

9 luglio 2007. Tornado e violente grandinate in Pianura Padana

Autori: Gabriele Formentini (Dipartimento per la Sicurezza del Territorio – ARPAV), Pierluigi Randi (MeteoCenter - MeteoRomagna)

Con l'importante contributo di: Bruno Renon (Dipartimento per la Sicurezza del Territorio – ARPAV), Davide Rosa (MeteoTriveneto)

Si ringraziano: Alberto Gobbi, Alberto Colombo, Massimo Campana, Klipsi, Michela Calza, Benvenuto Righetto, l'Associazione Meteonetwerk nella persona del presidente Marco Giuzzi, il forum di Meteotriveneto, "La Gazzetta di Mantova", i Vigili del Fuoco di Guidizzolo, "Il Messaggero Veneto", "Il Corriere delle Alpi", tutti gli autori delle fotografie e delle riprese video e coloro che con le loro testimonianze hanno reso possibile questo lavoro.

Note: tutti gli orari riportati nel testo sono da intendersi in ora legale mentre gli orari riportati sulle immagini da satellite e su quelle radar sono in orario UTC (-2 ore rispetto all'ora legale).

Riassunto

Nel pomeriggio del 9 luglio 2007 e nel corso della successiva notte del 10, la Pianura Padana vive uno degli eventi di severe weather più intensi degli ultimi anni, con la formazione di ben tre tornado di cui uno classificato EF2 e di ben quattro diversi eventi grandinigeni di primissimo livello con chicchi di grandi dimensioni.

Questo studio ha l'obiettivo di spiegare tramite quali siano state le cause e gli effetti con approccio multisettoriale. Viene infatti fatto uso dall'analisi sinottica con l'ausilio di modelli a grande scala e ad area limitata, di un'ampia gamma di strumenti di rilevazione meteorologica sia in situ che soprattutto in remote-sensing e delle testimonianze video-fotografiche. Proprio tali documentazioni dimostrano l'importanza dei report ai fini di una verifica quantitativa degli output revisionali dei sistemi di monitoraggio, in particolare dei prodotti di nowcasting dei radar meteorologici.

I radar infatti, assieme alle immagini ad alta risoluzione del satellite meteorologico MSG, risultano di fondamentale aiuto sia per l'analisi post-evento, sia per le valutazioni in tempo reale connesse alle attività di nowcasting.

Lo studio è suddiviso in diversi capitoli ognuno dei quali è dedicato ad un singolo evento. Ciò che contraddistingue questo importante episodio di severe weather è la diffusione dei fenomeni su gran parte delle pianure del nord Italia e la differenziazione della fenomenologia tra quanto successo nelle regioni occidentali, da quanto invece si è verificato a nord-est.

La situazione sinottica vede la presenza delle caratteristiche indispensabili per l'innescò della convezione profonda: un'ampia saccatura nord-atlantica alle quote medio-alte, la corrente a getto polare con jet-streak in alta troposfera e forte divergenza sul ramo ascendente, un flusso ciclonico sud-occidentale in media troposfera con trasporto di vorticità positiva associato ad un forte gradiente termico orizzontale e quindi ad una rapida avvezione fredda, ed infine la frontogenesi al suolo innescata dalla chiusura di un minimo barico sottovento alla catena alpina.

Due sono le principali tipologie di fenomeni che si generano sul nord Italia: sulla pianura centro-occidentale celle temporalesche con asse verticale molto inclinato, dotate di moto rotatorio e pertanto di natura supercellulare potenzialmente molto inclini a produrre fenomeni vorticosi anche al suolo e dotate di velocità di spostamento molto elevata; sul nord-est sistemi temporaleschi anche complessi (MCS) e più estesi, con minore incidenza di elementi supercellulari, e pertanto di fenomeni vorticosi, dotati di velocità di spostamento più bassa ma caratterizzati da grandinate molto violente con chicchi di notevoli dimensioni.

L'analisi sinottica spiega chiaramente gli elementi chiave che determinano questa dicotomia nella fenomenologia. Sulle centro-occidentali la presenza di una dry-line prefrontale appenninica, di un forte LLJ, di intense correnti cicloniche da WSW e del fronte freddo avanzante da W determinano condizioni di elevato speed windshear verticale positivo. Le Venezia invece, in particolare l'alto Veneto ed il Friuli Venezia Giulia, sono interessate dai massimi di energia potenziale (CAPE) e di umidità relativa sul settore caldo della depressione al suolo e in media ed alta troposfera l'avvezione fredda è allo stadio iniziale.

Le analisi dei dati radar e satellite mettono in evidenza tutte le caratteristiche proprie dei diversi sistemi convettivi, indispensabili per una corretta classificazione degli stessi.

Principali risultati emersi

- *L'analisi sinottica per l'individuazione dei forcing a mesoscala è molto importante in particolare se effettuata con l'utilizzo di un LAM e dei rilevamenti al suolo;*
- *I prodotti radar più efficaci per l'individuazione delle caratteristiche salienti delle celle convettive come WER, Hook Echo e V-notch, anche ai fini di nowcasting sono i PPI di riflettività, di velocità radiale e relative sezioni verticali;*
- *L'utilizzo di algoritmi di cell tracking (SCIT) forniscono utili informazioni in fase di nowcasting, in particolare i parametri come il VIL e l'HZmax;*
- *I gustfront possono essere individuati solo da un sito radar posto al livello del mare e con l'utilizzo dei prodotti PPI di riflettività ad elevazione più bassa;*
- *I report di grandine con annesse fotografie sono indispensabili;*
- *La presenza di chicchi di grandine di grandi dimensioni all'interno dell'updraft è spesso associata alle "fingerprints" nelle immagini radar di riflettività;*
- *Sono importanti le fotografie e le riprese video a funnel, tornado ed alle strutture nuvolose complesse in quanto aggiungono preziose informazioni per una corretta classificazione della tipologia di temporale;*
- *I tornado hanno maggiori probabilità di colpire luoghi abitati e quindi determinare danni materiali in Italia rispetto agli Stati Uniti (a parità di intensità);*
- *Per la prima volta un nostro radar (forse di casi simili ce ne sono molto pochi anche in Europa) è stato in grado di studiare un tornado in un terreno ad orografia complessa, fatto piuttosto raro;*
- *I vortici secondari all'interno del cono del tornado sono frequenti;*
- *I sopralluoghi sui luoghi colpiti da un tornado sono fondamentali per lo studio del fenomeno, per una corretta ricostruzione della traiettoria e per la stima dei danni connessa alla classificazione dell'evento.*

Analisi sinottica del 9 luglio

In un contesto generale di spiccata instabilità dovuta all'avvento di una massa d'aria più fredda alle quote superiori, si sviluppano nel pomeriggio-sera, su Pianura Padana settentrionale e comparto alpino e prealpino, numerosi sistemi temporaleschi alcuni dei quali complessi (cluster multicellulari circolari e lineari) e talora di natura supercellulare con associate intense grandinate ed in un paio di circostanze anche tornado di categoria F1-F2 sulla scala Fujita, i quali colpiscono vercellese, mantovano e bellunese, mentre gli episodi di grandine più significativi vanno a colpire principalmente il Friuli Venezia Giulia, sebbene non manchino anche altrove.

Per il presente lavoro vengono utilizzati gli output (di analisi e di previsione) di diversi modelli matematici, sia di tipo globale (GM) che ad area limitata (LAM), questi ultimi di maggiore ausilio nella valutazione ed analisi di forcing evolutivi a mesoscala (fondamentali nell'innescare dei sistemi temporaleschi) e comunque limitati al comparto territoriale inerente il nord Italia. Nello specifico si farà riferimento ai GM (Global Forecast System) del NCEP e DWD del Deutscher Wetterdienst (analisi al suolo), mentre per quanto concerne la modellistica ad area limitata si farà riferimento ad NMM 12 km, ed Explicit 4 e 2 km MeteoCenter (www.meteocenter.com).

HGTprs at 12Z Mon 09jul2007

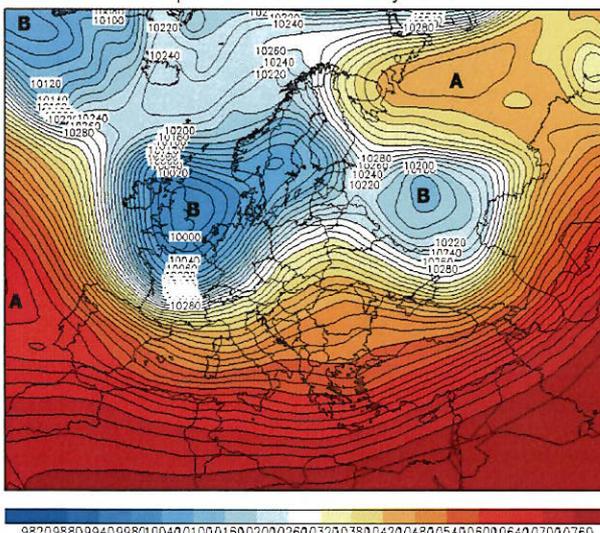


Fig. 1 - 9 luglio 2007, ore 12UTC. Altezze geopotenziali a 250hPa. Fonte: GFS NCEP 0.5°

Situazione in alta troposfera

Alle quote più alte, e più precisamente sul piano isobarico di 250 hPa, la situazione nel pomeriggio del giorno 9 luglio alle ore 12UTC vede la presenza di una vasta e complessa saccatura posizionata sull'Europa nord-occidentale con asse in fase di approfondimento ed evoluzione tra Francia e regioni settentrionali italiane (Fig. 1).

Un promontorio anticiclonico dinamico di matrice subtropicale si spinge invece da Africa nord-occidentale ad Atlantico centro-settentrionale ove l'asse tende a rimontare

con maggiore decisione, mentre un secondo e più blando promontorio è attivo su penisola balcanica ed Europa orientale in genere. Tra i due principali centri d'azione si sviluppa un intenso flusso nord-occidentale (solidale con la disposizione delle isoipse) che dall'ovest Irlanda si dirige verso il golfo di Biscaglia per orientarsi in seguito da ovest su Francia meridionale ed infine da WSW sulle nostre regioni centro-settentrionali. Proprio lungo questo tragitto è pertanto rintracciabile la presenza del getto polare che percorre il nord Italia e l'Europa centrale col proprio ramo ascendente in uscita dalla saccatura atlantica; ciò comporta su queste ultime aree il manifestarsi di forti correnti sud-occidentali a spiccata componente di moto ciclonica, e caratterizzate da significativa divergenza effettiva favorevole al richiamo di masse d'aria dai piani isobarici sottostanti.

winds (knots) at 12Z Mon 09jul2007

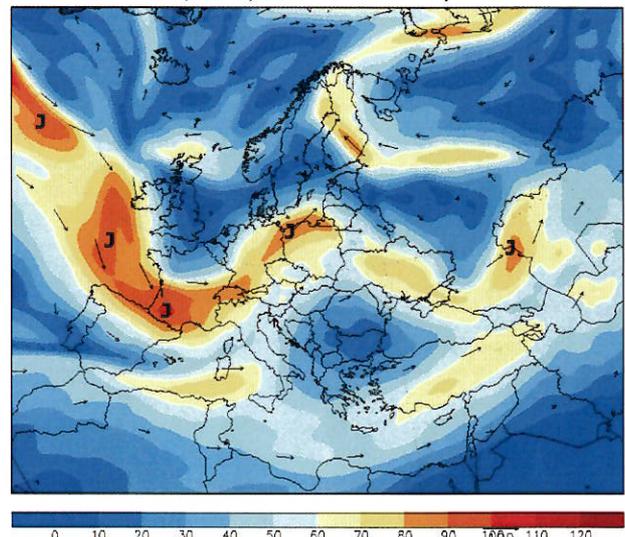


Fig. 2 - 9 luglio 2007, ore 12UTC. Intensità del vento a 250hPa. Fonte: GFS NCEP 0.5°

Tale aspetto assume notevole importanza in merito allo sviluppo della fenomenologia osservata, benché i massimi del getto rimangano inizialmente confinati oltre l'arco alpino (Fig. 2).

Il percorso della corrente a getto polare (polar jetstream) in alta troposfera alle 12z vede la stessa scendere dal nord Atlantico entrando sul golfo di Biscaglia per poi dirigersi su Francia meridionale con direzione occidentale; in seguito affronta la regione alpina con moto WSW-ENE, ed infine risale verso l'Europa centrale con traiettoria SW-NE. Il tragitto segue i contorni della vasta saccatura atlantica generata dal minimo di geopotenziale chiuso su isole britanniche orientali. Si notano alcuni massimi di intensità di flusso (core, indicati con la lettera J nella figura sopra), i principali dei quali si individuano a sud-ovest dell'Irlanda e su Francia meridionale, con valori di intensità prossimi ai 100 nodi (180 km/h circa). Anche il nord Italia, benché ai margini meridionali del jetstream, vede comunque valori di intensità del vento crescenti procedendo da est ad ovest, con settore nord-occidentale già impegnato da 70-80 nodi di vento alle alte quote. Tuttavia nelle ore successive il core presente alle 12z su Francia meridionale tende a fluire verso levante, tant'è che alle 15z troviamo massimi di intensità del getto intorno 80-90 nodi da WSW che interessano le regioni nord-occidentali e tendono a propagarsi al resto del nord Italia, segnatamente in corrispondenza della regione alpina e prealpina (Fig. 3).

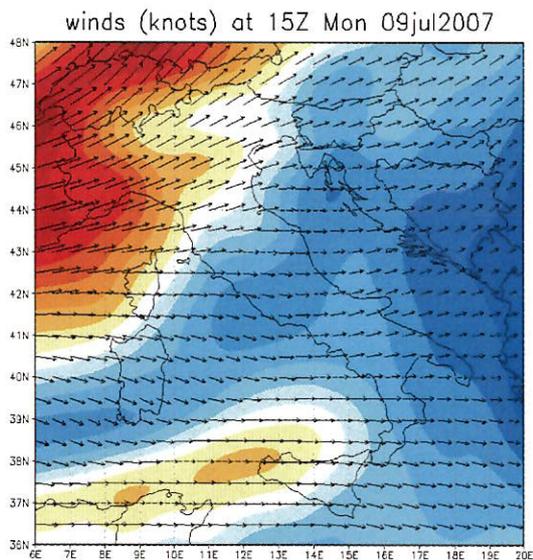


Fig. 3 – 9 luglio 2007, ore 15UTC. Intensità e direzione del vento a 250hPa. Fonte: GFS NCEP 0,5°

I meccanismi di divergenza effettiva alle alte quote associata ai core delle correnti a getto, per quanto relativamente complessi, predispongono comunque la media e bassa troposfera ad essere sede di forti moti verticali ascendenti, in grado di innescare sia ciclogenesi su scale spaziali relativamente ampie, sia strutture cicloniche a mesoscala particolarmente inclini a favorire l'innescio di sistemi temporaleschi di natura supercellulare. La casistica relativa alle nostre regioni centro-settentrionali annovera una popolazione alquanto folta di eventi temporaleschi molto violenti (intense grandinate, fenomeni vorticosi, forti downburst) in concomitanza a presenza di elevati valori di intensità del vento alle quote superiori nel range compreso tra 70 e 100 nodi in alta troposfera. Infine il transito di correnti a getto ad alta quota con valori di vento molto elevati predispone gli updraft delle celle temporalesche ad assumere asse verticale fortemente inclinato (causa speed windshear verticale positivo); elemento importante che molto spesso caratterizza il verificarsi di violenti eventi grandinigeni.

Situazione in media troposfera

L'analisi relativa alle 12UTC in media troposfera (Fig. 4) appare piuttosto solidale con quanto osservato sulla superficie isobarica di 250 hPa, con i centri di geopotenziale dislocati all'incirca nelle medesime posizioni.

Si nota infatti la vasta e profonda struttura ciclonica attiva su Europa nord-occidentale con minimo di geopotenziale principale collocato su Scozia e con ampia saccatura che affonda il proprio asse su Francia e Mediterraneo occidentale, mentre un solido promontorio anticiclonico dinamico con assetto SSW-NNE agisce in pieno oceano, prendendo le mosse da un massimo su Algeria, con asse diretto fin quasi all'Islanda. Un secondo è più debole promontorio anticiclonico è rilevabile con asse disposto da Africa settentrionale ad Europa orientale passando per la penisola balcanica.

HGTprs at 12Z Mon 09 Jul 2007

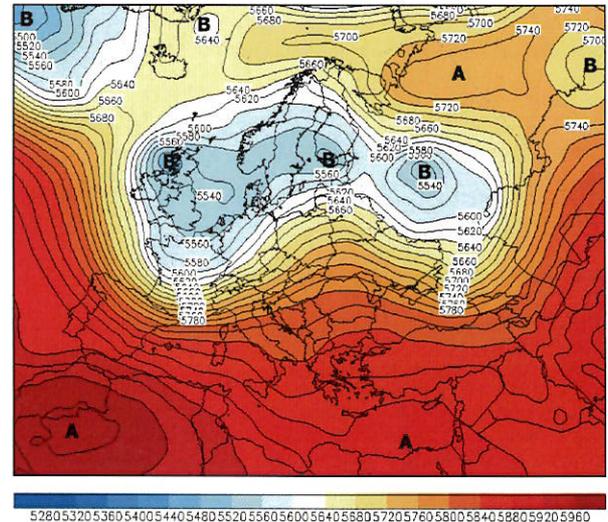


Fig. 4 – 9 luglio 2007, ore 12UTC. Altezza geopotenziale a 500hPa. Fonte: GFS NCEP 0,5°

Anche in media troposfera è quindi presente un teso flusso da WSW a spiccata componente di moto ciclonica, generato dal forte gradiente barico tra il minimo chiuso su isole britanniche e la cellula dinamica nordafricana, che percorre l'Europa occidentale, il nord Italia e risale con moto SW-NE su Europa centrale. Tale flusso è sottoposto ad elevate avvezioni di vorticità ciclonica laddove esso tende a divergere sul proprio ramo ascendente; nella fattispecie regioni settentrionali italiane, paesi danubiani, Europa centrale. Le isoipse piuttosto ravvicinate, segnatamente tra Francia e nord Italia, denotano una situazione alquanto dinamica a testimonianza di vivaci gradienti pressori su distanze relativamente brevi, e rivelano la presenza di significativi e repentini contrasti termici tra masse d'aria subtropicali convogliate dal promontorio anticiclonico dinamico, e masse polari marittime avvettate dalla saccatura su Europa nord-occidentale. Ciò è verificabile dalla distribuzione del campo termico, sempre sul piano isobarico di 500 hPa, relativa allo stesso giorno e riportata di seguito (Fig. 5).

MR-EUM 21 km grid; 500 hpa pressure layer - Temperature (c)
InL15209JUL2007 val:15209JUL2007

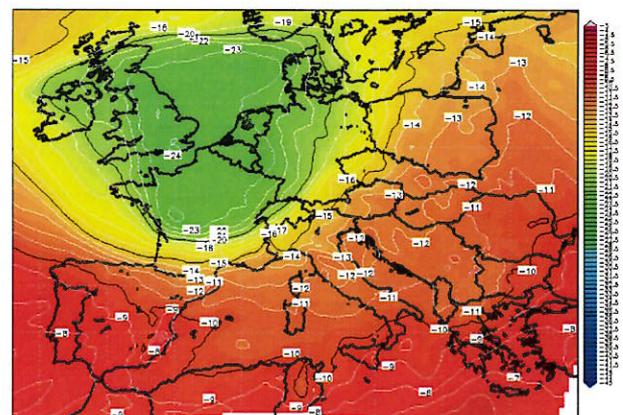


Fig. 5 – 9 luglio 2007, ore 12UTC. Temperature a 500hPa. Fonte: NMM 21 km, MeteoCenter.

L'avvezione fredda in media troposfera posta in essere dal minimo di geopotenziale sul NW europeo (individuabile dal vasto lago di aria alquanto fredda presente su Inghilterra, centro-nord Francia, Benelux e Germania) appare particolarmente significativa nella mappa di cui sopra e relativa alle ore 15UTC. Sebbene i valori di temperatura non risultino ancora particolarmente bassi sulle nostre regioni

setentrionali (oscillanti tra -13°C del Friuli e -16°C della Valle d'Aosta) è importante fare riferimento al notevole gradiente termico orizzontale che si sviluppa tra Francia meridionale/Svizzera e nord Italia, sintomo di repentino e veloce ingresso freddo incipiente, mentre l'azione del promontorio dinamico subtropicale si individua nei valori termici decisamente elevati presenti su penisola iberica. Più che il valore assoluto della temperatura appare importante, come sovente accade, la rapidità di avvezione polare marittima da ovest, in grado di instabilizzare notevolmente la colonna d'aria tanto più intensamente quanto più rapida e repentina sia l'ingresso freddo.

Si noti inoltre come l'avvezione termica negativa indotta dalla saccatura si incanali velocemente in direzione del nord Italia, con cavo d'onda termico (valori compresi tra -17 e -20°C) in evoluzione verso levante. Tale particolarità concorre ad esaltare le condizioni di instabilità su nord Italia e durante il lasso di tempo compreso tra le 12 e le 21 UTC. Detto forcing è peraltro individuabile mediante l'analisi del profilo orizzontale del vento sul medesimo piano isobarico, tramite il quale si evince come un forte flusso occidentale moderatamente ondulato trasporti inevitabilmente la massa d'aria fredda dal sud della Francia alle nostre regioni settentrionali senza tuttavia consentire alla stessa di affondare ulteriormente verso sud, dato il quasi parallelismo tra l'orientamento delle isoipse e delle isoterme (le avvezioni termiche più incisive in senso longitudinale vedono sovente perpendicolarità tra le due grandezze considerate), e limitando quindi i massimi effetti di instabilizzazione atmosferica a nord del Po.

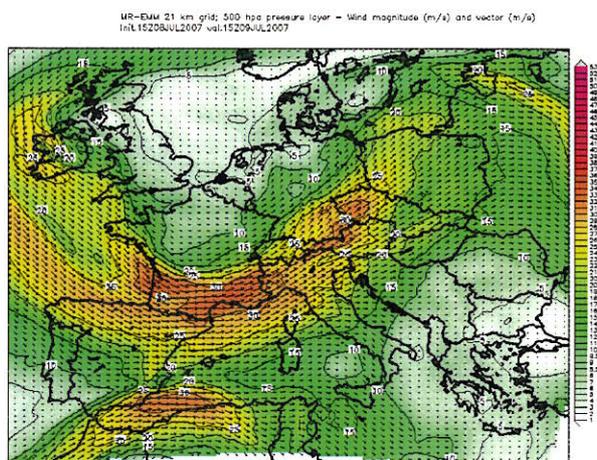


Fig. 6 – 9 luglio 2007, ore 15UTC. Velocità e direzione del vento a 500hPa. Fonte: NMM 21 km, MeteoCenter.

Nella mappa della velocità del vento a 500hPa (Fig. 6) si nota come un intenso flusso mediamente occidentale e similare a quanto visto alle quote più elevate, penetri dall'oceano su Francia meridionale con traiettoria WNW-ESE ed in seguito si orienti da WSW sul nord Italia solidalmente con l'assetto della saccatura in media troposfera, risalendo infine da SW su Europa centro-orientale. I massimi d'intensità del vento sfiorano i 35 m/s (125 km/h circa) su Francia meridionale, ma sono già rispettabili sul nord Italia ($28\text{-}30\text{ m/s}$ pari a circa 100 km/h) e tenderanno ulteriormente ad intensificarsi nelle 6 ore successive. Un forte flusso spiccatamente ciclonico dai quadranti sud-occidentali attivo in media troposfera tra un anteriore promontorio anticiclonico (Balcani) ed una posteriore saccatura (Francia) implica vivaci trasporti di vorticità positiva (o ciclonica) favorevoli all'innescio di intensi moti verticali e comunque di fasi perturbate. In linea

di massima si rammenta che è molto importante l'avvezione di vorticità (o meglio la variazione verticale dell'avvezione), che avviene lungo le isoipse e quindi solidale col flusso del vento in media troposfera. Dove la vorticità aumenta, quindi dove si ha avvezione positiva o ciclonica di vorticità, vengono forzati i moti verticali. Il vento medio non fa altro che trasportare la vorticità positiva (ciclonica) verso zone in cui la vorticità è inferiore, producendo così un progressivo spostamento verso est della depressione o della saccatura, in questo caso quella attiva sulla Francia.

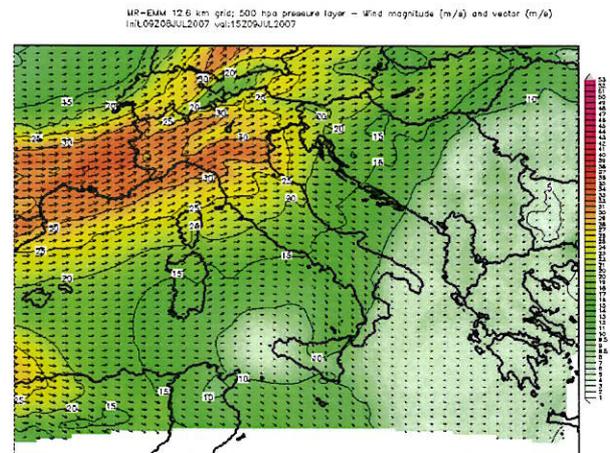


Fig. 7 – 9 luglio 2007, ore 15UTC. Velocità e direzione del vento a 500hPa. Fonte: New ETA 13 km, MeteoCenter.

La parte di una saccatura che si trova davanti all'asse della saccatura stessa è la regione soggetta al maggiore incremento di vorticità, ed è infatti la zona in cui il maltempo è più intenso e sarà proprio quella che impegnerà le nostre regioni settentrionali. Anche alle quote medie, pertanto, l'atmosfera si predispone ad essere sede di imponenti moti verticali ed in genere elevata instabilità, sia per l'avvezione di vorticità positiva legata all'evoluzione della saccatura francese sia per la rapida ed intensa avvezione fredda di origine polare marittima.

La mappa desunta da un modello con dominio a maggior risoluzione appare ancor più esplicitiva (Fig. 7): alle ore 15UTC il campo di vento previsto in media troposfera mostra correnti molto sostenute su tutto il nord Italia da WSW con picchi oltre i 30 m/s di magnitudine ($100\text{-}105\text{ km/h}$) su regioni nord-occidentali ed Emilia-Romagna in propagazione al restante comparto.

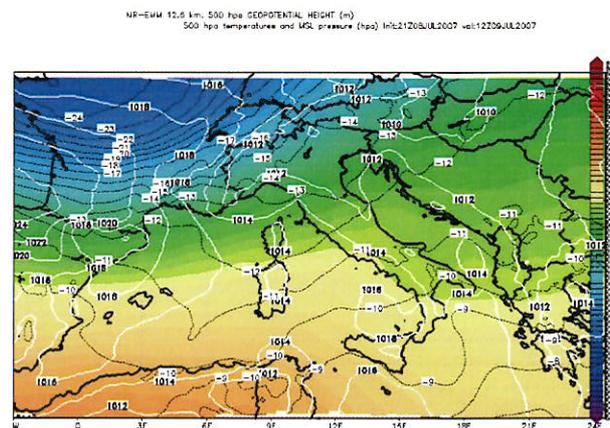


Fig. 8 – 9 luglio 2007, ore 12UTC. Altezza geopotenziale e temperature a 500hPa. Fonte: New ETA 13km, MeteoCenter.

Tali valori appaiono decisamente elevati e tipici di una rapida avvezione fredda in seno ad una saccatura avanzante, ed

infatti la mappa delle temperature alla medesima quota isobarica risalta il notevole infittimento delle isoterme previsto su Francia meridionale e regione alpina/prealpina italiana con incipiente repentino ingresso di aria fredda ed instabile in evoluzione verso ENE derivata dal cut-off termico individuabile su Francia settentrionale (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

In Fig. 9 viene mostrata l'analisi delle velocità omega e dell'umidità relativa alla superficie isobarica di 700hPa relative alle ore 15UTC. Poiché significativi corpi nuvolosi non si innescano solamente laddove l'aria ad un determinato livello isobarico presenti umidità relativa prossima all'80-100% (comunque superiore al 60%), ma anche nel caso in cui l'aria stessa sia portata a saturazione per raffreddamento adiabatico tramite moti verticali ascendenti, appare utile esaminare in questa sede il profilo di tale grandezza, ricordando che valori omega negativi, in modulo (Pa/sec), indicano presenza di moti ascendenti (anabasi), mentre positivi, in modulo (Pa/sec), presenza di moti discendenti (catabasi). A velocità omega negative saranno pertanto associate formazioni nuvolose (a quella determinata quota) e precipitazioni (specie se le velocità negative saranno elevate) come nel caso di sistemi depressionari; mentre in caso di omega positive sarà favorita catabasi con subsidenza dell'aria verso quote inferiori, ovvero la classica circolazione di tipo anticiclonico.

RH and Omega 700 mb Mon 15Z 09jul2007

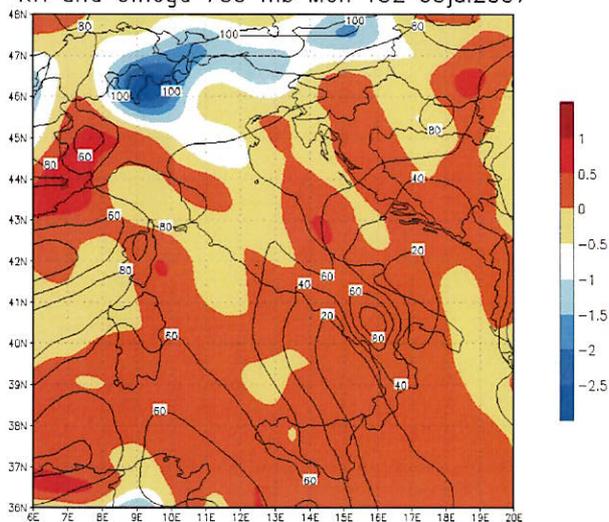


Fig. 9 – 9 luglio 2007, ore 15UTC. Velocità verticali ed umidità relativa a 700hPa. Fonte: GPS NCEP a 0.5°.

Nella carta in questione si nota un significativo nucleo di velocità omega negative associato a valori di umidità relativa praticamente saturi su settore alpino e prealpino centro-orientale, con parziale interessamento della Lombardia centro-meridionale e parte dell'Emilia. I valori di tale nucleo sono alquanto elevati (minimo di -2.5 Pa/sec), ed esso fluisce speditamente verso il settore nord-orientale, individuando rapida tendenza a prolungati sollevamenti verticali di tipo convettivo e tipici di situazioni estive fortemente instabili, quando tali nuclei tendono ad essere meno estesi rispetto al periodo invernale ma sovente più intensi.

Situazione in bassa troposfera

Il profilo termico orizzontale sul piano isobarico di 850hPa, relativo al lasso di tempo intercorso tra le ore 12 e le 18UTC, conferisce un ruolo dominante alla significativa

risalita calda subtropicale che dal comparto tunisino si dirige verso le regioni centro-meridionali italiane ed i Balcani, con valori termici in bassa troposfera alquanto elevati al centro-sud (Fig. 10).

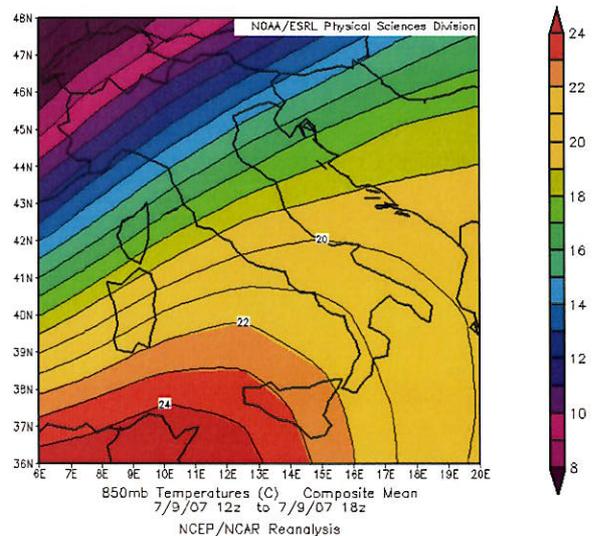


Fig. 10 – 9 luglio 2007, ore 12-18UTC. Temperatura a 850hPa. Fonte: NOAA-CIRES.

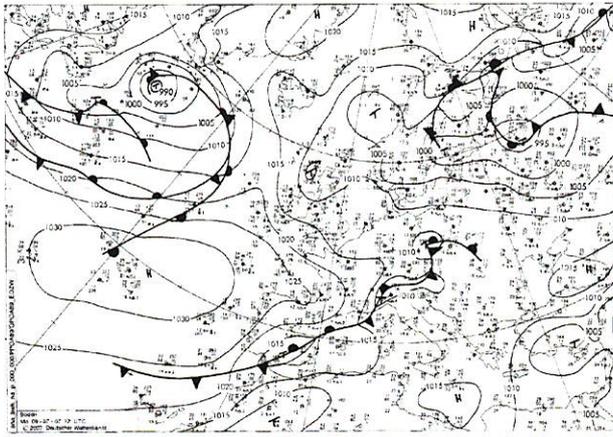
Si noti come l'isoterma 22°C raggiunga le nostre isole maggiori, mentre valori superiori a 15°C si spingano fino all'Emilia Romagna; più a nord le isoterme non appaiono particolarmente elevate, tuttavia è rilevabile un forte gradiente termico orizzontale che implica una situazione particolarmente dinamica di natura frontale con rapido passaggio tra aria calda subtropicale in scorrimento più a sud ed aria fredda polare marittima in ingresso dalla Francia. La struttura e l'asse disposto da SW a NE dell'avvezione calda in bassa troposfera è classica di invasioni subtropicali nordafricane di tipo prefrontale, giacché le invasioni calde sostenute da robusti promontori dinamici subtropicali tendono ad esplicarsi con asse decisamente meridiano e con eccentricità minore rispetto alle prefrontali.

Analisi sinottica al suolo

Alle ore 12UTC la situazione sinottica al suolo vede una vasta cella anticiclonica chiusa su medio Atlantico con valore di 1032hPa che promuove un cuneo in direzione di Francia ed Iberia settentrionale, mentre una complessa struttura depressionaria domina sul comparto europeo settentrionale con presenza di più minimi chiusi su repubbliche baltiche, mare di Norvegia, N della Scozia e paesi danubiani (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Tale struttura induce un'ampia saccatura disposta da Europa centro-orientale al sud della penisola iberica, entro la quale si ha la chiusura di alcuni minimi secondari: uno su settore alpino ed un secondo sul sud della Spagna, alimentati da una discesa di aria fredda diretta da isole britanniche a Francia e penisola iberica lungo la dorsale orientale della cella anticiclonica oceanica.

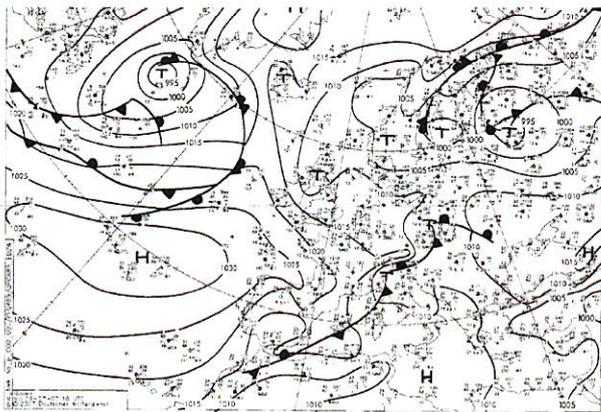
Il percorso della discesa fredda si scinde in due rami distinti allorché ci si approssima ai due minimi secondari prima citati, trovando sbocco in parte lungo la valle del Rodano a chiusura del minimo barico alpino, ed in parte su Portogallo ed ovest Spagna a sostegno del secondo minimo secondario iberico.



<http://www.wetter3.de>

Fig. 11 – 9 luglio 2007, ore 12UTC. Analisi al suolo. Fonte: DWD.

In conseguenza di ciò si sviluppa un lungo sistema frontale con asse SW-NE esteso da paesi danubiani a penisola iberica caratterizzato da diverse ondulazioni di piccola ampiezza con semionde calde e fredde in corrispondenza dei minimi barici prima visti, ed in movimento verso ENE solidalmente con le dinamiche in medio-alta troposfera prima analizzate. Da notare come la frontogenesi al suolo abbia luogo laddove massimi sono i gradienti termici e barici in media troposfera ed in corrispondenza del forte flusso ciclonico disposto da WSW ad ENE sul piano isobarico di 500 hPa, nonché immediatamente a sud del percorso del getto polare presente ad alta quota (normalmente le giovani depressioni e fronti caratterizzati da onde ancora aperte si sviluppano appena a S del getto; quelle più mature sono in pratica sovrapponibili, mentre quelle più vecchie e senescenti tendono ad essere a N del getto). Inoltre appare assai importante, nella genesi del minimo sul nord Italia, la componente orografica, con l'aria fredda in arrivo da isole britanniche e Francia costretta a superare l'arco alpino centro-occidentale rientrando da NNE sulla valle del Rodano e quindi favorendo ciclogenesi sottovento alla barriera montuosa. Particolare importanza rivestirà, nel forcing evolutivo delle 6 ore successive, l'ondulazione frontale in fase di amplificazione tra Alpi centro-occidentali e golfo del Leone (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).



<http://www.wetter3.de>

Fig. 12 – 9 luglio 2007, ore 18UTC. Analisi al suolo. Fonte: DWD.

Alle 18UTC l'ondulazione frontale orografica alpina si è amplificata ed intensificata a spese di quella prima presente su penisola iberica, la quale appare in via di risoluzione. Infatti si nota un ben definito sistema frontale con ramo caldo su Alpi orientali e ramo freddo esteso da regioni nord-occidentali a mare di Sardegna, il tutto in evoluzione

verso ENE e con minimo barico chiuso tra Piemonte e Lombardia. In questo caso (ed accade sovente) la componente orografica appare determinante nel supportare frontogenesi e ciclogenesi in bassa troposfera, con particolare riferimento alla catena alpina che spesso si trova posta perpendicolarmente rispetto alle discese fredde provenienti dai quadranti nord-occidentali.

Se consideriamo nel loro insieme le dinamiche finora viste in alta, media e bassa troposfera, appare palese come la situazione tenda a divenire molto incline a produrre intensa attività temporalesca segnatamente su regioni settentrionali ed in particolare su fascia alpina e prealpina con:

- *Ingresso della corrente a getto polare con elevati valori di magnitudine del vento in alta troposfera e forte divergenza effettiva sul ramo ascendente del getto stesso atta a determinare intensi moti verticali di natura dinamica.*
- *Correnti spiccatamente cicloniche sud-occidentali in media troposfera in seno ad una vasta saccatura nordatlantica avanzante, con forte gradiente termico orizzontale ad individuare rapida avvezione fredda e trasporto di vorticità positiva lungo forti correnti da WSW (oltre 100 km/h)*
- *Frontogenesi al suolo in via di amplificazione innescata dalla chiusura di un minimo barico sottovento alla catena alpina e come conseguenza di afflusso di aria fredda polare marittima attraverso isole britanniche e Francia.*

I sommi capi sopra esposti sono molto spesso comuni in caso di forti ondate temporalesche estive sulle nostre regioni centro-settentrionali, tuttavia anche altri elementi concorreranno a determinare i fenomeni osservati e soprattutto la diversa natura ed origine delle strutture temporalesche occorse a N del Po.

Per individuarle occorre fare ricorso a analisi desunte da modellistica a più alta risoluzione e che verrà presa in considerazione in seguito.

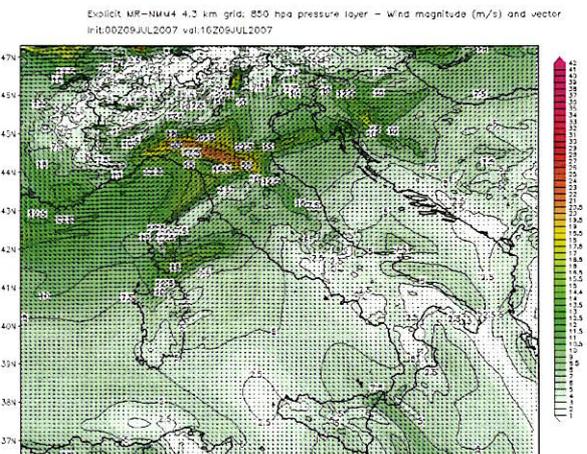


Fig. 13 – 9 luglio 2007, ore 16UTC. Velocità e direzione del vento a 850hPa. Fonte: Explicit NMM 4 km, MeteoCenter.

In primo luogo verrà analizzato il profilo orizzontale del vento in bassa troposfera, segnatamente sulla superficie isobarica di 850hPa ed al suolo, in primo luogo per individuare la presenza di più o meno intensi LLJ - Low Level Jet (getto di basso livello) - che contribuiscono sempre ad alimentare le correnti di inflow in seno alle formazioni convettive, ed in secondo luogo per verificare, data la particolare orografia territoriale, la genesi o l'innescò di eventuali dry-line di natura orografica davanti al fronte freddo avanzate e nel settore caldo del minimo barico nei bassi strati, caratteristica che spesso è presente nelle

situazioni temporalesche particolarmente incisive sul nord Italia (Fig. 13).

La mappa mette in evidenza un forte flusso sudoccidentale di basso livello che dal Mar ligure e dal Mare di Corsica si dirige verso l'alta Toscana e, dopo aver superato la barriera appenninica toscano-emiliana si riversa in Val Padana sospingendosi fino alle prime propaggini della fascia prealpina. Tale flusso presenta massimi di intensità del vento rispettabili e prossimi a 25 m/s (quasi 100 km/h) su crinale appenninico e potrebbe rivelare la presenza di una dry-line prefrontale sul confine settentrionale del flusso.

La presenza di una linea frontale secca è confermata dai valori di umidità relativa percentuale e di temperatura di dew point che approssimativamente nello stesso lasso di tempo sono riscontrabili nell'area in questione (Fig. 14).

Explicit Explicit MF-NM44 2.0 km grid, 850 hpa pressure layer - relative humidity (%)
Hrb00209JUL2007 val:15209JUL2007

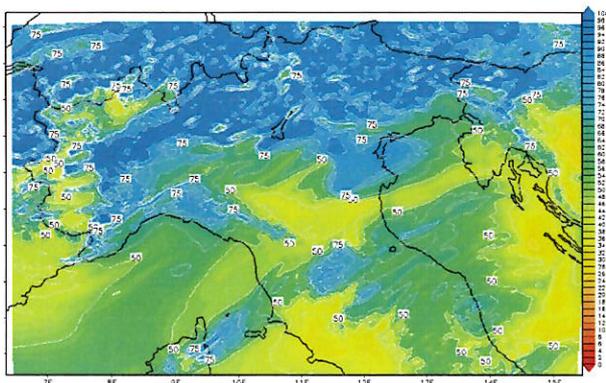


Fig. 14 – 9 luglio 2007, ore 15UTC. Umidità relativa a 850hPa. Fonte: Explicit NMM 4 km, MeteoCenter.

Infatti sul nord Italia nelle ore centrali del pomeriggio, risultano presenti valori di umidità relativa che tradiscono la presenza della dry-line appenninica che, con assetto zonale, taglia longitudinalmente la Val Padana. In particolare si riscontrano valori molto bassi sulla fascia appenninica e pedeappenninica emiliana (che si trova in condizioni di foehn con forti venti da SW), mentre tali valori aumentano sensibilmente portandosi su valori prossimi alla saturazione, laddove si esaurisce l'azione del libeccio, ovvero su centro-nord Lombardia e Triveneto.

Explicit MF-NM44 4.3 km grid, 2 mt DewPoint (c)
Hrb00209JUL2007 val:15209JUL2007

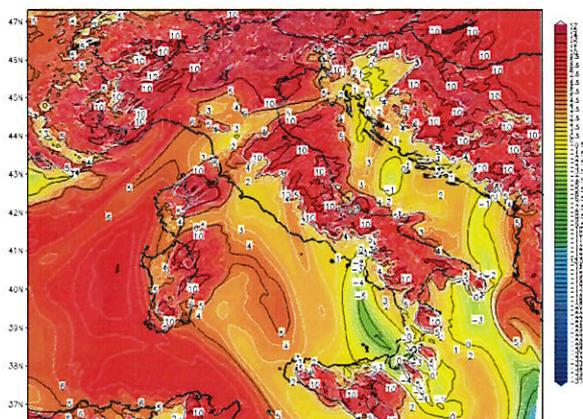


Fig. 15 – 9 luglio 2007, ore 15UTC. Temperature di dew point a 850hPa. Fonte: Explicit NMM 4 km, MeteoCenter.

La netta delimitazione tra i valori molto bassi dell'Emilia e quelli quasi saturi della regione alpina e prealpina, descrive la dry-line pienamente attiva. Si notano valori di umidità

relativa molto bassi anche su ovest Piemonte, ma in questo caso si tratta dell'ingresso di correnti occidentali o nord-occidentali favoniche che seguono il fronte freddo in fase di transito su questo comparto. La presenza di dry-line nel settore caldo di un depressione al suolo, in concomitanza ad una forte corrente a getto in alta troposfera, ad un intenso LLJ di basso livello e a vivaci trasporti di vorticità ciclonica in media troposfera rappresenta, rappresenta una condizione quasi ideale per lo sviluppo di tempeste di notevole violenza che facilmente ospitano strutture mesocicloniche atte a produrre fenomeni vorticosi, anche in virtù di un elevato speed windshear verticale positivo.

L'intrusione secca che dà origine alla dry-line si nota molto bene tramite i valori di dew-point sul piano isobarico di 850hPa, i quali sono molto bassi su tutta la fascia appenninica e pedeappenninica settentrionale, mentre aumentano repentinamente su fascia alpina, prealpina e sull'intero Triveneto laddove si approssimano a 20°C (Fig. 15).

Al suolo, alle ore 16UTC, sono previsti valori di dew-point che superano i 20°C davanti alla dry-line appenninica tra Piemonte e Lombardia e su alto Veneto e Friuli Venezia Giulia; per contro tali valori scendono al di sotto dei 15°C e localmente sotto i 10°C sul comparto appenninico (Fig. 16). Si rammenta che elevati valori di dew point in bassa troposfera rappresentano un parametro alquanto importante nella previsione di vivaci sistemi temporaleschi, specie qualora essi si portano oltre i 20°C.

Explicit MF-NM44 4.3 km grid, 2 mt DewPoint (c)
Hrb00209JUL2007 val:16209JUL2007

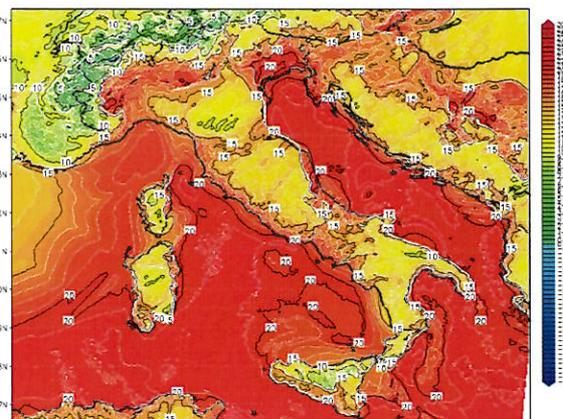


Fig. 16 – 9 luglio 2007, ore 16UTC. Temperature di dew point al suolo. Fonte: Explicit NMM 4 km, MeteoCenter.

Anche i valori di CAPE (Convective Available Potential Energy) facilitano l'individuazione della dry-line prefrontale. Alle ore 14UTC i valori di CAPE previsti sul Norditalia sono decisamente elevati a nord del Po, con massimi areali su alto Veneto e Friuli laddove si sfiorano i rispettabili valori di 3800 J/kg (dato potenzialmente fuoriero di sistemi temporaleschi molto violenti con grandine di grosse dimensioni); sulle altre regioni i valori oscillano tra i 1250 e i 2000 J/kg che anch'essi comunque sono rivelatori di alta energia potenziale a disposizione delle celle temporalesche. La dry-line appenninica (indicata approssimativamente dalla linea nera in Fig. 17) separa detti elevati valori dai successivi molto più bassi che impegnano l'arco appenninico toscano-emiliano laddove l'intrusione dell'aria secca appare già conclamata.

Color shaded RH
 isolines h_{m} θ_e
 isolines bold ff (vel) Jet / --- isotaches

Explicit MRF-NUM2 2.6 km grid 48L based (100-0 mb above ground) CAPE (J/kg)
 surface based Convective inhibition (green isolines = 100 J/kg)
 06:15:2008 JUL 2007 val:14705JUL2007

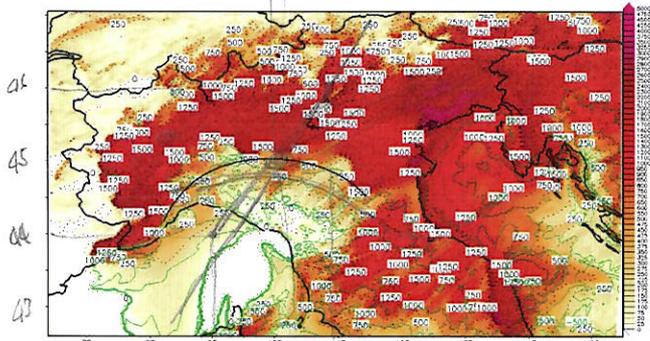


Fig. 17 – 9 luglio 2007, ore 14UTC. CAPE. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

A questo punto una prima considerazione sintetica appare già possibile in base agli elementi fino ad ora considerati. La valutazione oggettiva del forcing atmosferico esistente in alta, media e bassa troposfera, suggerisce due tipologie ben distinte di evoluzione temporalesca sulle regioni del nord Italia:

- Lungo e davanti alla dry-line prefrontale appenninica avanzante da SW, con presenza di un forte LLJ, di notevole divergenza in alta troposfera sul ramo ascendente del getto polare caratterizzato da elevata magnitudine, di importante trasporto di vorticità ciclonica in media troposfera con intense correnti cicloniche da WSW e di un fronte freddo avanzante da W, si stabiliscono condizioni che vedono anche elevato speed windshear verticale positivo. La situazione predispone all'innescio di celle temporalesche con asse verticale fortemente inclinato, dotate di moto rotatorio e pertanto di natura supercellulare potenzialmente molto inclini a produrre fenomeni vorticosi anche al suolo e dotate di velocità di spostamento molto elevata.
- Le Venetie, ma in particolare l'alto Veneto ed il Friuli Venezia Giulia, rimangono alquanto distanti dall'azione della predetta dry-line, ma sono interessate dai massimi di energia potenziale (CAPE) e di umidità relativa sul settore caldo della depressione al suolo, mentre in media ed alta troposfera prende gradualmente consistenza l'avvezione fredda dovuta all'avanzare della saccatura atlantica. Per conto la magnitudine delle correnti, sempre in media ed alta troposfera, appare inferiore rispetto a quanto avviene sul settore centro-occidentale. In questo caso la situazione è maggiormente incline a generare sistemi temporaleschi anche complessi (MCS) e più estesi, ma con incidenza di elementi supercellulari, e pertanto di fenomeni vorticosi, inferiore, nonché velocità di avanzamento più bassa. Tuttavia gli alti valori di umidità relativa e di CAPE appaiono in grado di sostenere fenomenologia caratterizzata da grandinate molto violente con chicchi di notevoli dimensioni.

Tale evenienza si rispecchia in effetti su quanto effettivamente occorso, con temporali a supercella discretamente numerosi su est Piemonte e Lombardia e significativa incidenza di fenomeni vorticosi al suolo (due tornado su vercellese e mantovano di notevole intensità), mentre su alto Veneto e Friuli gli elementi maggiormente caratterizzanti divengono le grandinate in alcuni casi rovinose ed in genere apporti precipitativi maggiori associati a forti venti al suolo ma in genere del tipo downburst.

Ulteriore soccorso a quanto ipotizzato viene dall'analisi del profilo orizzontale del vento al suolo, tramite il quale emergono ulteriori spunti a sostegno delle ipotesi.

L'analisi prevista dei campi di vento a 2 metri tra le ore 16 e 17UTC, evidenzia come elemento predominante le forti correnti di libeccio (föhn appenninico) a sostegno della dry-line prefrontale che interessa la quasi totalità dei territori posti a sud del Po con notevoli punte fino a 60-70 km/h (Fig. 18). Tuttavia, proprio in corrispondenza della linea secca si vengono a determinare alcune aree di convergenza di basso livello che, associate alla forte divergenza attiva alle quote superiori, appaiono in grado di sostenere forti moti ascensionali. Infatti le aree cerchiata con le lettere A e B vedono nei bassi strati la convergenza tra masse d'aria secca da SW e correnti nord-occidentali più umide e fresche in discesa dal comparto alpino (in parte innescate dai downdraft di celle temporalesche già attive sui crinali alpini). Non a caso queste aree si trovano in corrispondenza delle zone in cui si avranno fenomeni vorticosi anche violenti (tornado), e cioè Piemonte orientale o nord-orientale ed est Lombardia a SSW del lago di Garda. Normalmente questi fenomeni di convergenza a mesoscala nei bassi strati sono associati a tornado anche non mesociclonici, ma in questa circostanza, visti anche i forcing alle quote superiori, la possibilità di episodi mesociclonici appare pressoché certa.

Explicit MRF-NUM2 2.6 km grid: 2 mt wind magnitude and vector
 06:15:2008 JUL 2007 val:17206JUL2007

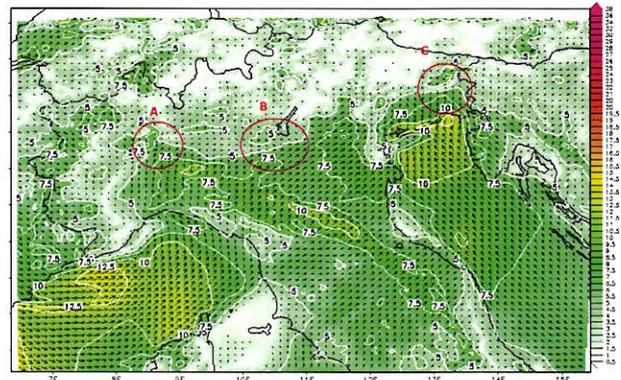


Fig. 18 – 9 luglio 2007, ore 17UTC. Velocità e direzione del vento a 2 metri. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Una terza area di convergenza di basso livello (lettera C) è presente sul Friuli ma determinata da cause diverse: in questo caso si ha interazione tra masse d'aria calde e molto umide in risalita lungo l'Adriatico (venti di scirocco oltre i 50 km/h) e correnti nord-orientali più fresche e secche che segnano i primi tentativi di aria fredda posta al di là dei crinali alpini di aprirsi una via attraverso la regione carsica. In tal modo vengono giustificati gli alti valori di CAPE ed umidità relativa dovuti all'azione dei venti marittimi di SE che trasportano su dette zone elevata quantità di calore sensibile a disposizione della convezione, nonché masse d'aria pressoché satura in bassa troposfera. Anche i fenomeni osservati su tali comparti sono tipici di evoluzione di tale stampo. Una quarta area di convergenza (non evidenziata) si ha tra le correnti favoniche da SW di origine appenninica ed il flusso sciroccale marittimo (dry-line) ed interessa le coste venete, dando luogo però a fenomeni temporaleschi di entità inferiore.

Indici di stabilità

A completamento della presente breve analisi riferita al giorno 9 luglio 2007, si esaminano alcuni indici di stabilità, al fine di evidenziare ulteriori elementi atmosferici in grado di giustificare i violenti eventi temporaleschi di quel giorno.

Explicit MR-NMM2 2.6 km grid; K INDEX (shaded) and TT INDEX (contour)
Init:15Z08JUL2007 val:15Z09JUL2007

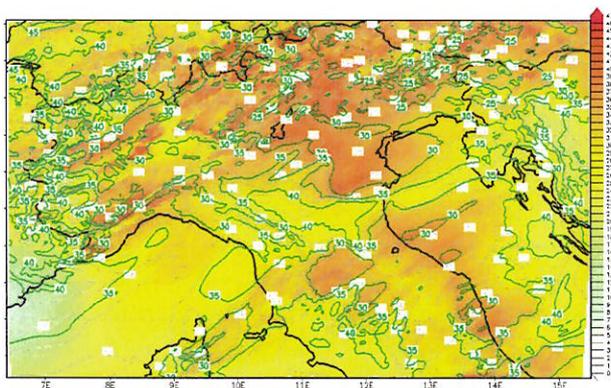


Fig. 19 – 9 luglio 2007, ore 15UTC. Indice di K di Whiting (a colori) e indice Total Total (linee). Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

In figura Fig. 19 vengono mappati in forma accoppiata i valori del K index (indice di Whiting) e del TT index (Total Total) relativi alle ore 15UTC. Si possono notare alcuni importanti massimi areali dell'indice di Whiting su nord-est Piemonte, centro-est Lombardia e Triveneto, con alcuni picchi prossimi al valore di 40, indicatore di possibili temporali violenti associati a grandine intensa, che si collocano nelle zone di massima instabilità già prima individuate. Anche i valori del TT index (linee verdi) si comportano quasi solidalmente con il K index, presentando massimi ben oltre il valore di 45 sulle medesime aree territoriali. Anche in questo caso la prognosi di forti eventi temporaleschi è scontata.

Explicit MR-NMM 2.6 km grid; SWEAT Index (shaded) and 500-1000 hpa LIFTED INDEX (contour)
Init:15Z08JUL2007 val:14Z09JUL2007

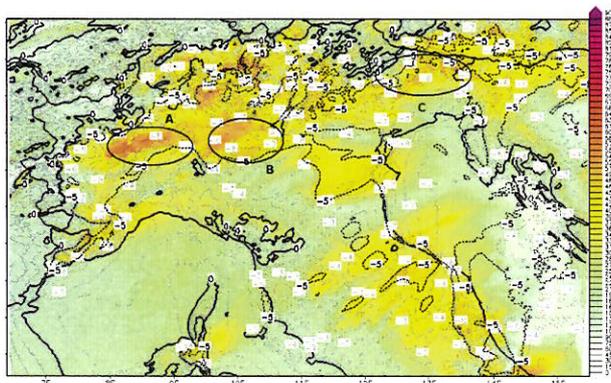


Fig. 20 – 9 luglio 2007, ore 14UTC. SWEAT index (a colori) e Lifted Index (linee). Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Una seconda indagine accoppiata concerne i valori dell'indice SWEAT (Severe Weather Threat, aree colorate) e del Lifted Index (linee), anch'essi ottimi indicatori di possibili intensi eventi temporaleschi. Alle ore 14UTC sono previsti picchi di -8°C di LI (dato davvero ragguardevole) tra Piemonte nord-orientale ed ovest Lombardia (area cerchiata con lettera A) e su est Lombardia a SW del lago di Garda (lettera B); tali valori sono relativamente rari sul nostro territorio ed evidenziano instabilità molto forte con le conseguenze sperimentate. Una terza area con LI molto basso è evidenziata su Friuli con picchi prossimi a -6°C , ed anche in questo caso i fenomeni occorsi ne sono diretta conseguenza. Ancora più importante, in seno agli eventi occorsi, appare il dato di SWEAT che nelle zone interessate da fenomeni vorticosi vanno a sfiorare il valore di 500 (aree arancioni), che per le nostre zone sono davvero elevati e piuttosto rari. Si ricorda che lo SWEAT è un indice empirico di stabilità che consente di valutare se vi siano o

no condizioni meteorologiche favorevoli allo sviluppo di trombe d'aria o tornado. È stato sviluppato negli Stati Uniti dopo aver analizzato un consistente numero di tornado. Valori compresi tra 250 e 300 possono dar luogo, se è in atto un forte sollevamento, ad intense manifestazioni temporalesche. Quando l'indice uguaglia o supera il valore di 400, vi sono altissime probabilità che si sviluppi una tromba d'aria o tornado, sebbene non si possa affermare che ve ne sia la certezza matematica) Rispetto ad altri indici, ha evidenziato spesso una notevole superiorità nell'individuare situazioni favorevoli allo sviluppo di fenomeni vorticosi, e la casistica inerente vaste aree della valle Padana, indica nel range di 300-400 la maggiore frequenza di eventi vorticosi nell'ultimo trentennio, particolarità che trova conferma anche nella presente circostanza.

Infine si considera la mappa di previsione dell'indice SREH (Storm Relative Helicity) tra 0 e 3000 metri alle 16UTC. Questo indice tiene conto dell'elicità verticale del vento: l'elicità è la tendenza del flusso d'aria in salita in atmosfera molto instabile ad assumere componente di moto rotatorio (elicità intesa come un'elica che gira) ed è indotta quasi sempre dal wind shear verticale (maggiore angolo di wind shear stimola maggiore elicità del flusso), dalla divergenza in quota e dalla convergenza al suolo (eventuale mesociclone); il valore è un buon indicatore della possibilità di sviluppo di funnel o tornado.

Explicit MR-NMM2 (BeRm) 2.6 km grid; 0-3000 m Storm Relative Helicity
0-6000 mt Storm motion (streamlines) - Init:15Z08JUL2007 val:16Z09JUL2007

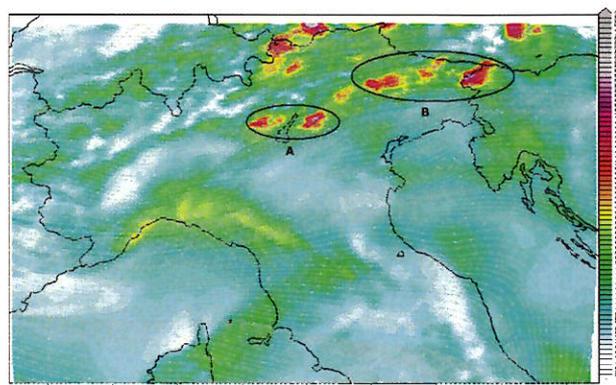


Fig. 21 – 9 luglio 2007, ore 16UTC. SREH index: 0-3000 metri. Fonte: Explicit NMM 4 km, MeteoCenter.

La SREH determina quindi la componente di moto elicoidale (vorticosa) all'interno degli eventuali updraft temporaleschi tra due livelli definiti: valori elevati di SREH (da $150\text{ m}^2/\text{s}^2$ in su) denotano la possibilità di formazioni mesocicloniche (supercelle), mentre oltre $300\text{ m}^2/\text{s}^2$ è molto probabile lo sviluppo di tornado mesociclonici anche violenti (F3-F5). Si noti la presenza di alcuni nuclei in cui i valori dell'indice sono massimi (cerchiati in nero e distinti dalle lettere A e B) e prossimi a $400\text{ m}^2/\text{s}^2$, collocati nelle adiacenze del lago di Garda, sull'alto Veneto e in Friuli. In particolare il nucleo A è nelle vicinanze dell'area mantovana in cui si sviluppa un forte tornado, mentre nelle aree interessate dal nucleo B non si verificano eventi vorticosi particolarmente importanti ad eccezione di un episodio tornadico sull'Alpago nel bellunese, ma comunque fortissime manifestazioni temporalesche. Un terzo nucleo, non evidenziato, interessa il Trentino Alto Adige con picchi oltre $300\text{ m}^2/\text{s}^2$ con notizie di qualche sospetto evento vorticoso ma non del tutto conclamato.

L'analisi sinottica del 10 luglio

Lo studio continua con la descrizione della sinottica relativa alle prime ore della notte del 10 luglio quando gli eventi più intensi interessano il nord-est.

La situazione in media e bassa troposfera

Mentre la situazione in alta troposfera rimane sostanzialmente invariata alcune modificazioni intervengono in media e bassa troposfera, e tali da determinare gli temporali della notte e del primo mattino su Veneto e Friuli.

La topografia di geopotenziale e temperatura sul piano isobarico di 500hPa (Fig. 22) vede la saccatura atlantica già analizzata in precedenza, isolare un cut-off sia di geopotenziale che termico, tra la Svizzera ed il comparto alpino lombardo in progressiva evoluzione verso levante. Tale cut-off è contraddistinto dalla chiusura di un minimo termico circoscritto dall'isoterma -20°C a testimoniare una sensibile avvezione fredda in atto in media troposfera. Pertanto tese correnti sud-occidentali a spiccata componente di moto ciclonica investono il Veneto a sud del cut-off, per poi ruotare da SSW tra Alto Adige e Friuli, laddove la curvatura ciclonica del flusso raggiunge la massima intensità associata ad elevati valori di vorticità positiva favorevoli all'instaurarsi di forti moti verticali (shear laterale del vento con flusso più intenso alla destra della direzione del flusso).

Explicit MR-NMM2 2.6 km grid; 500 hpa pressure layer - Temperatures (c) and HG
In: 15Z08JUL2007 vs: 02Z10JUL2007

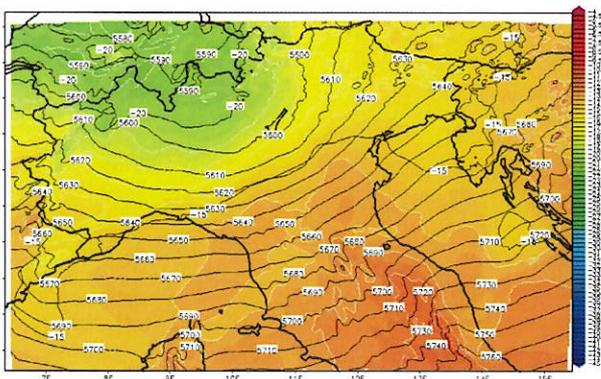


Fig. 22 – 10 luglio 2007, ore 02UTC. Geopotenziale e temperatura a 500hPa. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Tale dinamica è rilevabile anche nei piani isobarici sottostanti, come evidenzia la topografia di geopotenziale a 700hPa relativa alla stessa ora (Fig. 23). Anche su questo piano isobarico è rilevabile la presenza di un cut-off di geopotenziale sebbene leggermente fuori asse (chiusura più ed est di un centinaio di chilometri) rispetto a quello attivo a 500hPa. Normalmente, in caso di strutture cicloniche ancora alquanto attive, la posizione dei minimi barici lungo la verticale non è mai in fase o in asse (vale a dire minimi sovrapponibili in allineamento quasi perfettamente verticale), ed in genere si ha uno sfasamento dei centri di geopotenziale verso W o WNW a mano a mano che si sale di quota (ovviamente se la struttura evolve verso levante) il che indica ancora notevole dinamicità con settori caldi e freddi dell'onda depressionaria ancora ben definiti e processi frontali occlusivi non ancora innescati. Quando invece i minimi in bassa, media ed eventualmente alta troposfera sono sovrapponibili verticalmente (o in fase o in

asse) ci si trova in situazioni cicloniche con stato evolutivo già avanzato se non senescente e con processi frontali occlusivi già ben avviati. La situazione della notte del 10 luglio appartiene indubbiamente al primo caso, e quindi dinamicamente alquanto attiva, ed ulteriori conferme giungeranno dallo status relativo ai piani isobarici inferiori.

Explicit MR-NMM2 2.6 km grid; 750 hpa pressure layer - Temperatures (c) and HG
In: 15Z08JUL2007 vs: 02Z10JUL2007

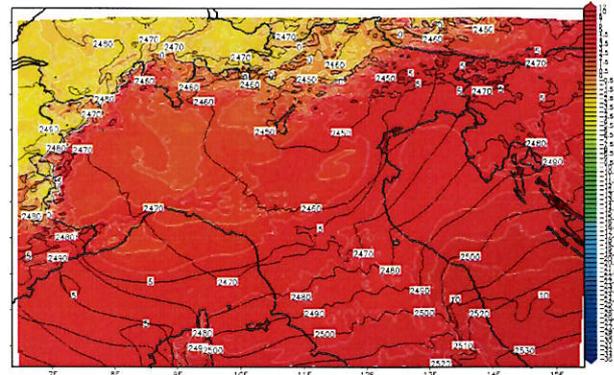


Fig. 23 – 10 luglio 2007, ore 02UTC. Geopotenziale e temperatura a 750hPa. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Quanto osservato alla quota isobarica di 700hPa è riscontrabile anche dal profilo orizzontale del vento allo stesso livello (Fig. 24) dove si può notare che il centro del cut-off approssimativamente sul Trentino Alto Adige, e che lo shear laterale del vento è particolarmente vivace su Veneto centro-orientale e Friuli, mentre dal corrugamento alpino lombardo e piemontese cominciano a manifestarsi le prime spinte fredde dai quadranti nord-occidentali in propagazione graduale ai livelli sottostanti.

Explicit MR-NMM2 2.6 km grid; 750 hpa pressure layer - Wind magnitude (m/s) and vector
In: 15Z08JUL2007 vs: 02Z10JUL2007

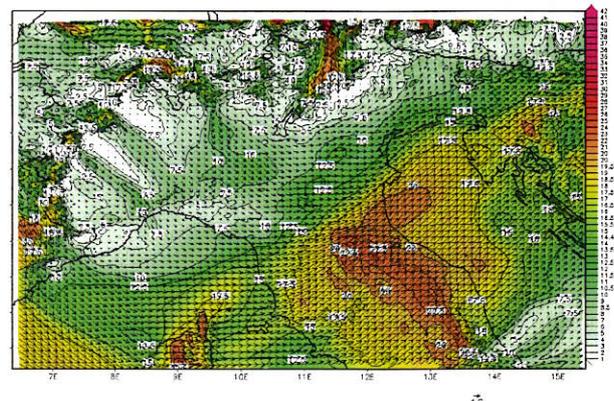


Fig. 24 – 10 luglio 2007, ore 02UTC. Direzione e velocità del vento a 750hPa. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Le mappe sul piano isobarico di 850hPa forniscono le conferme a quanto osservato, con un minimo di geopotenziale tra il Trentino Alto Adige ed il Friuli occidentale (quindi con l'asse spostato in avanti rispetto ai livelli isobarici superiori), con flussi sud-occidentali sul Veneto orientale e meridionali sul Friuli (Fig. 25). Da notare come su alto Adriatico, coste venete e Friuli orientale siano ancora presenti masse d'aria relativamente calde rispetto a quelle presenti sulla Val Padana centro-occidentale (dove si notano valori inferiori a 10°C). La distribuzione termica quindi mostra un maggior gradiente termico verticale in concomitanza all'avvezione fredda già attiva in media troposfera, sul piano isobarico di 500 hPa.

Explicit MR-NMM2 2.6 km grid; 850 hpa pressure layer - Temperatures (c) and HG
 In:15Z08JUL2007 val:02210JUL2007

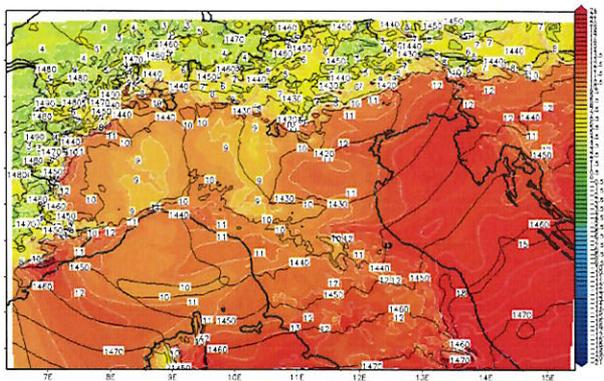


Fig. 25 – 10 luglio 2007, ore 02UTC. Geopotenziale e temperatura a 850hPa. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Il profilo orizzontale del vento al medesimo livello mostra ancor meglio il minimo chiuso tra Trentino e Friuli occidentale, con flussi ancora tesi da WSW su coste venete e più deboli da S su Friuli, mentre su Val Padana centro-occidentale e vallate alpine piemontesi, lombarde e trentine già irrompono correnti nord-occidentali più fresche (Fig. 26).

Explicit MR-NMM2 2.6 km grid; 850 hpa pressure layer - Wind magnitude (m/s) and vector
 In:15Z08JUL2007 val:02210JUL2007

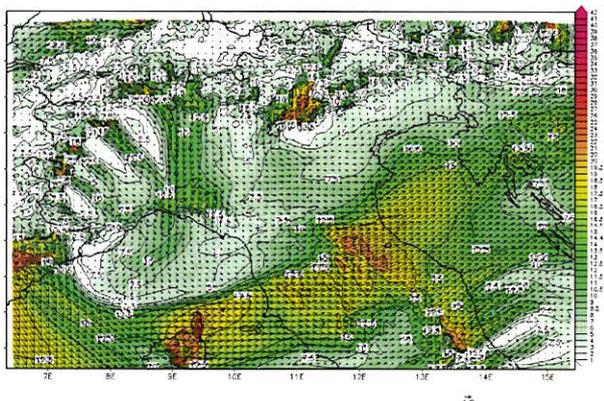
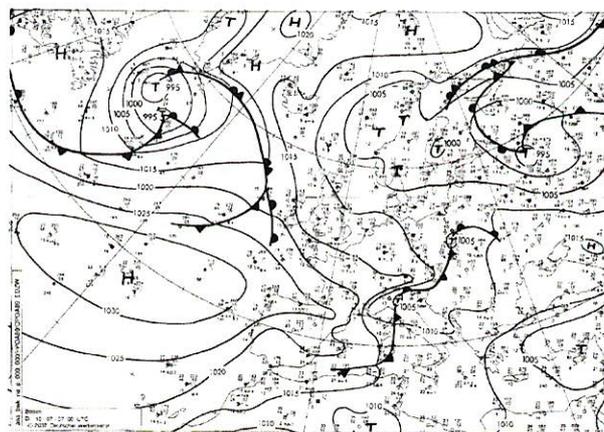


Fig. 26 – 10 luglio 2007, ore 02UTC. Direzione e velocità del vento a 850hPa. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Analisi sinottica al suolo

Infine veniamo alla situazione al suolo, che presenta ulteriori ed interessanti particolarità. La carta di analisi al suolo delle 00UTC rappresenta la naturale evoluzione rispetto a quanto verificato in seno alla fenomenologia del pomeriggio del 9 luglio, con un cuneo anticiclonico di origine azzorriana che si protende con assetto zonale da Francia ad arco alpino, mentre un mesominimo ciclonico di 1005hPa di natura orografica, facente capo ad un centro attivo su Europa nord-orientale, è chiuso su Lombardia orientale, e nelle ore successive si porterà proprio in direzione del Friuli (Fig. 27). Ad esso è associato un sistema frontale di origine atlantica il cui ramo freddo ondula in corrispondenza del settore alpino centro-orientale a causa della spinta dell'aria fredda da NW in addossamento alle Alpi dall'Europa centrale, e che in parte sfocia su comparto tirrenico attraverso la valle del Rodano, ed a causa della risalita calda sud-occidentale su versante adriatico e Friuli orientale dovuta alla chiusura del predetto mesominimo orografico.



<http://www.wetter3.de>

Fig. 27 – 10 luglio 2007, ore 00UTC. Analisi al suolo. Fonte: DWD.

Di norma ondulazioni frontali di questo tipo, che di tanto in tanto si innescano sulle regioni nord-orientali e dell'alto Adriatico in situazioni atmosferiche particolarmente disturbate, favoriscono moderata o forte attività temporalesca a causa della stretta interazione tra ingressi freddi in media troposfera, richiami caldi meridionali in bassa troposfera di matrice subtropicale sul comparto adriatico, ed incipienti infiltrazioni fredde, anch'esse nei bassi strati, che solitamente cominciano a tentare di sfondare rientrando anche da NE attraverso le Alpi Carniche e dal Carso. Infatti, nel caso specifico, sarà proprio l'ondulazione frontale, unitamente alla chiusura di mesominimi in bassa e media troposfera, a determinare forti temporali su Veneto in intensificazione sul Friuli.

Explicit MR-NMM2 2.6 km grid; 2 mt wind magnitude and vector
 In:15Z08JUL2007 val:02210JUL2007

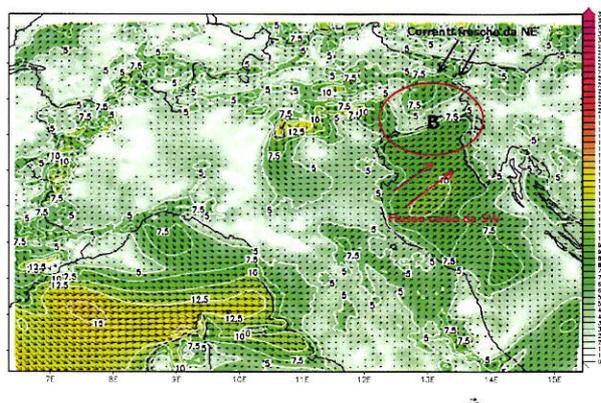


Fig. 28 – 10 luglio 2007, ore 02UTC. Direzione e velocità del vento al suolo. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Anche la mappa del profilo orizzontale del vento al suolo relativa alle ore 02UTC, evidenzia la posizione del mesominimo barico all'incirca nell'area cerchiata di rosso (lettera B) e corrispondente all'ondulazione frontale in fase di transito, per la quale vanno a convergere correnti calde da SW che ancora sono molto attive su alto Adriatico (tra 7.5 e 10 m/s) e le prime intrusioni di aria fresca da NNE attraverso i valichi alpini friulani (Fig. 28). Si viene pertanto a determinare, sempre in quell'area, una situazione di forte convergenza di basso livello che, unitamente a quanto verificato sugli altri livelli verticali, predispone l'atmosfera ad essere sede di forti correnti ascensionali, particolarmente sul comparto friulano.

Infatti nella nottata sistemi temporaleschi anche intensi si innescano sul Veneto con traiettoria SW-NE e quindi si propagano, intensificandosi notevolmente attraverso

l'innescò di nuove e piú potenti celle in seguito a condizioni termodinamiche ancor piú favorevoli, sul Friuli, assumendo una traiettoria piú meridionale (solidalmente con quanto visto in media e bassa troposfera a causa della chiusura del mesominimo orografico) e producendo grandinate anche molto vistose nonch  forti downburst lineari.

Indici di stabilit 

Anche l'analisi di alcuni indici di stabilit  conferma una situazione altamente favorevole ad intensa attivit  temporalesca. I valori di CAPE alle 01UTC, motivano in buona parte il verificarsi di grandinate di dimensioni ed intensit  inferiori sul Veneto e decisamente piú intense (talora rovinose) sul Friuli (Fig. 29). Infatti, anche in base a quanto osservato in precedenza sulle analisi in bassa troposfera,   sul Friuli che convergono ed interagiscono strettamente masse d'aria dalle diverse caratteristiche termobarometriche (calde da SW e fresche da NNE).

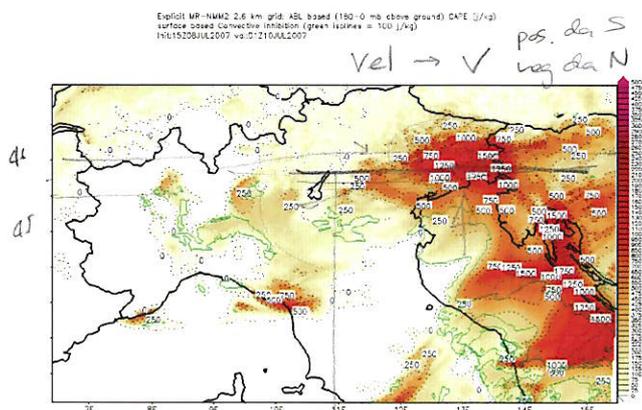


Fig. 29 - 10 luglio 2007, ore 01UTC. CAPE. Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

In particolare l'azione del flusso pre-frontale da SW piú caldo attivo su alto Adriatico si intensifica su Friuli orientale laddove le correnti ruotano da S prima di convergere con gli incipienti flussi nord-orientali, raccogliendo nel loro percorso sul mare buone quantit  di calore sensibile e di umidit  specifica da convertire in energia disponibile ai sistemi convettivi.

Infatti   proprio sul comparto friulano che si osservano i valori piú elevati di CAPE che normalmente sono un buon indicatore dell'eventuale intensit  degli updraft. Normalmente ad elevati valori di CAPE corrispondono forti e prolungati updraft in grado di sostenere chicchi di grandine di notevoli dimensioni, pertanto in linea di massima alti valori di tale indice sono potenzialmente favorevoli al verificarsi di forti grandinate (qualora si innescino potenti moti convettivi). Nella fattispecie si notano valori di 1750 J/kg su Friuli orientale con alcune aree circoscritte prossime a 2000 J/kg, mentre su Veneto i valori sono decisamente piú bassi, e non a caso gli episodi grandinigeni saranno particolarmente violenti su Friuli.

Un secondo indice che storicamente   in grado di dare buoni riscontri sul nostro territorio in seno alle minori o maggiori possibilit  di avere eventi temporaleschi   il K-index o indice di Whiting. Alle 02UTC i massimi valori sono rilevabili su Friuli centro-orientale con massimi superiori a 40 (valori che di norma presuppongono elevato rischio di forti temporali); anche il valore del TT-index   collocato su livelli medio-alti (Fig. 30). Valori elevati

dell'indice di Whiting si individuano anche sul bellunese e sul trevigiano. In sostanza la rappresentazione di alcuni indici di stabilit  trova buona corrispondenza con quanto occorso effettivamente.

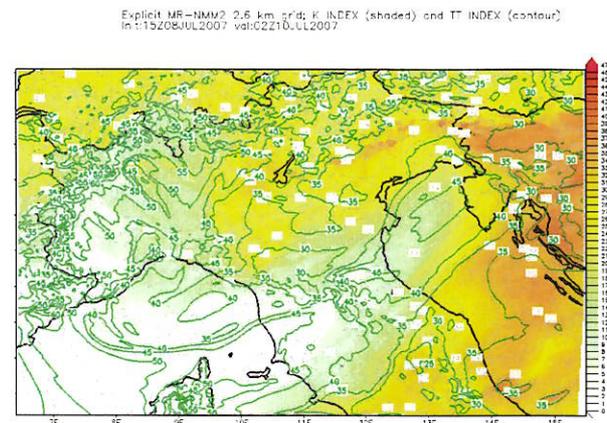


Fig. 30 - 10 luglio 2007, ore 02UTC. K-index (aree colorate) e TT-index (linee verdi). Fonte: Explicit NMM 2 km, MeteoCenter.

Le prime violente grandinate in Friuli

Nella mattinata del 9 luglio, nessun fenomeno convettivo ha ancora interessato la Pianura Padana. Nella notte il transito della saccatura sulla Francia associato al richiamo umido del fronte caldo ha concentrato tutti i fenomeni convettivi a nord delle Alpi, sull'Austria, sulla Svizzera e in Germania. Non appena per  il fronte freddo varca la catena alpina, incuneandosi sotto l'aria calda ed umida che continua a risalire sia dal Mar Ligure che dall'Adriatico settentrionale, la situazione si instabilizza nell'arco di pochissime ore.

L'immagine del satellite polare NOAA delle 14:32 (fig. x) mostra chiaramente la convezione limitata all'arco alpino in particolare sulle montagne dell'alta Lombardia, del Trentino e del Veneto.



Fig. 31 - 9 luglio 2007, ore 12:32UTC. NOAA: trispettrale

Gran parte del Piemonte   sotto una coltre di nubi medio-alte in movimento verso est, mentre la pianura veneta   costellata da piccoli cumuli, parte dei quali innescati dalla convergenza della brezza marina con il flusso sud/occidentale presente sull'interno della pianura veneta (evidenziati nell'ellisse rossa di Fig. 31).

La zona della Pianura Padana ove si sviluppano i primi cumulonembi esplosivi è proprio il Veneto orientale; sono sufficienti poche decine di minuti ai modesti cumuli per diventare dapprima dei cumuli congesti e poi dei cumulonembi.

Nell'immagine satellitare nel canale visibile alle 15:15 nel "mare di cumuli" si inizia ad intravedere il primo segnale della presenza di un'ombra, sulla zona tra Treviso e San Donà di Piave (VE) mostra che i cumuli sono in rapido sviluppo verticale, sono arrivati alla fase di ghiacciamento e stanno dando luogo alle prime deboli precipitazioni in quota testimoniate dalle immagini del radar di Teolo.

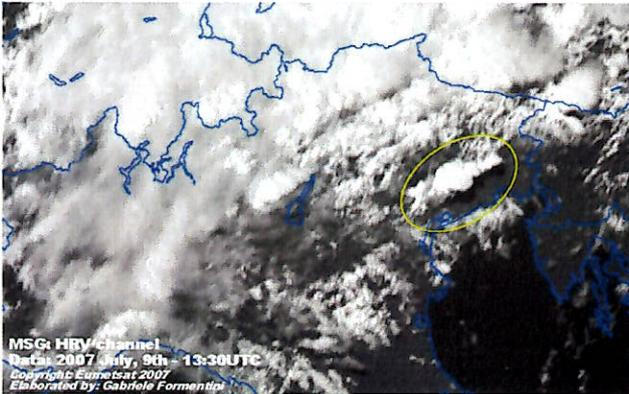


Fig. 32 - 9 luglio 2007, ore 13:30UTC. MSG: HRV
Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007

Ma è nei successivi minuti che la convezione esplose. Nell'immagine satellitare delle ore 15:30 (Fig. 32) le ombre sono nettissime, ben staccate dal bordo bianco della nuvolosità segno indistinguibile che le fortissime correnti verticali stanno portando la sommità dei cumuli molto in alto e a conferma di ciò la corrispondente immagine radar mostra già la presenza di due celle principali con intensi nuclei di riflettività (Fig. 33).

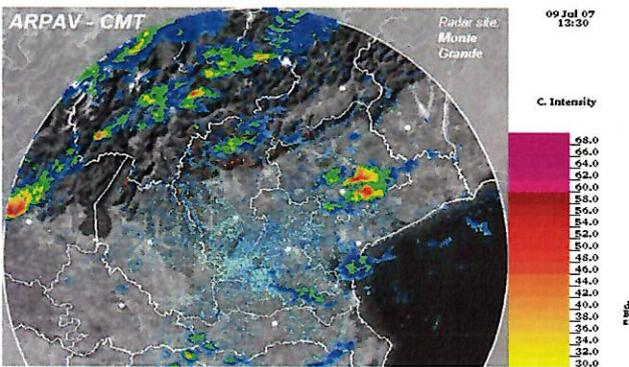


Fig. 33 - 9 luglio 2007, ore 13:30UTC.
Radar Teolo: PPI di riflettività a 1.5. Fonte: ARPAV

Gli updraft in pochi minuti raggiungono la tropopausa e sono costretti a divergere orizzontalmente con la formazione dell'incudine che inizia ad ingrandirsi sempre di più; alle ore 15:45 è ampia quasi 60km.

Alle ore 16:00 dall'incudine rotondeggiante che ha già superato l'estensione di 70 km, fanno capolino due overshooting top uno sulla zona tra Sacile e Pordenone e l'altro in Friuli sull'area di Tarcento (Fig. 34). Dopo un quarto d'ora la dimensione orizzontale dell'anvil ha quasi raggiunto i 100 km!

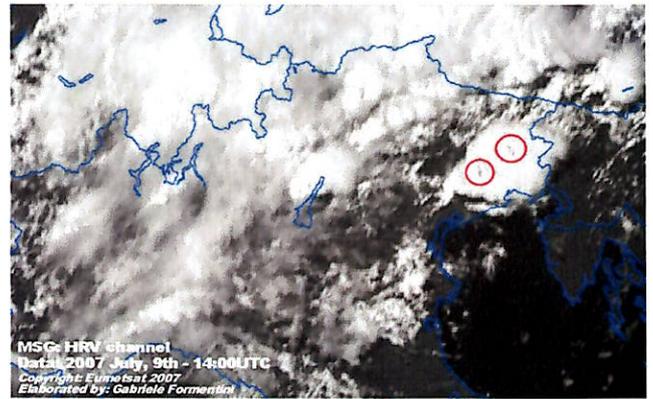


Fig. 34 - 9 luglio 2007, ore 14:00UTC. MSG: HRV
Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007

La visione di queste celle da una prospettiva meridionale lascia senza fiato. Le immagini scattate da Venezia da Matteo Chinellato mostrano i cumulonembi in rapido sviluppo verticale sulla cui sommità a tratti compaiono dei pileus (Fig. 35), nuvole accessorie che confermano la presenza di potenti updraft all'interno delle torri convettive.



Fig. 35 - Foto di: Matteo Chinellato. Fonte: forum.meteonetwork.it

Le immagini scattate da Benvenuto Righetto dal Cavallino (VE) mostrano l'incudine in espansione con l'imponente colonna del potentissimo updraft ben stagliata al di sotto di essa (Fig. 36).



Fig. 36 - Foto di: Benvenuto Righetto. Fonte: forum.meteonetwork.it

Un esperto cacciatore di temporali sloveno è presente nel Friuli centro-meridionale, che rappresenta il suo target di caccia per la giornata e mentre varca il confine scatta una fotografia da una prospettiva diversa rispetto alle precedenti. La sua posizione molto più ad est delle celle mostrano un'incudine estremamente protesa verso sottovento grazie alle forti correnti presenti in quota (Fig. 37).



Fig. 37 – Foto di: Marko Korosec. Fonte: www.weather-photos.net

Nelle zone della media pianura friulana inizia a manifestarsi i primi segni dell'attività elettrica e vengono riportati i primi tuoni tra Codroipo (UD) e Udine, e si registrano le prime precipitazioni in forma di deboli rovesci. Alle 16.30 una fulmine cade nei dintorni della stazione ferroviaria di Udine provocando molto spavento tra i passeggeri e gli operatori, ma senza causare alcun ferito.

A questo punto la convezione si è ben organizzata in tre aree in cui la spinta verticale è tale da sfondare la grande l'incudine ed apparire chiaramente nell'immagine satellitare come una struttura turbolenta ricca di ombre e contrasti (Fig. 38). I tre cumulonembi più meridionali originatesi nella parte meridionale della provincia di Treviso e spostatisi in direzione ENE, entrano in Friuli e danno luogo alle prime precipitazioni grandinogene, testimoniate da chicchi di dimensioni medio-piccola che cadono nella parte sud-occidentale della provincia di Udine accompagnati da raffiche di vento che provocano la caduta di qualche albero.

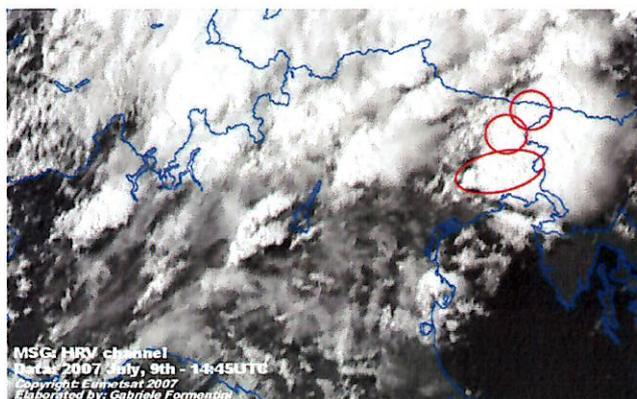


Fig. 38 - 9 luglio 2007, ore 14:45UTC. MSG: HRV
Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007

Nell'immagine radar di Teolo, ottimamente posizionato si possono riconoscere le strutture precipitative corrispondenti alle principali torri convettive evidenziate nell'immagine satellitare. Le celle più meridionali appaiono molto allungate in direzione WE, mentre le torri settentrionali sembrano avere una struttura più compatta (Fig. 39). Le celle più meridionali sono le più interessanti in quanto mostrano una struttura che potrebbe essere supercellulare ed saranno oggetto di un'ottima documentazione fotografica da parte di un esperto cacciatori di temporali del Thunderstorm Team, Marko Korosec.

Le diverse torri convettive meridionali non sono molto distanti l'una dall'altra cosicché la mutua interazione potrebbe essere di disturbo alla distribuzione dei flussi alle diverse quote in particolare per le celle sopravento (quelle

che si trovano sul settore nord/occidentale). Nello sviluppo di una supercella condizioni esterne che possano dare luogo ad una perturbazione dei flussi principali rappresentano le condizioni più pericolose alla sopravvivenza della natura supercellulare. Così sembra succedere alle celle poste più occidentali presenti nella bassa friulana.

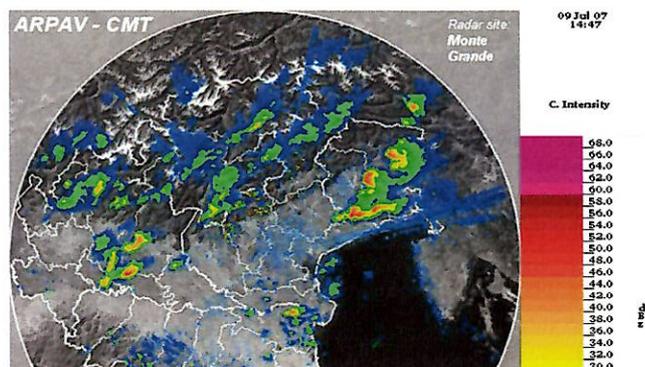


Fig. 39 - 9 luglio 2007, ore 14:45UTC.
Radar Teolo: PPI di riflettività a 1.5°. Fonte: ARPAV

La cella più orientale, però non ha davanti a sé alcuna struttura convettiva che ne possa disturbare l'inflow ed il sistema assume quindi i connotati di supercella ben evidenziati dalle immagini del radar di Concordia Sagittaria delle ore 17.00 (Fig. 40). Il radar è molto vicino alle celle e quindi in grado di analizzarne i particolari con grande dettaglio ma risulta "cieco" rispetto alle celle dell'alto Friuli proprio perché l'attenuazione delle precipitazioni molto vicine abbatte sensibilmente tutto il segnale in uscita.

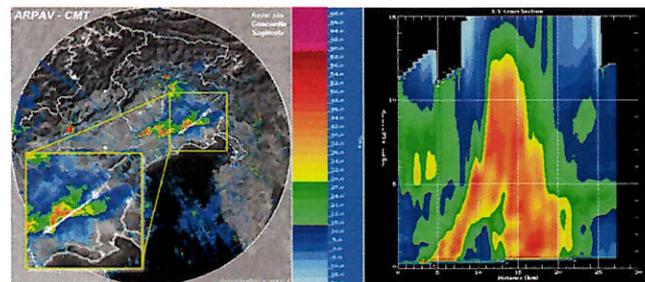


Fig. 40 - 9 luglio 2007, ore 15:00UTC. Radar Concordia Sagittaria: PPI di riflettività a 0.5° con sezione verticale. Fonte: ARPAV

Un'attenta analisi dei dati radar mostra che la cella in questione oltre ad avere una classica forma arcuata presenta una ben definita forma a V con un evidentissimo v-notch (area a bassa o nulla riflettività posta sul settore nord/orientale della cella e dovuta alla divergenza delle forti correnti in quota quando queste impattano sull'overshooting top).

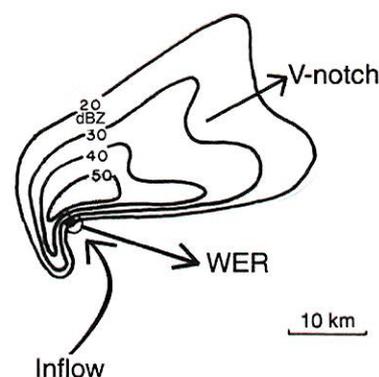


Fig. 41 – Schema di supercella. Fonte: "Temporali e Tornado", Alpha Test

La sezione effettuata lungo la direttrice A-B dell'immagine di riflettività mostra un'altra caratteristica principale delle

supercelle, ossia la WER (Weak Echo Region), conosciuta anche come inflow notch (Fig. 41). Si tratta di un'area a bassa riflettività dovuta al fatto che la forza dell'updraft principale nell'area di massimo inflow trasporta l'aria umida verso l'alto a velocità tali da impedire la formazione di goccioline "visibili" al radar. I dati doppler della velocità radiale mostrano proprio in corrispondenza della zona a bassa riflettività, velocità radiali negative (ossia in avvicinamento al radar) evidenziate dall'ellisse nella sezione verticale (Fig. 42) che marcano l'area dell'inflow, mentre tutt'attorno le gocce d'acqua si muovono allontanandosi dal radar.

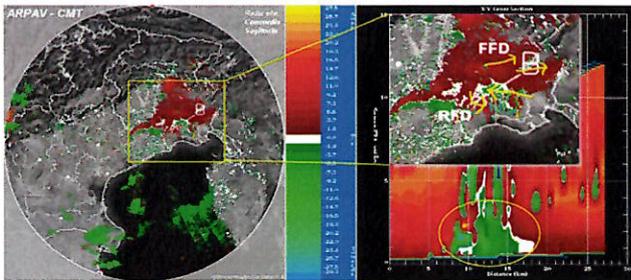


Fig. 42 - 9 luglio 2007 - ore 15:00UTC. Radar Concordia Sagittaria: PPI di velocità radiale a 0.5° con sezione verticale. Fonte: ARPAV

In particolare nell'ingrandimento con le frecce gialle vengono messe in evidenza l'inflow e le correnti di outflows associate al FFD (Forward Flank Downdraft) nella parte avanzante della supercella dove si trovano la maggioranza delle precipitazioni e dei downbursts e al RFD (Rear Flank Downdraft) la regione di aria più secca che scende dietro al mesociclone ed attorno alla nube a muro (wall cloud), nel settore sud-occidentale. Il FFD è la regione principale dei downdrafts nella parte avanzate della supercella. Il RFD è la regione di aria più secca che scende dietro al mesociclone e che a volte si evidenzia con la clear slot o RFD notch, una zona piuttosto localizzata ove il cielo si presenta meno nuvoloso o addirittura lascia intravedere la luce solare.



Fig. 43 - Foto di: Marko Korosec. Fonte: www.weather-photos.net

Marko Korosec che sta cacciando proprio lungo l'autostrada A4 Torino-Trieste che corre sul lato meridionale delle celle, testimonia con le sue fotografie che la struttura possiede una natura supercellulare con la presenza di un imponente wall cloud. L'intercettazione avviene nella zona tra Latisana (UD) e San Giorgio di Nogaro (UD). La vista della supercella è spettacolare, l'inflow band ossia la nube che marca distintamente l'aria calda e umida che entrando nel temporale lo alimenta, è notevolissima e di grosso spessore (Fig. 43).

La shelf cloud, quella formazione nuvolosa "a mensola" che si origina sul bordo avanzante del temporale quando le correnti discendenti, una volta giunte al suolo, sollevano

l'aria caldo umida davanti ad esso fino al livello di condensazione, è nettissima. Essa si trova nell'area del FFD, e precede l'arrivo di una grandinata con chicchi di 4-5 cm di diametro il cui fragore è chiaramente percepibile già a 500 metri di distanza (Fig. 44). La grandine interessa i comuni di Bagnara Arsa, Privano, Sevegliano, Castions delle Mura, Campolongoletto, Visco di Palmanova, tutti in provincia di Udine.



Fig. 44 - Foto di: Marko Korosec. Fonte: www.weather-photos.net

L'inseguimento della supercella avviene verso oriente e porta alla visione di uno splendido mesociclone con un'inflow band massiccia, ripreso nella zona di Villesse (GO), accompagnato ancora dalla caduta di grandine di circa 3 cm di diametro ma senza pioggia (Fig. 45). Anche la città di Gorizia viene successivamente interessata dalla grandinata.



Fig. 45 - Foto: Marko Korosec. Fonte: www.weather-photos.net

Un altro osservatore che si trova a nord dei temporali presenti nella bassa friulana, nella zona di Udine Sud, ha la possibilità di immortalare in tutta la sua magnificenza l'imponente shelf cloud avanzante (Fig. 46).



Fig. 46 - Foto di: Gianandrea Peressutti. Fonte: forum.meteotriveneto.it

A seguito del passaggio della shelf cloud lo stesso osservatore riporta una breve ma piuttosto fitta grandinata, con chicchi delle dimensioni di una ciliegia.

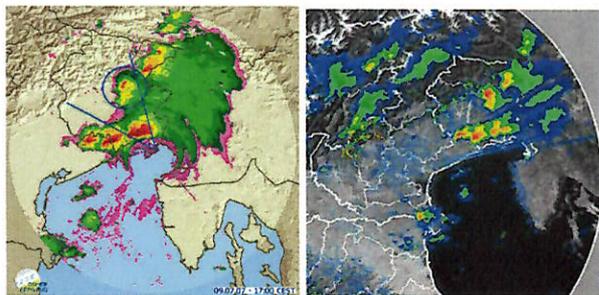


Fig. 47 - 9 luglio 2007 - ore 15:00UTC. Radar Fossalon: VMI di riflettività (a sinistra) e Radar Teolo: PPI di riflettività a 1.5° (a destra).

A nord del sistema convettivo presente sulla bassa friulana, nella pedemontana sempre intorno alle ore 17.00 è presente un altro cumulonembo responsabile di violente grandinate. Le immagini del radar di Fossalon di Grado e del radar di Teolo ne mostrano la posizione (evidenziata dal cerchio blu in Fig. 47) ma non permettono di apprezzarne l'intensità in quanto il segnale del radar friulano è fortemente attenuato dalla presenza della grandine all'interno della supercella presente pochi chilometri a nord-ovest del punto di osservazione. Il triangolo aperto mostra proprio l'area in cui è lecito aspettarsi un'attenuazione del segnale. A conferma di ciò si riporta anche un'immagine del radar di Teolo che mostra, nonostante la grande distanza – oltre 190km dal sito di Monte Grande (PD) - dei valori di riflettività confrontabili se non addirittura maggiore di quelli della celle più meridionali.



Fig. 48 - Foto di: Federico Tosolini. Fonte: forum.meteotriveneto.it

Molte sono le testimonianze delle violente grandinate che colpiscono l'area pedemontana a nord di Udine nei paesi di Buja, Tarcento e Gemona del Friuli. A Buja cadono chicchi di grandine fino a 5 centimetri di dimensione (Fig. 48 e Fig. 49), che provocano la rottura dei parabrezza delle autovetture e ingenti danni alle coltivazioni di mais. La forma dei chicchi non è regolare ma spesso si presentano con forme oblate e con la presenza di punte.



Fig. 49 - Foto di: Federico Tosolini. Fonte: forum.meteotriveneto.it

Tali caratteristiche indicano forti updraft con la presenza di molte goccioline sopraffuse che a causa della dell'elevata velocità di salita, non fanno in tempo ad unirsi per formare gocce più grosse con la tendenza quindi a depositarsi sui lobi, ingrandendoli. Inoltre l'abbondanza di umidità nei bassi strati e la differenza di temperatura tra le quote più alte e quelle più basse hanno favorito l'accrescimento dei chicchi.

Il paese di Gemona del Friuli (UD) viene sfiorato dal temporale ed un altro testimone parla della caduta di

grandine secca con chicchi dalla forma irregolare. Il sistema appare ruotare e l'osservatore riesce ad avvistare anche un funnel (evidenziato nel riquadro di Fig. 50).



Fig. 50 - Foto: Alex Londero. Fonte: forum.meteotriveneto.it

Tutte le celle friulane originano delle maestose incudini che tendono a fondersi una dentro l'altra formando quello che in gergo viene chiamato un MCS (Mesoscale Convective System) ben evidente dalle immagini nell'infrarosso termico delle ore 14:30 e 15:00UTC del satellite MSG (Fig. 51). Un MCS è un sistema temporalesco a mesoscala, in pratica una struttura convettiva complessa ed estesa che nasce dall'unione di diversi elementaleschi.

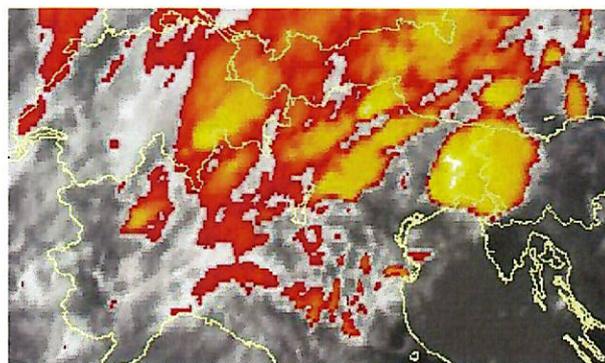


Fig. 51 - 9 luglio 2007, ore 14:30UTC. MSG: infrarosso a 10.8 micron. Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007.

Tornado EF2 a Guidizzolo (MN)

Mentre il Friuli viene colpito dalle prime rovinose grandinate, in Piemonte e nella Lombardia orientale la convezione prende corpo e si sviluppa rapidamente.

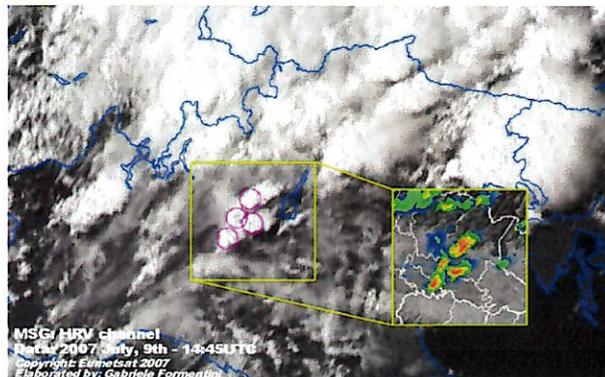


Fig. 52 - 9 luglio 2007, ore 14:45UTC. MSG: HRV e radar Teolo. Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007

I primi segnali sono già ben evidenti nelle immagini satellitari delle ore 16:15-16:30. L'immagine nel canale visibile del MSG delle 16:45 (Fig. 52) mette in mostra chiaramente quattro celle principali nel lodigiano, confermate dai

corrispondenti dati radar di Teolo riportati nel riquadro in figura.

Un cacciatore di temporali, Andrea Colombo, in azione molto più ad occidente sul confine con il Piemonte, nonostante la grande distanza dal sistema convettivo, scatta una fotografia che mette in evidenza la potenza dell'updraft della cella più intensa del gruppo, un cumulonembo caratterizzato da una parte sommitale in rapida espansione verticale (tipica struttura a fungo atomico) e da una base molto bassa (Fig. 53).



Fig. 53 - Foto: Andrea Colombo. Fonte: www.centro.meteolombardo.com

Tra le 16:45 e le 17:00 le ombre nelle immagini satellitari divengono imponenti ed iniziano a svilupparsi due definite incudini nella cella più meridionale e in quella più settentrionale, segno che gli updraft hanno impiegato pochi decine di minuti per innalzare la sommità dei cumuli alla quota della tropopausa. In tali immagini sono visibili anche delle bande nuvolose di non particolare spessore che vengono risucchiate dall'inflow. Osservando attentamente la sequenza di immagini ad alta risoluzione, si nota che alla cella più meridionale bastano circa trenta minuti per ripulire la zona a sud dalla nuvolosità presente. Solo la cella più settentrionale mantiene la sua autonomia ed alle 17:30 l'incudine principale, che ormai ha raggiunto una dimensione orizzontale di circa 100 km, sovrasta completamente tutte le singole torri convettive. Da questo momento in poi ci sarà una sola incudine in espansione tale che alle ore 18:00 si trova centrata sull'Altopiano di Asiago con una dimensione che è cresciuta fino oltre i 120 km. Alla massima estensione raggiungerà quasi i 140 km !



Fig. 54 - 9 luglio 2007, orari UTC. Radar Teolo: storm tracks. Fonte: ARPAV

L'analisi dei dati del radar di Teolo, effettuato tramite l'utilizzo dell'algoritmo SCIT (Storm Cell Identification and Tracking), mostra che quasi tutte le celle che transitano nel dominio radar seguono una traiettoria WSW-ENE

“comandate” dal flusso alle quote medie (Fig. 54). Solo la cella più meridionale del gruppo formatesi nel lodigiano mostra una tendenza a muoversi lungo una traiettoria lievemente inclinata (poco meno di 10° più a destra) rispetto alla traiettoria seguita dalla maggioranza delle celle del pomeriggio.

Già nell'immagine radar delle 17:15 la natura supercellulare è molto ben evidente con le precipitazioni che si avvolgono attorno al mesociclone. Ma è nell'immagine delle ore 17:30 del radar di Teolo che il mesociclone si manifesta in tutta la sua grandezza.

Il PPI a 0.9° di riflettività (Fig. 55) mostra chiaramente la presenza di un eco ad uncino estremamente ben definito nella cella più orientale. La posizione marginale del radar rispetto alle celle che si trovano ad una distanza variabile tra i 90 e i 120 km, impedisce al fascio radar di “scrutare” nei livelli più bassi della troposfera. La base dell'eco si trova infatti intorno ai 2500 metri dal suolo; nonostante questa limitazione, la sezione verticale effettuata lungo la direttrice A-B mostra dei segni inequivocabili relativi alla presenza del mesociclone.

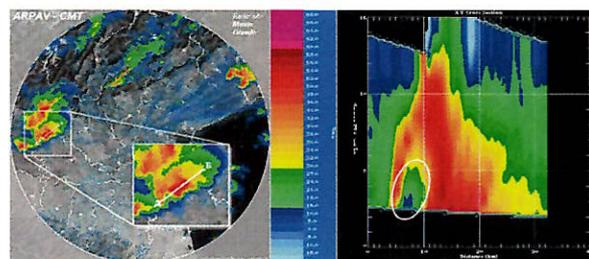


Fig. 55 - 9 luglio 2007, ore 17:30UTC. Radar Teolo: PPI di riflettività a 0.9° con sezione verticale. Fonte: ARPAV

L'area a bassa riflettività evidenziata nell'ellisse bianca è la chiara impronta della WER. Qui l'aspirazione dell'updraft è così intensa da non permettere alla goccioline di unirsi per coalescenza in elementi di dimensioni tali da poter risultare visibili al radar. Le gocce vengono letteralmente “sparate” verso la parte alta del cumulonembo dove trovano condizioni di accrescimento più favorevoli. L'estensione della WER oltre i 5000 metri di quota è un ottimo segnale dell'intensità del mesociclone.

L'uncino, distinguibile meglio nell'ingrandimento, si origina grazie all'azione combinata del mesociclone all'interno del cumulonembo e delle correnti del RFD. Sono le correnti discendenti che si originano dall'impatto del flusso alle quote intermedie sulla parte posteriore dell'updraft rotante della supercella e che spingono verso il basso le precipitazioni “avvolgendole” attorno alla wall cloud.

Il racconto di un testimone, Niki Olivopotenza, che si trova nella sua abitazione a Castel Goffredo (MN), fornisce un'ulteriore preziosa conferma della natura supercellulare del sistema convettivo. Egli stesso così descrive quegli attimi: “Verso le ore 17 mentre ero in casa, sento il rumore di tuoni continuo, allora esco e guardo il cielo e noto che da ovest avanzava un temporale con una forma assai minacciosa e che mi ricordava i filmati di formazione di tornado che ho visto non molto tempo fa. Dopo aver scattato alcune foto noto che le nuvole si muovono a velocità assai elevata e ruotano in senso antiorario. Passano un paio di minuti e il temporale è quasi sulla mia testa e queste nuvole continuano a ruotare, subito penso sia solo una suggestione dovuta ai i filmati che avevo visto, attendo ancora un altro minuto ma la mia paura

sale, allora dico a mia mamma di entrare subito in casa e chiudere tutto, in quel momento il vento aumenta”.

Le fotografia di Fig. 56 mostra una magnifica nube a muro o wall cloud che si staglia nettissima dalla base del cumulonembo e si abbassa minacciosa verso il suolo. La nube a muro o nube a parete, è un abbassamento (lowering) della base del cumulonembo caratterizzato da forti correnti ascendenti e si origina dal fatto che le correnti discendenti, invece di dilagare al suolo dietro al temporale come outflow, vengono richiamate all'interno del temporale stesso grazie al movimento rotatorio indotto dal mesociclone alla supercella.



Fig. 56 – Foto di: Niko Olivopotenza. Fonte: forum.meteonetwork.it

La testimonianza di Niko Olivopotenza continua così: *“Inizio con mia madre a chiudere finestre e fatto questo (avremo impiegato quattro minuti) vado al piano superiore a mi affaccio all'ultima finestra rimasta aperta e sulla destra a circa 400 metri da casa mia vedo un turbinio di oggetti all'altezza di 50-60 metri che ruotano ad alta velocità, purtroppo non sono riuscito a fare la foto anche perchè il temporale si è spostato velocemente e la mia visuale della finestra non mi ha più permesso di vedere nulla. Subito ho pensato che si trattasse di un tornado di piccole dimensioni ma la cosa che mi lasciava perplesso è che non ho notato il classico cono dei tornado ma solo il turbinio di terra ed oggetti”.*

Successivamente si capisce che il tornado ha toccato terra nel paese di Castel Goffredo dove si sono registrati i primi seri danni: danneggiamento della copertura del tetto di una scuola e di un supermercato, alcune case scoperchiate, la caduta di alberi ed alcuni infissi divelti. Un particolare che può risultare importante per la valutazione dell'intensità del tornado, è il fatto che parte della copertura di una scuola è stata trovata sopra un'auto che quindi dovrebbe essere stata sollevata dalla forza del vento.



Fig. 57 - Guidizzolo e la direzione del tornado. Fonte: Google Earth

In pochi minuti il tornado, spostandosi in direzione ENE, percorre la distanza di 7 chilometri che separa Castel Goffredo da Guidizzolo (MN), lasciando un'inequivocabile corridoio di danni nei campi di mais, di girasole e di soia ed acquista potenza divenendo nel contempo visibile grazie alla

presenza di un'imponente “debris cloud”. Prima di entrare nel paese di Guidizzolo il vortice provoca altri danni nell'abitato di Rebecco (Fig. 57).

L'arrivo del tornado nell'abitato del paese principale è preceduto da un'intensa, seppure breve grandinata con la caduta di chicchi di dimensioni ragguardevoli, anche di 6 cm di diametro che provocano i primi danni. Il tornado transita proprio sul centro del paese di Guidizzolo provocando danni ingentissimi e ben tredici feriti. Le foto scattate da Brambilla e da Andrea Torazzi dall'abitato di Cavriana posto ad est di Guidizzolo, mostrano in tutta la sua interezza il cono e la nube di detriti che assume una colorazione marrone dovuta alla polvere sollevata da terra (Fig. 58).



Fig. 58 - Foto di: C. Brambilla e Andrea Torazzi. Fonte: La Gazzetta di Mantova

I testimoni intervistati dai giornalisti della Gazzetta di Mantova, parlano di attimi di terrore in quei sessanta secondi durante i quali il tornado ha attraversato da WSW a ENE il paese di Guidizzolo. I danni sono ingenti, circa cinquecento le abitazioni danneggiate, alcune risultano completamente scoperchiate, altre riportano danni alla coperture, alle pareti, alle porte e alle finestre a causa dei detriti scagliati dalla forza del vento o per il crollo di alberi. Una gru è stata letteralmente piegata, piccoli muri sono stati abbattuti. Parecchie le serre crollate e gli alberi sradicati, alcune strutture pubbliche come il teatro comunale dichiarate inagibili. Il tornado riesce a sollevare e spostare delle automobili ed asportare dei mobili dalle stanze delle case come racconta una testimone riferendosi proprio alla mobilia della sua casa: *“Erano in casa e il turbine me li ha strappati dalla stanza”.*



Fig. 59 - Foto di: La Gazzetta di Mantova. Fonte: MeteoNetwork.

La forza del vento è sicuramente ciò che ha più impressionato le persone che hanno vissuto quei momenti: *“C'era il sole, poi, all'improvviso ho sentito un rumore cupo. Ho detto a mia moglie entriamo in casa ma il vento era così forte da impedirci il movimento. Ci siamo aggrappati alla ringhiera e con fatica abbiamo aperto la porta. Un attimo dopo una grossa trave è caduta in giardino”.*

La conta dei feriti arriva a tredici persone, tutti colpiti dai detriti come le tegole cadute dai tetti, i rami staccati dagli alberi e altri oggetti vaganti. Caratteristica comune a tutti i tornado è che mentre le strutture subiscono i danni a causa diretta del vento come ad esempio nel caso delle case

scoperchiate (Fig. 59), i traumi che le persone subiscono sono ascrivibili quasi esclusivamente ai detriti volanti. Infatti una delle regole principali per cercare di limitare le possibilità di rimanere feriti dal passaggio di un tornado, è quella di rifugiarsi nella stanza più interna della casa, in particolare lontano dalle finestre.



Fig. 60 - Foto di: La Gazzetta di Mantova. Fonte: MeteNetwork.

Anche in questo evento, come in gran parte dei tornado che interessano il territorio italiano, si possono riscontrare alcune differenze rispetto agli effetti che i tornado hanno negli Stati Uniti. La case in Italia sono costruite in genere con l'utilizzo del cemento armato e questo impedisce alla casa di essere letteralmente demolita come succede spesso di vedere quando un tornado colpisce una zona abitata nelle grandi pianure americane. La seconda differenza è data dal tipo di copertura degli edifici. Quasi ovunque in Italia vengono utilizzate le tegole che però, essendo semplicemente appoggiate una a fianco all'altra si trasformano facilmente in pericolosissimi oggetti volanti; questa sicuramente è una caratteristica peggiorativa rispetto agli States dove le tegole vengono poco utilizzate (Fig. 60 e Fig. 61).



Fig. 61 - Foto di: La Gazzetta di Mantova. Fonte: MeteNetwork.

Un'altra peculiarità dei tornado italiani (presente in tutti e tre gli eventi vorticosi del 9 luglio) è il fatto che l'alta densità abitativa del territorio italiano, in particolare di tutta la Pianura Padana, aumenta sensibilmente la probabilità che il fenomeno colpisca una zona abitata e quindi il rischio di provocare delle ingenti perdite economiche.



Fig. 62 - Foto di: C. Brambilla. Fonte: La Gazzetta di Mantova

Le fotografie e i sopralluoghi post evento risultano molto importanti in quanto un'attenta analisi dei particolari nel materiale raccolto permette una stima della intensità del tornado (Fig. 62).

La classificazione dei tornado avviene in base agli effetti che essi producono sulle strutture e al territorio. Theodore

Fujita nel 1971 introdusse una scala a cinque livelli dove il tornado più debole viene classificato come F0 e il più potente come F5. Ad ogni grado della scala corrisponde un intervallo di velocità del vento.

A febbraio 2007 un team di meteorologi ed ingegneri americani ha introdotto la nuova scala chiamata EF (Enhanced Fujita). Le raffiche di vento della durata di 3 secondi nella classificazione EF riportano venti da 105 a 135 km/h per un tornado EF0, da 135 a 180 km/h per un EF1 e da 180 a 220 km/h per un tornado EF2. I tornado EF5 hanno venti superiori ai 320 km/h.



Fig. 63 - Fonte: storms.meteonetwork.it

I Tornado che raggiungono questa categoria sono relativamente rari qui in Italia. Il precedente tornado di intensità pari e superiore a quello di Guidizzolo si è registrato ad Arcore-Concorezzo (MI) il 7 Luglio 2001, l'ultima giornata interessata da un outbreak di supercelle in Pianura Padana prima del 9 luglio 2007. In quella giornata il tornado percorse circa 6 km ma provocò molti più danni e fu correttamente classificato come F3. A titolo esemplificativo si riportano due fotografie relative al 7 luglio 2001 (Fig. 63).



Fig. 64 - Foto: Vigili del Fuoco. Fonte: La Gazzetta di Mantova

Lo studio delle fotografie, in particolare delle riprese aeree, nel caso di Guidizzolo effettuate a bordo dell'elicottero dei Vigili del Fuoco poco dopo il passaggio del tornado, permette una corretta classificazione della forza del tornado (Fig. 64). Purtroppo troppo spesso in Italia, a causa di una cultura meteorologica superficiale, vengono attribuiti alle trombe d'aria anche i danni causati da venti di caduta lineari, chiamati downburst o microburst.



Fig. 65 - Fonte: www.repubblica.it

Il caso più eclatante nonché più recente si riferisce al 15 giugno 2007, quando delle potenti raffiche di downburst a circa 140 km/h a Mestre, hanno provocato il crollo di alcune

torri per gli impianti audio-video al concerto dell'Heineken Jammin Festival.

I media, dai quotidiani alle televisioni, dalle edizioni locali a quelle nazionali (Fig. 65) non hanno fatto altro che aprire le edizioni dei Tg e le prime pagine facendo spreco di termini quali “tromba d'aria, uragano, tempesta”.

Anche i quotidiani locali titolavano a piena prima pagina: “Ore 17. Una tromba d'aria e crollano le torri” con poco gusto e rispetto per le torri dell'11 settembre. È triste ammetterlo ma purtroppo la meteorologia sempre più spesso in Italia viene utilizzata per fare audience e non per diffondere la vera cultura.

I downburst nel nostro paese sono molto più frequenti dei tornado e si manifestano praticamente ad ogni temporale che raggiunga una certa intensità. Non per questo possono essere sottovalutati come dimostrano diversi eventi meteorologici registratesi negli ultimi anni nel Triveneto, come ad esempio il 29 giugno 2005 quando il vento con raffiche lineari soffiò fino a 150 km/h all'aeroporto di Aviano provocando anche il rovesciamento di un elicottero.

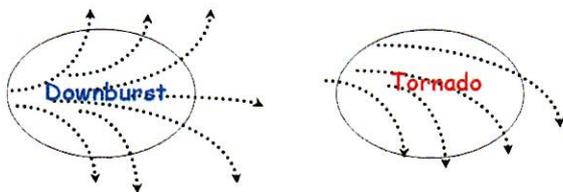


Fig. 66 - Fonte: “Temporali e Tornado”, Alpha Test.

Sono due gli elementi distintivi che differenziano i danni da tornado da quelli di downburst. Nel caso di un tornado i danni sono localizzati in aree molto ristrette (di alcune decine di metri nel caso di tornado medio-piccoli) e spesso è riscontrabile un percorso di detriti e vi è la presenza di zone gravemente danneggiate affiancate da zone in cui i danni sono molto lievi o addirittura assenti. Nel caso di downburst le aree soggette a danni sono molto più ampie (centinaia di metri). La seconda caratteristica è riscontrabile dalla disposizione delle strutture abbattute che nel caso di downburst tendono ad essere disposte lungo linee rette (ad esempio alberi abbattuti tutti nella stessa direzione prevalente), mentre un tornado spesso lascia un'impronta curvilinea nella scia dei detriti (Fig. 66).



Fig. 67 - Foto: Vigili del Fuoco. Fonte: La Gazzetta di Mantova

Lo studio dei dettagli può poi portare ad interessanti considerazioni come i particolari evidenziati dalle ellissi gialle nella foto di Fig. 67.

Si possono distinguere facilmente due sentieri di detriti distinti molto probabilmente attribuibili ai vortici secondari che possono essere presenti all'interno dello stesso tornado. Le due tracce sono evidenziate nell'ellisse gialla di Fig. 67 e la zona è indicata dalla piccola freccia rossa in Fig. 57; questo è sufficiente a dimostrare che il tornado è giunto sulle case racchiuse nell'ellisse rossa provenendo da WSW (dalla parte alto-sinistra della fotografia). Non potendosi

trattare di una cuspid (sarebbe ipotizzabile solo se il tornado fosse arrivato dalla parte alto-destra della fotografia) come si può evincere dallo schema di Fig. 68, quello che si può ipotizzare è proprio la presenza di due distinti vortici secondari all'interno del vortice principale, cosa non infrequente e ben documentata negli altri due eventi vorticosi che hanno colpito il vercellese e il bellunese.

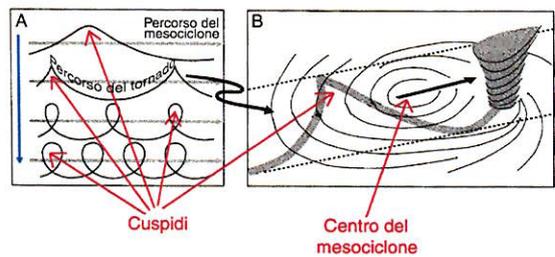


Fig. 68 - Cuspidi. Fonte: “Temporali e Tornado”, Alpha Test.

Ai vortici secondari sono spesso ascrivibili i danni di maggiore portata in quanto alle velocità di traslazione e rotazione del tornado, si somma la velocità dei singoli vortici come ben esemplificato dallo schema di Fig. 69.

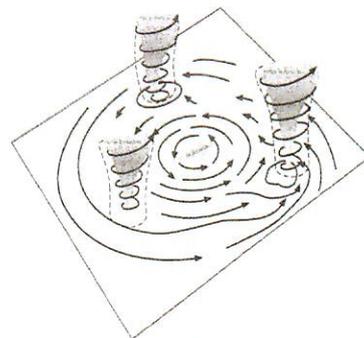


Fig. 69 - Vortici secondari. Fonte: “Temporali e Tornado”, Alpha Test.

Un altro testimone di Guidizzolo così spiega la situazione in paese: “Auto rovesciate non ce ne sono ma vi assicuro che molte sono state spostate e addirittura un Fiat Doblò è stato alzato da terra e spostato di 50 metri. Anche un trattore con botte trainata è stato alzato senza però essere stato spostato. In paese si parla insistentemente di due tornado che ad un certo punto si sono uniti dando vita ad una forza mai vista”.

Questa preziosa testimonianza potrebbe avvalorare l'ipotesi dei due vortici più sopra formulata. Infatti la foto di fig. x riprende la zona dove i due vortici potrebbero essersi uniti per poi danneggiare gravemente un gruppo di villette a schiera (Fig. 67).



Fig. 70 - Il percorso del tornado e i luoghi in cui è caduta la grandine.

Dopo tutte le valutazioni del caso, si può classificare il tornado come EF2 per la buona parte del percorso. Nonostante non si possa escludere che il tornado abbia toccato in alcuni punti anche il grado EF3, rimane comunque più plausibile una classificazione dell'evento come EF2. Si ricorda che un tornado può avere diversi gradi di intensità durante la sua vita a terra, generalmente i danni ascrivibili al livello più basso della scala (EF0) avvengono quando il tornado tocca terra per la prima volta e poi poco prima di dissolversi. Anche nel caso quindi di Guidizzolo, lungo i circa sette chilometri percorsi dal tornado, il tornado potrebbe avere assunto diverse intensità della scala da EF0 a EF3.

A conclusione della descrizione dell'evento mantovano si cita l'incredibile ritrovamento di alcune cassette di legno di un'azienda agricola di Guidizzolo a circa 25 km di distanza dal paese. Si riportano anche intense grandinate con chicchi fino a 4-5 centimetri di diametro caduti sulle zone immediatamente a nord del percorso seguito dal tornado nelle frazioni e i paesi di Cavriana, Bande, Pozzolengo, Solforino e Grole. Il paese di Medole invece è stato interessato dalla caduta di chicchi più piccoli ed ovoidali di 1-2 centimetri di grandezza (Fig. 70). I danni alle colture sono ingenti con il mais spezzato e piegato. Queste segnalazioni di grandine confermano ancora una volta la natura supercellulare del temporale attraverso il modello concettuale esemplificato in Fig. 71.

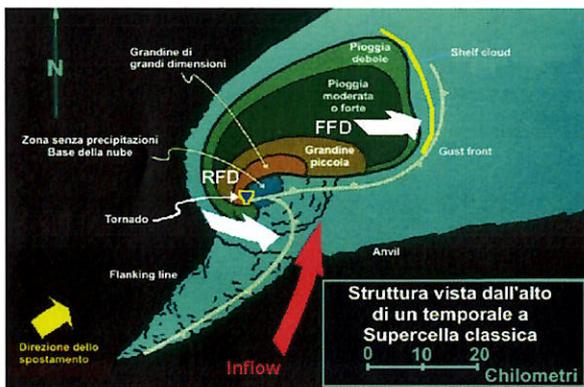


Fig. 71 - Schema di una supercella

Il sistema convettivo responsabile del tornado di Guidizzolo continuerà il suo spostamento verso est provocando altri danni nell'alto vicentino e intense grandinate nel pordenonese. Dalla nascita dei primi cumulonembi alle ore 16:20 nel lodigiano al momento in cui la cella lascia l'Italia per entrare in Slovenia alle ore 21:20, il sistema convettivo ha percorso qualcosa come 310 km impiegando poco meno di 5 ore ad una velocità media di 64 km/h dato che risulta perfettamente in accordo con la velocità media ottenuta dall'analisi dei dati radar di Teolo effettuata tramite l'utilizzo dell'algoritmo SCIT.

Tornado non mesociclonico sul vercellese

Mentre sul mantovano una supercella lascia a terra una scia di ingenti danni, anche più ad ovest, in Piemonte, la convezione inizia a svilupparsi con decisione.

Grazie alla presenza nel primo pomeriggio di ben tre cacciatori di temporali che si trovano nell'area di Vercelli a cavallo tra il Piemonte e la Lombardia, è possibile ricostruire con precisione e dettaglio quanto successo. Massimo Campana si trova nella posizione più occidentale identificata dal numero 1 nella Fig. 72, Andrea Colombo nella posizione più orientale la 3, nelle campagne poco ad occidente di Vigevano (PV) e un cacciatore svizzero, Klipsi nella posizione 2 la più centrale a sud di Vercelli. Oliver Singer

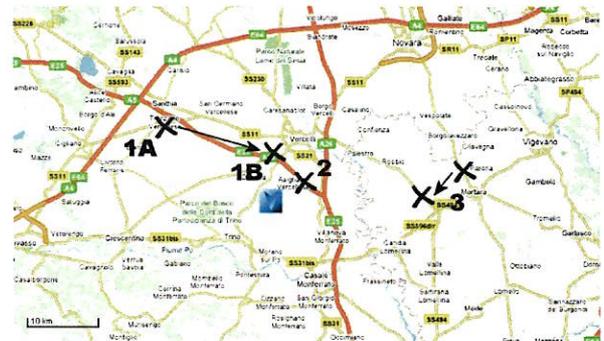


Fig. 72 - La posizione dei cacciatori di temporali. Fonte: Google Maps

Il cielo sul Piemonte alle prime ore del pomeriggio è interessato da nubi medio-alte di varie genere, e quando il fronte freddo inizia a spingere da ovest, il cielo inizia a rasserenarsi innescando però la convezione che ben presto si organizza in una struttura a multicella come si può dedurre sia dall'immagine satellitare delle 16:30 (Fig. 73) e dalle fotografie scattate da Massimo Campana (Fig. 74).

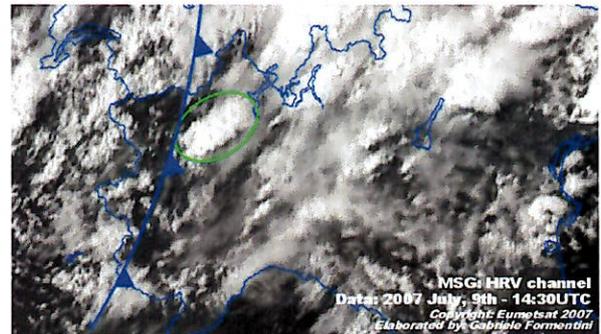


Fig. 73 - 9 luglio 2007, ore 14:30UTC. MSG: HRV
Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007



Fig. 74 - Foto di Massimo Campana. Fonte: www.stormbase.it

La cella temporalesca non desta particolare interesse a vista giungendo presto alla stadio di maturità e dando luogo solo ad un abbondante pioggia piuttosto localizzata; il fatto più interessante è però costituito da un flusso abbastanza forte di outflow di breve durata che si espande verso SE e che ha l'effetto di sollevare la massa d'aria umida presente davanti

alla cella andando ad innescare una nuova linea convettiva di cumuli presente nella pianura vercellese tra il fiume Po' e la fascia pedemontana biellese.

Tra le 17:15 e le 17:45 la nuova lunga linea di cumuli crescono abbastanza da dare luogo alle prime precipitazioni. Nei minuti successivi, sempre nella parte più meridionale del nuovo sistema convettivo, la convezione si fa più sempre attiva e vigorosa come si può desumere dalle immagini satellitare e radar riferite alle ore 18:00 (Fig. 75 e Fig. 76).

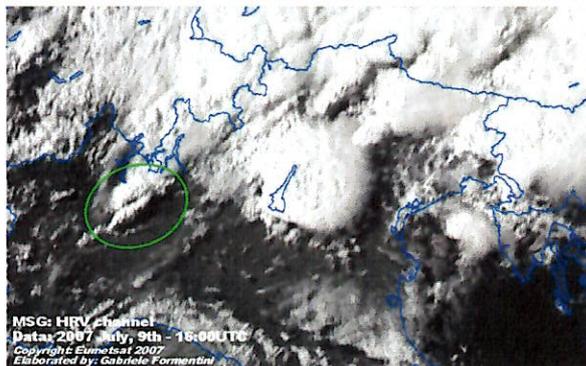


Fig. 75 - 9 luglio 2007, ore 16:00UTC. MSG: HRV
Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007

Quello che succede intorno alle ore 18:00 è incredibilmente documentato da tutti e tre i cacciatori presenti nell'area. In dieci minuti dalla base nuvolosa della cella più meridionale spunta un abbassamento vorticoso che diviene un funnel che si fa via via sempre più pronunciato fino a toccare terra: è il secondo tornado di questa indimenticabile giornata.

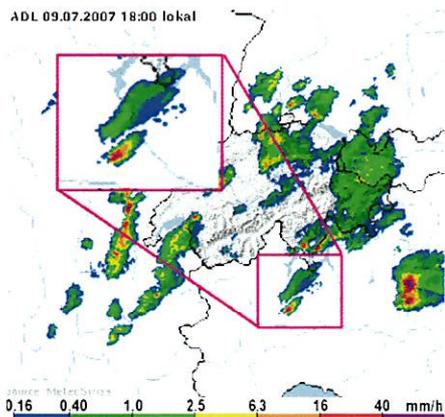


Fig. 76 - 9 luglio 2007, ore 16:00UTC. Radar Monte Lema. Immagine di riflettività. Fonte: Meteo Svizzera
Il osservatore svizzero è nella foto. + satellite
Massima Campana rimane a nord della cella e riesce a sfruttare una buona illuminazione solare diretta con cielo terso, grazie al settore freddo avanzante; portandosi leggermente più verso est ha la possibilità di seguire nel dettaglio la formazione del tornado. A vista la cella ha un'estensione piuttosto ridotta e non appare avere le caratteristiche di supercella.
L'osservatore nella pagina 2,
Il cacciatore svizzero posizionato leggermente più a sud, ha la visione migliore trovandosi a soli 3 km di distanza dal tornado e rimane posizionato sempre davanti alla cella.



Fig. 77 - Foto di: Klipsi. Fonte: www.klipsi.com

Alle 17:50 il funnel inizia a prendere forma e si protende sempre di più verso il basso. Klipsi ha la possibilità di scattare delle fotografie che ne documentano lo sviluppo verticale (Fig. 77) mentre Massimo Campana, per questioni prospettiche, vede il funnel piegarsi leggermente e mantenere per tutto il tempo tale inclinazione.



Fig. 78 - Foto di: Massimo Campana. Fonte: www.stormchase.it

Il funnel si trova in un'area coltivata a risaie tra gli abitati di Desana, Costantana e Tricerro e la scarsa umidità dell'aria e l'assenza di materiale polveroso sulla superficie, non permette al tornado di condensare in maniera evidente tuttavia si riesce a scorgere una lieve nuvola di polvere che tradisce la presenza della rotazione fino a terra (Fig. 78).



Fig. 79 - Foto di: Massimo Campana. Fonte: www.stormchase.it

Pochi istanti prima delle 18:00 il vortice si materializza completamente sotto forma di un esilissimo tornado (Fig. 79 e Fig. 80). Per alcuni secondi il vortice mostra la sua anima più interna interamente condensata circondata da un cilindro più largo e semitrasparente.



Fig. 80 - Foto di: Klipsi. Fonte: www.klipsi.ch

Nella fotografia di Fig. 81 scattata da Klipsi, e digitalmente trattata dall'autore è possibile apprezzare la "debris cloud", ossia la nuvola di detriti che circonda il vortice al suolo.

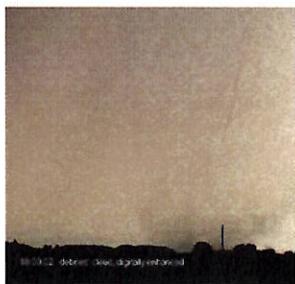


Fig. 81 - Foto di: Klipsi. Fonte: www.klipsi.ch

Andrea Colombo, in quegli stessi istanti si trova ad una distanza di circa una ventina di chilometri verso est, nell'abitato di Mortara (PV) e nel tentativo di avvicinarsi alla linea di cumuli, ha anche lui la possibilità di scorgere l'insorgere della funnel cloud rotante che si forma proprio nella parte più meridionale della cella.

A questo punto il racconto di Andrea rende l'idea su quanta possa essere l'emozione per un cacciatore di temporali, che sta per realizzare il suo sogno, vedere la formazione di un tornado.

Ecco le sue parole: *"Una volta usciti dal paese ci dirigiamo verso NNW, correndo lungo il fianco del temporale che si trova alla nostra sinistra. La presenza di una lunga distesa di campi di granoturco non ci permette di poter osservare la base del temporale per circa 3 km. Poi, ad un tratto, si apre la visuale verso ovest, stiamo viaggiando a 80km/h... volto la testa... e con la coda dell'occhio vedo distintamente un cono scendere dalla base della cella! Caso vuole che appena effettuo una frenata molto decisa troviamo una piazzola di sosta al lato della strada, una grande fortuna dato che abbiamo la possibilità di fermarci immediatamente. L'adrenalina in pochissimi secondi sale... scendiamo di corsa a prendere e preparare cannocchiale e macchina fotografica dal sedile posteriore, ci volgiamo verso ovest e qui il tempo sembra fermarsi di colpo: lo spettacolo che ci troviamo davanti è esaltante".*



Fig. 82 - Foto di: Andrea Colombo. Fonte: www.centrometeolombardo.com

"Abbiamo di fronte una stupenda struttura, le torri degli updraft che ci sovrastano con alle spalle un cielo azzurro limpido, i fulmini nube-terra con i tuoni secchi al seguito, e in fondo in basso a sinistra... il cono (Fig. 82). Sono le 18 in punto... è veramente l'apoteosi: sono istanti unici".

Il tornado è stato documentato da tre distinti osservatori, non era mai capitato prima d'ora in Italia. E' un vero successo per una passione che si sta diffondendo anche nella nostra "Tornado Alley", la Pianura Padana.

In pochi minuti lo spettacolo volge al termine, e con la stessa "leggerezza" con la quale si è formato, il tornado tende a svanire lasciando intravedere prima di scomparire un esile intreccio di spire (Fig. 83 e Fig. 84).



Fig. 83 - Foto di: Massimo Campagna. Fonte: www.stormchase.it

Il tornado nel suo breve contatto con il suolo, ha interessato la periferia nord-occidentale dell'abitato di Costantana, dove si sono registrati solo danni di lieve entità, come qualche albero abbattuto e parziali danneggiamenti ai tetti (Fig. 85).

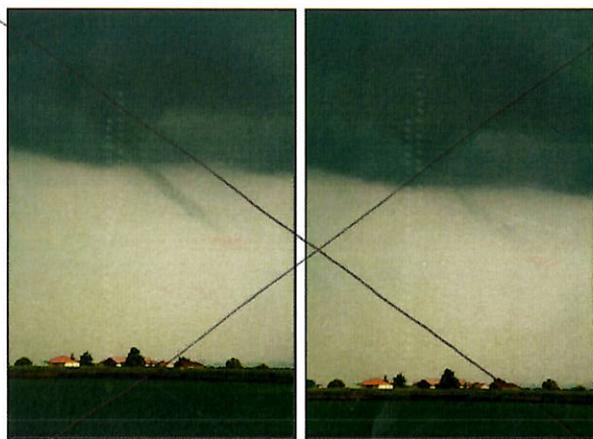


Fig. 84 - Foto di: Massimo Campagna. Fonte: www.stormchase.it

Il tornado si è formato proprio sulla "Tail-end Charly" una delle posizioni tipiche per la formazione di tornado non mesociclonici. Questi tipi di tornado, generalmente di piccola intensità, di categoria EF0 o al massimo EF1, si formano nelle aree dove la vorticità orizzontale creata da una convergenza dei venti al suolo, può venir intrappolata e trasformata in vorticità verticale da un potente updraft. Questi tipi di tornado prendono anche il nome di landspout.

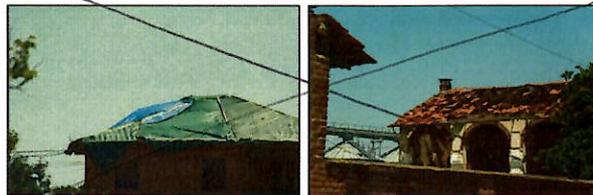


Fig. 85 - Foto di: Massimo Campagna. Fonte: www.stormchase.it

Il tornado di Costantana non ha interessato direttamente zone abitate e quindi i danni sono risultati piuttosto marginali. Gli elementi per una corretta valutazione dell'intensità risultano scarsi, tuttavia si può ritenere che al tornado sia classificabile come EF0.

Il tornado supercellulare dell'Alpago

Lasciamo l'Italia nord-occidentale per ritornare verso oriente, e precisamente in Veneto. Nel pomeriggio il tempo in Val Belluna è parzialmente soleggiato, caldo ed umido.

Verso le 17:30 il sistema convettivo originatesi assieme alle celle che ha provocato il tornado a Guidizzolo e rimasto

che inizia a formarsi sulla parte settentrionale dell'Altopiano di Asiago e sospinto dai venti dominanti alle quote medie si dirige verso NE, facendo la sua entrata in Val Belluna, ad Arsiè verso pochi minuti dopo le 18.

La torre convettiva viene presto raggiunta da sud-ovest dall'incudine delle celle presenti a sud del Lago di Garda ma la notevole spinta verticale permette al cumulonembo di sfondare l'anvil dando origine ad un overshooting top visibile nell'immagine da satellite delle ore 18:15 (Fig. 86). Anche la corrispondente immagine del radar di Teolo, evidenziata nel riquadro mostra come le precipitazioni abbiamo già unca certa intensità; infatti la cella non appena entra in valle trova un ottimo serbatoio di umidità disponibile per rafforzarsi.

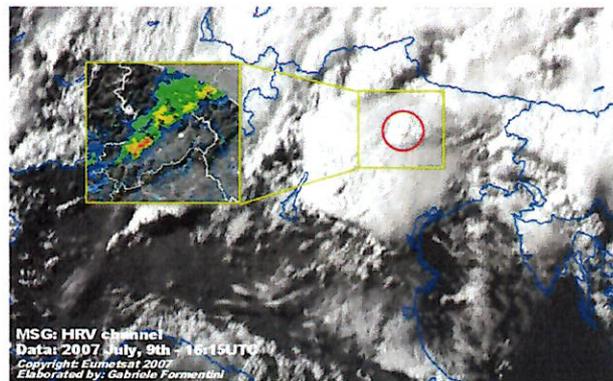


Fig. 86 - 9 luglio 2007, ore 16:15UTC. MSG: HRV e radar Teolo. Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007

Nella successiva mezz'ora il sistema prende l'aspetto di una supercella a tutti gli effetti; già nell'immagine radar delle 18:30 risulta evidente la tipica conformazione ad uncino. Il cumulonembo percorrendo la valle da ovest verso est, scarica violenti rovesci di pioggia accompagnati da forti raffiche di vento di downburst e dannose grandinate, in particolare sulla destra Piave. A Santa Giustina (BL), San Gregorio e Sedico cadono chicchi di grandine grandi come noci che provocano danni ai campi di granoturco, agli orti casalinghi e determinano la frattura di rami e fogliame.

L'immagine radar delle 18:40 è da manuale (Fig. 87). Sulla sinistra dell'immagine la cella con la forma ad uncino viene sezionata verticalmente e la sua struttura verticale appare in tutta la sua grandezza nella parte destra dell'immagine. Nonostante il fascio radar per "vedere" dentro la valle sia costretto a salire oltre i due km di quota, questo non impedisce di scovare una nettissima WER. La struttura è quella della supercella con il gusfront che avanza nella parte posteriore della cella e l'inflow davanti.

Nell'area del capoluogo di provincia, le zone più colpite risultano le frazioni di Mares e Cavarzano dove sono molte le auto danneggiate dai chicchi di grandine. I dati radar di Teolo, analizzati con l'algoritmo SCIT (Storm Cell Identification and Tracking) mostrano valori massimi di VIL (Vertical Integrated Liquid), circa 38 kg/m², alle ore

18:50, segno che l'updraft all'interno della cella ha raggiunto la massima intensità ed il temporale è giunto alla maturità. Contemporaneamente vengono raggiunti anche i valori massimi di riflettività, pari a 55dBZ. La probabilità di grandine con chicchi di dimensione superiore ai 2 cm è del 50%. La dimensione massima dei chicchi di grandine stimata dall'algoritmo è di 5 centimetri.

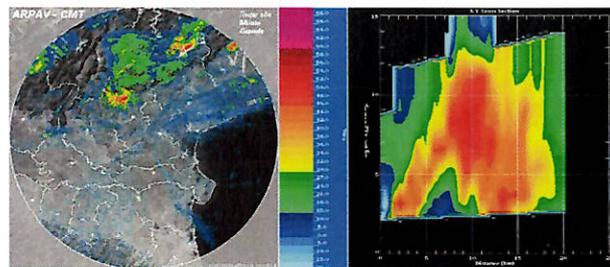


Fig. 87 - 9 luglio 2007, ore 16:40UTC. Radar Teolo: PPI di riflettività a 0,9° con sezione verticale. Fonte: ARPAV

Una testimone, Paola Bortot riporta la caduta di chicchi di grandine con dimensioni fino a 4-5 cm dall'aspetto irregolare e con la presenza di lobi come testimoniano le sue fotografie, quindi in ottimo accordo con quanto visto dal radar (Fig. 88).



Fig. 88 - Foto di: Paola Bortot. Fonte: forum.meteorivenezo.it

Dopo aver sorpassato la città di Belluno, la cella è costretta a risalire la dorsale che scende verso nord dal Nevegal (Coi de Pera) e questa risalita determina un ulteriore fattore che incrementa la possibilità di formazione di moti vorticosi alla base delle nube temporalesca.

Infatti la salita lungo il pendio con un dislivello pari a circa 400 m, può aver favorito i processi di "invortamento" dell'aria nei bassi strati per il noto "effetto venturi" e per il conseguente incremento di vorticità assoluta subito dalle masse d'aria sotto la nube temporalesca.

Nelle immagini radar delle 18:50 è nascosta l'impronta del mesociclone (Fig. 89). Affiancati vengono riportati due PPI a 1,4° di elevazione, uno di velocità radiale e l'altro di riflettività.

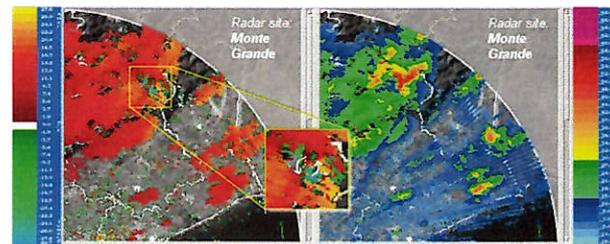


Fig. 89 - 9 luglio 2007, ore 16:50UTC. Radar Teolo: PPI di velocità radiale e di riflettività a 1,4°. Fonte: ARPAV

L'uncino è molto evidente; si tratta di una delle strutture più ben definite che siano mai state monitorate dal radar di Teolo. Anche i dati doppler mostrano, proprio in corrispondenza dell'uncino la presenza del mesociclone evidenziati dalle frecce bianche, non solo nei PPI alle elevazioni più basse ma anche a quelle maggiori. Infatti il

mesociclone si forma sempre in quota per poi scendere verso il basso.

Testimoni nella zona di Castion e di Quantin, ma anche dell'Alpago, hanno dichiarato di aver notato l'invorticamento delle nubi e la formazione, nell'aria di due funnel (Fig. 90).



Fig. 90 - Foto di: Michael Khuel. Fonte: forum.meteotriveneto.it

Proprio su Quantin uno di questi vortici tocca terra, dando origine al tornado ed iniziando a produrre i primi notevoli danni su una buona parte del paese. Vengono asportate tegole da molti tetti, abbattuti dei comignoli (Fig. 90), scoperchiate tettoie e sradicati o spezzati grandi alberi (Fig. 91). Un cane viene sollevato per alcuni secondi fino ad una decina di metri dal suolo.

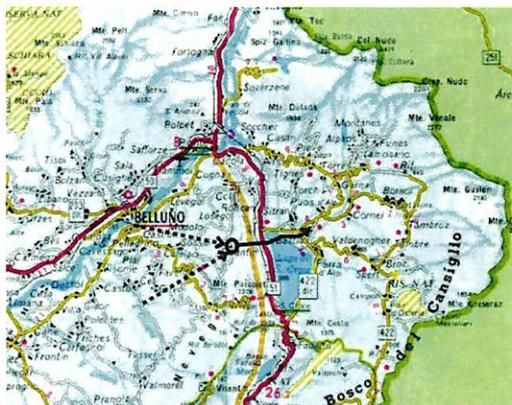


Fig. 90 - Il percorso del tornado (linea continua). Fonte: ARPAV.

Il tornado, dopo aver sostato per meno di due minuti sul paese di Quantin, oscillando leggermente ed interessando un'area di 400x300 metri, inizia la rapida discesa verso il Lago di S.Croce. La discesa dura circa un minuto, come si può dedurre dallo studio dei filmati amatoriali.



Fig. 91 - Foto di: Bruno Renon. Fonte: ARPAV

Lungo il suo percorso il tornado incontra alcune case nelle frazioni di Cornolade Alte e Cornolade Basse, e le danneggia sollevando in aria oggetti anche pesanti e voluminosi e scaraventandoli a grande distanza. Alcune tegole di un tetto vengono ritrovate anche a 200 m di distanza, mentre alcuni pannelli di copertura del peso di

alcune decine di chili, lunghi 5-6 m e larghi un metro, staccati dalla forza del vento dal tetto di un piccolo edificio nella zona di Cornolade Basse, vengono sollevati a grande altezza e trasportati dall'altra parte del lago. Uno di questi precipita in mezzo ad un prato, fra le case della frazione di Villanova di Farra, a più di 3 km di distanza da Cornolade (Fig. 92). In un filmato amatoriale è possibile vedere proprio questo pannello che vola, come un pezzo di cartone, ad un centinaio di metri di altezza, e poi atterra tra le case. Molti testimoni vedono anche dei bagliori provocati dal danneggiamento di una linea elettrica incrociata dal vortice nel suo percorso.

Come nel caso delle cassette di legno trasportate a 25 km di distanza nel caso del tornado di Guidizzolo anche in questo evento si verifica una circostanza molto particolare. Un abito da sposa, racchiuso nella propria custodia, viene aspirato dal tornado, assieme ad altri oggetti, da una soffitta di una casa scoperchiata a Cornolade Alte e viene ritrovato da un gruppo di escursionisti dopo alcuni giorni nella vicina regione Friuli Venezia Giulia, appeso ad una roccia nei pressi della cima del Monte Frascola, nel comune di Tramonti di Sopra (UD). L'abito da sposa è stato trasportato per circa 35 km.



Fig. 92 - Foto di: Bruno Renon. Fonte: ARPAV

Dai sopralluoghi effettuati si è potuto stabilire la larghezza, di circa 100 m, della stretta fascia all'interno della quale il tornado ha procurato danni, essendo ben visibili gli effetti.

Durante la discesa verso il lago (Fig. 93), il tornado assume la classica forma di imbuto biancastro roteante, anche se a tratti sembra scomparire nella prima parte della discesa.



Fig. 93 - Il percorso del tornado. Fonte: ARPAV

Anche successivamente, in fase di avvicinamento alle case di Villanova, l'imbuto non è più visibile e questo suo comparire e scomparire alla vista, ma non dei tremendi effetti al suolo, è dovuto ai complessi e rapidi processi di condensazione del vapore acqueo e vaporizzazione delle goccioline d'acqua, favoriti dalle straordinarie differenze di pressione fra il centro del tornado (pressione bassissima) e la sua periferia (pressione normale).

Dopo aver arrecato notevoli danni ad una chiesetta e ad una casa in riva al Lago di S. Croce (Fig. 94), il tornado entra nel ramo settentrionale del bacino e lo attraversa rapidamente, sollevando e facendo roteare una gran massa di acqua ed

assumendo, apparentemente, proporzioni tipiche dei grandi tornado americani.



Fig. 94 – Foto di: Bruno Renon. Fonte: ARPAV

In circa un minuto la tromba d'aria raggiunge l'altra riva del lago, solleva un pedalò, scaraventandolo a qualche centinaio di metri di distanza, e rientra nella terraferma in aperta campagna, ricominciando ad abbattere alberi, anche di grandi dimensioni, alcuni dei quali vengono spezzati a mezza altezza e quasi attorcigliati per effetto del moto rotatorio dei fortissimi venti.



Fig. 95 – Filmato di: Andrea Da Rin. Fonte: ARPAV

A questo punto la tromba d'aria gira leggermente verso destra e si dirige verso la frazione di Villanova di Farra d'Alpago, attraversandola e danneggiando irreparabilmente molti campi di mais. Un filmato amatoriale (Fig. 95), ripreso da una delle prime case del paese nel momento del passaggio del tornado, ad una distanza di 100-150 m, rivela la presenza, all'interno del vortice principale, di un piccolo vortice secondario, che si "materializza" per pochi istanti, mentre abbatte in una frazione di secondo un gruppo di alberi. Lo stesso filmato consente di vedere anche il "volo" di un grosso ramo che si stacca da un albero in lontananza e che va poi a finire sul tetto della casa dalla quale è stata ripresa la scena.



Fig. 96 – Filmato di: Nicola Poterle e di Moreno De Piccoli. Fonte: ARPAV

Anche in questo caso la formazione di piccoli vortici secondari detti anche "suction vortex" vortici di risucchio è piuttosto comune (le fotografie del tornado di Costanzana e le tracce al suolo di quello di Guidizzolo ne sono degli

esempi). Tali vortici comunque non sempre risultano visibili, dato che si formano e si dissolvono nel giro di qualche decina di secondi. L'osservazione con l'utilizzo di riprese video ne facilita il riconoscimento come risulta anche dall'analisi di altri filmati effettuati con l'utilizzo di un telefonino (Fig. 96).

L'ingresso del tornado fra le case di Villanova produce i danni più rilevanti in termini di quantità, soprattutto per il notevole numero di case con tetti scoperti o danneggiati.

Il vento fortissimo rovescia o sposta per molti metri i cassonetti delle immondizie, ribalta una pesante pensilina (con base in cemento) per l'attesa degli autobus, scaglia ogni tipo di maceria contro i muri delle case e nei giardini. Una trave asportata da un tetto, dopo aver percorso 150 metri, si infila in una finestra di una casa (Fig. 97), senza per fortuna ferire nessuno. Impressionante è l'angolo di attacco della trave alla finestra che l'ha perforata come burro.



Fig. 97 – Fonte: TG3 Veneto

Il tornado continua la sua corsa dirigendosi ora verso Puos d'Alpago ma ormai è in fase di esaurimento e si dissolve nella zona del ristorante "La Cascina", dopo aver percorso una distanza di 5 km in circa 4 minuti.

L'analisi dei danni portano a classificare questo tornado come EF1 seppure in alcune aree si siano riscontrati danni tipici da tornado della classe superiore, l'EF2. I venti hanno soffiato a 120-180 km/h, raggiungendo probabilmente, nelle zone interessate dai citati vortici secondari, raffiche di 200-250 km/h.

Grandine prima di sera sul pordenonese

Mentre sull'Alpago la convezione produce i suoi maggiori effetti il sistema convettivo più intenso, responsabile in precedenza del tornado di Guidizzolo, nel frattempo aveva percorso la pedemontana veneta da ovest verso est.



Fig. 98 - Foto di: Riccardo Cappellaro. Fonte: forum.meteotrieno.it

Nel settore meridionale del temporale la convezione si rinvigorisce con la formazione di un altro potente updraft nella zona di confine tra il Veneto e il Friuli Venezia Giulia, lungo la pedemontana. Tra le 19:15 e le 20:00 tale cella diviene la dominante e le correnti ascensionali raggiungono rapidamente la tropopausa formano anche in questo caso una magnifica incudine.

La scarsa nuvolosità presente ad ovest del sistema convettivo permette di riprendere da Careano San Marco (TV) ad una distanza superiore ai 50 km la cella in tutta la sua bellezza. Le foto mostrano un'enorme incudine (Fig. 98), e un tappeto di cumuli che seguono il cumulonembo (Fig. 99). Una fotografia ad un dettaglio dell'incudine evidenzia delle formazioni chiamate "knuckles" (Fig. 100). Si tratta di piccole sporgenze che di solito compaiono sul lato sopravvento di una grossa incudine e corrispondono a separati updraft pulsanti. Denotano una rapida espansione del cumulonembo e se ben sviluppati indicano che il temporale molto probabilmente è grandinigeno.



Fig. 99 - Foto di: Riccardo Cappellaro. Fonte: forum.meteotriestino.it

La cella nel suo percorso verso ESE si rafforza particolarmente nella parte orientale della provincia di Treviso prima di varcare il confine friulano e interessare la porzione occidentale del pordenonese. I dati radar trattati con l'algoritmo SCIT mostrano come la probabilità di grandine superiore ai 2 centimetri (POSH - Probability of Severe Hail) aumenta improvvisamente alle 19.40 quando il temporale transita su Conegliano Veneto (TV) e si mantiene su valori abbastanza elevati 50-60% mentre interessa i comuni di Sacile (PN), Porcia e Pordenone per poi calare bruscamente. La dimensione massima dei chicchi di grandine è stimata intorno ai 6 centimetri. A Fontanafredda, comune che non è stato interessato direttamente dal transito del nucleo principale della cella sono caduti chicchi di grandine di 3-4 cm di dimensione (Fig. 100). Anche il parametro VIL raggiunge i massimi valori intorno ai 46-47 kg/m² negli stessi intervalli temporali per poi calare bruscamente.



Fig. 100 - Foto di: Riccardo Cappellaro e di Alessandro Fiorot. Fonte: forum.meteotriestino.it

Anche ad Aviano, comune situato più a nord, viene segnalata la caduta di grandine di piccola taglia per la durata di pochi minuti associata a pioggia intensa seguita da

qualche chicco di maggiori dimensioni fino a 3.5 cm di diametro (Fig. 101) di forma discoidale, che però non provocano però danni di rilievo.



Fig. 101 - Foto di: Mauro Bomben e Andrea Misin. Fonte: forum.meteotriestino.it

Le immagini dei radar di Teolo e Fossalon delle ore 20 mostrano una struttura complessa che si origina dall'unione della cella in questione con quanto rimane del sistema convettivo dell'Alpago che oramai ha raggiunto il Friuli occidentale.

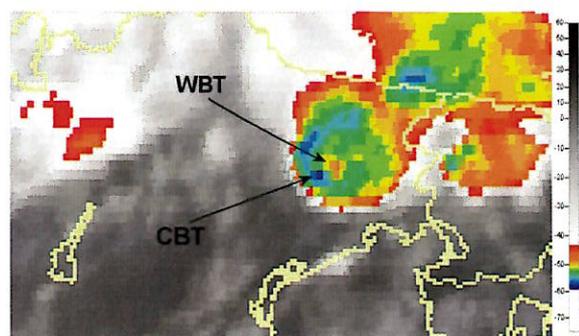


Fig. 102 - 9 luglio 2007, ore 18:00UTC. MSG: HRV. Fonte: ARPAV. Copyright: Eumetsat 2007

Le immagini da satellite all'infrarosso mostrano delle caratteristiche tipiche dei temporali a V-shape, ossia di un nucleo di temperature equivalenti di corpo nero (Warm Blackbody Temperature - WBT) relativamente alte - circa -50°C - circondato da temperature più basse (CBT) e da un nucleo di temperature minime vicine a -58°C sopravvento (evidenziato dalla freccia Fig. 102). Le temperature minime sono associate all'espansione adiabatica nella bassa stratosfera dovuta all'ascesa dell'aria nella sommità dell'overshooting top. La presenza della zona di aria più calda può essere spiegata con la presenza di una regione soggetta a subsidenza immediatamente sottostante all'overshooting top, mentre una seconda teoria spiega le temperature più alte con un minore contenuto di ghiaccio rispetto "ali", mentre una terza teoria chiama in causa la discesa sopra l'anvil di cirri stratosferici (che appaiono quindi più caldi sull'immagine all'infrarosso) originati dalla spinta dell'overshooting top.

I dati radar di Teolo (Fig. 103), nonostante la grande distanza, sono in completo accordo con quanto evidenziato dai dati all'infrarosso e mostrano un'evidente forma a V anche nell'immagine di riflettività, non completamente apprezzabile nell'immagine del radar friulano in quanto affetto da attenuazione da grandine proprio lungo il bordo nord-occidentale della cella. L'analisi delle animazioni delle immagini radar mostrano chiaramente che la cella prima di entrare in Friuli tende ad abbandonare la traiettoria "imposta" dal flusso in quota per deviare verso destra. Questa deviazione potrebbe essere stata determinata anche dalle correnti di outflow del temporale sul bellunese.

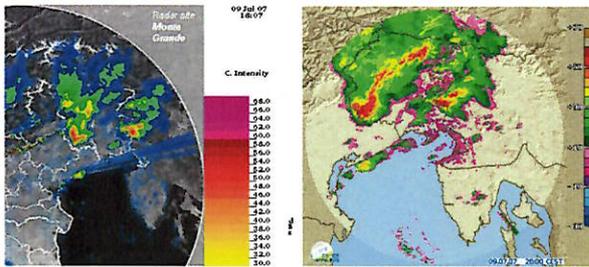


Fig. 103 - 9 luglio 2007, ore 18:00UTC. Radar Teolo: PPI a 1.5°. Fonte: ARPAV, Radar Fossalon: VMI di riflettività. Fonte ARPA-FVG

Dopo aver causato le grandinate il temporale si sposta verso est sui comuni di Cordenons, Arzene che subiscono danni dovuti soprattutto al vento di downburst che abbatte degli alberi (uno cade su un'autovettura distruggendola) e provoca dei danni ai tetti ed alla linea elettrica della ferrovia che viene temporaneamente interrotta (Fig. 104). Tali effetti sono quindi in buona sintonia con la brusca diminuzione dei valori di VIL (da 42-47 a 20-27 kg/m²) che identificano quindi gli istanti in cui la cella ha raggiunto la sua piena maturità ed i venti di downburst raggiungono la massima intensità al suolo.



Fig. 104 - Fonte: Il Messaggero Veneto

L'analisi delle successive immagini radar mostra che il sistema, nel spostamento verso oriente tende a fondersi in un'unica struttura lineare con gli altri temporali presenti nel Friuli formando una banda di convezione estesa dalla bassa friulana fino al confine con l'Austria, che tenderà ad attenuarsi solo dopo aver varcato il confine con la Slovenia.

Questa cella risulta quindi la più longeva tra quelle che si sono formate nel corso dell'evento del 9-10 luglio 2007 ed è caratterizzata da un percorso superiore ai 420 km dalla formazione delle prime precipitazioni sul lodigiano al suo dissolvimento oltre confine da durata di circa 6 ore e da una velocità media di traslazione di 64 km/h.

Devastanti grandinate nella notte nell'alto Friuli

Alle 2.30 della notte diversi paesi dell'alto Friuli subiscono ingentissimi danni dovuti alla grandinata più violenta di questo evento. I comuni di Treppo Grande, Cassacco, Reana del Rojale, Buia, Trigesimo e Tarcento risultano i più colpiti dalla grandine con chicchi delle dimensioni di palle

da tennis, pesche e uova; le fotografie non lasciano dubbi, i chicchi raggiungono i 5-6 centimetri di diametro (Fig. 105).



Fig. 105 - Fonte: Il Messaggero Veneto

I chicchi di grandine perforano come burro le persiane delle case, le ringhiere in pvc dei terrazzi, i tavoli in pvc nei giardini, le coperture dei capannoni, infrangono vetri e lucernai e parabrezza delle autovetture, scalfiscono l'intonaco delle case, per non parlare della vegetazione e delle coltivazioni (Fig. 106). Il vento sradica anche degli alberi.



Fig. 106 - Foto di: Gabriele Menis. Fonte: forum.meteotriveneto.it

Altri comuni rimangono colpiti dalla grandine anche se in misura minore, si tratta di Artegnia, Gemona, Venzone, Magnano, Osoppo, Majano, Colloredo di Monte Albano, Nimis, Tavagnacco, Adegliacco, Pagnacco, Povoletto e San Daniele, tutti in provincia di Udine. A Maiano (UD), alle 9.30 del mattino del 10 luglio, sei ore dopo la grandinata, i chicchi giacciono ancora ammassati ai lati delle strade.

I report di grandine sono riassunti nella mappa di Fig. 107 dove vengono particolarmente evidenziate le grandinate con chicchi di grandi dimensioni (pallini nei grandi).



Fig. 107 - 10 luglio 2007, ore 02:30-03:30. Report di grandine al suolo. Fonte: forum.meteonetwork.it e Il Messaggero Veneto

Le immagini del radar di Concordia Sagittaria mostrano delle interessanti caratteristiche che spesso si ritrovano nelle celle che producono forti grandinate e con chicchi di generose dimensioni.

In pratica si tratta di echi radar di riflettività molto particolari: delle estroflessioni digitiformi più o meno appuntite, conosciute con il nome di "fingerprints" appunto, che si estendono dai lati del temporale per una lunghezza di alcuni chilometri (Fig. 108). Tali impronte di solito vengono create dai lobi secondari del fascio radar, più raramente da un altro fenomeno di riflessione del segnale radar, chiamato TBS (Three Body Scattering) che da origine agli "hailspikes".

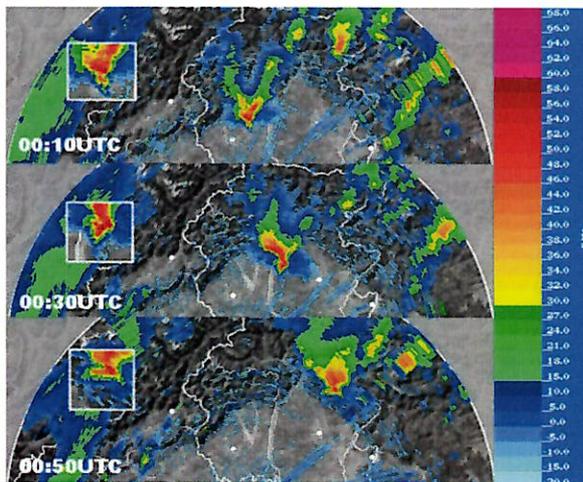


Fig. 108 - 10 luglio 2007, ore 00:10-00:50UTC. Radar Concordia Sagittaria: PPI di riflettività a 2.4°. Fonte: ARPAV

Nelle immagini radar riprese tra le 2 e le 3 della notte tali estroffessioni risultano piuttosto evidenti; nell'immagine delle 2:30 compare anche una marcata area di attenuazione del segnale radar posteriormente alla cella dovuta proprio alle precipitazioni grandinigena. Questo genere di "impronte" quindi possono essere molto utili per identificare celle foriere di grandinate piuttosto violente.

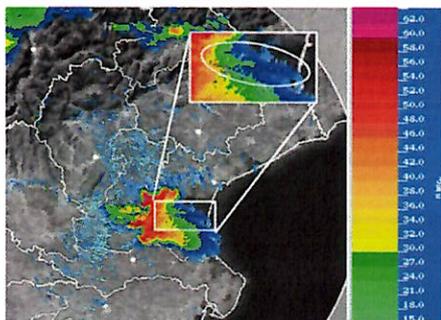


Fig. 109 - 28 agosto 2003, ore 17:30UTC. Radar Teolo: PPI di riflettività a 3.5°. Fonte: ARPAV

Un altro celebre caso con grandinate di notevolissima intensità fu l'evento del 28 agosto 2003 che colpì la città di Padova. In quel caso il radar di Teolo posizionato ottimamente rispetto alla cella e la compattezza della cella stessa nella direzione ovest-est aveva potuto mettere in evidenza, oltre a dei nettissimi echi digitiformi anche il più raro eco "hailspike" evidenziato nell'ellisse (Fig. 109). In pratica i chicchi più grossi presenti all'interno della nube, riflettono parte del segnale radar verso il basso, il suolo a sua volta lo riflette nuovamente verso il chicco ed in fine questo indietro verso il radar che viene così ingannato e attribuisce al debole eco che riceve una distanza maggiore a quella effettiva (pari al doppio della distanza chicco-suolo).

I dati radar sono quindi in accordo con quanto riscontrato al suolo. Si tratta sicuramente dell'episodio con la grandinata più violenta dell'evento (Fig. 110).



Fig. 110 - Foto di: Gabriele Menis. Fonte: forum.meteotriestino.it

Gustfront ed ancora grandine

Mentre la pedemontana friulana veniva colpita nuovamente da precipitazioni grandinigena, sulla bassa pianura lombarda la convezione si attiva nuovamente, per quello che sarà l'ultimo passaggio temporalesco di questo incredibile evento. Intorno alle 2 della notte, sulla pianura lombarda sud/orientale si forma ed inizia a svilupparsi una nuova struttura convettiva che proprio quando varca il confine con il Veneto, nella parte centrale della provincia di Verona, inizia a produrre precipitazioni di una certa intensità.

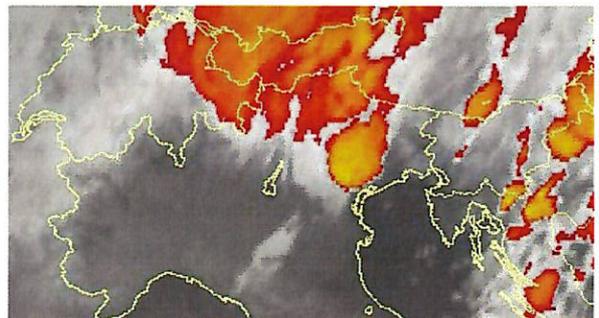


Fig. 111 - 10 luglio 2007, ore 03:00UTC. MSG: infrarosso a 10.8 micron. Fonte: ARPAV. Copyright: Enmetosat 2007.

Il temporale nel suo spostamento con traiettoria WSW-ENE transita in un corridoio compreso tra le città di Vicenza e Padova (Fig. 111) senza interessarle direttamente e scarica ingenti quantità di grandine di piccola dimensione che determinano accumuli di svariate di centimetri di spessore.

Il radar di Concordia Sagittaria ha la possibilità di vedere ed analizzare la cella nel suo avanzare verso est da una posizione frontale. Tale posizione permette di cogliere delle caratteristiche molto interessanti e che non si presentano molto spesso. In pratica si tratta del gustfront, il fronte delle raffiche, che si stacca dalla cella ed avanza davanti alla stessa sollevando l'aria umida presente e dando origine a condensazione delle minutissime goccioline che raggiungono una dimensione tale da poter essere appena viste dal radar (Fig. 115). Il gustfront, quando è ben definito come in questo caso, visivamente si presenta con un'imponente shelf cloud.

spessore (Fig. 117) provocando disagi alla circolazione stradale.



Fig. 117 – La grandine al suolo a Treviso. Fonte: www.time-to-lose.it

In questo caso potrebbe essere ipotizzabile che valori moderati di VIL (inferiori ai massimi riscontrati) associati anche a valori di POSH minori possa essere un utile tool per discriminare la grandinata con chicchi piccoli e abbondanti da quelle con chicchi molto grandi. Anche in questo caso le segnalazioni dei danni da downburst avvengono nelle aree ove la cella ha raggiunto la maturità, segnata da un calo dei valori di VIL ma non da una diminuzione dei valori massimi di riflettività.

Quello che succede dopo il transito sul trevigiano è molto interessante. La cella nel suo spostamento verso oriente, improvvisamente, alle 6.20 inizia a “virare” verso sinistra, riacquista potenza e percorre gran parte della provincia di Udine lungo la direttrice SW-NE. Questo cambio di direzione, pari a circa 25° è molto ben evidenziato dalla traccia della cella ricostruito dall’algoritmo SCIT (Fig. 118).

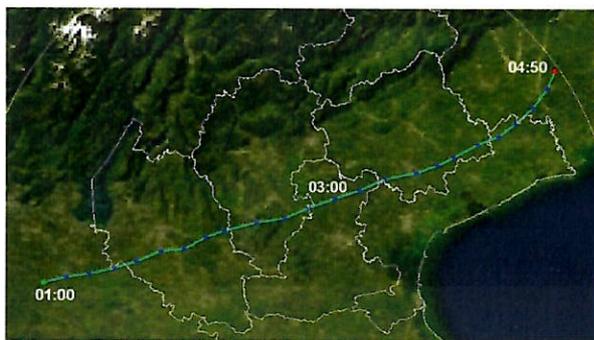


Fig. 118 - 10 luglio 2007, orari UTC. Radar Teolo: storm tracks. Fonte: ARPAV

Nella notte si forma un mesominimo tra bassa (900hPa) e media troposfera (600hPa) sul nord-est italiano con una rotazione delle correnti a quelle quote verso una provenienza sempre più meridionale e si chiude anche minimo barico al suolo ben evidenziato dall’andamento dei venti in superficie (Fig. 119), aumentando considerevolmente la convergenza di basso livello. Questi fattori, unitamente anche all’ingresso di aria più fresca a contrastare la lingua calda con venti da SW presente più a meridione, sono più che sufficienti per condizionare il movimento e la propagazione del sistema temporalesco.

La cospicua differenza riscontrata nelle grandinate occorse sul trevigiano (chicchi piccoli e molto abbondanti) da quelle manifestatesi sul Friuli (chicchi molto più grandi), può essere giustificata oltre che dalla presenza di updraft più vigorosi anche dalla presenza di una maggiore quantità di CAPE sul Friuli (1750-2000 J/kg) rispetto a quella presente

sul Veneto orientale (500-600 J/Kg). Un’ulteriore spiegazione connessa con l’aumento delle dimensioni dei chicchi potrebbe essere la disponibilità di maggiore quantità di vapor acqueo nei bassi strati, grazie al contributo dell’aria più umida proveniente dal mare.

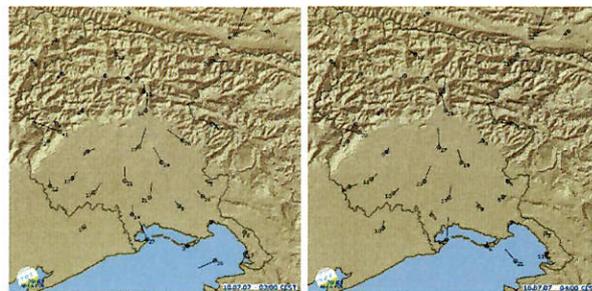


Fig. 119 - 10 luglio 2007, 04 e 05 legali. Dati di vento. Fonte: ARPA-FVG

Anche in questo caso lo studio dei dati radar tramite l’utilizzo dell’algoritmo SCIT sono consistenti con un rinforzo dei fenomeni nel momento in cui la cella entra in Friuli. I dati del radar di Teolo, mostrano che il VIL aumenta fino a 38 kg/m² ed anche la POSH aumenta fino a 40-50%. Infatti alle ore 6.30 a San Vito al Tagliamento (PN) vengono segnalati chicchi di dimensioni maggiori rispetto alla fitta grandinata sulla marca trevigiana (Fig. 120).



Fig. 120 – Foto di: James Trevisan e Matteo Venuti. Fonte: forum.meteotriveneto.it

Dopo circa trenta minuti la cella raggiunge la periferia di Udine ed i comuni a nord della città. A Godia, Adegliacco, Tarcento, Tavagnacco, Pagnacco, Savorgnano, Treppo Grande, Nimis cadono chicchi con dimensioni fino a 6 centimetri (Fig. 120) che provocano evidenti danni alle autovetture, mentre in città i chicchi hanno la dimensione di grosse ciliegie. I danni maggiore si riscontrano anche in questo caso nella pedemontana orientale, seppure in questo caso, i fenomeni tendano ad interessare un’area meno vasta rispetto a quanto successo nelle prime ore della notte (Fig. 121).

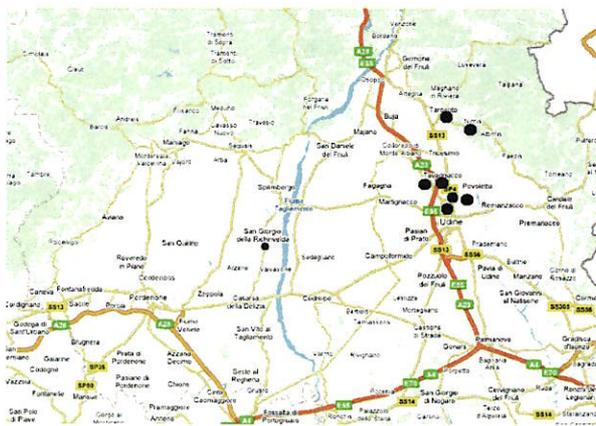


Fig. 121 – 10 luglio 2007, ore 02:30-03:30. Report di grandine al suolo. Fonte: forum.meteonetwork.it e *Il Messaggero Veneto*

Al primo mattino del 10 luglio 2007, su gran parte della pianura veneta e friulana si registrano temperature minime tra i 12 (zone pedemontane) e i 19°C (zone costiere) con una marcata diminuzione di circa 3-5°C rispetto alla mattina precedente. Sulle Dolomiti settentrionali si raggiungono gli 0°C ed in genere la diminuzione in montagna è ancora più accentuata, addirittura di 6-8°C. Sulle Alpi Carniche e su quelle Giulie la neve ha fatto la sua comparsa fino ai 1700 metri di quota.

Dopo questo ultimo episodio, la perturbazione abbandona il nord Italia allontanandosi verso est e lasciando dietro di sé ingenti danni dovuti alle pesanti grandinate, al vento di downburst ed agli effetti diretti dei tornado. Il 9 e 10 luglio 2007 rimarrà nella memoria di molte persone, non solo di quelle più sfortunate che hanno dovuto vivere direttamente gli effetti del maltempo, ma anche degli appassionati e dei professionisti della meteo. Sono bastate meno di 24 ore per poter vedere concretizzarsi in Pianura Padana tutte le possibili tipologie di severe weather connesse ai sistemi convettivi: un vero e proprio libro aperto sulla meteorologia intensa.