



versalis

Stabilimento di Porto Marghera (VE)

PROGETTO DI MODIFICA DELLA CENTRALE TERMoeLETTRICA
in risposta al Decreto MATTM DVA-2014-0024049 del 21/07/2014

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE
ai sensi dell'art. 20 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai
fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**



Settembre 2014

Id. All_III.5 Rischio NaTech

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)****INDICE**

1	Estensore del documento	4
2	Finalità	4
2	Riferimenti bibliografici	4
3	Tornado	6
	3.1 Generalità	6
	3.2 Origine e genesi dei tornado	6
	3.3 Misura dell'intensità distruttiva di un tornado	10
	3.4 Previsione dei tornado	12
	3.5 Tornado in Italia	15
	3.6 Tornado in Veneto	15
	3.7 Normativa italiana	25
	3.8 Normativa USA	27
	3.9 Valutazioni di rischio	28
	3.10 Impostazione e analisi	32
	3.11 Valutazioni probabilistiche	38
4	Tsunami	40
	4.1 Generalità	40
	4.2 Onde generate dal vento	42
	4.3 Onde anomale	44
	4.4 Tsunami	44
	4.5 Meteotsunami	45
	4.6 Eventi di tsunami registrati in Italia	45
	4.7 Tsunami in Adriatico	47
	4.8 Il Servizio Mareografico Nazionale	50
	4.9 Piano Comunale di Emergenza	52
5	Sisma	53
	5.1 Classificazione sismica del territorio	53
	5.2 Adempimenti OPCM 3274/2003	53
	5.3 DGR N. 3645 28/11/03	54
6	Frane e allagamenti- Rischio idrogeologico	55
	6.1 Generalità	55
	6.2 Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)	56
	6.3 Rischio geomorfologico	56
	6.4 Rischio idraulico	57
7	Fulminazioni- Rischio da scariche atmosferiche	59
	7.1 Generalità	59



ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

7.2	Frequenza fulminazioni	61
7.3	Frequenza fulminazioni	61
7.4	Verifiche sulla protezione dello stabilimento versalis	63
8	Conclusioni	64
8.1	Tornado	64
8.2	Tsunami	64
8.3	Sisma.....	64
8.4	Rischio idrogeologico.....	64
8.5	Rischio da scariche atmosferiche	65

ELENCO APPENDICI

APPENDICE A - INDICATORI DI DANNO DELLA SCALA ENHANCED FUJITA

APPENDICE B - INDICE SWEAT (SEVERE WEATHER THREAT)

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

1 Estensore del documento

Il presente documento è stato predisposto dal Dott. Francesco Piegai (ICARO), con il supporto dello staff ICARO e con l'indispensabile assistenza del personale versalis di Porto Marghera.

2 Finalità

Alcuni eventi naturali costituiscono una potenziale origine di incidenti industriali definiti per questo NaTech, (Natural-Technological) ad indicare la loro doppia composizione, naturale e tecnologica. Questi incidenti pongono, nelle aree soggette a ad alcune tipologie di eventi naturali, un rischio addizionale, potenzialmente di rilevante entità.

Versalis di Porto Marghera ha in progetto la realizzazione di una Centrale termica sostitutiva della esistente Centrale Termoelettrica dello stabilimento.

Il presente documento intende valutare, sulla base di analisi storiche, norme di legge disponibili e bibliografia specializzata in materia, i rischi per gli interventi in progetto derivanti dalle seguenti tipologie di eventi naturali:

1. Tornado;
2. Tsunami;
3. Sisma;
4. Frane e allagamenti (Rischio Idrogeologico);
5. Fulminazioni (Rischio da scariche atmosferiche).

2 Riferimenti bibliografici

I riferimenti bibliografici che il presente studio ha preso in considerazione per gli aspetti scientifici e applicativi, in aggiunta ai testi normativi nazionali ed internazionali citati direttamente nel testo, sono riportati nella tabella successiva.

#	Anno	Autore	Titolo	Editore
Tornado				
1	2012	R. Edwards <i>et al.</i>	Tornado intensity estimation: past, present, and future	American Meteorological Society,
2	2012	Neil B. Hall	Tornados, gust fronts and building damage	13 th Annual Windstorm Insurance

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

#	Anno	Autore	Titolo	Editore
Tornado				
				Conference
3	2011	Frank Lombardo <i>et al.</i>	Joplin Tornado Study, Briefing for NCST Advisory	Nat. Institute of Standard and Technology, 2011
4	2009	G. Formentini, <i>et al.</i>	Temporali e tornado	Alpha test
5	2007	J. V. Ramsdell, jr <i>et al.</i>	Tornado Climatology of the Contiguous United States (probabilistic hazard model)	Pacific Northwest National Laboratory
6	2006	M. Politeo <i>et al.</i>	Le avversità atmosferiche nell'agricoltura veneta nel periodo 1978-2005	Università degli Studi di Padova - Facoltà di Agraria
7	2006	F. Gianfreda, M. Miglietta, P. Sansò	La terra degli uragani	Colibri
8	2004	J. McDonald <i>et al.</i>	Enhanced Fujita Scale (EF-scale)	Wind Science & Engineering Center
9	2003	A. Barbi <i>et al.</i>	Analisi degli eventi meteorologici intensi in provincia di Venezia: grandinate e trombe d'aria	ARPAV
10	2003	Nat. Oceanic and Atm. Administration (NOAA)	A Guide to F-Scale Damage Assessment	U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE - National Weather Service (NWS)
11	2000	A. Boissonnade <i>et al.</i>	Development of a Probabilistic Tornado Wind Hazard Model for the Continental United States – Volume I: Main Report	US Dpt of Energy
12	1989	C.J.H. van den Bosch <i>et al.</i>	Green Book - Methods for the determination of possible damage	The Netherlands Organization of Applied Scientific Research
13	2011	R. Convento <i>et al.</i>	Piano Comunale di Protezione Civile	Comune di Venezia - Servizio di Protezione Civile e Rischi Industriali
Tsunami				
14	2008	Tiberti <i>et al.</i>	Scenarios of earthquake-generated tsunamis for the Italian coast of the Adriatic Sea	INGV
15	2007	S. Tinti	I maremoti nelle coste italiane	GEOITALIA
16	2006	R. Zecchi	Distribuzione delle onde anomale nei mari italiani	AIC
Rischio Idrogeologico				
17	2011	R. Convento <i>et al.</i>	Piano Comunale di Protezione Civile	Comune di Venezia - Servizio di Protezione Civile e Rischi Industriali
18	2008	R. Busolin <i>et al.</i>	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale	Provincia di Venezia
19	2007	V. Bixio <i>et al.</i>	Relazione Sicurezza Idraulica - PTRC	Regione Veneto

Tabella 1

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

3 Tornado

3.1 Generalità

Secondo il Glossario dell'American Meteorological Society (AMS 2000), un tornado è ".....una colonna d'aria in violenta rotazione pendente da un cumulonembo e quasi sempre osservabile come una nube a imbuto ". Affinché un vortice sia classificato come un tornado, esso deve essere in contatto sia con il suolo che con la base del cumulonembo.

I meccanismi che portano alla formazione dei tornado sono estremamente complessi e ancora non del tutto chiariti. Possono svilupparsi quasi ovunque (fanno eccezione le regioni polari) e più o meno si presentano tutte con le stesse caratteristiche.

Le sue peculiari caratteristiche sono:

- un diametro del vortice che da poche decine di metri può superare diametri al suolo di 2,5 km;
- velocità traslazionali tra i 50 e i 100 km/h;
- venti di vortice che spirano ad alta velocità, da oltre 100 fino ad oltre 500 km/h, esercitando sulle superfici colpite pressioni dinamiche che, nel caso della massima velocità, possono raggiungere un valore dell'ordine di 1 tonnellata per metro quadrato (0,1 bar ca);
- notevole componente verticale dei venti (le correnti ascensionali possono raggiungere i 300 km/h);
- caduta di pressione che accompagna il passaggio di questi fenomeni, un vero e proprio crollo barico stimato nell'ordine degli 0,1 bar;
- creazione di "wind-borne missiles", oggetti scagliati a grandi velocità e distanze.

3.2 Origine e genesi dei tornado

FENOMENI TEMPORALESCHI

Gli elementi principali necessari per lo sviluppo di un temporale sono:

- l'*instabilità atmosferica* ossia la tendenza dell'aria più calda a salire verso l'alto con conseguente formazione di nubi;
- l'*umidità atmosferica* ossia il contenuto di vapore acqueo nell'atmosfera;
- il *wind shear* ossia il cambiamento di intensità e direzione del vento con la quota. Determinante per la genesi di forti temporali.

Le nubi che danno origine a fenomeni temporaleschi si dividono in

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

- *Cumuli*: tra cui *cumulus humilis* (i più innocui e di piccole dimensioni), *c. mediocris* e *c. congestus* (che sono i più imponenti e possono produrre precipitazioni);
- *Cumulonembi*: suddivisi in *cumulonimbus calvus* e *cumulonimbus incus* (cumulonembo ad incudine).

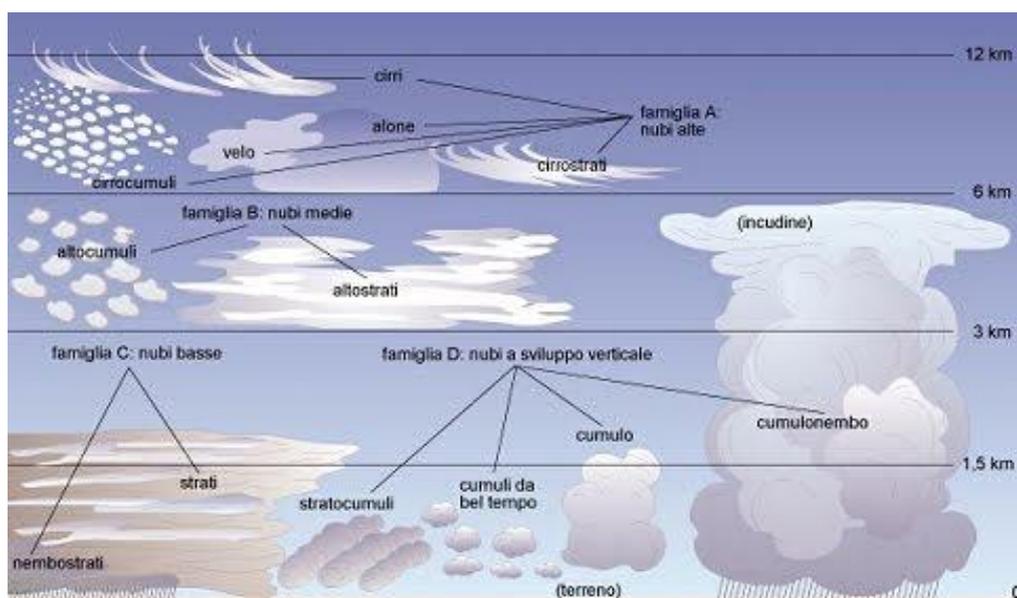


Figura 1- Struttura e caratteristiche principali delle nubi (Fonte: <http://www.settimocielogenova.it/utility/nubi/nubi.html>)

Non tutti i fenomeni temporaleschi sono uguali, ma possono differenziarsi sia in base alla loro modalità di genesi che in base alla loro struttura.

La modalità di formazione suddivide i temporali in:

- *Temporali termo convettivi*: i più comuni, a carattere prettamente locale, trovano la loro origine nei moti termo convettivi che, in presenza di un adeguato contenuto di vapore, danno luogo allo sviluppo della nube temporalesca.
- *Temporali orografici*: generati da un iniziale sollevamento forzato di una massa d'aria costretta a scorrere lungo il pendio di un rilievo. La loro localizzazione è lungo le catene montuose dove danno luogo a forti precipitazioni e severa turbolenza.
- *Temporali di avvezione convergenti*: generati dalla convergenza di masse d'aria con caratteristiche diverse. Sono i tipici temporali delle zone costiere nelle ore notturne quando la differenza termica fra il mare e la terraferma è più accentuata.
- *Temporali frontali*: Generati dal sollevamento di masse d'aria lungo le superfici frontali.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

In base alla struttura i fenomeni temporaleschi possono presentare le seguenti tipologie:

- *Cella singola*: forma più semplice di temporale, tipicamente estivo; si verifica in condizioni di umidità elevata, debole instabilità e wind-shear verticale (cambiamento di intensità e direzione del vento con la quota) molto scarso.
- *Multicella*: caratterizzati dalla presenza di una serie di correnti ascendenti pulsanti e separate (updraft), che mantengono in uno stato più o meno stazionario la forza e la struttura globale della nube temporalesca. La tipologia multicellulare è una delle più frequenti in territorio italiano. Le formazioni temporalesche a multi cella possono essere molto intense, generando anche grandine di 4-5 cm, forti raffiche di vento ed alluvioni.
- *Supercella*: si distingue dagli altri per la presenza di un updraft rotante ovvero di un mesociclone. Esclusiva delle supercelle è la formazione di una wall cloud (nube a muro o nube a parete), distinto e persistente abbassamento nuvoloso attaccato alla base di un cumulonembo individuabile mediante il classico "scalino" e può raggiungere un diametro di 8 km. La Wall cloud nasce per il fatto che la corrente discendente raffreddata all'interno del cumulonembo, invece di dilagare al suolo dietro al temporale come outflow, viene in parte richiamata all'interno del temporale stesso grazie al movimento rotatorio indotto dal mesociclone interno alla supercella.

GENESI DEI TORNADO

I meccanismi che portano alla formazione dei tornado sono estremamente complessi e ancora non del tutto chiariti. Possono svilupparsi quasi ovunque (fanno eccezione le regioni polari) e più o meno si presentano tutte con le stesse caratteristiche.

Sono noti, del resto, i requisiti fondamentali per la loro formazione, il più delle volte alla base delle supercelle, cioè la presenza di forti moti ascensionali (updraft) e di rotazione (mesociclone).

- *Moti ascensionali*: si formano lungo il confine di masse d'aria differenti come ad esempio lungo il fronte freddo che spinge verso l'alto l'aria più calda presente in prossimità della superficie. L'umidità presente nell'aria calda può liberare per condensazione energia aggiuntiva favorendo il sollevamento della massa d'aria.
- *Moti rotazionali*: venti forti in quota (correnti a getto), che possono soffiare ad oltre 160 km/h, generano uno wind-shear imprimendo una rotazione alla colonna d'aria che si solleva. La vorticità può essere formata anche da gradienti orizzontali di pressione e temperatura che poi possono venir ruotati in senso verticale dalle correnti ascendenti presenti nel temporale. La rotazione nell'emisfero boreale è in senso antiorario.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Il tornado di solito scende dalla Wall cloud, in quanto questa altro non è che l'estremità inferiore di un pericoloso mesociclone. Va precisato però che non tutte le wall cloud ruotano e a sua volta, non tutte le wall cloud rotanti producono tornado, ma esse possono sviluppare con maggior rapidità il tornado.

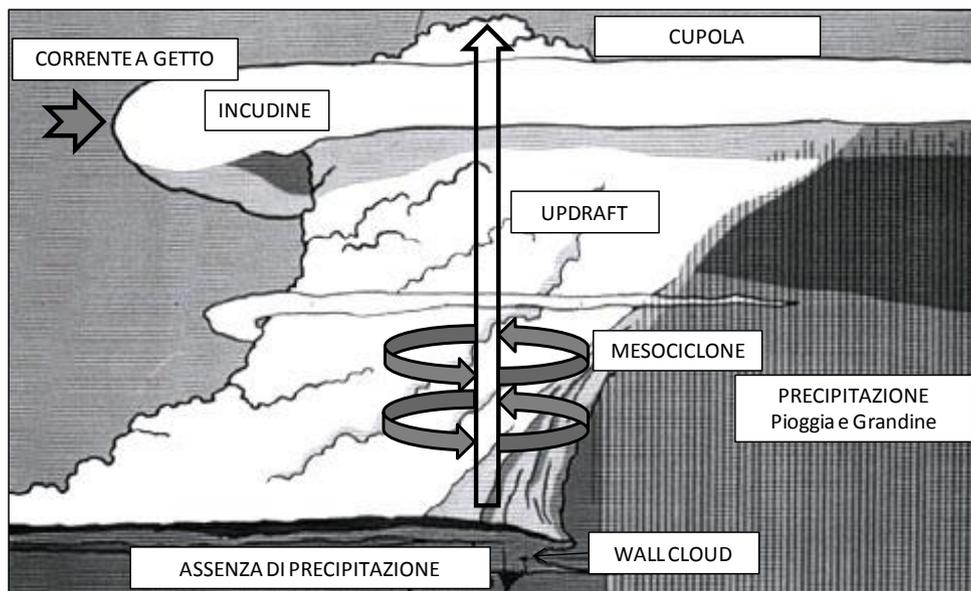


Figura 2- Struttura e caratteristiche principali di una Supercella temporalesca

Il tornado deve avere sia connessione con la base della nube temporalesca (visibile nella quasi totalità dei casi grazie alla nube ad imbuto), che con la superficie del suolo (visibile con i detriti in rotazione a terra). Se manca il primo requisito si parla di gustnado, se manca il contatto con il suolo si parla di funnel cloud. La nube ad imbuto come già detto non necessariamente condensa fino al suolo e ciò può dipendere dalla scarsa umidità nei bassi strati oppure a volte dalla debole intensità del vortice stesso, di cui però non è sinonimo.

Oltre alla tipologia dei tornado descritta in precedenza, formati da un mesociclone di una supercella ed i soli in grado di raggiungere un'elevata magnitudo, esiste anche una tipologia di tornado non generato da mesociclone. Tali fenomeni definiti Landspout possono generarsi nell'area delle correnti ascensionali di temporali multicellulari in fase di maggiore intensità, ma anche di celle singole, o persino di supercelle laddove questo non dipenda direttamente dal mesociclone. Più deboli e brevi, possono raramente avere rotazione oraria nel nostro emisfero.

VETTORI DI IMPATTO

I danni che un tornado può causare sono il risultato di tre tipologie principali di forze:

- Forze dovute a gradienti di pressione atmosferica.
- Forze indotte dal vento sulle superfici delle strutture esposte (pressioni positive per le superfici sopravento, pressioni negative per le superfici sottovento, pressioni negative localizzate con effetto aspirante).

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

- Forze indotte dagli impatti dei detriti scagliati dal vento.

L'azione di impatto principale, sulla quale si fonda la Scala delle intensità Fujita, risiede nella velocità delle raffiche di vento scatenate dal vortice.

In generale le conseguenze più diffuse di un tornado consistono nello scoperchiamento di edifici e capannoni, nella rottura delle vetrate delle finestre, nell'asportazione di serramenti, nel danneggiamento di strutture metalliche sviluppate in altezza quali torri, tralicci e linee elettriche.

3.3 Misura dell'intensità distruttiva di un tornado

L'intensità di un tornado e la sua potenzialità di generare danni, anche distruttivi, viene in generale correlata alla velocità dei venti generati nel vortice¹.

Quasi tutte le informazioni sulle caratteristiche di un tornado si basano tuttora in prevalenza sul danno osservato, piuttosto che su misurazioni fisiche dirette, come la pressione o la velocità del vento. Dal momento che le velocità del vento non sono direttamente misurate in un tornado, i venti sono desunti dai danni osservati.

Per utilizzare danni osservati o fotografati per stimare la velocità del vento, è necessario rendere concettualmente qualche stima sulla pressione del vento necessaria per causare il danno.

La velocità del vento associato potrebbe essere stimata mediante l'uso di un certo coefficiente di pressione.

Idealmente, qualsiasi rapporto tra danno e velocità del vento si basa su un procedimento razionale, che incorpora considerazione di resistenza strutturale, esposizione, tasso di carico, durata di applicazione del carico e la distribuzione della pressione del vento.

In pratica, è impossibile considerare tutte queste variabili simultaneamente o con un qualsiasi livello di certezza. Così, ogni relazione è intrinsecamente soggetta ad considerevole grado di discrezionalità.

La Scala Enhanced Fujita

La scala Fujita dei tornado fu introdotta nel 1971 dal professor Theodore Fujita dell' università di Chicago per classificare i Tornado in base agli effetti prodotti sulle strutture, sugli edifici, sulle piante ecc. In origine era stata ideata con ben 13 livelli (F0-F12), correlandola con la scala Beaufort (della forza del vento) e la velocità del suono e ponendo il grado F12 corrispondente al numero di Mach 1.0 (velocità del suono).

¹ Nel 1995, lo std US ASCE 7 ha cambiato la definizione della velocità del vento, dalla velocità massima per miglio (o per quarto di miglio) alla velocità della raffica di vento per 3 secondi, generalmente superiore alla prima. Questa modifica è stata fatta perché il National Weather Service (NWS), che monitora e registra le velocità del vento attraverso gli Stati Uniti, ha gradualmente eliminato le misure delle velocità del vento precedenti ed ha cominciato a registrare i 3 secondi di velocità di raffica di vento. Questo cambiamento definizione non cambia la metodologia per la definizione dei livelli di pericolo di vento e velocità associati.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

Data la scarsità di informazioni sui danni causati dal vento, le velocità del vento per ogni livello erano poco più che delle ipotesi plausibili. La velocità del vento infatti sono raramente misurate con strumenti meteorologici. Esse invece sono in generale stimate dai danni associati con il tornado.

Inoltre le velocità attribuite ad ogni livello erano sovrastimate rispetto ai venti reali in grado di causare i danni descritti. Un errore che andava crescendo di categoria in categoria, palesandosi soprattutto nella fascia F3 ed F5.

Data l'impossibilità per il vento, in prossimità della superficie terrestre, di oltrepassare il limite superiore del grado F5 (512 Km/h) l'utilizzo della scala Fujita si limitava esclusivamente ai primi sei livelli (F0-F5).

Tale riclassificazione è stata quindi riformulata con l'attuale scala Enhanced Fujita (EF), in vigore negli USA (dal 2007) ed in altri Paesi, la quale si compone di 6 livelli (EF-0/EF-5) correlati con i loro rispettivi range di velocità di vento (derivati da stime e non da misure), ricorretti grazie al lavoro congiunto di meteorologi ed ingegneri.

La Scala EF include danni che si verificano a diversi tipi di strutture, sia artificiali che naturali, ed è così ripartita:

Grado	Velocità del vento (stimata)		Danni potenziali
	mph	km/h	
EF0	65–85	105–137	Danni lievi: Danni ai camini; spezza i rami degli alberi; abbate alberi con radici superficiali; danni ai cartelloni e ai segnali stradali.
EF1	86–110	138–175	Danni moderati: Stacca la superficie dei tetti; case mobili spostate dalle fondamenta o rovesciate; automobili in movimento spinte fuori strada; i garages possono essere distrutti.
EF2	111–135	176–220	Danni considerevoli. Tetti strappati dalle case; case mobili demolite; autorimesse abbattute; grossi alberi spezzati; oggetti leggeri proiettati dal vortice come missili.
EF3	136–165	221–269	Il tetto e qualche parete strappati via da case ben costruite; treni deragliati; la maggior parte degli alberi nelle aree boschive vengono sradicati; automobili sollevate da terra e trascinate.
EF4	166–200	270–320	Case ben costruite livellate; strutture con fondamenta deboli fatte volare a breve distanza; automobili scaraventate via; grandi missili vengono generati.
EF5	>200	>320	Case con armatura forte sollevate dalle fondamenta e trascinate a distanze considerevoli per disintegrarsi; missili della grandezza di automobili volano nell'aria per distanze superiori ai 100 metri; alberi scortecciati;

Tabella 2 - Scala Enhanced Fujita

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Questa nuova classificazione, fondata su una vasta esperienza di indagine sui danni di tali fenomeni negli Stati Uniti, è la risultante di una serie di 28 Indicatori di danno² (Damage Indicators) individuati, per ciascuno dei quali sono stati messi in relazione con le diverse velocità del vento vari gradi di danno (Degree Of Damage).

I sei intervalli individuati sono poi convenzionalmente raggruppati in tre categorie:

- EF0-F1 Tornado debole;
- EF2-F3 Tornado forte;
- EF4-F5 Tornado violento.

Circa i 2/3 di tutti i tornado appartengono alla prima categoria (EF0-F1), mentre solo l'1 per cento del numero totale di tornado viene classificato come "violento" (EF4-F5).

Infatti, i tornado F4 ed F5 rappresentano, nelle zone in cui la tornadogenesi da supercella è dominante, solo l'1,5% del totale degli eventi, o anche meno. Ma, data la loro potenza e la grande area che colpiscono nella fase matura, sono responsabili del 67% del totale dei decessi.

Il grado di intensità di un tornado corrisponde a quello del danno di categoria più elevata riscontrato nell'area interessata. In un tornado i venti di intensità maggiore colpiscono zone relativamente ristrette se paragonate alla superficie totale della scia di distruzione. Quindi, ad esempio, in un tornado EF5 troveremo danni F5, F4, F3, F2, F1 e F0 riscontrabili su aree sempre più grandi al decrescere del grado di intensità nella scala.

Va notato che la velocità massima del vento associata ad un tornado si verifica per solo una piccola frazione dell'area coinvolta, in una qualsiasi posizione di passaggio, per un breve periodo di tempo. In funzione della velocità traslazionale del tornado, nella posizione di passaggio si potrebbe sperimentare una velocità del vento vicina al massimo per un tempo variabile da 5 a 10 secondi.

3.4 Previsione dei tornado

Per operare delle previsioni meteo, col progredire degli studi meteorologici, è sempre più manifesta l'esigenza di non limitarsi agli strati più bassi dell'atmosfera, ma di estenderli a quelli più alti, dove avvengono movimenti di grandi masse d'aria e di sistemi che esercitano un'influenza determinante sui fenomeni atmosferici degli strati inferiori. Si rivela quindi essenziale conoscere la temperatura dell'aria, l'umidità relativa come anche la direzione e la forza del vento, a tutti i livelli compresi tra la superficie del suolo e un'altitudine di circa 15.000 m. Tali informazioni possono essere misurate da aerei di linea dotati di strumenti adeguati, ma si utilizzano soprattutto:

² Vedi **Appendice A**

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

- Radiosondaggio tramite palloni sonda;
- Radar meteorologici.

RADIOSONDAGGIO TRAMITE PALLONE SONDA

Palloni sonda, particolari palloni aerostatici, con a bordo degli strumenti di misura meteorologici, ritrasmettono per radio le informazioni atmosferiche di pressione, temperatura, umidità relativa (simbolizzati dalle lettere P, T, U).

La forza e la direzione del vento sono dedotte dalla dislocazione della radiosonda, cosa che può essere misurata in diversi modi tra cui GPS, LORAN-C e radar. Al suolo, una stazione di ricezione/decodifica capta il segnale dell'emettitore tramite il linguaggio codificato TEMP e decodifica le informazioni trasmesse riportandole in diagrammi termodinamici che forniscono una notevole quantità di dati sulla struttura verticale dell'atmosfera al momento dell'osservazione.

In Italia le stazioni che effettuano il radiosondaggio sono sette distribuite su tutto il territorio nazionale e gestite e mantenute dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Nazionale ad esclusione di quella di San Pietro Capofiume (BO) gestita dall'ARPA Emilia Romagna.

INDICE SWEAT

Esistono vari indici di stabilità atmosferica utilizzati per la previsione di eventi temporaleschi che potrebbero portare alla formazione di tornado tra i quali l'indice SWEAT³ (Severe Weather Threat). Sviluppato negli Stati Uniti dopo aver analizzato un consistente numero di tornado, tale indice ha mostrato un'ottima capacità nell'individuare situazioni favorevoli allo sviluppo del fenomeno.

I dati di input per il calcolo dell'indice sono ricavabili dal messaggio TEMP del radiosondaggio ed i valori di output sono inquadrabili in cinque categorie così rappresentate:

Valore Indice SWEAT	Rischio formazione Tornado
< 270	Sfavorevole
270 - 300	Debole rischio
300 - 400	Rischio moderato (potenziale per temporali forti)
400 - 600	Rischio forte (potenziale per i tornado)
601 - 800	Rischio alto

Tabella 3- Indice SWEAT

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 un tornado (valore di allerta negli USA).

³ Vedi Appendice B

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

In Italia la maggior frequenza degli eventi è compresa tra i 100 e i 300, a conferma del fatto che questi fenomeni hanno dimensioni e intensità minori e modalità di formazione per lo più non associate a supercelle. L'esame dei radiosondaggi e degli indici termodinamici connessi indicano la predisposizione dell'atmosfera all'insorgere di fenomeni temporaleschi potenzialmente in grado di generare tornado, che tuttavia richiedono per il loro effettivo sviluppo la presenza di altre condizioni necessarie, quali ad esempio la spinta iniziale (frontale, orografica o per forte riscaldamento dal basso).

RADAR METEOROLOGICI

Nell'ambito delle previsioni a breve termine (nowcasting) i radar meteorologici giocano un ruolo molto importante. Essi infatti, consentono di misurare l'intensità delle idrometeore (pioggia, neve, ghiaccio) presenti nell'atmosfera.

I radar meteo sono composti da una parte emittente, che invia nell'atmosfera impulsi di onde elettromagnetiche fino ad una distanza di 100-250 km di raggio e 10 km di altezza, e di una parte ricevente che ha la funzione di raccogliere la frazione di energia riflessa (riflettività) dagli ostacoli che l'onda emessa incontra lungo il suo percorso. L'elaborazione della riflettività consente di stimare l'entità e la tipologia delle precipitazioni e di rappresentarle sulle mappe radar con diverse tonalità di colore.

Oltre ai normali radar meteo, esistono degli speciali radar chiamati radar Doppler che, sfruttando l'omonimo effetto acustico, consentono di stimare la velocità di spostamento con cui le particelle che costituiscono la nube (gocce e cristalli) si avvicinano o si allontanano dal radar. Tali valutazioni risultano essenziali per valutare il wind shear a diverse altitudini. Questi speciali radar permettono quindi di conoscere, oltre all'intensità della precipitazione, la direzione di spostamento dell'evento meteorologico.

CENTRO METEOROLOGICO DI TEOLO (PD)

L'ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto), mediante il Centro Meteorologico di Teolo, gestisce un "Sistema Integrato di Monitoraggio Meteorologico" in grado di combinare sinergicamente informazioni che derivano da carte meteorologiche, satellite meteorologico, radar meteorologico, dati meteorologici rilevati al suolo, elaborazioni climatologiche. L'attività dell'ARPAV si basa su una previsione a medio termine (forecasting), che riguarda un arco temporale di 1-3 giorni e che ha come prodotto principale il "Bollettino Quotidiano Meteo Veneto" e una previsione a breve termine (nowcasting) relativa ad un arco temporale di poche ore che viene attivata in condizioni meteorologiche avverse o di emergenza ambientale ed ha come prodotto il: "bollettino di nowcasting" emesso ogni tre ore.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

3.5 Tornado in Italia

Anche in Italia possono originarsi dei tornado, gran parte dei quali con intensità del fenomeno vorticoso solitamente medio bassa, fra i gradi EF1 - EF2 della scala Enhanced Fujita. Questi fenomeni in genere si sviluppano dopo periodi caldi e umidi, quando nuclei di aria fredda e secca provenienti dal Nord Europa transitano sopra a masse di aria calda e umida.

Le zone più colpite sono la pianura Padana, in particolare le aree pedemontane delle Alpi, il Ponente ligure, il Friuli, la Versilia, le coste del Lazio e la Sicilia orientale.

Le frequenze maggiori, corrispondenti con quelle dei temporali, si registrano in agosto in Italia settentrionale e a settembre-ottobre sulle coste tirreniche.

I tornado generati nelle pianure interne, in particolare nella Pianura Padano-Veneta, possono raggiungere forti intensità dovute alla simultanea irruzione di area fredda e secca dalle Alpi e al richiamo di aria caldo-umida dal Golfo di Venezia.

Tra i tornado di eccezionale intensità verificatisi durante l'ultimo secolo nella penisola si ricordano:

- 24 Luglio 1930 a Volpago del Montello (TV) - Le stime riportano di raffiche, stimate come prossime ai 500 km/h, che porterebbero oggi il tornado a livello EF5, il più potente mai registrato in Italia così come in Europa. Si contarono 23 vittime e danni strutturali pesantissimi, con numerose abitazioni rase al suolo.
- 16 Giugno 1957 Oltrepò Pavese – classificabile ex post come EF4 , con venti all'interno del vortice stimati oltre i 400 km/h; si contarono 6 vittime e numerosi feriti. Non molto distante e pochi anni dopo un altro tornado provocò 9 vittime tra parmense e piacentino; era il 4 Luglio 1965.
- 11 settembre 1970 Laguna Veneta - classificabile ex post come EF4, originato sui Colli Euganei, distrusse diverse abitazioni, provocando una strage nel momento in cui raggiunse Venezia. Il bilancio complessivo è stato di 36 morti e circa 500 feriti.

3.6 Tornado in Veneto

La regione Veneto, caratterizzata dall'ampia parte pianeggiante con altissima umidità durante l'estate, dalla presenza di vasti sistemi fluviali e da ristagno di aria dovuta alla scarsa ventilazione, è stata interessata da eventi di tornado di varia intensità.

Nel 1930 un tornado distrusse la chiesa di Selva del Montello e fu classificato in seguito come F5; questo è il fenomeno più intenso documentato in Italia. Nel 1970 un tornado si formò sui Colli Euganei e dopo diversi chilometri percorsi verso Est arrivò in laguna con effetti distruttivi. E' stato classificato F4.

Anche recentemente si sono verificate trombe d'aria che hanno scoperchiato tetti, abbattuto alberi e distrutto manufatti. Si ricordi, ad esempio, il tornado di Riese Pio X del 6 giugno 2009 (classificato EF3).

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Per la caratterizzazione del territorio della regione Veneto, sulla base del numero di eventi di tornado occorsi negli anni sono state considerate tre fonti principali, di seguito riportate:

- European Severe Weather Database;
- ARPAV - Analisi degli eventi meteorologici intensi in provincia di Venezia: grandinate e trombe d'aria - 2003;
- 2006 - Le avversità atmosferiche nell'agricoltura veneta nel periodo 1978-2005.

EUROPEAN SEVERE WEATHER DATABASE

L'“European Severe Weather Database” (www.eswd.eu) è una banca dati che raccoglie, per tipologie, gli eventi meteorologici occorsi in tutta Europa. È stato possibile individuare gli eventi di tornado che hanno interessato il Veneto dal 2001 al 2013, alcuni dei quali classificati con la scala Fujita. Il numero totale di eventi segnalati risulta quindi di 38, la quasi totalità dei quali è risultato di breve durata ed intensità.

Nella tabella seguente si riportano, per ogni evento considerato, la data, il luogo, l'intensità (Scala Fujita), la lunghezza del percorso/larghezza del tornado, la durata ed il numero di feriti e morti occorsi a seguito del tornado. Viene riportata inoltre la descrizione presente nel ESWD circa le fonti di segnalazione e di caratterizzazione dell'evento.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (<i>European Severe Weather Database</i>)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
1	07/07/2001	Cadoreghe (PD)	F2	--	--	--	<i>Based on: information from a report in scientific literature, a report on a website, a damage survey by a severe weather expert Source: http://www.fenomenitemporaleschi.it/070701.htm</i>
2	06/06/2002	Venezia	--	--	--	--	<i>Based on: information from photo or video of the event, a report on a website Source: http://www.tornadoit.org/lefoto21.htm</i>
3	18/06/2003	Verona	F0	--	--	--	<i>Based on: information from photo or video of the event, a report in scientific literature, a report on a website, a damage survey by a severe weather expert Source: http://www.tornadoit.org/lefoto27.htm</i>
4	13/08/2004	Vicenza	--	--	--	--	<i>Based on: information from a report received by e-mail Total damage: Several damages to houses and crops.</i>
5	11/07/2004	Caorle (VE)	--	--	--	--	<i>Based on: information from a report by a weather service, a report on a website Source: Overview of tornadoes in Italy in 2004 by MeteoNetwork, Thunderstorm Team, Italian Storm Chasers; http://storms.meteonetwork.it/modules/news/article.php?storyid=59</i>
6	21/08/2004	Caorle (VE)	--	--	--	--	<i>Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report in scientific literature, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report in some literature Total damage: many damages were produced to buildings and ships present in the harbor</i>
7	05/10/2005	Cavallino (VE)	--	--	--	--	<i>Based on: information from a report by a weather service, a report in scientific literature, a report on a website. Source: Overview of tornadoes in Italy in 2005 by MeteoNetwork, Thunderstorm Team, Italian Storm Chasers; http://storms.meteonetwork.it/modules/news/article.php?storyid=59</i>
8	20/08/2005	Sottomarina (VE)	--	--	--	--	<i>Based on: information from a report by a weather service, a report in scientific literature, a report on a website Source: MeteoNetwork, Thunderstorm Team (Italian Storm Chasers), http://storms.meteonetwork.it/modules/news/article.php?storyid=59</i>
9	29/06/2006	Montebelluna (TV)	--	--	--	--	<i>Based on: information from a report on a website Source: http://www.comune.montebelluna.tv.it/modules.php?name=News&amp;new_topic=13; http://www.comune.montebelluna.tv.it/downloads/ComunicatiStampa/06giu30.pdf</i>
10	29/06/2006	Asolo (TV)	--	--	--	--	<i>Based on: information from a report on a website Source: http://www.comune.asolo.tv.it/mws/navig/news/visualizza.jsp;jsessionid=C67A0528E80CBA2D07F7F0AC792354ED?numerodocumento_key=6030;</i>

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (European Severe Weather Database)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
							http://www.comune.asolo.tv.it/documenti_originali/Aso_Doc.Te_cnica_6030.doc
11	28/07/2006	Mogliano (TV)	F1	--	--	--	Based on: information from a newspaper report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website Source: http://www.protezionecivilemogliano.it/portale/images.asp?ca_t=85&page=5 ; http://www.protezionecivilemogliano.it/portale/news.asp_news_74
12	28/07/2006	Venezia	F1	--/30m	--	--	Based on: information from an eye-witness report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website Source: http://www.webazzurro.com/forum/topic.asp?TOPIC_ID=12410

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (European Severe Weather Database)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
13	28/07/2006	Pontelongo (PD)	F1	--/30m	--	--	Based on: information from a newspaper report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website Source: http://www.comune.pontelongo.pd.it/eco_stampa/eco_trombaaria_2.htm ; http://www.comune.pontelongo.pd.it/eco_stampa/eco_trombaaria .htm iv
14	26/05/2007	San Michele al Tagliamento	--	--	--	--	Based on: information from a report in scientific literature, a report on a website Source: http://www.tornadoit.org/elenco2007.htm
15	21/08/2007	Jesolo (VE)	--	--	10 min.	--	Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report on a website
16	13/07/2008	Sottomarina (VE)	F0	0,5km/30m	1 min.	--	Based on: information from photo or video of the event Source: http://forum.meteotriveneto.it/viewtopic.php?f=3&t=16045&start=0
17	06/07/2008	Venezia	--	--	--	--	Based on: information from photo or video of the event Source: http://www.youtube.com/watch?v=5Dh7agqg46Y

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (<i>European Severe Weather Database</i>)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
18	17/08/2008	Cavallino (VE)	--	--	10 min.	--	Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report on a website Source: http://forum.meteonetwork.it/showthread.php?t=88028
19	19/03/2009	Zermeghedo (VI)	F1	--	--	--	Based on: information from photo or video of the event, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website Source: http://www4.wetterspiegel.de/stormchaser/wbb3_new/index.php?page=Thread&threadID=8281 ; http://forum.meteonetwork.it/thunderstorms-and-chasers/10266-2-gambellara-vi.html
20	29/04/2009	Bovolenta (PD)	F0	1km/--	15 min.	--	Based on: information from photo or video of the event, an eyewitness report of the damage Source: http://forum.meteonetwork.it/thunderstorms-and-chasers/10454-2-landspout-nel-padovano-29-04-2009-a.html
21	06/06/2009	Riese Pio X (TV)	F3	--/150m	--	28/0	Based on: information from a newspaper report, a television or radio broadcast, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website, a damage survey by a severe weather expert, an eyewitness report of the damage Source: http://www.youreporter.it/foto_Violenta_tromba_d_aria_a_Trev_iso_1 ; http://www.gazzettino.it/articolo.php?id=61134&sez=REGIONI ; http://newsmeteoclima.myblog.it/archive/2009/06/06/tromba-d-aria-a-riese-pio-x-treviso-case-scoperchiate-deci.html ; http://corrieredelveneto.corriere.it/treviso/notizie/cronaca/2009/6-giugno-2009/ore-1530-tromba-d-aria-riese-case-scoperchiate-decine-feriti-1501436817213.shtml ; http://www.rainews24.rai.it/it/news.php?newsid=120462 ; http://www.skywarn.de/forum/viewtopic.php?f=30&t=6870 ; http://www.ilgiornaledivivenza.it/stories/Home/59521_vento_pioggia_e_grandine_danni_in_mezza_provincia/
22	29/08/2009	Merlara (PD)	--	--	--	--	Based on: information from photo or video of the event, a report on a website Source: http://img377.imageshack.us/img377/6595/snapsmall20090829211525.jpg

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (<i>European Severe Weather Database</i>)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
23	14/09/2009	Cavallino (VE)	--	--	5 min.	--	Based on: information from photo or video of the event, a report on a website, an eyewitness report of the damage Source: http://www.shrani.si/fj/2J/hE/2RBDY0yC/water2.jpg , http://www.shrani.si/fj/l/6y/3cXNiKH6/water8.jpg
24	16/09/2009	Cavarzere (VE)	--	--	8 min.	--	Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report received by e-mail , a report on a website Source: http://www.flickr.com/photos/volto71/3944366246 .
25	05/10/2009	Lido di Jesolo (VE)	--	--	10 min.	--	Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report received by e-mail , a report on a website, an eyewitness report of the damage Source: http://i36.tinypic.com/14caesk.jpg , http://i35.tinypic.com/6sb88y.jpg , http://i33.tinypic.com/303lpqh.jpg , http://www.shrani.si/fj/43/Ae/4iGIYmiL/dsc0036.jpg , http://www.shrani.si/fj/3A/JF/2f3ZmCHT/dsc0040.jpg , http://www.shrani.si/fj/2l/oD/ILKIOE8/dsc0045.jpg , http://www.shrani.si/fj/d/60/3bEbVyeN/zoia2.jpg
26	19/06/2010	Fossò (VE)	F1		10 min.		Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website Source: http://www.youtube.com/watch?v=9hvamW_LTcl ; source II: "Dettagli sulla tromba d'aria che ha colpito il Veneziano", ANSA / METEOWEB.it, 19 JUN 2010; foto material: Dettagli sulla tromba d'aria che ha colpito il Veneziano
27	05/07/2010	Pozzoleone (VI)					Based on: information from a newspaper report, a report on a website
28	23/07/2010	Porto Secco (VE)	--	--	--	--	Based on: information from a newspaper report, a report on a website Source: "Veneto flagellato dai temporali", ANSA / meteoweb.it, 23 JUL 2010; "Tromba d'aria a Pellestrina (Venezia)", ANSA / meteoweb.it, 23 JUL 2010;
29	27/07/2010	Lido di Jesolo (VE)	--	--	--	--	Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a trained storm spotter Source: http://www.stormhunters-austria.com/t1667f24--Tornado-Waters-pout-Jesolo.html - LG, Manuel Wafzig
30	08/11/2010	Montecchio Maggiore (VI)	F1	--	6 min.	1/--	Based on: information from photo or video of the event, a newspaper report, a television or radio broadcast, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website Source: http://www.youtube.com/watch?v=9FLcl8-Wy74 ;

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (European Severe Weather Database)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
							Forum Meteonetwork: http://forum.meteonetwork.it/thunderstorms-and-chasers/12905-9-overshooting-top-tromba-daria-in-veneto-2.html
31	27/05/2011	Cerro Veronese (VE)	--	--	2 min.	--	Based on: information from a newspaper report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website, an eyewitness report of the damage Source: "Grandine e trombe d'aria sul lago Scoperchiata la scuola di Cerro ", IL GIORNALE DI VERONA, 28 MAY 2011
32	27/07/2011	Cavallino (VE)	--	--	--	--	Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report on a website Source: nordestmeteo.it, MNW forums, TT Italy: http://img5.imageshack.us/img5/2479/lwpcz.jpg

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (European Severe Weather Database)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
33	19/09/2011	Sottomarina (VE)	--	--	--	--	Based on: information from photo or video of the event, a report on a website Source: http://www.youtube.com/watch?v=csPqXRgb4NA
34	12/06/2012	Sant'Elena - Venezia	F1	10,5km/--	--	--	Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report by a weather service, a newspaper report, a report on a website, an eyewitness report of the damage Source: "Tromba d'aria a Venezia", VENEZIA TODAY, 12 JUN 2012; "Ultim'ora: tromba d'aria a Venezia!", 3B METEO, 12 JUN 2012; http://www.veneziatoday.it/cronaca/tromba-aria-venezia-oggi-12-giugno-2012.html http://www.3bmeteo.com/giornale-meteo/ultim--ora--tromba-d--aria-a-venezia-57958 http://www.3bmeteo.com/images/newarticles/c66e1dfdd25e08f05f7eb5df73c05ef3_tromba_d_aria_venezia.jpg http://www.3bmeteo.com/images/newarticles/c66e1dfdd25e08f05f7eb5df73c05ef3_tornado_venezia.jpg http://www.3bmeteo.com/images/newarticles/c66e1dfdd25e08f05f7eb5df73c05ef3_tromba_marina_venezia.jpg http://www.youreporter.it/video_Tromba_d_aria_in_laguna_di_venezia http://forum.meteonetwork.it/thunderstorms-and-chasers/143495-tornado-laguna-venezia-9.html

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

#	Data	Luogo	Descrizione/Report (<i>European Severe Weather Database</i>)				
			Intensità	Lunghezza/larghezza	Durata	Feriti/morti	Riferimenti e descrizione
							http://4giul.wordpress.com/2012/06/13/tornado-di-venezia-12-giugno-2012-percorso-e-danni/
35	31/08/2012	Quarto d'Altino (VE)	--	--	2 min.	--	<i>Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a trained storm spotter</i>
36	27/04/2013	Brugine (PD)	F0	0,5km/--	3 min.	--	<i>Based on: information from photo or video of the event, a newspaper report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage, a report on a website, a trained storm spotter</i> Source: http://www.serenissimameteo.eu/ultimi-articoli-2012/264-tornado-sul-padovano.html http://forum.serenissimameteo.it/showthread.php/732-Tornado-basso-padovano-27-4-2013/page1 http://forum.serenissimameteo.it/showthread.php/732-Tornado-basso-padovano-27-4-2013/page2 http://mattinopadova.gelocal.it/cronaca/2013/04/28/news/tromba-d-aria-su-brugine-crolla-un-capannone-1.6967855
37	25/05/2013	Mirabella (VI)	--	--	5 min.	--	<i>Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a trained storm spotter</i> Source: http://www.serenissimameteo.eu/8-ambiente-e-territorio/287-tempo-pazzo,-nel-vicentino-manca-solo-il-tornado-anzi-c-%C3%A8.html http://www.serenissimameteo.eu/images/funnel1.jpg
38	24/05/2013	Chioggia (VE)	--	--	--	--	<i>Based on: information from photo or video of the event, an eye-witness report, a report on a website</i> https://www.facebook.com/media/set/?set=a.10201433444184536.1073741842.1428054052&type=1 https://fbcdn-sphotos-e-a.akamaihd.net/hphotos-ak-prn2/250506_10201433447224612_1633910678_n.jpg

Tabella 4- Tornado Regione Veneto 2001-2013 -ESWD

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Sulla base delle informazioni disponibili nella banca dati, si può osservare come l'intensità massima raggiunta, nel periodo considerato, sia stata quella del tornado che ha colpito la località Riese Pio X (TV) il 6 giugno 2009, classificato F3.

Si evidenzia, inoltre, come solo in un altro caso sia stato raggiunto il grado F2 (Cadoreghe, Padova il 07/07/2001). I restanti 36 eventi segnalati non hanno raggiunto intensità ragguardevoli, o non sono stati classificati.

In sintesi, negli anni 2001-2013 in base alla fonte, l'intensità dei tornado in Veneto può essere così rappresentata:

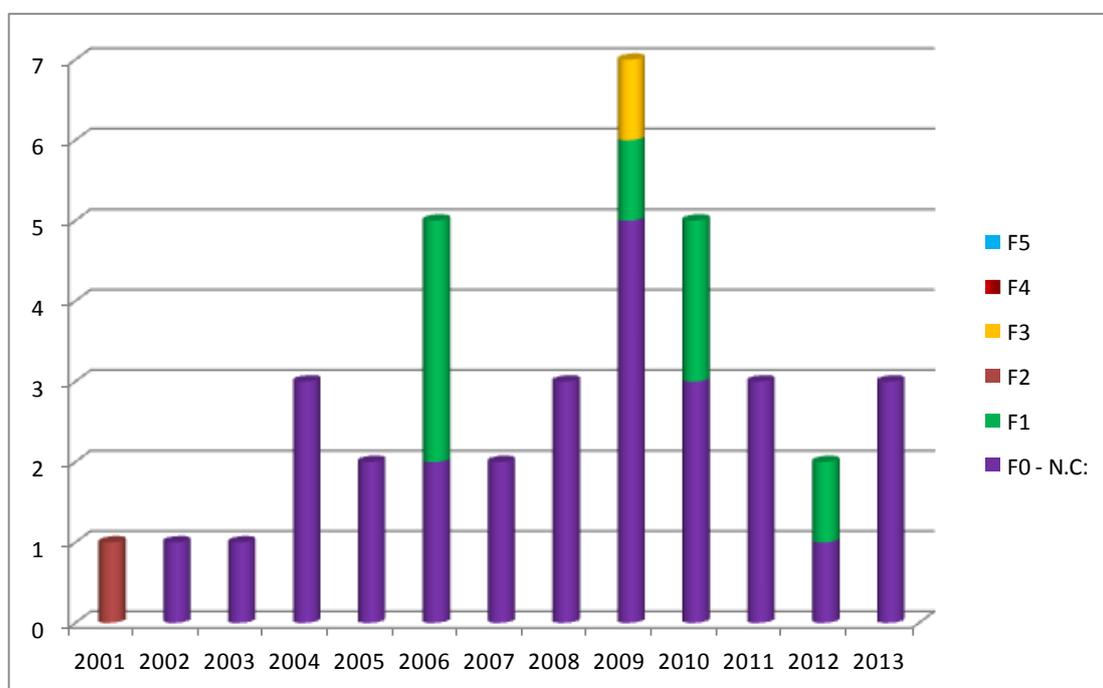


Figura 3- Tornado in Vento nel periodo 2001-2013 – ESWD

La maggior facilità di acquisire fonti ed informazioni negli ultimi anni ha portato ad un aumento delle segnalazioni; la maggior parte degli accadimenti di minore intensità risulta non classificata.

ARPAV - ANALISI DEGLI EVENTI METEOROLOGICI INTENSI IN PROVINCIA DI VENEZIA: GRANDINATE E TROMBE D'ARIA - 2003

Lo studio realizzato da ARPAV, al fine di caratterizzare sia le modalità di genesi e le condizioni necessarie alla comparsa di tornado, sia la loro dinamica evolutiva, ha individuato come fonti principali

- la banca dati relativa al "Progetto AVI", condotto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche su

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

commissione del Dipartimento della Protezione Civile per il censimento delle aree del paese colpite da frane e da inondazioni per il periodo 1918-1994,

- lo studio condotto dall’Unità Operativa di Agro-Biometeorologia del Centro Meteorologico di Teolo, in collaborazione con Università di Padova - Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali - e Regione Veneto - Direzione Regionale Politiche Agroalimentari e per le Imprese, che ha permesso l'analisi di 26 anni (1978-2003).

Considerato il periodo tra il 1970 e il 2004 per la Provincia di Venezia, suddivisa in tre zone (1 meridionale, 2 centrale, 3 nord orientale) il numero totale di eventi riportati nello studio (giorni con tromba d’aria in almeno un comune) è pari a 37 per un totale di 116 Comuni coinvolti. Oltre ai comuni interessati, lo studio non riporta la classificazione, o alcuna descrizione degli eventi considerati.

Nel grafico sottostante si riporta, per le tre zone individuate, il numero totale di eventi di tornado che hanno colpito almeno un comune in uno stesso giorno.

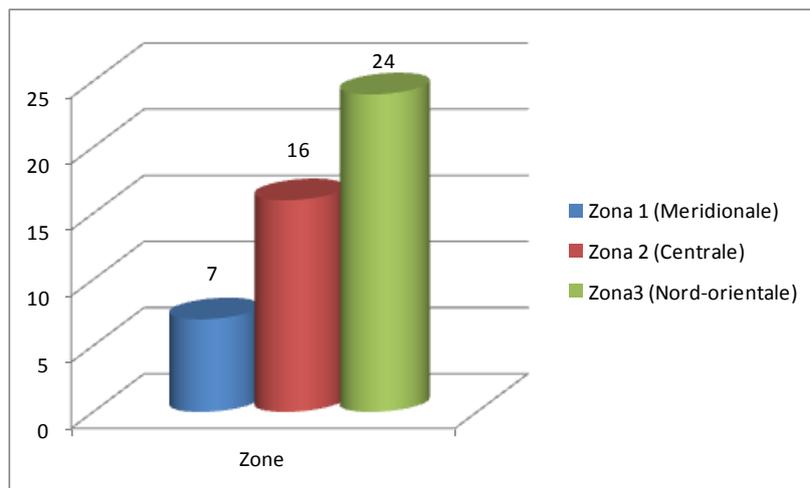


Figura 4- Tornado Provincia di Venezia 1970-2004 - ARPAV

LE AVVERSITÀ ATMOSFERICHE NELL’AGRICOLTURA VENETA NEL PERIODO 1978-2005

La realizzazione del citato studio si è basata sulla raccolta e sulla classificazione di tutte le delibere regionali, dal 1978 al 2005, che hanno comportato risarcimenti a carico del Fondo Nazionale di Solidarietà alle aziende del Veneto.

La delibera della Giunta Regionale costituisce l’atto definitivo mediante il quale si dà certezza dell’esistenza di avversità aventi carattere eccezionale e della delimitazione territoriale nei quali si sono verificate.

I dati ricavati da tali delibere sono stati classificati ed elaborati in base a:

1. Natura dell’evento calamitoso risarcito;

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

2. Provincia e Comuni interessati da ogni singolo evento calamitoso risarcito;
3. Data e durata del fenomeno di ciascun evento calamitoso risarcito.

Le trombe d'aria per le quali si è dato seguito alla procedura di risarcimento nel periodo considerato sono risultate 76, interessando 456 comuni.

Tale studio, avendo altri fini, non riporta la classificazione degli eventi considerati, né alcuna descrizione dei danni.

Nella figura seguente si riporta la distribuzione dei tornado nel periodo 1978-2005 e relativo numero di comuni colpiti.

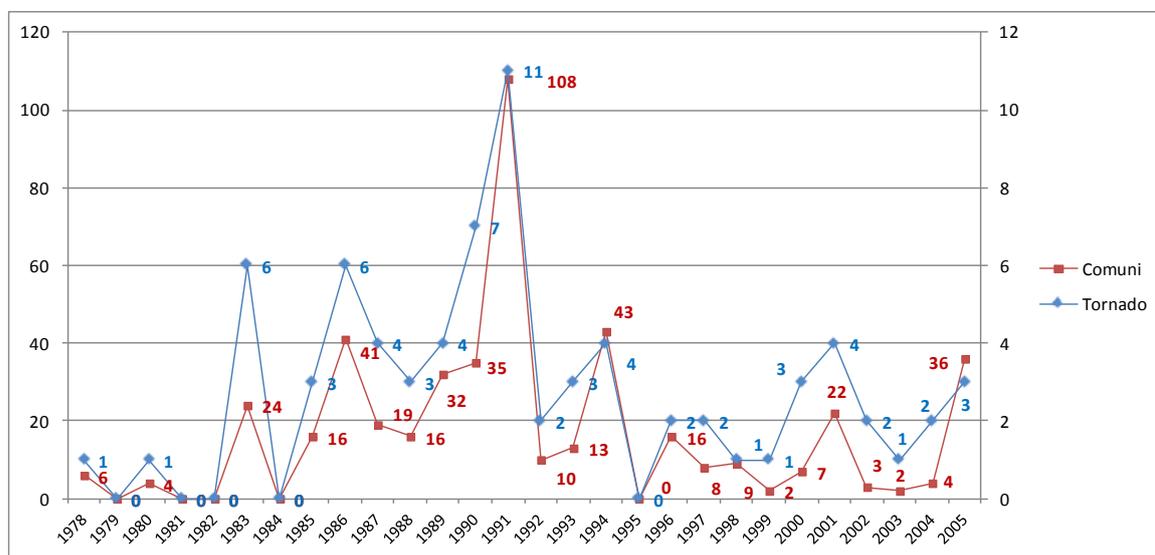


Figura 5- Tornado Regione Veneto 1978-2005 che hanno comportato risarcimento da parte del Fondo Nazionale di Solidarietà alle aziende del Veneto - UniPD

3.7 Normativa italiana

NTC 2008

La normativa italiana non dà indicazioni specifiche riguardo i criteri da adottare nella progettazione di strutture civili ed industriali nel caso di eventi atmosferici quali i tornado. Le norme vigenti per le costruzioni sono quelle contenute nelle NTC 2008 che, al paragrafo 3.3, affrontano la tematica delle azioni del vento sulle costruzioni.

Le azioni del vento considerate dalle norme sono esclusivamente quelle determinate da venti orizzontali, che se pur di natura dinamica sono ricondotte ad azioni statiche equivalenti che si traducono in pressioni e depressioni agenti in direzione ortogonale alle superfici che compongono le costruzioni. In via generale per la determinazione di tali azioni la normativa prevede la primaria determinazione di tre parametri:

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

- la velocità base di riferimento del vento v_{ref} (m/s): definita come il valore della velocità media del vento su un intervallo di tempo di 10 minuti del vento, misurata a 10 m dal suolo, su un terreno di II Categoria di esposizione in base a una apposita classificazione. È associata a un periodo di ritorno $TR = 50$ anni, corrispondente a una probabilità (sfavorevole) del 2% di essere superata in un anno;
- la pressione cinetica di riferimento esercitata dal vento q_{ref} (N/m²): direttamente legata alla velocità di riferimento dalla formula: $q_{ref} = v_{ref}^2/1600$;
- la velocità di riferimento di progetto v_r (m/s): definita come il valore della velocità media del vento su un intervallo di tempo $T=10$ minuti, a 10 m di altezza sul suolo, su un terreno di II Categoria di esposizione in base a una apposita classificazione, riferito al periodo di ritorno di progetto TR . È collegata alla v_{ref} dalla seguente formula: $v_r = v_{ref} \cdot C_r$ dove C_r è il Coefficiente di ritorno⁴.

Il territorio italiano è stato suddiviso in nove zone per differenti velocità base di riferimento. Il Veneto appartiene alla zona n.1 in cui la velocità base di riferimento è di 25 m/s (90 km/h) come illustrato nella figura seguente.

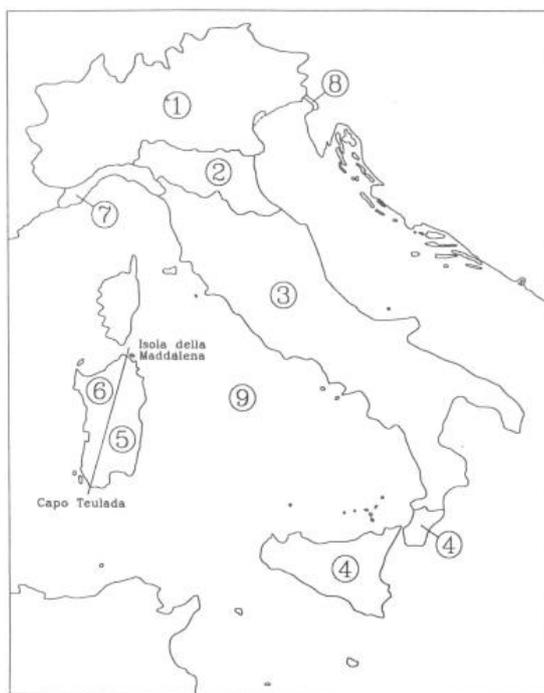


Figura 6- Zone caratterizzate da diversi valori della velocità di base di riferimento

⁴ Per un periodo di ritorno di 200 anni (applicato alle costruzioni di importanza strategica) C_r assume il valore di 1,125

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

CNR-2008

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha predisposto nel 2008, attraverso l'attività di un Gruppo di Lavoro, il Documento CNR-DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

Tali istruzioni, conformemente a quanto riportato nelle norme tecniche per le costruzioni definiscono le azioni del vento per tipologie di opere caratterizzate da altezze elevate, snellezza, flessibilità e leggerezza, abbinata a forme particolari, opere per le quali l'azione aerodinamica del vento assume particolare rilevanza; i suoi effetti devono essere opportunamente valutati ai fini del conseguimento del livello di sicurezza desiderato.

All'interno di tali istruzioni tra venti associati a particolari condizioni atmosferiche vengono citati i tornado, definiti come *"l'evento naturale singolarmente più distruttivo; in alcuni paesi del mondo danno luogo a velocità persino superiori a 300 km/h, con punte stimate di 700 km/h; fortunatamente hanno limitata estensione e ridotta probabilità di accadimento"*.

Questa tipologia di eventi resta comunque esclusa nelle successive valutazioni delle azioni del vento sulle costruzioni.

3.8 Normativa USA

Negli Stati Uniti, notoriamente soggetti ad eventi di tornado catastrofici con frequenze elevate, le norme e gli standard di riferimento per le costruzioni sono:

- International Building Code - 2012;
- Standard ASCE (American Society of Civil Engineering) 7 - Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures;
- ANSI/ANS-2.3-2011 (Nuclear Facilities);
- FEMA⁵ 361 (Storm Shelters, Safe Rooms).

Lo Standard ASCE 7, fornisce alcune informazioni interessanti:

- indica una frequenza di accadimento di $1E-5$ (eventi/anno) per velocità massima del vento, in caso di tornado, variabili da 100 a 200 mph (161-322 km/h) per differenti zone degli Stati Uniti (Figura 8);
- evidenza come la probabilità di raggiungere velocità di picco significative (sia pure di dimensioni non paragonabili ai tornado più forti) con venti non generati da tornado sia

⁵ US Federal Emergency Management Agency (FEMA)

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

significativamente maggiore della probabilità di raggiungere le stesse velocità durante fenomeni tornadici;

- specifica che, per circa la metà dei tornado registrati negli USA, le velocità delle raffiche di vento dei tornado sono inferiori alle velocità di picco di riferimento.

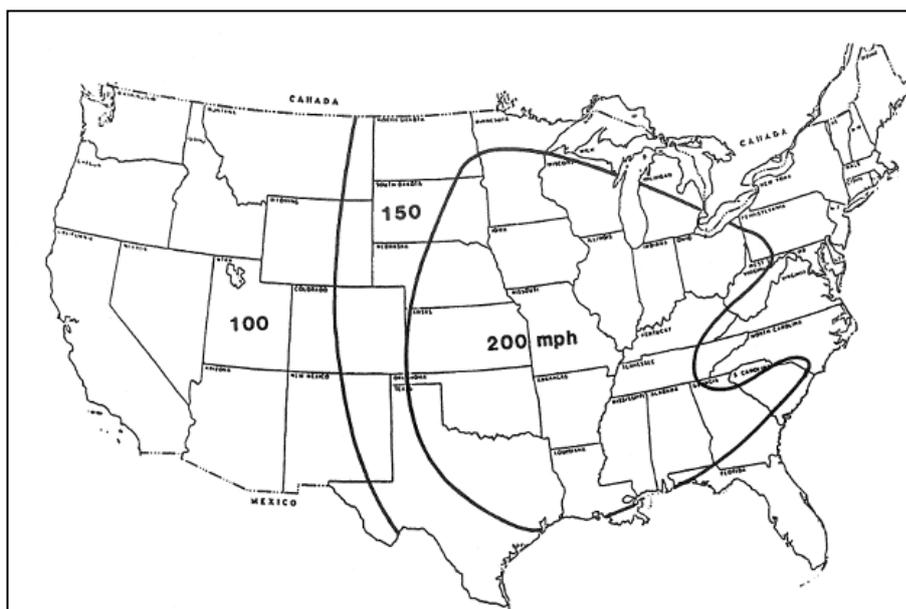


Figura 7- Velocità venti di tornado correlati con una probabilità annua di accadimento di 10-5

3.9 Valutazioni di rischio

GENERALITÀ

Una valutazione quantitativa di rischio, condotta secondo i canoni classici su uno stabilimento od un sito industriale a rischio di incidente rilevante nell'area di Marghera, esige i seguenti passaggi:

- A. Determinazione delle caratteristiche dello scenario di danno di riferimento all'interno del sito, legato ai seguenti fattori:
 1. frequenza/probabilità generica di un tornado interessante l'area del sito;
 2. probabilità differenziate per le caratteristiche di intensità attribuibili;
 3. stima delle dimensioni dell'impronta a terra e del percorso nel sito, in termini statistico-probabilistico.
- B. Valutazione degli effetti (danni) agli impianti ed alle strutture.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Negli Stati Uniti, dove il fenomeno dei tornado è mantenuto sotto osservazione (e registrazione) da molti anni, dato il numero di casi anche drammatici, è stato costruito un ampio database storico, con inizio dal 1950 e successivamente ampliato dal 1994, che ha consentito l'elaborazione di modelli previsionali probabilistici per quanto riguarda i punti A.1) ed A.2) di cui sopra sia pure in termini di area ampia regionale. Per quanto concerne il punto A.3), lo studio del probabile percorso interessante l'area di uno specifico sito industriale appare ancora impossibile, almeno allo stato dell'arte. La valutazione dei danni attesi è comunque affidata alla stima dell'intensità del tornado, utilizzando la scala EF Fujita. Nella figura seguente si riporta una sintesi storica sulla distribuzione dei tornado negli USA in base alla loro intensità.

EF Number	Wind Speed (mph)	% of US Tornadoes ¹
0	65-85	62.2
1	86-110	26.5
2	111-135	8.0
3	136-165	2.6
4	166-200	0.58
5	200+	0.04

¹1991-2010, Data Source: NOAA

Figura 8- Distribuzione storica dei tornado negli Stati Uniti nel periodo 1991-2010
(Fonte NOAA – USA, tratto da Frank Lombardo et al., Joplin Tornado Study, Briefing for NCST Advisory, 2011)

In altri termini, le capacità previsionali risultano in prevalenza indirizzate ad individuare le aree maggiormente critiche, ovvero zone territoriali in cui in tornado può assumere caratteristiche tali da generare danni gravi e/o catastrofici per la popolazione e per alcune strutture particolari (impianti nucleari, laddove presenti), al fine di predisporre, sia in termini preventivi (rifugi) che di contenimento (strutture di soccorso ed organizzazione di intervento), le misure da adottare in previsione di una probabile emergenza.

Ciò che rende un tornado unico tra tempeste di vento è l'intenso gradiente di velocità e direzione del vento che può essere trovata nella maggior parte dei tornado. Chiaramente, un tornado è vento in forte rotazione, ma quando gli oggetti sono molto più piccoli del tornado, la rotazione di tale flusso d'aria non è generalmente apparente.

La rotazione e il movimento del vortice comportano che le strutture e la vegetazione nel percorso verranno a sperimentare tipicamente variazioni sia della velocità del vento che della direzione.

CARICO DEL VENTO

Nelle costruzioni ordinarie, il peso di una struttura è generalmente il carico dominante. Quando il vento non supera le soglie previste dal codice di progettazione, la struttura è in grado di resistere alla pressione del vento, senza cedimenti strutturali.

Quando un tornado interagisce con le strutture, i carichi possono raggiungere valori maggiori dell'ordinario, e alcuni cedimenti strutturali possono iniziare. Per strutture deboli, questo potrebbe

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

avvenire a partire da velocità del vento come quelle associate alla categoria EF1 sulla scala Fujita. Con strutture più resistenti (come in generale gli impianti industriali) sono necessarie condizioni di intensità del tornado, tanto maggiori quanto sono maggiori la stabilità e resistenza strutturale.

SOLLEVAMENTO

Un importante contributo di danno in un tornado è la forte accelerazione verticale con il movimento verticale verso l'alto vicino alla superficie, spinto dal campo di pressioni dello stesso tornado.

Questo è l'effetto "ventosa" associato al tornado che si pone in contrasto con l'ordinario carico gravitazionale delle strutture, comportando, in relazione al livello di intensità, il sollevamento di oggetti ed elementi strutturali in aria. Sebbene la maggior parte delle costruzioni sia progettata per resistere agli effetti ordinari di carico di gravità verso il basso, la sua progettazione può essere sostanzialmente meno efficace nel resistere a carichi verticali in senso opposto.

Anche in questo caso i vincoli strutturali e l'ancoraggio in profondità a fondazioni solide può richiedere intensità di tornado assai più elevate per iniziare i cedimenti.

FORZE ORIZZONTALI

Oltre alle forze di sollevamento associate alla distribuzione della pressione del tornado stesso, il vento orizzontale crea forze di pressione dinamica del vento con la generazione di campi di velocità variabile (rallentamenti su pareti verticali ed accelerazione successiva su tetti orizzontali).

Al di là del carico dinamico del vento generato sulle superfici verticali di impatto, il flusso d'aria orizzontale interagendo con la struttura, può aumentare le forze di sollevamento esercitate sul tetto dal campo di pressione del tornado, facilitandone l'asportazione, parziale o totale, in relazione alla intensità del tornado. Strutture labili o generalmente ancorate in maniera precaria al terreno possono subire tali effetti anche a livelli di intensità minori (tornado deboli EF0-F1).



Figura 9- Esempio concreto di una struttura industriale (serbatoio sopraelevato di acqua) rimasta indenne nel mezzo di una zona di strutture residenziali distrutte da un tornado

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)
PROIEZIONE DI OGGETTI

In relazione al tema degli oggetti sollevati da terra e proiettati (cosiddetti “missiles”), la formulazione della scala Fujita individua la presenza di oggetti leggeri lanciati in aria con sufficiente violenza quando il tornado entra nella categorie EF3. Per quanto concerne oggetti di massa significativa appoggiati sul terreno (es.: automezzi), ricerche più recenti individuano nelle categorie EF4-F5 le condizioni minime necessarie per trasformarli in proiettili, mentre un tornado EF2-F3 potrebbe essere in grado di ribaltare occasionalmente veicoli.

CAMBI IMPROVVISI DI DIREZIONE

I tornado, per la loro stessa natura, possono essere soggetti ad andamenti erratici, con cambi di direzione e percorso improvvisi ed imprevedibili.



Figura 10- Tracce sul terreno di un cambio improvviso di direzione del tornado– USA, Iowa 1999

PREALLARME DI TORNADO

Va rilevato che l’esperienza accumulata negli Stati Uniti ha da tempo generato un sistema diffuso, anche se non imposto o regolato da norme federali, di pre-allarme (Early Warning) rivolto alla popolazione minacciata da fenomeni di tornado in atto⁶.

⁶ Esiste una Linea Guida nazionale (Federal Guidance on outdoor warning systems - FEMA 1980, 2006) per assistere le amministrazioni locali che intendono attuare un sistema di preallarme. L’analisi del catastrofico tornado di Joplin (USA, Missouri, 2011) ha tuttavia rilevato significative carenze nelle misure preventive per la gestione della emergenza da tornado di elevata intensità, in una area ben nota per le frequenza dei fenomeni.

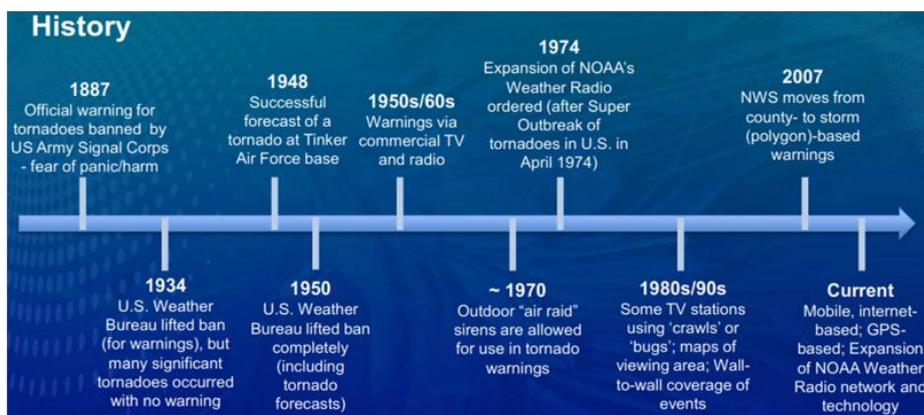
ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)


Figura 11- Sintesi storica sulle modalità di preallarme esistenti negli USA
(fonte: Frank Lombardo et al., Joplin Tornado Study, Briefing for NCST Advisory, 2011)

3.10 Impostazione e analisi

In estrema sintesi, alla luce di quanto esposto in precedenza e dello stato dell'arte, a livello sia nazionale che internazionale, risulta non praticabile un approccio quantitativo alla analisi di rischio di uno stabilimento a rischio di incidente rilevante, in grado di conseguire la necessaria fondatezza metodologica e replicabilità. La base storica dei dati, che peraltro utilizza scale di misura differenti, non fornisce elementi affidabili per una valutazione predittiva della probabilità di tornado sull'area Marghera, sulla sua intensità ed ampiezza ed in particolare sull'eventuale interessamento di stabilimenti inseriti nell'area industriale. Non sono disponibili criteri referenziati per la valutazione predittiva dei danni eventuali sulle strutture di un impianto chimico, una volta determinata l'intensità del tornado, se non qualitativi e fondati sulla scala Fujita, certamente non idonea per una analisi di dettaglio su elementi di impianto. I dati fin qui riportati indicano solo alcune generiche condizioni di base:

- Il Veneto risulta soggetto al fenomeno dei tornado, con intensità presumibilmente collocabile nei livelli EF0, e EF1-F2 con estensione fino alle massime intensità in rari casi.
- In generale la velocità di traslazione generica di un tornado è compresa tra i 50 ed i 100 km/h.
- In base alla bibliografia specialistica, il passaggio di un vortice in un punto del percorso in media dura pochi secondi (da 5 a 10).
- In base alla bibliografia specialistica, l'ampiezza della fascia di maggior danno del tornado può essere delimitata in circa 150-200m.

Lo studio pertanto si è indirizzato a qualificare e specificare gli elementi/strutture di impianto maggiormente soggetti ai possibili danni, anche per mezzo di analogie con tecniche ordinariamente adottate nella analisi di rischio, individuando nella sovrappressione dinamica generata dalla raffica

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

“breve” del vortice il principale vettore di impatto praticamente calcolabile. Il confronto intende fornire, nei limiti del numericamente possibile, indici di danno, anche parziali, al fine di costruire una valutazione qualitativa. Sul tema della probabilità dei danni, ovvero sulla definizione e frequenza degli scenari di tornado impattanti sugli elementi e strutture di impianto, si è proceduto ad valutazione qualitativa che tiene conto dell’esperienza storica disponibile e del numero, collocazione e caratteristiche degli elementi vulnerabili.

Intensità prevista del tornado

Nell’area di Marghera, in base alle evidenze storiche riferite all’intera Regione Veneto, si può supporre come l’intensità di un eventuale tornado possa collocarsi entro la classe EF2-EF3. Casi con intensità maggiori, pur verificatisi, restano casi unici e, in termini puramente probabilistici, pressoché irrilevanti.

Sovrappressioni dinamiche

La pressione dinamica su una parete investita da vento alla velocità v (m/s) può essere calcolata dall’espressione: $P_{Din} = \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$, nella quale:

P_{Din} = Pressione dinamica Pa (N/m²);

ρ = Densità aria (kg/m³), considerata pari a 1,225 kg/ m³ (livello del mare);

v = Velocità del vento (m/s).

In relazione alla intensità dei tornado, come definita dalla Scala Fujita, le sovrappressioni dinamiche dovute alla velocità del vento, impattante su una superficie ortogonale alla sua direzione, sono così calcolabili:

Grado EF	Velocità max. del vento km/h	Sovrappressione dinamica		Livello di danno
		kPa	bar	
EF1	175	1,50	0,015	Danni moderati:Stacca la superficie dei tetti; case mobili spostate dalle fondamenta o rovesciate; automobili in movimento spinte fuori strada; i garages possono essere distrutti.
EF2	220	2,30	0,023	Danni considerevoli. Tetti strappati dalle case; case mobili demolite; autorimesse abbattute; grossi alberi spezzati; oggetti leggeri proiettati dal vortice come missili.
EF3	269	3,41	0,034	Il tetto e qualche parete strappati via da case ben costruite; treni deragliati; la maggior parte degli alberi nelle aree boschive vengono sradicati; automobili sollevate da terra e trascinate.
EF4	320	4,85	0,048	Case ben costruite livellate; strutture con fondamenta deboli fatte volare a breve distanza; automobili scaraventate via; grandi missili vengono generati.
EF5	oltre i 320			Case con armatura forte sollevate dalle fondamenta e trascinate a distanze considerevoli per disintegrarsi; missili della grandezza di automobili volano nell’aria per distanze superiori ai 100 metri; alberi scortecciati.

Figura 12- Correlazione tra le intensità dei tornado e le sovrappressioni dinamiche generate sulla superficie impattata

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)****Effetti previsti per le strutture di impianto**

La complessità delle dinamiche innescate da un tornado fa sì che siano difficilmente quantificabili le risultanze combinate delle forze applicate e rende di difficile previsione i conseguenti danni alle apparecchiature ed altre strutture di un impianto petrolchimico.

La scala EF, la più recente ed utilizzata ma da alcuni esperti ritenuta tuttavia ancora approssimativa⁷, fonda la classificazione dei tornado su una vasta esperienza di indagine, condotta negli Stati Uniti, sui danni provocati a strutture ed edifici. Per alcune strutture, è stato possibile effettuare una comparazione realistica con gli indicatori di danno della scala EF, in particolare per:

- capannoni e magazzini con struttura metallica;
- tralicci metallici di altezza elevata.

Capannoni con struttura metallica

Tra gli Indicatori di danno (Damage Indicators) considerati nella scala Enhanced Fujita il n. 21 corrisponde ai “Metal Building Systems” cioè costruzioni a struttura metallica.

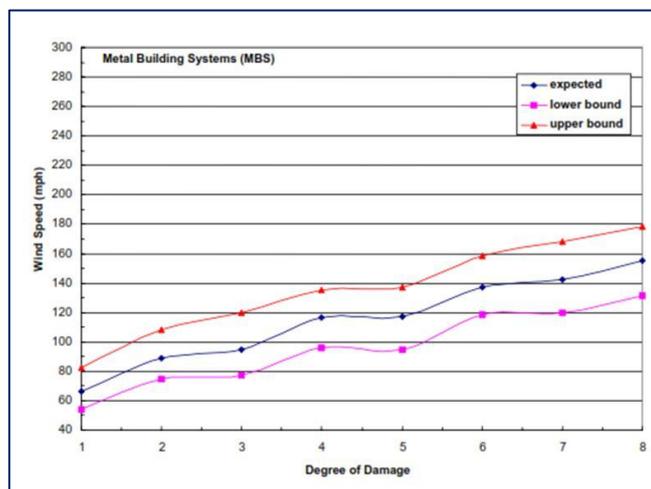
Riconducibili a tali tipologie di costruzione possono essere magazzini, officine, depositi di stoccaggio e rifiuti. Questa tipologia di edifici, in base alla analisi storica degli eventi e dei dati degli indici di danno della scala EF, risulta critica e facilmente danneggiabile di fronte a tornado che raggiungano almeno il grado EF3.

Le tipologie di danno atteso in una struttura simile e per intensità di vento crescenti possono andare dal cedimento delle porte basculanti (Degree Of Damage 1) con venti tra le 40 e le 80 mph (65-130 km/h), al distacco di pannelli metallici dal tetto o dalle pareti della struttura (DOD2), cedimento progressivo dell’impalcatura rigida (DOD7), fino alla distruzione totale dell’edificio (DOD8) con venti tra le 130 e le 180 mph (210-290 km/h –EF3/F4).

⁷ TORNADO INTENSITY ESTIMATION: Past, Present, and Future by Roger Edwards et Al., American Meteorological Society, 2012



ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)



DOD*	Damage description	EXP	LB	UB
1	Threshold of visible damage	67	54	83
2	Inward or outward collapsed of overhead doors	89	75	108
3	Metal roof or wall panels pulled from the building	95	78	120
4	Column anchorage failed	117	96	135
5	Buckling of roof purlins	118	95	138
6	Failure of X-braces in the lateral load resisting system	138	118	158
7	Progressive collapse of rigid frames	143	120	168
8	Total destruction of building	155	132	178

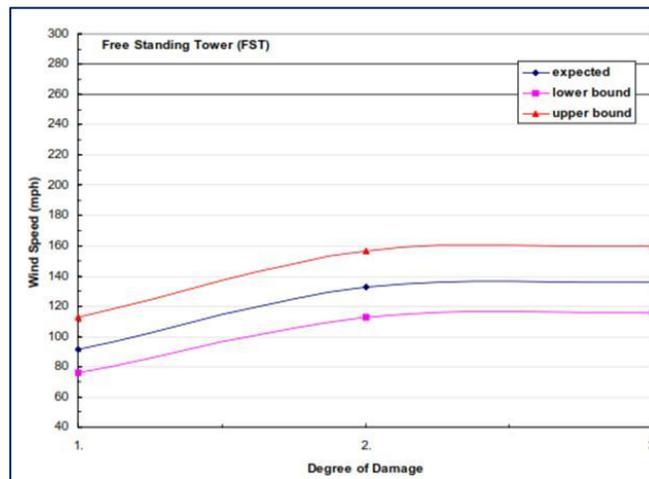
* Degree of Damage

Figura 13- Gradi di danno (Degree Of Damage) e Velocità del vento correlata all'Indicatore di Danno "Metal Building System" (Fonte Enhanced Fujita Scale - Wind Science and Engineering Center - 2004)

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Tralicci metallici elevati

Tra gli Indicatori di Danno (Damage Indicators) considerati nella scala Enhanced Fujita il n. 25 corrisponde alle “Free Standing Towers” cioè torri a struttura metallica autoportanti. Ric conducibili a tali tipologie di costruzione sono le torce di stabilimento. Tale tipologia di strutture, in base ai dati degli indici di danno della scala EF, risulta facilmente danneggiabile a fronte di tornado che raggiungano il grado EF3.



DOD*	Damage description	EXP	LB	UB
1	Threshold of visible damage	92	76	113
2	Collapsed cell-phone tower	133	113	157
3	Collapsed micro-wave tower	136	116	160

* Degree of Damage

Figura 14- Gradi di danno (Degree Of Damage) e Velocità del vento correlata all’Indicatore di Danno “Free Standing Towers” (Fonte Enhanced Fujita Scale - Wind Science and Engineering Center - 2004)

Le tipologie di danno atteso per i tralicci considerati e per intensità di vento crescenti possono portare al cedimento della stessa atteso con venti intorno alle 136 mph (218 km/h), ovvero al limite inferiore della categoria EF3.

ALTRE STRUTTURE DI IMPIANTO

In assenza di tali riferimenti e di altri dati bibliografici che possano fornire indicazioni attendibili o comunque referenziate sui prevedibili danni causati da tornado di differente intensità su strutture ed apparecchiature di impianto, si possono fare solo alcune stime di massima che valutino la vulnerabilità generica di tali strutture. In particolare sono stati considerati, come riferimento ipotetico di danno, i criteri del TNO (The Netherlands Organization of Applied Scientific Research) utilizzati per la valutazione di possibili danni, sia alle persone che alle strutture, derivanti da esplosioni.

Si riportano a tale proposito due tabelle di correlazione tra le pressioni dinamiche esercitate da un onda d’urto provocata da un’esplosione, con i vari livelli di danno attesi per alcune strutture di impianto.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Zone	Livelli	Pressione dinamica superiore a:	
		kPa	bar
A	Distruzione Totale	83	0,83
B	Gravi danni	35	0,35
C	Danni moderati	17	0,17
D	Danni lievi	3,5	0,035

Descrizione del danno	Pressione dinamica	
	kPa	bar
Collasso del tetto di un serbatoio di stoccaggio	7	0,07
Danni minori alle strutture in metallo, p tra	7	0,07
	10	0,1
Leggera deformazione del pipe-rack, p tra	20	0,2
	30	0,3
Grandi alberi sradicati, p tra	20	0,2
	40	0,4
Rottura o collasso palo linea telefonica	35	0,35
Danni ad una colonna di frazionamento, p tra	35	0,35
	80	0,8
Dislocamento di un serbatoio cilindrico e rottura del piping, p tra	50	0,5
	100	1
Collasso delle strutture di supporto di serbatoio cilindrico	100	1

Figura 15- Correlazione tra pressioni esercitate da onde d'urto generate da esplosioni ed i danni attesi - alcuni esempi (Fonte TNO - Green Book)

La sola sovrappressione dinamica generata dal vento del tornado (v. Figura 12) impattante sulla superficie esposta (carico vento aggiuntivo), in confronto con i limiti generalmente presi per quella generata da una onda di pressione conseguente ad una esplosione, rimane nell'ambito dei "danni lievi" previsti dal TNO per le apparecchiature e le strutture di impianto. A giustificazione della differenza riscontrata fra i criteri di valutazione dei danni, assai considerevole per i livelli alti di classificazione EF, anche considerando la generale "solidità" e resistenza degli impianti industriali, si possono ragionevolmente portare alcuni elementi:

- la diversa energia in gioco e la durata della sovrappressione (assai maggiori nel tornado);
- la presenza di fenomeni concorrenti all'incremento dei danni, come correnti ascendenti, sollevamenti, forze orizzontali e proiettili.

Questi elementi tuttavia esplicano appieno la loro influenza su strutture ed apparecchiature di impianto che possono offrire una maggiore vulnerabilità ai fattori concorrenti, ovvero:

- apparecchiature sopraelevate con superficie esterna significativa (rapporto D/H elevato), come silos di stoccaggio non ancorati al suolo;
- capannoni e magazzini con struttura metallica;
- tralicci metallici di altezza elevata;
- mezzi mobili.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

3.11 Valutazioni probabilistiche

FREQUENZA GENERALE DI ACCADIMENTO NELLA REGIONE VENETO

La regione Veneto ricopre una superficie di 18.264 km²

In base ai dati riportati all'interno delle fonti considerate è possibile effettuare una stima realistica del numero di eventi di tornado che hanno colpito la regione Veneto nel periodo dal 1978 al 2013.

Le Fonti utilizzate per la stima sono le seguenti:

- Periodo 1978-2000 - Avversità atmosferiche nell'agricoltura Veneta nel periodo 1978-2005 - 64 eventi
- Periodo 2001-2013 - European Severe Weather Database - 38 eventi

Nel periodo considerato, nel territorio della regione Veneto, sulla base delle fonti utilizzate, si sono verificati 102 tornado.

È stata valutata quindi la frequenza con la quale un tornado di qualsiasi intensità possa verificarsi in una area indifferenziata del territorio.

La frequenza è stata calcolata come segue:

$$\frac{n}{t} / A$$

con:

n (Numero di eventi considerati nel periodo) = 102;

t (Periodo di tempo considerato) = 36 anni;

A (Area di riferimento complessiva) = 18.264 km².

Da tale equazione, la frequenza generica di eventi all'anno per km² del Veneto risulta di

$$1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Eventi/anno - km}^2$$

In particolare, ai fini del presente studio sono stati presi in considerazione i tornado con intensità $\geq EF3$, in grado di causare danni significativi alle strutture di stabilimento in precedenza considerate come critiche. Includendo nel computo totale anche il tornado che ha colpito la Laguna Veneta nel settembre del 1970, i tornado di tale intensità verificatisi nel periodo considerato sono 2.

La frequenza che ne deriva è la seguente:

$$2,9 \cdot 10^{-6} \text{ Eventi } \geq F3/\text{anno per km}^2 \text{ con}$$

Numero di eventi $\geq EF3$ considerati nel periodo = 2;

Periodo di tempo considerato = 37 anni (1970+1978-2013);

Area di riferimento complessiva (Regione Veneto) = 18.264 km².

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)****Frequenza stabilimento versalis: area occupata dai generatori sostitutivi**

Per valutare l'area di maggior impatto prevedibile per lo stabilimento versalis, si è considerato un tornado di ampiezza tale da investire l'intera area occupata dagli interventi in progetto, delimitata in rosso in figura seguente.



Figura 16- Area di intervento

L'area interessata si estende su una superficie totale di 5.000 m², pari a 0,005 km².

Si è quindi proceduto a calcolare la frequenza di impatto di un tornado di intensità $\geq EF3$ per l'intera superficie individuata. La frequenza attesa risulta pari a:

$$2,9 \cdot 10^{-6} * 0,005 = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ Eventi } \geq F3/\text{anno},$$

ovvero, in base ai criteri normalmente in uso nella analisi di rischio quantitativa, non credibile.

4 Tsunami

Le "onde di maremoto" o Tsunami sono onde generate per impulso, il più delle volte da terremoti, eruzioni vulcaniche o imponenti smottamenti sottomarini.

4.1 Generalità

La superficie libera del mare è in continuo movimento rispetto alla superficie orizzontale di equilibrio che costituisce il livello medio del mare.

Le onde possono essere provocate da scambi energetici di varia natura:

1. Azione del vento;
2. Azione delle maree;
3. Esplosioni sottomarine;
4. Movimenti tettonici.

L'onda si muove attraverso l'acqua, lasciando l'acqua stessa nella stessa posizione circa.

Un'onda marina che passa attraverso una colonna d'acqua profonda (figura 17) fa sì che una particella d'acqua sulla superficie si muova descrivendo un'orbita quasi circolare, trascinando la particella prima verso l'onda che avanza, poi in avanti con essa, poi, quando l'onda si lascia dietro la particella, indietro al punto di partenza.

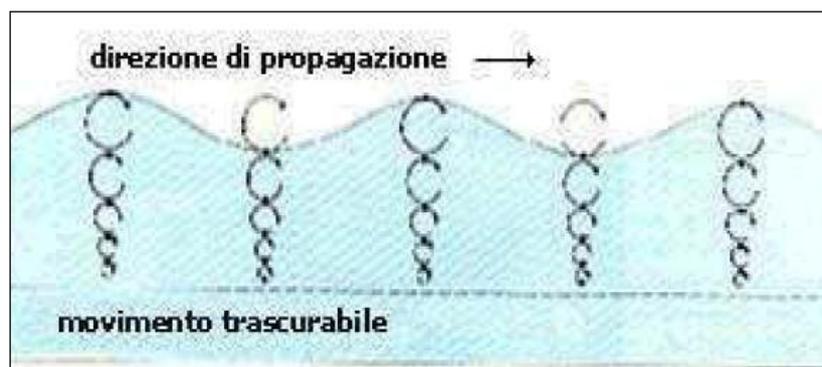


Figura 17- Il moto delle particelle nell'onda.

Il raggio dell'orbita circolare delle particelle d'acqua si riduce con la profondità.

In un mare sufficientemente profondo, tutte le particelle di acqua soggette al movimento descrivono traiettorie circolari con centro fisso e velocità angolare costante.

Il modello più semplice per descrivere la propagazione del moto ondoso è il modello dell'onda trocoidale.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Il moto trocoidale è il moto composto di un punto posto su una circonferenza che rotola in avanti con moto rettilineo uniforme. Il centro della circonferenza si muove di moto rettilineo uniforme, mentre il punto sulla circonferenza descrive il moto trocoidale.

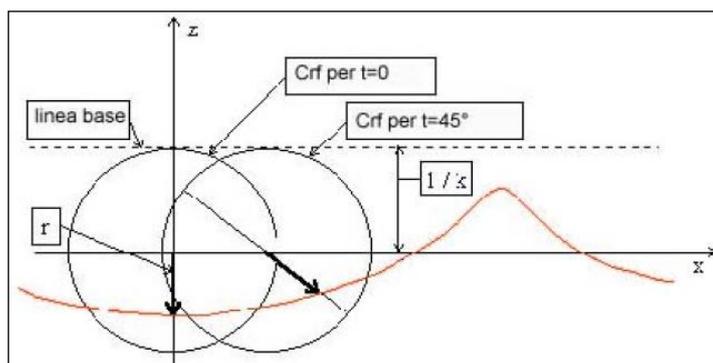


Figura 18- Il moto trocoidale

Le onde si formano ad una certa distanza dalla costa, si accrescono e si rompono in prossimità della riva. Al largo, i fronti d'onda formano un certo angolo con la costa; man mano che si avvicinano alla terra ferma, però, le creste si dispongono parallelamente alla costa (rifrazione) e si trasformano in frangenti. La zona di frangimento, cioè la fascia marina entro la quale le onde si rompono, è indicatrice della profondità dell'acqua: se il fondale è fortemente inclinato si hanno onde di piccole dimensioni che frangono sulla riva; nel caso di fondali debolmente degradanti le onde si rompono più al largo.

Anche se l'onda si sposta verso la riva, le particelle d'acqua che la costituiscono si muovono secondo orbite approssimativamente circolari. In prossimità della costa le orbite delle particelle superficiali sono ancora circolari, ma quelle descritte dalle particelle dei livelli d'acqua più profondi diventano ellittiche, fino a non potersi più muovere in senso verticale. Le onde diventano più alte e più ripide, fino a rompersi in avanti.

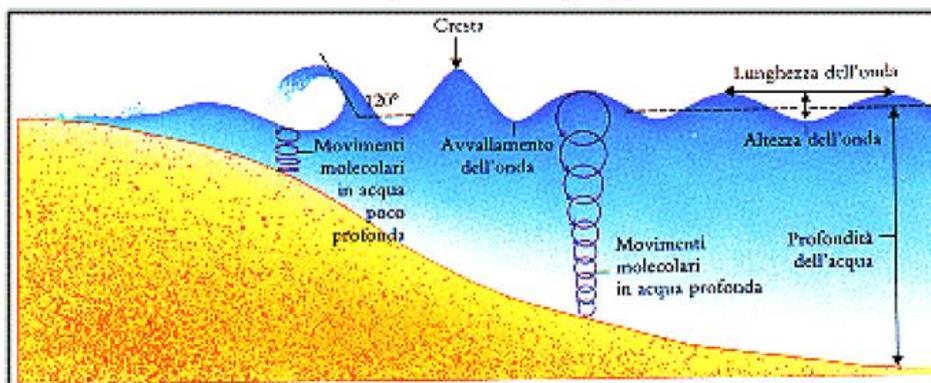


Figura 19- Zona di frangimento

4.2 Onde generate dal vento

Le onde legate a processi meteorologici sono dette onde di vento e si originano per effetto dell'azione del vento sulla superficie dell'oceano. I principali parametri per la misurazione delle onde sono riconducibili ai seguenti (figura 20):

- Lunghezza (L): Distanza tra due creste d'onda successive;
- Altezza (H): Distanza tra la Cresta e il Cavo dell'onda;
- Ampiezza (A): Altezza dell'onda sulla linea di mare calmo (in genere $\frac{1}{2}$ dell'altezza d'onda);
- Cavo: Punto più basso dell'onda;
- Velocità di Propagazione (c): Spazio percorso nell'unità di tempo;
- Periodo: Tempo impiegato dall'onda per percorrere lo spazio di una lunghezza d'onda;
- Ripidità ($\delta=H/L$): dalla ripidità dipende il frangersi dell'onda;

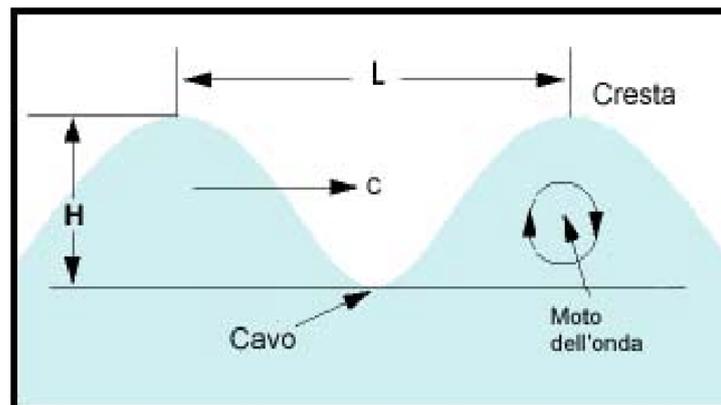


Figura 20- Principali parametri delle onde

Le caratteristiche del moto ondoso sono così definibili:

- **Mare Lungo**: È definito mare lungo il moto ondoso proveniente da zone lontane di burrasca (onde lunghe) o da quelle ancora residue sulle acque su cui ha soffiato un vento molto forte (onde morte). È caratterizzato da onde simili tra loro, con parametri pressoché costanti, riconducibili ai seguenti
- **Mare Vivo**: È definito il moto ondoso generato direttamente dal vento in azione nella zona di mare osservata o nelle immediate vicinanze. È caratterizzato da onde diverse tra loro e si può pertanto rappresentare e descrivere soltanto attraverso parametri di tipo statistico. È contraddistinto dalle creste che si formano sulla cima dell'onda.
- **Onde di acqua profonda (onde corte)**: si formano tipicamente in mare aperto, con profondità dell'acqua sottostante maggiore della metà della loro lunghezza d'onda. Tali

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

onde presentano una velocità di propagazione che è proporzionale alla lunghezza d'onda, non risentendo dell'effetto di rifrazione del fondale.

- **Onde di acqua bassa (onde lunghe):** si formano tipicamente in presenza di fondali bassi, con profondità minore della metà della lunghezza d'onda; la velocità di propagazione dell'onda è condizionata dall'effetto di rifrazione del fondale: tanto più il fondale si abbassa, tanto la velocità di propagazione diminuisce.

Nell'avvicinarsi a riva, la resistenza del fondo provoca fenomeno della rifrazione e uno dei suoi effetti è quello di rallentare la velocità di propagazione, accorciare la lunghezza d'onda e aumentare l'altezza ("shoaling"). Questa sequenza di variazioni prelude al loro frangersi che avviene quando l'altezza delle onde sarà maggiore di un settimo della loro lunghezza; l'angolo massimo di profilo stabile della cresta di un'onda è quindi intorno ai 120 gradi. Riportiamo di seguito una tabella della scala Beaufort; scala che mette in correlazione la velocità del vento e l'altezza media delle onde:

Gradi Beaufort	Descrizione del Vento	Velocità Nodi	Altezza media Onde metri	Descrizione
0	calma	1	-	La superficie è immobile
1	bava di vento	1 - 3	0,1	La superficie si increspa e sembra vibrare
2	brezza leggera	4 - 6	0,2 - 0,3	Cominciano a formarsi piccole onde
3	brezza tesa	7 - 10	0,5 - 1	Le onde sono ben definite e appare qualche rara cresta
4	vento moderato	11 - 16	1 - 1,5	Le creste bianche (ochette) sono frequenti
5	vento teso	17 - 21	2 - 2,5	Le onde si allungano e appare qualche spruzzo
6	vento fresco	22 - 27	3 - 4	Le onde sono grandi e con fronte definito, bianco
7	vento forte	28 - 33	4,5 - 5,5	La schiuma bianca in cima alle onde si rompe
8	burrasca	34 - 40	5,5 - 7	Le cime delle onde si rompono in spruzzi vorticosi
9	burrasca forte	41 - 47	7 - 9	Le creste delle onde rotolano impetuose
10	tempesta	48 - 55	9 - 12	Il mare appare bianco con schiuma ovunque
11	tempesta violenta	56 - 63	12 - 16	Onde eccezionalmente alte
12	uragano	64 - 71	+ 15	L'aria è piena di acqua nebulizzata

Tabella 5- Scala Beaufort

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

4.3 Onde anomale

Sono onde solitarie estreme che arrivano ad altezze che raggiungono più di 2 volte l'altezza significativa del treno d'onde a cui appartengono; le cause della loro formazione sono ancora oggi oggetto di studio, una possibile motivazione è la coincidenza di due creste d'onda le cui energie combinandosi formano un'onda risultante che può essere molto più grande sia dell'una che dell'altra.

4.4 Tsunami

A differenza delle tradizionali onde marine, prodotte dal vento e dalle correnti, il maremoto agisce come una intensa perturbazione sottomarina che coinvolge l'intera colonna d'acqua, dal fondale fino alla superficie. Le onde create da simili forze improvvise possono presentare lunghezze d'onda che raggiungono anche i 240 km. In acque profonde in genere sono alte solo 30-60 centimetri e caratterizzate da altissima velocità di propagazione: la velocità di propagazione (v) è una funzione alquanto complessa della profondità del mare (h) e della lunghezza d'onda (λ) che influisce in misura minore:

$$v = \sqrt{(g\lambda/2\pi) \tanh(2\pi h/\lambda)}$$

approssimata dalla formula seguente:

$$v = \sqrt{gh}$$

dove g è l'accelerazione di gravità ($9,8 \text{ m/sec}^2$).

Quando lo Tsunami si avvicina alla costa il fondale, divenendo sempre più basso, provoca attrito sulla perturbazione sottomarina, costringendola a rallentare improvvisamente la sua elevata velocità di propagazione. Mentre ciò accade l'energia contenuta (per il principio di conservazione dell'energia) in seno a tale perturbazione tenderà a far crescere a dismisura l'altezza dell'onda, favorendo così la formazione di un vero e proprio muro d'acqua; in assenza di importanti fenomeni di rifrazione, l'onda insorge come una grande alta marea, invadendo la terra ferma. Se il cavo dell'onda raggiunge per primo la costa avremo l'effetto "draw-down" di abbassamento del livello del mare, seguito dall'effetto di "run-up" di innalzamento repentino del livello del mare.

La soglia di magnitudo per un terremoto tsunamigenico assunta dal sistema d'allarme oggi in funzione nel Pacifico (Pacific Tsunami Warning System PTWS) è la magnitudo 6,5.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

4.5 Meteotsunami

Si tratta di onde analoghe agli tsunami, originate da particolari condizioni meteorologiche e da un raro processo atmosferico. Fenomeno raro, ma comunque non rarissimo, riscontrabile in tutto il mondo (dal Giappone alla Nuova Zelanda, dalle isole Azzorre alle Kurili, dall'Irlanda ai Grandi Laghi americani) ed anche nel Mediterraneo, sia pure in situazioni molto particolari. Per lo sviluppo di un meteotsunami in sostanza sono necessari:

- un bacino di dimensioni limitate (porto, golfo, baia) ed in cui la lunghezza superi ampiamente la larghezza;
- repentine e sostanziose fluttuazioni della pressione atmosferica dovute ad una perturbazione, ad un fronte o ad un cambiamento nella direzione del vento;
- la trasmissione di energia per risonanza dall'atmosfera al mare e da questo alla costa (due combinazioni piuttosto rare da verificarsi);
- la direzione della perturbazione all'incirca coincidente con la direzione di massimo sviluppo del porto (più le due direzioni coincidono e maggiori risultano gli effetti).

CONFRONTO TRA LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI FENOMENI ONDOSI

Riportiamo di seguito una tabella di confronto tra le “onde di vento” e gli tsunami.

Caratteristiche	Onde di vento (incluse onde anomale)	Tsunami
Causa principale	Vento	Terremoti; Eruzioni vulcaniche; Frane sottomarine; Meteoriti; Particolari condizioni meteo
Periodo	5-20 sec	10 min.-2h
Lunghezza d'onda	100-200 m	Fino a 500 Km
Velocità di propagazione	Fino a 90 km/h	Fino a 800 km/h
Profondità delle acque interessate	Superficiale	Intera colonna d'acqua

Tabella 6- Caratteristiche Onde generate dal vento/Tsunami

4.6 Eventi di tsunami registrati in Italia

Il catalogo dei maremoti italiani è stato curato nel 1996 da Tinti e Maramai secondo un format definito da un pool di esperti nel corso del progetto GITEC-TWO (1996-1998: Genesis and Impact of Tsunamis on the European Coasts – Tsunami Warning and Observations) e successivamente applicato anche in altri cataloghi europei (v. Tinti et al., 2001a). Il catalogo, ulteriormente aggiornato a seguito di studi recenti (v. Graziani et al., 2006; Maramai et al., 2007) conta oggi 72 eventi.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Nella mappa, riportata nella seguente figura, si osserva la distribuzione geografica degli eventi che hanno dato luogo a maremoti del catalogo. Ogni evento è contraddistinto da un valore di intensità, secondo la scala Ambraseys-Sieberg, che riconosce 6 gradi di intensità sulla base degli effetti del maremoto (1= molto lieve, strumentale; 6=disastroso). Laddove il maremoto è di origine sismica, viene riportata la posizione dell'epicentro del terremoto ricavata dai cataloghi sismici. Si noti che alcuni epicentri sono molto lontani dalle coste.

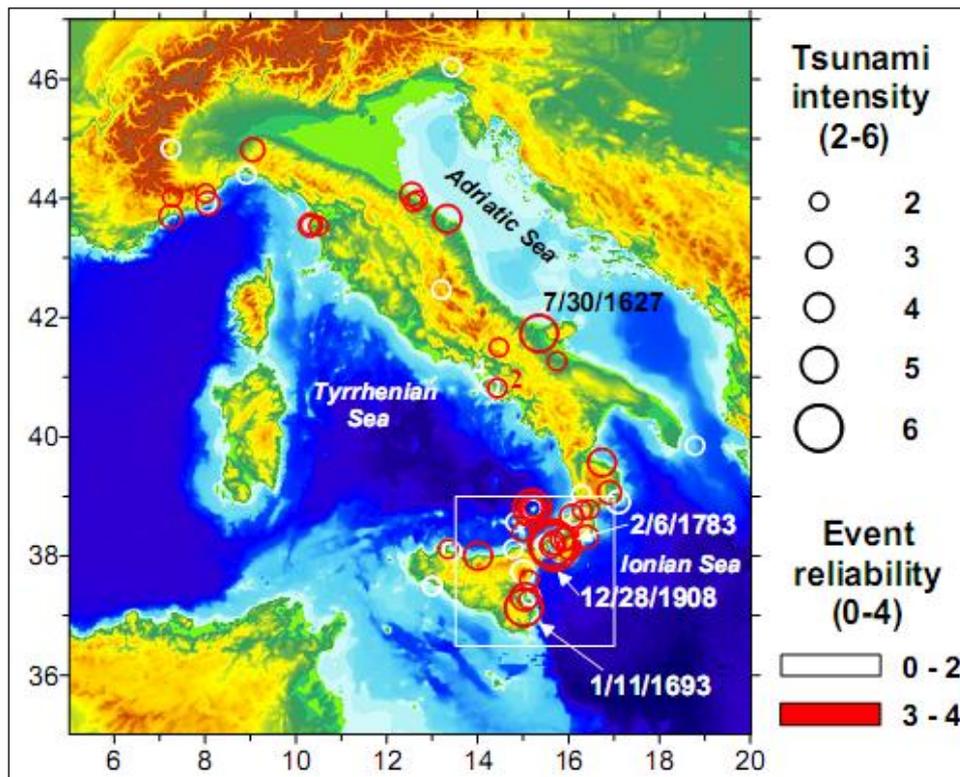


Figura 21- Distribuzione geografica dei maremoti italiani riportati per classi di intensità (scala Ambraseys-Sieberg) e per ripartizione di affidabilità.

Secondo R.Zecchi – 2006, dall'anno 1 al 2002 sulle nostre coste si sono verificate onde anomale e maremoti in occasione di 108 periodi di attività sismica o vulcanica, mentre nei laghi gli eventi che hanno determinato onde anomale sono stati 23.

Quasi tutti gli eventi più significativi si sono manifestati prima con il ritiro improvviso delle acque e successivamente con l'invasione delle coste. L'altezza massima raggiunta dalle onde marine (run-up) è stata di 13 metri a Pellaro durante il terremoto Calabro Messinese del 1908, con velocità dell'onda stimata in 120 m/s (430 km/h ca.). L'ingressione marina più vasta si ebbe in occasione del terremoto garganico del 1627 quando le acque in prossimità della foce del fiume Fortore si addentrarono per circa 3.000 metri.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

I litorali maggiormente e più frequentemente interessati da tsunami in Italia sono stati: la costa Calabro Messinese, la costa Garganica, il Golfo di Napoli, la costa Adriatica Emiliano-Romagnola, il Golfo di Genova e le Isole Eolie.

Per quanto riguarda la causa di questi tsunami, se si escludono quelli di origine vulcanica, tutti concentrati nel golfo di Napoli, nelle Eolie o vicino all'Etna, tutti gli altri sono stati generati da terremoti sottomarini o avvenuti in prossimità della costa e da loro conseguenze.

Secondo il catalogo proposto da Tinti e Maramai, 1996, dal 79 d. C. ad oggi 47 eventi sismici avrebbero prodotto effetti di maremoto sulle coste italiane. Leggendo invece il catalogo di Caputo e Faita, 1987 i terremoti che avrebbero causato maremoti ed onde anomale veramente devastanti sulle nostre coste sarebbero una ventina.

Si osserva come l'intera costa della Regione Veneto non sia mai stata coinvolta da eventi di tsunami.

4.7 Tsunami in Adriatico

Dai dati storici si evince che l'evento più rilevante che ha interessato le coste dell'Adriatico si è verificato il 30 Luglio 1627 interessando il promontorio del Gargano. In questo caso, lo tsunami fu innescato da un terremoto (undicesimo grado della scala Mercalli) con epicentro a nord-est di San Severo (5.000 furono complessivamente le vittime imputabili direttamente al sisma) e colpì la zona costiera tra Fortore e San Nicandro, nei pressi del Lago di Lesina nel Gargano Settentrionale.

La zona, dopo un primo ritiro delle acque, venne completamente sommersa dal mare. Fu coinvolta la città di Termoli, ma anche altre città furono interessate dall'evento: a Manfredonia, città costiera uscita praticamente indenne dagli effetti del terremoto, si registrò un run-up dell'ordine di 2-3 metri.

Altri maremoti piuttosto significativi si sono verificati nelle coste della Romagna e delle Marche: nel marzo del 1875 uno tsunami provocò inondazioni a Rimini, Cervia, Cesenatico, Pesaro e Ancona e nell'ottobre del 1930 onde di tsunami crearono danni alle imbarcazioni ad Ancona.

Nel 2008 è stato redatto da un gruppo di studio dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) uno studio dal titolo "*Scenarios of earthquake-generated tsunamis for the Italian coast of the Adriatic Sea*" (Tiberti et al. 2008) in cui sono stati valutati, tramite simulazioni numeriche computerizzate, i potenziali scenari di tsunami nel mar Adriatico generati da terremoti, di cui di seguito riportiamo alcuni estratti.

SCENARI DI TSUNAMI GENERATI DA TERREMOTI PER LE COSTE ITALIANE DEL MAR ADRIATICO

Sono state individuate 6 sorgenti sismogeniche (Database of Individual Seismogenic Sources DISS Working Group, 2007; Basili et al., 2008) in grado di generare tsunami lungo il bacino del mar Adriatico, prendendo come riferimento il terremoto massimo credibile per ciascuna zona.

Le sei zone considerate (figura 22) sono:

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

- a) Costa della Croazia - il terremoto più forte generato dalla zona di origine costiera delle Alpi Dinariche è quello del 11 gennaio 1962 verificatosi a Makarska, di magnitudo 6,1 e che ha dato seguito anche da uno tsunami (Herak et al., 2001).
- b) Costa del Montenegro - Il più grande terremoto, di magnitudo 7,1, è avvenuto il 15 Aprile 1979 al largo della costa meridionale del Montenegro (Console e Favali, 1981), generando un conseguente tsunami. Come massimo terremoto credibile è stata adottata la magnitudo 7,2 (Aliaj et al. 2004) per l'area costiera da Alessio a Dulcigno.
- c) Albania - Grecia del Nord - Per quanto riguarda il massimo terremoto credibile in questa zona è stato preso come riferimento l'evento che ha colpito Kerkira nel 1786 con una magnitudo di 7,6.
- d) Appennino Nord - In questa zona, porzione dell'Appennino Settentrionale, il più grande evento simico registrato si è verificato il 30 ottobre 1930 presso la vicina costa Senigallia, con magnitudo stimata di Mw 5.9 a cui è seguito un lieve evento di tsunami (Boschi et al.). Il Database of Individual Seismogenic Sources indica come massimo terremoto credibile per questa zona un evento di magnitudo pari a 6,1.
- e) Gargano - Il più grande terremoto noto del promontorio pugliese è quello del 30 Luglio 1627, magnitudo 6.7 (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004), seguito da uno tsunami che ha gravemente colpito la costa settentrionale del promontorio del Gargano (Tinti e Piatanesi, 1996; Boschi et al, 2000; Tinti e Armigliato, 2003).
- f) Cefalonia - Leucade - Zona sismica tra le più attive del Mediterraneo; il più grande evento noto in questa area è datato 12 agosto 1953 ed ha raggiunto una magnitudo di 7,3.

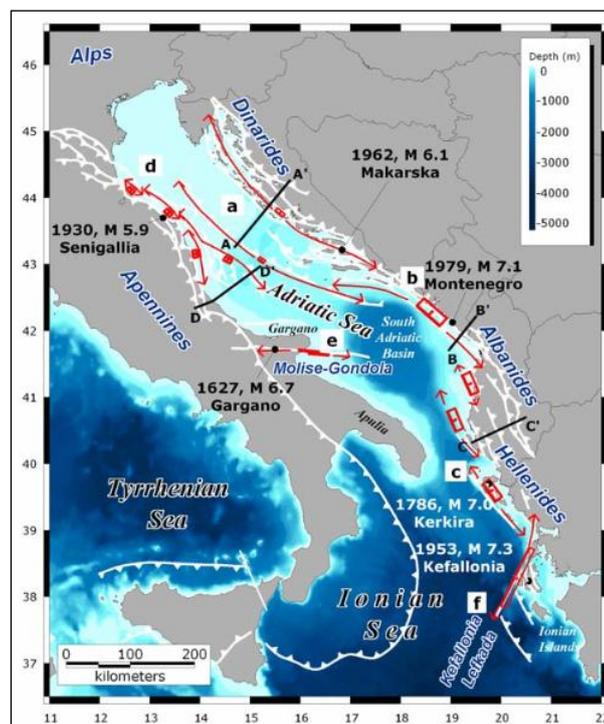


Figura 22- Sorgenti sismo geniche considerate nello studio "Scenarios of earthquake-generated tsunamis for the Italian coast of the Adriatic Sea" (Tiberti et al. 2008)

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Per ogni sorgente sismogenica è stato analizzato l'impatto dello tsunami atteso sulle coste adriatiche individuando le corrispondenti altezze massime dell'onda prevista. Nella seguente figura si riportano i profili di altezza attesi (massima, media e media più deviazione standard) dove in ascisse sono indicate le distanze lungo la costa adriatica da sud a nord prese da un punto di partenza scelto arbitrariamente; Venezia è posizionata al km 1600 (figura 23). Per ogni sorgente si può osservare la variazione dell'altezza di onda attesa lungo la costa, suddivisa in tre categorie sulla base del diverso grado di rischio per la costa:

- Colore giallo (Marine): h Max Attesa tra 0,05 e 0,5 m - Nessun rischio per la costa;
- Colore arancione (Land): h Max Attesa tra 0,5 e 1 m - Rischio per la costa;
- Colore rosso (Severe): h Max Attesa > 1 m - Grave Rischio per la costa.

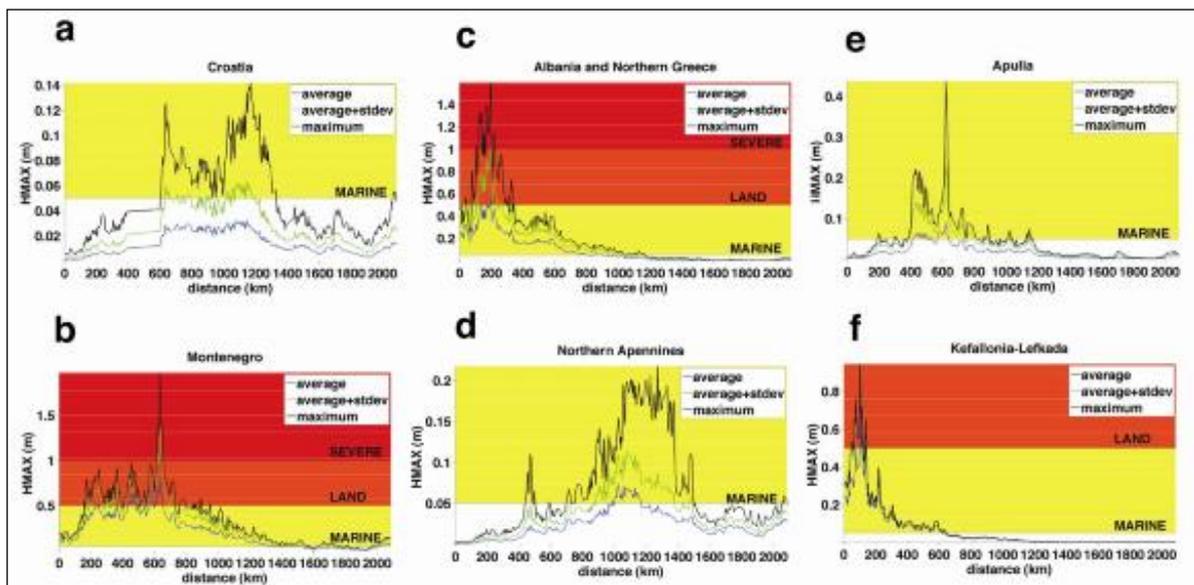


Figura 23- Profili di altezza d'onda attesa per le sei sorgenti considerate "Scenarios of earthquake-generated tsunamis for the Italian coast of the Adriatic Sea" (Tiberti et al. 2008)

La figura mostra come per Venezia (km 1600 asse ascisse) l'altezza d'onda massima prevedibile per ciascuno degli scenari ipotizzati non superi mai gli 0,05m di altezza. Nella seguente figura si riassume il livello globale di rischio per le coste del mar Adriatico a seguito di eventuali tsunami generati dalle sorgenti sismogeniche considerate; Venezia risulta nella fascia di rischio più bassa.

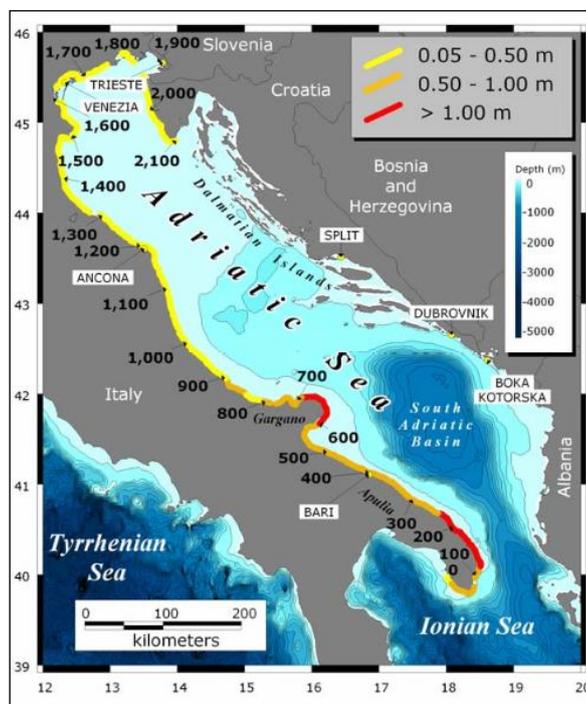
ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)


Figura 24- Livelli di rischio per la costa Adriatica “Scenarios of earthquake-generated tsunamis for the Italian coast of the Adriatic Sea” (Tiberti et al. 2008)

4.8 Il Servizio Mareografico Nazionale

Compito del Servizio Mareografico Nazionale, SMN, è quello di provvedere al rilievo sistematico ed alla elaborazione delle grandezze relative al clima marittimo, allo stato dei litorali ed ai livelli marini, di provvedere alla pubblicazione sistematica degli elementi osservati ed elaborati e di cartografia e di predisporre criteri, metodi e standard di raccolta, analisi e consultazione dei dati relativi all’attività conoscitiva svolta. Il SMN gestisce la Rete Mareografica Nazionale (RMN) e la Rete Ondametrica Nazionale (RON).

RETE MAREOGRAFICA NAZIONALE

La RMN è composta di 33 stazioni di misura uniformemente distribuite sul territorio nazionale ed ubicate prevalentemente all’interno delle strutture portuali.

Tutte le stazioni della rete sono dotate di un sistema locale di gestione e memorizzazione dei dati e di un apparato di trasmissione (UMTS) in tempo reale alla sede centrale del SMN a Roma. Inoltre in 9 stazioni strategiche per la misura di fenomeni particolari (onde anomale/tsunami) è presente un secondo sistema di trasmissione dati via satellite con tecnologia IRIDIUM che garantisce il collegamento anche in presenza di situazioni di black-out del sistema UMTS.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

I dati rilevati e resi disponibili nel sito internet www.mareografico.it per le 9 stazioni strategiche riguardano, in particolare, livello idrometrico [LIV] (m) e pressione atmosferica [P] (Hpa). Altri tipologie di dati rilevati e disponibili dal sito riguardano:

- VV (m/s) Velocità del vento;
- DD (N°) Direzione di provenienza del vento;
- T (°C) Temperatura della superficie del mare;
- TA (°C) Temperatura dell'aria;

Le stazioni strategiche sono ubicate a: Ancona, Carloforte, Ginostra (Eolie), Imperia, Isole Tremiti, Marina di Campo (Elba), Napoli, Otranto, Ponza, Porto Empedocle.

DATI DISPONIBILI SUL LIVELLO DEL MARE

Per quanto riguarda la rete SMN, sono disponibili i dati relativi alla stazione mareografica di Venezia, di cui di seguito si riportano i dati di monitoraggio del livello idrometrico effettuati dal 01/01/2009 fino a marzo 2012. Si può osservare che la variazione del livello del mare sia compresa tra +1,2 e -0,75 m.

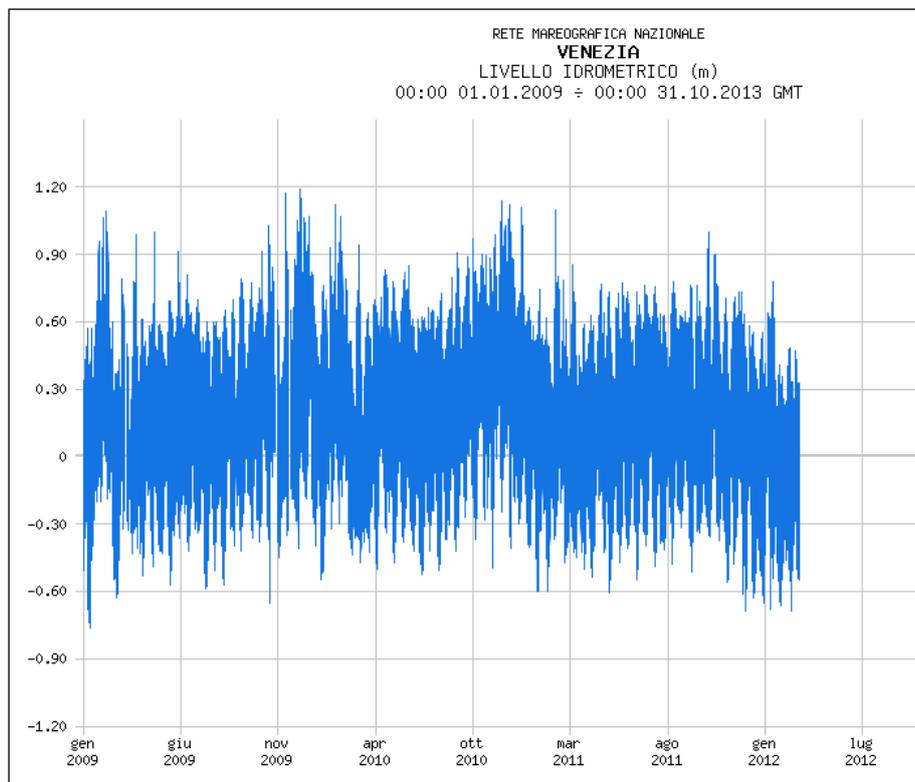


Figura 25- Livello idrometrico Venezia 2009-2012

4.9 Piano Comunale di Emergenza

Il Piano Comunale di Emergenza redatto dalla Protezione Civile di Venezia (aggiornato al 2011) considera il territorio del comune di Venezia molto limitatamente soggetto ai rischi derivati da mareggiate. Tale classificazione trova spiegazione negli interventi realizzati a partire dal 1966.

Si riporta di seguito un estratto della Tavola 15 del Piano che evidenzia il moderato rischio di mareggiate per il litorale prospiciente alla zona dello stabilimento.

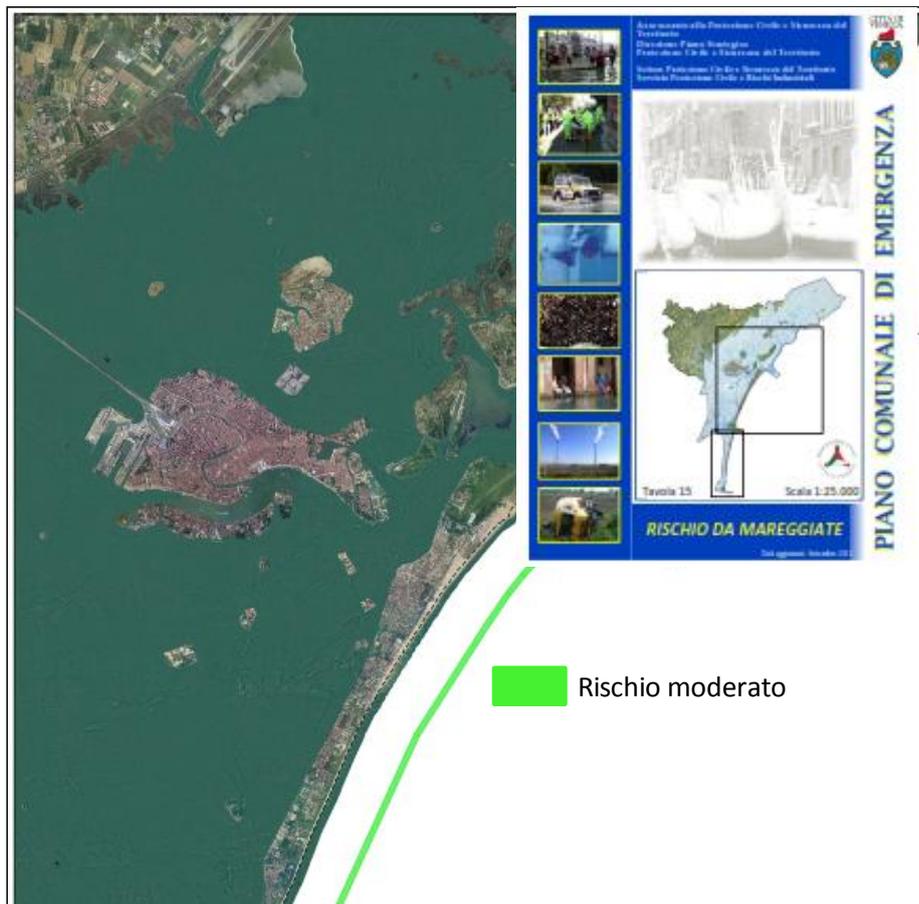


Figura 26- Livello di rischio mareggiate (Piano Comunale di Emergenza)

Lo Stabilimento versalis si trova in una posizione tale da escludere eventuali interessamenti a seguito di forti mareggiate.

5 Sisma

5.1 Classificazione sismica del territorio

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 (G.U. n. 105 08/05/03) sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Con Deliberazione n. 67 del 03/12/03 la Regione Veneto ha approvato e fatto proprio il nuovo elenco della classificazione sismica dei comuni del Veneto.

Il comune di Venezia, in cui è ubicato lo stabilimento versalis di Porto Marghera è classificato in zona sismica 4, zona considerata meno pericolosa, con un valore di accelerazione massima orizzontale su suolo rigido e pianeggiante (ag) (con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) $\leq 0,05$.

5.2 Adempimenti OPCM 3274/2003

L'OPCM n.3274 del 20/03/2003, oltre ai criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, ha introdotto l'obbligo di effettuare verifiche, ai sensi delle norme tecniche riportate negli allegati all'Ordinanza, sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (art.3 c.3).

Dall'obbligo di verifica (art.3 c.5) sono state escluse le opere progettate secondo le norme vigenti successivamente al 1984 e ricadenti nelle previgenti categorie sismiche: I, II, III, purché non oggetto di cambio di classificazione nel 2003.

Nel 2003 è stato pubblicato un secondo provvedimento, il DPCM 21/10/2003, contenente le disposizioni attuative dell'art.2 commi 2,3,4 dell'OPCM 3274/03.

Il DPCM ha individuato, per quanto di competenza statale, l'elenco delle tipologie di opere soggette a verifiche sismiche, includendovi anche gli impianti a rischi di incidente rilevante, e ha fornito indicazioni per l'esecuzione delle verifiche.

In particolare, il DPCM ha definito tre "livelli di acquisizione dati e di verifica":

- il livello 0, di censimento delle opere soggette all'obbligo di verifica;
- a questo livello è prevista l'acquisizione di dati sommari sull'opera per tutte le tipologie di opere individuate;

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

- i livelli 1 e 2, di verifica vera e propria;

questi livelli si riferiscono a categorie di opere ad elevata priorità (ossia ubicate in zone 1 e 2 e progettate anteriormente alla classificazione sismica del territorio del Comune nella zona attuale), pur essendo applicabili a qualsiasi edificio o opera che non presenti queste caratteristiche.

I livelli 1 e 2 si differenziano per il diverso livello di conoscenza e per gli strumenti di analisi e di verifica richiesti e si applicano in funzione della regolarità della struttura oggetto di verifica.

5.3 DGR N. 3645 28/11/03

Con Delibera della Giunta Regionale n. 3645 del 28/11/03 “Edilizia in zona sismica: Edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali” la regione Veneto, in recepimento dell’OPCM 3274/2003 e del susseguente DPCM del 21/10/2003, ha approvato i seguenti allegati alla Delibera:

- Allegato A- “Categorie di edifici ed opere infrastrutturali con destinazione d’uso di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di Protezione Civile”;
- Allegato B - “Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso”;
- Allegato C - “Indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi su edifici ed opere la cui destinazione d’uso è qualificabile come strategica o rilevante ai sensi dei commi 3 e 4 dell’art.2 dell’Ordinanza 3274/03”.

Relativamente alle verifiche sismiche la Delibera conferma il carattere statistico del Livello 0, con l’acquisizione di dati sommari sull’opera, riferendo i successivi Livelli 1 e 2 alle categorie di opere ad elevata priorità come indicato nell’OPCM (ubicate in zone 1 e 2 e progettate anteriormente alla classificazione sismica del territorio del Comune nella zona attuale).

Per gli edifici di cui agli Allegati A e B, la Delibera prevede che la progettazione, il cui incarico sia stato affidato successivamente alla data di pubblicazione della Delibera (13/01/2004), deve essere conforme alla nuova classificazione e alle nuove norme tecniche per le costruzioni.

La DGR 3645/2003 non prevede requisiti aggiuntivi, rispetto a quelli individuati dalle Norme Tecniche nazionali per le costruzioni, relativamente alla progettazione di edifici ed opere infrastrutturali rilevanti ubicati nella zona a rischio sismico minore (zona 4).



6 Frane e allagamenti- Rischio idrogeologico

6.1 Generalità

Un aspetto essenziale per la definizione dello stato ambientale di un territorio è costituito dalla valutazione del rischio per frane (rischio geomorfologico) e allagamenti (rischio idraulico), complessivamente indicati in genere con il termine di “rischio idrogeologico”, definito dall'entità attesa delle perdite di vite umane, feriti, danni a proprietà, interruzione di attività economiche, in conseguenza del verificarsi di frane o inondazioni.

Il Rischio Idrogeologico (R) è definito come l'entità del danno atteso in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso, in un intervallo di tempo definito, in una data area; esso è correlato a:

- Pericolosità (P), ovvero alla probabilità di accadimento dell'evento calamitoso entro un definito arco temporale (frequenza), con determinate caratteristiche di magnitudo (intensità);
- Vulnerabilità (V), espressa in una scala variabile da zero (nessun danno) a uno (distruzione totale), intesa come grado di perdita atteso, per un certo elemento, in funzione della intensità dell'evento calamitoso considerato;
- Valore Esposto (E) o esposizione dell'elemento a rischio, espresso dal numero di presenze umane e/o dal valore delle risorse naturali ed economiche che sono esposte ad un determinato pericolo.

Con riferimento al DPCM 29 settembre 1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n.180" è possibile definire quattro classi di rischio, secondo la classificazione di seguito riportata:

- moderato R1: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
- medio R2: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- elevato R3: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- molto elevato R4: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale e la distruzione di attività socioeconomiche.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)**

6.2 Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino dedicata.

Lo Stabilimento versalis ricade nel territorio di competenza del Bacino Scolante nella Laguna di Venezia la cui perimetrazione è stata approvata dal Consiglio Regionale con provvedimento n.23 in data 07/05/2003 per il quale però non è ancora stata istituita l'autorità di Bacino ed il PAI è ancora in fase di predisposizione.

In assenza del PAI sono stati considerati come fonti principali per la caratterizzazione del territorio di interesse, sotto il profilo del rischio idrogeologico, il Piano Territoriale Regionale di Coordinamento (Relazione sulla sicurezza idraulica), il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale ed il Piano Comunale di Protezione Civile del Comune di Venezia.

6.3 Rischio geomorfologico

Secondo la Relazione Sicurezza Idraulica allegata al Piano Territoriale Regionale di Coordinamento del Veneto le superfici interessate dal dissesto geologico in tutta la regione risultano essere pari 18.270 ha. La perimetrazione di queste superfici avviene tramite la conoscenza e lo studio di eventi franosi attuali e storici. Le principali tipologie di dissesto considerate sono:

- crolli e ribaltamenti;
- scivolamenti roto/traslativi;
- frane diffuse;
- colamenti ed espansioni.

La relativa carta di pericolosità geomorfologica, riportata nella figura seguente, mostra come lo Stabilimento versalis si collochi in una zona non interessata dalle suddette tipologie di eventi.

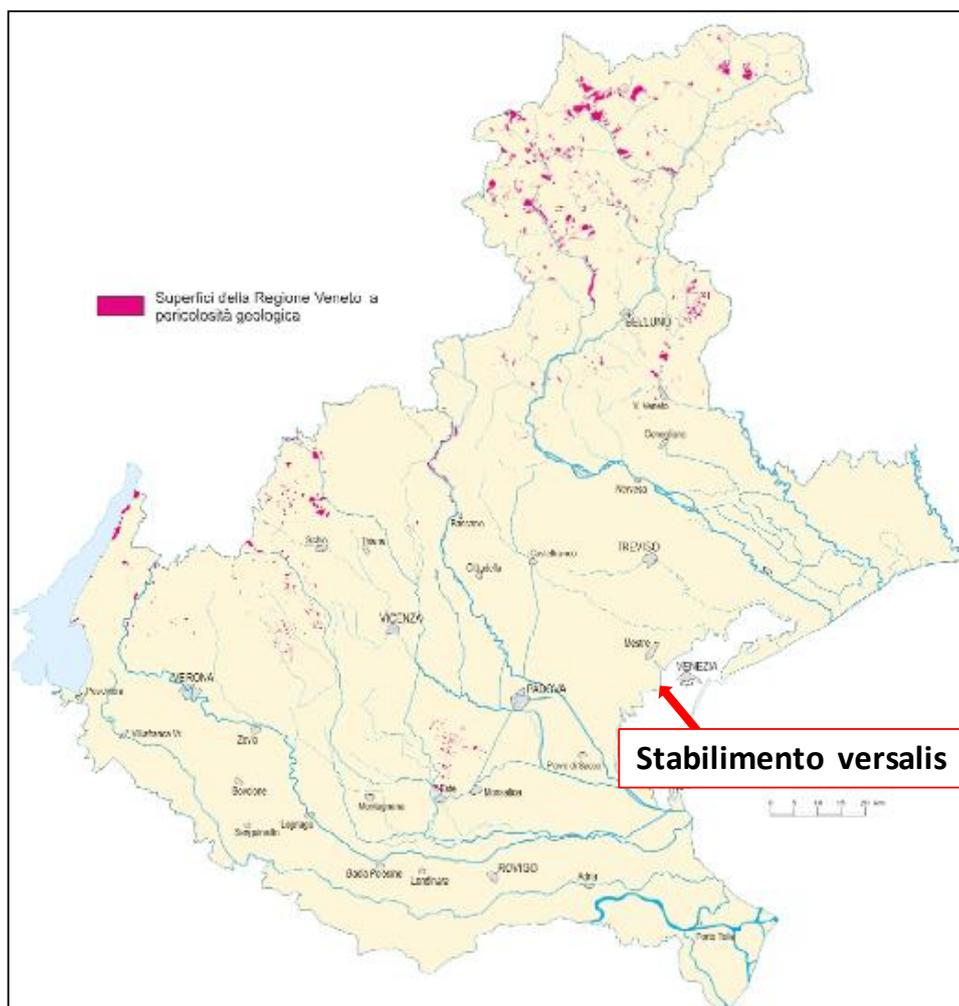


Figura 27- Superfici della Regione Veneto a rischio geomorfologico

6.4 Rischio idraulico

Nel PTCP di Venezia si definisce il rischio idraulico quale rischio a maggior rilevanza nel territorio della Provincia. Tale rischio è legato sia alla particolare conformazione del territorio, in gran parte soggetta a bonifica idraulica in quanto posta a quote soggiacenti il medio mare, sia alla presenza della parte terminale della maggior parte dei grandi fiumi italiani (Tagliamento, Livenza, Piave, Sile, Brenta - Bacchiglione, Adige e Po che scorre a pochissimi chilometri dal confine provinciale).

Il PTCP in sintesi definisce tutto il territorio provinciale strutturalmente assoggettato a fenomeni che possono determinare rischi idraulici. In particolare sono a pericolosità idraulica relativamente ai comprensori di bonifica, le aree indicate come aree allagate negli ultimi cinque/sette anni.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Si riporta di seguito una elaborazione della carta degli Scenari di Rischio Idraulico allegata al Piano Comunale di Emergenza del comune di Venezia.



Figura 28- Scenari di rischio idraulico - Piano Comunale Emergenze 2008 - Comune di Venezia

Alcune aree dello stabilimento, che hanno subito allagamenti a seguito dell'alluvione che ha colpito il Veneto il 26 Settembre 2007, risultano a rischio idraulico elevato.

L'area occupata dall'intervento in progetto risulta completamente esterna e distante oltre 1 km dalle aree classificate a rischio idraulico elevato.

7 Fulminazioni- Rischio da scariche atmosferiche

7.1 Generalità⁸

I fulmini sono delle scariche elettriche transitorie con alta intensità di corrente che si verificano a causa della differenza di potenziale che si crea tra differenti zone.

Per poter originare una differenza di potenziale tale da generare la scarica elettrica è necessario che in due regioni diverse e relativamente vicine dell'atmosfera, o tra una regione dell'atmosfera e la crosta terrestre, si creino degli accumuli di cariche opposte.

Il processo di formazione delle cariche in grado di generare tali accumuli è il meccanismo convettivo all'interno di un temporale o di una turbolenza atmosferica. Una volta create le aree con carica opposta, se la differenza di potenziale tra di esse è sufficiente a creare una scarica, come tra poli opposti di una batteria, avverrà il passaggio di corrente e il conseguente illuminamento del percorso di carica.

La situazione propizia più classica per la produzione di fulmini è data dal temporale, costituito da nuvole dette cumulonembi, all'interno dei quali le correnti d'aria (Downdraft-Updraft), dovute a gradienti termici, e le correnti di particelle d'acqua e ghiaccio, favoriscono la formazione di cariche separate che si dispongono in regioni opposte della nube.

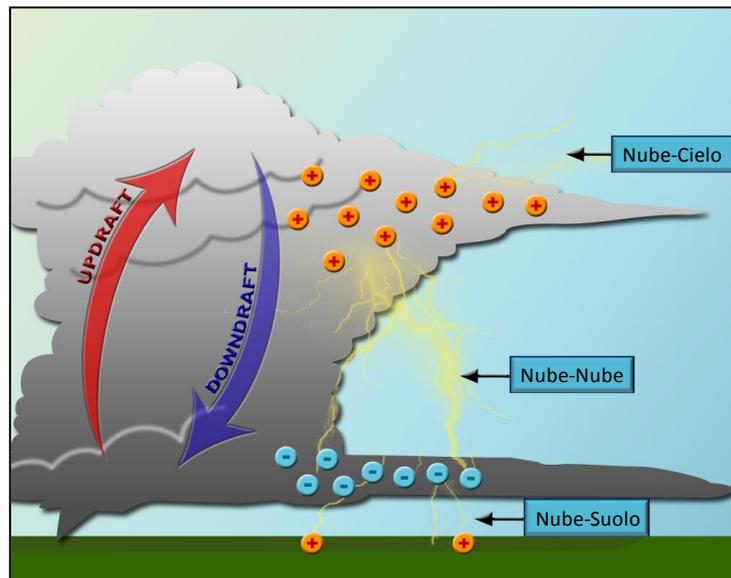
Le cariche tenderanno a disporsi secondo uno schema bi o tripolare, con le cariche negative nella parte bassa della nube e quelle positive nella parte alta così che il cumulonembo assume l'aspetto di un grosso dipolo, essendo le regioni cariche di qualche km di diametro. Tra queste regioni di carica opposta possono crearsi vari tipi di scarica, appunto i fulmini.

Immaginando un temporale come formato da più cumulonembi contenenti regioni di carica diverse, si può dedurre che i fulmini potranno svilupparsi sia tra le cariche della stessa nube sia tra una nube e l'altra sia infine tra la nube e la terra, che per effetto elettrostatico si carica di segno opposto a quello della parte inferiore della nube. Tipicamente infatti i fulmini sono distinti in

- Nube-Nube;
- Intranube;
- Nube-Suolo;
- Nube cielo.

⁸ Come fonte principale è stato utilizzato il sito internet del CESI-SIRF www.fulmini.it

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)


 Figura 29- Tipologie di fulmini (<http://www.wunderground.com>)

FULMINI NUBE-SUOLO

Il maggior numero di scariche, con rapporto di 9 a 1, si sviluppa tra le nubi o all'interno della nube stessa.

I fulmini nube-suolo, per quanto meno frequenti, sono i più pericolosi per le attività umane nonché i meglio conosciuti.

Ogni fulmine nube-suolo è in realtà formato da più componenti, che nell'insieme prendono il nome di fulmine. Il fulmine nel suo complesso ha una durata media di 0,2 sec., mentre le singole componenti hanno durata di decine di millisecondi e vengono chiamate colpi. Di solito per ogni fulmine ci sono due o tre colpi, intervallati da pause.

Il fulmine inizia a propagarsi quando si crea un canale di carica ancora molto debole e leggermente visibile, che incomincia a svilupparsi verso terra. Questo canale procede per passi successivi, ciascuno dei quali è lungo circa 50 m, con pause di circa 50 msec. Questo canale è chiamato "stepped-leader". Quando lo stepped-leader tocca terra o incontra un canale analogo ascendente, il circuito nube-suolo viene chiuso e si ha passaggio di corrente. La corrente illumina il canale ionizzato fin qui rimasto oscuro generando così la classica striscia luminosa; questa fase è chiamata "return stroke" (colpo di ritorno). La velocità del colpo di ritorno è circa 1/3 della velocità della luce. Durante il passaggio di corrente si ha un brusco cambiamento di temperatura e di densità nel canale ionizzato lasciato dallo stepped-leader. Questo brusco cambiamento origina un'onda di pressione che si propaga e che viene percepita come tuono. Il canale di carica ionizzato ha un diametro di qualche centimetro, mentre la temperatura può raggiungere i 30.000 K.

A questo punto il fulmine può esaurirsi, oppure dell'altra carica può passare nel canale preesistente, discendendo verso la terra in un secondo processo oscuro, chiamato "dart-leader", depositando altra carica lungo il canale; di nuovo al raggiungimento della terra si avrà passaggio di corrente con un secondo illuminamento, e così via per due o più dart-leader.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Un fenomeno spesso concomitante alla discesa dello *stepped-leader* o alla presenza di una nube temporalesca, è la formazione di canali di carica ionizzata di segno opposto alla parte inferiore della nube, che si propagano verso essa o verso il canale discendente partendo da terra (tipicamente da punte o strutture isolate). Questi canali, chiamati "*upward leader*" (canali ascendenti), possono incontrare effettivamente il canale discendente, aiutandolo così a chiudere il percorso, o possono morire dopo poco senza aver originato il fulmine.

PARAMETRI PRINCIPALI

I parametri principali che identificano un singolo colpo di fulmine sono sicuramente:

- l'intensità di corrente (kA): il valor medio di intensità di corrente di un fulmine è di 30 kA, con un intervallo che va dai 2 kA ai 200 kA.
- la polarità(+/-): dipende esclusivamente dalla carica della zona di formazione dello "stepped-leader".
- il tempo di salita della cresta di corrente (µsec.): Il tempo di salita della corrente per il primo colpo di ritorno è di qualche microsecondo, mentre è meno di un microsecondo per i colpi successivi;
- il tempo di decadimento all'emivalore: velocità di propagazione della corrente nel canale). (µsec.): Il tempo all'emivalore per il primo colpo è di circa 50-100 microsecondi.

7.2 Frequenza fulminazioni

Secondo la norma CEI 81-3 (Edizione Maggio 1999) - "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico." il valore medio del numero di fulmini a terra all'anno e al km² (Nt) per il comune di Venezia, dove si colloca lo Stabilimento vale:

$Nt=4$ fulmini/km² anno.

7.3 Frequenza fulminazioni

L.P.S. (Lightning Protection System)

I sistemi di protezione contro i fulmini (Lightning Protection System) hanno il compito di proteggere le strutture da incendi o da distruzione meccanica e le persone dentro agli edifici da danni o persino da morte.

Un sistema di protezione contro i fulmini è costituito da una protezione esterna e una interna.

ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

Le funzioni della protezione contro i fulmini esterna sono: ☐

- intercettare le fulminazioni dirette con un sistema di captatori;
- condurre la corrente da fulmine in modo sicuro verso terra con un sistema di calate;
- distribuire la corrente di fulmine nella terra attraverso l'impianto di messa a terra.

La funzione della protezione contro i fulmini interna è:

- evitare la formazione di scariche pericolose all'interno della struttura. Questo viene ottenuto attraverso l'equipotenzialità o la distanza di sicurezza tra gli elementi del sistema di protezione e altri elementi conduttori all'interno della struttura. L'equipotenzialità antifulmine riduce le differenze di potenziale causate dalla corrente di fulmine. Viene ottenuta attraverso il collegamento diretto di tutte le parti conduttrici separate dell'impianto tramite conduttori oppure dispositivi di protezione da sovratensioni (SPD).

NORME PER L'INSTALLAZIONE DI SISTEMI DI PROTEZIONE LPS

La norma di riferimento per l'Italia è la CEI EN 62305 suddivisa in 4 parti a seconda dei contenuti degli argomenti trattati:

- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): "Principi generali". Questa parte contiene le informazioni relative al pericolo da fulmine, alle caratteristiche del fulmine e ai parametri significativi per la simulazione degli effetti prodotti dai fulmini.
- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): "Valutazione del rischio". La valutazione del rischio secondo CEI EN 62305-2 si basa su un'analisi dei rischi stessi al fine di stabilire per prima cosa la necessità di una protezione contro i fulmini. Dopodiché viene stabilita la misura di protezione ottimale dal punto di vista tecnico ed economico. Infine viene determinato il rischio residuo rimanente.
- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): "Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone". Tratta la protezione di edifici e persone dai danni materiali e dal pericolo di morte, che potrebbero essere causati dall'effetto della corrente da fulmine oppure da scariche pericolose.
- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4): "Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture". Tratta la protezione di edifici contenenti sistemi elettrici ed elettronici dagli effetti dei disturbi elettromagnetici (LEMP) prodotti dai fulmini.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)****7.4 Verifiche sulla protezione dello stabilimento versalis**

La norma CEI EN 62305-2 indica tre tipologie di danno possibile causato da scariche atmosferiche, per ciascuna delle quali definisce frequenze di Rischio Tollerabile (Rt) così come riportato nella seguente tabella.

Tipo di Danno	Rischio Tollerabile (Rt)
1. Perdita di vite umane	1E-05
2. Perdita inaccettabile di servizi pubblici essenziali	1E-03
3. Perdita di patrimonio culturale insostituibile	1E-04

Tabella 7- Frequenze tollerabili di rischio - CEI EN 62305-2

versalis, nell'anno 2013, ha sottoposto a verifiche, di conformità e sicurezza contro i rischi da scariche atmosferiche edifici, strutture ed impianti di stabilimento, procedendo per ogni componente a valutarne il rischio secondo la norma CEI EN 62305-2 ed a individuarne eventuali misure di protezione necessarie.

Tra le aree sottoposte a verifica rientra anche l'attuale CTE, con i relativi serbatoi di stoccaggio combustibile liquido, i camini di scarico fumi caldaie B4 e B5, le caldaie B4 e B5, le caldaiette B101A B101B e relativi camini di scarico fumi e la Centrale Termoelettrica.

Le verifiche effettuate hanno confermato, per tutti gli item per cui si è proceduto a valutare il rischio, un valore di frequenza di rischio inferiore a quello tollerabile indicato dalla norma e pertanto la protezione contro le fulminazioni non è considerata necessaria e la struttura viene definita autoprotetta.

Le strutture verificate non necessitano di ulteriori protezioni e sono da considerarsi autoprotette.

L'opera oggetto dello studio sarà progettata in conformità alla normativa tecnica vigente e sarà verificata con gli stessi criteri adottati per lo stabilimento.

8 Conclusioni

8.1 Tornado

In base alle evidenze storiche relative alla regione Veneto, documentate in Allegato III.5, è stato possibile stimare una frequenza di eventi di tornado per unità di superficie regionale e da questa stimare la frequenza di impatto sull'area di intervento.

Il valore ottenuto risulta molto basso (minore di $1 \cdot 10^{-7}$ occasioni/anno). Di conseguenza è da ritenere remota l'eventualità di scenari di danni all'opera in progetto.

8.2 Tsunami

Lo studio effettuato ha consentito di verificare l'assenza storica di eventi di tsunami nella zona costiera della Regione Veneto.

Peraltro, lo Studio pubblicato nel 2008 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia dal titolo: "Scenarios of earthquake-generated tsunamis for the Italian coast of the Adriatic Sea" dimostra come i livelli di impatto per la costa prossima all'area di stabilimento non siano significativi, non superando 0,05 m di altezza d'onda.

In base ai dati idrometrici disponibili e alle conclusioni riportate nel Piano Comunale di Emergenza che definisce moderato il rischio di mareggiate per la costa di fronte alla laguna di Venezia, è possibile escludere che l'area di stabilimento sia interessata da forti mareggiate.

8.3 Sisma

Il territorio comunale di Venezia è classificato come zona 4, ossia a minor rischio sismico.

La normativa regionale non prevede requisiti aggiuntivi, rispetto a quelli individuati dalle Norme Tecniche nazionali per le costruzioni (DM 14/01/2008), relativamente alla progettazione di edifici ed opere infrastrutturali rilevanti ubicati nella zona a rischio sismico minore (zona 4).

Non si prevedono interventi progettuali aggiuntivi e specifici e l'opera in esame sarà progettata e realizzata in accordo con le norme tecniche applicabili.

8.4 Rischio idrogeologico

Lo Stabilimento versalis si colloca in una zona non interessata da rischio geomorfologico. L'area occupata dall'intervento in progetto risulta completamente esterna e distante oltre 1 km dalle prime aree classificate a rischio idraulico elevato.

Non si prevedono interventi progettuali aggiuntivi e specifici e l'opera in esame sarà progettata e realizzata in accordo con le norme tecniche applicabili.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)****8.5 Rischio da scariche atmosferiche**

Lo stabilimento versalis di Porto Marghera ha provveduto ad effettuare la valutazione del rischio da scariche atmosferiche, in conformità con la norma CEI EN 62305-2, per le apparecchiature di impianto, per gli edifici dello Stabilimento e per l'attuale CTE.

Le verifiche effettuate hanno confermato un valore di frequenza di rischio inferiore a quello accettabile indicato dalla norma e non sono necessarie protezioni specifiche contro le fulminazioni.

L'opera sarà progettata in conformità alla normativa tecnica vigente e sarà verificata con gli stessi criteri adottati per lo stabilimento.

**ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)****APPENDICE A - INDICATORI DI DANNO DELLA SCALA ENHANCED FUJITA**

N.	Damage Indicators (DI)
1	Small Barns or Farm Outbuildings (SBO)
2	One- or Two-Family Residences (FR12)
3	Manufactured Home – Single Wide (MHSW)
4	Manufactured Home – Double Wide (MHDW)
5	Apartments, Condos, Townhouses [3 stories or less] (ACT)
6	Motel (M)
7	Masonry Apartment or Motel Building (MAM)
8	Small Retail Building [Fast Food Restaurants] (SRB)
9	Small Professional Building [Doctor's Office, Branch Banks] (SPB)
10	Strip Mall (SM)
11	Large Shopping Mall (LSM)
12	Large, Isolated Retail Building [K-Mart, Wal-Mart] (LIRB)
13	Automobile Showroom (ASR)
14	Automobile Service Building (ASB)
15	Elementary School [Single Story; Interior or Exterior Hallways] (ES)
16	Junior or Senior High School (JHSH)
17	Low-Rise Building [1-4 Stories] (LRB)
18	Mid-Rise Building [5-20 Stories] (MRB)
19	High-Rise Building [More than 20 Stories] (HRB)
20	Institutional Building [Hospital, Government or University Building] (IB)
21	Metal Building System (MBS)
22	Service Station Canopy (SSC)
23	Warehouse Building [Tilt-up Walls or Heavy-Timber Construction](WHB)
24	Transmission Line Towers (TLT)
25	Free-Standing Towers (FST)
26	Free-Standing Light Poles, Luminary Poles, Flag Poles (FSP)
27	Trees: Hardwood (TH)
28	Trees: Softwood (TS)

Tabella A1 Indicatori di Danno (Damage Indicators) della scala Enhanced Fujita



ALLEGATO III.5 – Studio sui rischi tecnologici connessi ai fenomeni naturali anomali – (Na-Tech)

APPENDICE B - INDICE SWEAT (SEVERE WEATHER THREAT)

Il calcolo dell'Indice è così definito:

$$SWEAT = 12T_{d850} + 20(T - 49) + 2f_{850} + f_{500} + 125(S + 0.2)$$

con:

T_{d850}	= temperatura di rugiada in °C a 850 hPa (se $T_{d850} < 0$, allora $12T_{d850} = 0$)
f_{850}	= velocità del vento a 850 hPa, espressa in nodi.
f_{500}	= velocità del vento a 500 hPa, espressa in nodi.
S	= $\sin \Delta\phi$ (shear del vento)
$\Delta\phi$	= differenza tra la direzione del vento a 500 hPa e 850 hPa (ovvero l'angolo tra direzione del vento a 500 hPa e a 850 hPa)
T	= somma della temperatura e della temperatura di rugiada a 850 hPa meno due volte la temperatura a 500 hPa. Se $T < 49$, allora $20(T - 49) = 0$

Per definire il termine relativo allo shear del vento $125(S + 0.2)$, bisogna far riferimento alla seguente tabella:

direzione del vento a 850 hPa compresa nell'intervallo 130° - 250°.	SI	NO
direzione del vento a 500 hPa compresa nell'intervallo 210° - 310°	SI	NO
direzione del vento a 500 hPa meno direzione del vento a 850 hPa > 0	SI	NO
sia f_{850} che $f_{500} \geq 15$ nodi.	SI	NO

E' sufficiente rispondere NO ad una delle precedenti condizioni per porre il termine $125(S + 0.2) = 0$.

Tutti i dati di input sono ricavabili dal messaggio TEMP che contiene i dati, codificati, inviati da un emettitore quale un pallone sonda.