



**AIDIC**

**Martedì 6 Dicembre 2022**

**Aula Magna ISA**

**Gli aspetti legati alla sicurezza nell'attuale fase di  
cambiamenti climatici, economia circolare e  
transizione energetica**





**Gli aspetti legati alla sicurezza nell'attuale fase di cambiamenti climatici, economia circolare e transizione energetica**  
Roma, 6 dicembre 2022

**AIDIC**

**Rigassificatori :  
Problematiche e prospettive  
Le condizioni per l'installazione di rigassificatori fissi e mobili**

**Giuseppe Maschio, Università di Padova**

**Fondatore del Corso di Laurea magistrale in Ingegneria della sicurezza civile e industriale  
Referente del settore rischio industriale, chimico, nucleare e trasporti della  
Commissione Nazionale Grandi Rischi**

## Sommario

- Prospettive mercato GNL
- L'importazione del GNL in Italia
- I rigassificatori
- Problematiche di sicurezza



# Qualche nota personale

# AIDIC

**Giuseppe Maschio – La Spezia, 11 Agosto 1952**

**Università di Pisa 1971 – 1986**

Laurea in Ingegneria Chimica, poi Ricercatore Universitario

**Università di Messina 1986 – 2005**

Professore Associato, dal 1998 Professore Ordinario

Delegato del Rettore per il Servizio di sicurezza d'Ateneo

Presidente CdL AGRINA

Commissione Grandi Rischi 2002-2006

**Università di Padova 2005 – 2022**

Professore Ordinario

Senato Accademico, Direttore Dipartimento DIPIC

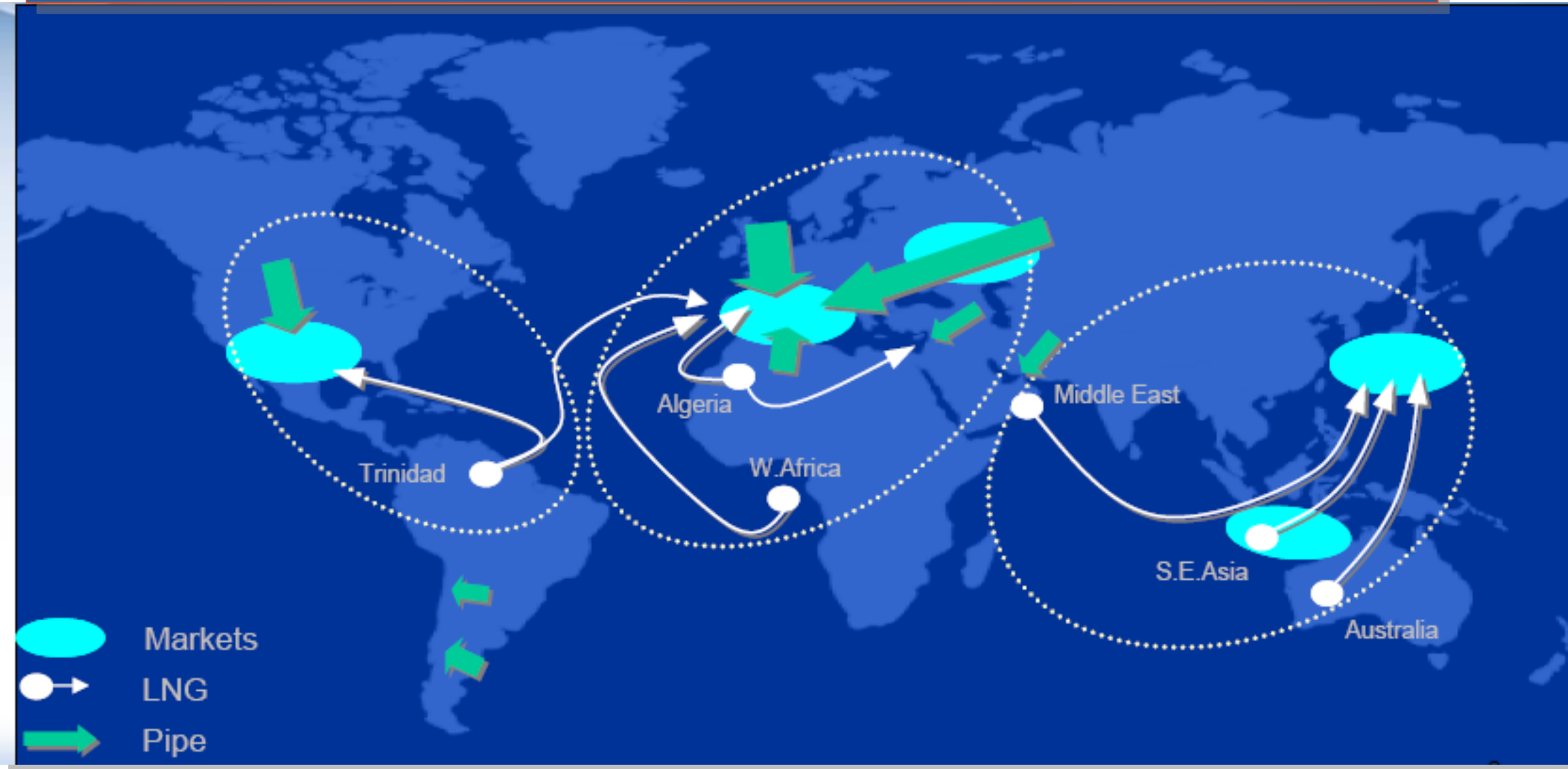
Delegato del Rettore per la sicurezza degli edifici

Fondatore CdLM Ingegneria della Sicurezza Civile e Industriale

Commissione Grandi Rischi 2018 -2022



- QRA : Metodi per il calcolo del rischio e la ricomposizione del rischio.
- HazMat: strumenti QRA per la valutazione del rischio di trasporto e la valutazione delle conseguenze
- Analisi del rischio in infrastrutture strategiche
- Na-Tech: strumenti e metodologie QRA per la valutazione quantitativa del rischio NaTech
- Runaway Reactions: Analisi calorimetrica e modellazione integrata di sistemi altamente reattivi





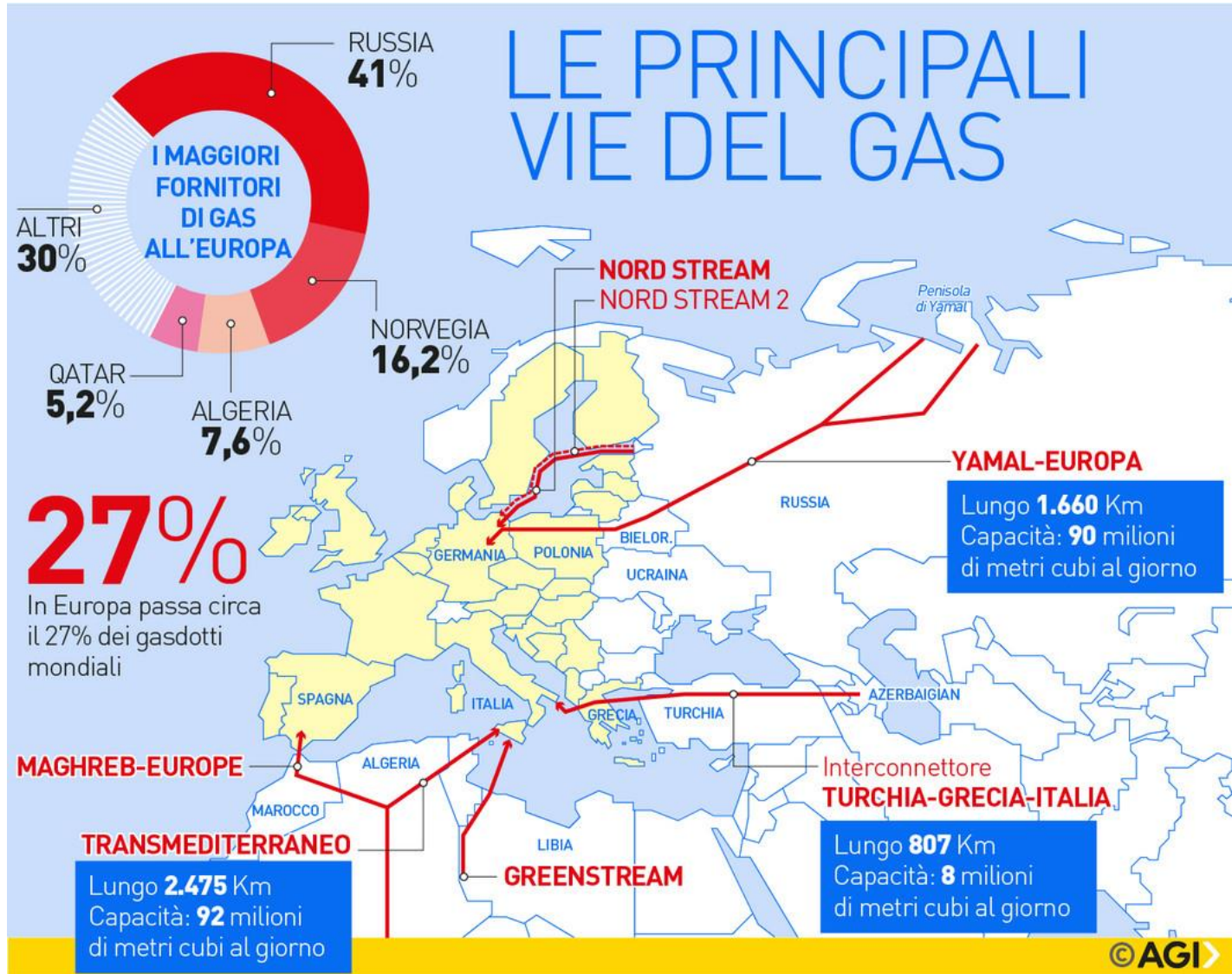
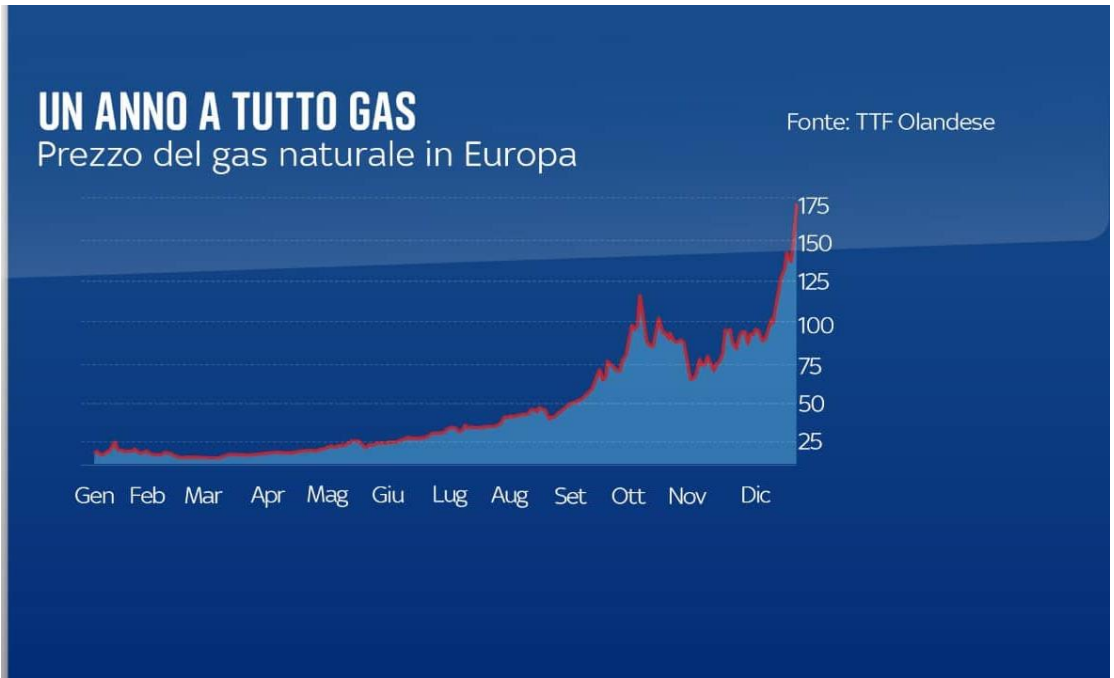




# Gli approvvigionamenti di Gas Naturale in Europa



La crisi Russia/Ucraina latente da almeno 15 anni nel febbraio 2022 è sfociata in un conflitto armato e ciò ha destabilizzato il mercato del gas naturale portando a un incremento esponenziale dei prezzi nel 2022. Oggi i Paesi europei corrono, anche in maniera scoordinata, a nuove fonti di approvvigionamento.

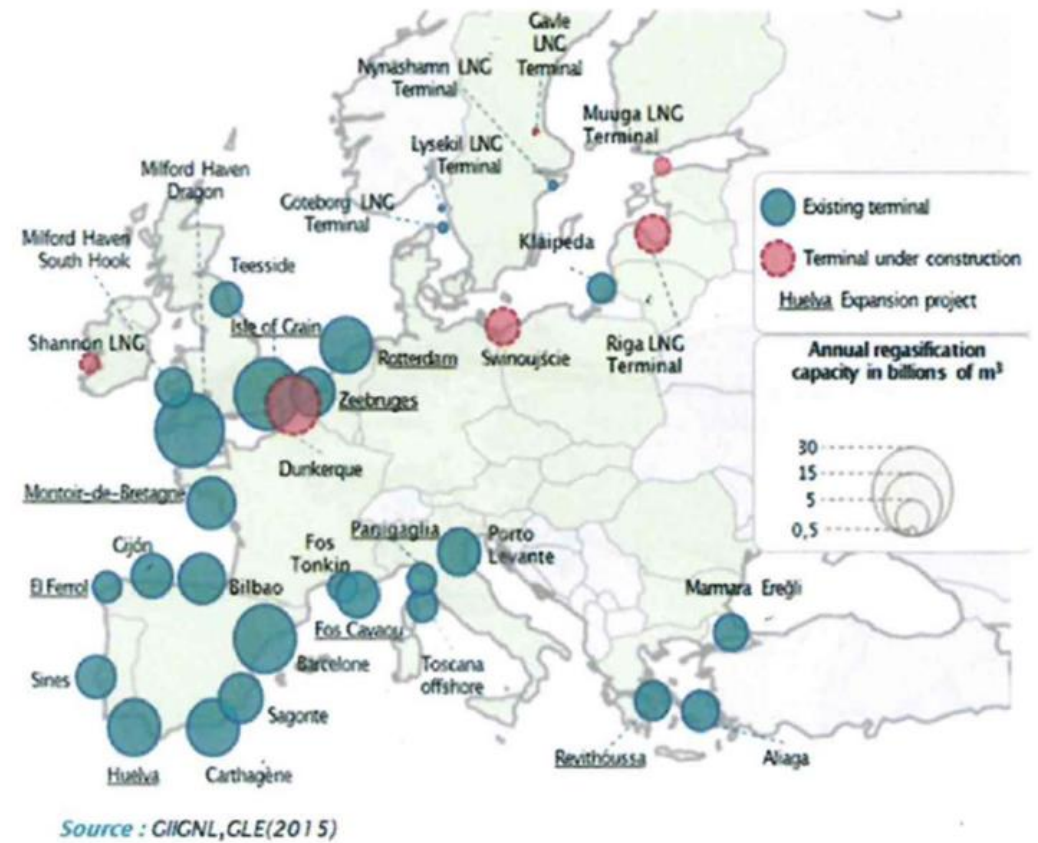




Una via per supplire alla indisponibilità del gas russo è rappresentata dal **mercato del LNG**, tuttavia i **rigassificatori esistenti presenti in Europa non sono sufficienti a colmare l'incremento della domanda**.  
La via che molti Paesi stanno seguendo è quella di installare **Rigassificatori galleggianti FSRU**.

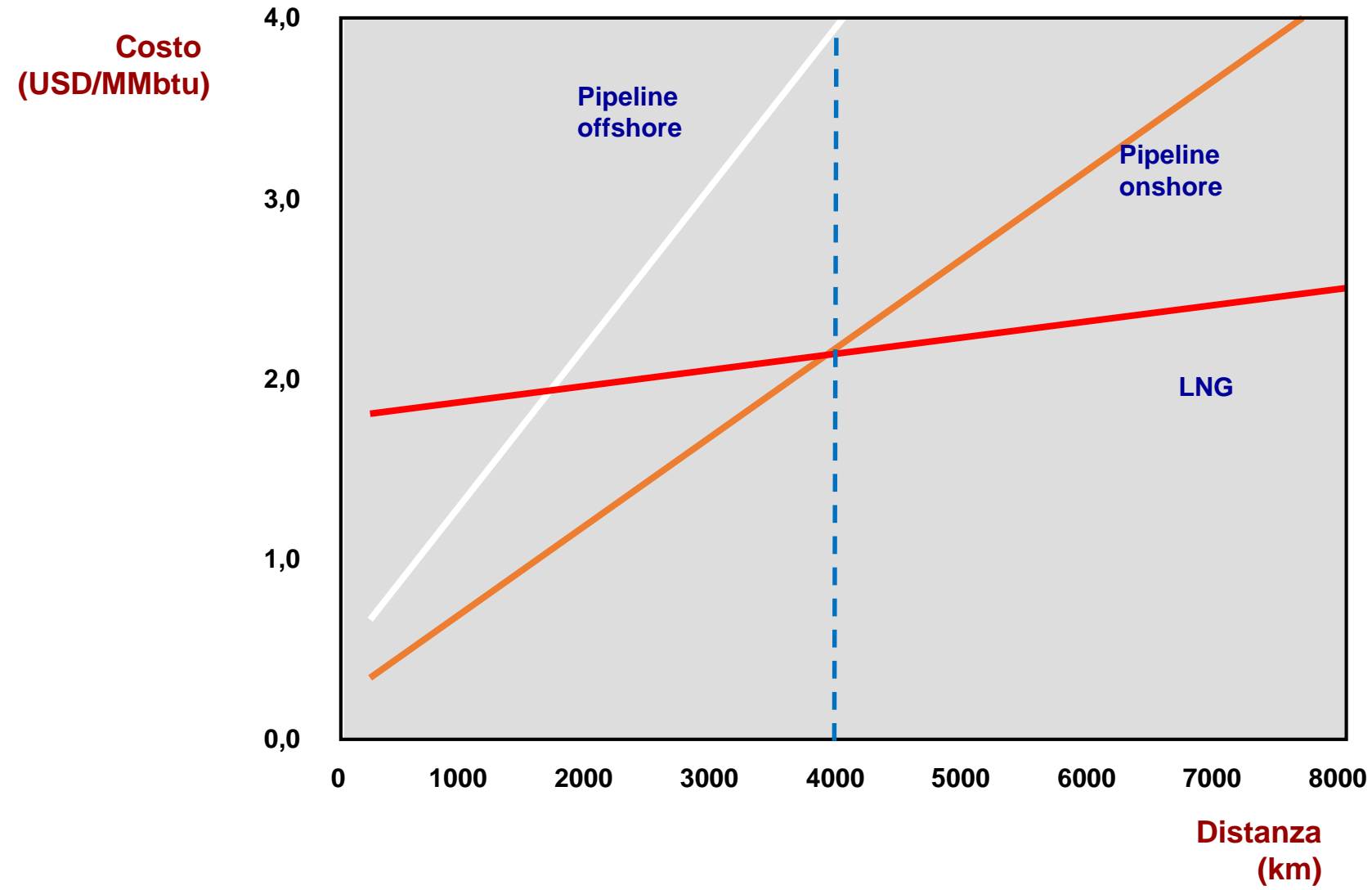
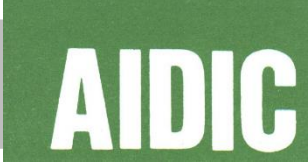


## Capacità di rigassificazione europea





# Costi di Trasporto



Giuseppe Maschio





## I consumi

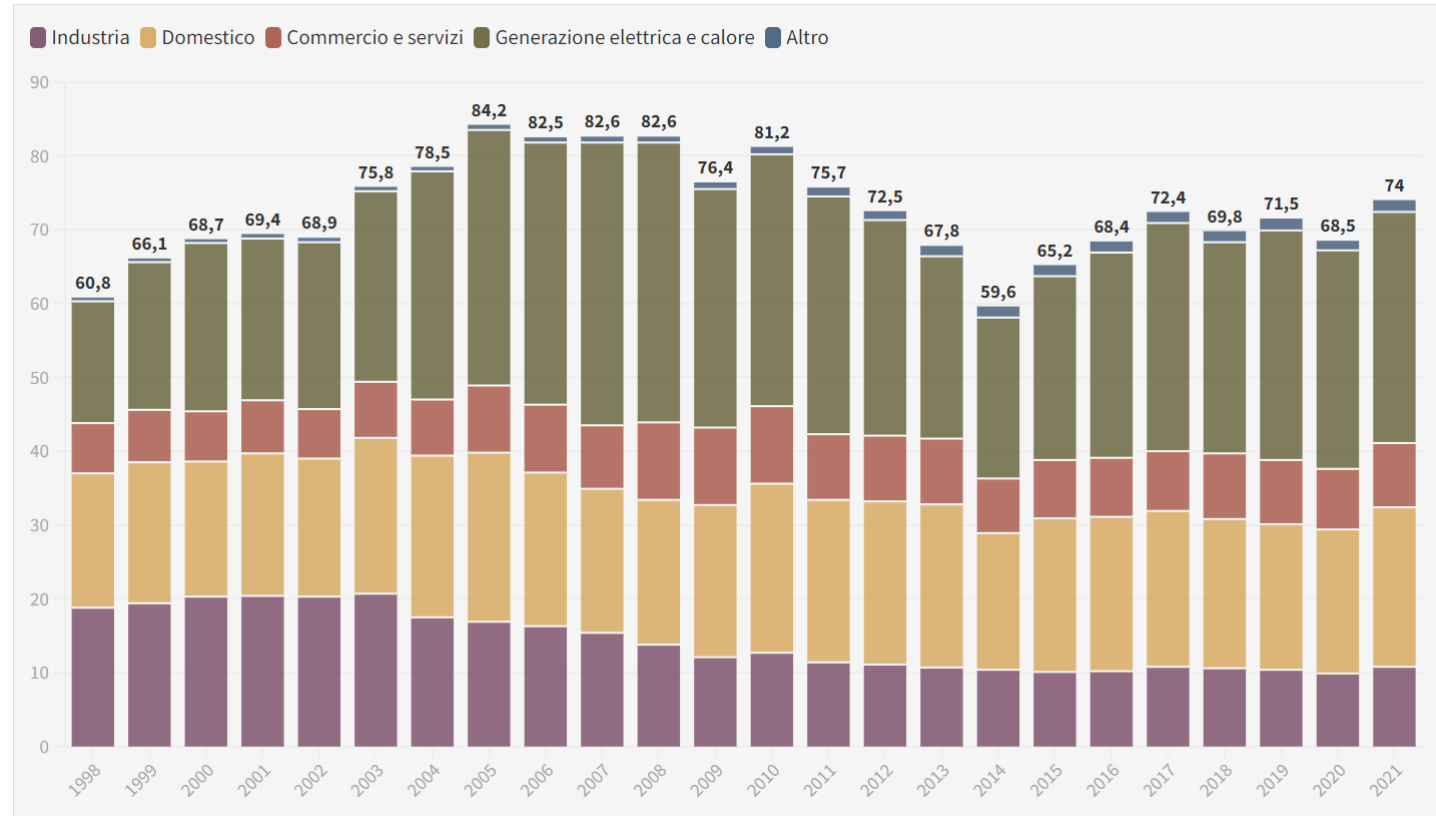
L'Italia consuma tra 73 e 76 miliardi di metri cubi all'anno di GN, stando ai dati MiSE del 2018-2021, buona parte in inverno.

Di questi, circa il 40% (29 mld di m<sup>3</sup>) era importato dalla Russia (dato 2021).

## Quanto gas è disponibile in Italia?

Secondo le stime del MISE nel sottosuolo italiano ci sarebbero 350 miliardi di metri cubi di gas naturale, tra riserve già confermate che potenziali.

Il dato certo si attesta tra i 70 e i 90 miliardi di metri cubi, praticamente quanto ne consumiamo in un solo anno.



## Gasdotti

- il **gasdotto Tenp**, per l'importazione in Italia di gas proveniente dall'Olanda: attraversa la Germania dalla località di Bocholtz, al confine con l'Olanda, alla località di Wallbach, al confine con la Svizzera.
- il **gasdotto Transitgas**, per l'importazione verso l'Italia di gas proveniente dall'Olanda e dal Mare del Nord: attraversa il territorio svizzero dalla località di Wallbach, dove si connette al gasdotto Tenp, fino alla località di Gries.
- il **gasdotto Tag**, per l'importazione in Italia di gas proveniente dalla Russia: attraversa il territorio austriaco dalla località di Baumgarten, alla frontiera tra Austria e Repubblica Ceca, fino a Tarvisio.
- il **gasdotto Tmpc**, per l'importazione verso l'Italia di gas algerino: realizza l'attraversamento sottomarino del Canale di Sicilia, da Cap Bon a Mazara del Vallo.
- il **gasdotto Libico**, per l'importazione di gas in Italia di provenienza dalla Libia: attualmente indisponibile a causa della situazione politica locale.
- il **gasdotto TAP**, per l'importazione di gas in Italia di provenienza dal Azerbaijan: rappresenta la più recente realizzazione di import di questo tipo, in interconnessione con l'estero.

## Punti di immissione di GNL

- Terminale di Panigaglia (SP) onshore che opera dal 1970
- Terminale di Porto Viro (RO) offshore che opera dal 2009
- Terminale di Livorno (LI) FSU che opera dal 2016

## Nuovi terminali FSU previsti

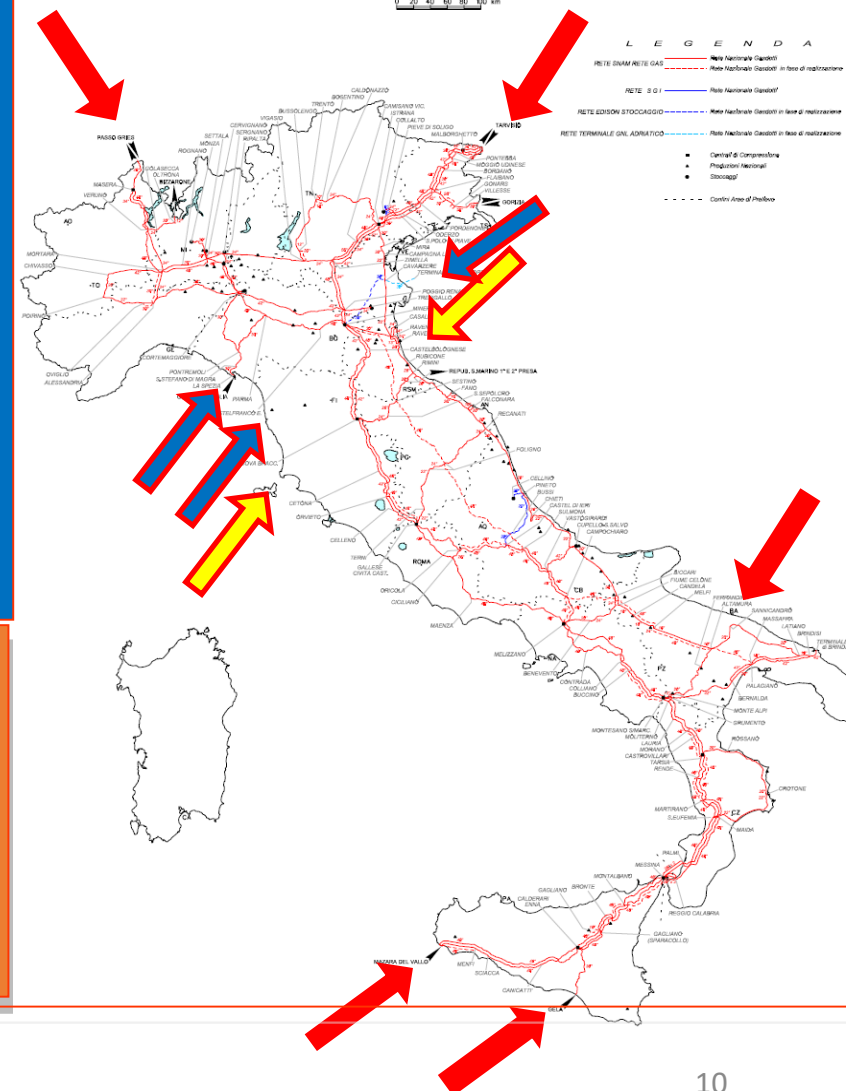
- Piombino (LI)
- Ravenna (RA)

## RETE NAZIONALE DEI GASDOTTI

al sensi dell'art.9 DLGS 164/2000 - D.M. 04/08/2005

Situazione ad Ottobre 2006

0 20 40 60 80 100 km





## Aspetti politici

Il governo si è impegnato nel 2006 nella realizzazione di almeno 4 rigassificatori in modo da ottenere una certa indipendenza energetica dall'Algeria e dalla Russia, che grazie ai recenti accordi possono imporre prezzi molto alti all'Italia.

Due ipotesi si contrappongono.

## L'Italia come Hub europeo

L'Italia può sfruttare la propria posizione centrale nel mediterraneo e in Europa, nonché le notevoli connessioni via gasdotto verso il Nord Europa, per proporsi come un Hub energetico, esportando gas verso l'Europa. "L'Italia ha bisogno di undici rigassificatori di cui almeno quattro dovrebbero essere avviati subito" (intervista di Antonio Di Pietro ad *Adnkronos*, 19 agosto 2006)

## Soluzione minima

La linea ambientalista rifiuta di impiegare l'Italia come porta d'accesso per il gas europeo, e impone di realizzare solo quei 4 rigassificatori che coprano il solo fabbisogno nazionale. (Pecoraro Scanio)

Questi buoni propositi sono stati disattesi...

## LNG Value Chain



- Exploration and Production



- Liquefaction



- Shipping

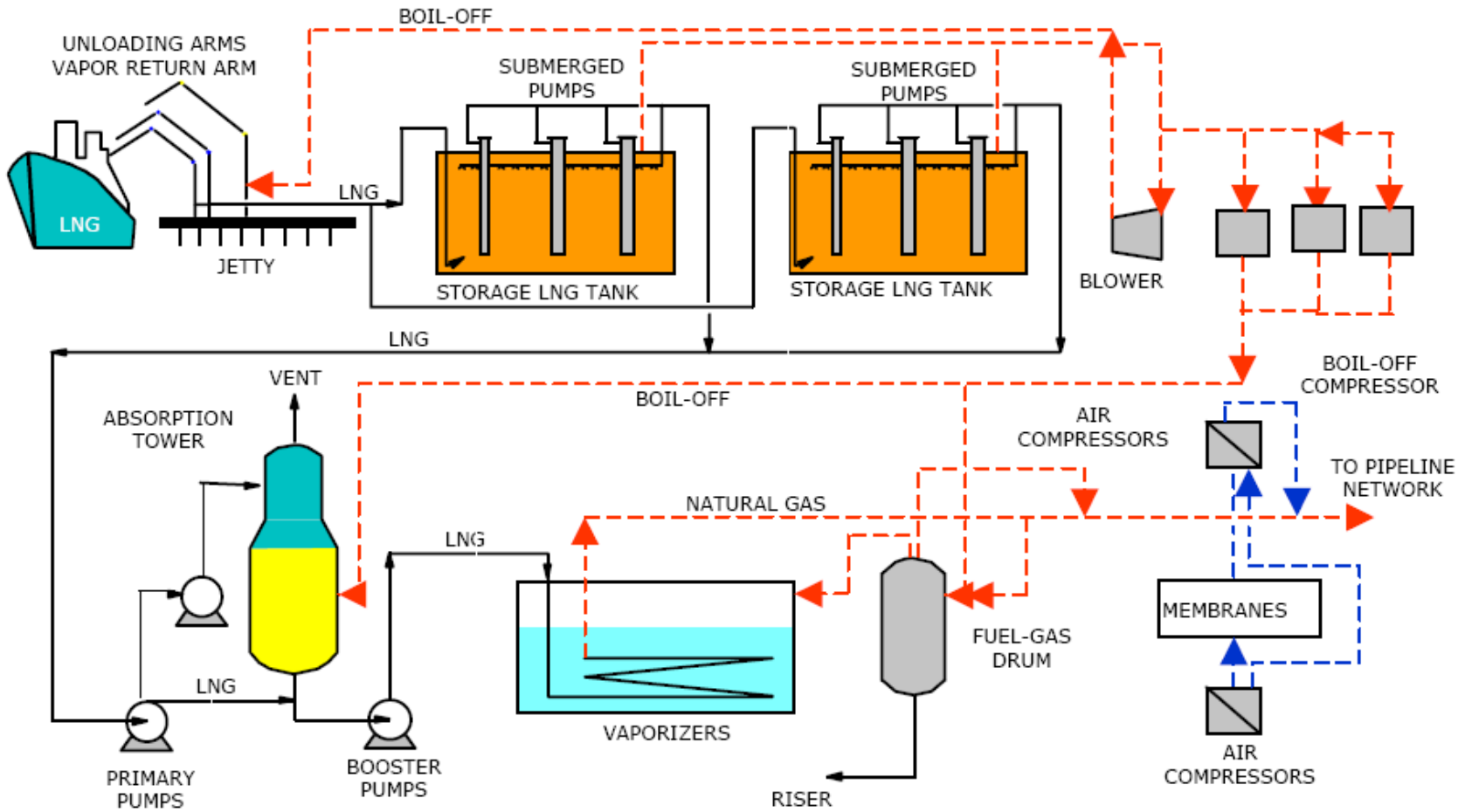
- Storage and Re-gasification





# Descrizione del Processo di Rigassificazione

Early Recognition, Monitoring and Integrated Management of Emerging, New Technology Related, Risks  
 SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME  
 Grant agreement number: CP-IP 213345-2



Lo **stabilimento di rigassificazione di Panigaglia (SP)** è costituito dalle sezioni di **ricezione** (area di attracco delle navi metaniere, bracci di scarico e linea di trasferimento ai serbatoi), **stoccaggio**, **rigassificazione**, **recupero vapori**, **correzione del gas finale**, **sistemi ausiliari e di sicurezza**.

Il GNL viene prelevato dalle metaniere ed inviato ai serbatoi di stoccaggio tramite una condotta che attraversa il pontile dell'impianto lungo 500 m.

### **Il terminale è entrato in esercizio nel 1970**

La sezione di stoccaggio è costituita da **due serbatoi di tipo cilindrico verticale** ognuno con una **capacità di 100.000 m<sup>3</sup>** al cui interno sono poste pompe sommerse per la movimentazione del GNL.

Il gas naturale liquefatto viene stoccato ad una temperatura di  $-160^{\circ}\text{C}$  e ad una pressione leggermente superiore a quella atmosferica.

Il GNL estratto dai serbatoi di stoccaggio mediante le pompe sommerse viene pressurizzato e quindi inviato ai vaporizzatori.

La correzione del gas finale ha lo scopo di mantenere le specifiche di qualità del gas immesso nella rete di trasporto garantendo l'intercambiabilità del GNL rigassificato con gli altri gas naturali trasportati via metanodotto.





Situato a **Porto Viro (RO)** nell'alto Mare Adriatico, a circa 15 km dalla costa veneta, il terminale è collegato alla rete di distribuzione nazionale tramite un metanodotto. **Appoggiato sul fondo marino a una profondità di circa 29 metri, è una piattaforma lunga complessivamente 375 metri e larga 115.**

Il ponte principale è a 18 metri sopra il livello del mare.

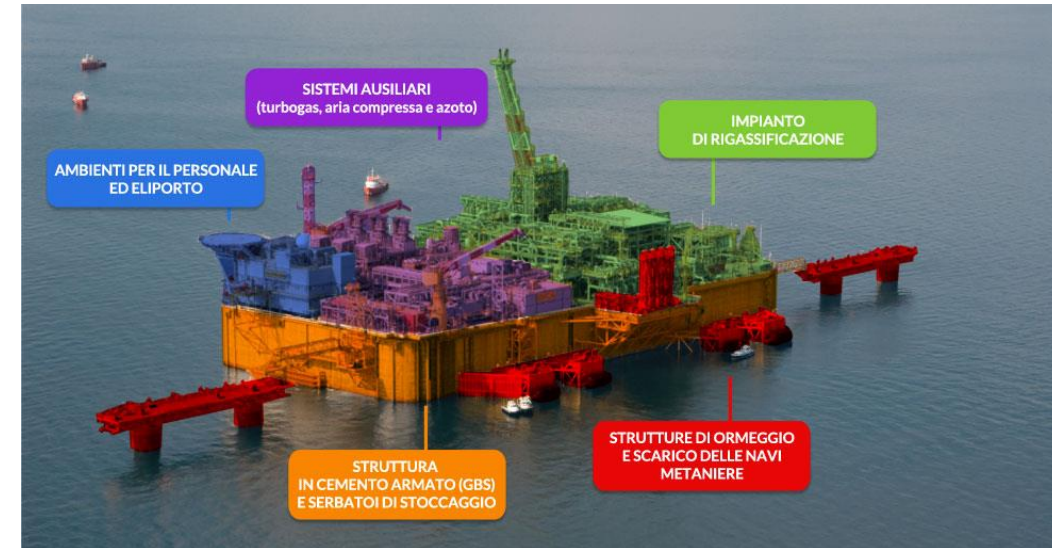
**Il terminale è entrato in esercizio nel 2009** dopo un articolato iter autorizzativo e una fase di costruzione e avviamento, in gran parte avvenuta nel cantiere ad Algeciras nel sud della Spagna.

**Quasi 4 miliardi di metri cubi di gas naturale** immessi nella rete nazionale (per un totale di circa 80 miliardi di metri cubi dal 2009 a oggi).

Il gas naturale liquefatto (GNL), scaricato dalle navi metaniere, è conservato allo stato liquido nei due serbatoi di stoccaggio, posti all'interno della struttura in cemento armato, a una temperatura di circa  $-162^{\circ}\text{C}$  e a pressione prossima a quella atmosferica.

Per essere riconvertito allo stato gassoso, il GNL viene riscaldato con un processo di "vaporizzazione" a elevata efficienza energetica, quali l'utilizzo di acqua di mare - con una tecnologia (*ORV-Open Rack Vaporization*) molto collaudata nell'industria del GNL e ampiamente utilizzata in Europa - e il recupero del calore proveniente dalle turbine a gas utilizzate per la produzione di energia elettrica.

**Dopo il processo di rigassificazione, il gas viene immesso nella rete nazionale gasdotti attraverso il metanodotto.**





Il terminale "FSRU Toscana" è una struttura offshore galleggiante permanentemente ancorata al fondo marino, ad una profondità di circa 120 metri, ubicata ad una distanza di circa 12 miglia nautiche dalla costa toscana, di fronte a Livorno (LI).

**Il terminale è entrato in esercizio nel 2016.**

Il progetto di OLT Offshore LNG Toscana ha previsto la conversione di una nave metaniera – la "Golar Frost" – in un Terminale galleggiante di rigassificazione, Il Terminale è stato realizzato da Saipem S.p.A. I lavori, iniziati a giugno 2009 a Dubai, si sono conclusi a giugno 2013, quando il Terminale ha preso il largo per raggiungere le coste italiane. "FSRU Toscana" è arrivato a Livorno il 30 luglio 2013. Tale gasdotto è stato costruito ed è attualmente gestito da Snam Rete Gas A seguire, in data 20 dicembre 2013, OLT Offshore LNG Toscana ha avviato le attività commerciali. Infine, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha autorizzato l'Esercizio Definitivo dell'impianto in data 17 marzo 2015, a conclusione del collaudo effettuato dalla Commissione Interministeriale istituita ai sensi dell'art. 48 RCN (Regolamento Codice della Navigazione).

**Il Terminale "FSRU Toscana" si inserisce nell'ambito dei terminali galleggianti offshore – ve ne sono 34 operativi nel mondo – che rappresenteranno l'opzione tecnologica maggiormente adottata nei prossimi anni.**

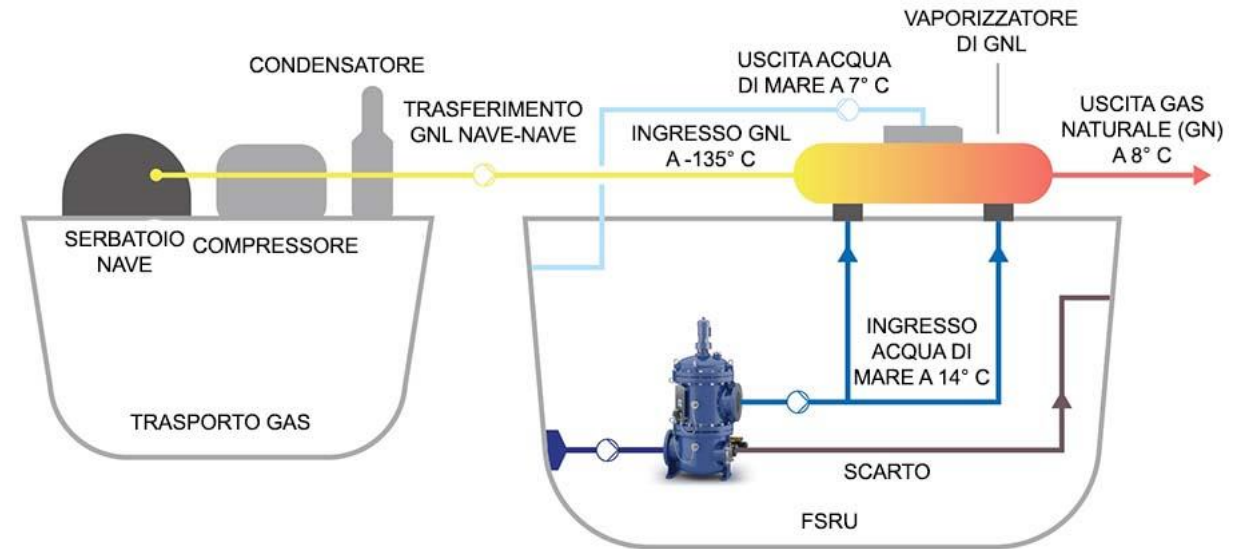


## Rigassificatori GNL

Il tema è molto attuale in vista della collocazione in servizio dei due nuovi rigassificatori galleggianti a Piombino e Ravenna.



CICLO DI RIGASSIFICAZIONE DEL GAS NATURALE LIQUIDO (GNL)





- La legislazione è la stessa che si applica per tutti gli impianti dove sono contenute sostanze infiammabili in quantità superiori a quelle fissate dalla legge (**Direttiva “Seveso”**).
- In questi casi le Autorità Competenti applicano una **procedura di valutazione** per garantire che le misure prese rendano **l'impianto sicuro**.
- Il progetto del Terminale viene quindi analizzato in un **Rapporto di Sicurezza**, sottoposto al **Comitato Tecnico Regionale** di cui fanno parte tutte le Autorità coinvolte nella valutazione della Sicurezza, **in primo luogo il CN-VVF**.
- **Sebbene l'esperienza storica non mostri casi di rilascio di GNL da nave o impianto, il Rapporto di Sicurezza deve mostrare che, anche in caso di un rilascio per cause non prevedibili, il Terminale è compatibile con il territorio circostante (D.M. 9 maggio 2001)**

A questo scopo si:

- **Individuano i pericoli legati al Terminale;**
- **Valutano le probabilità che questi pericoli si realizzino;**
- **Valutano le conseguenze del realizzarsi dei pericoli;**
- **Infine si calcola il Rischio locale per l'area circostante**



# *Sicurezza relativa a impianti di stoccaggio e trasporto LNG: POSSIBILI TOP EVENT*

- ✓ *Rilascio di Gas Naturale da Pressure Safety Valve (PSV) da serbatoi di stoccaggio*
- ✓ *Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale linea di caricamento*
- ✓ *Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per sganciamento dei bracci di carico*
- ✓ *Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale dei bracci di carico*
- ✓ *Rilascio di Gas Naturale per rottura parziale linea BOG*
- ✓ *Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale della linea di prelievo*
- ✓ *Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale linea boosters*
- ✓ *Rilascio di Gas Naturale per rottura parziale linea Send Out*
- ✓ *Collisione di nave con terminale*

## Rigassificatori GNL



- *Rilascio del gas compresso o liquefatto*
- *Jet Fire*
- *CVE*
- *Overfilling*
- *Boil off*
- *Roll over*
- *Compatibilità dei materiali a  $-160^{\circ}\text{C}$*

## CAUSE NATURALI (NaTech)

- *Tempeste*
- *Maremoti*

## IPOSTESI DI SABOTAGGIO

### Dal CIELO:

- *un aereo che si infrange su un serbatoio*
- *un aereo colpisce con una bomba il terminale*
- *un missile perfora un serbatoio*

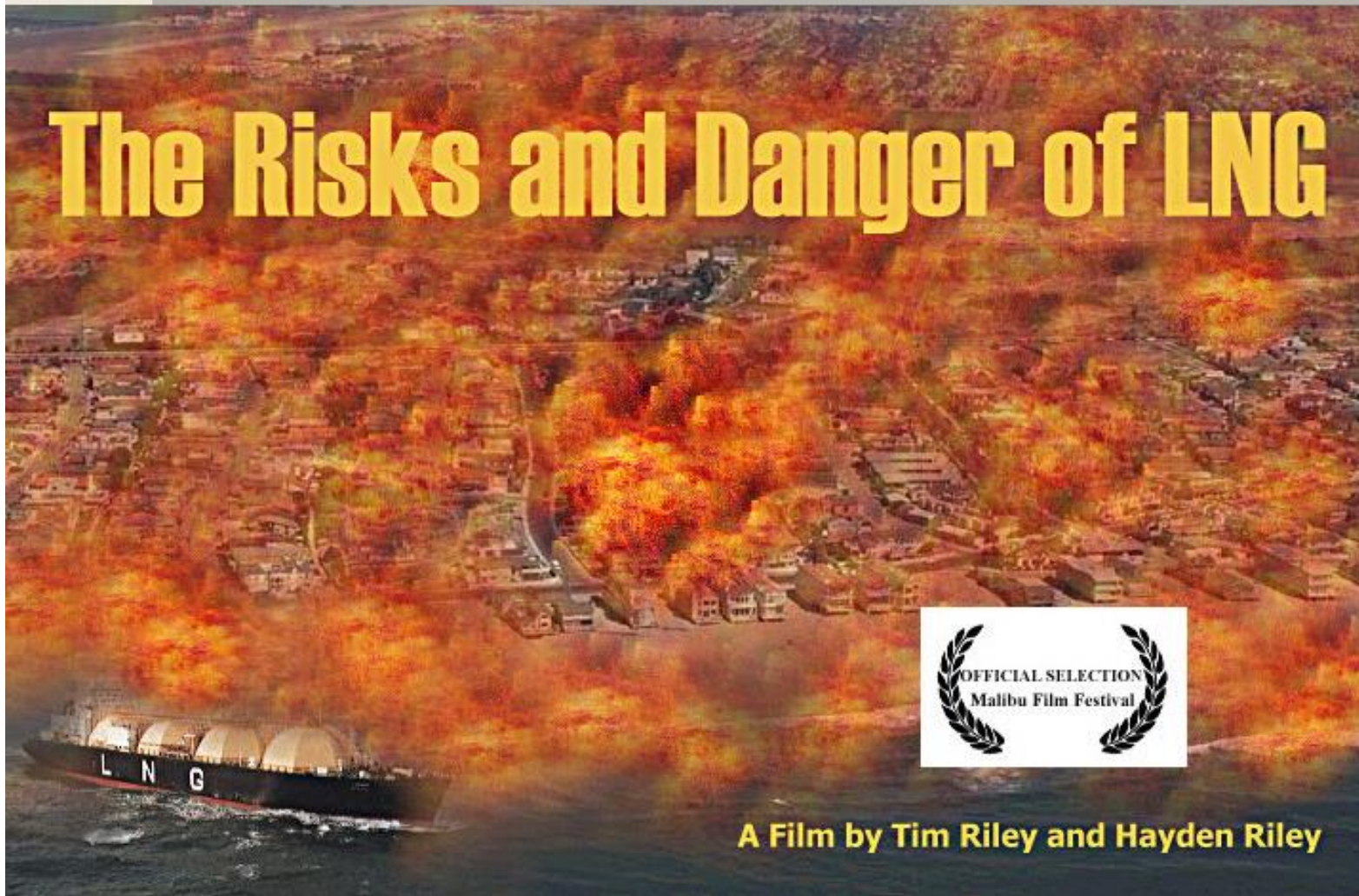
### Dal MARE:

- *una nave sperona il terminale*
- *un'imbarcazione contenente esplosivo esplode sulla fiancata della nave*
- *un siluro è lanciato contro il terminale*
- ***la condotta sottomarina è tranciata***





- ✓ *Non può essere disgiunta da una accurata analisi qualitativa e quantitativa dei rischi;*
- ✓ *L'entità del rischio a cui la popolazione ed il territorio sono esposti deve essere comunicata con chiarezza e senza eccessivi allarmismi o sottovalutazioni;*
- ✓ *La consapevolezza del rischio a cui si è esposti sta alla base dei processi decisionali per la realizzazione di nuove opere.*



E a casa nostra...

Da Rassegna stampa del 9 aprile 2006

Il rigassificatore? «Mette a rischio la Torre pendente e i Quattro Mori». I Comitati contro l'impianto di Pisa e Livorno non hanno dubbi:  
*«se dovesse esplodere sarebbe paragonabile a 50 bombe atomiche»*

Table 4. Major LNG Incidents<sup>60</sup>

Incident Date	Ship / Facility Name	Location	Ship Status	Injuries/ Fatalities	Ship/ Property Damage	LNG Spill/ Release	Comment
1944	East Ohio Gas LNG Tank	Cleveland	NA	128 deaths	NA	NA	Tank failure and no earthen berm. Vapor cloud formed and filled the surrounding streets and storm sewer system. Natural gas in the vaporizing LNG pool ignited.
1965		Canvey Island, UK	A transfer operation	1 seriously burned		Yes	
1965	Jules Verne		Loading	No	Yes	Yes	Overfilling. Tank cover and deck fractures.
1965	Methane Princess		Disconnecting after discharge	No	Yes	Yes	Valve leakage. Deck fractures.
1971	LNG ship Esso Brega, La Spezia LNG Import Terminal	Italy	Unloading LNG into the storage tank	NA	NA	Yes	First documented LNG Rollover incident. Tank developed a sudden increase in pressure. LNG vapor discharged from the tank safety valves and vents. Tank roof slightly damaged. No ignition
1973	Texas Eastern Transmission, LNG Tank	Staten Island	NA	40 killed	No	No	Industrial incident unrelated to the presence of LNG. During the repairs, vapors associated with the cleaning process apparently ignited the mylar liner. Fire caused temperature in the tank to rise, generating enough pressure to dislodge a 6-inch thick concrete roof, which then fell on the workers in the tank.
1973		Canvey Island, UK	NA	No	Yes	Yes	Glass breakage. Small amount of LNG spilled upon a puddle of rainwater, and the resulting flameless vapor

Incident Date	Ship / Facility Name	Location	Ship Status	Injuries/ Fatalities	Ship/ Property Damage	LNG Spill/ Release	Comment
							explosion, called a rapid phase transition (RPT), caused the loud "booms." No injuries resulted.
1974	Massachusetts		Loading	No	Yes	Yes	Valve leakage. Deck fractures.
1974	Methane Progress		In port	No	Yes	No	Touched bottom at Arzew.
1975	Philadelphia Gas Works		NA	No	Yes	NA	Not caused by LNG. An iso-pentane intermediate heat transfer fluid leak caught fire and burned the entire vaporizer area.
1977	Arzew	Algeria	NA	1 worker frozen to death	NA	Yes	Aluminum valve failure on contact with cryogenic temperatures. Wrong aluminum alloy on replacement valve. LNG released, but no vapor ignition.
1977	LNG Aquarius		Loading	No	No	Yes	Tank overfilled.
1979	Columbia Gas LNG Terminal	Cove Point, Maryland	NA	1 killed 1 seriously injured	Yes	Yes	An explosion occurred within an electrical substation. LNG leaked through LNG pump electrical penetration seal, vaporized, passed through 200 feet of underground electrical conduit, and entered the substation. Since natural gas was never expected in this building, there were no gas detectors installed in the building. The normal arcing contacts of a circuit breaker ignited the natural gas-air mixture, resulting in an explosion.
1979	Mostefa Ben-Boulaid Ship	?	Unloading	No	Yes	Yes	Valve leakage. Deck fractures.
1979	Pollenger Ship	?	Unloading	No	Yes	Yes	Valve leakage. Tank cover plate fractures.
1979	El Paso Paul Kayser Ship		At sea	No	Yes	No	Stranded. Severe damage to bottom, ballast tanks, motors water damaged, bottom of containment system set up.
1980	LNG Libra		At sea	No	Yes	No	Shaft moved against rudder. Tail shaft fractured.

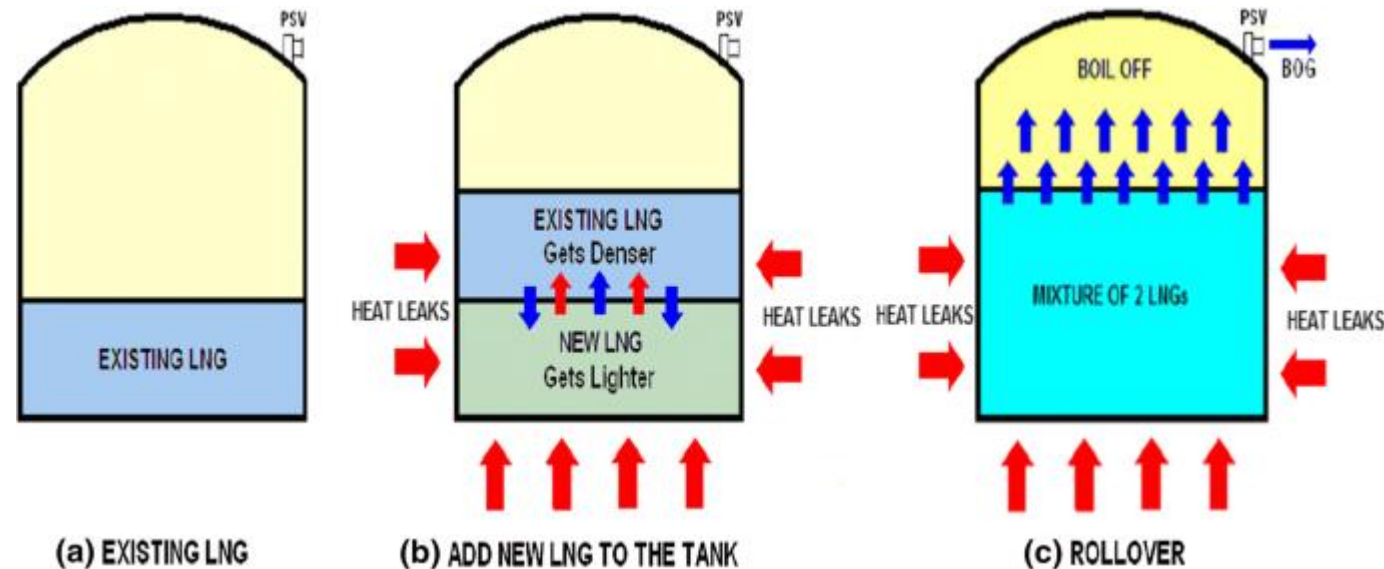
Incident Date	Ship / Facility Name	Location	Ship Status	Injuries/ Fatalities	Ship/ Property Damage	LNG Spill/ Release	Comment
1980	LNG Taurus		In port	No	Yes	No	Stranded. Ballast tanks all flooded and listing. Extensive bottom damage.
1984	Melrose		At sea	No	Yes	No	Fire in engine room. No structural damage sustained - limited to engine room.
1985	Gradinia		In port	No	Not reported	No	Steering gear failure. No details of damage reported.
1985	Isabella		Unloading	No	Yes	Yes	Cargo valve failure. Cargo overflow. Deck fractures.
1989	Tellier		Loading	No	Yes	Yes	Broke moorings. Hull and deck fractures.
1990	Bachir Chihani		At sea	No	Yes	No	Sustained structural cracks allegedly caused by stressing and fatigue in inner hull.
1993	Indonesian liquefaction facility	Indonesia	NA	No	NA	NA	LNG leak from open run-down line during a pipe modification project. LNG entered an underground concrete storm sewer system and underwent a rapid vapor expansion that overpressured and ruptured the sewer pipes. Storm sewer system substantially damaged.
2002	LNG ship Norman Lady	East of the Strait of Gibraltar	At sea	No	Yes	No	Collision with a U.S. Navy nuclear-powered attack submarine, the U.S.S Oklahoma City. In ballast condition. Ship suffered a leakage of seawater into the double bottom dry tank area.

2004	LNG leak and gssification	Skikda Algeria	In port	Yes	Yes	NA	Boiler explosion caused LNG leak 27 died, 72 injuries
2007	Explosion during pressure test	Shanghai China	In port	Yes	Yes	NA	One person died and 16 injured in explosion caused by tank pressure test



## La Spezia, Italia 1971 - fuoriuscita di GNL

La nave gasiera di GNL **Esso Brega** era attraccata nel porto da circa un mese in attesa di poter scaricare il suo carico di GNL in un serbatoio di stoccaggio. Diciotto ore dopo il riempimento del serbatoio ci fu un improvviso aumento di pressione all'interno che causò la fuoriuscita di vapore di GNL dalle valvole di sicurezza creando una nube che rimase in aria alcune ore. Il coperchio del serbatoio fu leggermente danneggiato. Si stima che uscirono fuori dal serbatoio circa 2000 tonnellate di vapore di GNL. Non ci fu nessun incendio. Si individuò la causa dell'incidente nel fenomeno del rollover. Quando si verificò l'incidente i motivi e le conseguenze di un evento di rollover erano poco note e conosciute.



**Skikda, Algeria, 19 gennaio 2004**

**L'unità di liquefazione 40 presso l'impianto Skikda esplose.**

Pochi secondi dopo esplosero anche altre due delle tre unità adiacenti. L'esplosione si estese verso l'esterno danneggiando le strutture circostanti tra cui una vicina centrale elettrica, numerose case ed altri edifici della città.

**Almeno sei persone morirono immediatamente e altre rimasero intrappolate sotto i detriti.**

L'incendio che seguì venne spento in otto ore di intervento ma l'emergenza durò ancora a lungo a causa delle perdite di gas che vennero intercettate di lì a breve.

Sebbene in un primo momento si pensò ad un sabotaggio, le successive indagini dimostrarono che si trattò di un evento incidentale. **Il gas proveniente da una perdita nelle tubazioni venne risucchiato dalla caldaia prossima all'unità 40 tramite il ventilatore in ingresso. Qui il gas si mescolò all'aria ed esplose, trovando innesco e portando alla formazione di un *fireball*.**

**Il problema non fu attribuito a un difetto di funzionamento delle apparecchiature, ma a problemi di manutenzione e al fatto che lo spazio necessario per assicurare una sufficiente dispersione dell'esplosione in caso di incidente, non fosse sufficiente.**

Si verificò inoltre la presenza di un malfunzionamento nei sistemi di rilevamento di pericolo e dei dispositivi di arresto automatici.



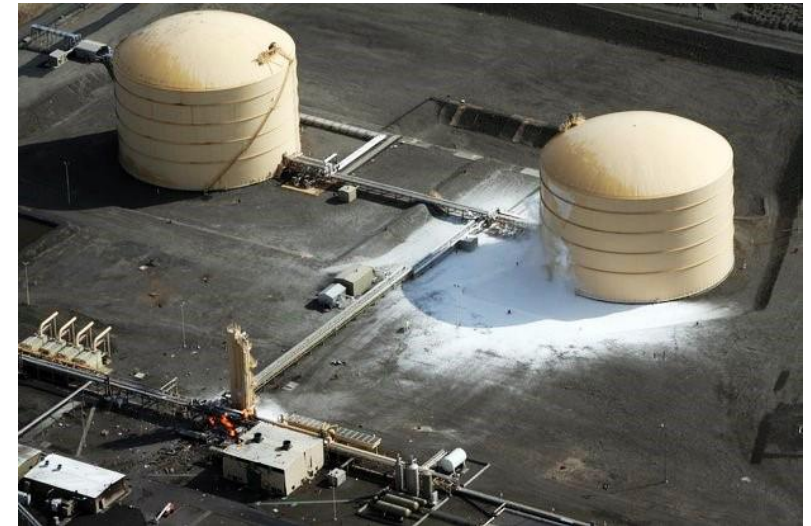
## Plymouth, USA, 31 marzo 2014

Incidente verificatosi in una sezione di un impianto di rigassificazione GNL che trattava gas naturale in fase gassosa.

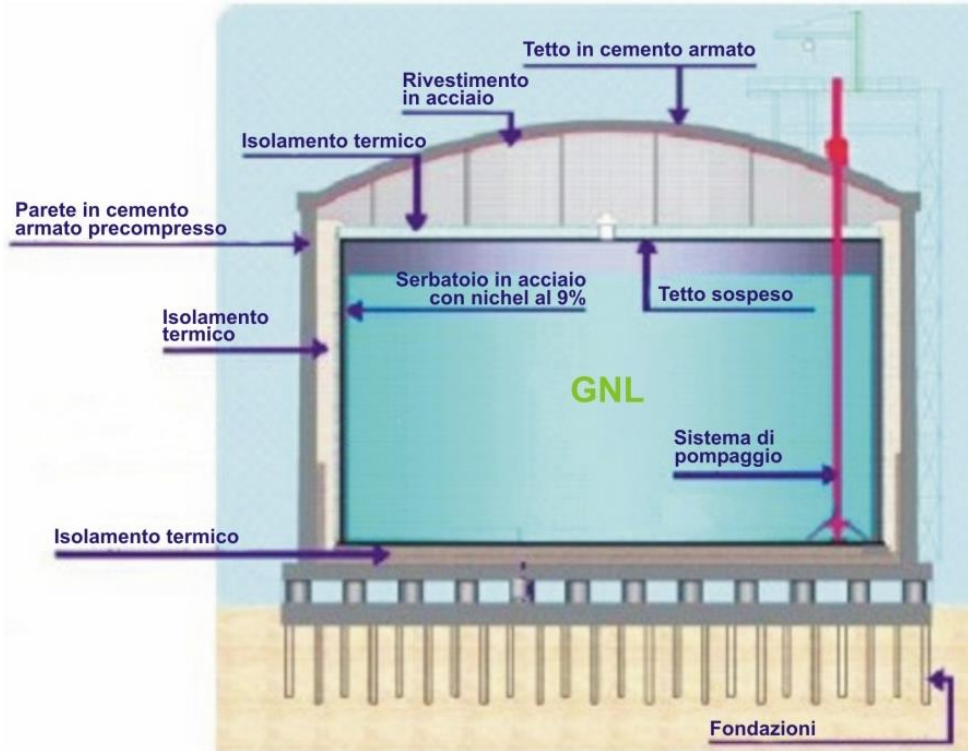
**Il rilascio pare essere stato causato dalla esplosione con frammentazione di un recipiente di processo in una zona prossima ai serbatoi di stoccaggio, con proiezione di frammenti del recipiente che danneggiarono la parete esterna (in acciaio) di un serbatoio di stoccaggio GNL.**

A seguito di questo danneggiamento vi fu una **fuoriuscita di GNL che rimase contenuto nel bacino di raccolta dal quale si disperse evaporando senza né incendiarsi né esplodere.**

Precauzionalmente a causa della fuoriuscita di GNL si fece comunque evacuare una zona attorno all'impianto.







Source: Shell

Il serbatoio di GNL a **doppio contenimento totale** è costituito da un serbatoio interno in acciaio speciale che contiene il GNL (a pressione atmosferica) e da un serbatoio esterno sigillato in cemento. Il serbatoio esterno protegge quello interno da impatti o da eventi naturali ed è anche in grado di contenere il GNL sia allo stato liquido che gassoso nella pur improbabile ipotesi di cedimento del serbatoio interno.

**Nessun caso di cedimento di serbatoi si è mai verificato, anche per serbatoi a singolo contenimento.**

La nave gasiera è dotata di **doppio scafo** ed è costruita in accordo con le **norme internazionali di sicurezza del settore** (I.M.O, R.I.N.A, ecc.)



Il primo trasporto via nave di **GNL** è avvenuto nel **1959**.

Da allora non si è verificato nessun incidente con rilascio di **GNL** dai serbatoi.

Analisi condotte sull'impatto con navi gasiere hanno concluso che **urti perpendicolari a velocità di circa 6 nodi non causano danni al serbatoio**.



## Pericoli

Quali sono i pericoli ipotizzabili in un Terminale?

- Esplosione della nave
- Rilascio di GNL dalla nave
- Rilascio di GNL per rottura di tubazioni/apparecchiature
- Esplosione del Serbatoio GNL
- Rilascio catastrofico (totale e immediato) del GNL dal Serbatoio
- *Roll Over*
- Deviazioni di processo (overfilling, IT, hP etc)

## Conseguenze

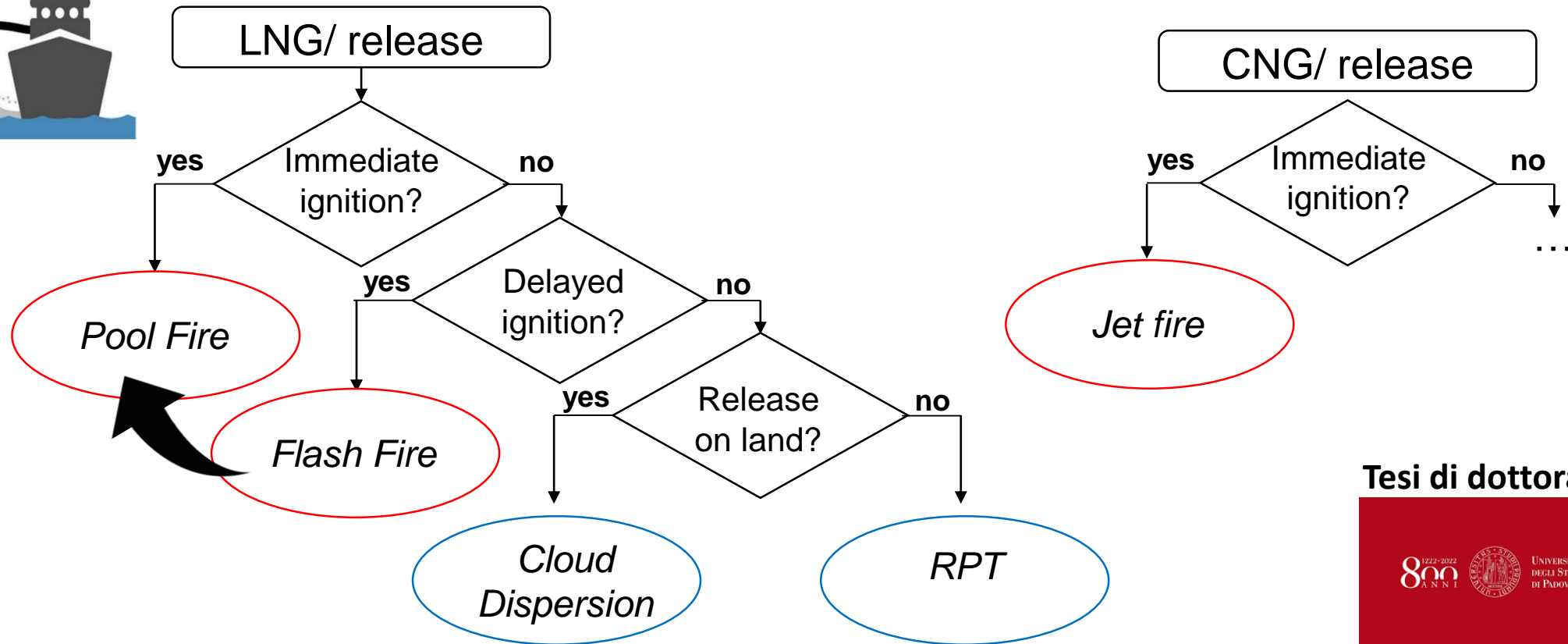
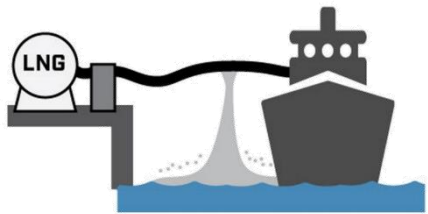
Quali sono le conseguenze di un rilascio di GNL?

- Formazione di pozza evaporante
- Dispersione di Gas Naturale e sua diluizione
- Incendio del getto di gas rilasciato (*Jet Fire*)
- Incendio della Pozza di GNL (*Pool Fire*)
- Combustione rapida della nube (*Flash Fire*)
- Esplosione fisica (RPT, *Rapid Phase Transition*)
- Esplosione della nube (UVCE) se la quantità di gas è sufficiente e in presenza di confinamento



- **Terminali di rigassificazione GNL di concezione moderna sono in esercizio dal 1970 (Spagna e Italia).**
- **Da allora vi sono stati 4 incidenti, l'ultimo dei quali è avvenuto oltre 25 anni fa (Cove Point, USA, 1979). Nessun incidente ha mai coinvolto aree esterne all'impianto.**
- **Nessun incidente ha causato rilascio dai serbatoi di stoccaggio.**
- **Nessun rilascio di GNL da navi gasiere dovuto ad incidenti nel traffico navale è avvenuto negli ultimi 60 anni.**
- **L'incidente di Skikda del 2004 (27 morti, 80 feriti) ha interessato un impianto di liquefazione.**

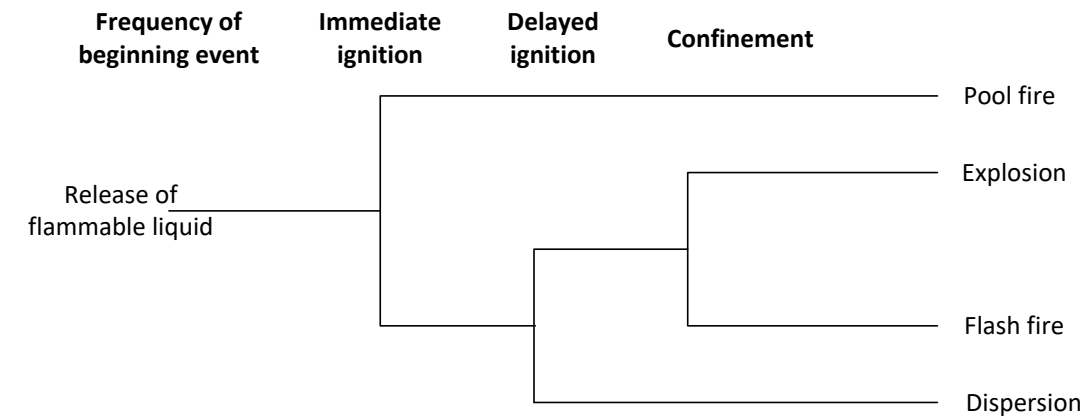
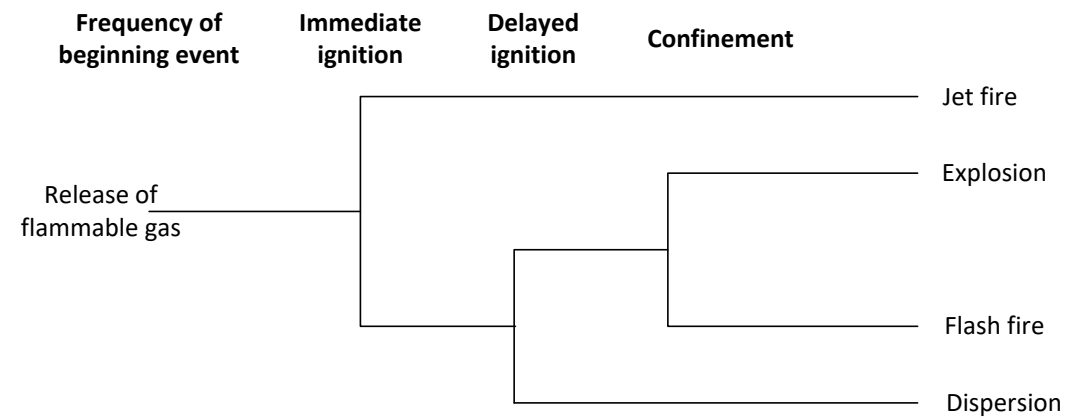
- ❑ Questo studio presenta un'analisi esaustiva dell'uso di metano liquido e compresso;
- ❑ Sono state analizzate le possibili **conseguenze del rilascio accidentale** di questi combustibili:



Tesi di dottorato



# Aspetti fenomenologici: alberi degli eventi







# Contorni di rischio

# AIDIC

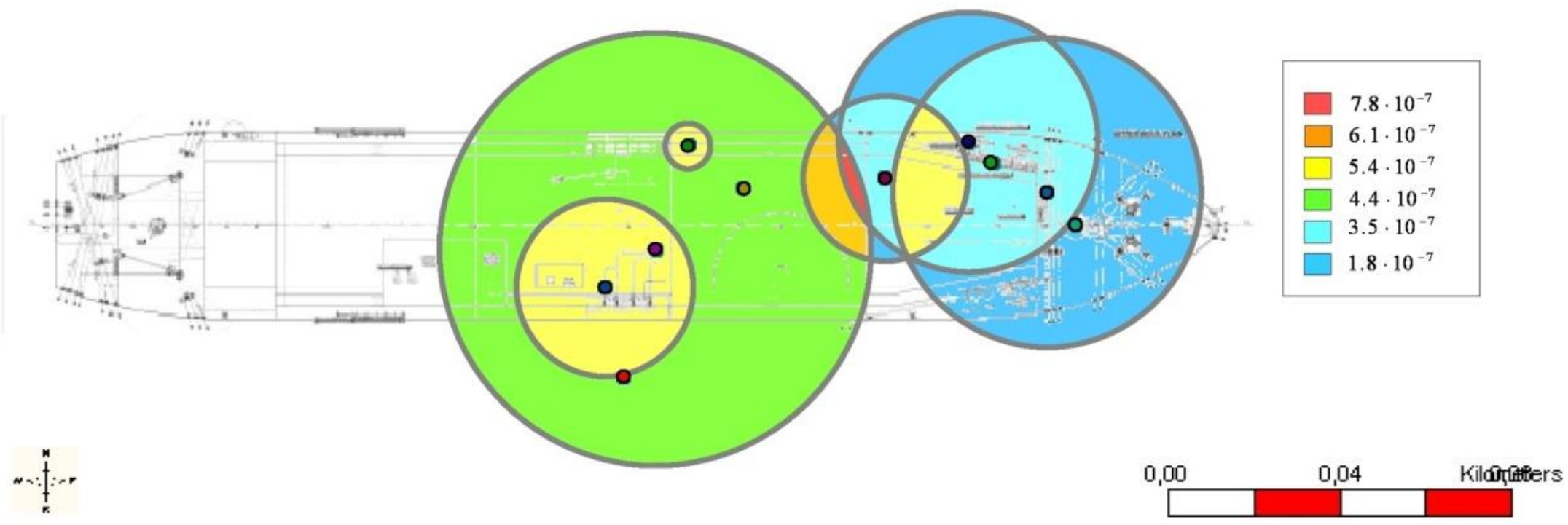
SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

**iNTeg-Risk**

Early Recognition, Monitoring and Integrated Management of Emerging, New Technology Related, Risks

EU-VR1

Grant agreement number: CP-IP 213345-2



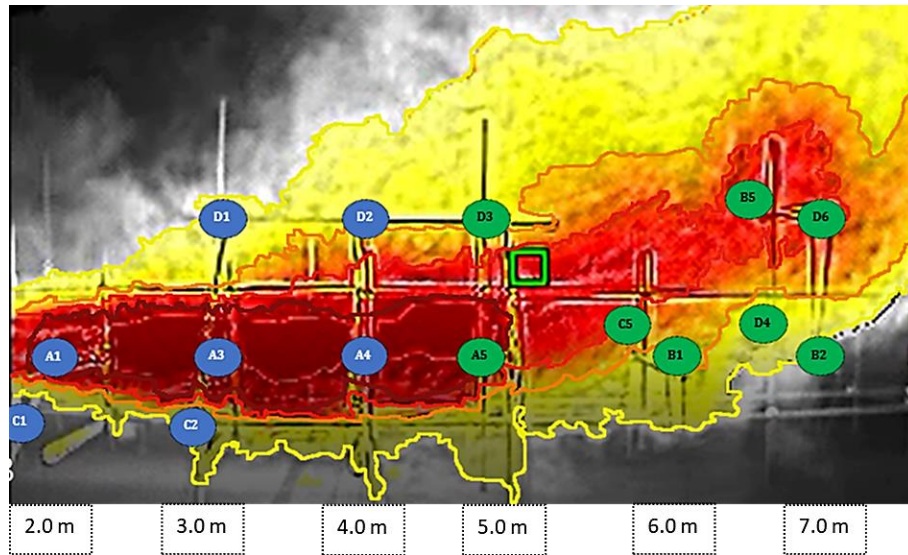
Giuseppe Maschio

UniSAFE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Sono state condotte campagne sperimentali *ad hoc* in collaborazione col CNVVF sia su scenari reattivi che non reattivi per colmare il gap della letteratura.



**Jet fire**



**LNG pool fire and RPT**

Tesi di dottorato

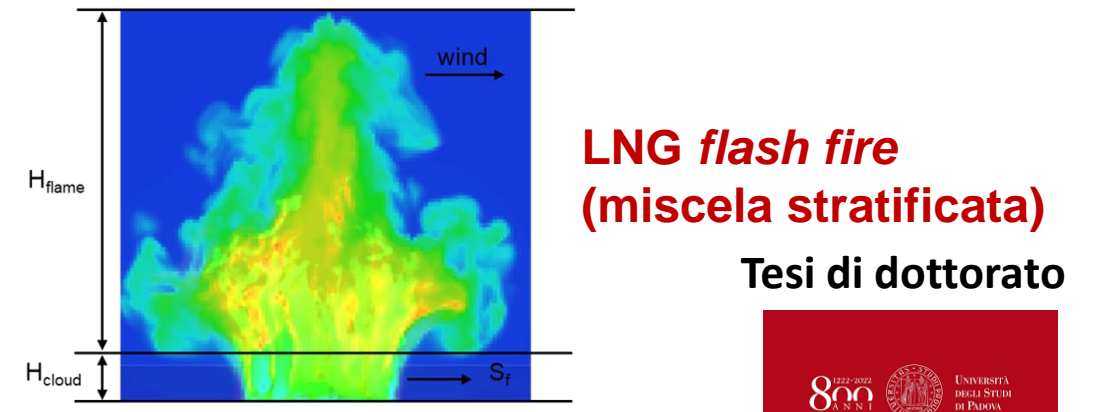
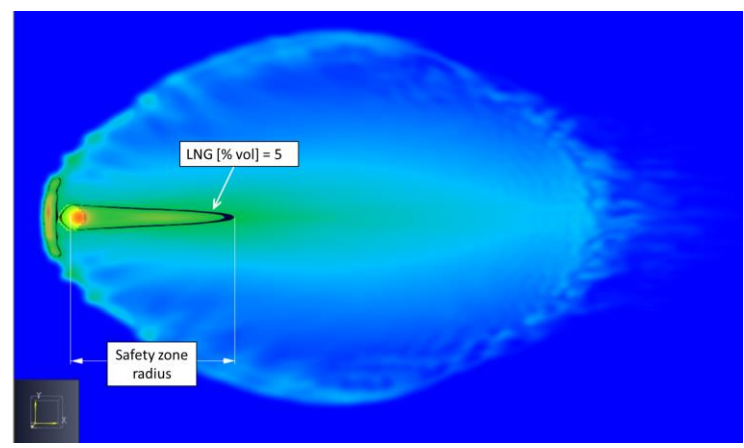
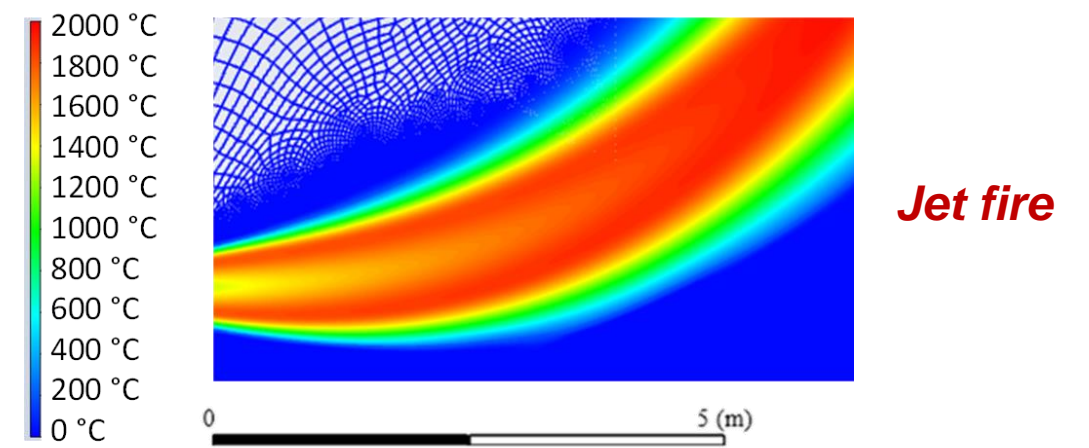
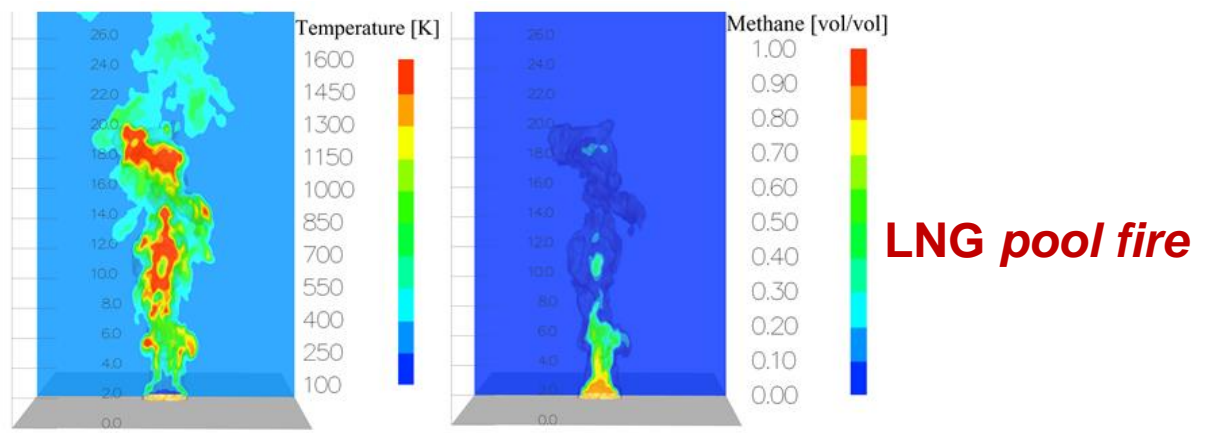




# Sicurezza e aspetti fenomenologici: Ulteriori approfondimenti

# AIDIG

Per estendere i risultati sperimentali sono stati impiegati **modelli computazionali** dettagliati adatti anche a condizioni criogeniche



Giuseppe Maschio

UniSAFE

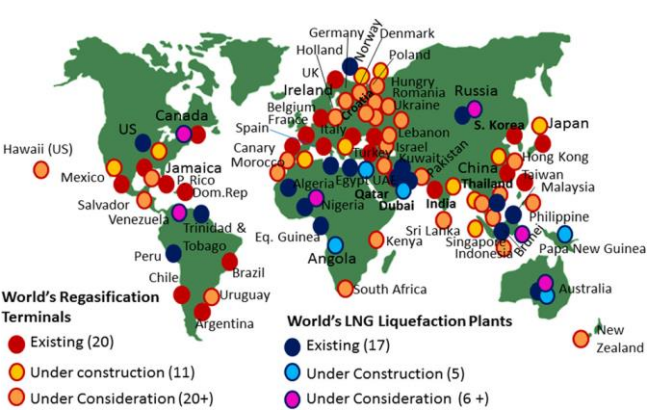




## In sintesi

Quali sono quindi i pericoli ipotizzabili in un Terminale?

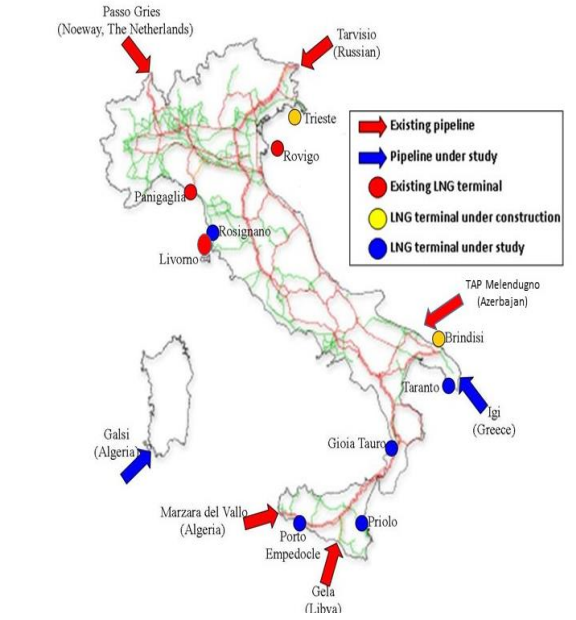
- ~~Esplosione della nave~~      Non credibile
- ~~Rilascio di GNL dalla nave~~ ...  
formazione di pozza, dispersione, incendio/flash fire
- Rilascio di GNL per rottura di una tubazione  
*formazione di pozza, dispersione, incendio/flash fire (UVCE)*
- ~~Esplosione del Serbatoio GNL~~      Non credibile
- ~~Rilascio catastrofico (totale e immediato) del GNL dal Serbatoio~~
- ~~Roll Over~~      Non credibile
- Deviazioni di processo (*overfilling*, bassa T, alta P etc)  
*formazione di pozza, dispersione, incendio/flash fire (UVCE)*



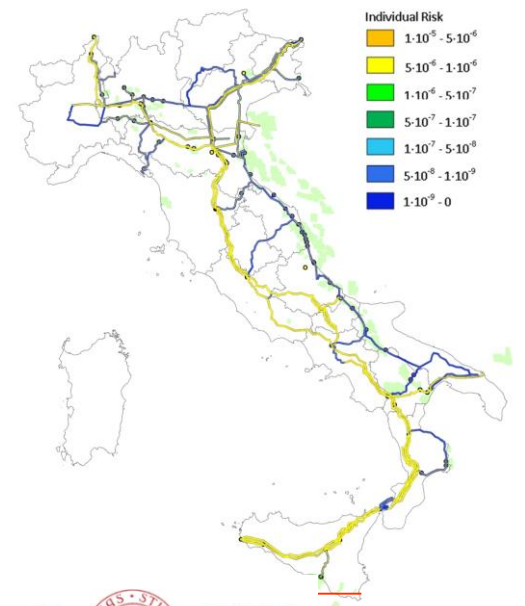
**Sebbene per un'oculata politica energetica occorrerebbe puntare in primo luogo sui risparmi energetici e sulle fonti d'energia alternativa e sulle rinnovabili, il gas naturale rappresenta una via obbligata e transitoria per la transizione energetica nel breve periodo.**

La crisi internazionale in atto, oltre ad aver reso problematico l'approvvigionamento del gas naturale, ha fatto innalzare la sua quotazione sul mercato internazionale. Inoltre, in questo nuovo scenario, è necessario analizzare anche le possibili azioni ostili di attacco o sabotaggio dei gasdotti che rappresentano la fonte principale di approvvigionamento del nostro Paese

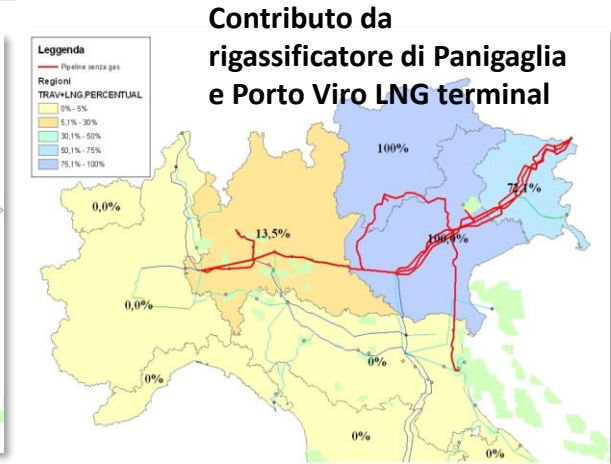
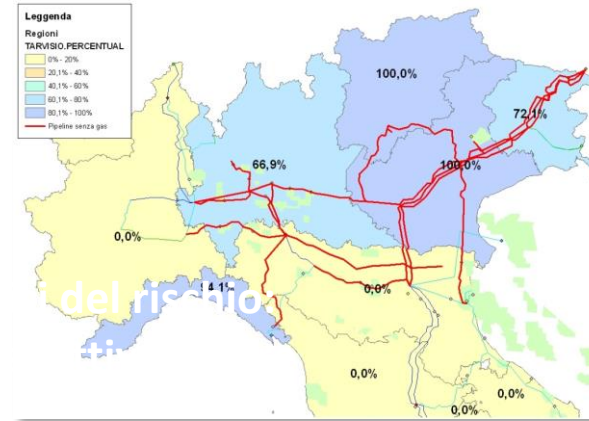
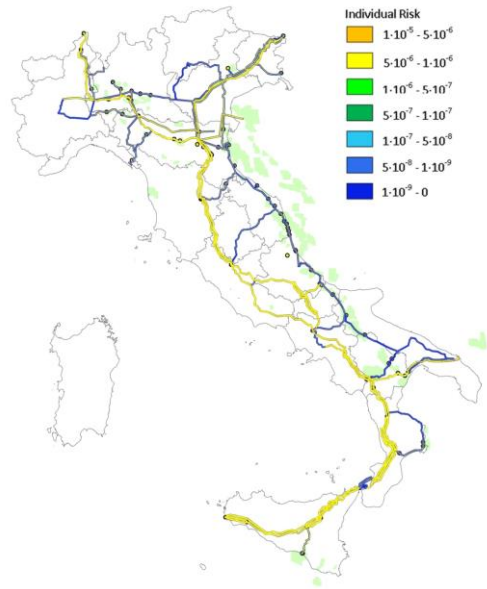
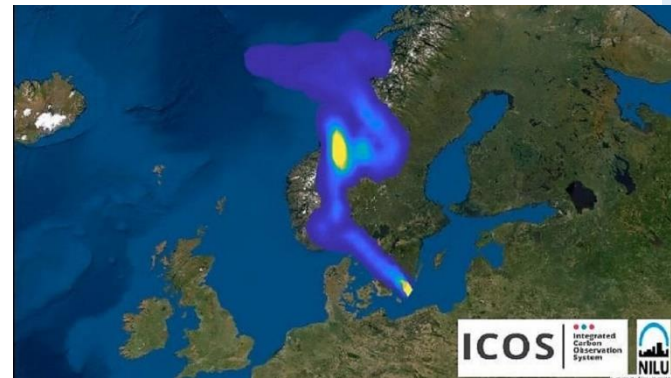
## Analisi delle conseguenze delle interruzioni delle forniture a causa di crisi internazionali



- **Modellazione fluidodinamica della rete nazionale;**
- **Analisi del rischio locale e sociale;**
- **Analisi delle conseguenze delle interruzioni delle forniture a causa di crisi internazionali;**
- **Contributo dei rigassificatori**



- **Modellazione fluidodinamica della rete nazionale;**
- **Analisi del rischio locale e sociale;**
- **Contributo dei rigassificatori**



Tesi di dottorato





- La costruzione di impianti di rigassificazione è una soluzione logica e razionale e tecnologicamente compatibile sia in termini di sicurezza che ambientali.
- Per una corretta e serena valutazione è necessario, evitare grossolane sottovalutazioni dei rischi o facili catastrofismi”
- L’apporto della comunità scientifica al processo decisionale è quindi rappresentato dalla predisposizione di una metodologia che fornisca dati quantitativi e si proponga come strumento di supporto per le decisioni.
- Pertanto le Autorità deputate al processo decisionale avranno a disposizione uno strumento che permetta di basare le decisioni su dati quantitativi affidabili.

Grazie per l’attenzione





# Gli aspetti legati alla sicurezza nell'attuale fase di cambiamenti climatici economia circolare e transizione energetica Ringraziamenti

**AIDIC**

**Un vivo ringraziamento a AIDIC e CN-VVF per aver organizzato l'evento**

**Un ringraziamento va ai miei Maestri e a quanti, colleghi, allievi e studenti, in questi lunghi anni hanno creduto in me, alle mie ricerche e mi hanno accompagnato in questo viaggio durato quasi un mezzo secolo.**

**A tutti gli studenti e docenti che hanno collaborato al progetto del Corso di Laurea in Ingegneria della Sicurezza**

**Alla Protezione Civile e ai Vigili del Fuoco con i quali ho avuto l'onore di collaborare per molti anni**

**Ai miei genitori e alla mia famiglia**

**A tutti voi un grazie di cuore**

**Giuseppe Maschio**

**UniSAFE**





# Il futuro da pensionato

## La valutazione del rischio nello scialpinismo e nelle immersioni subacquee

**AIDIC**





# Grazie per l'attenzione

