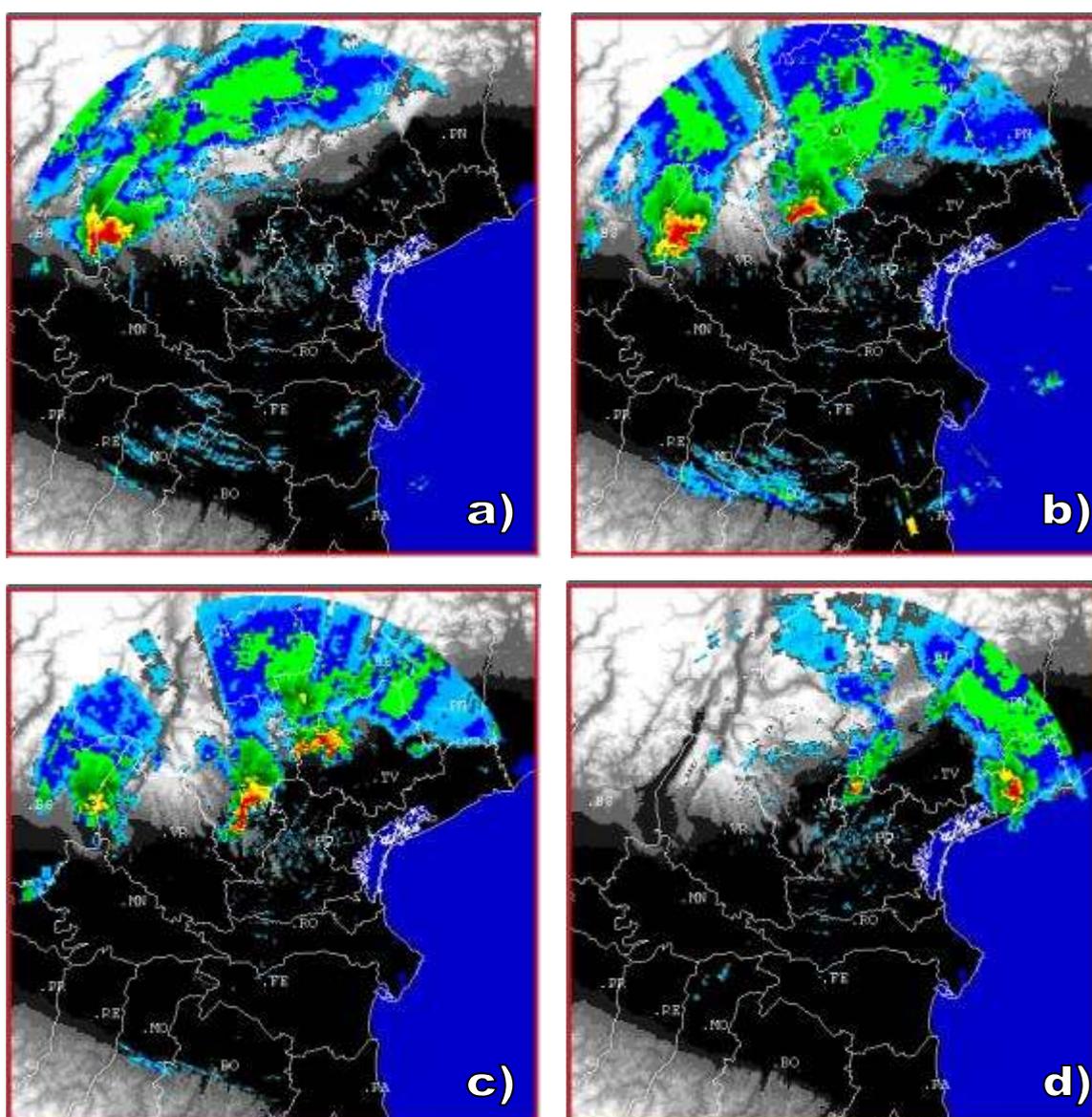


Fig. 2 Immagini radar: fasi delle celle temporalesche/grandinigene

### 2.1.3 Alcuni dei dati più significativi registrati dalle stazioni al suolo

Nella tabella 1 si riportano le intensità di precipitazione e i valori di raffica di vento (valore massimo istantaneo giornaliero di intensità di vento; il vento è stato valutato per tutte le località a 10 m di altezza e in km/h) più significativi per gli eventi considerati. In Fig. 3 sono riportate le isoiete (linee di egual precipitazione) ottenute dai dati registrati dalla rete di stazioni al suolo del Centro Meteorologico di Teolo.

Dati di precipitazione più significativi	Dati di raffica di vento più elevati
<b>Gaiarine (TV):</b> 20.6 mm in 5'	<b>Mogliano (VE):</b> 96.1 km/h <b>S.Anna Chioggia (VE):</b> 93.1 km/h <b>S.Bortolo (VR):</b> 85.6 km/h <b>Quinto (VI):</b> 85.3 km/h
<b>Mogliano (VE):</b> 19.4 mm in 5', con un brusco calo di temperatura (di 6.3°C in 15') tra le 05:00 e le 05:15	
<b>Zero Branco (TV):</b> 17.4 mm in 5', con brusco calo di temperatura (di 5°C in 30') tra le 05:00 e le 05:30	
<b>Trissino (VI):</b> 16.8 mm in 5'	
<b>Vicenza:</b> 16 mm in 5'	
<b>Fossalta di Portogruaro (VE):</b> 15 mm in 5'	
<b>Dolcé (VR):</b> 13.6 mm in 5'	
<b>Malo (VI):</b> 13 mm in 5'	

Tab.1

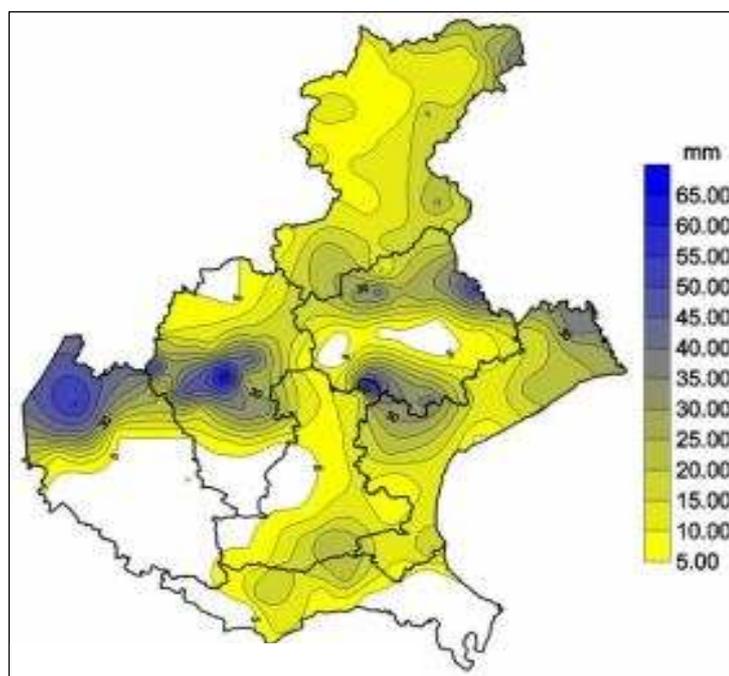


Fig. 3 Precipitazioni del 4 agosto 2002

Si sottolinea la particolarità di alcuni dei dati di intensità di precipitazione (precipitazione accumulata nel tempo) riportati in tabella 1. Le intensità in questo caso, infatti, si riferiscono ad intervalli temporali molto brevi (5 minuti), ciononostante i valori di precipitazione si aggirano tra i

15 e i 20 mm circa. Si ricorda a tale proposito che un nubifragio è definito come quell'evento di precipitazione caratterizzato dall'accumulo di almeno 40 mm in mezz'ora. Per le località di Zero Branco e Mogliano, inoltre, si sono evidenziati i bruschi cali subiti dalla temperatura (anche oltre 6°C in 15 minuti, intorno alle ore 5), come tipicamente accade nella stagione calda in corrispondenza di fenomeni a carattere grandinigeno. Significativi sono anche i valori di raffica di vento, tra gli 80 e i 100 km/h, indici della presenza di forti correnti discendenti associate al transito delle celle temporalesche.

### 3 La tromba d'aria

La tromba d'aria viene definita come una colonna d'aria in violenta rotazione, in contatto con il terreno, pendente da un cumulonembo e quasi sempre osservabile come una "nube a imbuto" o "tuba".

La tromba d'aria rappresenta, nelle sue manifestazioni più intense, uno dei fenomeni atmosferici più distruttivi delle nostre latitudini; esse sono molto più piccole e molto meno durature dei tornado e dei cicloni tropicali (in media 0.5 Km<sup>2</sup>, a fronte di circa 10 Km<sup>2</sup> dei tornado e dei 50.000-80.000 Km<sup>2</sup> dei cicloni tropicali, con un ciclo di vita di solito inferiore ai 30 minuti) (Giuliaci, 2003). Nella sua ristretta fascia di distruzione, la tromba d'aria scatena venti che possono spirare anche oltre i 150 Km/h, tuttavia in alcuni casi tali valori sono stati abbondantemente superati, come in occasione della tromba d'aria abbattutasi su Venezia nel settembre 1970, la più disastrosa mai verificatasi, a memoria d'uomo, in Italia (classificata F4 secondo la *scala Fujita*); si stima che il vento abbia raggiunto un'intensità prossima ai 300 km/h, esercitando sulle superfici colpite pressioni dinamiche dell'ordine di 7-8 quintali per metro quadrato (Giuliaci, 2003). Il vento inoltre possiede una notevole componente verticale dovuta alle forti correnti ascensionali che, spiraleggiando, percorrono la parte centrale del vortice. A tutto questo va aggiunto che le trombe d'aria si formano all'improvviso, si muovono molto rapidamente (50-100 Km/h), e sono quasi imprevedibili.

I meccanismi che portano alla formazione delle trombe d'aria sono estremamente complessi e ancora non del tutto chiariti. Secondo la teoria più accreditata, quella termodinamica, il fenomeno è riconducibile alla forte instabilità atmosferica che si sviluppa quando, a masse d'aria molto calde e umide in prossimità del suolo, viene a sovrapporsi uno strato d'aria più fredda e che frequentemente in estate, specie in Val Padana, dà origine ai temporali (cumulonembi). E' in questo contesto che talvolta possono maturare le condizioni per l'innescio di un moto antiorario nel punto ove tendono a convergere le masse d'aria aspirate dal neofornato centro di bassa pressione.

Le trombe d'aria, di solito prediligono le zone pianeggianti e si manifestano nei mesi caldi, tra l'estate e il primo autunno; in Italia si contano in media 10-15 trombe d'aria ogni anno (Caroselli, 1995). Tra le aree italiane maggiormente colpite da questi fenomeni, rientrano la Pianura Padana e le aree pedemontane, specie allo sbocco delle valli alpine.

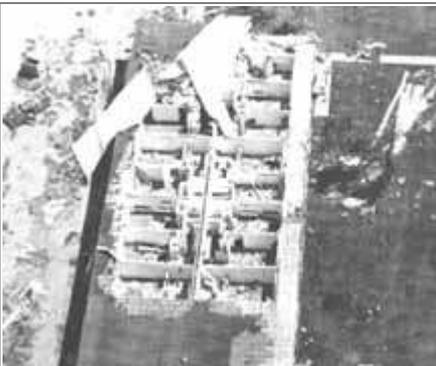
A livello internazionale si usa classificare l'intensità dei tornado secondo la *scala Fujita*, introdotta nel 1971 dal professor T. Theodore Fujita dell'università di Chicago. La *scala Fujita* dei tornado è strutturata in modo da dividere in 12 parti l'intervallo fra il grado 12 della scala dell'intensità del vento di *Beaufort* e la velocità del suono.

La velocità del vento della tromba d'aria può essere calcolata con la formula:

$$Vt = 6,30(F + 2)^{1,5}$$

dove  $Vt$  è la velocità del vento (m/s) e  $F$  è il grado di intensità della tromba d'aria nella *scala Fujita*.

La *scala Fujita* è utile per classificare i tornado in base agli effetti che essi producono sulle strutture, sulle cose, sulle piante ecc. Essa costituisce quindi un valido strumento utilizzabile da chiunque per stimare la velocità del vento nelle trombe d'aria.

Grado F	Effetti sulle costruzioni: classificazione	Velocità del vento	Danni provocati
F0	 Debole	64-116 Km/h	Danni ai camini; spezza i rami degli alberi; abbatte alberi con radici superficiali; danni ai cartelloni e ai segnali stradali.
F1	 Moderato	117-179 Km/h	Stacca la superficie dei tetti; case mobili spostate dalle fondamenta o rovesciate; automobili in movimento spinte fuori strada; i garages possono essere distrutti.
F2	 Significativo	180-253 Km/h	Danni considerevoli. Tetti strappati dalle case; case mobili demolite; autorimesse abbattute; grossi alberi spezzati o sradicati; oggetti leggeri trasformati in missili.

<p><b>F3</b></p>  <p>Forte</p>	<p>254-332 Km/h</p>	<p>Il tetto e qualche parete strappati via da case ben costruite; treni deragliati; la maggior parte degli alberi nelle aree boschive vengono sradicati; automobili sollevate da terra e trascinate.</p>
<p><b>F4</b></p>  <p>Devastante</p>	<p>333-419 Km/h</p>	<p>Case ben costruite livellate; strutture con fondamenta deboli fatte volare a breve distanza; automobili scaraventate via;</p>
<p><b>F5</b></p>  <p>Incredibile</p>	<p>420-512 Km/h</p>	<p>Case con armatura forte sollevate dalle fondamenta e trascinate a distanze considerevoli per disintegrarsi; oggetti della grandezza di automobili volano nell'aria per distanze superiori ai 100 metri; alberi scortecciati; strutture in cemento armato gravemente danneggiate; altri fenomeni incredibili.</p>

Tab. 2

I sei intervalli sono poi convenzionalmente raggruppati in tre categorie sotto elencate:

<b>F0-F1</b>	tornado debole
<b>F2-F3</b>	tornado forte
<b>F4-F5</b>	tornado violento

### 3.1 Esempi di tromba d'aria: l'evento del 20 luglio 1997 a Bibione

(A cura di G.Formentini - ARPAV Centro Meteorologico di Teolo)

Di quello che è accaduto alle ore 2:25 della notte del 20 luglio 1997 a Bibione Pineta vi è rimasta chiara traccia negli schermi radar del Centro Meteorologico di Teolo, la prima struttura in Italia ad operare con un radar *Doppler* meteorologico. Il temporale di quella sera era l'unico presente nel Veneto e l'aria sovrastante l'acqua del mare, che durante le ore notturne è più calda di quella al di sopra del suolo circostante, ha fornito l'energia necessaria ed alimentato la corrente ascendente. Formatosi quindi sul mare, il tornado ha raggiunto in pochi istanti la costa, devastando la zona del porto, il primo ostacolo incontrato lungo la sua traiettoria. Un'intensa pioggia frammista a chicchi di grandine anche di una certa dimensione, come da copione, ha interessato tutta la zona sul lato nord-orientale del temporale. In seguito il tornado, proseguendo sulla terraferma, ha incontrato correnti ascendenti di aria meno calda e quindi ha diminuito la sua forza attenuandosi, non senza aver prima provocato ingenti danni. I danni inflitti ad edifici ed ambiente, portano a classificare il tornado di Bibione come un evento di classe F1 particolarmente intenso, se non addirittura di classe F2.

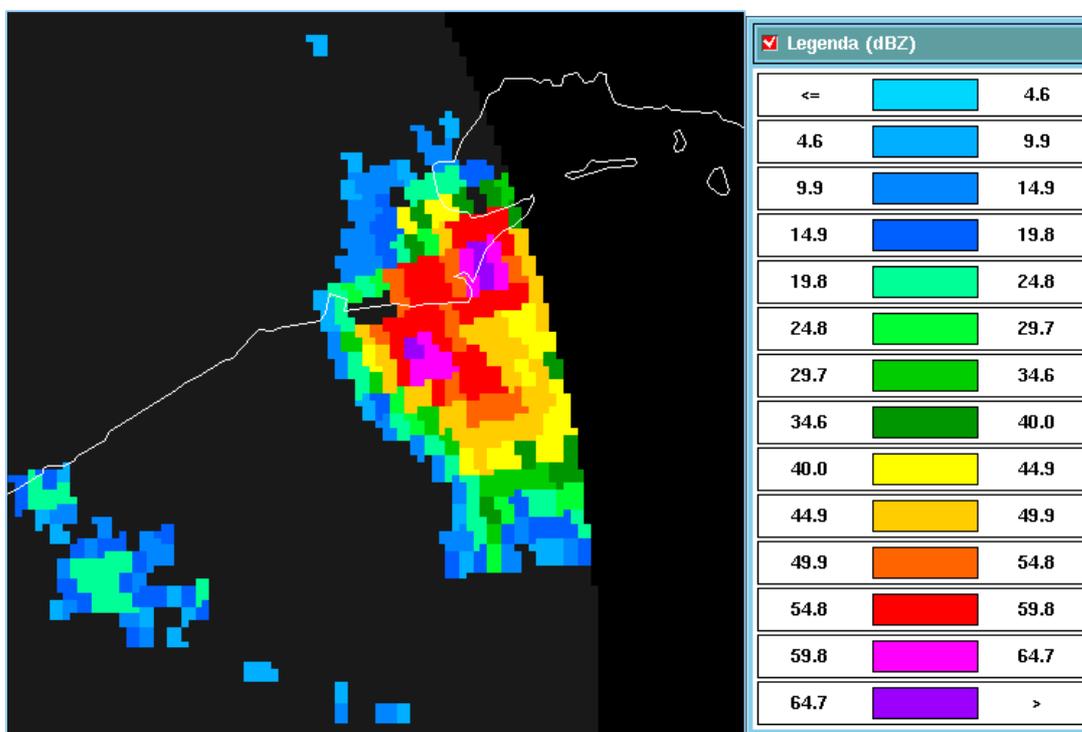


Fig. 4 Immagine radar (Ibmz) e legenda riflettività (palette) delle ore 00.32 UTC del 20 luglio 1997 (Bibione)

## **4 Le fonti dati su grandinate e trombe d'aria**

### **4.1 Il progetto AVI**

Una delle fonti dati prese in considerazione per lo studio sui fenomeni meteorologici intensi, con particolare riferimento alle trombe d'aria ed agli eventi grandinigeni è stata la banca dati relativa al "Progetto AVP". Tale progetto partì nel 1989 quando il Dipartimento della Protezione Civile commissionò al Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, il censimento delle aree del paese colpite da frane e da inondazioni per il periodo 1918-1990.

Il censimento, condotto fra il 1991 ed il 1992, venne realizzato da 17 gruppi di ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale che coinvolsero oltre 300 fra esperti, ricercatori ed operatori tecnici. La fase di censimento ha compreso la consultazione di 22 quotidiani locali, per un totale di oltre 350.000 copie di giornale; sono state reperite ed analizzate circa 1.000 pubblicazioni tecniche e scientifiche; e sono state effettuate interviste a 150 esperti nel settore dei movimenti franosi e delle inondazioni. Successivamente è stato esteso il censimento al periodo 1991-1994 attraverso la lettura sistematica di 55 quotidiani locali, per un totale di oltre 70.000 copie di giornale consultate. Tutte le notizie censite sono andate a costituire un archivio digitale contenente oltre 17.000 informazioni relative a frane ed oltre 7.000 informazioni relative ad inondazioni. E' stato inoltre valutato il grado di completezza e di affidabilità dell'archivio storico, controllando in particolare la consistenza dell'informazione in esso contenuta, e correggendo la maggior parte degli errori.

La banca dati del "Progetto AVP" è stata quindi utilizzata per il censimento dei fenomeni intensi accaduti nel territorio provinciale di Venezia. In particolare è stato utilizzato l'archivio relativo alle informazioni cronachistiche relativo alla provincia di Venezia, da questo, tramite l'analisi di tutti gli articoli dei giornali locali, sono state estrapolate le date degli eventi intensi. Le date così ottenute sono state quindi confrontate con quelle forniteci dai comuni e implementate. In realtà dai dati estratti da questa fonte, sembra emergere che le informazioni relative ai due fenomeni oggetto di indagine, grandinate e trombe d'aria, non siano sufficientemente rappresentative del territorio e dell'intervallo temporale analizzato; tale considerazione può infatti essere facilmente suffragata confrontando i dati, molto più numerosi, provenienti dalla seconda fonte dati, rappresentata dalle avversità atmosferiche in agricoltura di cui al seguente capitolo.

## 4.2 Avversità atmosferiche in agricoltura

Un'ulteriore fonte di dati riguardante fenomeni meteorologici intensi registrati sul territorio regionale, è rappresentata dallo studio<sup>1</sup>, condotto dall'Unità Operativa di Agro-biometeorologia del Centro Meteorologico di Teolo, in collaborazione con Università di Padova – Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali - e Regione Veneto - Direzione Regionale Politiche Agroalimentari e per le Imprese, che ha permesso l'analisi di 26 anni (1978-2003) di dati relativi alla operatività delle leggi del Fondo di Solidarietà Nazionale per i risarcimenti alle aziende agricole colpite da eventi atmosferici avversi. Tale studio ha permesso di rilevare la quantità e la qualità degli eventi avversi di origine atmosferica, risarciti alle imprese agricole in ambito regionale. Per la realizzazione di questa indagine sono state analizzate le delibere di risarcimento danni sulle calamità atmosferiche in Veneto dal 1978 al 2003 segnalate dagli Ispettorati per l'Agricoltura e approvate dalla Giunta regionale ai sensi delle leggi afferenti al Fondo di Solidarietà Nazionale. I dati ricavati da tale analisi sono stati classificati ed elaborati in base a:

- natura dell'evento calamitoso
- ambiti territoriali (provincia e comune)
- data e durata del fenomeno
- categorie colturali: frumento, mais, soia, foraggiere, cereali, frutteti vite, olivo, barbabietola da zucchero.

Sulla base dei dati raccolti dallo studio sono stati selezionati gli eventi classificati come grandinigeni e tromba d'aria registrati nel periodo 1978-2003 nel territorio della Provincia di Venezia. Al fine di una corretta interpretazione di tali risultati c'è da considerare l'originaria fonte informativa che, come detto, contempla solo i danni registrati, a strutture o a produzioni (oltre una certa percentuale di danno) a carico delle imprese agricole e risarciti tramite la normativa vigente. L'analisi condotta è da ritenersi pertanto parzialmente rappresentativa, sia in termini quantitativi che di distribuzione territoriale, dei fenomeni oggetto di studio; tuttavia essa rappresenta un valido riferimento basato su fonti dotate di una buona continuità temporale e raccolte secondo criteri oggettivi e omogenei.

---

<sup>1</sup> AA.VV., 2004, *L'incidenza delle avversità atmosferiche sulle colture della Regione Veneto nel periodo 1978-2003*, ARPAV Centro Meteorologico di Teolo.

### 4.3 Altre fonti

Altre fonti informative analizzate sono rappresentate dalle segnalazioni dei Comuni del territorio provinciale che hanno risposto al questionario predisposto e inviato a tutte le Amministrazioni comunali, a cura del Servizio Protezione Civile della Provincia di Venezia e altre informazioni contenute in alcuni siti internet ([www.fenomenitemporaleschi.it](http://www.fenomenitemporaleschi.it) e [www.tornadoit.org](http://www.tornadoit.org)), oltre ai dati presenti presso il Centro Meteorologico di Teolo.

## 5 Analisi dei dati

L'integrazione delle diverse fonti dati ha permesso di ottenere un'unica banca dati relativa ai fenomeni grandinigeni e di tromba d'aria segnalati in Provincia di Venezia, relativa al periodo 1978-2003 per la grandine e 1970-2004 per le trombe d'aria, con informazioni riguardanti il comune colpito, la data di accadimento e il tipo di evento. Risulta opportuno sottolineare nuovamente che tali informazioni, per le modalità con cui sono state raccolte a seconda delle diverse fonti utilizzate, rappresentano comunque un campione più limitato rispetto alla realtà sia in termini quantitativi che, seppur in modo forse meno evidente, spaziali.

### 5.1 Eventi di grandine

Nel periodo tra il 1978 e il 2003 in Provincia di Venezia il numero totale di eventi grandinigeni (giorni con grandinate in almeno un comune) è risultato pari a 118 per un totale di 293 Comuni coinvolti.

Per ognuna delle tre zone in cui è stato suddiviso il territorio provinciale (zona 1 meridionale, zona 2 centrale e zona 3 nord-orientale) è stato possibile calcolare il numero totale di eventi grandinigeni che hanno colpito almeno un comune in uno stesso giorno (giorni con grandine): il grafico in fig. 5 evidenzia come per la zona 1 (Sup. 39152 ha) si siano registrati 14 eventi, per la zona 2 (Sup. 119078 ha) 55 eventi e per la zona 3 (Sup. 88832 ha) 39 eventi. Considerando per ogni evento il numero di comuni colpiti si è potuto inoltre calcolare (fig. 6) l'incidenza media di ogni evento a livello comunale (numero medio di comuni coinvolti): la zona 1 registra mediamente 1.5 comuni (moda =1, mediana=1), la zona 2 registra un numero medio pari a 2.8 comuni (mediana=2 e moda=1) infine la zona 3 con 3.0 comuni (mediana=2 e moda=1). Considerando però le superfici comunali, che variano anche di molto tra di loro e tra zona e zona, si è voluto anche calcolare per ogni zona un valore di incidenza territoriale, espresso come superficie totale dei comuni mediamente coinvolti per ogni evento: in questo modo (fig. 7) si è ottenuto per la zona 1 un valore medio di 21000 ha/evento circa, per la zona 2 18400 ha/evento circa e per la zona 3 il più alto

valore con 24600 ha/evento circa. La zona 3 sembra dunque registrare i valori più alti di incidenza territoriale, considerando sia il numero di comuni coinvolti che le loro superfici.

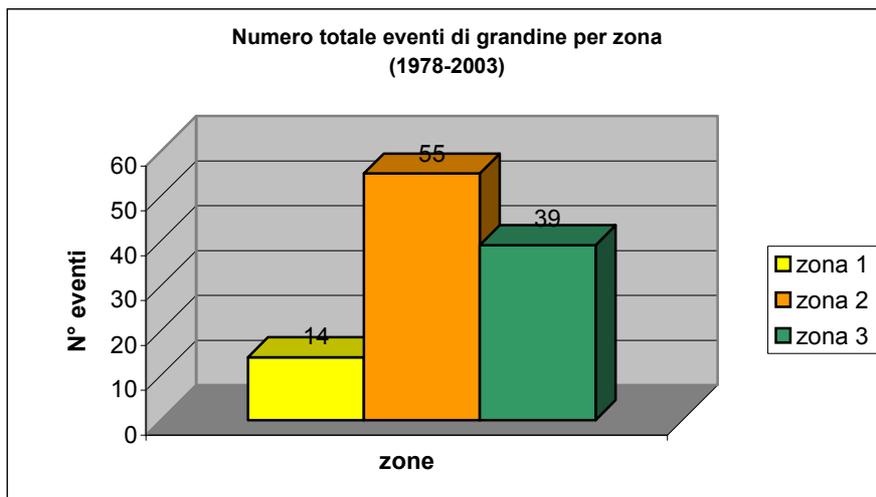


Fig.5

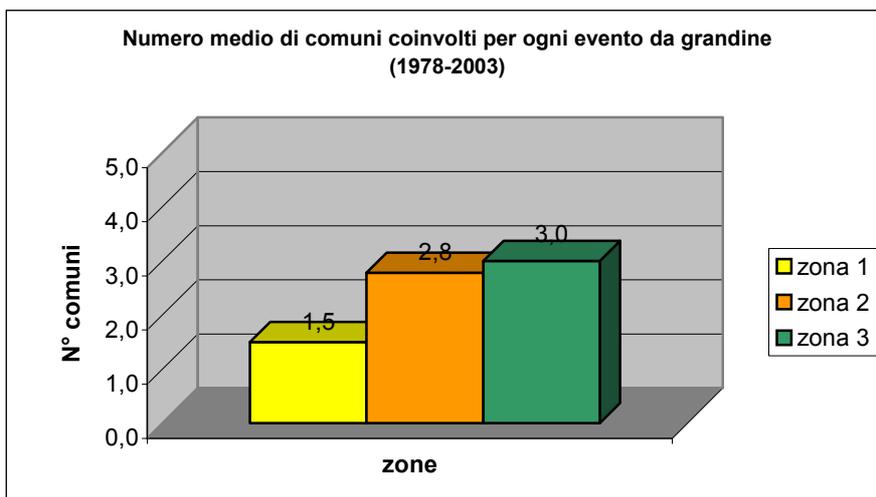


Fig.6

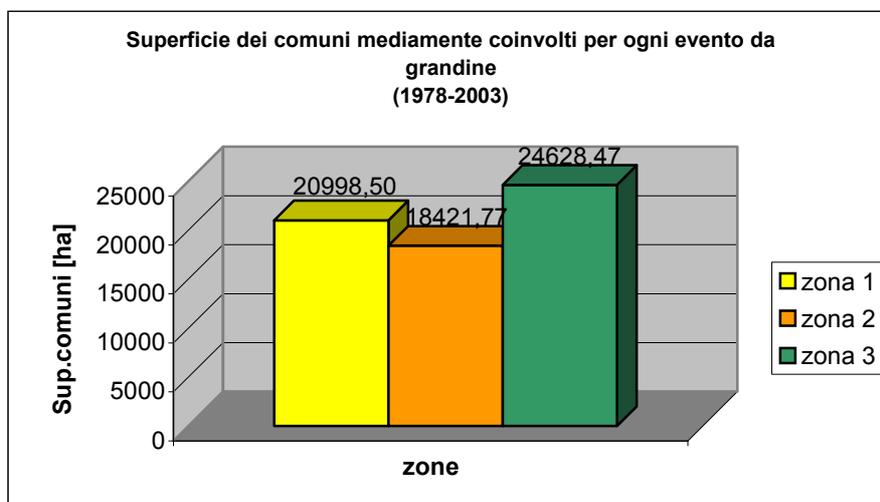


Fig.7

Tra gli eventi individuati, alcuni sono risultati particolarmente estesi in termini di comuni coinvolti; tra tutti si segnalano i seguenti:

- zona 1: 29/06/1986 (3 comuni su 3)
- zona 2: 23/06/1989 (8 comuni su 24), 4-5/08/2002 (8 comuni su 24 in ambedue i giorni)
- zona 3: 29/05/1986 (8 comuni su 16), 11-12/08/1996 (7 comuni su 16 in ambedue i giorni), 4-5/08/2002 (6 e 7 comuni su 16 rispettivamente).

Andando ad analizzare per ogni comune gli eventi registrati si è potuto stilare in base alle date di accadimento, un calendario di accadimento, a livello annuo e suddiviso per decadi tra la seconda decade di aprile e la terza di ottobre ovvero nel periodo in cui si sono riscontrati eventi di tipo grandinigeno. Le tabelle che seguono (tab. 3, tab. 4, tab. 5) evidenziano per ogni zona e per ogni comune il numero di volte in cui si è registrato un evento grandinigeno nelle varie decadi dell'anno. Per la natura stessa del fenomeno grandinigeno, come già descritto nel capitolo 2, la grandine si può presentare tipicamente durante la stagione estiva; infatti i calendari di accadimento di tale fenomeno dimostrano come le decadi con maggior numero di eventi risultino, principalmente, quelle comprese tra i mesi di luglio e di agosto. Si nota in particolare che per la zona 1 le decadi con maggior frequenza risultano le prime due di luglio e, per Chioggia, la prima di ottobre; per la zona 2 il periodo compreso tra la prima decade di giugno e la seconda di agosto mentre per la zona 3 il periodo tra la prima decade di luglio e la terza di agosto. In assoluto i comuni che registrano il maggior numero totale di casi segnalati nei 26 anni dal 1978 al 2003 risultano S.Michele al Tagliamento (26 casi), Caorle (15 casi), Iesolo (14 casi), Portogruaro (13 casi) e Mira (13 casi).

n°eventi
0
1
2-3
4-7

Comuni Zona 1	Aprile			Maggio			Giugno			Luglio			Agosto			Settembre			Ottobre			tot. Eventi
	II°	III°	I°	II°	III°	I°	II°	III°														
Cavarzere																						8
Chioggia																						8
Cona																						5

Tab. 3

Comuni Zona 2	Aprile			Maggio			Giugno			Luglio			Agosto			Settembre			Ottobre			tot. Eventi
	II°	III°	I°	I°	II°	III°	I°	II°	III°	I°	II°	III°										
Jesolo			■				■	■	■		■			■	■	■		■				14
Mira				■	■	■	■	■	■	■	■	■										12
VENEZIA			■							■	■	■						■	■			11
Campolongo M.						■	■	■	■	■	■	■		■					■	■		11
Mirano									■	■	■	■	■	■	■							10
Scorze`				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								10
Spinea				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									10
S. Maria di S.									■	■	■	■	■	■	■							9
Campagna Lupia														■						■		8
Camponogara						■	■	■	■	■	■	■	■									7
Dolo						■	■	■	■	■	■	■	■			■						7
Fosso`						■	■	■	■	■	■	■	■									7
Stra`						■	■	■	■	■	■	■	■									6
Musile di P.									■	■	■	■	■	■	■							6
Pianiga									■	■	■	■	■	■	■	■						5
Meolo														■								4
Salzano				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									4
Vigonovo									■	■	■	■	■	■	■							4
Quarto d'Altino									■	■	■	■	■	■	■							3
Martellago														■				■				3
Noale									■	■	■	■	■									2
Fiesso d'Art.													■									1
Marcon									■	■	■	■	■									1

Tab. 4

Comuni Zona 3	Aprile			Maggio			Giugno			Luglio			Agosto			Settembre			Ottobre			tot. Eventi
	II°	III°	I°	I°	II°	III°	I°	II°	III°	I°	II°	III°										
S. Michele al T.				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				26
Caorle				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				15
Portogruaro				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				13
S. Dona di P.			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				11
Eraclea			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				7
Fossalta di Port.									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				7
Gruaro				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				8
Concordia Sagittaria																						5
S. Stino di L.																						5
Cinto Caom.				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				4
Torre di Mosto				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				4
Noventa di P.																						3
Ceggia																						2
Fossalta di Piave																						2
Pramaggiore				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				2
Teglio V.																						2
Annone V.																						1

Tab. 5

## 5.2 Eventi di tromba d'aria

Per quanto riguarda tale tipologia di evento è doveroso evidenziare il fatto che la tromba d'aria, oltre ad essere difficilmente monitorabile, è anche un fenomeno poco conosciuto, spesse volte poco riconoscibile e spesso confuso con le forti raffiche di vento associate ai temporali. I dati di seguito esposti possono quindi avere un grado di attendibilità ulteriormente inferiore rispetto alle informazioni riguardanti la grandine, per il fatto di contenere con molta probabilità anche errori di valutazione del fenomeno stesso.

Nel periodo tra il 1970 e il 2004 in Provincia di Venezia il numero totale di eventi di tromba d'aria segnalati (giorni con tromba d'aria in almeno un comune) è risultato pari a 47 per un totale di 116 Comuni coinvolti.

Per ognuna delle tre zone in cui è stato suddiviso il territorio provinciale (zona 1 meridionale, zona 2 centrale e zona 3 nord-orientale) è stato possibile calcolare il numero totale di eventi di tromba d'aria che hanno colpito almeno un comune in uno stesso giorno (giorni con tromba d'aria): il grafico in fig. 8 evidenzia come per la zona 1 si siano registrati 7 eventi (per un totale di 10 comuni coinvolti), per la zona 2, 16 eventi (per un totale di 54 comuni) e per la zona 3, 24 eventi (per un totale di 51 comuni).

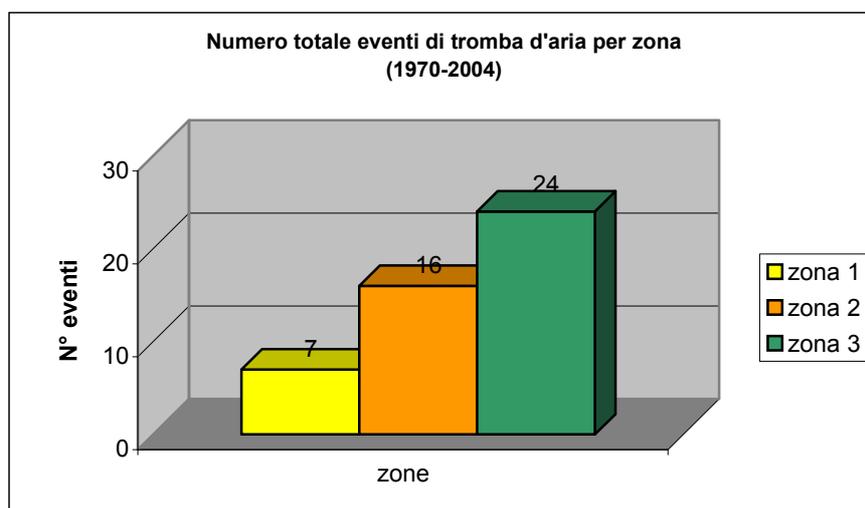


Fig. 8

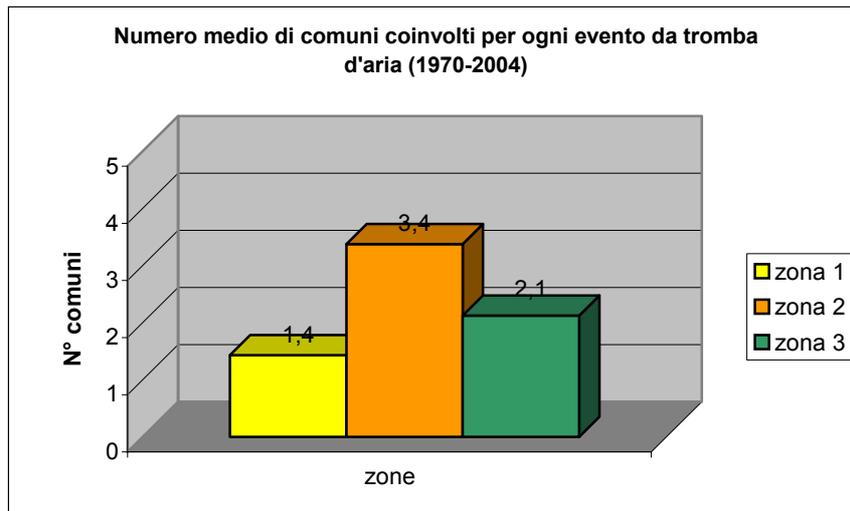


Fig.9

Considerando per ogni evento il numero di comuni colpiti si è potuto inoltre calcolare (fig. 9) l'incidenza media di ogni evento a livello comunale (numero medio di comuni coinvolti): la zona 1 registra mediamente 1.4 comuni (moda =1, mediana=1), la zona 2 registra un numero medio pari a 3.4 comuni (mediana=1 e moda=1), infine la zona 3 registra mediamente 2.1 comuni (mediana=1 e moda=1).

I comuni che presentano il maggior numero di eventi risultano:

- per la zona 3: Gruaro (6 eventi), Caorle, S.Michele al Tagliamento e S.Donà di Piave (5 eventi);
- per la zona 2: Venezia (9 eventi);
- per la zona 1: Cavarzere e Cona (4 eventi)

Tra gli eventi certi di tromba d'aria (segnalati in bibliografia e/o monitorati) si segnalano tra più importanti, i seguenti:

- 11/08/1970 (Comune di Venezia)
- 23/06/1995 (Cavallino)
- 20/07/1997 (Comune di S.Michele al Tagliamento, loc.Bibione)

## 6 Conclusioni

L'indagine condotta ha permesso innanzitutto l'inquadramento sotto il profilo meteorologico degli eventi intensi quali grandinate e trombe d'aria nel contesto della provincia di Venezia. Tali fenomeni risultano tra le manifestazioni atmosferiche più intense e a più elevato potere distruttivo, di rapida evoluzione, di breve durata e solitamente molto localizzate. Tali caratteristiche e la complessità dei meccanismi che portano alla formazione delle grandinate e delle trombe d'aria rendono ancor oggi molto difficoltosa la loro previsione. Un secondo aspetto dello studio ha riguardato l'analisi dei dati raccolti, validi per il territorio provinciale. L'indagine, condotta per le tre zone climatiche già individuate nello studio sugli eventi pluviometrici intensi, ha permesso la realizzazione di un archivio di dati riguardanti la data dell'evento, la località e in alcuni casi il grado di danno. L'analisi statistica dei dati raccolti ha portato ad una caratterizzazione degli eventi grandinigeni e di tromba d'aria in termini di: numero di eventi complessivi per ciascun comune, incidenza territoriale e loro distribuzione nell'arco dell'anno. I principali risultati dell'analisi evidenziano innanzitutto come i due fenomeni oggetto di studio siano tipici della stagione estiva, concentrati prevalentemente nel periodo tra giugno e agosto, con un numero di eventi maggiore nel mese di luglio. Nel territorio provinciale, in relazione sia alle trombe d'aria che alle grandinate, emergono come più colpite alcune aree della zona 3 e della zona 2. Ciò rispecchia la caratterizzazione climatica dell'area effettuata nel precedente studio che assegna al settore nord orientale e centrale della provincia i valori più elevati delle precipitazioni di breve durata ( da 5 minuti a 1 ora); tali precipitazioni, tipiche della stagione estiva, sono associate alla forte attività convettiva che porta alla formazione di cumulonembi, origine dei fenomeni di grandine e, anche se più raramente, di tromba d'aria. Nella zona nord orientale in particolare tali fenomeni possono risultare più frequenti a causa della maggior influenza su tale area delle correnti fresche settentrionali che durante la stagione calda contrastano con le masse d'aria più calde ed umide della pianura e del mare, favorendo così lo sviluppo di sistemi convettivi.

## 7 Bibliografia

- G.Caroselli, 1995, Il tempo per tutti, Ed. Mursia Milano, pp.303.
- G. Morgan, 1990, La Grandine, E.R.S.A. - Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, pp.147
- M.Giuliaci, 2003, La previsione meteorologica, Ed. Mursia Milano, pp.184.
- A.Chiaudani, et al., 2005, Le avversità atmosferiche in agricoltura nella Regione Veneto nel periodo 1978-2003, [www.arpa.veneto.it/cmt/agrometeo/avverista.htm](http://www.arpa.veneto.it/cmt/agrometeo/avverista.htm).
- Sito internet [www.tornadoit.org](http://www.tornadoit.org), a cura di Mauro Giovannoni.
- Sito internet [www.Fenomenitemporaleschi.it](http://www.Fenomenitemporaleschi.it), a cura di Pierluigi Randi.