

<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</p> <p style="text-align: center;">  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria  </p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</p> <p style="text-align: center;">a cura di Veronica Bonati</p>
<p style="text-align: center;">Revisione: 01 del 30.08.2005</p>	<p style="text-align: center;">Codice: SCH_03</p>

TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE (parte II)



L'APPROFONDIMENTO (a cura di L. F. Onorato & V. Bonati)

“EFFETTI LOCALI: TROMBE MARINE SUL GOLFO DI GENOVA”

Nello specchio di mare che va dal promontorio di Portofino (vedi a proposito foto d'apertura su Camogli e la parte NW del promontorio tratta da <http://www.mareblucamogli.com>) a quello di Arenzano si può rilevare, con una certa ricorrenza durante la stagione primaverile, la formazione di trombe marine generalmente di modesta entità, il cui ciclo di vita tipicamente si compie in questo tratto di costa

Tali trombe marine o vortici (*funnel cloud*) sono stati più volte osservati generarsi nell'ordine di una o due unità, distanziati di circa 1-1,5 km uno dall'altro e localizzati a circa 1 km dalla costa; nel loro stadio iniziale essi si sviluppano molto spesso al largo del promontorio di Portofino per poi muoversi parallelamente alla costa in direzione della città di Genova (verso W-NW), andando infine ad esaurirsi al largo di Genova Sestri (FIGURA 4).

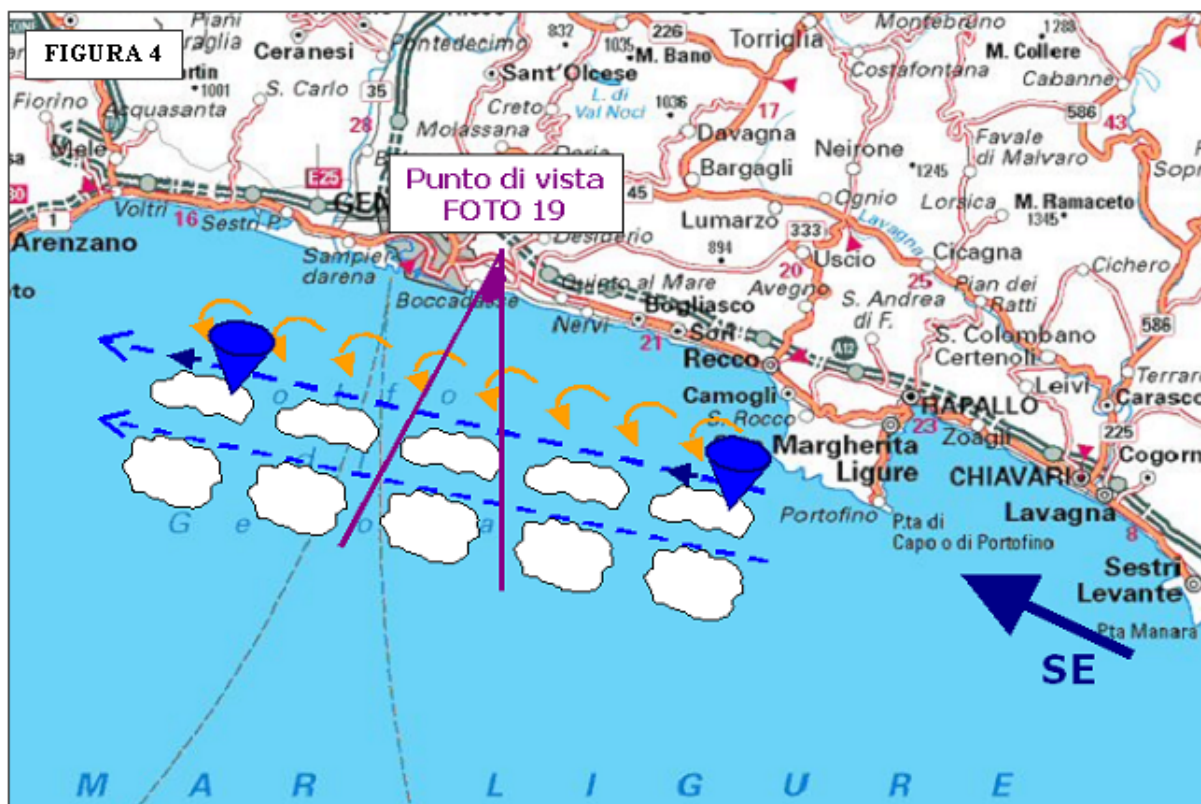
Le condizioni meteorologiche favorevoli allo sviluppo di tali strutture sono legate oltre che alla circolazione a mesoscala anche ad un effetto 'locale' in qualche modo direttamente influenzato dalle interazioni tra il flusso nei bassi strati e l'orografia complessa del luogo.


Il suddetto fenomeno è stato più volte osservato in condizioni prefrontali (tra le 12 e le 36 ore prima dell'arrivo di un fronte freddo) in concomitanza con una curvatura fortemente ciclonica delle isobare legata ad una ciclogenesi in atto nel Settore Liguria.

<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</p> <p style="text-align: center;">  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria  </p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</p> <p style="text-align: center;">a cura di Veronica Bonati</p>
<p style="text-align: center;">Revisione: 01 del 30.08.2005</p>	<p style="text-align: center;">Codice: SCH_03</p>

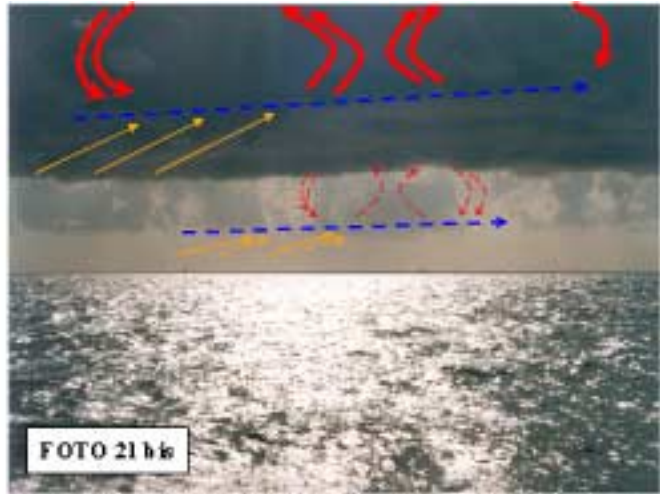
Facendo riferimento alla Figura 4 gli ingredienti principali per l'innescio di tali fenomeni in prossimità del promontorio di Portofino sembrano essere i seguenti:

- vento medio a 10 metri proveniente da ESE (ortogonale rispetto al promontorio di Portofino) attorno ai 15-20 nodi, turbolento e rafficato (con punte anche di 10-20 nodi superiori al valore medio);
- *shear* verticale del vento sia in intensità che in direzione (20°-40° di differenza tra direzione del vento nei bassi strati e quello geostrofico);
- effetti locali sopravvento (aumento di pressione, turbolenza) e sottovento (depressione, turbolenza);
- cielo irregolarmente nuvoloso con aggregazioni di nubi cumuliformi (Cumulus) a sviluppo verticale disposte in sequenza, parallelamente alla costa;
- basi dei Cumulus ben definite (attorno ai 500-700 metri) con probabile formazione di *funnel clouds* (FOTO 21 e 21 bis);
- avvezione di aria calda di Scirocco su una superficie marina relativamente più fredda.

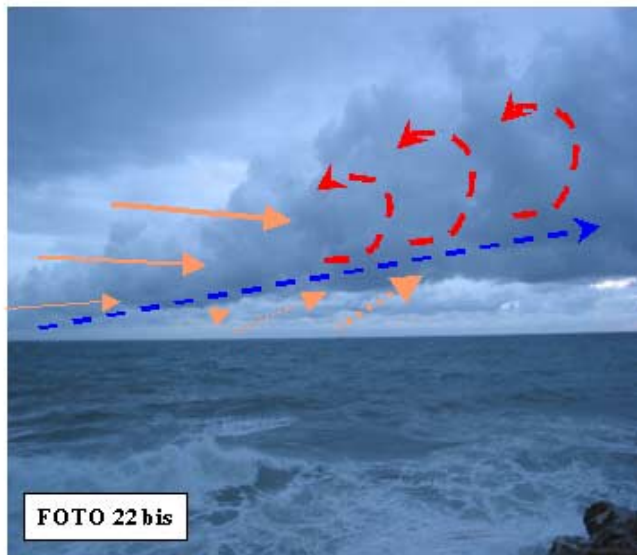


<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</p> <p style="text-align: center;">  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria  </p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE a cura di Veronica Bonati</p>
Revisione: 01 del 30.08.2005	Codice: SCH_03

Le nubi da cui nascono i vortici vengono anche chiamate “*rues de nuages*” (strade di nuvole) e sono formate da una successione di Cumulus. In particolare nella FOTO 21 (di L. F. Onorato) è mostrata una caratteristica banda nuvolosa ben estesa dal largo di Genova Nervi e nella successiva FOTO 21 bis vengono schematizzati i relativi moti orizzontali e verticali.



Nella foto 22 (di L. F. Onorato) è mostrato un fenomeno affine a quello sopra descritto, anche se inserito in condizioni tipicamente autunnali, dove si rileva una netta prevalenza dei moti orizzontali su quelli verticali (che comunque vengono ugualmente schematizzati ed esagerati in FOTO 22 bis), durante un'intensa avvezione da Sud-Ovest, associata a rovesci significativi e persistenti.



<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</p>  <p style="text-align: center;">Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria</p>  <p style="text-align: center;"><i>meteoliguria.it</i></p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</p> <p style="text-align: center;">a cura di Veronica Bonati</p>
<p style="text-align: center;">Revisione: 01 del 30.08.2005</p>	<p style="text-align: center;">Codice: SCH_03</p>

CONCLUSIONI

La configurazione locale descritta sembrerebbe indurre nella zona sottovento al promontorio di Portofino:



- un aumento della turbolenza, e quindi una diminuzione della velocità media del vento a favore della velocità di raffica;
- un ulteriore locale aumento del *wind shear* verticale che determina condizioni favorevoli per l'innescò dei vortici locali, poi trascinati verso Ovest, Nord-Ovest in direzione di Genova (seguendo la direzione del vento geostrofico).
- fenomeni di convergenza (indicati anche dalle frecce arancioni) dovuti sia all'orografia del promontorio sia alla presenza di bande nuvolose (*rue de nuages*).
-

In particolare, la presenza di nubi cumuliformi in bande parallele, orientate secondo la direzione del vento geostrofico e cui la rispettiva distanza è 2-3 volte l'altezza della cella convettiva, può comportare una deviazione locale dell'intensità e direzione del vento a causa di possibili effetti di convergenza verso l'interno banda stessa. Il successivo rinforzo dei moti rotatori verticali potrebbe aumentare ulteriormente le condizioni di *shear* verticale innescate dall'orografia.

Nelle foto 23, 24 e 25 (di L. F. Onorato) riprese a Bogliasco, Genova, si può osservare la naturale evoluzione della situazione iniziale ripresa nelle FOTO 21 e 21 bis. Le frecce rosse indicano infatti la cosiddetta fase embrionale delle trombe d'aria. In particolare, in foto 25, si osserva chiaramente la presenza contemporanea di due vortici distanziati circa 1 km, come sopra descritto.

<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL <i>Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</i></p> <p> Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria </p> <p><i>meteoliguria.it</i></p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: <i>TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</i> a cura di Veronica Bonati</p>
<p style="text-align: center;">Revisione: 01 del 30.08.2005</p>	<p style="text-align: center;">Codice: SCH_03</p>



<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL <i>Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</i></p> <p style="text-align: center;">  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria  </p> <p style="text-align: center;"><i>meteoliguria.it</i></p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: <i>TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</i> a cura di Veronica Bonati</p>
<p style="text-align: center;">Revisione: 01 del 30.08.2005</p>	<p style="text-align: center;">Codice: SCH_03</p>

A conclusione si riporta, in FOTO 26, una tromba d'aria nella sua fase più matura, osservata proprio di fronte al porto in movimento verso il Ponente Genovese (come schematizzato in FIGURA 4). Il fenomeno anche in questo caso si era probabilmente originato tra il promontorio di Portofino e la città di Genova.



<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</p>  <p style="text-align: center;">Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria</p>  <p style="text-align: center;">meteoliguria.it</p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</p> <p style="text-align: center;">a cura di Veronica Bonati</p>
<p style="text-align: center;">Revisione: 01 del 30.08.2005</p>	<p style="text-align: center;">Codice: SCH_03</p>

CARATTERISTICHE PECULIARI DEI TORNADO

Spesso si generalizza definendo tornado ogni tromba d'aria che arriva al suolo, in realtà il tornado ha sue caratteristiche ben definite. Quest'ultimo innanzitutto ha origine dai temporali a supercella (ossia dai temporali più intensi e pericolosi, con una vasta estensione geografica) o comunque da temporali con determinate condizioni meteo quali: intensa convezione, rotazione del sistema, notevole gradiente igrometrico dell'aria, presenza di un forte *jet stream* (corrente a getto a una quota di 9.000÷12.000 metri che guida e forma i sistemi atmosferici sottostanti, nel suo fascio centrale raggiunge e supera i 350 km/h) e un intenso *wind shear*. In Italia i tornado sono molto rari o del tutto assenti, pertanto per i fenomeni che si verificano è più corretto parlare di trombe d'aria o d'acqua.

La fase embrionale è la cosiddetta nube ad imbuto (in inglese *funnel cloud*), quindi si forma il fronte di raffica del tornado (in inglese *gust front*) dovuto alla rotazione alla base della supercella e alla bassa pressione al suolo. Il fenomeno vorticoso si verifica quando si verificano differenze di intensità e direzione fra le correnti in quota e i venti al suolo. La depressione della zona principale delle ascendenze provoca il risucchio dell'aria circostante e i venti iniziano a turbinare sempre più velocemente. In mezzo al temporale si crea una colonna d'aria ascendente e ruotante - a causa della presenza contemporanea di correnti fredde e calde nella cellula temporalesca - che si dirige verso il suolo. Il tornado ha un'estensione che può raggiungere qualche chilometro e la nube temporalesca da cui ha origine può arrivare fino a 12.000 metri d'altezza. Molto pericolosi sono i downburst, ossia colonne d'aria fredda in rapida discesa dal cumulonembo che, quando incontrano il suolo, si espandono orizzontalmente divergendo in tutte le direzioni, in tale anello ci sono campi di vento a velocità elevate e direzioni opposte; i forti venti da loro generati provocano danni a cose e persone.

Le forme classiche sono a imbuto o cono rovesciato, altrimenti può essere assunta una forma a spirale sottile e sinuosa. A volte non si ha una forma precisa se non quella di una nube scura che ruota.

Le caratteristiche peculiari del tornado sono le seguenti:

- un gradiente di pressione fra centro e periferia che raggiunge il valore presunto (non è stato ancora possibile poterlo misurare con precisione) di 200 hPa;
- valori di velocità di traslazione sul terreno fra 30 e 80 km/h, anche se a volte possono essere superati i 100 km/h;
- un diametro generalmente compreso fra 50 e 200 metri (anche se sono stati osservati tornado "mostro" con diametro superiore a 1,5 km).

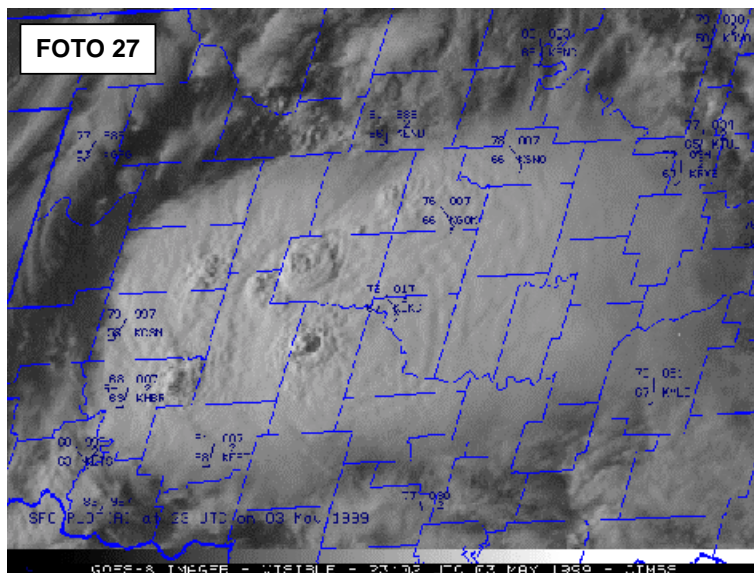
Nei tornado più violenti si ritiene che i venti in rotazione attorno al centro depressionario raggiungano i 500 km/h, anche se alcuni studiosi ipotizzano velocità ancora maggiori con valori che toccano gli 800 km/h: in quest'ultimo caso possono crearsi vortici secondari ruotanti attorno al principale. Uno stesso temporale può generare più tornado: si parla allora di famiglia di tornado. Generalmente, nel nostro emisfero, i tornado ruotano in senso antiorario, anche se raramente sono stati riscontrati casi in cui ruotano in senso orario. Da segnalare infine la repentina caduta di pressione decisamente elevata che li accompagna, dell'ordine di 100 hPa; per questo le strutture chiuse improvvisamente misurano valori di pressione interna molto superiore a quella esterna con conseguenze decisamente pericolose.

<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL <i>Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</i></p> <p style="text-align: center;">  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria  </p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</p> <p style="text-align: center;">a cura di Veronica Bonati</p>
<p style="text-align: center;">Revisione: 01 del 30.08.2005</p>	<p style="text-align: center;">Codice: SCH_03</p>

Le colonne dei tornado e delle trombe d'aria sono visibili grazie alla presenza di polvere e alla condensazione delle goccioline d'acqua favorita dalla pressione molto bassa del centro.

NEL MONDO

Le condizioni ideali per il verificarsi dei tornado si hanno alle medie latitudini, pertanto gli Stati Uniti sono il paese più interessato da tali fenomeni, seguiti dall'Australia. Nelle grandi pianure americane hanno luogo i cosiddetti "tornado outbreak" o sciame di tornado; con tale espressione si intende il peculiare fenomeno dell'insorgere di molti tornado in un'area estremamente ristretta. Dai mesocicloni – correnti ascensionali provviste di moto rotatorio interne al cumulonembo, cicloni in scala ridotta - delle supercelle, che riescono a organizzarsi in clusters



in particolare nella parte centro-orientale degli USA, scendono a più riprese i tornado, che sono in genere molto violenti e duraturi; in tale area sono stati registrati fino a 148 tornado in 18 ore. In ordine cronologico, l'ultimo sciame di tornado di notevole intensità ha interessato gli stati dell'Oklahoma e del Kansas il 3 maggio 1999: da un cluster formato da 8 supercelle sono discesi al suolo 74 tornado, che hanno devastato la periferia di Oklahoma City. Nell'immagine satellitare del suddetto cluster di supercelle (FOTO 27, da www.tornado.it) si può osservare lo spiccare delle cupole spumeggianti prodotte dalla spinta verticale dei mesocicloni, mentre le incudini sono fuse in un'unica formazione temporalesca. L'orografia del territorio americano (nello specifico l'ampia estensione delle pianure) ricopre un ruolo fondamentale per il verificarsi di tali eventi, unitamente alle condizioni atmosferiche. Infatti in Italia un fenomeno del genere non potrebbe avere luogo e, anche nel caso dell'occorrere di uno sciame di trombe d'aria, queste saranno di tipo non mesociclonico e pertanto decisamente più deboli.

ARPAL-CMIRL <i>Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</i>  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria 	SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE a cura di Veronica Bonati
Revisione: 01 del 30.08.2005	Codice: SCH_03

CLASSIFICAZIONI TROMBE D'ARIA E TORNADO

Per un fenomeno della portata delle trombe d'aria e dei tornado è fondamentale definire quali ne siano gli effetti; infatti essi sono da considerarsi pericolosi in caso interessino aree densamente popolate o con impianti produttivi di vario tipo. Per valutare il rischio a cui tali aree sono esposte, è necessario definire le caratteristiche della tromba d'aria standard ossia: il diametro, il percorso effettuato e la frequenza. Essendo tale fenomeno di breve durata e localizzazione ristretta e imprevedibile, risulta impossibile una classificazione fisica relativa alla variazione della pressione, alla velocità del vento, ecc.; si ricorre pertanto a una classificazione qualitativa basata sui danni prodotti, quale quella riportata in TABELLA 1.

Classe	Classificazione del fenomeno	EFFETTI
I	Lieve	Oggetti di poco peso vengono scaraventati in aria; rottura di vetri.
II	Moderata	Scoperchiamento parziale dei tetti, crollo dei cornicioni e di qualche muro pericolante; abbattimento dei cartelloni pubblicitari, danni alle colture.
III	Forte	Scoperchiamento totale dei tetti; crollo di qualche casa di vecchia costruzione, di baracche e capannoni, piegamento e abbattimento di alberi.
IV	Rovinoso	Lesione alle strutture degli edifici, diversi crolli di case di vecchia costruzione, edifici pericolanti, baracche e capannoni, pali abbattuti ed alberi sradicati; qualche oggetto pesante scaraventato in aria a qualche metro di distanza.
V	Disastrosa	Crolli di case in muratura di costruzione anche recente e di capannoni industriali, piloni in cemento armato abbattuti, imposte e saracinesche scardinate, parecchi oggetti pesanti (macchine, roulotte, lamiere, tubi, ecc.) e persone scaraventate in aria a parecchi metri di distanza.
VI	Catastrofica	Tornado di tipo americano.

TABELLA 1: Dati ricavati dalla Rivista di Meteorologia Aeronautica V. XXXIX n3/4 1979- autori Palmieri e Pulcini (da www.nauticoartiglio.lu.it)

Negli Stati Uniti per misurare la forza distruttiva di un tornado si usa la scala Fujita-Pearson (TABELLA 2), mentre in Europa è stata adottata la nuova scala Torroscala (TABELLA 3), che va da T0 a T10. Entrambe le classificazioni si basano sulla forza dei fenomeni considerati, sugli effetti del passaggio sul territorio e, nello specifico, sui danni provocati.

Attualmente la scala più usata è appunto la Fujita-Pearson, che fu introdotta dal professor T. Theodore Fujita dell' Università di Chicago nel 1971 e che consta di 12 categorie, come accade

ARPAL-CMIRL Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria 	SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE a cura di Veronica Bonati
Revisione: 01 del 30.08.2005	Codice: SCH_03

per la scala Beaufort. Di queste 12 categorie vengono generalmente usate le prime sei (F0-F5), poiché si suppone che nessun tornado avrà una velocità del vento superiore ai 512 km/h; nella tabella è stato riportato anche il grado F06 per dare un'idea delle conseguenze provocate dagli eventuali venti corrispondenti.

La velocità del vento corrispondente a un determinato grado può essere calcolata secondo la seguente formula:

$$V_t = 6,30 \cdot (F + 2)^{1,5}$$

dove V_t è la velocità del vento (m/s) e F è il grado di intensità della tromba nella scala.

Va specificato che i danni causati dalla tromba d'aria sono provocati dalla forza dell'aria risucchiata verso la depressione al centro del vortice, e che le correnti ascendenti all'interno, a seconda della loro intensità, proiettano verso l'alto gli oggetti e i detriti risucchiati.

Grado F	Classificazione del tornado	Velocità del vento (km/h)	DANNI PROVOCATI
F0	debole	64-116	Danni ai camini; spezza alcuni rami degli alberi; abbatte alberi con radici superficiali; danni ai cartelloni e ai segnali stradali.
F1	moderato	117-179	Stacca la superficie dei tetti; caravan e case mobili spostate dalle fondamenta o rovesciate; automobili in movimento spinte fuori strada; i garages possono essere distrutti.
F2	significativo	180-253	Danni considerevoli. Tetti scoperchiati; caravan e case mobili distrutte; garages esterni abbattute; grossi alberi spezzati o sradicati; oggetti leggeri lanciati in aria a forte velocità (i cosiddetti missili).
F3	forte	254-332	Tetto e qualche muro strappati via da case ben costruite; treni deragliati o ribaltati; la maggior parte degli alberi nelle aree boschive vengono sradicati; automobili sollevate da terra e trascinate.
F4	devastante	333-419	Case ben costruite pesantemente danneggiate; strutture con fondamenta non profonde vengono spostate a breve distanza; automobili ed altri oggetti molto pesanti vengono scaraventate via (i cosiddetti grandi missili).
F5	incredibile	420-512	Case con armatura forte sollevate dalle fondamenta e trascinate a distanze considerevoli per disintegrarsi; missili della grandezza di automobili volano nell'aria per distanze superiori ai 100 metri; alberi scortecciati; strutture in cemento armato gravemente danneggiate; altri fenomeni incredibili.
F6	incommensurabile	512-608	Venti assolutamente inimmaginabili. Danni provocati non riconducibili direttamente al vento, poiché i missili o i grandi missili (automobili, camion o altro) produrrebbero danni secondari della stessa portata di quelli diretti. La definizione di un tornado di tale intensità riuscirebbe forse a essere fatta solamente tramite studi ingegneristici degli effetti sul terreno.

TABELLA 2: classificazione secondo scala Fujita-Pearson, in base ai danni provocati e alla velocità del vento.

ARPAL-CMIRL <i>Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</i>  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria 	SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE a cura di Veronica Bonati
Revisione: 01 del 30.08.2005	Codice: SCH_03

Una tromba d'aria di grado 0 (con vento fra 64-116 km/h) è scarsamente pericolosa, mentre quelle di grado 1 o 2, piuttosto comuni in Italia, possono produrre danni a cose e persone. Dalla descrizione dei danni provocati da un fenomeno di grado F5, si può vedere come questo sia in grado di sconvolgere il territorio.

Intensità Torro	Descrizione del fenomeno	Velocità del vento (km/h)	Descrizione indicativa del danno
T0	Debole	61-86	Tende da campeggio fortemente smosse. Tegole spostate. Piccoli rami strappati. Tracce visibili sui raccolti.
T1	Medio	86-115	Sdraie, piccole piante, rifiuti pesanti volano. Tegole e piccoli comignoli vengono mossi. Recinti di legno piegati. Danni leggeri ad alberi e siepi.
T2	Moderato	115-148	Roulotte leggere sollevate, piccoli capanni distrutti. Danni consistenti a tegole e grossi comignoli. Piccoli alberi sradicati.
T3	Forte	148-184	Roulotte ribaltate, garage esterni distrutti. Tetti di legno fortemente danneggiati. Alcuni grossi alberi spezzati o sradicati.
T4	Severo	184-220	Roulotte distrutte, piccoli capanni volano per lunghe distanze. Tetti completamente rimossi da alcune case. Numerosi alberi spezzati o sradicati.
T5	Intenso	220-259	Automobili sollevate. Danni seri agli edifici senza compromettere i muri. Crollo di edifici vecchi e poco resistenti.
T6	Moderatamente devastante	259-299	Pesanti veicoli a motore sollevati. Edifici resistenti perdono il tetto e qualche muro. Crollo di numerosi edifici poco resistenti.
T7	Fortemente devastante	299-342	Muri in pietra e case in mattoni abbattuti. Magazzini con struttura in acciaio possono piegarsi. Locomotive deragliano.
T8	Severamente devastante	342-385	Case in legno disperse su grandi distanze. Molte case in muratura seriamente danneggiate. Automobili scaraventate a grande distanza.
T9	Intensamente devastante	385-432	Molti edifici in acciaio fortemente danneggiati. Locomotive e treni scaraventate a grande distanza. Distruzione completa degli alberi.
T10	Super tornado	432-482	Case interamente sollevate e trasportate a grande distanza. Edifici in cemento armato possono essere severamente danneggiati.

TABELLA 3: classificazione secondo scala TORRO, in base ai danni provocati e alla velocità del vento (da www.comune.modena.it)

ARPAL-CMIRL <i>Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</i>  Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria 	SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE a cura di Veronica Bonati
Revisione: 01 del 30.08.2005	Codice: SCH_03

Infine, a titolo di curiosità, si riporta una tabella relativa ai fenomeni simili alle trombe d'aria - anche se di dimensioni e forza devastante molto diverse - indicando le denominazioni diverse che questi assumono a seconda del luogo di accadimento e della loro intensità.

NOME	PAESE O REGIONE	TIPO
Chamsin	Egitto	vento caldo del deserto, proveniente da SW, solleva tempeste e vortici di sabbia
Cordonazo	America centrale	ciclone tropicale
Uragano	Indie occidentali	ciclone tropicale
Uragano di Maurizio	Oceano Indiano	ciclone tropicale
Uragano dei mari del sud	Pacifico meridionale	ciclone tropicale
Tifone	Pacifico settentrionale	ciclone tropicale
Tornado	Nord-America	grande tromba d'aria
Tromba (d'aria o acqua)	nella stagione calda si verifica quasi dappertutto	vortice di vento locale
Willy - Willies	Australia	vortice di vento tropicale
Ciclone	Oceano Indiano	vortice di vento tropicale

TABELLA 4: denominazione dei fenomeni vorticosi in funzione della località e dell'intensità (da www.astrogeo.va.it)

<p style="text-align: center;">ARPAL-CMIRL Agenzia Regionale per l'Ambiente Ligure</p>  <p style="text-align: center;">Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria</p>  <p style="text-align: center;">meteoliguria.it</p>	<p style="text-align: center;">SCHEDA METEO: TROMBE D'ARIA E TROMBE MARINE</p> <p style="text-align: center;">a cura di Veronica Bonati</p>
Revisione: 01 del 30.08.2005	Codice: SCH_03

PREVISIONE DEI FENOMENI VORTICOSI

La previsione delle trombe d'aria e affini rimane tuttora difficoltosa malgrado i mezzi a disposizione, quali palloni sonda, radar meteorologici e aerei; questi strumenti sono infatti utili per l'osservazione in tempo reale, ma non per una previsione anticipata dell'ordine di giorni.

Negli Stati Uniti sono state svolte, e si svolgono tuttora, campagne di studio e ricerche approfondite per riuscire a prevedere tali fenomeni, data la frequenza e la violenza che li caratterizzano; tra queste campagne di ricerca si segnala il progetto VORTEX (*Verification of the Origin of Rotation in Tornadoes Experiment*), svoltosi in Texas, Kansas e Oklahoma dal 1994. In tale studio sono stati individuati, seguiti e misurati numerosi tornado, focalizzando l'attenzione sulla genesi e sullo sviluppo dei temporali a supercella, dai quali hanno origine i tornado.

In Italia qualcosa è stato svolto durante la campagna MAP, nata però specificamente per lo studio delle precipitazioni intense e del föhn.

La formazione di tali fenomeni è improvvisa e si manifesta con un brusco e subitaneo calo della pressione, per cui non è possibile prevederne l'arrivo mediante l'osservazione di tale grandezza con un certo anticipo, come accade invece per la previsione del passaggio dei cicloni.

Una delle vie rimaste da percorrere è il ricorso a procedure statistico-climatologiche, che cercano di comprendere da quali fenomeni temporaleschi intensi possano nascere le trombe d'aria. Presso il S.M.R. (Servizio Meteorologico Regionale ARPA Emilia Romagna) si sta valutando l'attendibilità e l'utilità operativa dell'indice numerico SWEAT, usato negli Stati Uniti, che fornisce una misura di quanto le condizioni meteo siano favorevoli al verificarsi temporali tenendo conto di: umidità a bassa quota, instabilità, avvezione calda e jet. Negli USA, dopo aver analizzato un consistente numero di tornado, sono state ottenute le seguenti conclusioni: con valori compresi fra 250 e 300 possono aver luogo intense manifestazioni temporalesche; quando l'indice supera il valore di 400 le probabilità del verificarsi di una tromba d'aria sono alte, seppur non se ne ha la certezza; probabilità molto alte si hanno per valori dell'indice superiori a 600. Tale indice è definito dalla seguente formula:

$$\text{SWEAT} = 12T_d^{850} + 20(T - 49) + 2f^{850} + f^{500} + 125(S + 0.2)$$

T_d^{850} = temperatura di rugiada in °C a 850 hPa (se $T_d^{850} < 0$, allora $12T_d^{850} = 0$);

f^{850} = velocità del vento a 850 hPa, espressa in nodi;

f^{500} = velocità del vento a 500 hPa, espressa in nodi;

S = $\sin D_f$ (shear del vento);

D_f = differenza tra la direzione del vento a 500 hPa e 850 hPa (ovvero l'angolo tra direzione del vento a 500 hPa e a 850 hPa);

T = somma della temperatura e della temperatura di rugiada a 850 hPa meno due volte la temperatura a 500 hPa. Se $T < 49$, allora $20(T - 49) = 0$.

Al contrario di quanto succede negli USA, i risultati raggiunti finora in Italia non sono stati soddisfacenti, probabilmente per il fatto che l'indice riesce a discriminare solamente gli episodi più violenti o comunque di dimensioni notevoli; pertanto nella nostra regione la predicibilità di tali fenomeni rimane incerta.