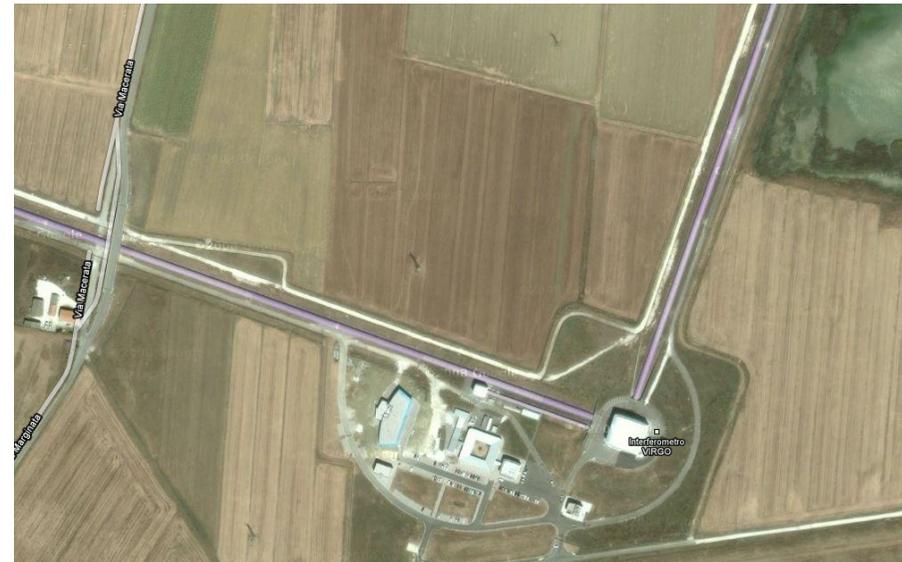




# Studio preliminare del sistema di distribuzione LN2 per l'interferometro VIRGO

Cascina – 18-03-2010



- ➔ Descrizione del sistema criogenico
- ➔ Dati relativi al sito
- ➔ Soluzioni impiantistiche:
  - Serbatoi
  - Linee per azoto liquido
  - Linee per azoto gassoso
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento
- ➔ Logistica rifornimenti
- ➔ Stima dei consumi di LN2
- ➔ Impatto economico
- ➔ Conclusioni

→ Caratteristiche di progetto delle trappole:

- |                              |               |
|------------------------------|---------------|
| – Fluido                     | Azoto liquido |
| – Pressione di erogazione    | 1,5 bar g     |
| – Volume geometrico trappola | 200 l         |
| – Potenza termica entrante   | 300 W         |
| – Numero totale di trappole  | 4             |
| – Vita stimata               | 10 anni       |

- Il sistema di stoccaggio ed alimentazione dell'azoto liquido, per le 4 trappole criogeniche deve avere le seguenti caratteristiche principali:
- essere sicuro ed affidabile;
  - garantire un limitato consumo di prodotto;
  - garantire una riserva di liquido sufficiente ad un funzionamento senza rischio di interruzioni;
  - avere un impatto sull'operabilità dell'interferometro (per es. vibrazioni) ridotto al minimo;
  - prevedere un sistema di convogliamento del gas esausto proveniente dalla trappola;
  - prevedere un sistema di vaporizzazione e surriscaldamento del gas, per le operazioni di bonifica delle trappole.

- ➔ Descrizione del sistema criogenico
- ➔ Dati relativi al sito
- ➔ Soluzioni impiantistiche:
  - Serbatoi
  - Linee per azoto liquido
  - Linee per azoto gassoso
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento
- ➔ Logistica rifornimenti
- ➔ Stima dei consumi di LN2
- ➔ Impatto economico
- ➔ Conclusioni

→ Carichi dovuti alle azioni del vento

$a_0$  500 *m* altitudine s.l.m.

$v_b$  27 *m/s* valore caratteristico velocità del vento della regione in esame

$k_a$  0.02 *1/s*

$a_s$  5 *m* altitudine s.l.m. del sito di installazione

Classe rugosità suolo D

Categoria di esposizione II

$k_r$  0.19

$z_0$  0.05 *m*

$z_{min}$  4 *m*

$ct$  1

### → Carichi dovuti alle azioni del sisma

Categoria del sottosuolo D

Categoria topografica T1

Tipo di analisi SLD Analisi allo Stato Limite di Danno

CU II classe d'uso

VN 50 anni

VR 50 anni

TR 50 anni periodo di ritorno

ag 0.050 g accelerazione orizzontale massima attesa

F0 2.538 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

TC 0.249 s periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

- ➔ Descrizione del sistema criogenico
- ➔ Dati relativi al sito
- ➔ Soluzioni impiantistiche:
  - Serbatoi
  - Linee per azoto liquido
  - Linee per azoto gassoso
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento
- ➔ Logistica rifornimenti
- ➔ Stima dei consumi di LN2
- ➔ Impatto economico
- ➔ Conclusioni

- L'impianto di stoccaggio e distribuzione consta dei seguenti apparati:
- Serbatoio di stoccaggio di LN2;
  - Linee di trasferimento LN2 dal serbatoio alla trappola;
  - Valvola di regolazione della portata di liquido in ingresso alla trappola;
  - Linea di recupero GN2 evaporato dalla trappola e linea di scarico all'atmosfera;
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento azoto per bonifica trappole criogeniche.

## → Inventario di LN2 previsto:

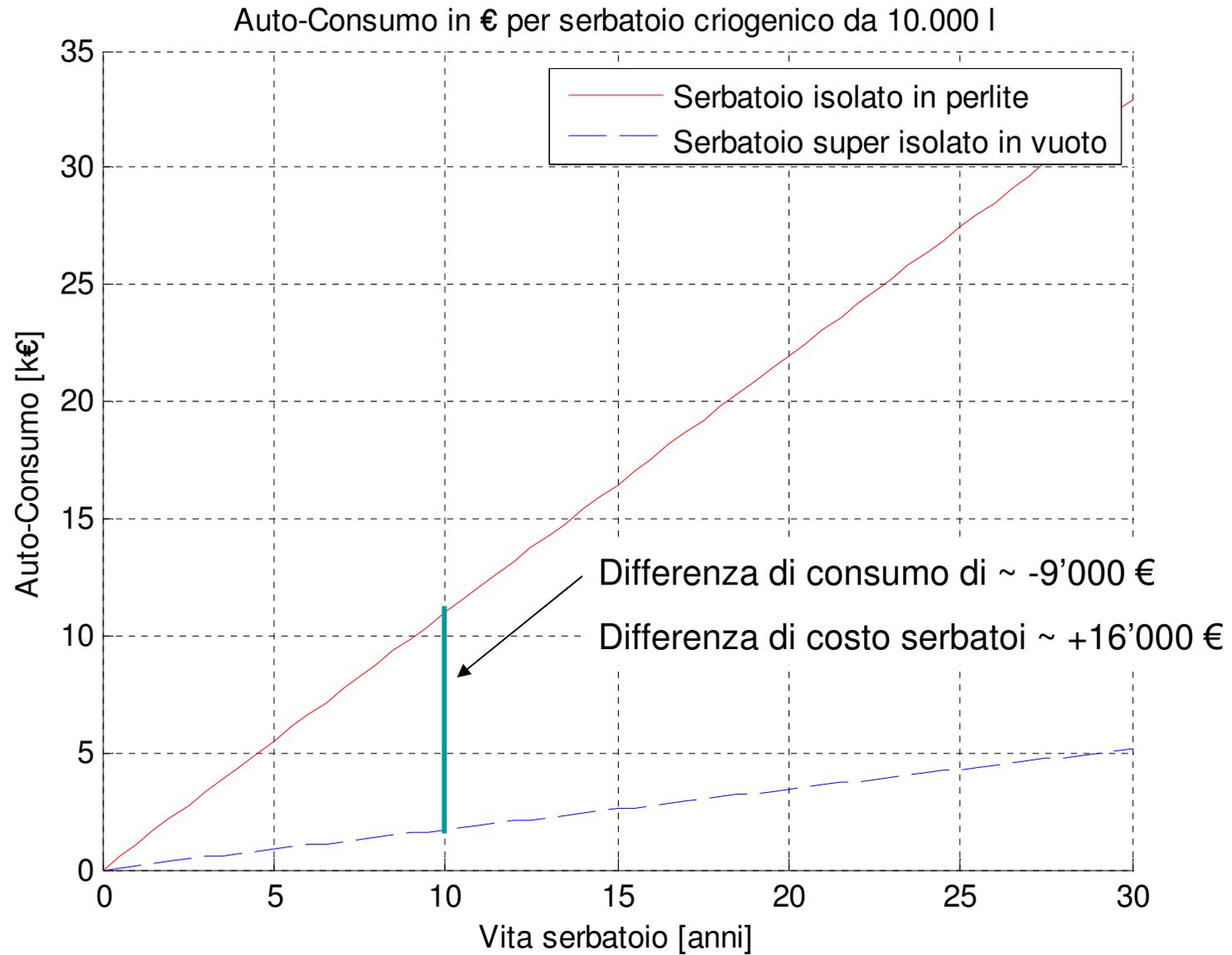
– Pressione di erogazione LN2	1,5 <i>bar g</i>
– Calore latente LN2	194,2 <i>kJ/kg</i>
– Densità liquido saturo	790,25 <i>kg/m<sup>3</sup></i>
– Densità vapore saturo	6.64 <i>kg/m<sup>3</sup></i>
– Potenza termica entrante	300 <i>W</i>
– Massa fredda trappola	495 <i>kg</i>
– Portata di reintegro	1,55 <i>g/s</i>
– Portata LN2 ingresso	7,10 <i>l/h</i>
– Portata GN2 uscita	4520 <i>l/h</i>
– Consumo LN2 per messa a freddo	~640 <i>l</i>
– Ore di funzionamento in continuo	24 <i>h/g</i> x 35 <i>g/m</i> = 840 <i>h</i>
– Inventario stoccaggio	5964 <i>l/ciclo</i> di consumo netto 640 <i>l</i> messa a freddo trappola 200 <i>l</i> inventario liquido trappola

## *Tipologia serbatoi*

- ➔ Serbatoio super isolato sotto vuoto:
  - Auto consumo    circa 1/6 – 1/7 di uno isolato sotto vuoto standard
  - Costo                + 56% rispetto uno isolato sotto vuoto standard
- ➔ Serbatoio isolato in vuoto standard:
  - Auto consumo    circa 6-7 volte quello di uno SISV
  - Costo                - 76% rispetto uno SISV
- ➔ Opzione noleggio:
  - Serbatoio coibentato standard
  - Elevato costo di noleggio su 10 anni
  - Manutenzione inclusa nel contratto

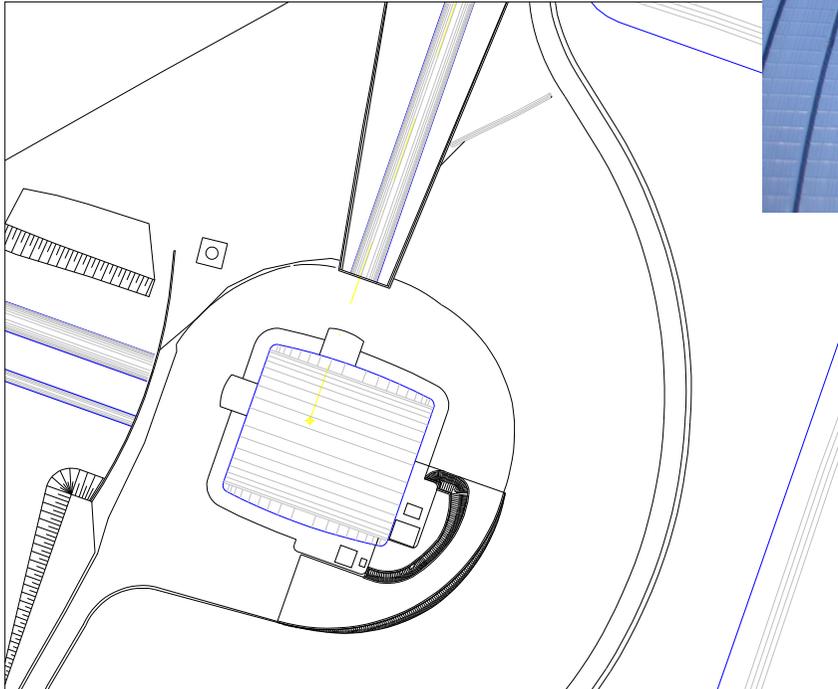


# Soluzioni impiantistiche: serbatoi



## ***Posizionamento***

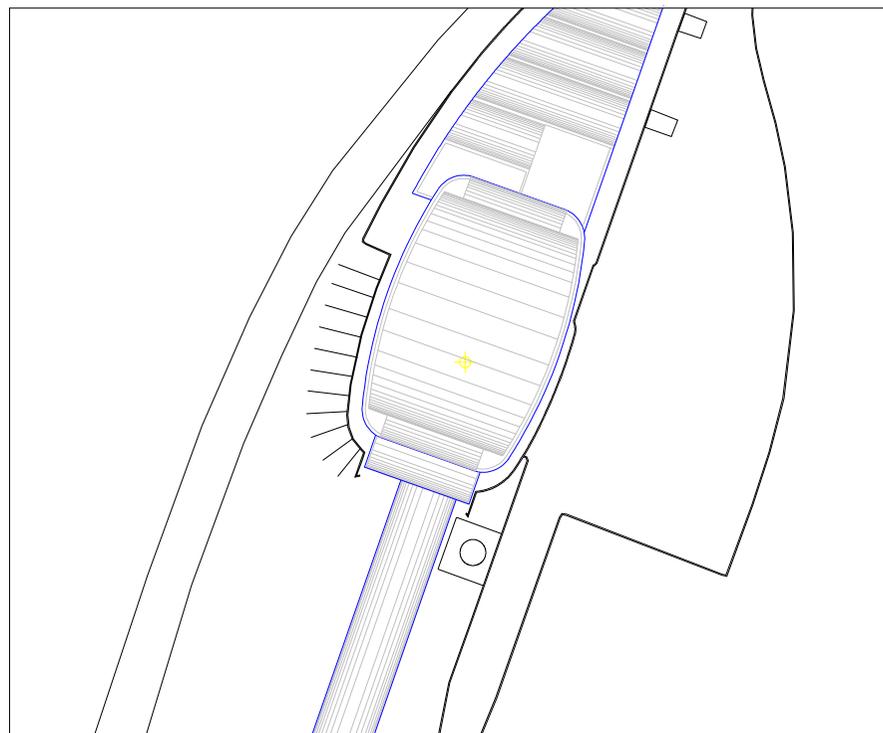
- ➔ Zona edificio centrale:
- 1 serbatoio da 20'000 l, posizionato nel prato fra i due rami
  - 2 linee criogeniche da 52 m e 54 m l'una dal serbatoio alle trappole





## ***Posizionamento***

- ➔ Zona edifici torri Nord ed Ovest:
  - 1 serbatoio da 10'000 l per trappola, posizionato fuori dall'edificio
  - 1 linea criogenica da 22 m, con ingresso dall'alto della volta



## ***Caratteristiche linee criogeniche***

→ Linee super isolate sotto vuoto

→ Dati di progetto:

- Tubo interno  $\Phi$  21.3x1.65 mm: ASTM A312 Tp 304
- Tubo esterno  $\Phi$  60.3x1.5 mm: AISI 304
- Pressione progetto: 16 bar
- Temperatura di progetto: -196 °C
- Pressione di esercizio: 1.5 bar a
- Dispersione termica lineare 0.4 W/m
- Peso lineare 3.7 kg/m

## *Caratteristiche linee criogeniche*

### *Linea DN15*

$dp/m = 1.60E-03$  *mbar/m*

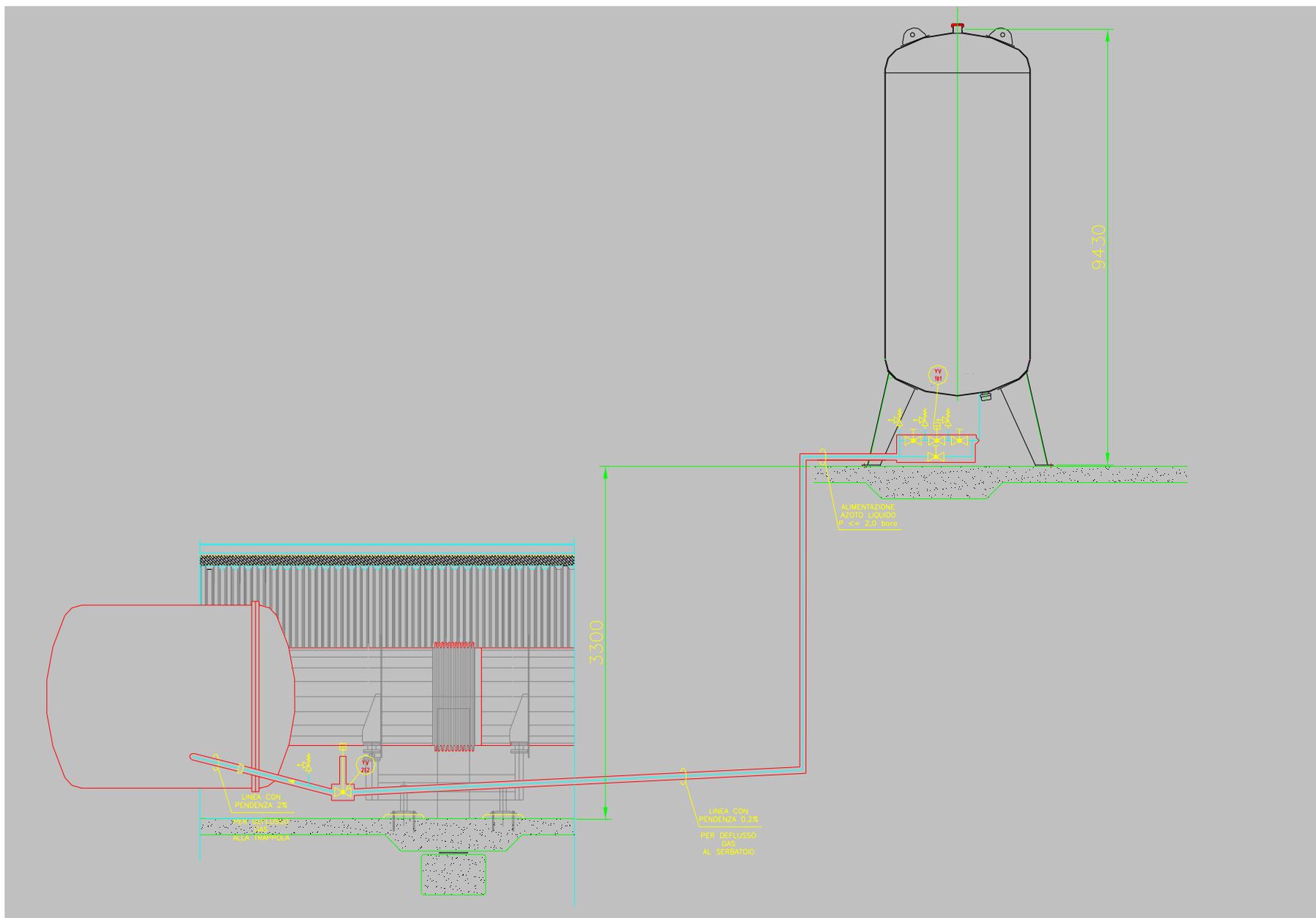
Linea	L [m]	Qtot [W/m]	Qgiunto [W/g]	Q [W]	dp tot [mbar]	<i>Auto-consumo azoto liquido</i>	
						l/h	Ltot 10 anni
T1_N	54	0.36	1.7	34.7	0.09	0.81	71388
T2_N	22	0.36	1.7	14.2	0.04	0.33	29084
T1_W	52	0.36	1.7	33.5	0.08	0.78	68744
T2_W	22	0.36	1.7	14.2	0.04	0.33	29084
<b>Totale =</b>						<b>198299</b>	<b>/</b>

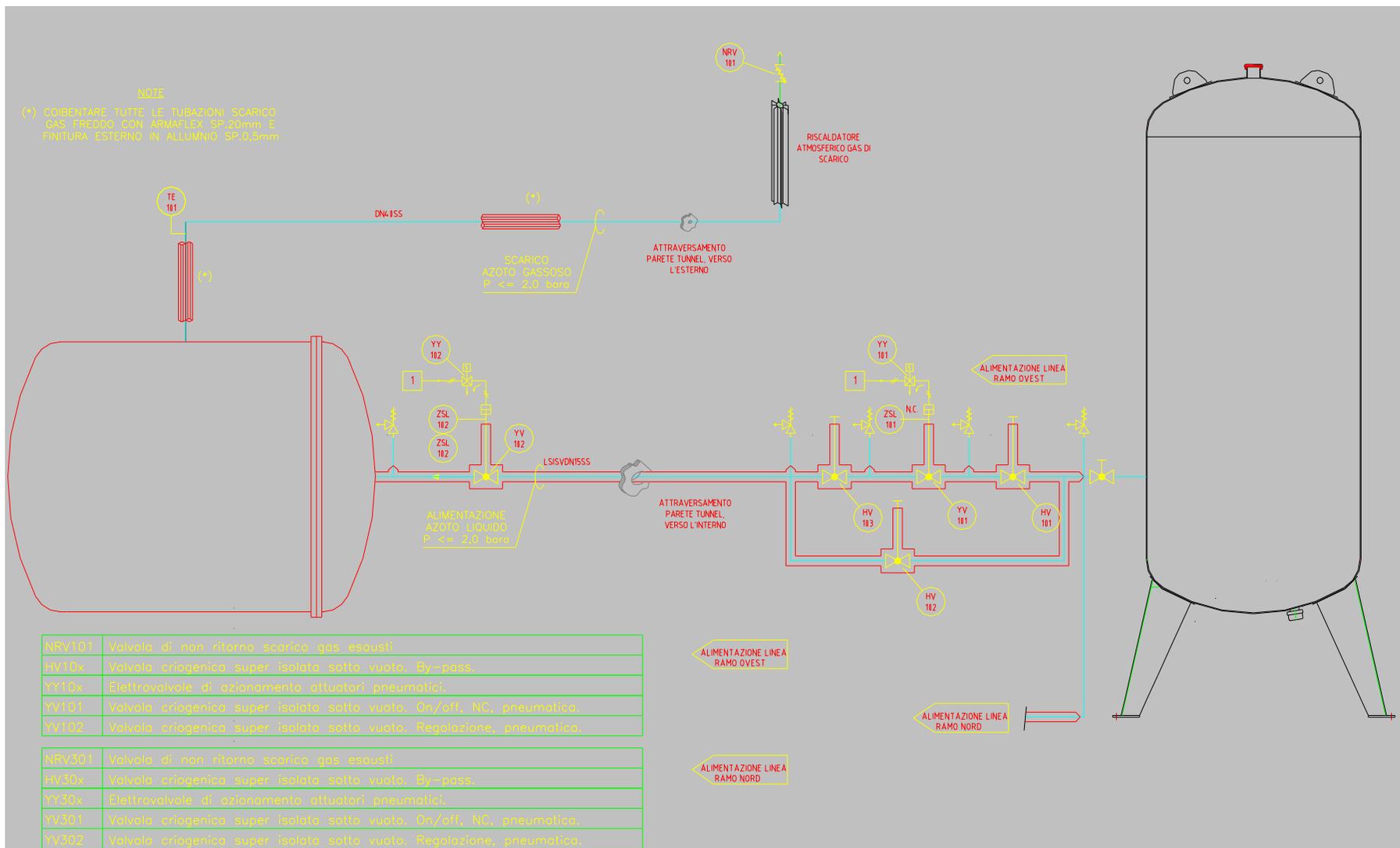


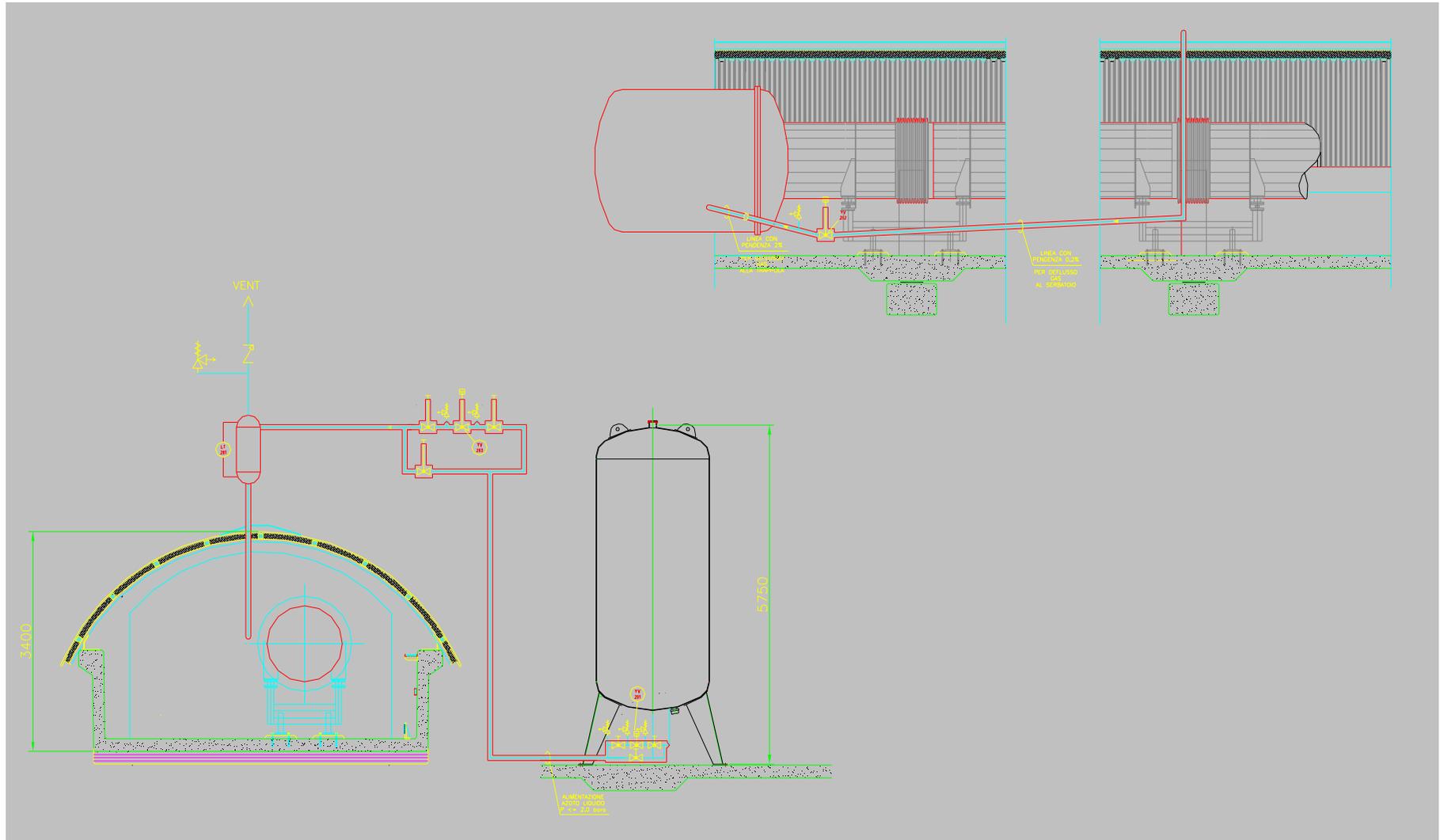
IMPIANTI S.r.l.

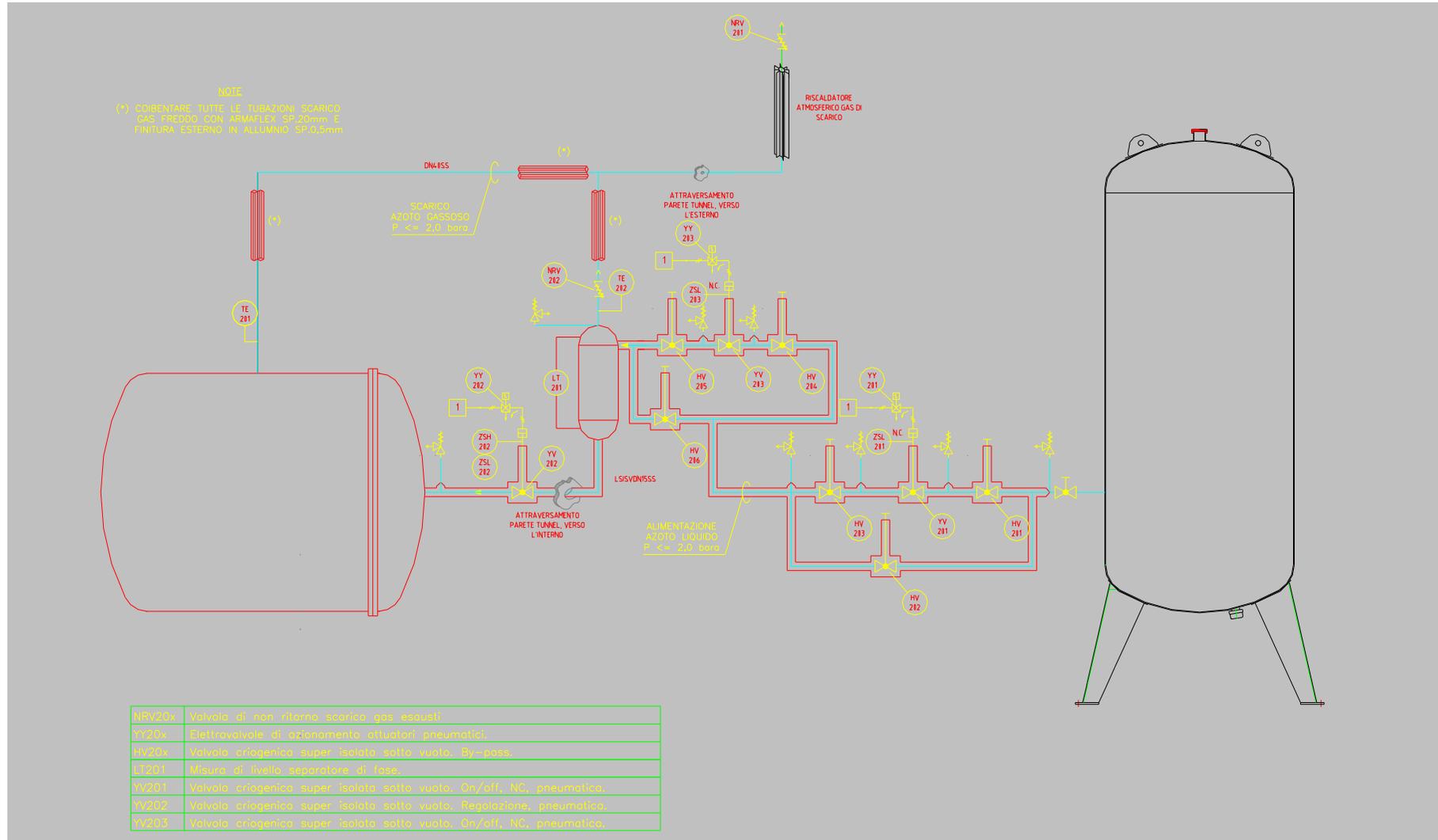
# Soluzioni impiantistiche: linee

CRIOTEC Impianti - Meeting , Confidential









NRV28x	Valvola di non ritorno scario gas essusi
Y28x	Electrovalvole di apertura chiusa pneumatica
Y28x	Valvola criogenica super isolata sotto vuoto, 0/200 bar
LT281	Misura di livello separatore di fase
Y281	Valvola criogenica super isolata sotto vuoto, 0/200 bar, NC, pneumatica
Y282	Valvola criogenica super isolata sotto vuoto, Regolazione pneumatica
Y283	Valvola criogenica super isolata sotto vuoto, 0/200 bar, NC, pneumatica

## ***Caratteristiche linee gas***

→ Linee in acciaio inossidabile, coibentate

→ Dati di progetto:

- Fluido Azoto gassoso
- Portata massima 415 Nm<sup>3</sup>/h
- Pressione progetto 0.5 bar g
- T progetto -196 / +150 °C
- Diametro nominale DN80
- Materiale X2CrNi 18-9 secondo EN10217
- Coibentazione Lana di roccia o simile, densità 65 kg/m<sup>3</sup>
- Spessore min. coibentazione 80 mm
- Perdita di carico massima 20 mbar

## ***Sistema di vaporizzazione e riscaldamento***

### → Riscaldamento trappole criogeniche:

- Temperatura di riscaldamento 50 °C
- Durata riscaldamento 4 giorni
- Transitorio di riscaldamento 6 ore
- Portata gas 415 Nm<sup>3</sup>/h transitorio  
50 Nm<sup>3</sup>/h conservazione temperatura

### → Baking trappole criogeniche:

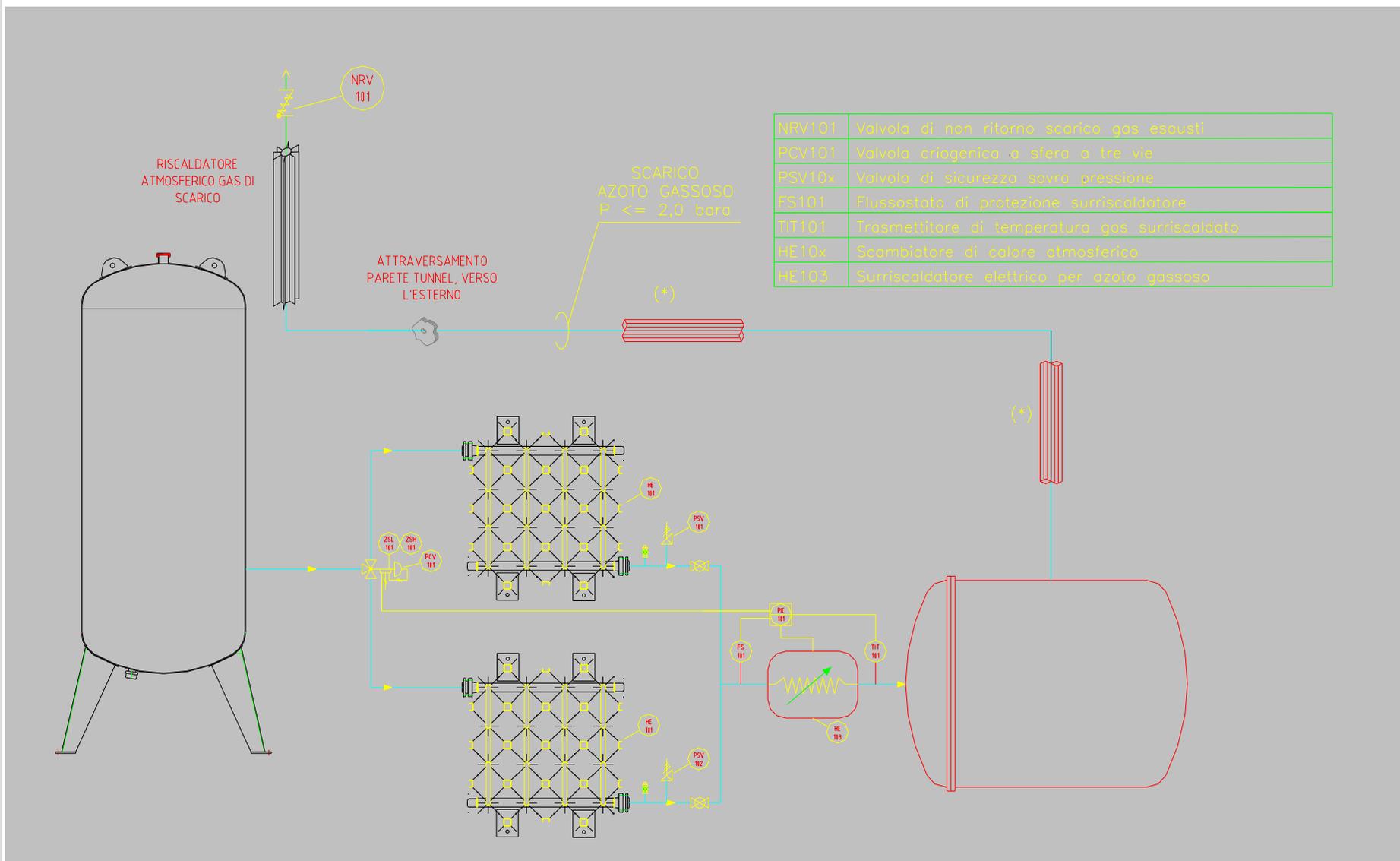
- Temperatura di riscaldamento 160 °C
- Durata riscaldamento 4 giorni
- Transitorio di riscaldamento 22 ore
- Portata gas 170 Nm<sup>3</sup>/h transitorio  
50 Nm<sup>3</sup>/h conservazione temperatura

## ***Sistema di vaporizzazione e riscaldamento***

- ➔ Vaporizzatori atmosferici in funzionamento continuo:
  - N.2 unità in parallelo
  - N.1 valvola criogenica a tre vie
  - N.1 sistema di controllo scambio unità
- ➔ Surriscaldatore elettrico da 10 kW
  - Temperatura di uscita massima gas: 170 °C
  - Portata massima 415 Nm<sup>3</sup>/h
  - Regolazione continua in automatico



# Soluzioni impiantistiche: vaporizzazione



- ➔ Descrizione del sistema criogenico
- ➔ Dati relativi al sito
- ➔ Soluzioni impiantistiche:
  - Serbatoi
  - Linee per azoto liquido
  - Linee per azoto gassoso
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento
- ➔ Logistica rifornimenti
- ➔ Stima dei consumi di LN2
- ➔ Impatto economico
- ➔ Conclusioni

## *Logistica dei rifornimenti*

- ➔ Frequenza dei rifornimenti: ogni settimana, a rotazione sui 3 serbatoi
- ➔ Tipologia autotrasporto:
  - Peso lordo trasporto 45 t
  - Volume cisterna >25'000 l
  - Lunghezza rimorchio 18 m
- ➔ Tempi di riempimento:
  - Serbatoio 20'000l freddo 45'
  - Serbatoio 10'000l freddo 30'
- ➔ Verificare il percorso transitabile per tali veicoli



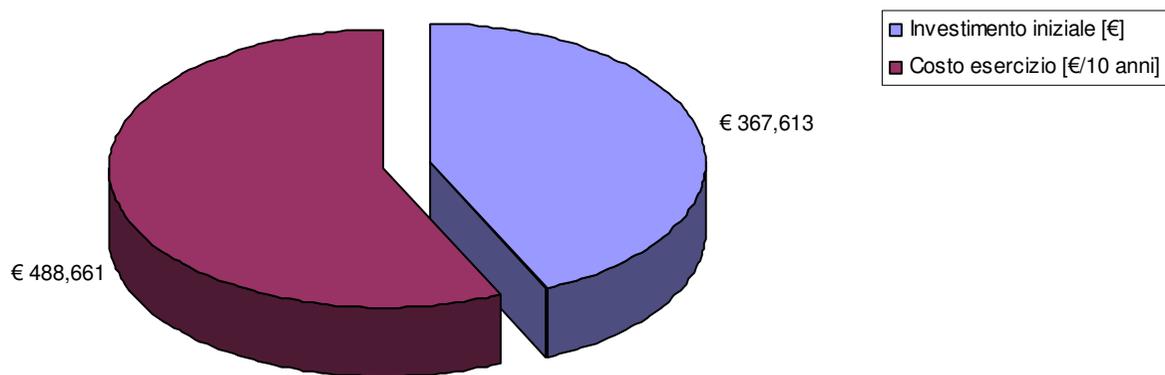
- ➔ Descrizione del sistema criogenico
- ➔ Dati relativi al sito
- ➔ Soluzioni impiantistiche:
  - Serbatoi
  - Linee per azoto liquido
  - Linee per azoto gassoso
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento
- ➔ Logistica rifornimenti
- ➔ Stima dei consumi di LN2
- ➔ Impatto economico
- ➔ Conclusioni

	<b><i>Ed. Centrale</i></b>	<b><i>Torre Nord</i></b>	<b><i>Torre Ovest</i></b>
L linea [m]	106	22	22
Autoconsumo linea [l/g]	38.39	7.97	7.97
Consumo trappola [l/g]	340.8	170.4	170.4
Taglia serbatoio	20000	10000	10000
Autoconsumo serbatoio [l/g]	56	32	32
Periodo rifornimento [gg]	35	35	35
Consumo totale sul periodo [l]	15232	7363	7363
Consumo per messa a freddo [l]	1680	840	840
Totale inventario [l]	18592	9043	9043

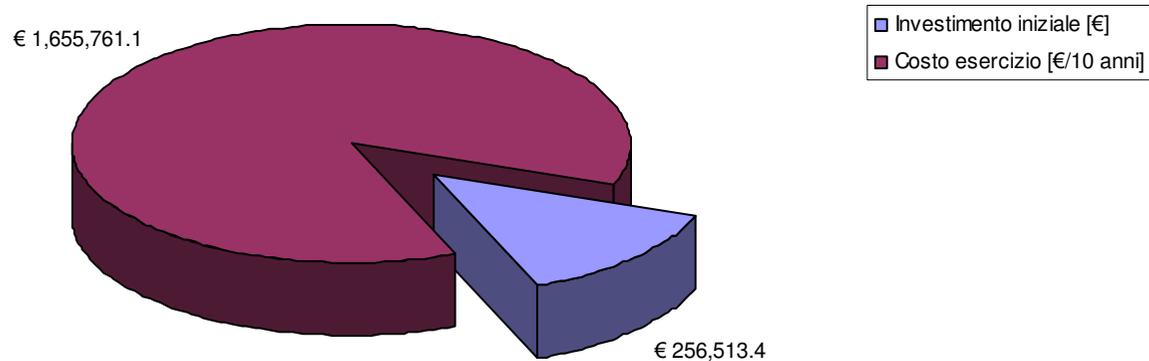
- ➔ Descrizione del sistema criogenico
- ➔ Dati relativi al sito
- ➔ Soluzioni impiantistiche:
  - Serbatoi
  - Linee per azoto liquido
  - Linee per azoto gassoso
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento
- ➔ Logistica rifornimenti
- ➔ Stima dei consumi di LN2
- ➔ **Impatto economico**
- ➔ Conclusioni



### Costi opzione "acquisto" serbatoi

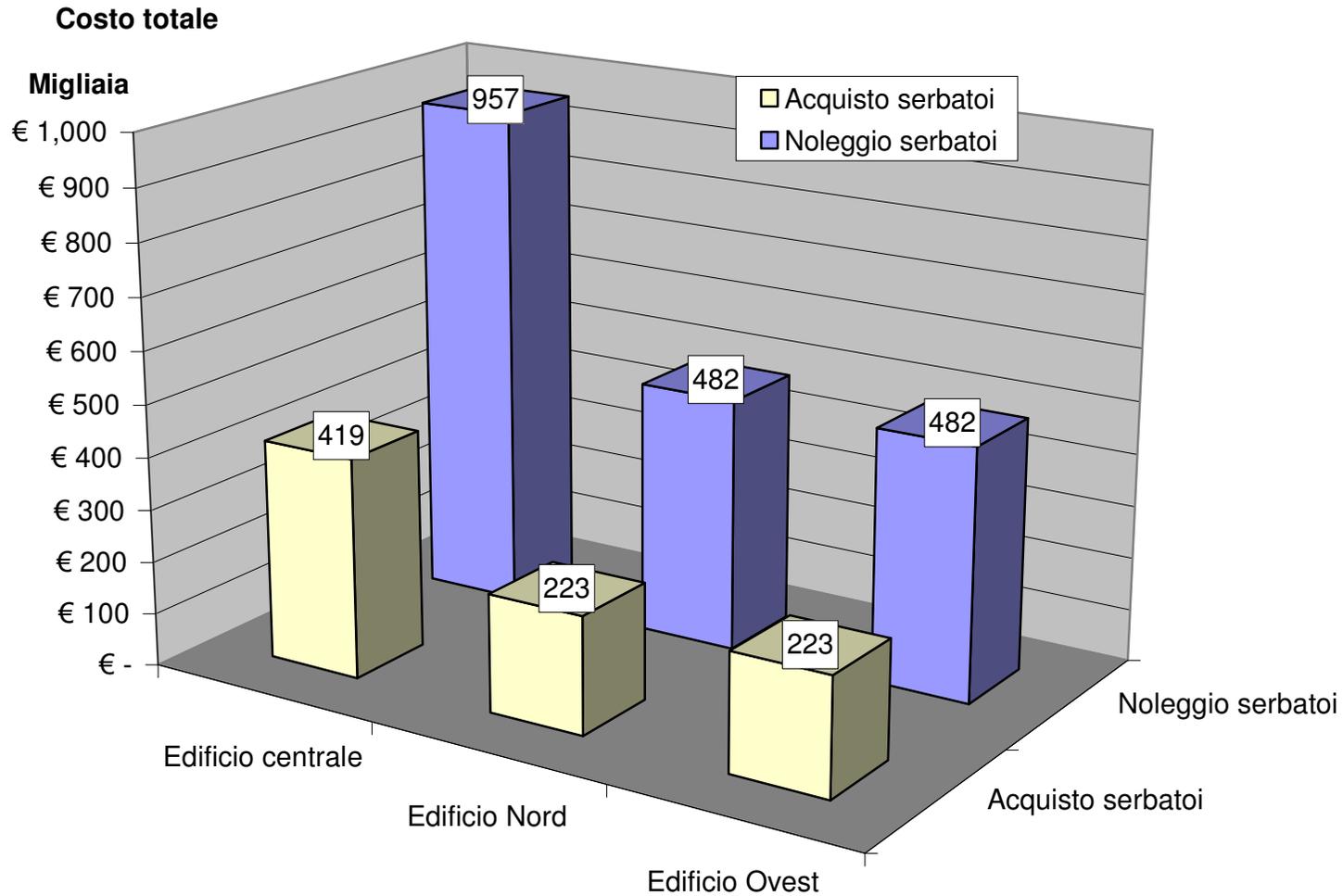


### Costi opzione "noleggio" serbatoi



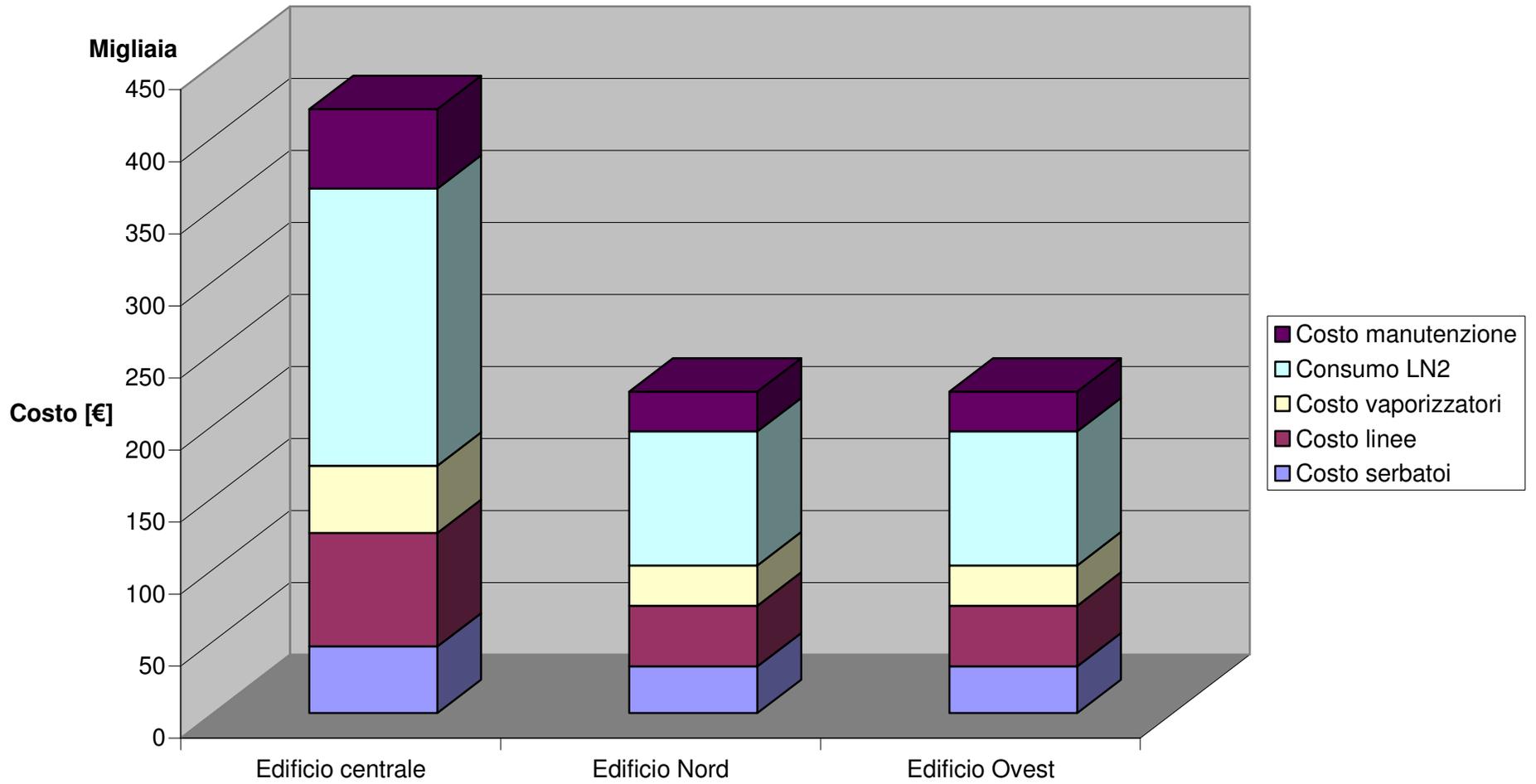


### Grafico comparativo costo opzioni



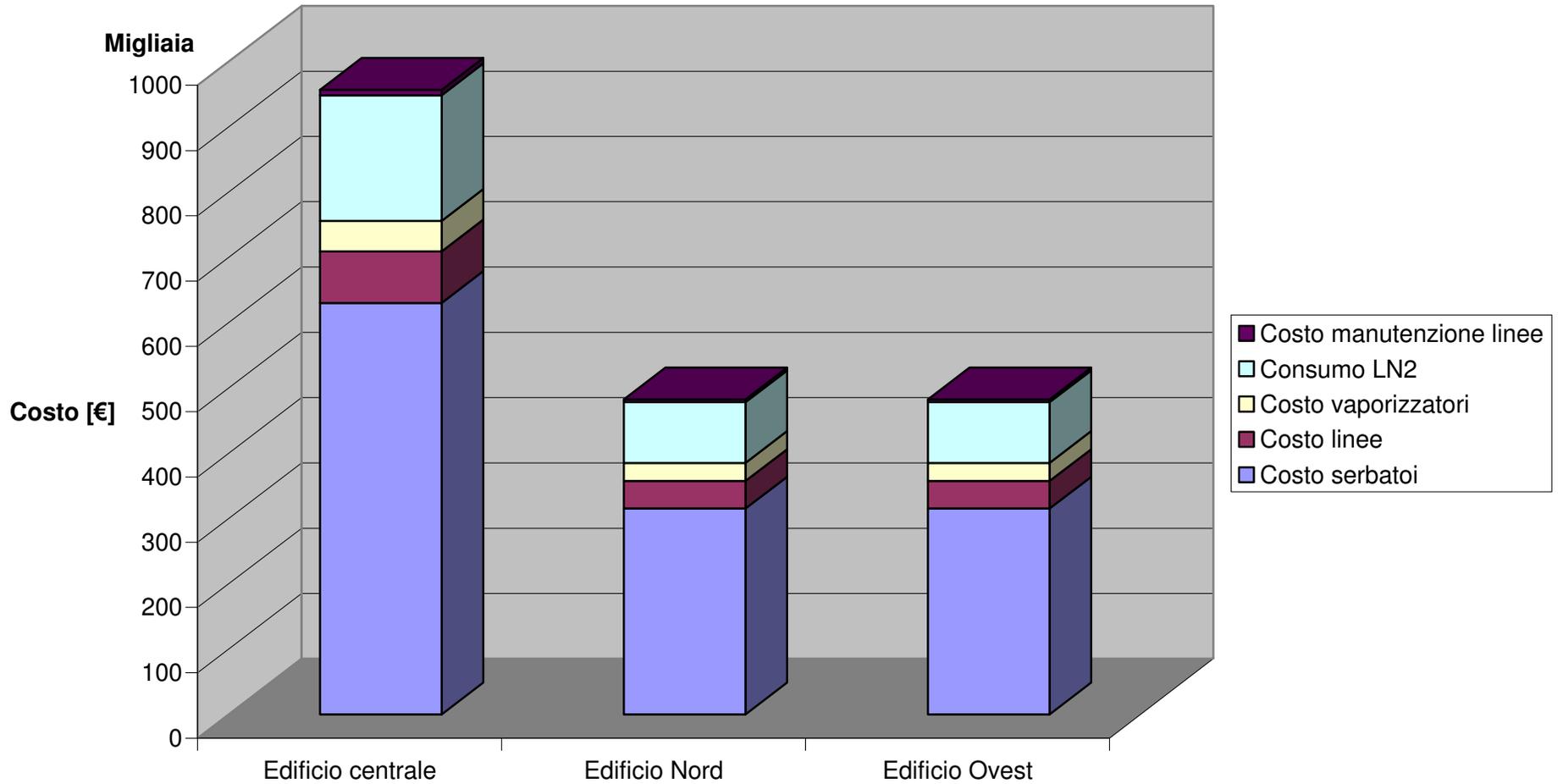


## Dettaglio costi - opzione "acquisto"





Dettaglio costi - opzione "noleggio"



- ➔ Descrizione del sistema criogenico
- ➔ Dati relativi al sito
- ➔ Soluzioni impiantistiche:
  - Serbatoi
  - Linee per azoto liquido
  - Linee per azoto gassoso
  - Sistema di vaporizzazione e riscaldamento
- ➔ Logistica rifornimenti
- ➔ Stima dei consumi di LN2
- ➔ Impatto economico
- ➔ Conclusioni

- ➔ Filosofia di stoccaggio LN2 su **3 serbatoi**: uno ciascuno per gli edifici delle torri nord ed ovest ed uno in comune per le trappole dell'edificio centrale;
- ➔ La tipologia del serbatoio più conveniente, su una scala temporale di 10 anni, è quella di un **serbatoio coibentato in vuoto standard**. L'adozione di serbatoi super isoalti sotto vuoto è da valutarsi, come investimento economico, prevedendo una vita dell'impianto più lunga;
- ➔ **L'acquisto dei serbatoi di stoccaggio**, dal punto di vista economico, è più conveniente allo stato attuale delle cose, rispetto ad un contratto di locazione e manutenzione stipulato con un fornitore dell'azoto liquido.
- ➔ Le **linee** di trasferimento dell'azoto liquido dovranno essere **super isolate sotto vuoto**. Dovranno altresì essere super isolati sotto vuoto: il gruppo di by-pass in allacciamento al serbatoio, la valvola di regolazione del flusso di LN2 nella trappola e l'eventuale separatore di fase (previsto per le zone degli edifici torre nord ed ovest);

- ➔ La **linea di scarico del gas** evaporato dalla trappola dovrà essere **coibentata** nel tratto all'interno del tunnel e dovrà terminare con un riscaldatore atmosferico prima dello scarico in aria del gas prodotto;
- ➔ Per la rigenerazione delle trappole è necessario predisporre un **sistema di vaporizzazione** dell'azoto liquido, seguito da un surriscaldatore elettrico da installare in prossimità della trappola.
- ➔ Il **sistema di gestione e controllo** delle trappole criogeniche dovrà interfacciarsi alla strumentazione fornita a corredo del sistema di distribuzione e dovrà controllarne il funzionamento, onde evitare la duplicazione di sistemi di controllo che risulterebbero anti economici e complicati da gestire.