

**“Rischio di sversamenti di idrocarburi in mare e applicazioni dei codici di calcolo per il loro contenimento nell’ambiente”**

**“LO STUDIO E LA RICERCA PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO”**

**ISTITUTO SUPERIORE ANTINCENDI**

**15-16 OTTOBRE 2013**

**ING VINCENZO MELILLO**

“Rischio di sversamenti di idrocarburi in mare e applicazioni dei codici di calcolo per il loro contenimento nell’ambiente”



In un porto come quello preso a riferimento l'accresciuta complessità degli impianti e dei processi industriali operanti nell'ambito portuale ha generato l'esigenza di acquisire informazioni per accertare la compatibilità tra sviluppo economico- produttivo, associato alla sicurezza dell'uomo e dell'ambiente.

- Si è iniziato con l'individuazione delle informazioni inerenti le attività di trasporto degli idrocarburi tramite nave che gravitano nel porto di La Spezia;
- Analizzando le tecniche basate sull'applicazione di codici di calcolo per affrontare il rischio di sversamento in mare in caso di urto o collisione della nave;
- Valutando l'integrazione di un modello completo in un modello teorico in grado di permettere l'intervento degli enti preposti alla salvaguardia della sicurezza umana e ambientale;
- Si sono applicate le normative nazionali in merito alla specifica individuazione dei rischi e la valutazione della sicurezza nei porti industriali e commerciali;

Nello studio si è avuta l'esigenza di gestire tramite l'applicazione di alcuni codici di calcolo l'eventuale sversamento di idrocarburi in mare a seguito di incidente.

- ⊙ L'analisi è stata approfondita sviluppando le problematiche connesse al traffico marittimo di sostanze pericolose nell'ambito portuale e gli scenari incidentali a mare.
- ⊙ Sono stati individuati e applicati i risultati di un metodo di calcolo insieme a due programmi diffusi commercialmente che simulano l'area di sversamento e il movimento dell'inquinamento in mare secondo le condizioni meteomarine presenti al momento dell'evento per facilitare un PIANO DI INTERVENTO in favore della sicurezza, come richiesto dal D.M. 16 maggio 2001, n°293.

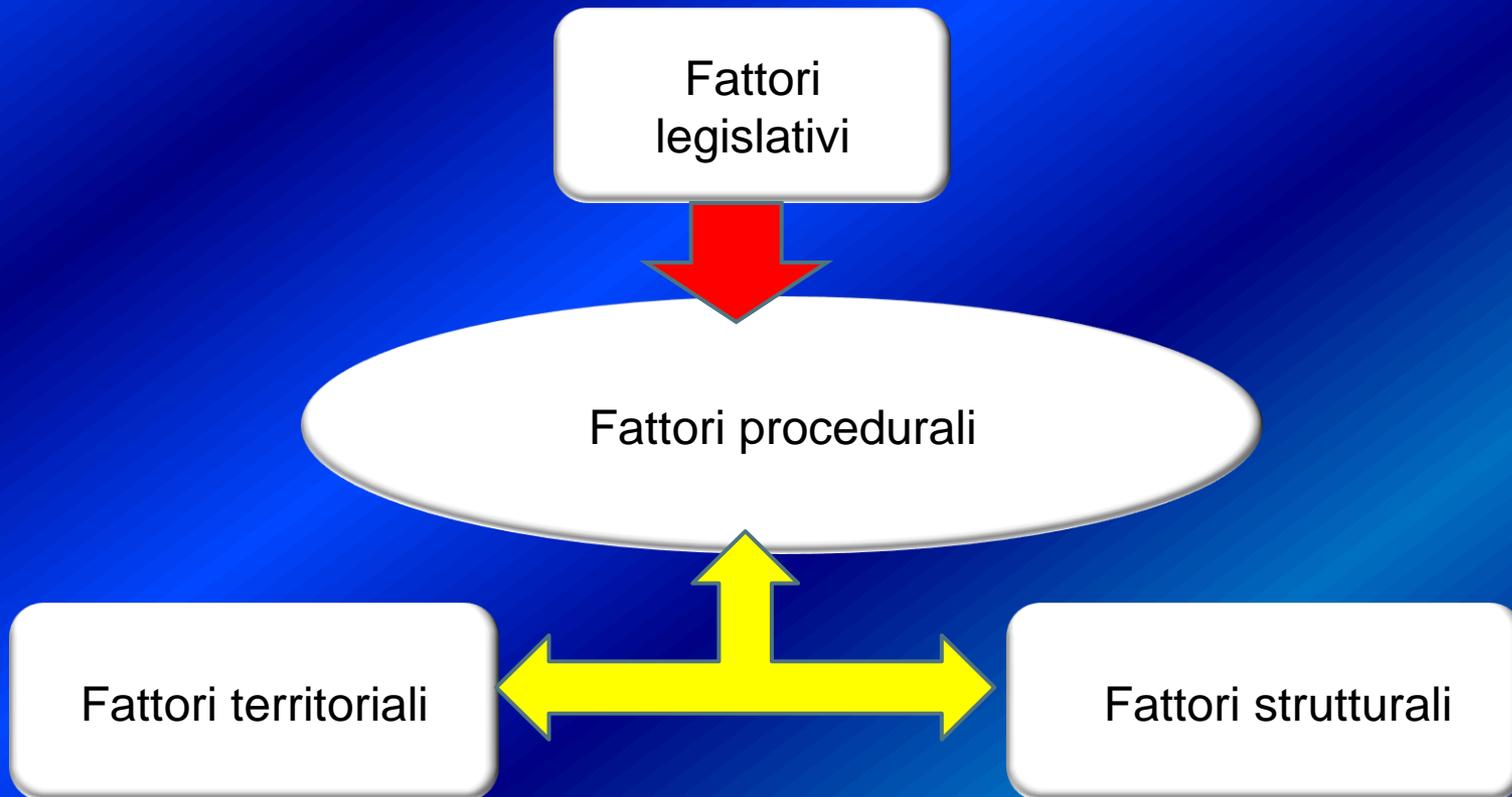
L'Autorità competente che presiede il porto deve predisporre il Piano di Emergenza Portuale (PEP) al fine di limitare gli effetti dannosi per l'uomo e per l'ambiente derivanti da incidenti rilevanti dove vi è presenza di movimentazioni di sostanze pericolose e impianti industriali.

- Il D.M. 293/2001 è specifico per la realtà Portuale e nel suo ambito l'Autorità competente che lo presiede deve predisporre il Piano di Emergenza Portuale (PEP) in ottemperanza all'art. 6 del predetto Decreto al fine di limitare gli effetti dannosi per l'uomo e per l'ambiente.

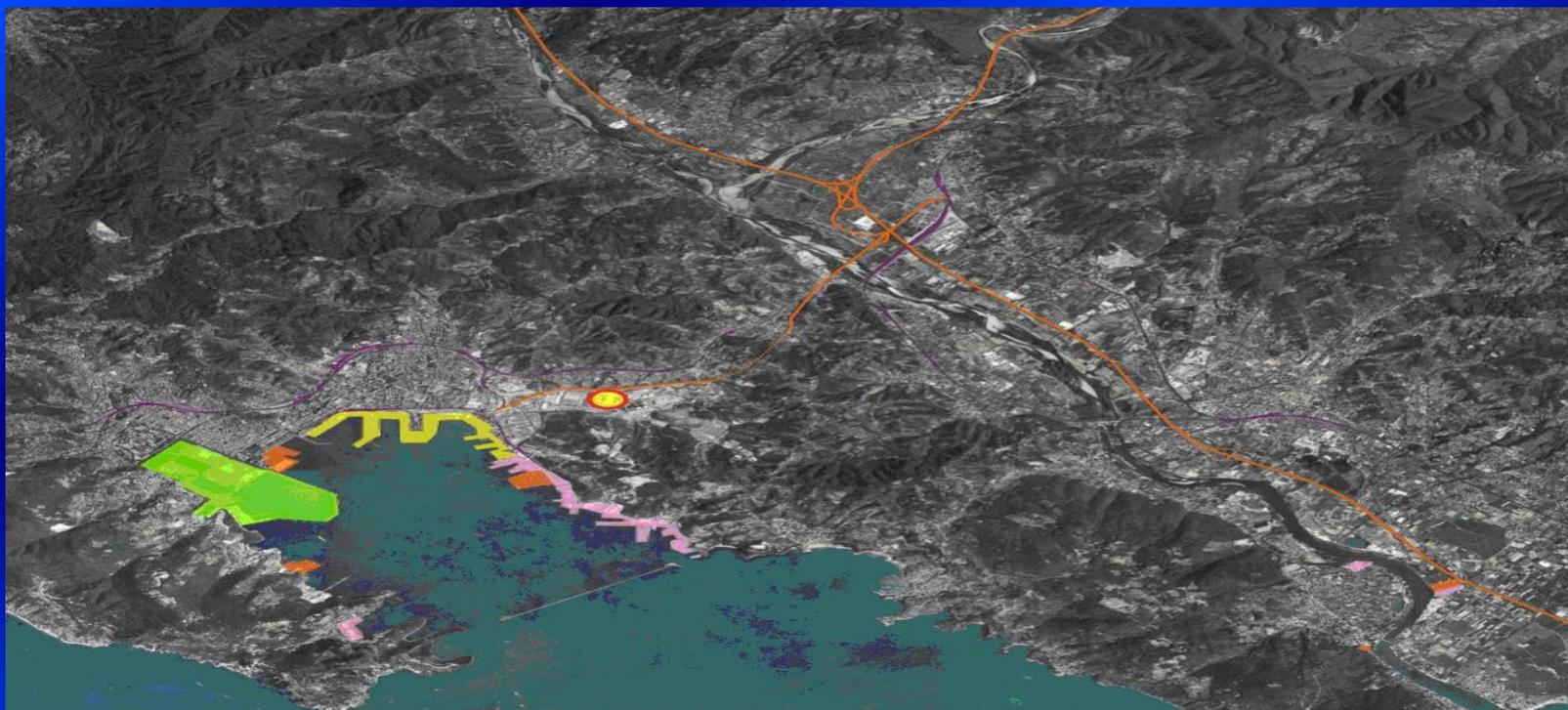
Lo studio ha messo in evidenza una pluralità di fattori che regolano l'efficacia di un piano per il contenimento di idrocarburi sversati.

- **Fattori legislativi** : che riguardano l'applicazione di norme Regionali, Nazionali, Europee e Internazionali sul trasporto delle merci pericolose;
- **Fattori strutturali**: che riguardano la struttura delle navi (tipologia costruttiva, caratteristiche dello scafo, tipologia delle merci trasportate)
- **Fattori territoriali**: territorio e area portuale;
- **Fattori procedurali**: che riguardano le interazioni tra enti e istituzioni che devono intervenire per limitare le conseguenze degli effetti dannosi per l'uomo e per l'ambiente, problemi particolari di sicurezza, e conseguenza degli eventi incidentali individuati;

Lo studio ha evidenziato che i vari fattori sono interconnessi tra di loro e tendono ad influenzarsi a vicenda.



Sostanzialmente i criteri adottati per la scelta dei codici di calcolo sono stati quelli legati alla facilità di applicazione e reperimento degli stessi.



*Legenda*

	AUTOSTRADA		PORTO MERCANTILE		PORTO MILITARE
	LINEA FERROVIARIA		CANTIERI NAVALI		PORTICCIOLO TURISTICO
	AREA EX SAN GIORGIO		G.N.L. PANIGAGLIA		ARCOLA PETROLIFERA

Per la particolare allocazione del porto mercantile e delle sue banchine di approdo è stato necessario effettuare alcune valutazioni in ordine alla tipologia di navi in transito nell'area portuale.



**Dati tecnici:**

44° 07'N – 9° 50' E

Ampiezza del Golfo: mq 15.000.000

Area Attrezzate: mq 530.000

Superficie coperta: mq 26.000

Fondali: massimo 14,5 metri

Banchine: 5,3 km

Si è dato spazio agli incidenti coinvolgenti navi cisterna ovvero allo scontro tra una nave ed una struttura fissa (**URTO**) e allo scontro tra navi (**COLLISIONE**).

- **La collisione:** è il contatto violento tra due unità navali
- **L'urto:** è il contatto violento fra una nave e qualsiasi altra cosa (boa, molo, ecc.) che non sia una nave;
- **L'impatto.** È lo scontro di una nave con parti non deformabili della costa;
- **Ulteriori cause:** l'affondamento attribuibile a cattive condizioni meteo avverse o a perdite di prodotto (l'affondamento per cattive condizioni meteo nell'ambito del porto di La Spezia è poco credibile);

Nello studio si è avuta l'esigenza di consultare la banca dati internazionale **MIDHAS** la quale non fa differenza tra collisioni e urti.

- ◎ **La banca dati MIDHAS:** propone un totale di 621 incidenti dei quali 573 eventi specifici per urto, collisione e impatto accaduti nel mondo fino al 2004. La suddetta banca dati classifica la sola voce “**collisione**” l'insieme degli incidenti derivanti da urto e collisione tra navi in movimento. La banca dati, su un totale registrato dal 1970 al 2004, ha evidenziato che solo una frazione pari all'8% è da attribuire come causa primaria ad incendi o esplosioni a bordo di navi, essendo la quasi totalità degli incidenti da ricondursi ad eventi di scontro verso ostacoli fissi o mobili.

Parallelamente alla consultazione di dati internazionali è stato necessario ottenere i dati degli incidenti nel porto di La Spezia “spalmati” su un arco temporale di 10 anni (dal 2000 al 2010).

- **La consultazione dei registri della Capitaneria di Porto:** i dati degli incidenti nel porto e nella zona antistante il golfo sono stati ottenuti consultando i registri conservati presso l'Ufficio Tecnico della C.P.;
- **Nel registro:** sono annotati e descritti gli incidenti con le relative conseguenze. Nell'annotazione dei sinistri rientra anche l'avvisatore marittimo che attraverso un unico registro annota la situazione giornaliera degli arrivi, delle partenze, delle banchine occupate e tutto ciò che di particolare accade;
- **L'osservazione:** ha dato risultati molto bassi

L'esame della banca dati internazionale MIDHAS e dei registri locali ha evidenziato la pericolosità della collisione rispetto agli urti.

- **L'esame** dei registri pur avendo dato risultati molto bassi (nell'arco di 10 anni) ha dimostrato, come prevedibile, che le collisioni generano a causa della maggiore energia cinetica, conseguenze peggiori; mentre gli urti e gli incagli, spesso neppure introdotti nel data base, provocano danni minori.
- **La statistica internazionale**: fatta sulle quantità di prodotto rilasciato in occasioni di collisioni oppure di urti/impatti ha evidenziato che le quantità maggiori rilasciate sono quelle causate da collisioni con **valor medio di massa compresa tra 1.000 e 10.000 tonnellate** a motivo della maggiore energia cinetica scambiata in occorrenza di tali incidenti.

I valori medi di rilascio di prodotto in prossimità degli approdi sono quasi sempre bassi.

- **Dall'osservazione dei dati si è notato che le quantità maggiori sono rilasciate in corrispondenza di collisioni, occorse con valor medio di massa rilasciata compresa tra 1.000 e 10.000 tonnellate.**
- Le quantità minori di rilascio si sono avute in luoghi prossimi agli approdi e **non hanno mai superato una quantità di 10.000 tonnellate, con valori medi compresi tra 100 e 1.000 tonnellate;** Si ritiene che la stima maggiormente indicativa di un possibile rilascio a seguito di urto o impatto debba attestarsi a 100 tonnellate di sostanza rilasciata per il semplice motivo che le velocità di collisione sono basse.
- **Quantità sversata in occasione di collisioni nel porto di La Spezia:** lo stesso criterio fa ragionevolmente assumere un valore approssimativo di 500 tonnellate quale quantità rilasciata in occasione di collisioni tra due navi o più navi in transito (quantitativo considerato nella simulazione).

I sinistri annotati nel registro dell'Ufficio Tecnico della Capitaneria di porto sono riportati in tabella .

Anno di riferimento	Nr. di collisioni	Nr. di urti
2001	1	6
2002	1	3
2003	3	1
2004	2	----
2005	1	2
2006	3	----
2007	3	----
2008	----	1
2009	2	3
2010	2	1
<b>TOTALE</b>	<b>18</b>	<b>17</b>

$$\mu = \int_a^b f(x)dx = \frac{1}{N} \sum_i f(x)$$

Partendo dai dati raccolti e utilizzando il metodo di calcolo statistico di Montecarlo si sono potuti stimare i valori della frequenza delle collisione e degli urti in mare che potrebbero verificarsi.

$$\int_0^1 x dx = \left[ \frac{[x]^2}{2} \right]_0^1 = \frac{1}{2} = 0,5$$

La frequenza delle collisioni è  $F_c = 2,14 \times 10^{-5}$

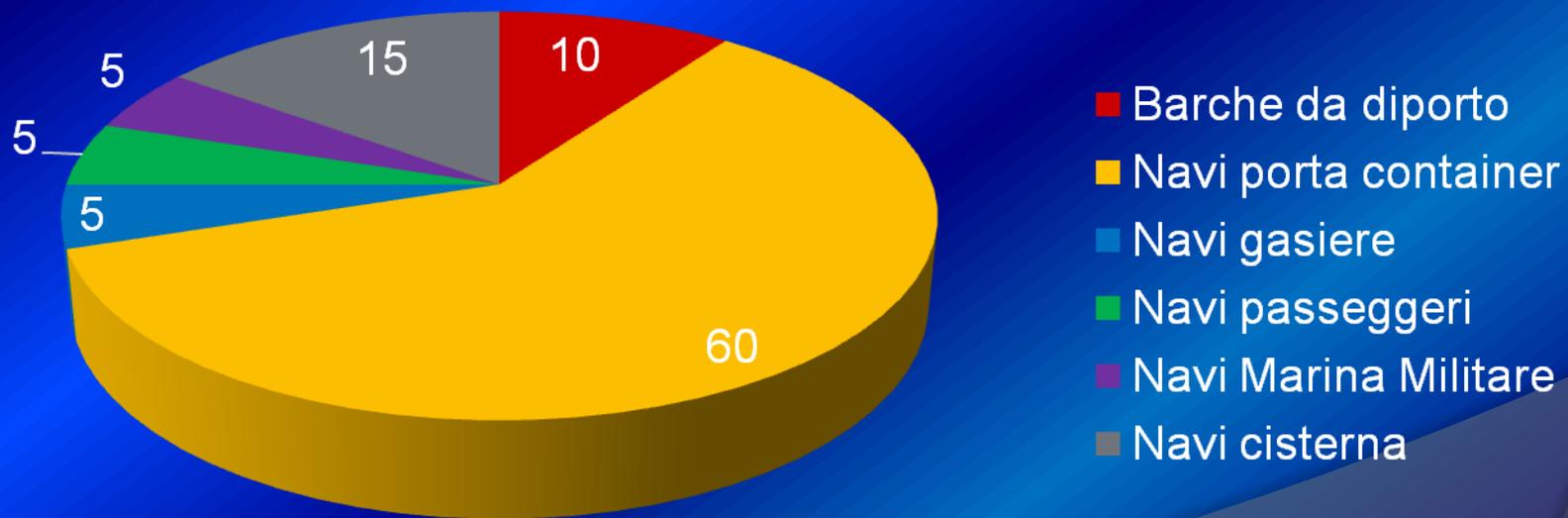
La frequenza degli urti è  $F_u = 2,185 \times 10^{-5}$

Gli eventi più credibili presi a riferimento per le simulazioni sono:  
Rilascio per collisione nave – nave

Errore umano conseguente a mancato rispetto di precedenza e osservanza delle Ordinanze della Capitaneria di Porto.

Il caso studio oltre al numero dei sinistri ha previsto l'indagine su altri dati di interesse, infatti l'osservazione è stata condotta su gruppi omogenei di natanti verosimilmente in transito nel porto.

- Il numero di navi arrivate ad ogni singolo accosto suddivise per anno solare hanno consentito di calcolare il valor medio di traffico navale che è risultato pari a 1600



Dopo avere individuato le caratteristiche della nave sono stati calcolati i tempi di sversamento (oil-spill) dal punto di rottura nello scafo.

- Le condizioni degli scenari presi a riferimento scaturiscono da:
  - - capacità delle cisterne considerate;
  - - dimensioni della nave petroliera;
  - - dimensioni del foro di rottura conseguente alla collisione;
- Utilizzando la formula di Bernouilli:

$$t_{sv} = 2\sqrt{h} * \frac{L^2}{d^2} * \sqrt{\frac{1+\beta}{2g}}$$

- che ci consente di calcolare i tempi di svuotamento

I valori ottenuti dal calcolo precedente inerenti lo sversamento hanno consentito di costruire la tabella con i tempi necessari allo svuotamento delle cisterne (tempo espresso in secondi).

Serbatoio	L	h	T sv(sec)
5000	48	10	4800
10000	100	15	16000

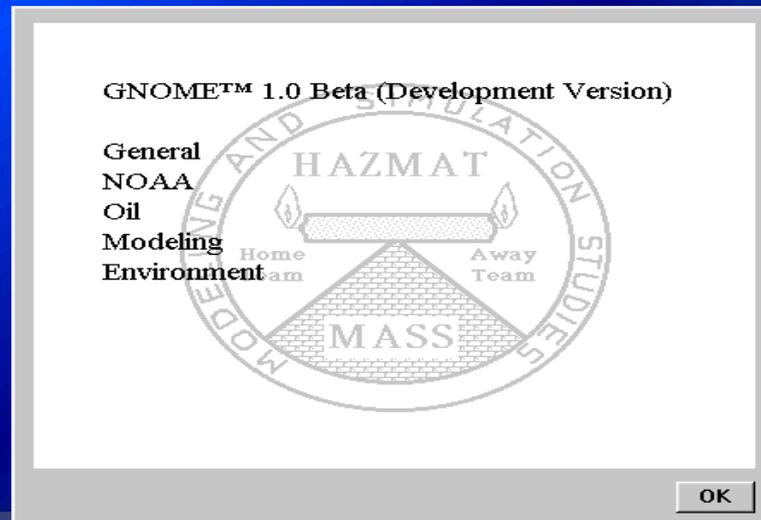
Condizioni di simulazione per squarcio di D equivalente pari a 1,30 m.

Serbatoio	L	h	T sv(sec)
5000	48	10	260
10000	100	15	4050

Condizioni di simulazione per squarcio di D equivalente pari a 2,50 m.

Le simulazioni adottate hanno consentito l'applicazione di software che descrivono uno scenario di riferimento che deriva dalle caratteristiche del territorio portuale e quelle dei tank/cisterne che transitano nel porto.

- In particolare G. N. O. M. E. (General NOOa Operational Modeling Environment ) si è rivelato utile per redigere il piano di emergenza in caso di fuoriuscita di prodotto pericoloso e sversato direttamente in mare sia che esso provenga da una grande oil-tanker o da una piccola Ro-Ro. Il codice simula la diversa localizzazione della massa sversata ossia la stima della traiettoria e dell'evoluzione della macchia .

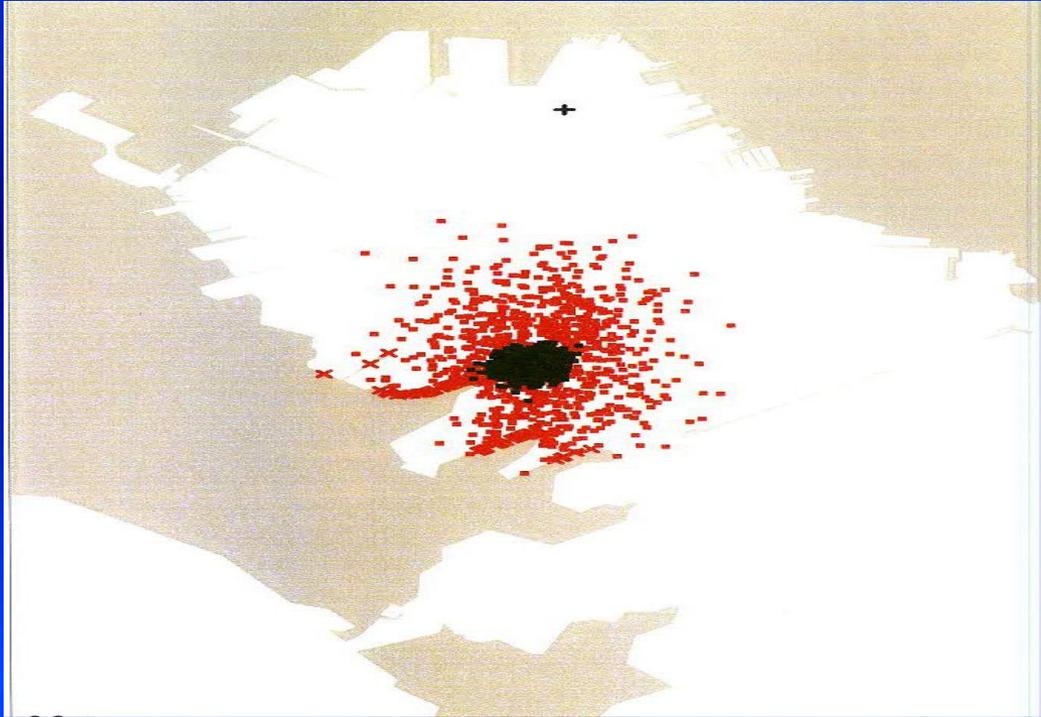


Questo modello è già stato testato durante la marea nera nel Golfo del Messico in seguito all'incendio della piattaforma Deepwater Horizon . Nel presente caso il software ha elaborato mappe di previsione per un totale di 180 minuti.



Scenario	Tempo	Vento costante	Rilascio	Evaporata /dispersa	Verso riva	Fuori costa	Galleggianti
01	15 min.	2 m/sec. da NE	500 Tonnellate	4 Tonnellate	0 Tonnellate	0 Tonnellate	496 Tonnellate

E' stata simulata la perdita di gasolio seguendo la traiettoria calcolata sulla base del rilevamento delle correnti marine e del vento i cui dati sono stati forniti dal servizio meteorologico della Marina Militare



Scenario	Tempo	Vento costante	Rilascio	Evaporata /dispersa	Verso riva	Fuori costa	Galleggianti
04	Dopo 90 minuti	2 m/sec da NE	500 Tonnellate	20 Tonnellate	0 tonnellate	0 Tonnellate	480 Tonnellate

Successivamente si è voluto simulare il pool-fire della sostanza sversata utilizzando altro modello software denominato ALOHA al fine di stimare le conseguenze delle dispersioni in atmosfera dei prodotti della combustione .

ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres) è uno dei tanti modelli che vengono impiegati per questo tipo di analisi e comprende ben tre categorie di rischio che vanno dalla dispersione di gas tossici, incendi, esplosioni, compreso un modello di dispersione aerea che consente la stima delle dispersioni di nubi di gas e i valori conseguenti ad un'esplosione di nubi di vapori, ovvero le sue sovrappressioni.

La simulazione del pool-fire con l'impiego del modello software ALOHA ha consentito di costruire le dimensioni dell'area occupata dal prodotto oleoso incendiato.

- Il modello pool fire in caso di sversamento reale , deve poter contare su modelli software che in tempi accettabili possano simulare l'evento incidentale. Questo è un modello molto comune (ma ne esistono altri più complessi con metodi speditivi) . Sono stati utilizzati i dati che il programma di simulazione richiede:
- - coordinate geografiche del golfo di La Spezia, latitudine e longitudine;
- - le condizioni meteo climatiche (fornite dal servizio meteo M.M.)
- - dimensioni della cisterna soggetta ad evento incidentale;
- - diametro equivalente della rottura;
- - caratteristiche chimico- fisiche della sostanza trasportata;
- A seguito dello sversamento dei prodotti petroliferi presi a riferimento, conseguenti a rottura dello scafo, gli effetti dell'irraggiamento termico della pozza sono riscontrabili fino a distanze di 299,093 m. I due codici di calcolo (G.N.O.M.E. e ALOHA) hanno consentito di modellare i due eventi ipotizzati al fine di poter comprendere le conseguenze dell'evento considerato.

Il diametro della mappa costruita dal modello software ALOHA ha consentito di evidenziare i tre raggi di pericolo (cerchi di danno).

- Il pool fire assume varie dimensioni :
- raggio pari a 138, 074 metri per l'area con cerchio rosso;
- raggio pari a 229,51 metri per l' area con cerchio arancione;
- raggio pari a 299,093 metri per l'area con cerchio giallo;

Pertanto l'indagine ha evidenziato che effetti secondari nel caso del pool fire ed irraggiamento stazionario derivante da spostamenti significativi possono riscontrarsi fino a 138,074 metri dal perimetro dell'area interessata dall'incendio (10 kw/mq), mentre effetti su personale non protetto fino a distanze pari a 229,51 metri (5 Kw/mq). Dallo studio degli eventi incidentali non si è voluto caratterizzare esclusivamente gli effetti in termini di irraggiamento termico ma anche gli effetti sul territorio derivanti da tali incendi e connessi con lo sviluppo di prodotti della combustione (inquinanti).

L'indagine ha permesso di affermare che la concentrazione degli inquinanti e/o prodotti della combustione si attesta sopra i 250 m. del livello del mare. Nel caso di pozze di grosse entità le colonne si infittiscono, ma il livello limite della colonna si innalza al di sopra dei 600 m. dal suolo.

Simulazione del pool-fire con impiego modello software ALOHA, costruzione della mappa di irraggiamento con rispettivi valori espressi in KW.

## Thermal Radiation Threat Zone

Chemical Name: BENZENE

Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals

Wind: 5 knots from 3° true at 3 meters

### THREAT ZONE:

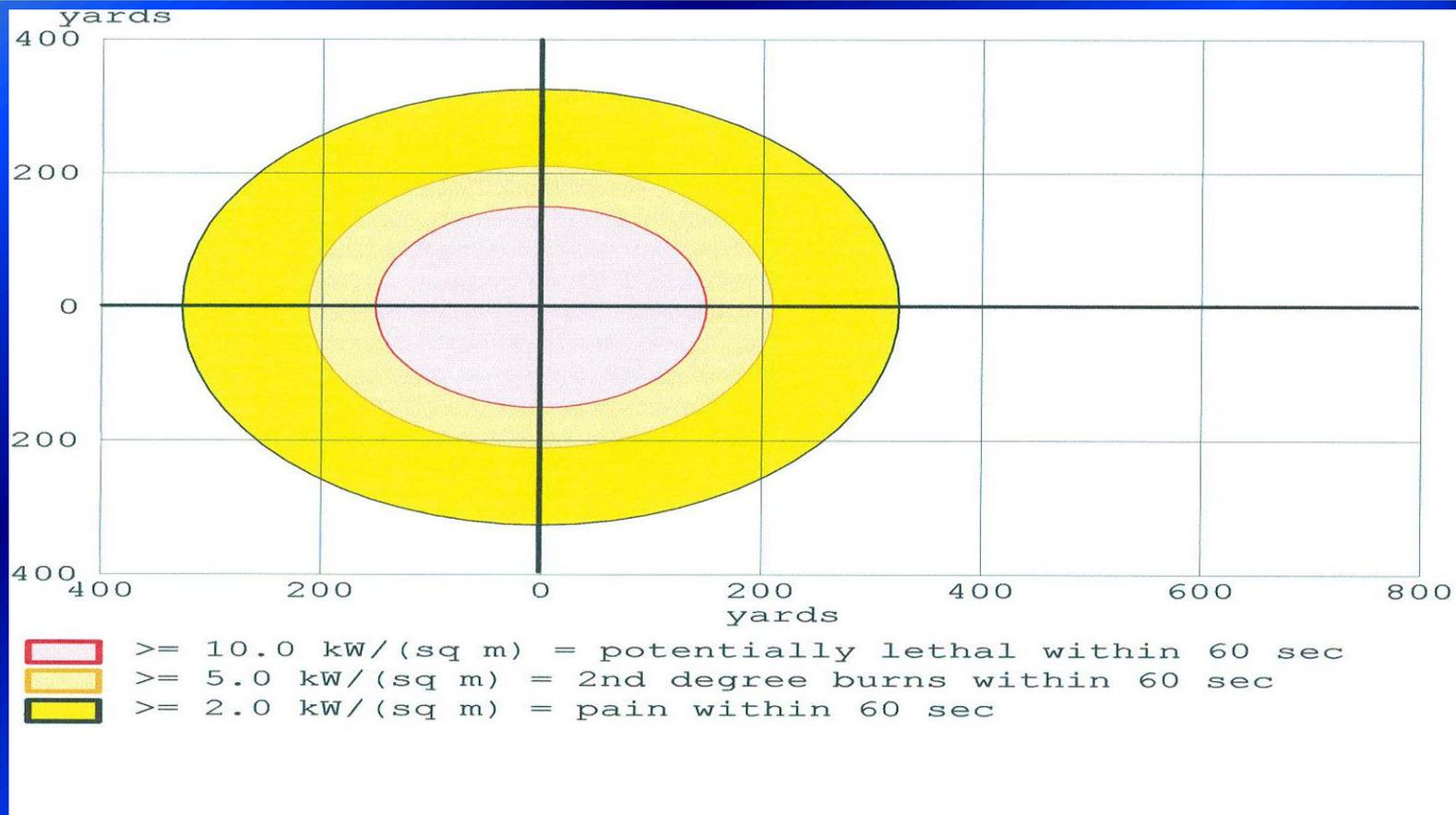
Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire

Red : 151 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 211 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

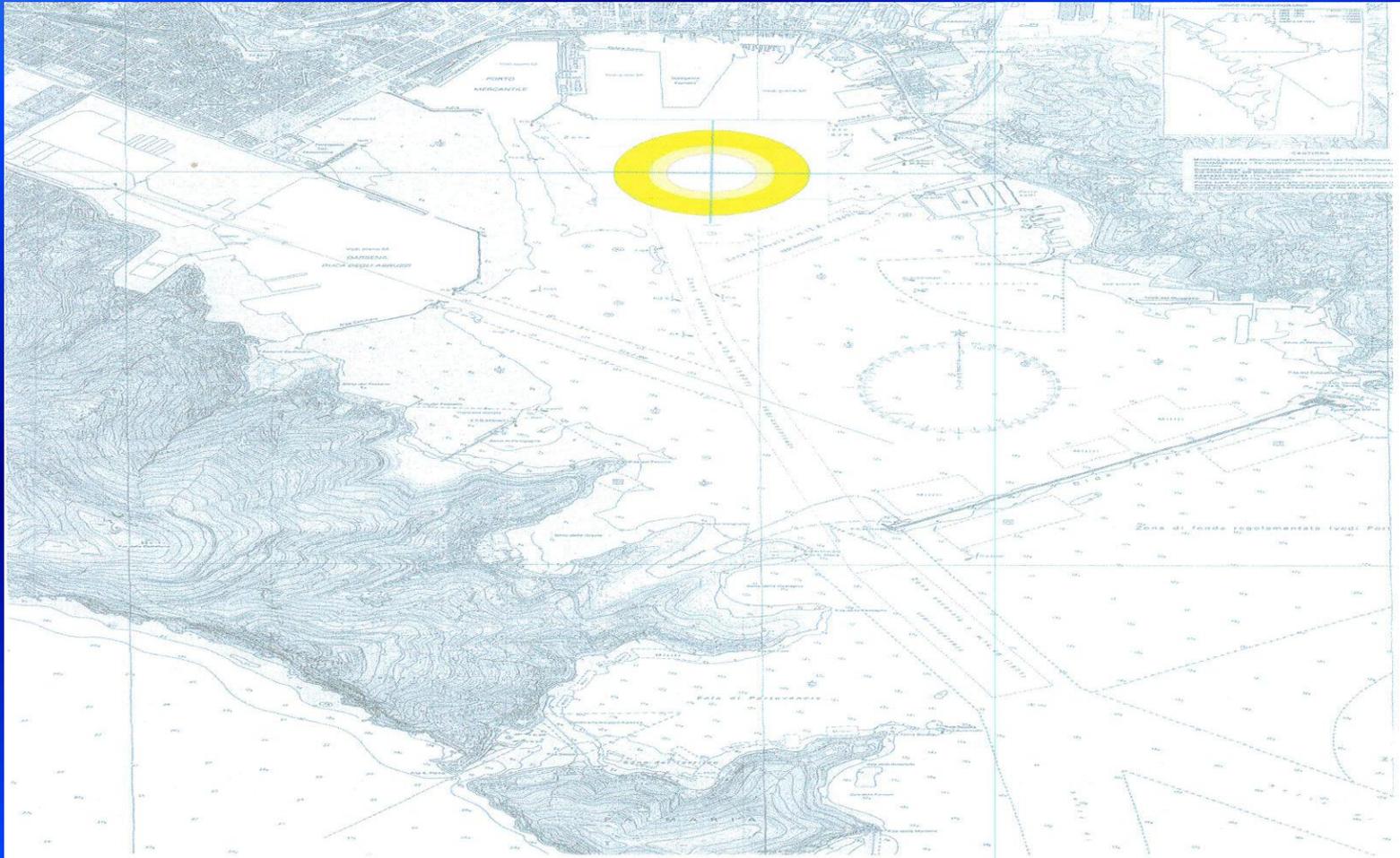
Yellow: 327 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

# La mappa costruita dal modello software ALOHA e i relativi danni da calore che potenzialmente i soggetti esposti potrebbero subire



- 1) L'area cerchiata di rosso è la zona potenzialmente letale per le persone, in quanto l'irraggiamento è pari a 10 kw/mq.
- 2) L'area cerchiata di arancione è la zona dove i soggetti esposti subiscono ustioni irreversibili, l'irraggiamento è pari a 5 kw/mq;
- 3) L'area gialla rappresenta una zona dove i soggetti esposti subiscono lesioni che sono reversibili (es. ustioni di 1° grado) ed è pari a 2 kw/ mq;

I cerchi di danno riportati sulla cartina del porto danno l'idea dell'evento incidentale derivante dall'incendio di pozza



Area dello sversamento di 500 t. gasolio ipotizzato nel canale di evoluzione

L'impiego dei criteri di calcolo adottati consente di implementare il Rapporto Integrato di Sicurezza Portuale e di salvaguardare ambienti tutelati posti nelle vicinanze dell'area portuale considerata.

- **Scopo dell'analisi effettuata è stato quello di individuare i problemi legati ai rischi industriali ed al trasporto di merci pericolose all'interno del Porto di La Spezia, in un ottica più generale della Programmazione del Piano Regolatore Portuale tale da garantire l'applicabilità e la validità in favore della sicurezza.**
- **Adozione di un piano di pronto intervento operativo locale per la difesa da inquinamento di idrocarburi o di altre sostanze nocive , in quanto nel Porto vi sono molteplici tipologie di sostanze movimentate, dai prodotti movimentati dall'ARCOLA Petrolifera, al GNL di Panigaglia, alla linea di trasferimento del carbone che alimenta la Centrale ENEL, alla linea di trasferimento di prodotti petroliferi POLNATO.**
- **L'analisi ha anche evidenziato che il porto confina con alcune aree di notevole pregio ambientale che vale la pena di tutelare:**
  - **Il Santuario dei Cetacei;**
  - **Area Naturale Marina Protetta delle Cinque Terre;**
  - **Parco Naturale Regionale di Porto Venere;**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

