

0	FAC	PRIMA EMISSIONE	15/04/15	BOTTA	CAVANDOLI
1	FUS	SECONDA EMISSIONE	08/05/15	BOTTA	CAVANDOLI
2	FUS	TERZA EMISSIONE	05/06/15	BOTTA	CAVANDOLI
3	FUS	QUARTA EMISSIONE	19/06/15	BOTTA	CAVANDOLI
REV.	ST.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO



P920CDKK006

REPORT DI DIMENSIONAMENTO VENT/FLARE

19/06/2015	PRIMA EMISSIONE	SEL	MFC	MBG
DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLL.	APPROVATO


D'APPOLONIA
consulting, design, operation & maintenance engineering

DATA	DOC. N.	REV.	FOGLIO
19/06/2015	14-1286 H21	0	1

INDICE

1	ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
2	RIFERIMENTI	3
3	INTRODUZIONE GENERALE	4
4	SCOPO DEL LAVORO	4
5	BASI DI PROGETTO	4
6	DESCRIZIONE E FILOSOFIA DEL SISTEMA TORCIA	6
7	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	8
7.1	LINEA DI RITORNO VAPORE	8
7.2	COLLETTORE DI TORCIA.....	8
7.3	SEPARATORE DELLA TORCIA	9
7.4	TORCIA.....	9
7.5	SEPARATORE DI BANCHINA.....	9
7.6	SERBATOI CRIOGENICI	9
8	CRITERIO DI CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA	11
8.1	PORTATA NORMALE.....	11
8.1.1	Portata di dislocamento (VA)	11
8.1.2	Variazione della pressione atmosferica (VB)	12
8.1.3	Vaporizzazione durante il riempimento (VC).....	13
8.1.4	Calore da ricircolo (VD).....	14
8.1.5	Calore in ingresso nei serbatoi (VE)	14
8.1.6	BOG generato per Roll-over (VG).....	15
8.2	PORTATA ACCIDENTALE.....	16
8.3	PORTATA CASO INCENDIO ESTERNO.....	17
8.4	DEPRESSURIZZAZIONE DI EMERGENZA	18
8.5	DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI DIMENSIONAMENTO	19
9	CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO LINEE E APPARECCHIATURE	19
9.1.1	CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO DEL CAMINO E DEL COLLETTORE DEL BOG	19
9.2	CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO TIP.....	20
9.3	CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO KODRUM	21
9.4	DATI DI OUTPUT	21

1 ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

I seguenti acronimi e abbreviazioni saranno utilizzati all'interno del presente documento e nei documenti di progetto:

BOG	Boil Off Gas
BOR	Boil Off Rate
GNL	Gas Naturale liquefatto

2 RIFERIMENTI

Documenti di riferimento

1. P920NBKJ001 – Basi di Progetto
2. P920SPKK002 – PFD Sistema gestione del BOG
3. P920SPKK004 – P&ID Sistema drenaggi, sfiati e torcia
4. P920CDKK007 – Report di verifica irraggiamento e dispersione flare

Standard di riferimento

EN 1473	Installation and Equipment for liquefied Natural gas
NFPA 59A	Standard for the production, storage and handling of liquified natural gas;
API RP 520	Sizing, selection and installation of pressure relieving device
API RP 521	Guide for pressure relieving & Depressuring systems

3 INTRODUZIONE GENERALE

La società EDISON S.p.A. intende realizzare all'interno dell'area industriale del porto di Oristano un terminale ricezione e distribuzione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) di piccola taglia con lo scopo di rifornire le utenze industriali e civili della Regione Sardegna.

Il progetto prevedrà l'implementazione di una filiera per il trasporto del gas naturale liquido (GNL) a mezzo di navi metaniere sino al terminale di ricezione per lo stoccaggio, e la successiva distribuzione mediante l'utilizzo di autocisterne e di imbarcazioni (LNG tankers).

L' impianto di ricezione e rigassificazione GNL sarà progettato per stoccaggio nominale pari a 10,000 m³ di gas naturale liquefatto (GNL).

L'opera prevede la realizzazione degli interventi infrastrutturali e impiantistici necessari a:

- consentire l'attracco delle navi metaniere e il trasferimento del prodotto liquido (GNL) dalle stesse ai serbatoi di stoccaggio attraverso tubazioni criogeniche;
- permettere la misura del GNL e consentirne la distribuzione attraverso operazioni di bunkering su imbarcazione ("terminal to ship") e autocisterne ("terminal to truck").

4 SCOPO DEL LAVORO

Il presente documento illustra le basi di progetto e i criteri di dimensionamento e di calcolo del sistema di scarico del BOG in torcia, in riferimento agli scenari di massimo rilascio riscontrabili per l'impianto.

5 BASI DI PROGETTO

Composizione GNL di riferimento

Sono state analizzate due composizioni di riferimento per il GNL che verranno ricevute dal terminale: leggero (min peso molecolare) e pesante (max peso molecolare). La tabella seguente riporta le caratteristiche e la composizione per i due casi; I componenti C4+ sono stati conservativamente assimilati all'i-Butano.

		leggero	pesante
Metano	% vol	90.90	82.58
Etano	% vol	6.43	12.62
Propano	% vol	1.66	3.56
i-Butano	% vol	0.74	0.65
Azoto	% vol	0.27	0.59
Ossigeno	% vol	0	0
Acqua	% vol	0	0
Peso molecolare	kg/kmol	17.75	19.16
PCI	MJ/kg	49.29	48.72
Densità liquido ⁽¹⁾	kg/m ³	456.9	483.26
Temperatura	°C	-161.6	-162.1

(1) alle condizioni di pressione atmosferica standard 1.01 barA.

Le condizioni ambientali sono indicate nella tabella che segue

	Estate	Inverno	
Temperatura massima media Aria	27.0	13.6	[°C]
Temperatura minima media Aria	19.5	8.0	[°C]

Nella seguente tabella vengono richiamate le condizioni ambientali, definite nel report di verifica di irraggiamento e dispersione (Ref.4), e utilizzate come riferimento nel medesimo studio:

Temperatura ambiente	15°C
Umidità	80%
Radiazione solare	0.32 kW/m ² (1)

(1) il valore di radiazione solare è stato definito sulla base dei valori massimi ricavabili dalle tabelle di irradiazione solare giornaliera media diretta e diffusa sul piano orizzontale della norma UNI 10349 per la zona di Oristano nel mese di luglio. Tale dato ha scopo puramente indicativo, e non rientra nel calcolo dell' irraggiamento limite previsto dalla norma UNI EN 1473.

Le condizioni ambientali riportate nel presente documento sono da considerarsi come riferimento generale di progetto ma non vengono utilizzate nel calcolo di dimensionamento della torcia, esse sono da intendersi come base di calcolo per lo studio di dispersione e irraggiamento (P920 CDKK007) e solo per completezza richiamate nel documento in oggetto.

Il valore di 12 m/s considerato è quello relativo alla massima velocità del vento rilevabile in sito per il 90% dei casi annuali. Per maggiori dettagli si rimanda al documento Studio Meteomarinario Preliminare, Doc No. P920GFKC001, Rev.1.

6 DESCRIZIONE E FILOSOFIA DEL SISTEMA TORCIA

Dal punto di vista operativo il terminale è progettato secondo la filosofia del “zero flaring” che prevede la minimizzazione degli effluenti gassosi inviati in torcia. A tal fine il BOG generato nelle operazioni di movimentazione ordinaria del GNL sarà interamente recuperato all’interno del ciclo produttivo e, di conseguenza, durante il normale funzionamento del Terminale la torcia non verrà utilizzata.

Il sistema di rilascio e di torcia è previsto per raccogliere e smaltire in sicurezza gli scarichi provenienti dalle linee di spurgo, dalle valvole limitatrici di pressione e dalle valvole di protezione termica.

Il rilascio di gas attraverso la torcia è atteso esclusivamente durante condizioni di funzionamento anomale e di emergenza, o per la preparazione a interventi di manutenzione.

Tutte le linee di sfiato, di drenaggio, le valvole di sicurezza e di protezione termica sono direttamente o indirettamente connesse al sistema principale di scarico all’atmosfera.

Il sistema è composto da:

- Una torcia e un ko drum per la raccolta dell’eventuale frazione liquida presente;
- Un collettore del vapore che raccoglie gli scarichi provenienti dai serbatoi e dalle valvole di sicurezza e sfiato delle apparecchiature di impianto;
- Un sistema di drenaggio per la raccolta dei drenaggi provenienti dall’impianto e dalle valvole di protezione termica.

Il sistema è progettato per raccogliere gli scarichi che per caratteristiche di frequenza, quantità e natura possono essere distinti tra controllati e di emergenza.

Sono identificati quali scarichi controllati tutti quegli episodi di emissione in torcia collegati ad operazioni di manutenzione sulle apparecchiature e sulle linee del Terminale.

Gli scarichi generati da condizioni operative anomale vengono definiti come di emergenza e includono generalmente i seguenti casi:

- Scarichi provenienti dalle valvole limitatrici di pressione (PRV) e di protezione termica (TSV);
- Eccesso di BOG. in caso di alta pressione nei serbatoi del GNL;

Il sistema torcia consente lo smaltimento in sicurezza degli scarichi occasionali discontinui di gas sia allo stato liquido che gassoso.

Il sistema è concepito seguendo i criteri di seguito elencati:

- Le valvole di sicurezza e gli spurghi delle linee contenenti gas scaricano nel collettore BOG di torcia;
- Le valvole di sicurezza delle linee e delle apparecchiature contenenti liquido scaricano nel collettore drenaggi di torcia;
- Tutti i drenaggi e le TSV scaricano nel collettore di raccolta drenaggi;
- I drenaggi, le valvole di sicurezza e le TSV dell'area di banchina scaricano ciascuna attraverso linee dedicate all'interno del separatore di banchina (V-101);

Il dimensionamento della torcia è eseguito sul maggiore dei rilasci correlati ad uno dei possibili eventi tra:

- rilascio normale più lo scarico delle valvole di sicurezza di uno dei serbatoi GNL;
- rilascio normale più lo scarico delle valvole di sicurezza in caso di incendio esterno di uno dei serbatoi;
- rilascio per depressurizzazione di emergenza di tre serbatoi simultaneamente; si considera il caso in cui si verifichi un evento di incendio esterno che interessi un serbatoio e si renda necessario procedere alla depressurizzazione del suddetto serbatoio e dei due serbatoi ad esso adiacenti;

Il collettore di scarico in torcia è collegato, attraverso una valvola di regolazione, al collettore del BOG, alla linea di ritorno del vapore e ai serbatoi GNL. Tale valvola è chiusa in fase di normale operatività dell'impianto, e apre in caso di incremento eccessivo della pressione del vapore nel collettore, permettendo il rilascio del gas in torcia.

Il collettore raccoglie gli scarichi delle linee e delle valvole di sicurezza e le invia al separatore (knock-out drum) (V-501) dove la fase gassosa viene separata da quella liquida eventualmente presente prima dello scarico in torcia (Y-502).

Il liquido presente all'interno del separatore viene vaporizzato mediante un riscaldatore elettrico alloggiato nel fondo del separatore e inviato in torcia per la combustione.

Al fine di evitare emissioni in atmosfera di gas combustibili la fiamma pilota del sistema fiaccola sarà normalmente mantenuta spenta, un flusso continuo di azoto garantirà l'inertizzazione dei collettori e del camino, e un livello di pressione positivo eviterà il trafilamento di aria al loro interno. Nei casi in cui si manifesti uno

scarico improvviso, il sistema elettronico provvederà all'accensione non appena sia rilevata la presenza di gas infiammabili. Il gas di alimentazione della fiamma pilota è fornito da uno skid di bombole contenenti propano.

In caso di mancato funzionamento del sistema di accensione la torcia potrà operare come camino freddo per la dispersione dei gas in atmosfera.

Nel caso in cui la capacità dei sistemi di gestione, trattamento e accumulo non fosse sufficiente a mantenere la pressione degli stoccaggi all'interno dell'intervallo previsto, la valvola di controllo (PCV-50135) si aprirà per permettere il rilascio del BOG in eccesso al sistema di torcia che provvederà al suo smaltimento.

I principali casi straordinari di emissione attraverso la torcia sono limitati al black-out elettrico prolungato nel tempo. In tali casi, non avendo flusso di GNL ai sistemi di re-liquefazione, è possibile solo un accumulo del BOG sino al raggiungimento della massima pressione operativa consentita prima che divenga necessario rimuoverlo dall'impianto tramite emissione in torcia.

7 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

7.1 LINEA DI RITORNO VAPORE

La linea di ritorno vapore da 8" connette i serbatoi GNL a terra, le linee di aspirazione del sistema di re-liquefazione del BOG e le linee di alimentazione dei motori a combustione interna, con il separatore di banchina. La linea è dimensionata per la massima portata di vapore, pari a 1,000 m³/h, riscontrabile verso la metaniera al termine delle operazioni di scarico e alle condizioni di minimo boil off della nave.

La valvola di regolazione (PCV-50135) è dimensionata per permettere il passaggio di una quantità massima di gas pari a 8 t/h che corrisponde alla portata di scarico di una nave senza poter disporre della linea di ritorno del vapore.

7.2 COLLETTORE DI TORCIA

Le valvole di sicurezza installate sulle linee del GNL e le valvole di sicurezza installate sulle linee contenenti vapore scaricano nel collettore di bassa pressione di torcia che è direttamente collegato al separatore di torcia (V-501).

L'iniezione di azoto è prevista almeno alle estremità del collettore per permetterne lo spurgo.

Il collettore è dimensionato sulla base della massima portata di scarico di vapore generato da condizioni anomale di funzionamento e nei casi di emergenza non considerando l'eventualità di accadimento contemporaneo di più situazioni di emergenza fra loro non correlabili. Il dimensionamento è definito sulla base del massimo scenario di rilascio che possa determinarsi nell'area dei serbatoi di stoccaggio.

7.3 SEPARATORE DELLA TORCIA

Dal separatore i vapori sono inviati alla torcia per essere combusti, il separatore permette di estrarre dalla corrente di vapore massima, per cui è dimensionato, le frazioni liquide che si andranno a depositare sul fondo. Il liquido accumulato sul fondo del separatore viene fatto evaporare mediante un riscaldatore elettrico e inviato anch'esso in torcia per essere bruciato.

7.4 TORCIA

Il camino di torcia è dimensionato per garantire la combustione efficiente e in sicurezza dei vapori sino alla massima capacità prevista dal peggiore scenario di rilascio, non considerando l'accadimento di più di un evento in contemporanea.

Alla base del camino è prevista l'iniezione continua di azoto per evitare l'ingresso di aria.

7.5 SEPARATORE DI BANCHINA

Il separatore di banchina raccoglie gli scarichi liquidi e gassosi provenienti dalle valvole di sicurezza, di protezione termica (TSV) e delle linee di spurgo dell'area di banchina. Dal separatore la frazione liquida è inviata alla linea di ricircolo mediante pressurizzazione o vaporizzata per essere smaltita attraverso la linea di ritorno del vapore.

Nella fase di scarico delle gasiere, il separatore raccoglie la frazione non vaporizzata di GNL a valle del desurriscaldatore, utilizzato con lo scopo di ridurre la temperatura del vapore in ingresso ai serbatoi della nave. Il dimensionamento del separatore consentirà di contenere il liquido raccolto durante la fase di desurriscaldamento più un volume di liquido pari al contenuto in un braccio di carico.

7.6 SERBATOI CRIOGENICI

I serbatoi criogenici di stoccaggio del GNL sono collegati al sistema di torcia attraverso una valvola di regolazione in grado di garantire il trasferimento della portata di vapore verso la torcia in caso di indisponibilità della linea di ritorno vapore alla nave metaniera.

Ciascun serbatoio è provvisto di un set di valvole di sicurezza (PSV), più una valvola spare, con scarico diretto al sistema di torcia.

La capacità di rilascio è determinata in funzione di una serie di eventi e della loro possibile concomitanza, in accordo allo standard EN 1743.

Tali eventi sono di seguito elencati:

- A. Differenza positiva di vapore durante la fase di scarico di GNL, alla massima capacità prevista;
- B. Variazione della pressione barometrica (considerando un decremento pari a 2000 Pa per ora su tutti i serbatoi)
- C. Vaporizzazione durante il riempimento dei serbatoi;

- D. Vaporizzazione dovuta al calore in ingresso attraverso la linea e la pompa ricircolo;
- E. Generazione di vapore per serbatoi pieni alla massima temperatura esterna (massimo BOR);
- F. Vaporizzazione dovuta all'ingresso di calore attraverso le linee di scarico nave;
- G. Roll over

E' previsto un sistema di protezione dei serbatoi da eventi che generino depressione al loro interno. Il sistema è composto da una serie di valvole rompivuoto, alimentate con azoto, in numero tale che il malfunzionamento di una di esse non pregiudichi l'efficienza del sistema nel suo insieme.

Il criterio di dimensionamento del sistema segue le possibili combinazioni degli eventi di seguito elencati:

- H. massima portata di GNL estratta da ciascun serbatoio (massimo carico autocisterne e operazione di rifornimento di una bettolina);
- I. Variazione della pressione barometrica (considerando un decremento pari a 20 mbar per ora sui serbatoi);

8 CRITERIO DI CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA

Il calcolo di dimensionamento è eseguito secondo lo standard EN1743 che definisce gli scenari di riferimento per la determinazione delle portate di scarico in torcia, suddividendole in normale e accidentale.

- La portata normale è definita come la somma delle portate indicate ai punti A-B-C-D-E ad esclusione del calore in ingresso da linee e apparecchiature contenenti GNL e del vapore generato in caso di roll over;
- La portata accidentale è data dalla somma della portata normale e della portata delle valvole di sicurezza di un serbatoio, se connessi al medesimo sistema di scarico. (Rif.par 7.6)

Sono stati inoltre considerati due ulteriori scenari per il dimensionamento del sistema di scarico, e cioè:

- L'incendio esterno che coinvolga un serbatoio;
- La portata di depressurizzazione di emergenza di tre serbatoi simultaneamente.

Il valori corrispondenti alle portate normale e accidentale sono stati calcolati in accordo all'allegato B della EN 1743.

8.1 PORTATA NORMALE

La portata normale è data dalla somma dei seguenti contributi:

$$V_{\text{NORMALE}} = V_A + V_B + V_C + V_D + V_E$$

8.1.1 Portata di dislocamento (VA)

Durante le operazioni di carico i serbatoi potranno essere riempiti alla massima portata prevista. Il medesimo volume di vapore dovrà essere scaricato dai serbatoi.

La portata di vapore in massa da estrarre è:

$$M = \rho_{\text{BOG serbatoi}} * Q_v$$

M portata di vapore [kg/h] (valore calcolato 8,086 kg/h)

$\rho_{\text{BOG serbatoi}}$ densità vapore alla pressione di carico [kg/m³]
(considerata la pressione di fine scarico di una metaniera pari a 4.5 barA)

Qv portata di carico del GNL [m³/h] (considerata la massima portata di riferimento di 1,000 m³/h)

8.1.2 Variazione della pressione atmosferica (VB)

La riduzione della pressione atmosferica è associata a due differenti effetti che comportano la necessita di scaricare ulteriori portate di vapore dovute a:

- L'espansione del vapore tra le nuove condizioni di pressione (V_{AG})
- La generazione di vapore dal GNL surriscaldato (V_{AL})

$$V_B = V_{AG} + V_{AL} \quad (\text{valore calcolato } 447,5 \text{ kg/h})$$

Il primo termine è dato da:

$$V_{AG} = \frac{V}{p} * \frac{dp}{dt} * \rho_{BOG \text{ serbatoi}}$$

Dove:

V_{AG}	portata di vapore [kg/h]
V	massimo volume dei serbatoi vuoti [m^3] (considerato il volume complessivo pari a $12,000m^3$)
p	pressione operativa assoluta [barA] (considerata la pressione di fine scarico di una metaniera pari a 4.5 barA)
$\frac{dp}{dt}$	variazione della pressione atmosferica [Pa/h]
$\rho_{BOG \text{ serbatoi}}$	densità vapore alla pressione di scarico [kg/m^3]

Il secondo è dato da:

$$V_{AL} = F * \frac{V_{GNL} * \rho_{GNL} * C_{GNL}}{\lambda}$$

$$F = 1 - \exp\left[\frac{C_{GNL} * (T_2 - T_1)}{\lambda}\right]$$

Dove:

V_{AL}	portata di vapore [kg/h]
V_{GNL}	volume di GNL [m^3] (considerato il volume complessivo pari a $11,000m^3$)

ρ_{GNL}	densità del GNL [kg/m^3] (considerato il valore corrispondente al GNL pesante 483.26 kg/m^3)
C_{GNL}	Capacità termica del GNL [$\text{J/kg } ^\circ\text{C}$] (considerato il valore di riferimento della EN 1473 – $3,500 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$)
T_1	Temperatura di equilibrio prima dell'espansione [$^\circ\text{K}$]
T_2	Temperatura di equilibrio dopo l'espansione [$^\circ\text{K}$]
λ	calore latente di vaporizzazione [J/kg] (considerato il valore di riferimento della EN 1473 - $504 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{K}$)

8.1.3 Vaporizzazione durante il riempimento (VC)

Al riempimento dei serbatoi è associato una generazione di vapore istantanea dovuta principalmente a:

- Calore in ingresso attraverso le linee di trasferimento;
- Calore trasferito dalle pompe;
- Raffreddamento delle superfici calde dei serbatoi;
- Caso in cui la temperatura del GNL pressurizzato sia superiore alla temperatura del GNL alle condizioni di equilibrio all'interno dei serbatoi.

$$V_C = F * Q_V * \rho_{GNL}$$

$$F = 1 - \exp\left[\frac{C_{GNL} * (T_4 - T_3)}{\lambda}\right]$$

Dove:

V_C	portata di vapore [kg/h] (nella configurazione operativa non c'è generazione di vapore durante il riempimento)
Q_V	portata GNL in ingresso [m^3/h] (considerata la massima portata di riferimento di $1,000 \text{ m}^3/\text{h}$)
ρ_{GNL}	densità del GNL [kg/m^3] (considerato il valore corrispondente al GNL pesante 483.26 kg/m^3)
C_{GNL}	Capacità termica del GNL [$\text{J/kg } ^\circ\text{C}$] (considerato il valore di riferimento della EN 1473 – $3,500 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$)
T_4	Temperatura di equilibrio alle condizioni nei serbatoi [$^\circ\text{K}$] ($128,25^\circ\text{K}$)

T_3 Temperatura di equilibrio prima dell'espansione [°K]
(127,95°K)

λ calore latente di vaporizzazione [J/kg] (considerato il
valore di riferimento della EN 1473 - 504 kJ/kg °K)

8.1.4 Calore da ricircolo (VD)

Energia associata al calore ceduto dalle pompe di ricircolo ed estratto dalle linee.

$$V_D = \frac{(E_{Pompe} + E_{Lines})}{\lambda}$$

$$E_{Pompe} = \frac{\rho_{GNL} * g * \Delta H * Q_R}{3.6 * 10^6 * \eta}$$

Dove:

V_D portata di vapore (kg/h) (valore calcolato 114.3 kg/h)

Q_R portata GNL pompe (m³/h) (considerato il valore di 50
m³/h)

ρ_{GNL} densità del GNL (kg/m³) (considerato il valore
corrispondente al GNL pesante 483.26 kg/m³)

ΔH prevalenza pompe (m) (considerato il valore di 100 m)

g accelerazione di gravità (m/s²)

η Efficienza pompa (considerato il valore di 0.7)

8.1.5 Calore in ingresso nei serbatoi (VE)

Energia associata al calore in ingresso ai serbatoi di stoccaggio GNL.

$$V_E = \frac{V * \rho_{GNL} * BOR}{24}$$

Dove:

V_E portata di vapore (kg/h) (valore calcolato 221.5 kg/h)

V	volume massimo del GNL nei serbatoi (m ³) (considerato il volume complessivo pari a 11,000m ³)
P_{GNL}	densità del GNL (kg/m ³) (considerato il valore corrispondente al GNL pesante 483.26 kg/m ³)
BOR	Boil off rate dei serbatoi (considerato il valore di 0,1% v/g)

8.1.6 BOG generato per Roll-over (VG)

$$V_B = 100 \times V_E$$

Dove:

V_B	portata di vapore (kg/h) (valore calcolato 22,149 kg/h)
V_E	Portata di BOG generata nei serbatoi

8.2 PORTATA ACCIDENTALE

La portata accidentale sarà pari alla somma della portata normale più la portata di dimensionamento delle valvole di sicurezza di un serbatoio.

In dettaglio:

$$V_{\text{ACCIDENTALE}} = V_{\text{NORMALE}} + V_{\text{PSV (1 serbatoio)}}$$

V_{NORMALE} dato dai contributi già richiamati nel capitolo 8.1

$V_{\text{PSV (1 serbatoio)}}$ comprende i seguenti contributi calcolati per un singolo serbatoio con le medesime modalità del caso precedente:

- Dislocamento del vapore durante il riempimento - VA (5,031 kg/h considerando la massima portata di carico di GNL pari a 400 m³/h);
- Variazioni della pressione atmosferica – VB (62.9 kg/h)
- Evaporazione durante il riempimento per differente condizione di equilibrio - VC (nella configurazione operativa non c'è generazione di vapore durante il riempimento);
- Portata di raffreddamento – VD (114.3 kg/h);
- Evaporazione a causa degli ingressi termici – VE (28,8 kg/h) ;
- Roll over (2,880 kg/h)

I valori di portata calcolati sono riassunti nel paragrafo 8.5 del presente documento

8.3 PORTATA CASO INCENDIO ESTERNO

Il caso di incendio esterno è verificato secondo lo standard API 521 per un evento che coinvolge uno dei serbatoi di stoccaggio del GNL.

Si è assunto nel calcolo il riempimento massimo previsto del 90% e per tale valore è stata calcolata la superficie bagnata esposta al fuoco. Si è inoltre assunto cautelativamente di non disporre di sistemi di protezione attivi e di drenaggio.

La quantità di calore ceduto al fluido è data dalla formula:

$$Q = C_2 * F * A_{WS}^{0.82} \quad \text{API 521 eq. 6}$$

Dove:

Q	flusso termico in ingresso al serbatoio (W)
C ₂	costante relativa al caso di assenza di protezione attiva (70900)
F	Fattore ambientale
A _{WS}	Superficie bagnata del serbatoio (m ²)

Il calcolo del fattore ambientale, per serbatoi isolati termicamente, è stato eseguito in accordo alla seguente equazione fornita dallo standard API 521:

$$F = k \frac{(904 - T_f)}{66570 \times \delta_{ins}} \quad \text{API 521 eq. 13}$$

Dove:

k	conduttività termica del materiale isolante [W/m°K] (il valore assunto è quello della sola perlite pari a 0,05 W/m°K)
T _f	Temperatura del contenuto del vessel alle condizioni di scarico [°C] (-122,5 °C)
δ_{ins}	Spessore dell'isolamento termico [m] (assunto conservativamente pari a 0.1m)

Il valore di F restituito dal calcolo risulta pari a 0.0077

Nel calcolo è stato assunto conservativamente un fattore ambientale pari a 0.03

8.4 DEPRESSIONIZZAZIONE DI EMERGENZA

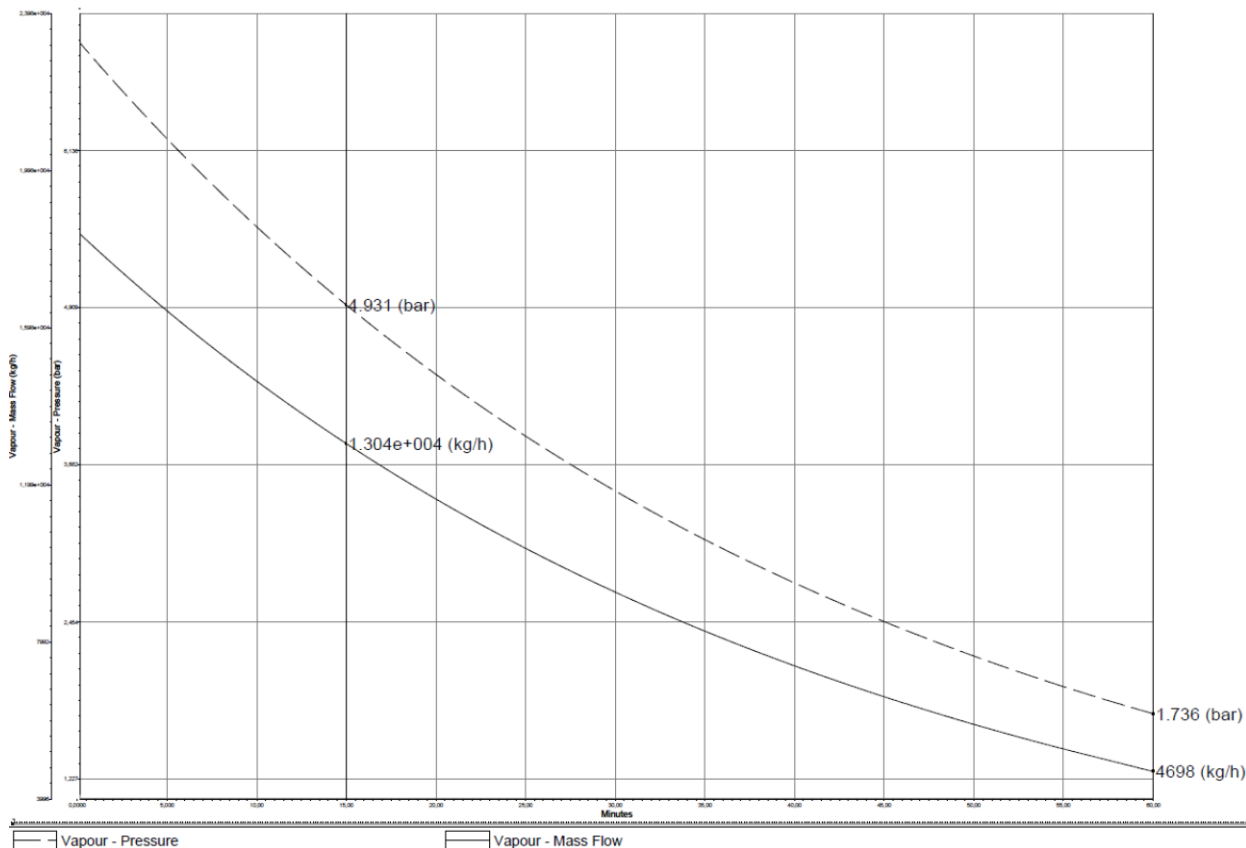
La depressurizzazione ha lo scopo di mitigare le conseguenze derivanti da una eventuale perdita del contenimento di uno o più serbatoi e permettere la riduzione degli effetti di tale perdita riducendo le quantità di idrocarburi contenute prima di un potenziale cedimento del contenimento, es durante un evento di incendio esterno che coinvolga uno dei serbatoi. La depressurizzazione consente la riduzione degli sforzi interni a cui sono sottoposti i serbatoi permettendone il mantenimento dell'integrità per un tempo di almeno 2 ore in caso di incendio.

Generalmente il dimensionamento del sistema di depressurizzazione dovrà garantire la riduzione della pressione interna, dalle condizioni iniziali sino ad una pressione equivalente al 50% della pressione di progetto in un tempo di 15 minuti.

L'esecuzione del calcolo è stata condotta con il tool "Depressuring- dynamics" del software di simulazione termodinamica UNISIM in condizioni adiabatiche.

Il calcolo della massima portata di depressurizzazione è stato eseguito tenendo conto dei seguenti parametri:

- massima pressione operativa dei serbatoi pari a 6 barg;
- valore corrispondente al 50% della pressione di progetto pari a 4 barg;
- Volume accumulato dal gas ad inizio depressurizzazione pari a 1,730 m³.



Curva di depressurizzazione di un serbatoio GNL

Il valore della portata di picco comprende la depressurizzazione contemporanea del serbatoio coinvolto nell'evento di incendio e dei due serbatoi ad esso contigui.

Il valore della portata ottenuta tra le pressioni di 6 e 4 barg in un intervallo temporale di 15 minuti è pari a 55,922.2 kg/h.

8.5 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI DIMENSIONAMENTO

La seguente tabella riporta i risultati dei calcoli derivanti dai vari scenari considerati per il dimensionamento del sistema di scarico di emergenza in atmosfera.

Descrizione evento dimensionante	Portata di vapore (kg/h)
Portata Normale	8,869
PSV di un serbatoio	8,117
Evento incendio esterno di un serbatoio	4,165
Portata Accidentale	16,985
Depressurizzazione di tre serbatoi	55,922

L'evento dimensionante è rappresentato dalla depressurizzazione di tre serbatoi di GNL, a cui corrisponde una portata pari a 55,922 kg/h.

Sulla base di tale valore sono stati eseguiti i calcoli di dimensionamento dei componenti del sistema di scarico.

9 CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO LINEE E APPARECCHIATURE

9.1.1 CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO DEL CAMINO E DEL COLLETTORE DEL BOG

Il dimensionamento del camino e del collettore del vapore sono eseguiti in accordo allo standard API 521 considerando un valore del numero di Mach compreso nell'intervallo tra 0.2 e 0.5.

Di seguito si riporta l'equazione del numero di Mach utilizzata per il calcolo del diametro:

$$Ma = 3.23 \times 10^{-5} \left(\frac{q_m}{p_2 * d^2} \right) * \left(\frac{Z * T}{M} \right)^{0.5} \quad \text{API 521 eq. 27}$$

q_m	portata in massa di vapore per l'evento dimensionante (comp. pesante)	55,922.2 kg/h
M	Peso molecolare	19.2

T	Temperatura di scarico	-144.9°C
Z	Fattore di comprimibilità	1
P_2	Pressione assoluta allo scarico	101.3kPa
Ma	Numero di Mach assunto	0.5

Da cui

d	Diametro del collettore calcolato	309.6 mm
	Di Diametro interno del collettore selezionato	311.1 mm

Si assumerà un diametro pari a 12" per il collettore e per il camino di torcia

9.2 CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO TIP

Il calcolo dell'area di passaggio del TIP è eseguito in accordo allo standard API 521 paragrafo 7.3.4.1 equazione 65.

Per il TIP viene considerato, come valore di riferimento per il dimensionamento, una velocità di scarico di 150 m/s. Le velocità di scarico prossime a questo valore permettono di ottenere una buona dispersione dei gas in atmosfera.

$$A_T = \frac{\dot{m}}{\rho * v}$$

API 521 eq. 65

\dot{m}	portata in massa di vapore per l'evento dimensionante	15.5 kg/s
ρ	densità del vapore alle condizioni di scarico	1.82 kg/m ³
v	velocità di scarico di tentativo	150 m/s

Da cui

d	Diametro del TIP calcolato	268.5 mm
	Di Diametro interno del TIP selezionato	260.3 mm
	Velocità di efflusso calcolata	168.4 m/s

9.3 CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO KODRUM

Il KO Drum sarà di tipo orizzontale con ingresso vapore in corrispondenza di un'estremità e uscita nella parte superiore dell'estremità opposta.

Tale apparecchiatura sarà posizionata sulla linea di scarico della torcia e avrà il compito di separare e raccogliere la massima frazione liquida che può essere associata allo scarico di emergenza.

Il dimensionamento è eseguito in accordo allo standard API 521, considerando i seguenti dati di dimensionamento:

Portata di vapore	55,922.2 kg/h
Diametro goccioline	300µm
Volume di liquido estratto dalle linee di drenaggio	0.8 m ³
Volume di hold up (30 min.)	8.7 m ³
Densità GNL	483.3 kg/m ³
Densità vapore	1.61 kg/m ³
Velocità di trascinamento	1.03 m/s

Dai risultati del calcolo sono state ottenute le seguenti dimensioni principali di ingombro del KO Drum di torcia:

Diametro	2.8 mt
Lunghezza	5 mt

9.4 DATI DI OUTPUT

Nella seguente tabella vengono riassunti i dati estratti dai calcoli di dimensionamento precedentemente esposti.

Item	Portata max (kg/h)	Velocità del vapore (m/s)	Temperatura del vapore (°C)	Pressione di riferimento (barA)	Diametro/Dimensioni (inch/m)
Collettore del BOG	55,922.2	111.5	-144.9	1.01	12"
Camino di Torcia		111.5	-		12"
Tip		168.4	-		10"
Separatore (KO Drum)		2.88	-		2.8/5

0	FAC	PRIMA EMISSIONE	12/05/2015	BOTTA	CAVANDOLI
1	FUS	SECONDA EMISSIONE	29/06/2015	BOTTA	CAVANDOLI
2	FUS	TERZA EMISSIONE	06/07/2015	BOTTA	CAVANDOLI
REV.	ST.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO



P920CDKK006

REPORT DI VERIFICA IRRAGGIAMENTO E DISPERSIONE VENT/FLARE

06/07/2015	PRIMA EMISSIONE	MDH	TP	PP
DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLL.	APPROVATO

1	ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
2	RIFERIMENTI	3
3	INTRODUZIONE GENERALE	4
4	SCOPO DEL LAVORO	4
5	BASI DI PROGETTO E VERIFICA	5
	Geometria del vent/torcia.....	5
	Composizione GNL di riferimento	5
	Condizioni ambientali.....	6
	Portata scaricata.....	7
	Localizzazione vent/torcia.....	7
6	METODOLOGIA	7
7	RISULTATI	8
	Risultati Analisi di Dispersione.....	8
	Risultati Analisi di Irraggiamento.....	9
8	CONCLUSIONI	20
	Conclusioni Analisi di Dispersione Gas	20
	Conclusioni Analisi di Irraggiamento.....	20

1 ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

I seguenti acronimi e abbreviazioni saranno utilizzati all'interno del presente documento e nei documenti di progetto:

BOG	Boil Off Gas
BOR	Boil Off Rate
GNL	Gas Naturale Liquefatto
LFL	Lower Flammable Limit (Limite Inferiore di Infiammabilità)

2 RIFERIMENTI

Documenti di Riferimento

1. P920IDKM001 – Layout sistemazione apparecchiature principali
2. P920NBKJ001 – Basic Engineering Design Data (BEDD)
3. P920GFKC001 – Studio Meteomarinario Preliminare
4. P920SPKK004 - PFD Sistema drenaggi sfiato e torcia
5. P920STKK004 - P&ID Sistema drenaggi, sfiati e torcia
6. P920CDKK006 - Report di Dimensionamento Vent/Flare
7. Caratteristiche Diffusive dei Bassi Strati dell'Atmosfera, ENEL e S.M.A.M., 1981 - Elaborazione Dati Meteorologici

Leggi e Standard di Riferimento

UNI EN 1473 “Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) - Progettazione delle installazioni di terra”

Decreto Ministeriale del 9 Maggio 2001 – Pianificazione Territoriale

UNI 10349 “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici”

3 INTRODUZIONE GENERALE

La società EDISON S.p.A. intende realizzare all'interno dell'area industriale del Porto di Oristano un terminale di ricezione e distribuzione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) di piccola taglia, con lo scopo di rifornire le utenze industriali e civili della Regione Sardegna.

Il progetto prevedrà l'implementazione di una filiera per il trasporto del gas naturale liquido (GNL) a mezzo di navi metaniere sino al terminale di ricezione per lo stoccaggio e la successiva distribuzione mediante l'utilizzo di autocisterne e di imbarcazioni (LNG tankers).

L'impianto di ricezione e rigassificazione GNL sarà progettato per stoccaggio nominale pari a 10,000 m³ di gas naturale liquefatto (GNL).

L'opera prevede la realizzazione degli interventi infrastrutturali e impiantistici necessari a:

- consentire l'attracco delle navi metaniere e il trasferimento del prodotto liquido (GNL) dalle stesse ai serbatoi di stoccaggio attraverso tubazioni criogeniche;
- permettere la misura del GNL e consentirne la distribuzione attraverso operazioni di bunkering su imbarcazione ("terminal to ship") e autocisterne ("terminal to truck").

4 SCOPO DEL LAVORO

Il presente documento illustra l'analisi e la verifica del sistema vent/torcia che si prevede di realizzare nel Terminale di Oristano. Il sistema di scarico a vent o a torcia sarà attivo solo in condizioni di emergenza. Allo stato attuale è in corso di definizione se si tratterà di vent o di torcia. Ai fini della presente verifica, saranno analizzate entrambe le soluzioni.

In particolare la verifica effettuata comporta:

- la determinazione dei livelli di irraggiamento attesi in caso di rilascio in emergenza da vent innescato o scarico di emergenza a torcia,
- l'analisi della dispersione di gas infiammabile non innescato rilasciato da vent in emergenza o in caso di malfunzionamento al sistema di innesco della torcia stessa, per verificare che a terra o ad altezze significative in impianto non siano raggiunte concentrazioni pericolose di infiammabilità.

I calcoli degli irraggiamenti oggetto del presente documento sono stati effettuati con il programma FLARESIM 3.0, software specializzato nella simulazione di irraggiamento da torcia; la dispersione di gas infiammabili è stata invece valutata con il software Phast 6.7, che include modelli per la simulazione di rilasci in atmosfera di gas o liquidi infiammabili/tossici.

5 BASI DI PROGETTO E VERIFICA

Geometria del vent/torcia

I principali dati geometrici del vent/torcia, in termini di altezze e diametri, sono riportati nella seguente tabella.

	Altezza [m]	Diametro ["]
Stack	35	12
Tip	1	10

Composizione GNL di riferimento

Sono state analizzate due composizioni di riferimento per il GNL che verranno ricevute dal terminale: leggero (minimo peso molecolare) e pesante (massimo peso molecolare). La tabella seguente riporta le caratteristiche e la composizione per i due casi; i componenti C4+ sono stati conservativamente assimilati all'i-Butano.

		Leggero	Pesante
Metano	% vol	90.90	82.58
Etano	% vol	6.43	12.62
Propano	% vol	1.66	3.56
i-Butano	% vol	0.74	0.65
Azoto	% vol	0.27	0.59
Ossigeno	% vol	0	0
Acqua	% vol	0	0
Peso molecolare	kg/kmol	17.75	19.16
PCI	MJ/kg	49.29	48.72
Densità liquido ⁽¹⁾	kg/m ³	456.9	483.26
Temperatura	°C	-161.6	-162.1

⁽¹⁾ alle condizioni di pressione atmosferica standard 1.01 barA.

Per la simulazione dell'irraggiamento è stata considerata la reale composizione del gas. Il software FLARESIM è un programma dedicato in grado di tenere conto della composizione di dettaglio della corrente di processo.

Per quanto riguarda la dispersione, considerata l'alta percentuale di metano presente e le basse percentuali di etano, propano e isobutano e le caratteristiche del software adottato Phast, la corrente è stata considerata costituita da metano puro.

Condizioni ambientali

A valle dell'analisi dell'Elaborazione Dati Meteorologici della Stazione Meteorologica A.M. 540 di Oristano (Rif. [6]), le condizioni ambientali di riferimento per il sito ed utilizzate per effettuare le simulazioni sono presentate nella seguente tabella.

Temperatura ambiente	15°C
Umidità	80%
Radiazione solare	0.32 kW/m ² (1)

Nota 1: Il valore 0.32 kW/m² è stato calcolato a partire da dati riportati nella normativa UNI 10349 che presenta i valori di radiazione solare mensile diretta e diffusa sul piano orizzontale in Italia. Si evidenzia che la verifica del dimensionamento del vent/torcia è stata svolta sulla base dei valori di irraggiamento riportati nella normativa europea EN 1473, "Installation and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations", che riportano i valori di irraggiamento limite esclusa la radiazione solare

Per la dispersione sono state effettuate le simulazioni nelle classi meteo sotto indicate al fine di valutare l'effetto delle diverse stabilità atmosferiche sulla dispersione.

Si noti che le classi analizzate riportate nel seguito, sono state indicate come nX, dove n è la velocità del vento adottata e X è la classe di stabilità atmosferica di Pasquill associata:

- 2F;
- 5D;
- 8D;
- 12D.

Per quanto riguarda l'irraggiamento, dal momento che tale fenomeno non è sostanzialmente influenzato dalla stabilità atmosferica ma dalla velocità del vento, sono state effettuate solamente le simulazioni per la classe meteo più conservativa, 12D. Alla classe 12D corrisponde una velocità del vento di 12 m/s, tale valore è stato scelto in quanto si tratta della velocità del vento che non viene superata nel 90% dei casi annuali, ed è stato ricavato dalla Tabella 5.1 del documento Studio Meteomarina Preliminare, Doc No. P920GFKC001, Rev.1. Il caso 12D, data l'elevata velocità del vento, è quello che presenta una fiamma più inclinata verso terra e che quindi può dare luogo a valori di irraggiamento maggiori a terra e alle altezze di interesse.

Si evidenzia che il vento prevalente proviene da Nord-Ovest, come da analisi riportata nello Studio Meteomarina Preliminare (Rif. [2]).

Portata scaricata

Per entrambe le simulazioni (irraggiamento e dispersione di gas infiammabile) è stata considerata la portata del caso dimensionante, ovvero il blow down contemporaneo di tre dei sette serbatoi di stoccaggio GNL, per un quantitativo totale pari a 55,922 kg/ora (Rif. [5]).

Localizzazione vent/torcia

La localizzazione prevista per il vent/torcia in analisi è visibile nel documento P920IDKM001 "Layout sistemazione apparecchiature principali".

6 METODOLOGIA

Le simulazioni delle dispersioni e degli irraggiamenti dalla torcia sono state effettuate sulla base della geometria del sistema, delle condizioni fisiche e di composizione dei fluidi scaricati e dalle condizioni atmosferiche (temperatura, umidità, velocità del vento, stabilità atmosferica) riportate nel precedente paragrafo.

Le soglie di irraggiamento considerate per lo studio sono state le seguenti (come da Tabelle A.3 e A.4 dell'Allegato A allo standard UNI EN 1473).

- 1.5 kW/m²: valore di interesse per l'impatto aree critiche quali aree non schermate dove persone senza indumenti protettivi possono essere chiamate ad intervenire, ad esempio in caso di emergenza;
- 3 kW/m² valore massimo di esposizione per le aree presidiate esterne all'impianto;
- 5 kW/m²: valore di interesse per la definizione dell'area sterile durante la normale operatività della torcia;
- 9 kW/m²: valore di interesse per la definizione dell'area sterile durante i casi di emergenza;

L'irraggiamento per innesco dello scarico dalla torcia è stato valutato su diversi piani:

- piano orizzontale, altezza del terreno o piano campagna (0 m), per la verifica dell'area sterile;
- piano orizzontale, altezza a 2 m dal terreno (considerata altezza operatore);
- piano orizzontale, altezza a 8.5 m dal terreno, considerata l'altezza dei serbatoi di stoccaggio GNL;
- piano verticale perpendicolare al terreno.

Per quanto riguarda la valutazione della dispersione sono state effettuate simulazioni con il software Phast versione 6.7 per ottenere le distanze e le quote alle quali la nube di gas naturale rilasciato può raggiungere le concentrazioni infiammabili LFL e ½ LFL.

7 RISULTATI

Risultati Analisi di Dispersione

Lo scenario di dispersione è indicativo:

- nel caso di torcia dell'eventualità nella quale il gas che fuoriesce dalla stessa non sia innescato ma si disperda incombusto in atmosfera.
- nel caso di vent è lo scenario di scarico in emergenza normalmente atteso.

Nelle seguenti Figure sono riportati i risultati delle simulazioni con l'andamento dei contorni delle concentrazioni di LFL (corrispondente a $4.40E+04$ ppm) e $\frac{1}{2}$ LFL (corrispondente a $2.20E+04$ ppm) nelle diverse condizioni atmosferiche. In tutti i casi analizzati la nube di infiammabile si mantiene sempre ad una altezza superiore ai 35 m, non raggiungendo mai strutture e/o sistemi in quota presenti in impianto né tantomeno il suolo.

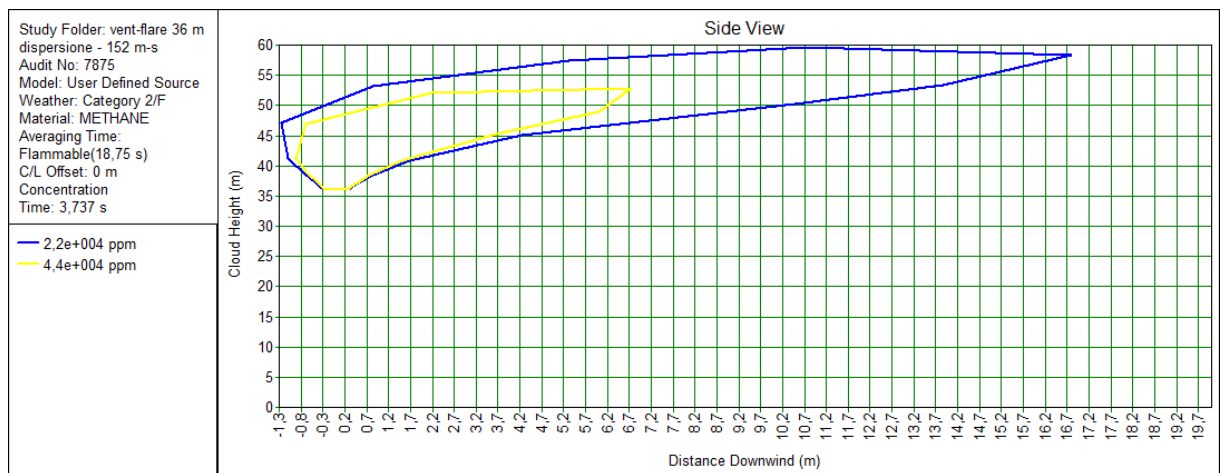


Figura 1 – Dispersione da torcia, condizione meteo 2F

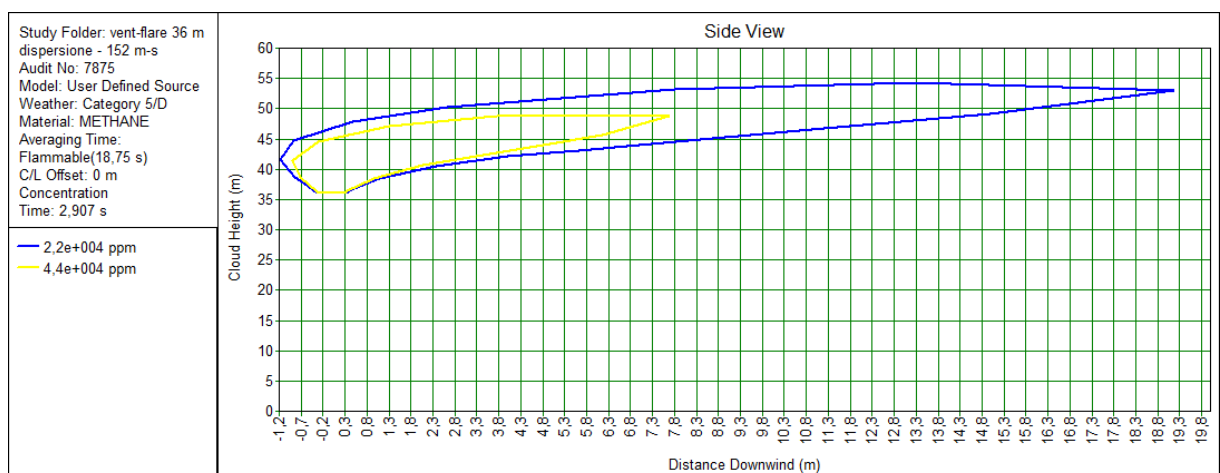
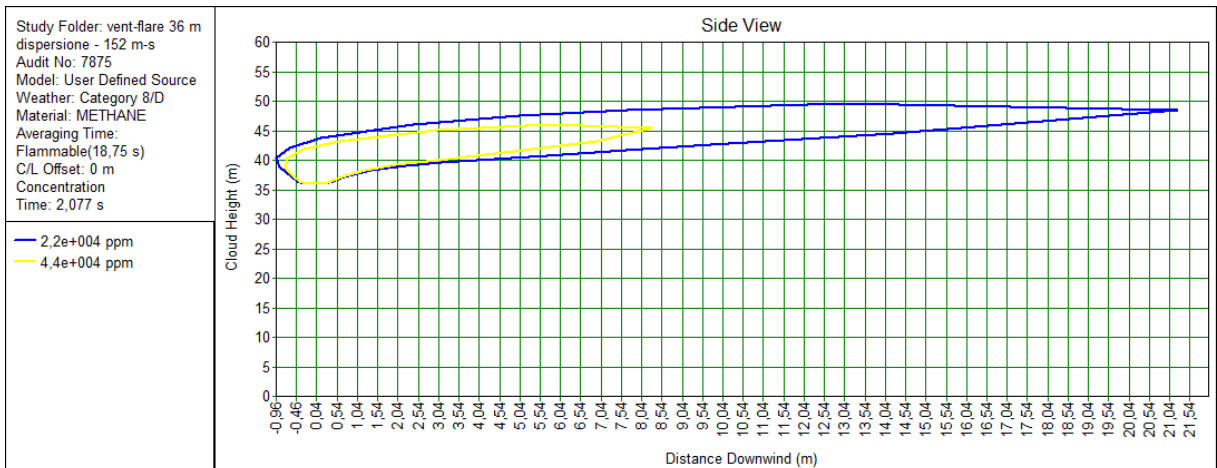
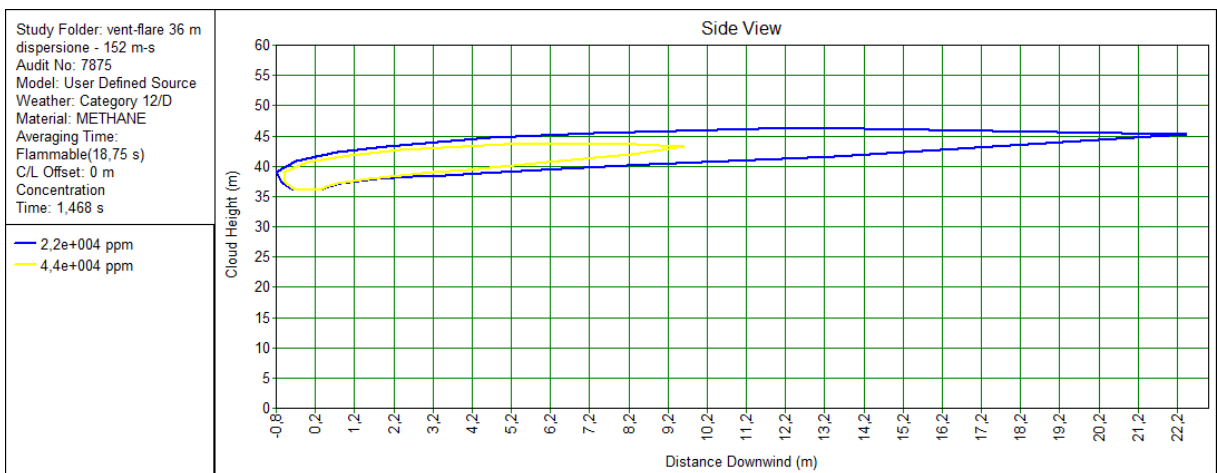


Figura 2 – Dispersione da torcia, condizione meteo 5D


Figura 3 – Dispersione da torcia, condizione meteo 8D

Figura 4 – Dispersione da torcia, condizione meteo 12D

Risultati Analisi di Irraggiamento

Nelle Figure seguenti sono riportati i risultati di irraggiamento, dovuti ad un rilascio in condizioni di emergenza, valutati in condizione meteo 12D.

Lo scenario di irraggiamento è indicativo:

- nel caso di vent dell'eventualità nella quale il gas che fuoriesca dallo stesso sia innescato accidentalmente.
- nel caso di torcia è lo scenario di scarico in emergenza normalmente atteso.

I risultati sono presentati come mappatura delle soglie di irraggiamento valutate sul piano orizzontale al suolo (0 m), sul piano orizzontale a 2 m da terra, sul piano orizzontale a 8.5 m da terra e sul piano verticale per entrambe le composizioni considerate (leggero e pesante).

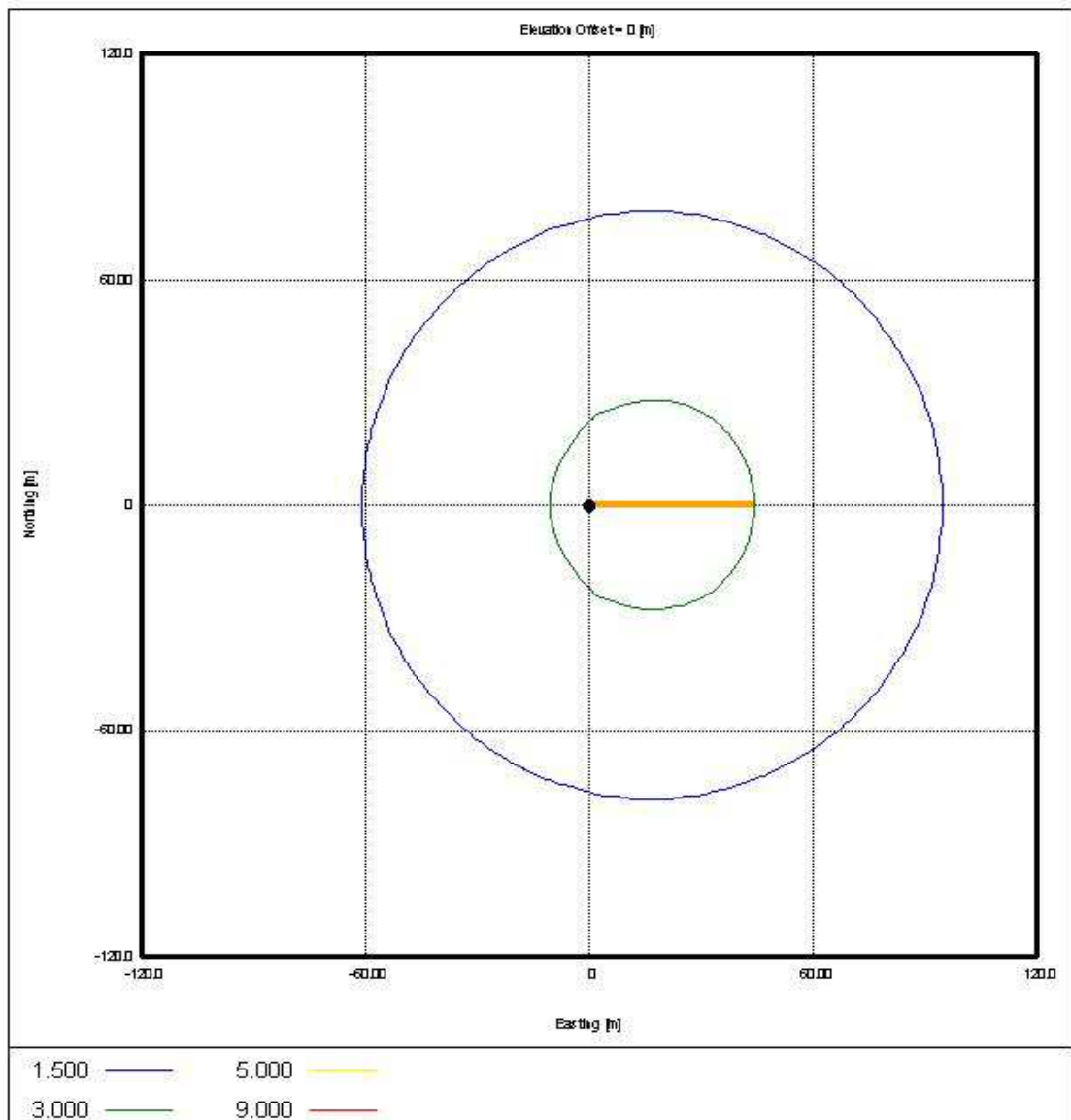


Figura 5 – Composizione “leggero” - Piano orizzontale 0 m

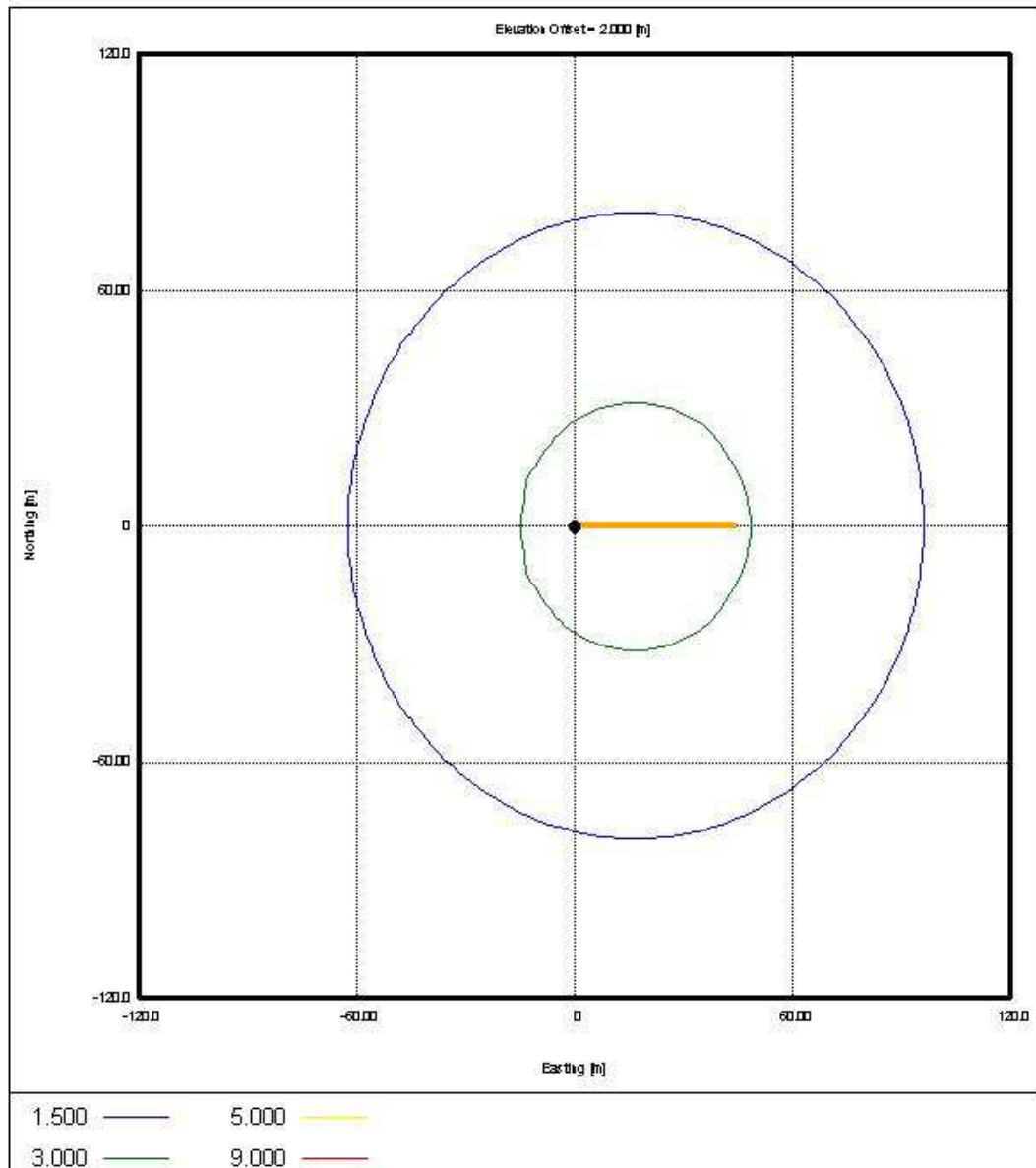


Figura 6 – Composizione “leggero” - Piano orizzontale 2 m

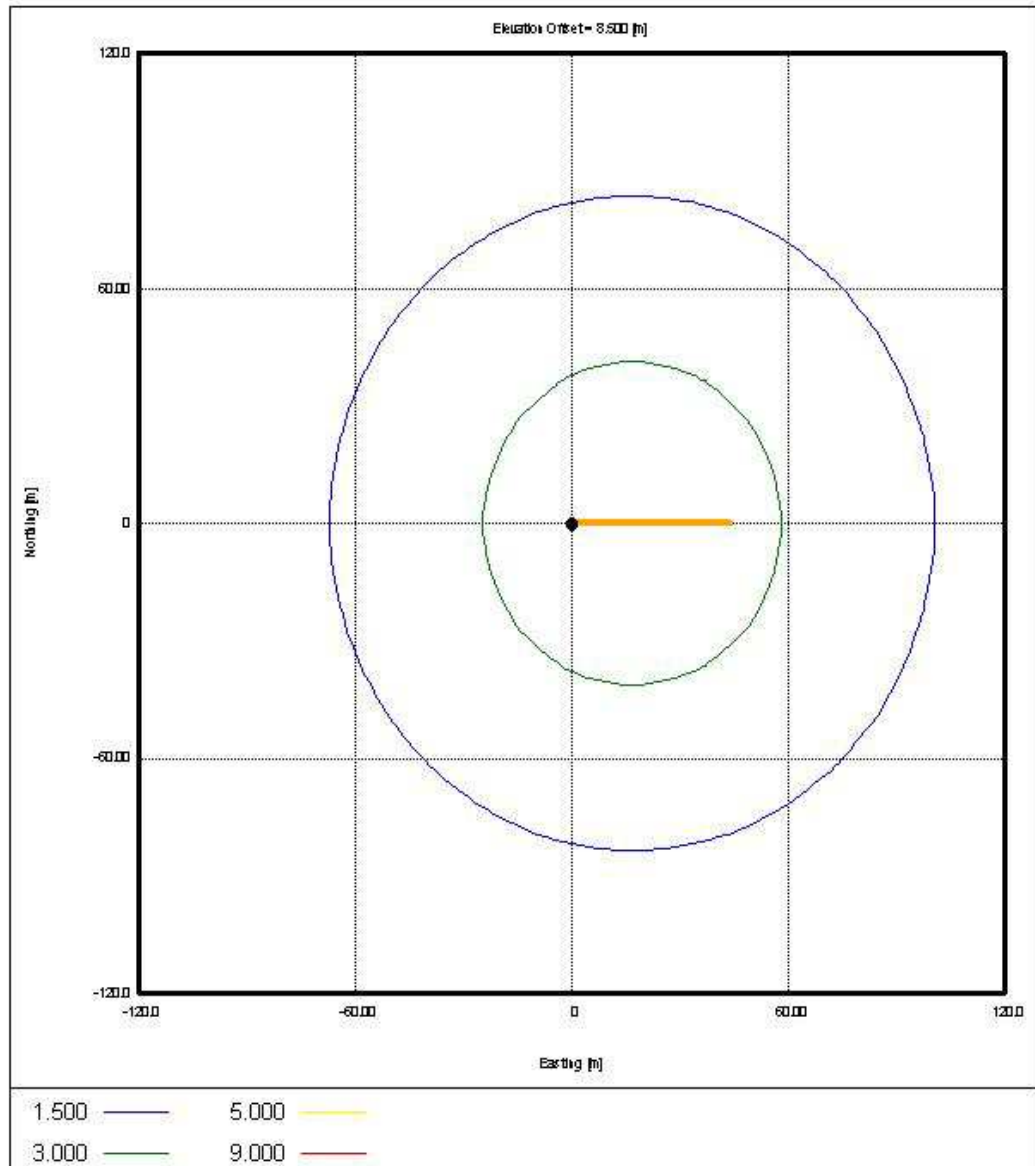
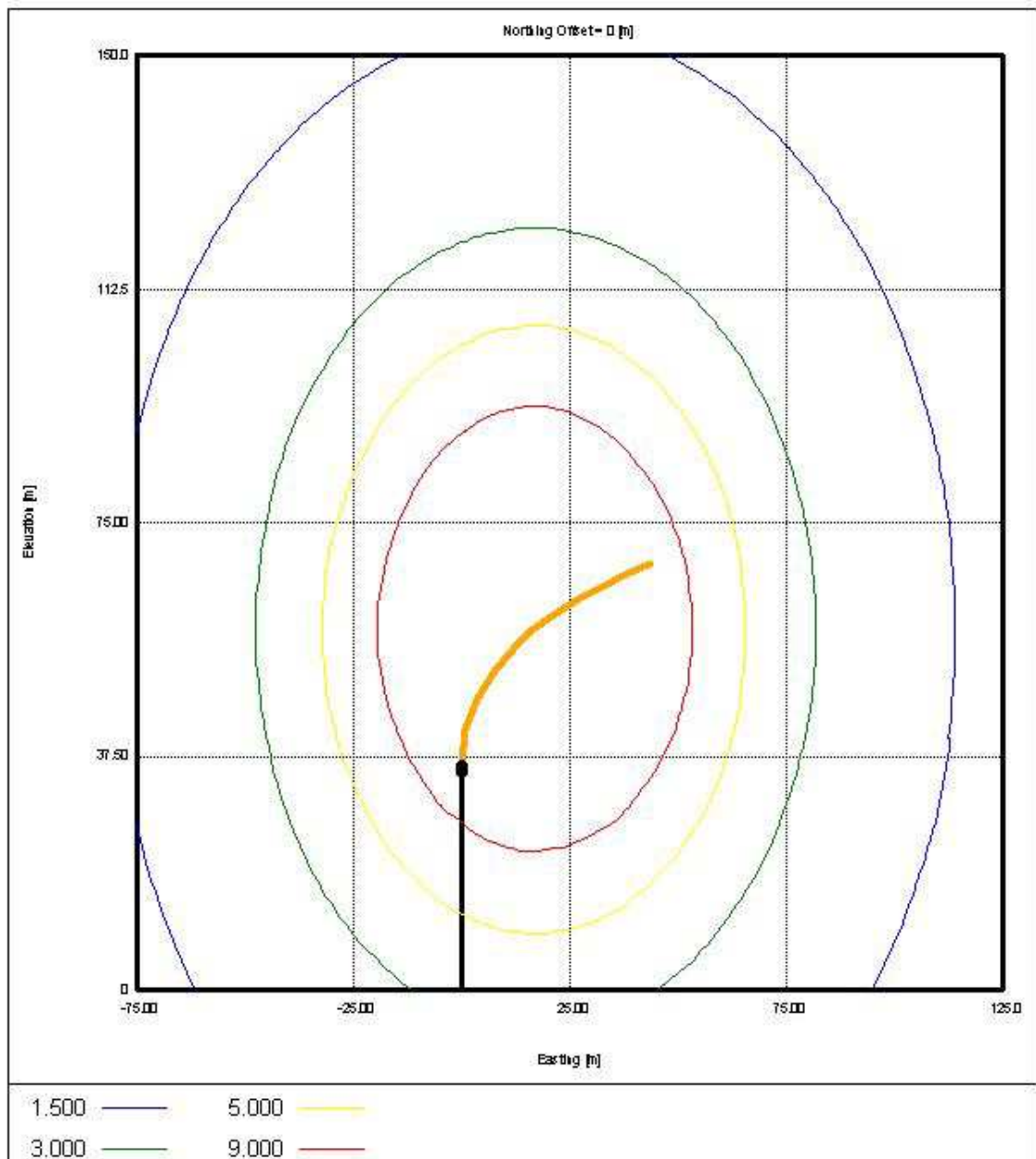


Figura 7 – Composizione “leggero” - Piano orizzontale 8,5 m

**Figura 8 – Composizione “leggero” - Piano verticale**

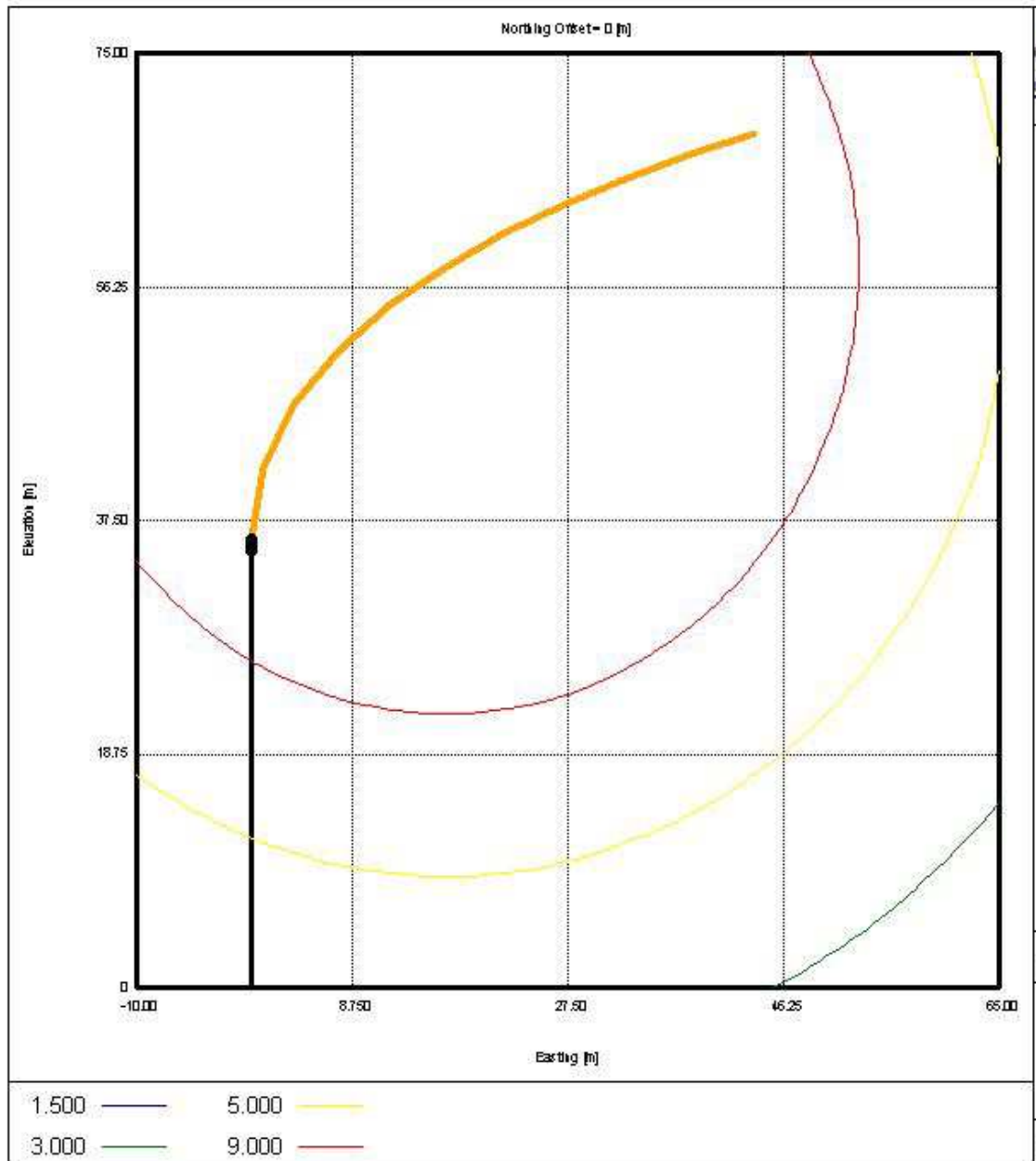


Figura 9 – Composizione “leggero” - Zoom piano verticale

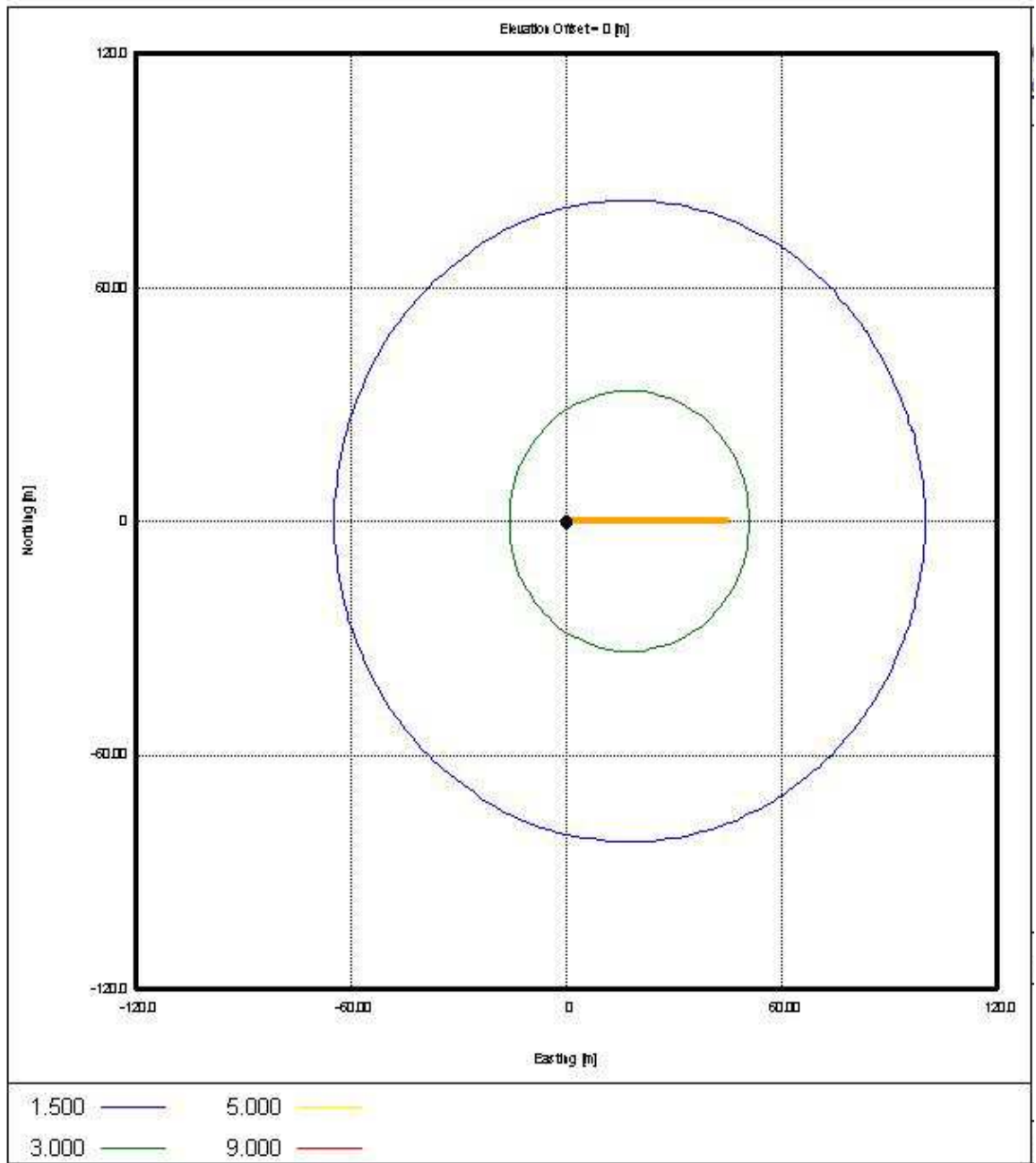


Figura 10 – Composizione “pesante” - Piano orizzontale 0 m

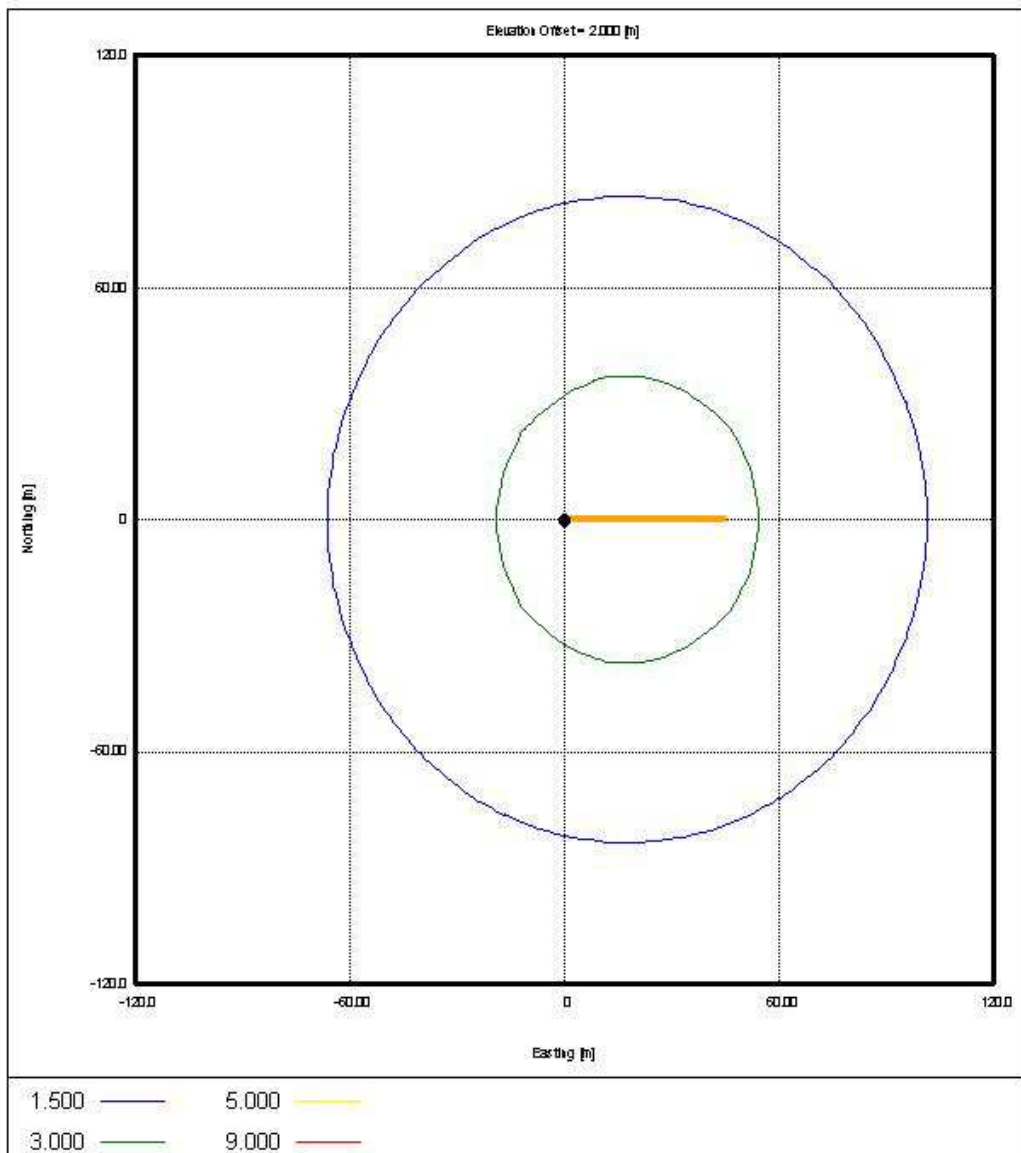


Figura 11 – Composizione “pesante” - Piano orizzontale 2 m

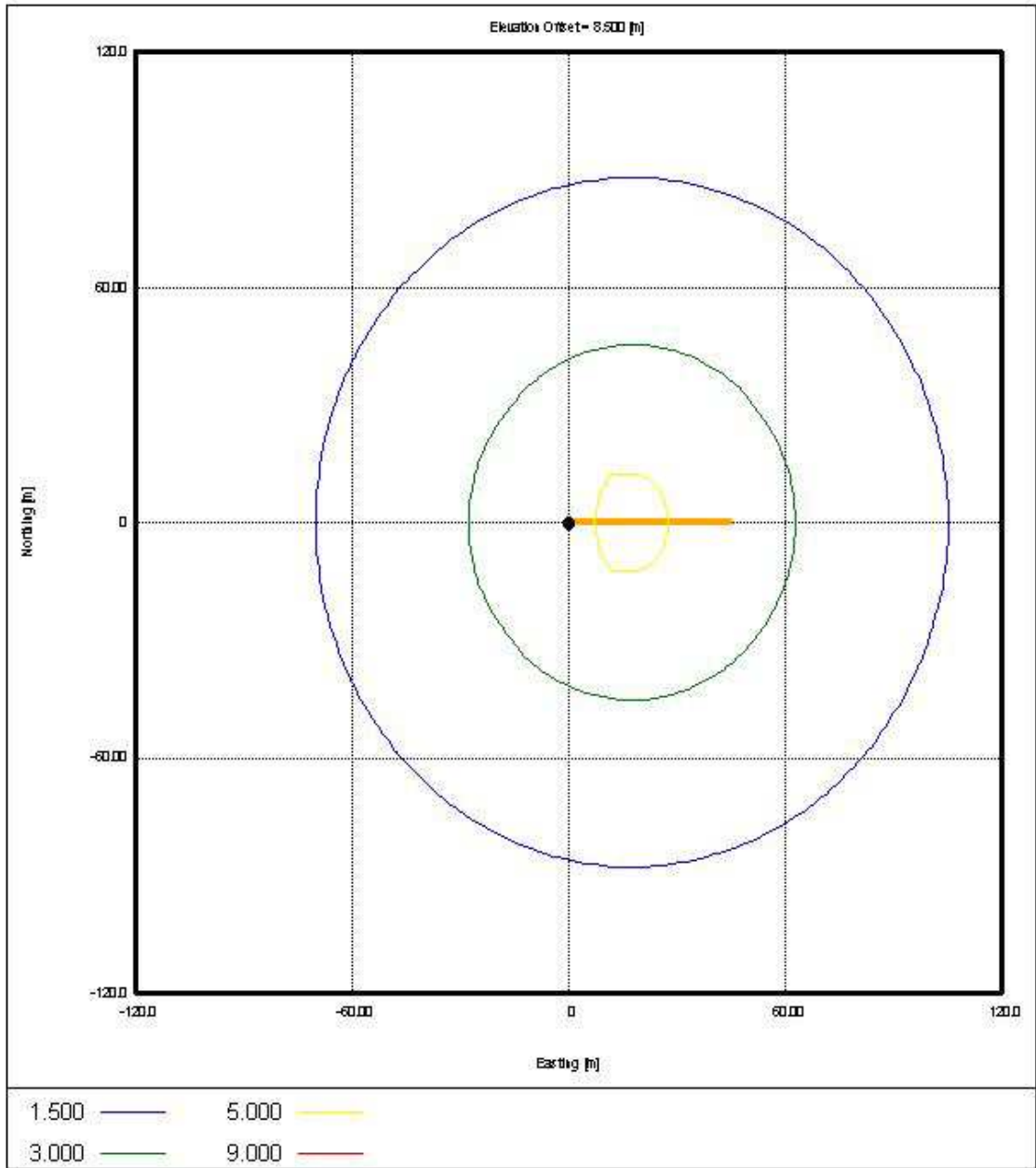


Figura 12 – Composizione “pesante” - Piano orizzontale 8,5 m

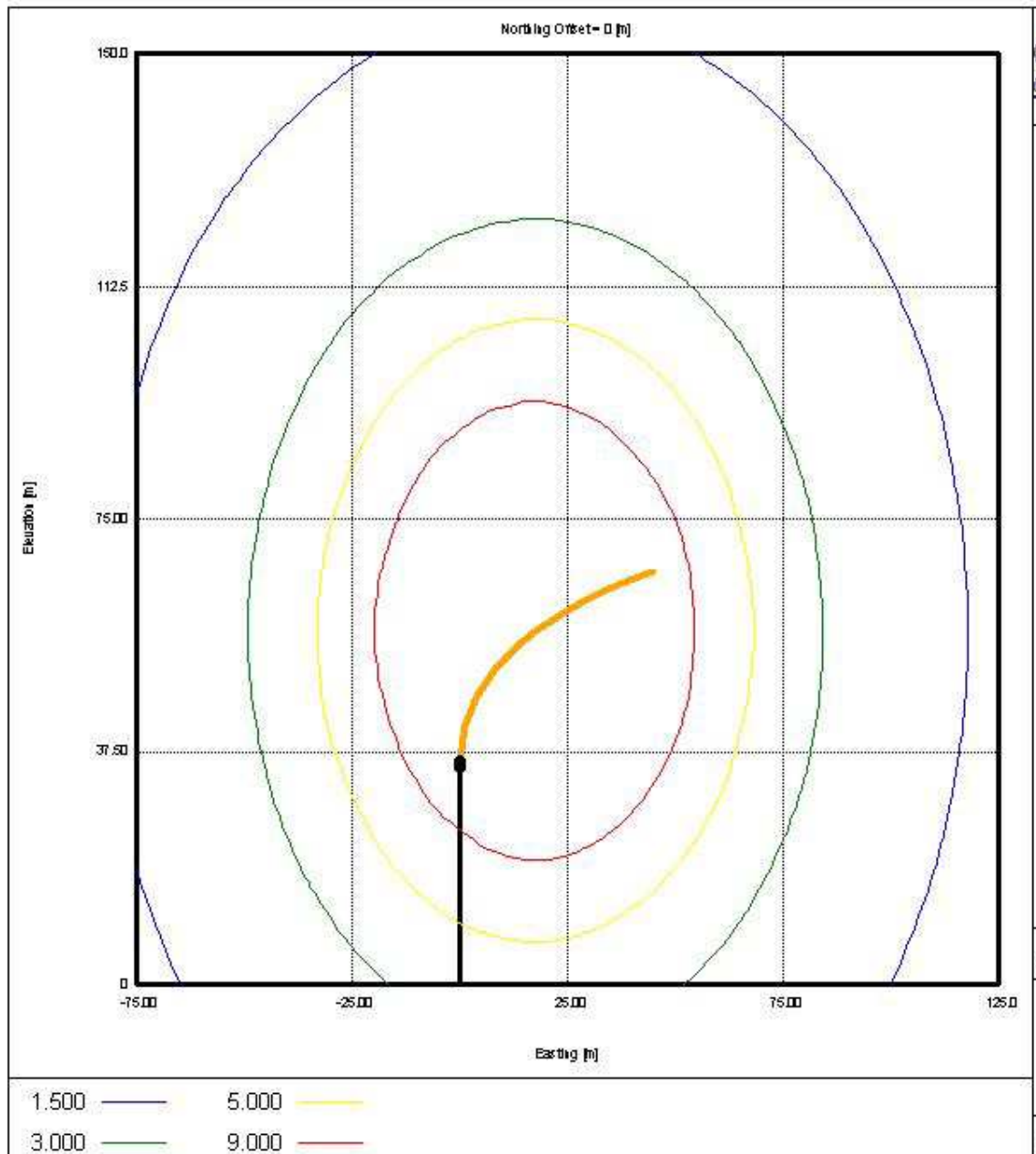


Figura 13 – Composizione “pesante” - Piano verticale

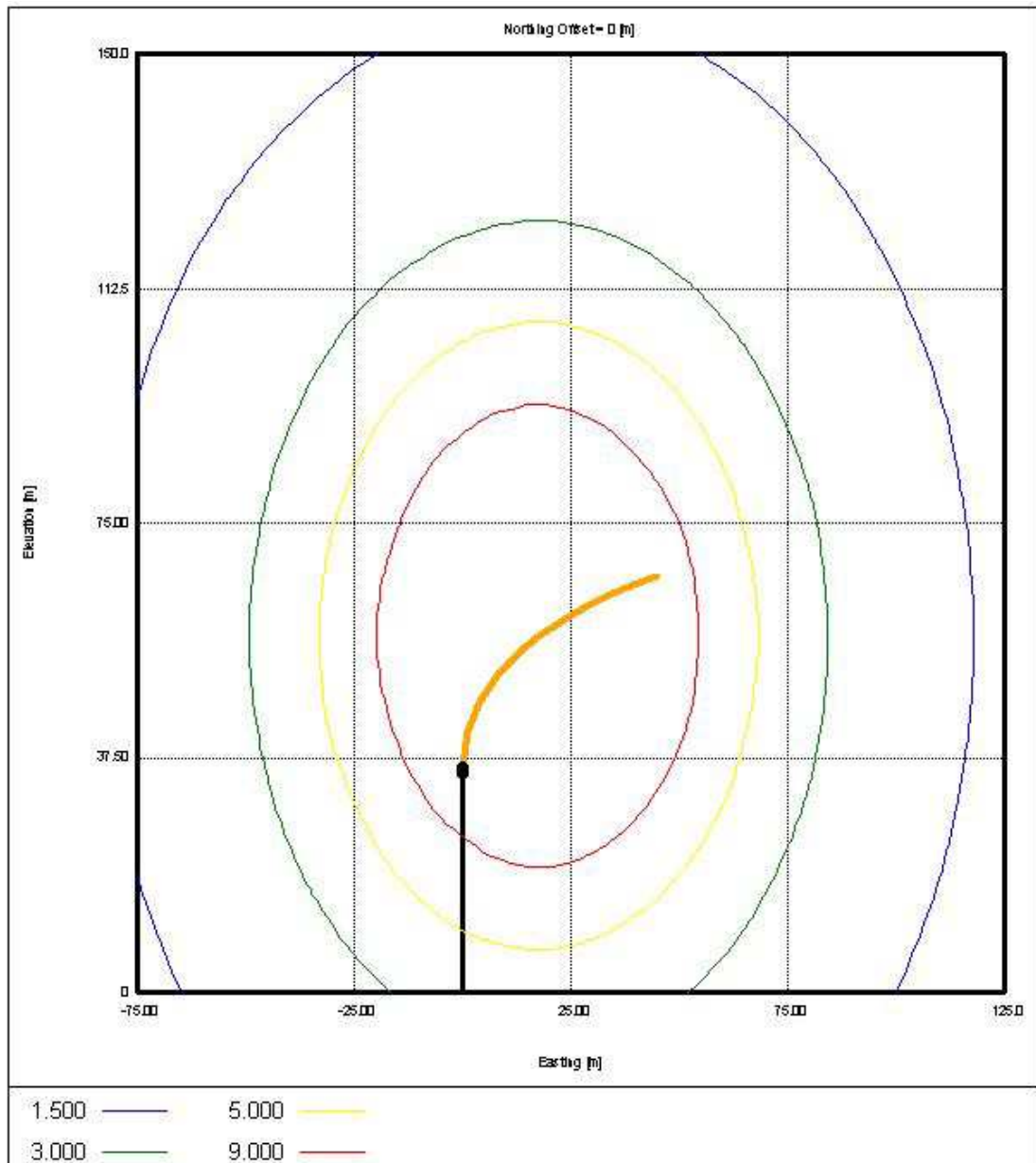


Figura 14 – Composizione “pesante” - Zoom piano verticale

Nella seguente tabella vengono riportate le distanze a cui vengono raggiunti i valori di irraggiamento considerati (1.5 kW/m^2 , 3 kW/m^2 , 5 kW/m^2 e 9 kW/m^2) alle diverse quote (0m, 2m e 8.5m).

Elevazione [m]	Distanze Irraggiamento [m]			
	1.5 kW/m ²	3 kW/m ²	5 kW/m ²	9 kW/m ²
0	98	46	--	--
2	96	48	--	--
8.5	110	62	--	--

Tabella 1 – Distanze irraggiamento - composizione GNL “leggero”

Elevazione [m]	Distanze Irraggiamento [m]			
	1.5 kW/m ²	3 kW/m ²	5 kW/m ²	9 kW/m ²
0	101	52	--	--
2	102	54	--	--
8.5	105	58	27	--

Tabella 2 – Distanze irraggiamento – composizione GNL “pesante”

Come evidenziato dai risultati forniti nelle Tabelle sopra riportate l'irraggiamento di 9 kW/m² non viene mai raggiunto alle altezze considerate; l'irraggiamento di 5 kW/m² viene raggiunto solo a 8.5 m di altezza e solamente nel caso di composizione “pesante”, tale soglia viene raggiunta unicamente all'interno dell'area che viene definita sterile.

8 CONCLUSIONI

Conclusioni Analisi di Dispersione Gas

In tutti i casi (per le soglie di concentrazione considerate) la nube di vapori infiammabili si mantiene sempre ad altezze superiori rispetto al punto di emissione (35 m).

Le concentrazioni infiammabili non raggiungono nessuna struttura o area d'impianto, l'altezza massima degli equipment in impianto è 8.5 m, corrispondente all'altezza dei serbatoi di stoccaggio.

Conclusioni Analisi di Irraggiamento

Per verificare l'adeguatezza dell'ampiezza dell'area sterile e dell'altezza del vent/torcia, si è fatto riferimento ai valori di irraggiamento raccomandati nelle Tabelle A.3 e A.4 all'Allegato A dello standard UNI EN 1473:

Attrezzature e strutture all'interno del confine di impianto	Massimi Valori di Irraggiamento [kW/m ²]	
	Normale	In Emergenza
Tipo di Scarico		
Picco all'interno dell'area sterile	5	9
Margine estremo dell'area sterile	n.a.	5
Strade e aree aperte	3	5
Serbatoi e attrezzature di processo	1,5	5
Sale controllo, officine, laboratori, magazzini, etc.	1,5	5
Uffici	1,5	5

Tabella 3 – Flusso di radiazione termica ammissibile escluso radiazione solare all'interno del confine di impianto (Tabella A.3 dell'Allegato A dello standard UNI EN 1473)

Fuori dal confine di impianto	Massimi Valori di Irraggiamento [kW/m ²]	
	Normale	In Emergenza
Tipo di Scarico		
Aree Remote (aree non frequentemente occupate da un numero ristretto di persone, quali ad es. aree coltivate)	3	5
Aree Critiche (aree non schermate dove persone senza indumenti protettivi possono essere chiamate ad intervenire, ad esempio in caso di emergenza)	1,5	1,5
Altre Aree includono tipicamente aree presidiate esterne all'impianto non sotto il controllo dell'utilizzatore dell'impianto GNL	1,5	3

Tabella 4 – Flusso di radiazione termica ammissibile escluso radiazione solare all'esterno del confine di impianto (Tabella A.4 dell'Allegato A dello standard UNI EN 1473)

All'interno dell'area sterile, di raggio 30 m, in caso di rilascio in condizioni di emergenza, gli irraggiamenti non superano 9 kW/m² raccomandati dalla normativa UNI EN 1473 appunto nel caso di rilascio in emergenza, né 5 kW/m² raccomandati dalla stessa normativa in caso di rilascio normale (vedi Tabella 3).

Si evidenzia inoltre che al margine estremo dell'area sterile, gli irraggiamenti sono inferiori ai 5 kW/m² raccomandati dalla normativa in caso di rilascio in condizioni di emergenza.

I serbatoi di stoccaggio GNL, considerate attrezzature sensibili, si trovano a circa 90 m dal vent/torcia e non vengono raggiunti da valori di irraggiamento superiori a

5 kW/m², che all'altezza di 8.5 m arrivano solamente fino a 27 m di distanza dalla torcia, peraltro all'interno dell'area sterile.

Anche Sale controllo, Officine, Laboratori, Magazzini e Uffici, localizzati nell'area Sud dell'impianto, posizionati a circa 180 m di distanza dalla torcia, non vengono raggiunti da irraggiamenti significativi.

Al livello del suolo, all'esterno dei limiti di impianto, si possono avere irraggiamenti di 1.5 kW/m² a una distanza di circa 65 metri dai limiti di impianto e di 3 kW/m² ad una distanza di circa 40 metri dai limiti di impianto. Tali irraggiamenti sono compatibili con quanto previsto dallo standard UNI EN 1473 che prevede che per Aree Remote i massimi valori di irraggiamento consentiti in emergenza siano di 5 kW/m². Gli irraggiamenti sono compatibili anche con quanto previsto dal D.M. 9 Maggio 2001. In particolare, la zona a Nord limitrofa al terminale si ritiene possa essere considerata di Categoria F, definita come "Area entro i confini dello stabilimento o Area limitrofa allo stabilimento, entro la quale non sono presenti manufatti o strutture in cui sia prevista l'ordinaria presenza di gruppi di persone." Tale categoria è compatibile con irraggiamenti di 3 kW/m².

In conclusione, il vent/torcia è tale da non esporre a irraggiamenti pericolosi né il personale che transita in tutto l'impianto, comprese le strade di impianto limitrofe all'area sterile, né alcun serbatoio o attrezzatura di processo. Gli irraggiamenti massimi consentiti nelle aree esterne all'impianto sono anch'essi tali da non comportare pericoli per la popolazione.