



# Acquedotto Lucano S.p.A.

Direzione Progettazione ed Energia

## FINANZIAMENTO

DGR n. 561 del 13.06.2017 – DGR 522 del 31/07/2019 - PO FESR BASILICATA 2014-2020  
Asse Prioritario V - Azione 6B.6.3.1.

## REGIONE BASILICATA



### COMUNE DI TRIVIGNO

Potenziamento, efficientamento e  
automazione dell'impianto di  
sollevamento idrico Camastra a  
Trivigno (PZ) –  
II° Stralcio Revamping ISI Camastra

## ELABORATO

### RELAZIONE TECNICA

## LIVELLO DI PROGETTAZIONE



**ESECUTIVO**



DEFINITIVO



FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

DIRETTORE AREA PROGETTAZIONE ED ENERGIA  
Ing. Salvatore GRAVINO

PROGETTISTA  
Ing. Vincenzo Donato GUERCIO

## COMMITTENTE



**acquedottolucano**

**Acquedotto Lucano S.p.A.**  
Via P. Grippo – 85100 Potenza  
Tel. 0971.392.111 – Fax. 0971.392.600  
[www.acquedottolucano.it](http://www.acquedottolucano.it)

## RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Roberto PETRULLO

COD.

**A001b**

DATA

**AGOSTO 2023**

SCALA GRAFICA

-----

FILE

REV.

DATA

## Sommario

1. Oggetto dell'intervento .....	3
2. Stato di fatto impianto di sollevamento idrico Camastra a Trivigno (PZ) .....	3
2.1 Tipologia elettropompe installate presso ISI Camastra.....	4
2.3 Analisi dei Consumi Energetici e delle portate sollevate ISI Camastra .....	7
2.4 Indice di Performance (IE – kWh/mc) ISI Camastra.....	7
2.5 Caratteristiche Fluido Pompato ISI Camastra.....	8
2.6 Analisi delle criticità dell'impianto allo stato attuale .....	10
3. Stato di Progetto: Revamping elettromeccanico e idraulico ISI Camastra a Trivigno (PZ).....	12
3.1 Calcolo della curva caratteristica dell'impianto ISI Camastra .....	14
3.2 Calcolo della curva dell'NPSH disponibile dell'impianto ISI Camastra .....	15
3.3 Curva caratteristica e rendimenti della nuova elettropompa .....	17
3.4 Tipologia costruttiva e caratteristiche tecniche nuova elettropompa .....	20
3.5 Caratteristiche tecniche dei motori.....	23
3.6 Caratteristiche tecniche Quadri Elettrici di avviamento .....	26
3.7 Verifica dimensionamento cavi elettrici di potenza .....	29
3.8 Verifiche idrauliche.....	29
3.8 Revamping telecontrollo PLC preesistente .....	29
3.9 Installazione nuovi organi idraulici e di protezione e controllo .....	30
4. Opere Accessorie .....	32
5. Risccontro degli obiettivi di progetto e degli interventi previsti .....	32
6. Analisi vincolista territoriale ed autorizzazioni .....	33
7. Norme tecniche e di riferimento.....	33

## 1. Oggetto dell'intervento

Il presente progetto, di importo complessivo QE pari a €. 1.750.000,00, riguarda il revamping della stazione sia elettrico che idraulico e l'installazione delle nuove macchine ad alta efficienza già acquistate dalla Stazione Appaltante ed in consegna entro il mese di settembre.

L'obiettivo che si pone il Gestore e, quindi, perseguito nel presente progetto come riportato nella Relazione Generale, è, in via di massima, almeno duplice:

1. in primis ridurre i consumi energetici dell'impianto alimentato in Alta Tensione con macchine a 6000 V e che, da solo, consuma annualmente circa 28 GWh, ovvero 1/5 del consumo energetico totale della Società;
2. in secundis mettere in sicurezza l'approvvigionamento idropotabile dello schema Basento – Camastra, cui la stazione di sollevamento è asservita, che rappresenta uno degli schemi idrici principali di adduzione e alimenta anche la città di Potenza, garantendo anche il potenziamento del vettoriamento delle portate.

## 2. Stato di fatto impianto di sollevamento idrico Camastra a Trivigno (PZ)

L'Impianto di sollevamento idrico Camastra è localizzato in prossimità dell'omonima diga nel comune di Trivigno (PZ) in loc. Camastra e solleva la portata grezza dell'invaso al potabilizzatore di Masseria Romaniello.



*Fig. 1 Vista satellitare impianto di sollevamento idrico Camastra a Trivigno (PZ)*

Tale impianto è costituito, nelle sue parti primarie, da n. 6 elettropompe ad asse orizzontale section ring di cui 2 da 400 l/s con motori accoppiati da 3.000 kW e 4 da 200 l/s con motori accoppiati da 1.500 kW. Nell'impianto è attualmente installato un sistema di telecontrollo

che permette di regolare l'accensione e la programmazione oraria delle elettropompe in modo da ridurre gli sprechi e organizzare al meglio l'erogazione in funzione della richiesta specifica.

L'impianto è collegato in alta tensione a 150.000 V e le elettropompe sono alimentate direttamente in media tensione a 6.000 V.

I dati tecnici caratteristici dell'impianto risultano i seguenti:

1. Localizzazione Impianto Camastra Coordinate UTM WGS 84: 33 T 584678.00 m E 4488977.00 m N - Quota: 495 m;
2. Localizzazione arrivo premente al Potabilizzatore Masseria Romaniello Coordinate UTM WGS 84: 33 T 571775.00 m E 4501193.00 m N - Quota: 920 m;
3. Hgeod: 400 m (misurato in aspirazione ad elettropompe ferme; circa 25 m di carico invaso);
4. Lunghezza condotta premente: 22860 ml;
5. Diametro condotta premente: DN 850;
6. Materiale condotta premente: Acciaio.

## 2.1 Tipologia elettropompe installate presso ISI Camastra

Attualmente nell'impianto sono installate e funzionanti le elettropompe ad asse orizzontale multistadio di marca Termomeccanica progettate ed acquisite in fase di realizzazione della stazione ovvero negli anni '80; in particolare le elettropompe per tipologia, modello, portata, potenza motore, oltre che per marca motore accoppiato risultano essere le seguenti:

COMUNE	NOME UTENZA	Marca Pompa	Tipologia	Modello	NUMERO MACCHINA DA TLC	Q min Portata (l/s)	H MAX Preval enza	Velocità (G/min)	Tensione (V)	Potenza Motore (kW)	Marca Motore accoppiato	Modello Motore
TRIVIGNO	ISI CAMASTRA - TRIVIGNO	TERMOMECCANICA ITALIANA	ORIZZONTALE MULTICELLULARE	ME/400/3	EP1	400	510	1490	6000	3000	TIBB	QRN 800 Ka 4
TRIVIGNO	ISI CAMASTRA - TRIVIGNO	TERMOMECCANICA ITALIANA	ORIZZONTALE MULTICELLULARE	ME/400/3	EP2	400	510	1490	6000	3000	TIBB	QRN 800 Ka 4
TRIVIGNO	ISI CAMASTRA - TRIVIGNO	TERMOMECCANICA ITALIANA	ORIZZONTALE MULTICELLULARE	ME/300/4	EP3	200	510	1490	6000	1500	TIBB	QRN 710 ga 4
TRIVIGNO	ISI CAMASTRA - TRIVIGNO	TERMOMECCANICA ITALIANA	ORIZZONTALE MULTICELLULARE	ME/300/4	EP4	200	510	1490	6000	1500	TIBB	QRN 710 ga 4
TRIVIGNO	ISI CAMASTRA - TRIVIGNO	TERMOMECCANICA ITALIANA	ORIZZONTALE MULTICELLULARE	ME/300/4	EP5	200	510	1490	6000	1500	TIBB	QRN 710 ga 4
TRIVIGNO	ISI CAMASTRA - TRIVIGNO	TERMOMECCANICA ITALIANA	ORIZZONTALE MULTICELLULARE	ME/300/4	EP6	200	510	1490	6000	1500	TIBB	QRN 710 ga 4

Tab. 1 Elettropompe installate presso l'impianto di sollevamento idrico Camastra a Trivigno (PZ)

I particolari delle elettropompe per tipologia, modello, portata, potenza motore, oltre che per marca motore accoppiato saranno oggetto di approfondimento, come succitato.

Per quanto concerne l'accoppiamento alle tubazioni di mandata e aspirazione l'orientamento delle bocche è il seguente:

- **Lato aspirazione: destra (da vista retro motore);**
- **Lato mandata: sinistra (da vista retro motore).**

Tale orientamento non risulta modificabile per la configurazione idraulica sia di presa, in derivazione dalla galleria a monte della diga, sia di mandata in collegamento al collettore esterno all'impianto che connette il piping dalle valvole di ritegno venturi e le saracinesche motorizzate sulle macchine (n. 2 da 400 l/s e n. 4 da 200 l/s) alla saracinesca di testa in



partenza dalla condotta premente acciaio del Ø 850 verso il Potabilizzatore di Masseria Romaniello; ne consegue che le macchine Sulzer, acquisite con il lotto I°, hanno bocche di aspirazione e mandata orientate allo stesso modo.

Le dimensioni dei basamenti in cls armato su cui attualmente sono installate le elettropompe sono le seguenti:

- **Elettropompe EP1 e EP2 da 400 l/s: larghezza 1,70 m – lunghezza 5,00 m;**
- **Elettropompe EP3, EP4, EP5 e EP6 da 200 l/s: larghezza 1,55 m – lunghezza 4,85 m.**

Tali dimensioni non risultano modificabili, a causa del posizionamento delle bocche di aspirazione e mandata, degli spazi complessivi per la movimentazione tra parte meccanica ed elettrica, delle distanze disponibili dai pilastri che separeranno, per la messa in sicurezza, i futuri vani tecnici elettrici dalla parte meccanica e idraulica, oltre che soprattutto per la collocazione dei cunicoli dei percorsi sia elettrici che idraulici collocati a ridosso dei basamenti. Ne consegue che le nuove elettropompe Sulzer hanno dimensioni di ingombro adeguate agli spazi attuali.



*Fig. 2 Vista lati aspirazione e mandata elettropompe da 200 l/s ISI Camastra*



Fig. 3 Elettropompa da 400 l/s ISI Camastra



Fig. 4 Vista Basamento Elettropompa da 400 l/s ISI Camastra

Trivigno Camastra: EP1; EP2		Trivigno Camastra: EP3; EP4	
Datasheet		Datasheet	
Factory	Termomeccanica Italiana	Factory	Termomeccanica Italiana
Model	ME/400/3	Model	ME/300/4
Serial number	25041/01/01 - 02	Serial number	42422/01/01 - 02
Classification	Between bearing Ring section, radially split Multistage	Classification	Between bearing Ring section, radially split Multistage
Pumped liquid	Clean Water	Pumped liquid	Clean Water
Flowrate	400 l/s	Flowrate	200 l/s
Head	510 m	Head	510 m
Specific gravity	998 Kg/m3	Specific gravity	998 Kg/m3
Electric motor rating	3000 Kw	Electric motor rating	1500 Kw
Speed	1490 rpm	Speed	1490 rpm

Trivigno Camastra: EP5; EP6	
Datasheet	
Factory	Termomeccanica Italiana
Model	ME/300/4
Serial number	2504/002/01 - 02
Classification	Between bearing Ring section, radially split Multistage
Pumped liquid	Clean Water
Flowrate	200 l/s
Head	510 m
Specific gravity	998 Kg/m3
Electric motor rating	1500 Kw
Speed	1490 rpm



## 2.3 Analisi dei Consumi Energetici e delle portate sollevate ISI Camastra

Attualmente uno dei principali capitoli di spesa per l'azienda deriva dalla bolletta energetica, una cifra che, fino allo scoppio della bolla energetica, è stata pari a circa il 30% delle spese complessive annue sostenute da Acquedotto Lucano Spa.

I consumi principali di energia derivano dalle attività di sollevamento idrico della risorsa e dalla quantità di energia necessaria per la gestione degli impianti di trattamento e smaltimento dei reflui, a cui si aggiunge una parte residuale e trascurabile relativa ai consumi elettrici derivanti dalle normali attività aziendali.

Da analisi e stime effettuate sui consumi annui di energia si desume che all'incirca il 70% è da attribuire alle stazioni di sollevamento, il 20% agli impianti di depurazione mentre il rimanente 10% ai consumi per le ulteriori attività.

Per la parte dei costi di sollevamento, che risulta essere la più rilevante, i consumi sono sostanzialmente attribuibili alle elettropompe degli impianti asserviti ai principali schemi di adduzione che sollevano la risorsa ai serbatoi di linea per il vettoramento. La Basilicata si presenta infatti come una Regione dai forti contrasti orografici e la superficie del territorio regionale, come noto, è di 9.992,24 Km<sup>2</sup>, di cui il 46,8% è montano, il 45,2% è collinare e solo l'8% è rappresentato da una morfologia pianeggiante.

Il totale complessivo dei consumi nel 2022 ammonta a circa 154 GWh (dati del Gestore da bilancio energetico ARERA per circa 55 Meuro; il 2022 è stato, però, un anno in cui il PUN è salito anche oltre i 500 €/MWh. Per il 2023 il costo dovrebbe ritornare simile al 2021, dalle attuali previsioni, ovvero pari a circa 30 Meuro. Comunque l'onere della spesa energetica per AL Spa risulta sostanziale e, pertanto, è stato messo in campo un Piano Energetico per la riduzione del succitato costo, tra cui rientra anche questa azione.

La stazione più energivora in assoluto è rappresentata dall'impianto di sollevamento idrico Camastra connesso alla sottostazione AT a 150.000 V, oggetto del presente progetto; difatti nell'anno 2022 l'impianto, per il sollevamento delle portate necessarie all'idropotabile, ha consumato circa 28 GWh per una cifra superiore ai 9,5 Mln di euro. Per quanto concerne le portate sollevate dalla stazione in parola, dal bilancio idrico mediamente vengono distribuiti al potabile dal potabilizzatore di Masseria Romaniello circa 14.000.000 mc con una portata sollevata dall'impianto di quasi 14.250.000 mc (circa il 1,5-2% di sfido viene perso per le acque di lavaggio dei filtri a sabbia del potabilizzatore e per le perdite sui 23 km di condotta premente).

## 2.4 Indice di Performance (IE – kWh/mc) ISI Camastra

Dai dati energetici e dai volumi sollevati è stato possibile definire un indice sintetico di performance (di seguito denominato indice energetico IE) dell'impianto di sollevamento idrico Camastra; tale indice è pari a 1,97 (kWh/mc), come di seguito rappresentato:

Bilancio Idrico (mc)	14.000.000	H2O distribuita dal Potabilizzatore
	14.250.000	H2O misurata in partenza dall'ISI (+1,5-2% H2O POT)
Energia (kWh)	28.075.336	Energia prelevata dalla rete ISI Camastra
<b>IE (kWh/mc)</b>	<b>1,97</b>	<b>Indice sintetico di performance</b>

Tab. 2 Indice sintetico di performance IE (kWh/mc) dell'ISI Camastra

Il sito in questione è stato anche oggetto di diagnosi energetica ai sensi del Dlgs 102/14; tale diagnosi è stata realizzata per gli anni 2016 e 2020, pertanto, con i dati energetici e di portata in conformità alla normativa UNI CEI TR 11428:2011 e UNI CEI EN 16247 parte 1-2-3-4. Le analisi energetiche effettuate confermano un indice di performance che è paragonabile a quello calcolato sui medi macro dati, ovvero un indice medio pari pari a 1,92 kWh/mc.

L'IE sarà quindi utilizzato come benchmark per le valutazioni circa la performance energetica dell'impianto, soprattutto in relazione agli interventi di miglioramento energetico, ovvero di incrementi di rendimento delle vecchie macchine installate.

## 2.5 Caratteristiche Fluido Pompato ISI Camastra

L'ISI Camastra solleva le acque grezze superficiali accumulate nell'omonimo invaso e poi di seguito potabilizzate all'impianto di Masseria Romaniello.

La normativa vigente (Art. 80 D. Lgs n. 152/06 e s.m.i.) regola le acque dolci superficiali destinate alla produzione di acqua potabile. In tal senso le acque superficiali vengono classificate in tre categorie, secondo le loro caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche (allegato 1/A del suddetto D.lgs) - A1, A2, A3.

Per ognuna di queste categorie vengono stabiliti i trattamenti specifici di potabilizzazione da effettuarsi:

- A1: trattamento fisico semplice e disinfezione;
- A2: trattamento fisico e chimico normale e disinfezione;
- A3: trattamento fisico e chimico spinto, trattamento di affinamento e disinfezione.

I trattamenti fisici e chimici normali sono articolati in più fasi ed eliminano i solidi sospesi non sedimentabili (chiariflocculazione) e correggono le caratteristiche chimiche delle acque grezze eliminando quelle sostanze disciolte che risultano incompatibili con l'uso a cui l'acqua è destinata.

Le acque dell'invaso superficiale trattate dal potabilizzatore del Camastra (diga del Camastra) sono classificate in categoria A2 per cui le stesse devono essere sottoposte ai seguenti trattamenti:

- pretrattamenti;
- pre disinfezione;
- chiariflocculazione;
- sedimentazione;
- filtrazione;
- disinfezione finale.

Sul potabilizzatore del Camastra è previsto anche il trattamento di affinamento o adsorbimento su filtri a carbone attivo granulare (GAC).

I materiali costruttivi del corpo pompa delle nuove macchine Sulzer risultano, pertanto, adatti al sollevamento di acque superficiali con torbidità fino a 200 NTU.



Di seguito vengono riportati, a titolo indicativo, i due rapporti di prova e di analisi delle acque dell'invaso rilasciati dal laboratorio della Società sia in caso di bassa che di alta torbidità.

PROVA N. 4496/17	U. M.	RISULTATI
AEROMONAS	UFC/100 ml	1000
ALCALINITA'	mg/l CaCO <sub>3</sub>	176
AMMONIO (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0,00
CALCIO	mg/l	43
CARICA BATTERICA a 22°C	UFC/1 ml a 22°C	300
CARICA BATTERICA a 37°C	UFC/1 ml a 37°C	100
CLORURO	mg/l Cl	14
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	UFC/100 ml	22
COLIFORMI TOTALI	MPN/100 ml	613,1
COLIFORMI FECALI	UFC/100 ml	15
CONDUCIBILITA''	ηS/cm a 20°C	397
DUREZZA	°F	15
ESCHERICHIA COLI	MPN/100 ml	18
FLUORURI	mg/l F	0,1
FOSFATO	mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0
LITIO	mg/l Li	0
MAGNESIO	mg/l Mg	11
NITRATO	mg/l NO <sub>3</sub>	0
OSSIDABILITA'	mg/l O <sub>2</sub>	2,9
pH	unità di pH	7,96
POTASSIO	mg/l K	2
RESIDUO FISSO a 180°	mg/l	278
SOLFATO	mg/l	45
STREPTOCOCCI FECALI	UFC/100 ml	1
TASSO DI SATURAZIONE DELL' OSSIGENO DISCIOLTO	% O <sub>2</sub>	99,3
TEMPERATURA	°C	18
<b>TORBIDITA'</b>	<b>NTU</b>	<b>7,6</b>
<b>TOTALE MATERIALE IN SOSPENSIONE</b>	<b>mg/l MES</b>	<b>9</b>

Tab. 3a Rapporto di prova in caso di bassa torbidità acque ISI Camastra

PROVA N. 157/17	U. M.	RISULTATI
AEROMONAS	UFC/100 ml	1000
ALCALINITA'	mg/l CaCO <sub>3</sub>	200
AMMONIO (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0,03
CALCIO	mg/l	52
CARICA BATTERICA a 22°C	UFC/1 ml a 22°C	500
CARICA BATTERICA a 37°C	UFC/1 ml a 37°C	550
CLORURO	mg/l Cl	13
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	UFC/100 ml	23
COLIFORMI TOTALI	MPN/100 ml	816,4
COLIFORMI FECALI	UFC/100 ml	110
CONDUCIBILITA''	ηS/cm a 20°C	387
DUREZZA	°F	18
ESCHERICHIA COLI	MPN/100 ml	154
FLUORURI	mg/l F	0,2
FOSFATO	mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0
LITIO	mg/l Li	0
MAGNESIO	mg/l Mg	11
NITRATO	mg/l NO <sub>3</sub>	1

OSSIDABILITA'	mg/l O <sub>2</sub>	1,1
pH	unità di pH	8,16
POTASSIO	mg/l K	3
RESIDUO FISSO a 180°	mg/l	271
SOLFATO	mg/l	38
STREPTOCOCCI FECALI	UFC/100 ml	78
TASSO DI SATURAZIONE DELL' OSSIGENO DISCIOLTO	% O <sub>2</sub>	115,4
TEMPERATURA	°C	13,3
<b>TORBIDITA'</b>	<b>NTU</b>	<b>124</b>
<b>TOTALE MATERIALE IN SOSPENSIONE</b>	<b>mg/l MES</b>	<b>180</b>

Tab. 3b Rapporto di prova in caso di alta torbidità acque ISI Camastra

## 2.6 Analisi delle criticità dell'impianto allo stato attuale

Sono stati esperiti tutti i sopralluoghi in loco necessari alla valutazione dello stato dei luoghi e delle criticità presenti sull'impianto, attualmente in funzione h24 con la programmazione delle macchine da remoto.

Tale programmazione viene effettuata dai tecnici della Direzione Operativa del Gestore in funzione delle portate necessarie da distribuire agli abitati interessati dallo Schema Basento – Camastra; le macchine vengono azionate o singolarmente o in parallelo proprio in virtù delle capacità di sollevamento dei l/s richiesti.

Le esigenze da soddisfare sono quelle finalizzate al raggiungimento di adeguati standard di servizio, secondo i parametri e gli indicatori utilizzati all'interno della regolazione del S.I.I. per valutare le performance dei sistemi di approvvigionamento idropotabile.

La portata media da sollevare per il fabbisogno da destinare allo schema Basento – Camastra è, come da storico e dati di progetto nuove pompe, la seguente:

- Range di portata attuale ISI Camastra vs. POT Romaniello: 300-800 l/s.

Attualmente, in alcuni periodi dell'anno e nel caso di maggiore disponibilità alle sorgenti afferenti allo schema idrico, si utilizza anche una sola pompa da 200 l/s h24; con le nuove macchine tale minimo storico di pompaggio, comunque da garantire anche per il mantenimento delle condizioni minime di funzionalità del potabilizzatore di Masseria Romaniello, verrà garantito con un parziale funzionamento di una sola macchina ad alta efficienza da 300 l/s, considerato anche l'accumulo del vascone di acqua grezza al potabilizzatore da 40.000 mc.

La stazione, oltre al problema dei costi energetici conseguenziali alla scarsità di efficienza delle macchine, presenta ulteriori problematiche che, in sintesi, sono le seguenti;

1. Avarie della Elettropompe EP1, EP2 e EP4;
2. Avaria saracinesca motorizzata EP4;
3. Anomalie delle misure elettriche e dei dati energetici sul PLC;
4. Anomalia del misuratore di portata sulla condotta premente in partenza;
5. Mancato funzionamento dei flussostati sulle elettropompe;

6. Assenza di misurazioni digitali di pressione sulle singole macchine;
7. Mancato funzionamento delle protezioni generali sui quadri di avviamento diretto delle elettropompe;
8. Necessità di manutenzione degli interruttori di avviamento diretto a 6000 V delle elettropompe da 1250 A;
9. Avaria di alcune terne di cavi di alimentazione a 6000 V per le elettropompe;
10. Perdite sui circuiti idraulici, in particolare sulle tenute delle saracinesche motorizzate e rottura di alcuni volantini sulle saracinesche in acciaio esterne PN 64;
11. Parziale deterioramento della impermeabilizzazione della copertura del fabbricato con infiltrazioni all'interno del corpo di fabbrica.

Si procederà, pertanto, al necessario e urgente revamping della parte elettrica ed idraulica della stazione, oltre che, per garantire efficienza e riduzione dei costi, anche per la messa in sicurezza dell'approvvigionamento al Potabilizzatore di Masseria Romaniello, come predetto.

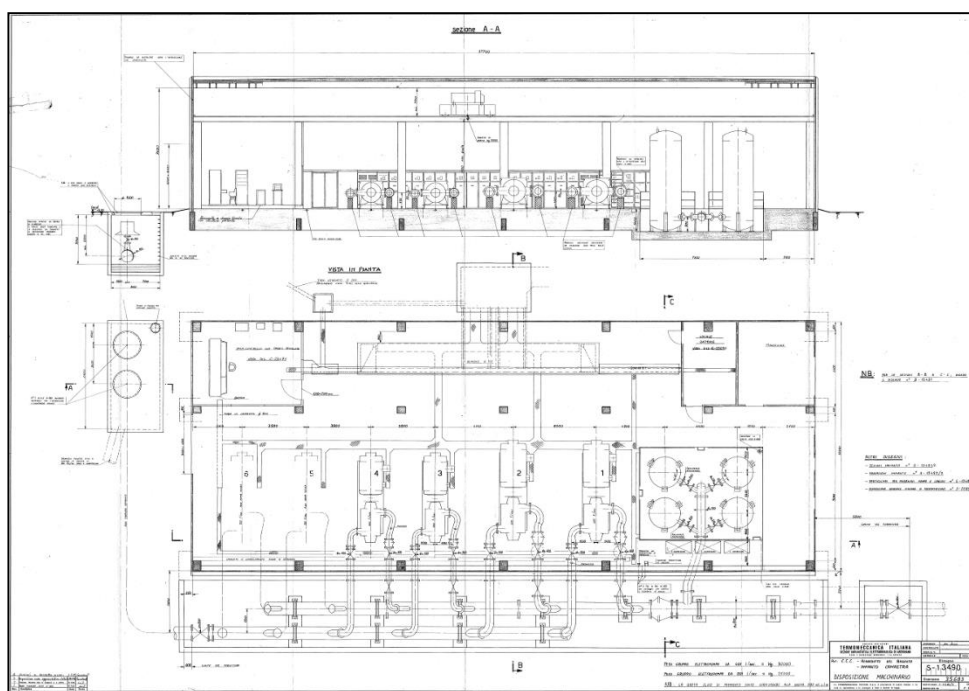


Fig. 6 Schema planimetrico dell'ISI Camastra e foto sala quadri elettrici ed elettropompe

### 3. Stato di Progetto: Revamping elettromeccanico e idraulico ISI Camastra a Trivigno (PZ)

Al fine di valutare i rendimenti dell'impianto e l'incremento dell'efficienza energetica è stata prevista la sostituzione delle elettropompe esistenti, oltre che il perfezionamento dei sistemi di avviamento delle stesse pompe in modo tale da ridurre i picchi di assorbimento e gli stress meccanici, oltre che gli interventi di manutenzione.

È effettuata una diagnosi strumentale di campo indirizzata alla valutazione e alla comparazione dei parametri idraulici ed elettrici nelle diverse modalità di funzionamento delle elettropompe singole ed in parallelo al fine di ricostruire le curve caratteristiche dell'impianto e calcolare i rendimenti delle macchine attualmente in funzione.

I risultati delle analisi effettuate nelle diverse condizioni di funzionamento sono stati altresì correlati ai dati storici, ai dati delle strumentazioni già presenti in campo, ai calcoli teorici delle potenze, per verificare la bontà delle rilevazioni; sono stati, pertanto, determinati i rendimenti delle macchine con funzionamento singolo e in parallelo e gli indici di performance, ottenendo un indice di performance medio della stazione; tale indice medio trova corrispondenza nell'indice IE ricavato dall'analisi dei consumi energetici medi e delle portate medie sollevate annue:

POMPE ESISTENTI	Qus (l/s)	Qv (l/s)	Pmand (bar)	Pasp (bar)	Hman (m)	Tens (V)	I (A)	Pot Ass (kW)	cosØ	Pcalc (kW)	Pteor (kW)	Eta (%)	IE (kWh/mc)
EP6	245	245	42,34	2,76	409	6360	176	1740	0,90	1735	982	56%	1,97
EP2	422	440	44,18	2,80	427	6360	296	2960	0,90	2948	1844	62%	1,86
EP5+EP6	466	495	44,26	2,78	428	6360	344	3450	0,90	3426	2079	60%	1,92
EP2+EP3	620	645	46,14	2,77	448	6360	450	4500	0,90	4461	2833	63%	1,92
EP2+EP5	635	655	46,14	2,70	449	6360	464	4630	0,90	4600	2882	62%	1,95
EP2+EP5+EP6	800	805	48,34	2,78	471	6360	620	6150	0,90	6147	3714	60%	2,12
EP1+EP5+EP6	785	805	48,4	2,70	472	6360	602	5970	0,90	5968	3726	62%	2,06
Condotta premente acciaio DN850 spessore 20 mm lunghezza 23 km circa											MEDIA	61%	1,97

Tab. 4 Analisi dei Rendimenti delle Pompe e calcolo Indice di performance IE (kWh/mc) dell'ISI Camastra

Per l'elaborazione dei dati derivanti dalla diagnosi strumentale di campo sono stati utilizzati, dal Gestore, le seguenti formule di calcolo e/o strumentazioni di comparazione:

- **Misure di Portata (l/s):** le misurazioni di portata sono state ricavate sia mediante l'utilizzo di uno strumento portatile dotato di trasduttori ad ultrasuoni, che dalle letture sulla strumentazione del venturimetro già installato sull'impianto.

L'apparecchio portatile ad ultrasuoni è stato installato sulla tubazione principale di mandata, in accordo alle indicazioni tecniche definite nel manuale dello strumento stesso.

Per quanto le letture di portata sono comparabili in funzione della bassa varianza delle percentuali di rendimento (scostamento inferiore a 1% - 2%), sono state utilizzate per l'analisi ed il calcolo delle potenze teoriche le portate del Venturi che danno rendimenti leggermente superiori e, pertanto, a vantaggio di sicurezza per la valutazione di un investimento complessivo di revamping della stazione;





Fig. 7 Misure Portata e Pressione ISI Camastra

- **Misure di pressione (bar):** le misurazioni di pressione di aspirazione e di mandata di ciascuna pompa sono state eseguite mediante una coppia di manometri digitali calibrati, installati nelle rispettive linee di aspirazione e mandata;
- **Misure della potenza elettrica assorbita Pot Ass (kW):** le misure elettriche della potenza assorbita sono state rilevate dai multimetri digitali di quadristica (con toroidi amperometrici installati sulla parte di potenza a 6000 V);
- **Calcolo della potenza Pcalc (kW):** al fine di verificare la bontà delle rilevazioni dei multimetri digitali è stata calcolata la potenza assorbita con la seguente formula a partire dalle tensioni e dagli assorbimenti misurati

$$P_{calc} (kW) = Tens(V) \cdot I(A) \cdot \cos\phi / 1000$$

con risultati pressoché paragonabili alla Pot Ass (kW);

- **Calcolo della potenza teorica necessaria per il sollevamento di una portata Q Pteor (kW):** per calcolare i rendimenti attuali delle macchine in funzione è stata calcolata la potenza teorica necessaria al sollevamento delle portate nelle varie condizioni di funzionamento con la seguente formula

$$P_{teor} (kW) = (P_{mand} - P_{asp})(bar) \cdot 10,33 \cdot Q_v (l/s) / 102$$

considerando pari a 1 il peso specifico del fluido sollevato;

- **Calcolo del rendimento Eta (%) e dell'indice di performance IE (kWh/mc):** il rendimento complessivo delle macchine nelle singole condizioni di funzionamento è stato calcolato come rapporto tra la potenza teorica e la potenza assorbita

$$\eta (\%) = P_{teor} (kW) / P_{ass} (kW)$$

mentre l'IE come rapporto tra potenza assorbita e portata sollevata

$$IE (kWh/mc) = P_{ass} (kW) / (Q_v (l/s) \cdot 3,6)$$

L'analisi dei rendimenti ha evidenziato basse prestazioni energetiche delle macchine installate, operative da circa 30 anni nell'impianto di sollevamento idrico Camastra oggetto di diagnosi; in considerazione dell'elevato numero di anni di funzionamento, del numero delle manutenzioni effettuate e del costo delle stesse, oltre che della tipologia costruttiva, è

stata determinata la sostituzione delle elettropompe esistenti con altre di nuova generazione ad alta efficienza.

### 3.1 Calcolo della curva caratteristica dell'impianto ISI Camastra

Utilizzando i dati raccolti durante la diagnosi, come pressioni e portate, e le formule sopra riportate, sono stati ricavati i punti di lavoro delle macchine in marcia singola oppure in parallelo. Considerando che il montaggio dei manometri nelle linee di aspirazione e mandata delle pompe è stato eseguito, quando possibile, a ridosso delle flange di aspirazione e mandata delle stesse, ciò consente di considerare trascurabili le perdite di carico, nonché il salto geodetico e la differenza tra le pressioni cinetiche.

Si è così ricavata la **curva caratteristica dell'impianto**; i dati ottenuti sono da ritenersi relativi alle condizioni di esercizio richieste, mentre le curve ottenute danno un'indicazione precisa dei volumi di pompaggio, delle pressioni e di conseguenza dei rendimenti in funzione della gestione delle macchine in differenti punti di lavoro.

La curva caratteristica dell'impianto ISI Camastra ha la seguente equazione:

$$y = 8E-05x^2 + 0,0271x + 399,18$$

tale equazione ha trovato esatta corrispondenza nei dati storici di portata e prevalenza raccolti nella banca dati del telecontrollo dedicato alla gestione stazione di sollevamento.

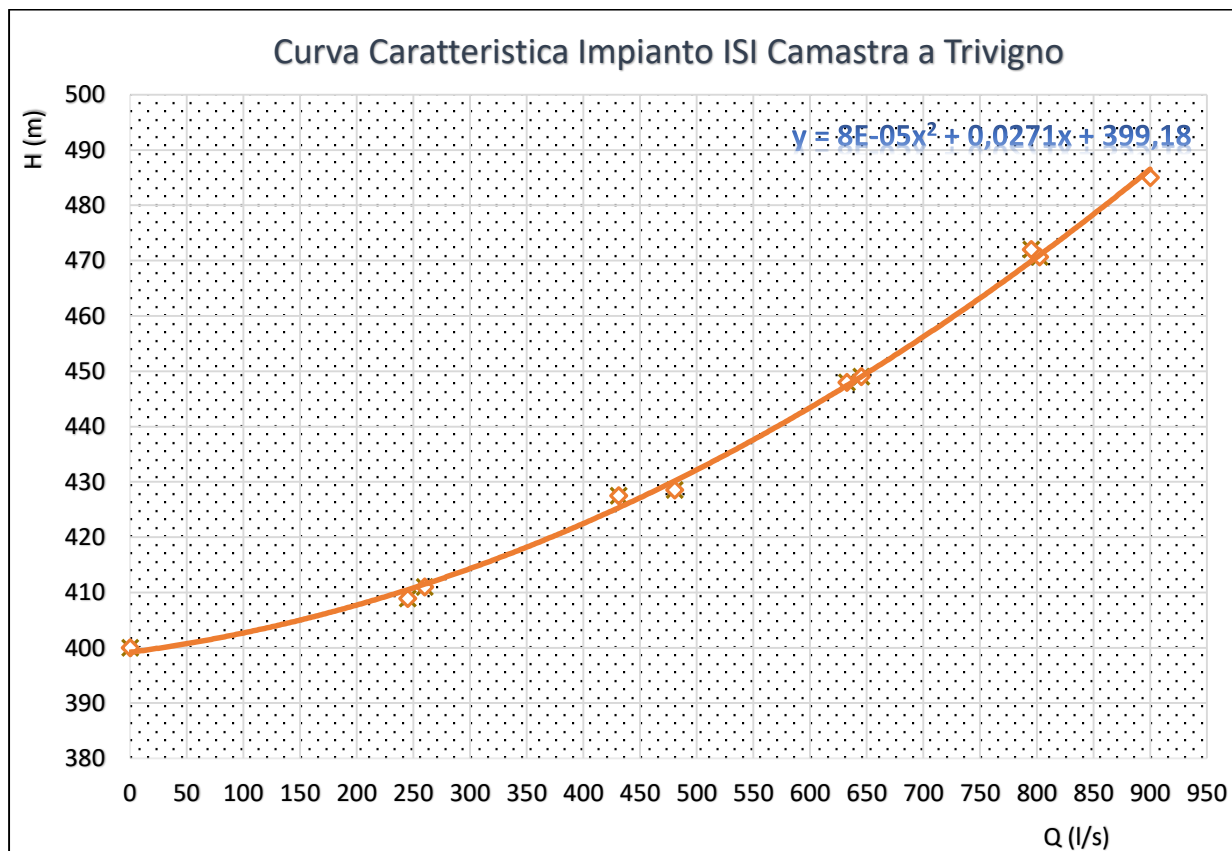


Fig. 8 Curva caratteristica di funzionamento ISI Camastra

Ricavare la curva caratteristica dell'impianto è stato necessario, non solo per valutare il grado di funzionamento e rendimento delle elettropompe installate, ma soprattutto al fine di ricalibrare i punti di lavoro delle nuove macchine con un'efficienza e rendimenti superiori oltre che di nuova tecnologia; sinteticamente la curva caratteristica dell'impianto è essenziale per calcolare il punto B caratteristico di funzionamento come intersezione con la curva caratteristica della macchina:

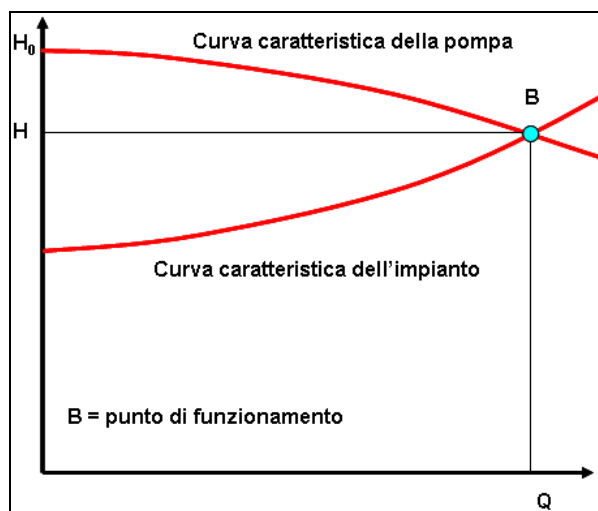


Fig. 9 Esempio di calibrazione del punto B caratteristico di funzionamento

Le verifiche esperite in loco, hanno confermato la bontà dei risultati derivanti dalle diagnosi approntate dal Gestore; le macchine presentano uno stato di vetustà tale da avere dei rendimenti relativamente bassi, anche in virtù delle curve di funzionamento e delle modalità di accoppiamento inizialmente previste nel progetto originario della stazione. Ciò è riscontrabile, altresì, dal verbale di collaudo delle macchine Termomeccanica effettuato da AQP Spa.

C'è da considerare, inoltre, che da letteratura ogni intervento di manutenzione sostanziale sul motore o sul corpo pompa può indurre un calo del rendimento della macchina anche dell'1%; inoltre la particolarità dell'acqua grezza dell'invaso del Camastra ha indotto un consumo sulle giranti in ghisa delle macchine vecchie non trascurabile.

### 3.2 Calcolo della curva dell'NPSH disponibile dell'impianto ISI Camastra

Al fine di garantire il corretto funzionamento di un impianto è necessario evitare che nella pompa si verifichino le condizioni che danno luogo alla cavitazione; si deve, pertanto, accertare che l'**NPSH<sub>d</sub>** ovvero il **Net Positive Suction Head disponibile** (espressione dall'inglese *NPSH=carico assoluto netto all'aspirazione*) sia superiore a quello richiesto dalla pompa, ovvero:

$$NPSH_d \geq NPSH_r$$

La curva dell'NPSH<sub>r</sub> è fornita dal costruttore e generalmente riprodotta, insieme alla curva di potenza e a quella dei rendimenti, sullo stesso diagramma della curva caratteristica di funzionamento della pompa. La curva dell'NPSH<sub>d</sub> è stata calcolata utilizzando la seguente metodologia e assumendo un livello medio di carico (considerando a vantaggio di sicurezza un livello medio di invaso di 525 m) **Z<sub>o</sub>** pari a 30 m:

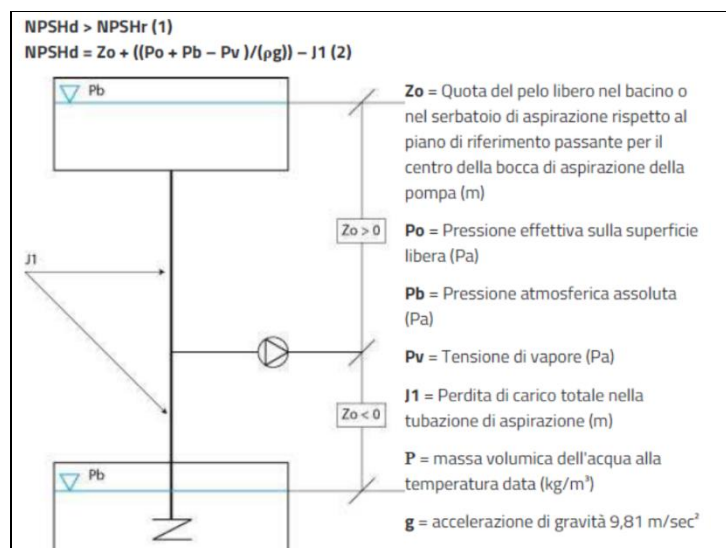


Fig. 10 Formula per il calcolo dell'NPSHd ISI Camastra

I risultati e la rappresentazione grafica dell'NPSHd dell'impianto necessari per la verifica dell'NPSHr dell'elettropompa, messi al punto dal Gestore, sono i seguenti:

NPSHd(m)	Q(l/s)	Zo(m)	Po(Pa)	Pb(Pa)	Pv(Pa a 40°)	J1(m)	ρ (kg/mc)	g(m/s2)	Pasp(m)
39,08	0	30	0	95750	7380	0	992,2	9,81	30
38,37	245	30	0	95750	7380	0,71	992,2	9,81	29,03
38,37	260	30	0	95750	7380	0,71	992,2	9,81	29,03
37,87	431	30	0	95750	7380	1,20	992,2	9,81	28,92
37,59	481	30	0	95750	7380	1,49	992,2	9,81	28,72
36,57	633	30	0	95750	7380	2,51	992,2	9,81	28,66
36,47	645	30	0	95750	7380	2,61	992,2	9,81	28,41
35,19	795	30	0	95750	7380	3,89	992,2	9,81	27,89
35,12	803	30	0	95750	7380	3,96	992,2	9,81	27,89

Tab. 5 Sviluppo Calcoli NPSHd dell'ISI Camastra

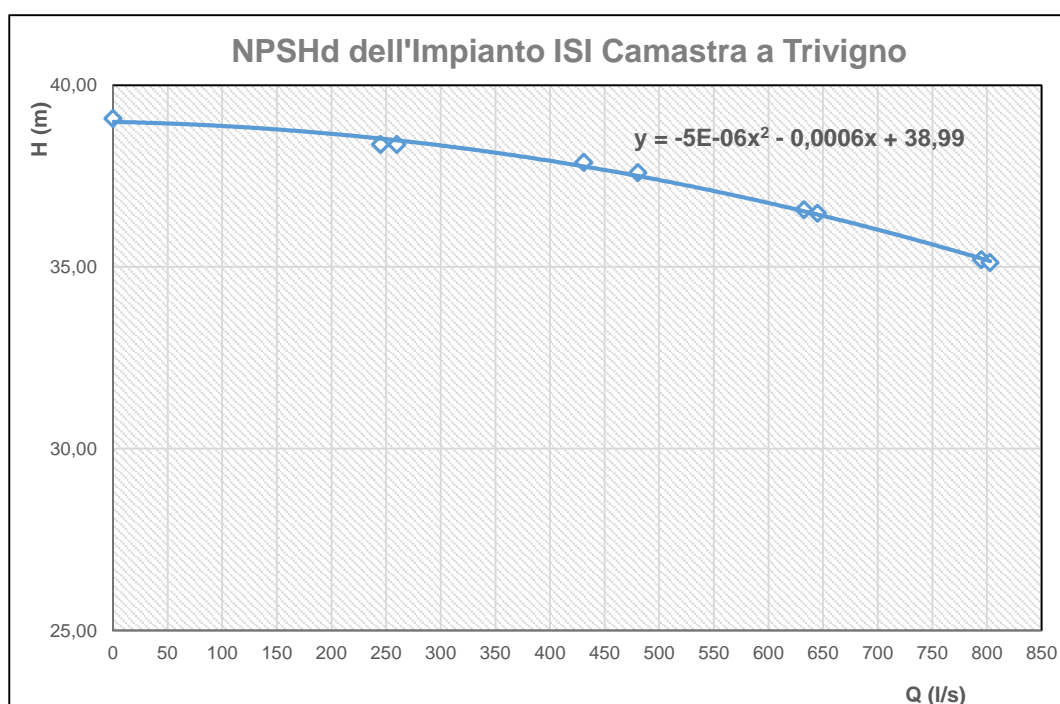


Fig. 11 Curva caratteristica dell'NPSHd ISI Camastra



La curva dell'NPSHr della pompa ha in genere un andamento opposto: gradatamente crescente a partire dalla portata minima  $Q_{min}$  sino alla portata di miglior rendimento  $Q_{opt}$  decisamente crescente verso l'alto per portate superiori a  $Q_{opt}$ . Al di sotto di  $Q_{min}$  la curva di NPSHr (tratteggiata nella figura) ha un andamento molto ripido verso l'alto, quasi verticale. Il costruttore Sulzer ha fornito la curva dell'NPSHr della macchina e il Gestore ha verificato la condizione sopra riportata con un adeguato margine di sicurezza ( $1,25 \cdot NPSHr \leq NPSHd$ ) nei punti di lavoro richiesti.

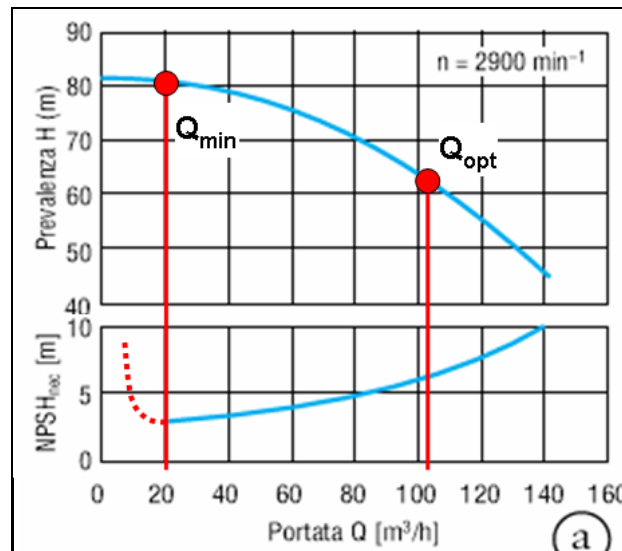


Fig. 12 Es. andamento curva caratteristica dell'NPSHr di una pompa

### 3.3 Curva caratteristica e rendimenti della nuova elettropompa

In conseguenza del regime di funzionamento della stazione la cui portata sollevata nel corso dell'anno varia dai 200 l/s agli 800 l/s e dei risultati delle analisi strumentali effettuate, che hanno permesso la ricostruzione della curva caratteristica dell'impianto, è stato definito il punto di lavoro delle nuove macchine da installare.

La potenzialità massima di produzione del Potabilizzatore di Masseria Romaniello, che deve garantire l'approvvigionamento idropotabile degli abitati dello schema Basento – Camastra compresa la città di Potenza ove vengono sollevate le portate dall'ISI Camastra, è di circa 2800 mc/h; ne consegue che la portata min da garantire al potabilizzatore è di circa 778 l/s, oltre l'eccedenza necessaria per il recupero dei volumi di invaso nella vasca di arrivo dell'acqua grezza che ha una capacità di circa 40.000 mc. e per compensare il delta di portata che si perde nel processo di potabilizzazione dell'acqua (es. acque di lavaggio dei filtri a sabbia).

Il Gestore ha provveduto a definire il nuovo punto di lavoro al fine di approvvigionarsi delle nuove macchine ad alta efficienza; come premesso la gara è stata esperita dalla SUARB e l'aggiudicatario è risultato essere la multinazionale Sulzer Pumps. Il punto di lavoro richiesto a base di gara è stato il seguente:

$$Q \text{ (l/s)} = 300 - P_{\text{man}} \text{ (m)} = 440$$

con punti di lavoro in parallelo delle macchine definiti nella seguente tabella:

		Punto di lavoro richiesto	1 pompa singola (punto B funz.)	2 pompe in parallelo	3 pompe in parallelo
Portata al punto lavoro	l/s	300	315	595	820
Prevalenza al punto di lavoro	m	440	415	440	475
Potenza nominale all'albero	kW	1.522	1525	3.019	4.492
Rendimento idraulico	%	85.00	84.00	85.00	85.00

Tab. 6 Punti di funzionamento e Rendimenti Nuove Elettropompe ISI Camastra

Le prestazioni sono state asseverate nel collaudo effettuato dal Gestore in Finlandia presso il centro di collaudo della Sulzer; le pompe hanno rispettato la norma di collaudo **ISO9906:2012/II 14.6-2011, Grade 1E (PT11)**.

I rendimenti ottimali delle nuove macchine permetteranno di ottenere un nuovo indice energetico di performance della stazione; tale indice ricalcolato sulla base dei punti di lavoro delle nuove macchine risulta essere il seguente:

NUOVA ELETTROPOMPA	Q (l/s)	Hman (m)	Pot Ass (kW)	Eta (%)	IE (kWh/mc)
SINGOLA	315	415	1522	84%	1,34
2 MACCHINE IN PARALLELO	595	440	3019	85%	1,41
3 MACCHINE IN PARALLELO	820	475	4492	85%	1,52
Media				84.87%	1.42

Tab. 7 Calcolo del nuovo indice IE di performance energetica

Utilizzando il nuovo indice energetico di performance, ricalcolato a seguito del revamping della stazione, è stato possibile stimare il risparmio energetico che potrà essere conseguito dalla Società; come base di calcolo sono stati utilizzati i dati energetici forniti dal Gestore per il 2022, pertanto, il risparmio economico ha ovviamente una componente di variabilità legata al valore del costo dell'energia.

Importante è focalizzare l'attenzione sul risparmio di assorbimento energetico dalla rete che sarà di circa 8 GWh con minori emissioni nell'atmosfera pari a circa 2.430,50 ton/CO2.

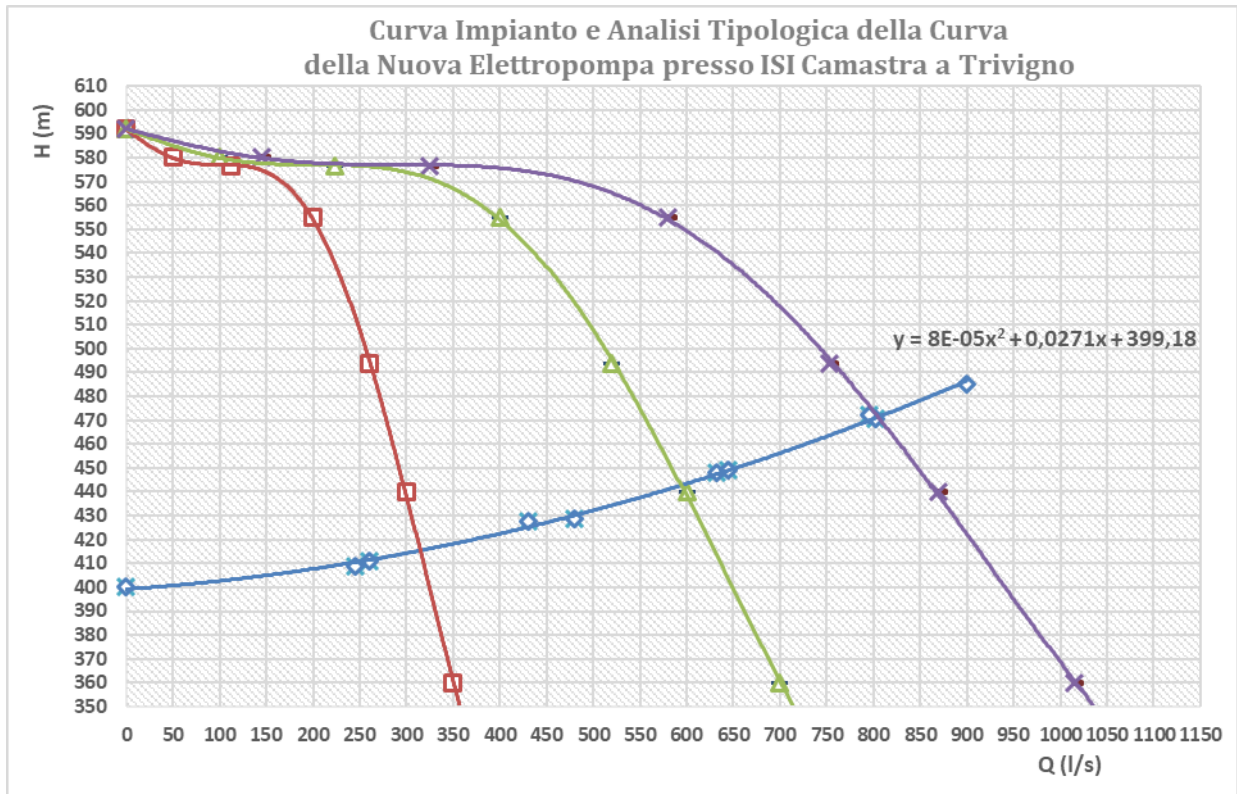
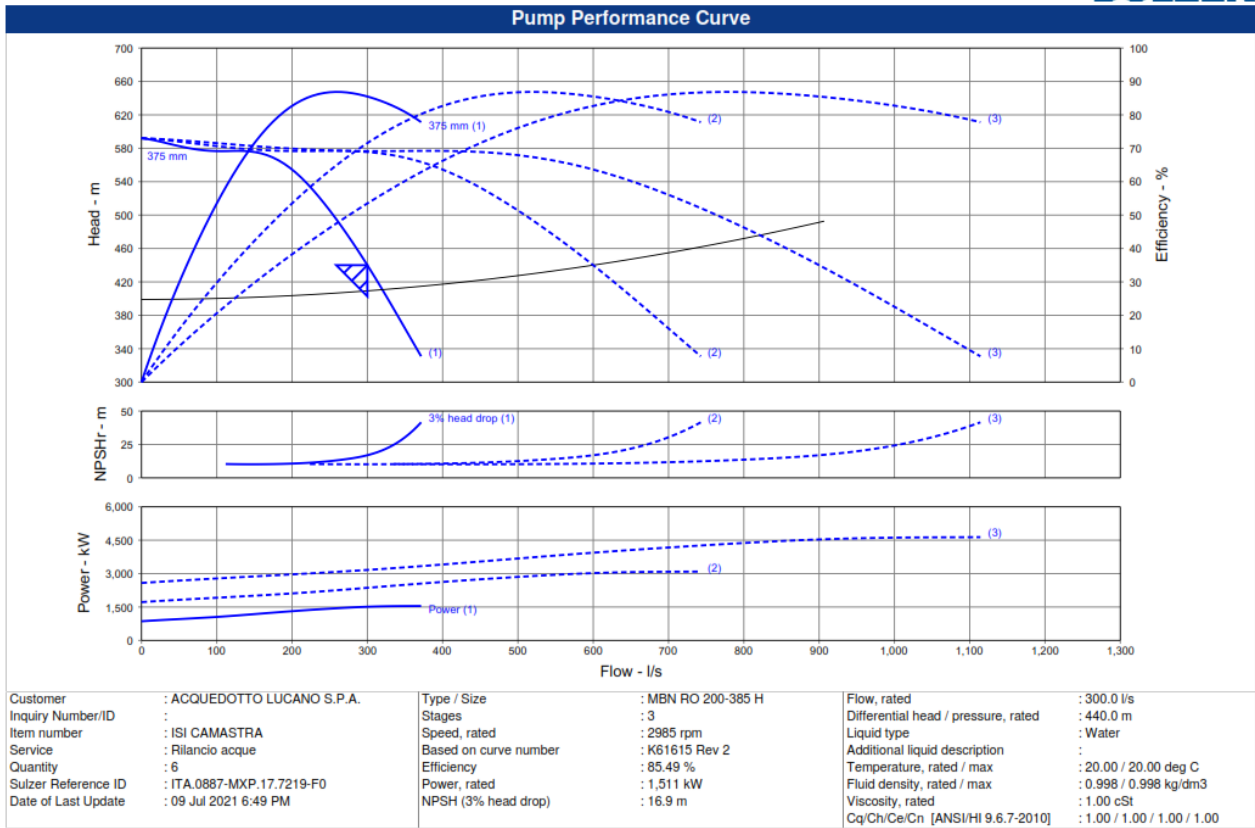
ISI CAMASTRA	kWh	€/annui	€/kWh	mc	IE (kWh/mc)
CONFIG_2022	28.075.336	€ 9.575.919	€ 0,341	14.250.000	1,97
NUOVO_ISI	20.235.000	€ 6.901.742	€ 0,341	14.250.000	1,42
RISPARMIO	7.840.336	€ 2.674.177			

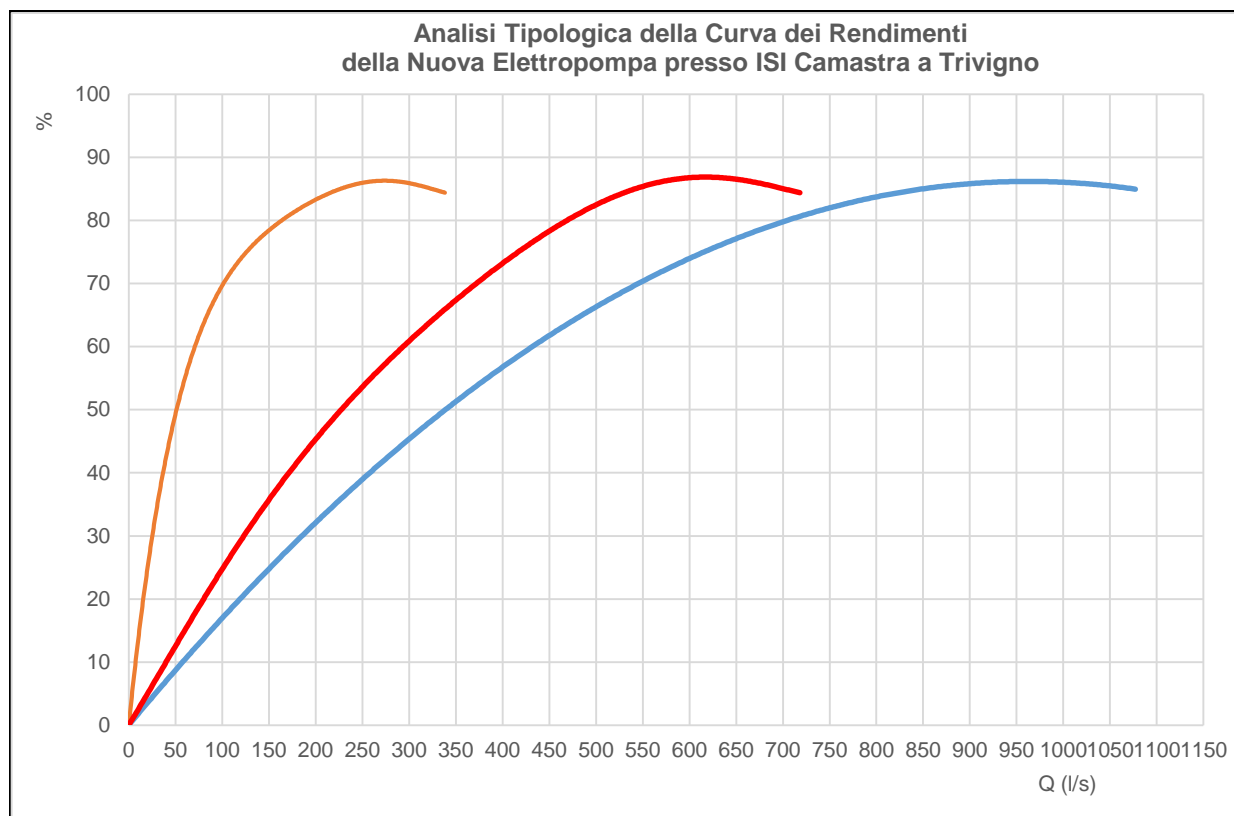
Tab. 8 Stima del risparmio energetico ed economico annuale con nuovo IE

Si è proceduto a verificare, visionando i dati di collaudo da verbale redatto dal Gestore per quanto riguarda i dati prestazionali relativi ad ognuna delle n. 6 singole macchine, la veridicità della curva proposta dalla Sulzer in sede di offerta tecnica, ricostruendo le curve di funzionamento delle macchine.

La verifica ha dato esito positivo in quanto, come può essere visibile nelle figure e grafici seguenti, i dati prestazionali delle elettropompe ad alta efficienza sono assolutamente

comparabili. Le perdite di carico puntuali indotte dai nuovi organi idraulici da installare su ogni macchina sono del tutto trascurabili.





*Fig. 13 Andamento tipologico della curva di funzionamento singolo e in parallelo della pompa.  
Confronto curve Sulzer – curve ricalcolate prestazionali e rendimenti*

### 3.4 Tipologia costruttiva e caratteristiche tecniche nuova elettropompa

La tipologia di pompa da installare, con le modalità previste nell'elaborato progettuale relativo al **“Disciplinare di installazione elettropompe”**, è di tipo multistadio modello MBN-RO che appartiene alla gamma di pompe centrifughe per il pompaggio di acqua pulita ad alta pressione della Sulzer.

Il modello acquistato **MBN-RO 200-385 H/3** è specificatamente configurato per essere idoneo all'impiego presso l'ISI Camastra e presenta caratteristiche tecnico costruttive che risultano le seguenti:

- idraulica con sezione ad anello e giranti modulari ad elevato rendimento idraulico, bilanciate staticamente e dinamicamente con geometrie caratteristiche che consentono di ridurre i valori di NPSH limitando le perdite di carico in aspirazione;
- giranti sono realizzate in mono fusione e progettate per resistere alla massima velocità di rotazione ed alle sollecitazioni indotte in caso di scatto del dispositivo di arresto di emergenza;
- diametro delle giranti pari a 375 mm con un passaggio libero idoneo alle caratteristiche del fluido pompato;
- parti di usura fisse sostituibili, in materiale PEEK, autolubrificanti e ad elevata resistenza, per incrementare l'efficienza e ridurre gli interventi di manutenzione;
- flange di connessione posizionate come previsto sull'impianto da configurazione esistente: lato aspirazione a destra, lato mandata a sinistra (da vista retro motore);



- accesso alla tenuta meccanica e al cuscinetto lubrificato dal liquido pompato, dal lato motore (DE-Drive End), senza smontare la tubazione di aspirazione;
- tenuta meccanica singola integrata e posizionata lato motore (DE), in zona di bassa pressione, con flussaggio dato dal primo stadio;
- dischi di bilanciamento per il contenimento delle spinte assiali e per un rendimento ottimale;
- voluta, aspirazione e mandata in J026 - ASTM A890 3A - Duplex SS;
- albero in S1248-EN 1.4462 – Duplex;
- giranti in J026 - ASTM A890 3A - Duplex SS;
- cuscinetti in J0267-ASTM A890 5A - Super Duplex SS; lubrificati dal liquido pompato;
- parti principali di usura (cuscinetti DE ed NDE-Non Drive End, tenuta meccanica e dischi di bilanciamento delle spinte) **accessibili e sostituibili sul posto** e senza necessità di rimuovere le tubazioni di aspirazione e mandata;
- sensori PT-100 di sovratemperatura sui cuscinetti cilindrici DE e NDE;
- sensore di vibrazione montato sul lato DE;
- caratteristiche costruttive della pompa (modulare ad anelli) che permettono una completa flessibilità per quanto riguarda l'orientamento delle flange di aspirazione e mandata;
- gruppo pompa-motore montato su basamento con ingombro ed interassi di fissaggio a pavimento idonei alle geometrie delle piattaforme esistenti.

Di seguito le caratteristiche descrittive del gruppo pompa e le metallurgie impiegate per i componenti principali.

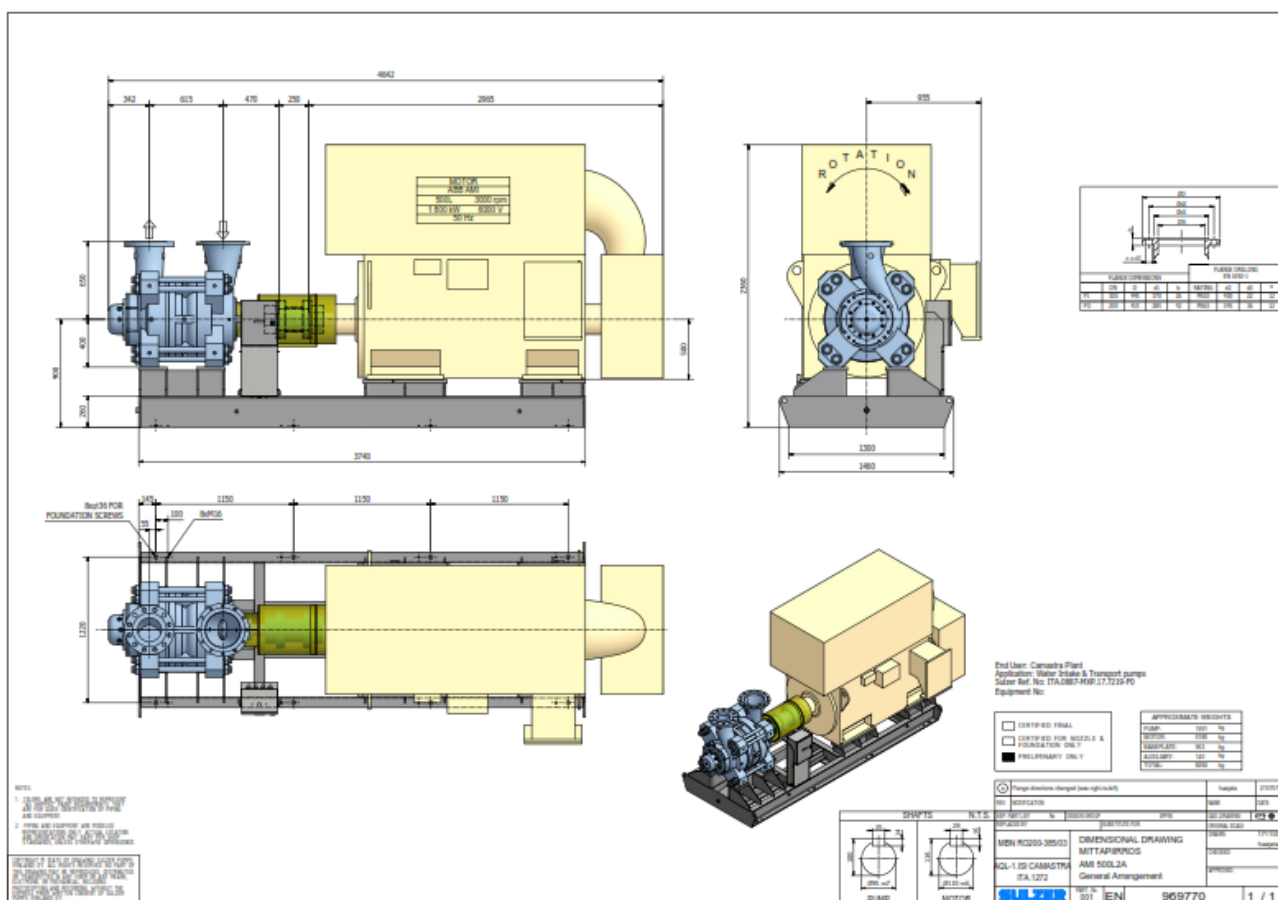
#### Caratteristiche descrittive del gruppo pompa

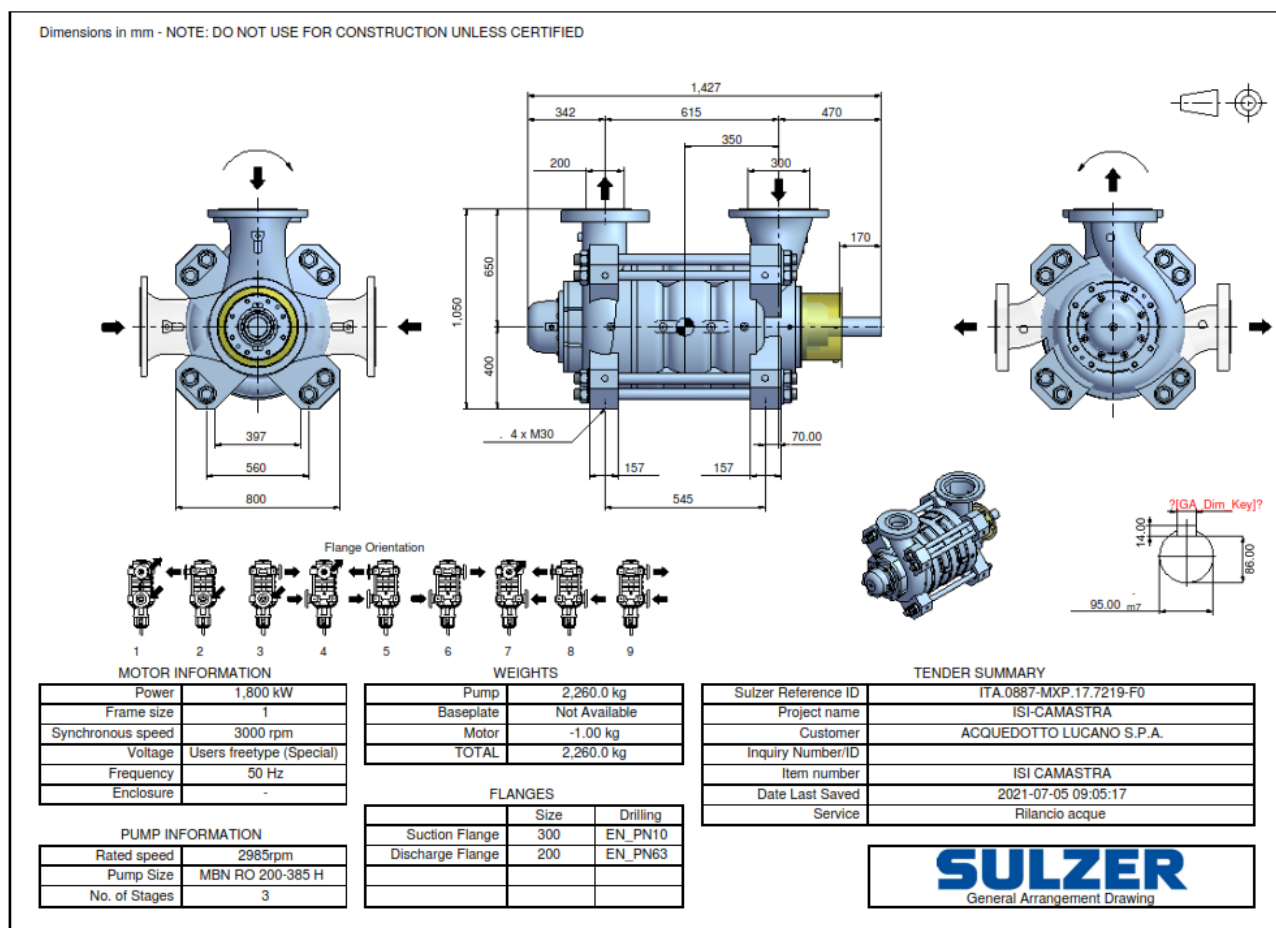
Tipo di pompa	: Multistadio ad anello
Modello pompa	: MBN RO 200-385 H
Numero stadi	: 3
Senso di rotazione	: Orario, visto dal lato motore (DE)
Tipo girante	: Chiusa, con aspirazione singola
Velocità pompa	: 2895 giri/minuto
Diametri girante	: 375 mm
Divisone corpo pompa	: Radiale
Supporti	: Piedini in fusione
Aspirazione	: DN300, EN PN10
Mandata	: DN200, EN PN63
Massima pressione di esercizio	: 57.95 Bar
Pressione limite di esercizio	: 63.00 Bar
Pressione limite in aspirazione	: 10.00 Bar
Peso pompa	: 2.260 kg

### Materiali componenti principali

Voluta, aspirazione e mandata	: 41/J026 ASTM A890 3A	Duplex
Diffusori	: 41/J026 ASTM A890 3A	Duplex
Coperchi	: 41/J026 ASTM A890 3A	Duplex
Albero	: BE/S1248 EN 1.4462	Duplex
Giranti	: 41/J026 ASTM A890 3A	Duplex
Cuscinetti a scorrimento DE-NDE (esterno)	: 4T/J0267 ASTM A890 5A	Super Duplex
Dischi di bilanciamento spinte	: 4T/J0267 ASTM A890 5A	Super Duplex
Cuscinetti a scorrimento DE-NDE (interno)	: 4T/J0267 ASTM A890 5A	Super Duplex+PEEK200
O-Ring	: 92/EPDM	EPDM
Guarnizioni	: 83/Klinger SIL C-4430	NBR
Chiavette	: BE/EN 1.4462	Duplex
Anelli distanziatori	: 4T/J0267 ASTM A890 5A	Super Duplex
Tenuta meccanica singola	: C/SiC-(3N) - EPDM	

## Disegni Costruttivi





### 3.5 Caratteristiche tecniche dei motori

Il motore elettrico a 6000 V modello ABB - AMI 500L2A BSH a servizio delle pompe risulta in perfetta aderenza a quanto richiesto a livello prestazionale dai punti di lavoro.

Il motore è progettato in conformità agli standard costruttivi previsti dalle normative comunitarie applicabili alla tipologia prevista. Le caratteristiche costruttive lo rendono idoneo all'avviamento con soft-start, come previsto nel presente progetto.

Il motore è stato oggetto di collaudo presso lo stabilimento di produzione del costruttore ed è corredato di opportuna certificazione secondo gli standard applicabili, secondo le norme cogenti.

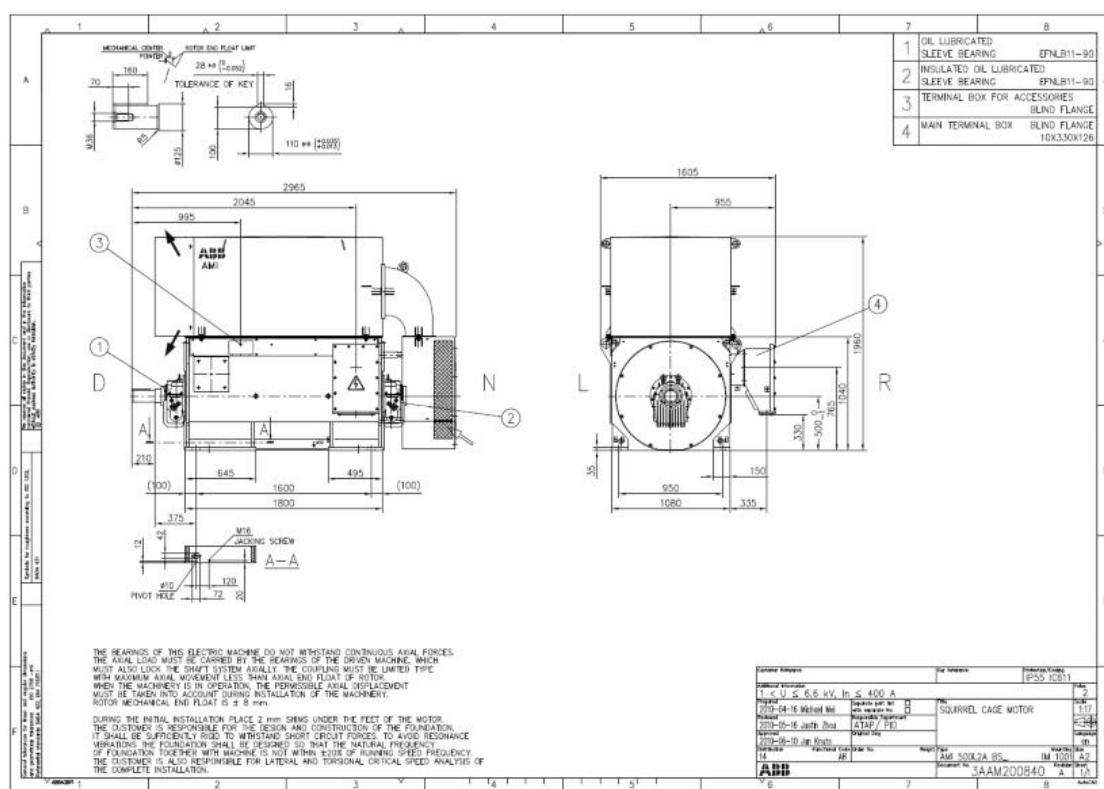
Il collaudo ha previsto la verifica dei seguenti parametri e l'esecuzione delle relative prove:

- Air Gap
- Assialità rotore
- Senso di rotazione, sequenza fasi
- Test di Alta tensione
- Misura di isolamento prima delle prove
- Misura di isolamento dopo le prove
- Prova elettrica a vuoto
- Misura di resistenza dell'avvolgimento
- Misura Corrente di Corto Circuito
- Misura delle vibrazioni a vuoto
- Ispezione visiva

Le caratteristiche costruttive principali dei motori sono riassunte di seguito:

Descrizione	AC Motore a induzione
<b>Tipo</b>	<b>ABB - AMI 500L2A BSH</b>
Categoria	Prestazioni di processo – Heavy Duty
Sede di costruzione	Finlandia
Normativa	IEC
Normativa Marina	No
Atmosfera esplosiva	No
Tipo di fornitura	Velocità fissa, adatto al funzionamento con inverter o soft-start
Massima temperatura ambiente	40 °C
Massima altitudine	1000 m s.l.m.
Potenza Nominale	1.800 kW
Velocità	2.980 giri/minuto
Tensione/fasi/Hz	6.000 V / 3 ph / 50 Hz
Innalzamento temperatura	Classe B
Gravosità del servizio	S1
Installazione/ Protezione / Raffredd.	IM 1001 / IP 55 / IC 611
Isolamento	F, Impregnato a vuoto
Cuscinetti	cuscinetti a manicotti standard ABB, autolubrificati
Morsettiera	Isolata standard, in aria
Sistema di Qualità aziendale produzione	ISO 9001 e ISO 14001
Colore	Standard blu - Munsell 8B 4.5/3,25

Il Gestore ha, in fase di produzione, ordinato l'apposita installazione di ulteriori sensori di vibrazione sull'albero a prevenzione dei guasti, i cui dati andranno acquisiti dal sistema di monitoraggio da adeguare, per ogni macchina.

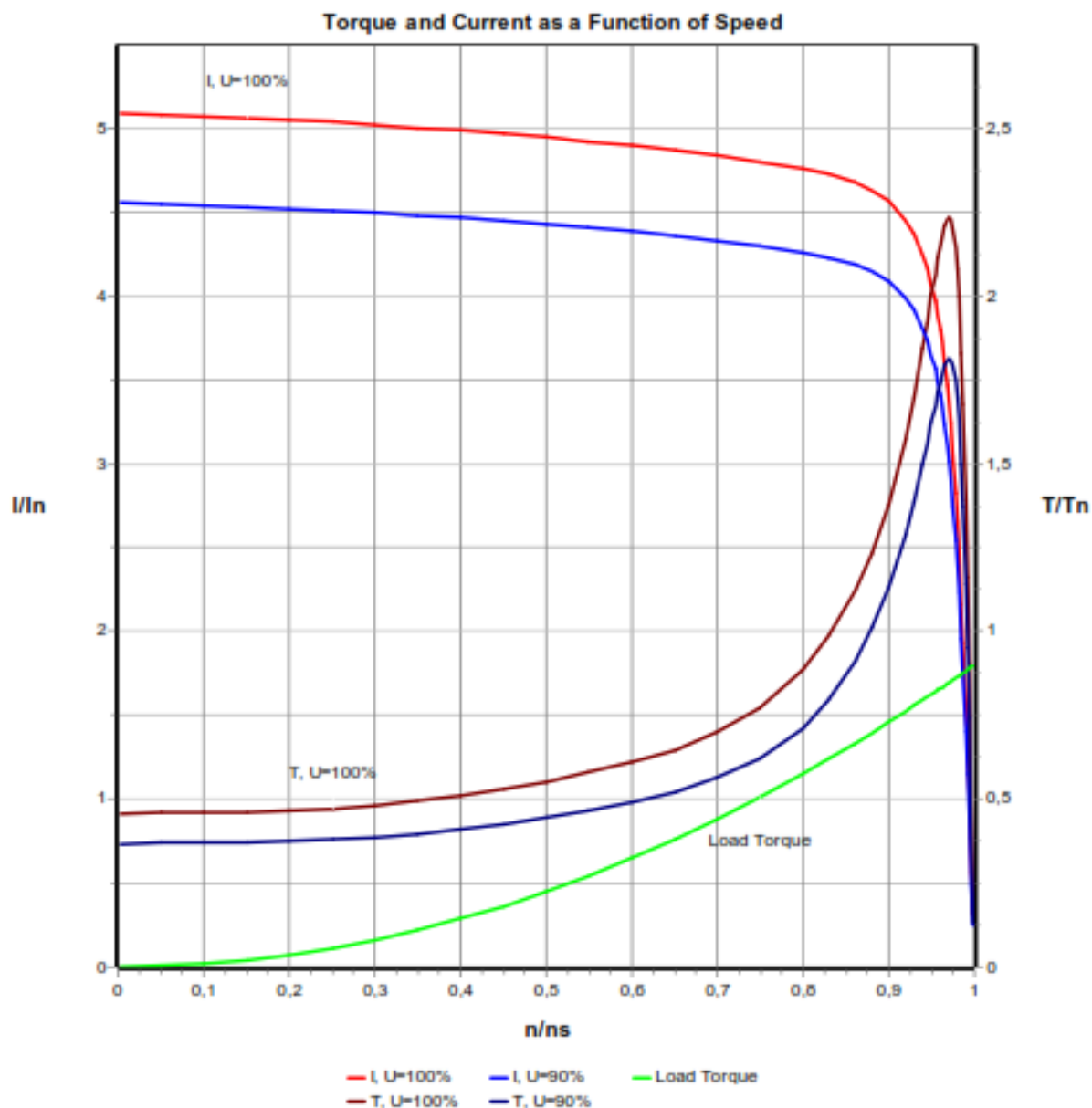




Le curve prestazionali principali dei motori sono visualizzate di seguito:

Motor type code: AMI 500L2A BSH

Rated output	1800 kW	Power Factor	0,89
Voltage	6000 V $\pm 5$ %	Rated torque	5769 Nm
Frequency	50 Hz	Relat. starting current	5,1
Speed	2979 rpm	Relat. starting torque	0,46
Current	203 A	Relat. maximum torque	2,2



Le nuove macchine ad alta efficienza andranno, come da disegni tecnici di progetto, installate sui basamenti esistenti; verranno acquistati e sostituiti tutti gli organi idraulici relativi al piping per ogni macchina, ovvero valvola di ritegno, saracinesca motorizzata con attuatore elettrico con tempi calcolati di apertura e chiusura in funzione dell'avviamento e spegnimento, saracinesca di testa utile in caso di sostituzione degli altri organi in serie. Gli organi idraulici previsti sono tutti in acciaio PN 63 ad alta qualità di fusione e assemblaggio, data l'importanza della stazione.

### 3.6 Caratteristiche tecniche Quadri Elettrici di avviamento

Per l'avviamento delle nuove macchine con motori da 1800 kW a 6000 V, la scelta progettuale è ricaduta su degli avviatori statici in Media Tensione utilizzabili in qualsiasi campo applicativo pesante industriale ed elettromeccanico, selezionando il meglio della tecnologia attuale per avviare in sicurezza i motori in Media Tensione riducendo le cadute di tensione o limitando la potenza del generatore.

Tale scelta è stata indirizzata dall'utilizzo delle pompe presso l'ISI Camastra che non prevedono variazione di frequenza, stante le condizioni al contorno di accumulo della risorsa a monte e a valle, ma il loro funzionamento sarà a portata fissa, da singole o in parallelo, pertanto, non è necessario installare un inverter ma un avviatore statico che permetta partenze ed arresti modulari, con limitazione delle correnti di spunto.

Il controllo assicura una perfetta accelerazione e decelerazione eliminando gli shock meccanici e di corrente.

Lo scomparto soft starter di media tensione dimensionato sarà da 250 A a 6000 V, con tensione e corrente di esercizio dei contattori di linea e di bypass o degli interruttori automatici in base alla corrente del motore e alle curve prestazionali. Il collegamento dell'alimentazione tra l'avviatore statico e i contattori avverrà mediante cavi o busbar.

La sezione a bassa tensione, sarà accessibile frontalmente, con componenti standard minimi di dotazione: due pulsanti Start/Stop, un pulsante di arresto di emergenza, quattro spie luminose ovvero contattore di linea aperto (rosso), contattore di linea chiuso (verde), bypass contattore chiuso (verde) e guasto (rosso), due selettori Soft Start – DOL controllo locale-remoto, tre relè di interposizione ciascuno con 2 C/O, 8A, 250V per segnalazione.

Descrizione tecnica dell'avviatore statico di media tensione:

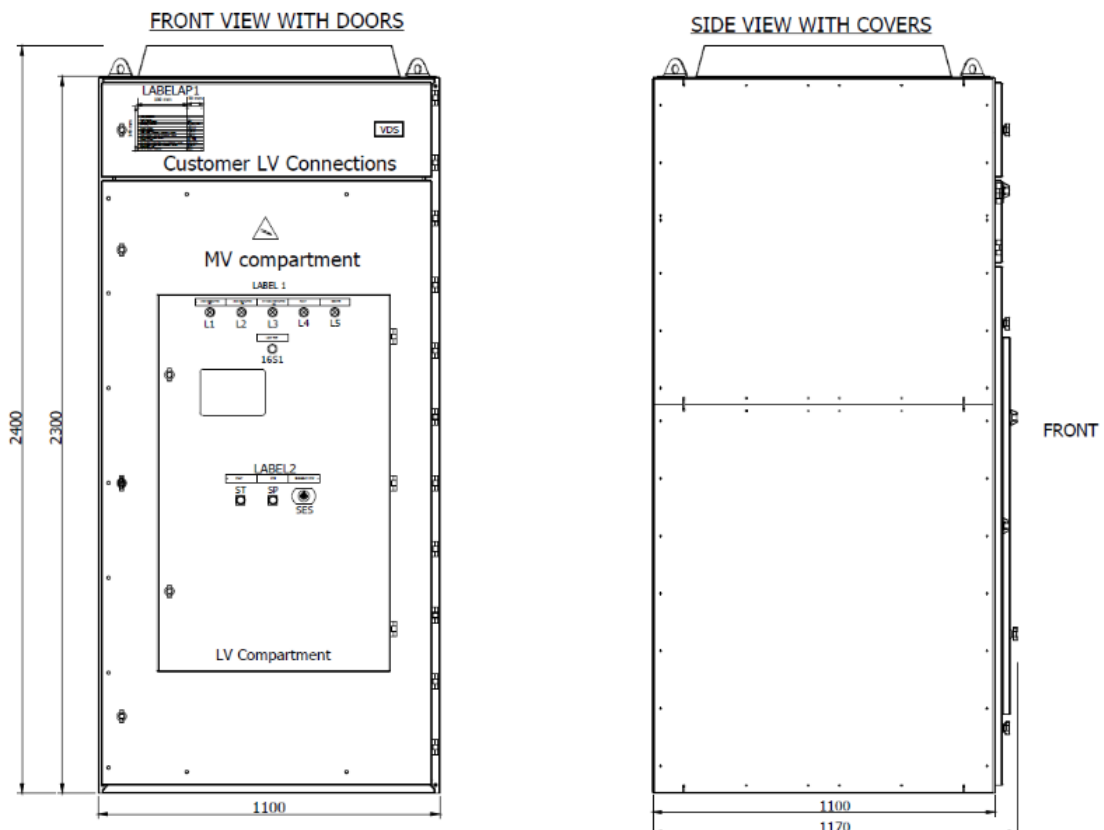
- Soft Starter Power Unit: tre set completamente integrati di moduli di potenza SCR;
- Test di routine standard Incluso il test di scarica parziale secondo EN50178;
- Unità di controllo soft starter digitale con controllo e comunicazione in fibra ottica;
- Misurazione della tensione MT con trasformatore di potenziale elettronico completamente isolato (ottico);
- Display LCD a due righe da 16 caratteri e 8 spie di indicazione di stato;
- Tastiera a 6 tasti soft touch con funzioni complete;
- Contatti Aux Avvio Accelerazione 1 C/O, 8A, 250VAC, 2000VA, Fine accelerazione 1 C/O, 8A, 250VAC, 2000VA, Contatto di guasto 1 C/O, 8A, 250VAC, 2000VA;
- Livello di avvio e durata dell'impulso regolabile, per un tempo regolabile 0-10 sec;
- Tensione iniziale 5-80% della tensione nominale di rete;
- Corrente iniziale 100-400% della nominale del motore;
- Limite di corrente 100-700% della nominale del motore;
- Tempo di accelerazione 1-90 sec;
- Tempo di decelerazione 0-90 sec.

Le protezioni motore integrate durante l'avviamento sono le seguenti:

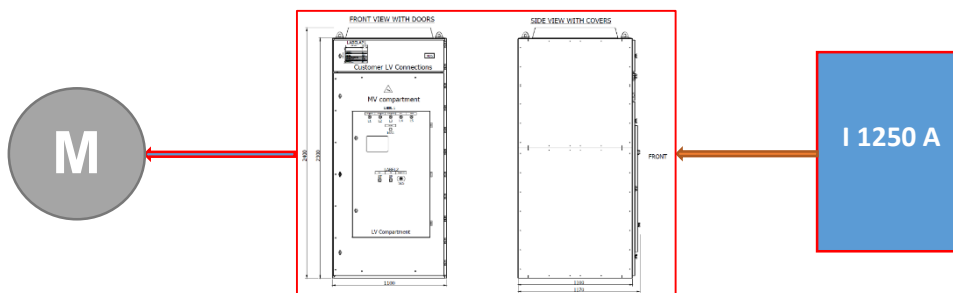
- Numero massimo avviamenti;
- Inibizione avviamenti;
- Tempo di avvio lungo (protezione da stallo);
- Sovracorrente (fermo di sicurezza);

- Sovraccarico elettronico;
- Sotto soglia corrente;
- Sotto soglia tensione;
- Sovratensione;
- Perdita di fase:
- Sequenza errata delle fasi;
- Connessione errata;
- Corrente di squilibrio:
- Accensione e nessun avvio;
- Bypass aperto:
- Protezione del rotore in stallo/bloccato.

Standard	IEC 62271-200		
Rated Voltage	7.2 kV		
Operating Voltage	6 kV		
Rated power frequency withstand voltage Ud	20 kV		
Rated Lightning Impulse Withstand Voltage UP	60 kV		
Rated frequency:	50 Hz		
Operating Current	250 A		
Busbar short time withstand current Ik	16 kA 1s		
Rated peak withstand current Ip	40 kA		
Degree of protection:	IP41		
Partition classification	PM / PI		
Loss of service continuity	LSC1		
Altitude	Up to 1000m asl		
Humidity	95% non condensed		
Operating temperature	-10°C ... +50°C		
Storage temperature	-20°C ... +70°C		



La sequenza di montaggio dei soft starter di avviamento, per ogni macchina, prevederà la derivazione dei cavi elettrici di alimentazione dagli interruttori MT 1250 A a 6000 V già presenti sull'impianto, il collegamento al soft starter e da qui l'arrivo alla morsettiera del singolo motore da 1800 kW.



I quadri saranno opportunamente allocati innanzi la batteria dei quadri elettrici esistenti, data l'impossibilità di utilizzo degli spazi ridotti esistenti. Ciò permetterà di realizzare il posizionamento dei nuovi quadri soft starter, senza causare interruzioni prolungate, comunque necessarie e con modalità da concordare con la Direzione Operativa del Gestore per i collegamenti elettrici dagli interruttori esistenti fino ai motori.

Al fianco del soft starter di avviamento della singola macchina sarà realizzato, come da schemi elettrici di progettazione, un quadro per gli ausiliari e di controllo di tutti i parametri e dei sensori presenti a bordo pompa, oltre che delle misure di pressione di mandata e presenza acqua in aspirazione, di remotaggio dati con revamping del PLC generale esistente, avviamento e chiusura della nuova saracinesca motorizzata.

Gli interruttori esistenti saranno sottoposti a revisione generale e manutenzione straordinaria con test report di funzionamento finale e sostituzione della protezione generale esistente con una nuova, ovvero un relè di protezione impiegato per la protezione di motori asincroni e sincroni di grossa taglia su reti MT su linee di qualsiasi lunghezza in sistemi con neutro isolato, franco a terra e/o a terra con resistenza o con bobina di Petersen.

Caratteristiche principali relè di protezione:

- Minima tensione - 27
- Minima tensione di sequenza diretta - 27V1
- Massima potenza attiva direzionale - 32P
- Minima corrente - 37
- Minima potenza reattiva direzionale - 37Q
- Perdita di eccitazione - 40(M/G)
- Massima corrente di sequenza inversa Motore/Generatore - 46M, 46G
- Massimo numero di avviamenti (inibizione ravviamento) - 66
- Direzionale di terra - 67N
- Massima frequenza - 81O
- Minima frequenza - 81U
- Mancata apertura interruttore - BF
- Monitoraggio TA di fase - 74CT
- Monitoraggio TV di linea - 74VT
- Supervisione circuito di scatto - 74TCS

La medesima procedura si ottempererà sugli interruttori a 1250 A a protezione dei trasformatori MT-BT presenti da ambo i lati della batteria di QE esistenti. In questo caso, dopo la manutenzione e i test elettrici, verrà sostituita la protezione esistente con una nuova (relè) tipicamente utilizzata nelle reti radiali AT, MT e BT come protezione degli alimentatori o dei trasformatori di potenza.

In sistemi con neutro franco a terra, la protezione contro i guasti a terra può essere impiegata su linee di qualsiasi lunghezza, mentre in sistemi con neutro isolato ovvero connesso a terra tramite bobina di Petersen e/o resistenza, la protezione contro i guasti a terra può essere impiegata su linee di lunghezza limitata in modo da evitare interventi intempestivi a causa del contributo della corrente capacitiva della linea per guasti esterni.

Il relè dovrà essere conforme ai requisiti della norma CEI 0-16.

Funzioni, protezione standard & elementi di controllo relè di protezione:

- Massima corrente residua - 50N/51N
- Massima corrente di fase - 50/51
- Supervisione circuito di scatto - 74TCS
- CEI 0-16
- FUNZIONI DI COMUNICAZIONE
- Protocollo Modbus RTU RS232

### 3.7 Verifica dimensionamento cavi elettrici di potenza

Si veda relazione specialistica in merito elaborato A004.

### 3.8 Verifiche idrauliche

Si veda relazione specialistica in merito elaborato A003.

### 3.8 Revamping telecontrollo PLC preesistente

La soluzione tecnica adottata, prevedendo la realizzazione di un QE degli ausiliari per ogni macchina, dà la possibilità di mantenere sia l'hardware del telecontrollo esistente, che si interfaccia con i cablaggi attuali dell'impianto, che il software di controllo da remoto, ovviamente riposizionando i collegamenti di automazione e di segnale per ogni elettropompa ad avvenuta installazione dei QE di potenza e di servizio ausiliari.

Si prevede, comunque, già in questa fase che possa essere prevista un'evoluzione dei sistemi di supervisione del Gestore, dati gli investimenti con altre linee di finanziamento attive in parallelo.

Pertanto, è pre-implementata la possibilità di telecontrollo da remoto con indirizzi IP distinti per ogni singola macchina, in modo tale da rendere il sistema duttile ed efficiente e non dipendente da un singolo punto di controllo.

A titolo esemplificativo, di seguito, è riportato un layout grafico di controllo ipotizzabile e ampliabile per ogni elettropompa; in tale layout sono già rappresentate le nuove macchine Sulzer MBN-RO da installare nell'ISI Camastra.



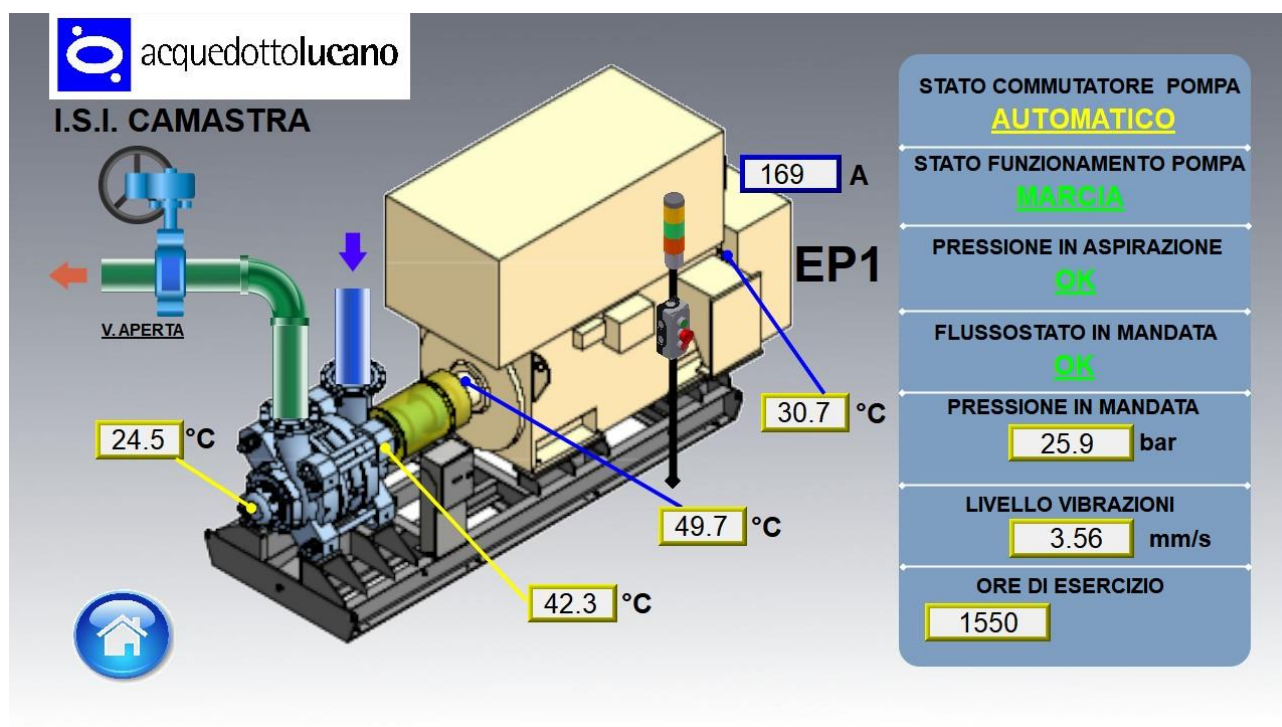


Fig. 14 es. di layout grafico di controllo da remoto (ampliabile nei parametri e funzioni) per elettropompa

### 3.9 Installazione nuovi organi idraulici e di protezione e controllo

Data la vetustà degli organi idraulici presenti sull'impianto si procederà alla sostituzione degli stessi, anche in funzione dei nuovi diametri nominali di collegamento dell'aspirazione e di mandata delle nuove pompe, che sono:

- Suction flange DN 300 (è sufficiente sul lato aspirazione un PN10);
- Discharge flange DN 200 (è necessario sul lato mandata un PN 63).

Dati i diametri esistenti presenti attualmente, la nuova configurazione opzionata, anche al fine di standardizzare al meglio possibile gli organi idraulici per le successive manutenzioni, è risultata la seguente:

#### Configurazione idraulica piping ISI Camastra

##### Aspirazione

**Saracinesca in ghisa DN 400 PN 10** (flangia macchina PN 10 DN 300)

##### Mandata

**2 Saracinesche per esterno in acciaio con riduttore manuale DN 400 PN 64** (da installare in linea delle attuali pompe da 400 l/s)

**4 Saracinesche per esterno in acciaio con riduttore manuale DN 300 PN 64** (da installare in linea delle attuali pompe da 200 l/s)

**6 Saracinesche motorizzate con attuatore elettrico DN 300 PN 64 in acciaio con controlli remotati** (flangia macchina PN 64 DN 200)

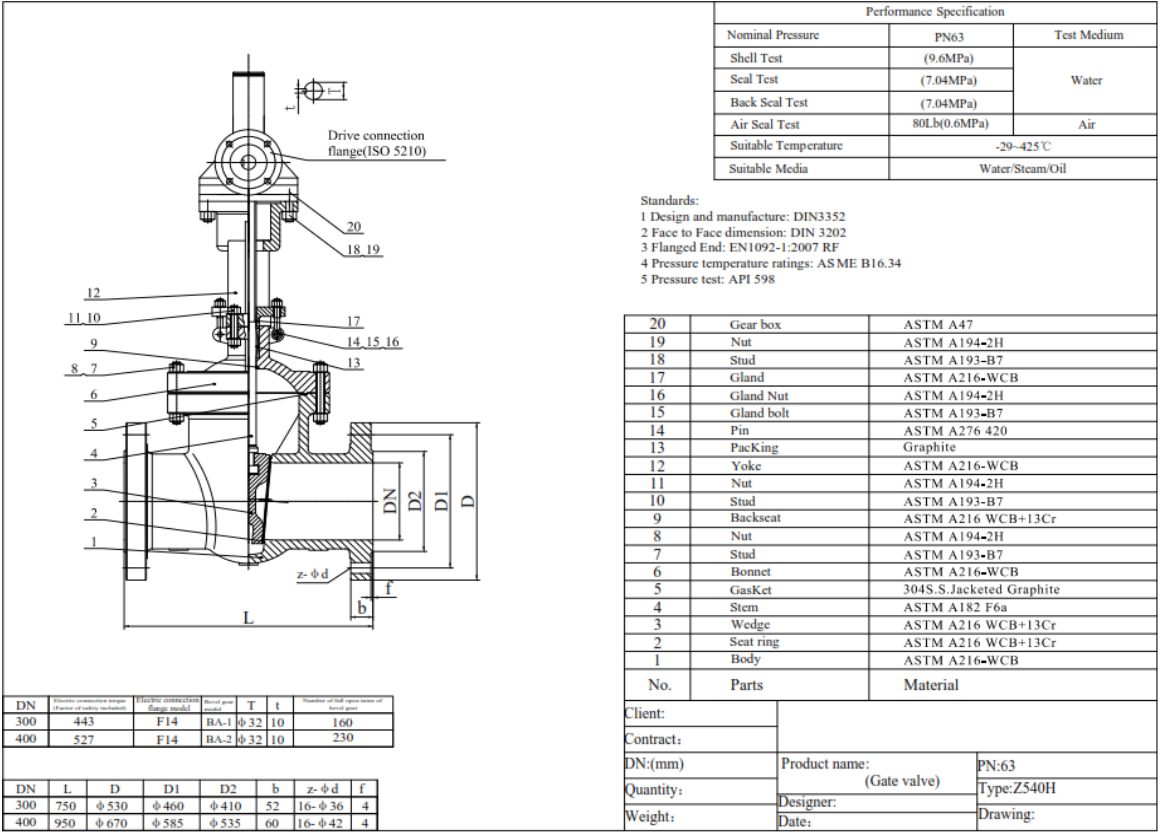
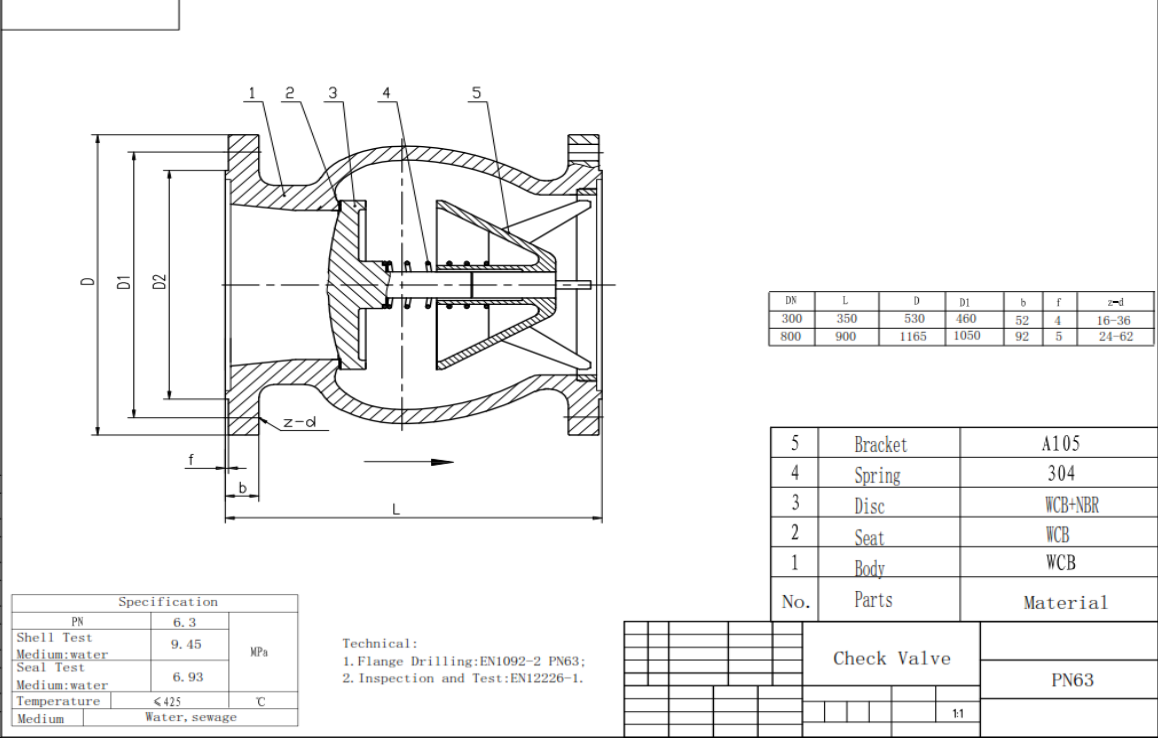
**6 Valvole di ritegno ugello venturi in acciaio DN 300 PN 64**

**1 Valvola di ritegno ugello venturi in acciaio DN 800 PN 64** (valvola di testa su condotta premente)

Le saracinesche, sia le motorizzate che le on – off con volantino riduttore di giri, date le prevalenze in gioco come succitato, saranno tutte in acciaio ASTM A216 PN63, così come anche le valvole di ritegno ugello venturi. L'attuatore sarà di primaria casa costruttrice,

adatto agli sforzi e alle torsioni in gioco, con consensi di apertura e chiusura remotati, dotato di visualizzatore in locale e scheda di controllo e trasmissione dati 4/20 mA.

Si provvederà alla sostituzione della valvola ugello venturi in testa alla condotta premente del DN 800 PN 63, considerati i visibili trafilamenti di quella ora presente. Le interruzioni di pompaggio saranno, anche in questo caso, programmate in base alle necessità della Direzione Operativa del Gestore. Di seguito si riportano le schede tipo degli organi idraulici in parola (ritegno e saracinesca).



#### 4. Opere Accessorie

Per la realizzazione dei nuovi cavedi elettrici sarà necessario demolire parzialmente la pavimentazione dinnanzi i QE esistenti come da tavola grafica a corredo.

Le modalità di messa in opera di tale lavorazione prevedrà la posa di canaline metalliche di by-pass per i cavi di alimentazione dei motori, opportunamente rialzate e posizionate al fianco dei pilastri con strutture di ancoraggio.

Comunque saranno programmati i fermi impianto necessari con il Gestore, al fine di operare in sicurezza e secondo quanto indicato nel PSC.

Per quanto riguarda la copertura della stazione, è prevista la manutenzione della guaina di impermeabilizzazione esistente con rimozione delle parti danneggiate, pareggiamento e livello delle superfici con cemento additivato o prodotti di preparazione alla posa della nuova guaina, posa finale della nuova guaina bituminosa ardesiata sfiammata a caldo direttamente su quella già presente, rifacimento delle risalite e riposizionamento dei cordoli.

Al fine di gestire le risultanze degli scarti e macerie delle demolizioni e/o rimozioni è stata redatta apposita relazione sulla gestione delle materie, ai sensi della norma cogente.

Per quanto riguarda le vecchie elettropompe, su indicazione del gestore saranno temporaneamente stoccate nell'area esterna della struttura.

#### 5. Riscontro degli obiettivi di progetto e degli interventi previsti

Gli obiettivi di performance indicati nella relazione generale al presente progetto di revamping dell'impianto di sollevamento idrico Camastra sono i seguenti:

1. Adozione di soluzioni tecnologiche adeguate per ridurre i costi gestionali e minimizzare l'impatto ambientale derivanti dalla gestione del sistema di pompaggio;
2. Minimizzare le portate sollevate con un sistema di monitoraggio utile ad evitare gli sprechi ed ottimizzarne il funzionamento;
3. Utilizzare tecnologie e sistemi di avviamento che consentono di minimizzare gli stress meccanici e le manutenzioni;
4. Ottimizzare il funzionamento del sistema per ridurre al massimo i consumi energetici e per salvaguardare la durabilità delle apparecchiature e dei materiali del sistema stesso;
5. Individuare l'uso di apparecchiature sia idrauliche che elettriche atte a ridurre gli interventi di riparazione ed i costi gestionali;
6. Implementare il sistema esistente di automazione e telecontrollo dell'impianto e delle opere.

Tali obiettivi, realizzando le opere descritte nella presente relazione e negli elaborati progettuali si intendono pienamente perseguiti, con un utile risparmio energetico e di manutenzione nel tempo per la Società.

Anche l'elenco delle fasi di lavorazione, riportato di seguito ad ogni buon conto che si svolgeranno quasi esclusivamente all'interno dell'impianto, si intendono pienamente rispettate, come sopra descritto tecnicamente e negli elaborati specifici tecnici del progetto:

1. Pulizia capannone alloggiamento pompe e aree interessate da crescita di vegetazione spontanea che occorre adeguatamente rimuovere per la piena fruibilità delle stesse;

2. Adeguamento della parte idraulica piping ed eventuali valvole correlate, in funzione dei calcoli derivanti dalle caratteristiche delle nuove macchine, compresa la ricalibrazione dei punti di aspirazione e mandata in funzione dei nuovi posizionamenti sui basamenti;
3. Revamping parte QE con soft starter a 6000 V per l'avviamento delle nuove pompe, manutenzione e prove di scatto, ai sensi della norma cogente, sui quadri generali di potenza asserviti ai nuovi di avviamento e quadri elettrici di automazione per ogni macchina;
4. Installazione della strumentazione di controllo per report dati energetici, idraulici e di allarme anomalie sonde motori ed elettropompe;
5. Adeguamento del telecontrollo esistente con azionamento dei comandi a distanza e supervisione schemi e stazione di sollevamento per ogni macchina;
6. Risanamento della copertura del fabbricato al fine di evitare infiltrazioni e manutenzione straordinaria necessaria alla messa in sicurezza delle opere civili;

Si vuole evidenziare che non saranno effettuate opere e interventi sulle strutture esistenti.

## 6. Analisi vincolista territoriale ed autorizzazioni

Come già premesso nella relazione generale, gli interventi di progetto sono stati inseriti all'interno del quadro normativo autorizzativo, ambientale, paesaggistico e urbanistico cogente.

Si conferma che si considerano sostanzialmente soddisfatti tutti i vincoli e non sono richieste particolari autorizzazioni, in quanto si tratta di opere di adeguamento funzionale e manutenzione straordinaria all'interno di una stazione (opera) già gestita da AL Spa, senza necessità di realizzare opere esterne.

## 7. Norme tecniche e di riferimento

In relazione sia alle opere da eseguire che alla finalità da raggiungere con gli interventi si sono osservate tutte le norme cogenti:

- lavori pubblici
- sicurezza sui luoghi di lavoro
- costruzioni di reti tecnologiche
- costruzioni di opere in c.a. e acciaio
- impianti elettrici in conformità al DM 37/08, 462/01, CEI 016 e CEI 021
- salvaguardia dell'ambiente
- risparmio energetico

Si riportano di seguito, in maniera sintetica, i riferimenti normativi e le norme tecniche principali che sono state seguite per la redazione del presente progetto:

Lavori pubblici (intervento affidato col vecchio codice)

- D.Lgs. n. 50 del 18.04.2016, "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture" e relative Linee Guida di attuazione;
- D.P.R. n. 207 del 05.10.2010 e s.m.i., "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»" (per la parte in vigore);

- D.M. n. 145 del 19.04.2000 e s.m.i., "Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici (per la parte in vigore);
- **Dlgs 36/2023 relativamente al QE e al Capitolato Speciale d'Appalto e Schema di Contratto, al fine di facilitare la gara di appalto e l'esecuzione che andranno eseguite ai sensi del nuovo codice in vigore dal 1 luglio 2023.**

#### Urbanistica Edilizia Ambiente

- D.P.R. n. 380 del 06.06.2001, "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" aggiornato alla Legge n. 134 dd. 07.08.2012 e smi;
- D.P.R. n. 327 del 08.06.2001, "Testo unico delle disposizioni legislative in materia di espropriazioni per pubblica utilità e smi;
- D.Lgs. n. 152 del 03.04.2006 e s.m.i., "Norme in materia ambientale";
- D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 258 "Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128" e smi;
- D. Lgs. n.42 del 22.01.2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" e smi.

#### Strutture (comunque elencate ma non necessarie)

- D.M. del 14.01.2008, "Norme tecniche per le costruzioni" e s.m.i.;
- Circolare Ministeriale n. 617 del. 02.02.2009, "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»" e s.m.i.;
- L. n. 1086 del 05.11.1971, "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" e smi;
- L. n. 64 del 02.02.1974, "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" e smi;
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 e smi;
- NTC 2008 e Circolare - Norme sismiche per le costruzioni e smi.

#### Sicurezza

- D.Lgs. 81 del 09.04.2008 e s.m.i.;

#### Norme Tecniche

- Norme tecniche sulle strutture
- Norme tecniche relative alle tubazioni (Circolare Ministero LL. PP. 07.01.1974 n. 11633 e smi)
- Direttiva 91/271/CEE del Consiglio del 21/5/1991
- Norme tecniche sugli impianti elettrici e meccanici
- Normative UNI di riferimento
- Normative CEI di riferimento