



FSC Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione



Enas

Ente Abbas de Sardinia
Ente Acque della Sardegna

Servizio Progetti e Costruzioni



REGIONE AUTONOMA
DE SARDIGNA

REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici

**L88 - MANUTENZIONE STRAORDINARIA E RIASSETTO FUNZIONALE
DEL COLLEGAMENTO MULTISETTORIALE
VILLANOVATULO - ZONA INDUSTRIALE DI ISILI - IS BARROCUS**

**1° LOTTO 2° COMPARTO - 2° STRALCIO:
RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE PARZIALE CENTRALE DI SOLLEVAMENTO**

**PROGETTO ESECUTIVO
Aggiornamento 2026**

Parte A - PARTE GENERALE

RELAZIONI SPECIALISTICHE
Relazione idraulica sollevamenti

Allegato:

A.3.1

scala:

Redazione Progetto esecutivo:

Ing. Stefano Peltz
(per ATP Peltz - Frau - Nieddu - Casula)
EXE srl - Ing. Andrea Petruso

Coordinamento della sicurezza in progettazione:

EXE srl - Ing. Andrea Petruso

**Redazione aggiornamento
Progetto esecutivo e PSC:**

Ing. Stefano Peltz

Firmato digitalmente da
Stefano Peltz
CN = Stefano Peltz
C = IT

Collaboratori

Geom. Carmina Montisci

Il Direttore Generale
Ing. Giuliano Patteri

Il Responsabile Unico del Progetto
Ing. Nicoletta Sale

Il Direttore del Servizio
Ing. Stefano Serra



Nicoletta
Sale
17.09.2026
11:05:43
GMT+02:00

PROGR.	DATA	ADOZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
1 EMISSIONE	Marzo 2026			

Ente Acque della Sardegna

Servizio Progetti e Costruzioni

**Manutenzione straordinaria e riassetto funzionale del collegamento
multisetoriale Villanovatulo – Z.I. di Isili – Is Barroccus**

CUP I79E07000020002

CUP I48B24000400006

**1° Lotto 2° Comparto – 2° Stralcio:
“Riqualificazione funzionale parziale centrale
di sollevamento”**

PROGETTO ESECUTIVO

**Relazioni specialistiche
RELAZIONE IDRAULICA SOLLEVAMENTI**

GENERALITA'

L'attuazione dell'intervento complessivo "Manutenzione straordinaria e riassetto funzionale del collegamento multisettoriale Villanovatulo – Zona Industriale di Isili - Is Barroccus" è stata affidata dall'Assessorato Regionale LL.PP. all'ENAS con Convenzione in data 04.09.2007, poi aggiornata in data 21.10.2014 con la stipula di apposito atto aggiuntivo.

Con Determinazione del Direttore del Servizio Opere Idriche e Idrogeologiche della DG LL.PP. RAS n. 48812/1680 in data 02.12.2016 è stato approvato il Progetto Preliminare dell'intervento "Manutenzione straordinaria e riassetto funzionale del collegamento multisettoriale Villanovatulo – Zona Industriale di Isili – Is Barroccus" – 1° lotto (finanziato con € 4.400.000) + 2° lotto (da finanziare) – per l'importo totale € 9.000.000.

Si è poi stabilito di appaltare separatamente i lavori del 1° lotto finanziato (€ 4.400.000) sulla base del progetto definitivo/esecutivo, suddiviso in "1° Comparto: Riqualificazione funzionale delle vasche di compenso di Su Murtaxiu" e "2° Comparto: Riqualificazione funzionale parziale centrale di sollevamento e acquedotto".

I successivi ulteriori approfondimenti compiuti sullo stato attuale delle opere in fase di sviluppo progettuale hanno portato a stabilire, in quanto più opportuna ed adeguata alle esigenze dell'ENAS, la suddivisione dei lavori del 2° Comparto in due distinti interventi, ed in particolare:

- 1° stralcio: Riqualificazione funzionale acquedotto – Tratta "Is Pillus" (agro di Isili);
- 2° stralcio: Riqualificazione funzionale centrale di sollevamento ENAS di Ponte Maxia (agro di Villanova Tulo).

La centrale di sollevamento di Ponte Maxia, oggetto dei lavori in epigrafe, si trova nel Comune di Villanova Tulo (Provincia Sud Sardegna), con Codice NUTS ITG24.

La redazione del progetto definitivo – esecutivo del "2° Comparto – 2° Stralcio: "Riqualificazione funzionale parziale centrale di sollevamento" si è conclusa nel giugno-luglio 2021, con invio formale all'amministrazione dell'intero progetto da parte dei soggetti incaricati in data 19.07.2021 (prot. ENAS nn. 16186 – 16187 – 16188); successivamente si è conclusa anche la relativa procedura di verifica con la trasmissione in data 29.12.2021 all'Ente del Rapporto di Controllo Finale di pari data, quale rapporto propedeutico al completamento dell'iter autorizzativo e al conseguente riesame con emissione del rapporto conclusivo di verifica.

Con DDSPC ENAS n. 1 in data 03.01.2022 è stato quindi adottato il progetto definitivo – esecutivo del 2° Comparto - 2° Stralcio, autorizzando il RUP all'indizione della conferenza di servizi finalizzata all'acquisizione delle autorizzazioni all'esecuzione dei relativi lavori, per un importo lavori pari a € 1.520.480,91 oltre IVA di legge e compresi gli oneri della sicurezza non soggetti a ribasso.

Con DDSPC ENAS n. 205 in data 23.02.2022 è stata disposta la conclusione positiva della Conferenza di Servizi decisoria ex art. 14 c. 2 L. n. 241/1990, in forma semplificata e modalità asincrona, sostitutiva ad ogni effetto di tutti gli atti di assenso all'esecuzione dell'opera comunque denominati, di competenza dei seguenti soggetti invitati alla conferenza:

- Comunità Montana Sarcidano Barbagia di Seulo - Ufficio Associato di istruttoria paesaggistica;
- Soprintendenza Archeologia belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Cagliari e le province di Oristano e Sud Sardegna - Area funzionale Paesaggio;
- Comune di Villanova Tulo.

Il progetto definitivo - esecutivo è stato quindi definitivamente verificato dal soggetto incaricato con Rapporto conclusivo del 08.03.2023.

In data 31.03.2023 è tuttavia sopravvenuta ex lege la cessazione di validità del Prezzario Regionale LLPP 2022 ed è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale il nuovo codice dei contratti (DLgs n. 36/2023), le cui disposizioni – come disposto dall'art. 229 – hanno acquistato efficacia dal 1 luglio 2023, ed inoltre il 31.07.2023 è stato approvato con specifico atto e pubblicato il Prezzario Regionale LLPP 2023.

I fatti sopra elencati hanno reso necessario procedere all'aggiornamento del progetto, già a suo tempo adottato e verificato, sia alle nuove disposizioni di cui al DLgs. n. 36/2023 sia al nuovo Prezzario regionale.

A seguito della D.G.R. n. 36/38 del 09.07.2025, risulta ora prossima l'attribuzione all'Ente del suddetto finanziamento integrativo, per l'importo di euro 925.000,00 a valere su fondi FSC 2021/2027, per cui è necessario procedere all'aggiornamento del progetto esecutivo.

Nell'ambito dell'intervento di "Riqualificazione funzionale della centrale di sollevamento ENAS di Ponte Maxia (agro di Villanova Tulo)", le opere incluse nel presente adeguamento del progetto definitivo-esecutivo comprendono pertanto:

- la sostituzione di n. 1 elettropompa orizzontali del sollevamento principale,
- il potenziamento delle elettropompe sommerse del sollevamento iniziale dal serbatoio di "Nuraghe Arrubiu" sul medio Flumendosa,
- la sostituzione del tratto di premente Dn 500 compreso tra il sollevamento iniziale e quello principale;
- l'installazione di una nuova cassa d'aria del volume di 6000 litri
- l'adeguamento dei quadri elettrici di media e bassa tensione,

allo scopo di garantire la copertura modulare del fabbisogno di progetto estivo (400 l/s) ed invernale (30 l/s).

L'impostazione progettuale sopra sintetizzata deriva da un esame delle principali criticità segnalate dai gestori degli impianti, da quanto direttamente constatato nel corso dei sopralluoghi effettuati unitamente ai tecnici di ENAS e dall'entità del finanziamento disponibile.

Si è ritenuto pertanto di selezionare gli interventi in progetto al fine di:

1. soddisfare le future esigenze di approvvigionamento idrico a breve e medio termine riassunte nella tabella di seguito riportata:

Utenza	Portata minima [l/s]	Portata massima nel breve e medio termine [l/s]	Portata massima nell'assetto finale [l/s]
Potabilizzatore Pranu Munteri	24,0	25,0	50,0
Irrigazione Isili Nord	0,0	100,0	150,0
Zona Industriale Isili	3,0	5,0	5,0
Potabilizzatore Perd'e Cuaddu	3,0	5,0	25,0
Potabilizzatore Is Barrocos	0,0	131,00	170,0
TOTALE	30,0	266,0	400,0

2. rinnovare e potenziare gli impianti ormai datati per conseguire una maggiore sicurezza ed affidabilità di esercizio;
3. conseguire un buon adattamento alle variazioni stagionali della richiesta idrica per mezzo di una modularità di funzionamento definita in base alle informazioni gestionali raccolte;
4. semplificare le operazioni di conduzione e manutenzione di elettropompe, apparecchiature e tubazioni;
5. ridurre i consumi elettrici delle utenze incrementandone l'efficienza idraulica ed i rendimenti complessivi anche con l'impiego di elettropompe idonee al funzionamento sotto inverter;
6. ridurre le sovrappressioni in corrispondenza delle fasi transitorie di avviamento e spegnimento delle elettropompe con l'impiego di inverter/soft starter, valvole con tempo di chiusura e apertura regolabile tramite attuatore elettrico e cassa d'aria per la protezione dalle sovrappressioni in caso di brusco arresto delle elettropompe.

L'intervento in progetto dovrà essere realizzato nel rispetto delle norme di prodotto vigenti e di quanto riportato negli elaborati progettuali al fine di rendere le opere rispondenti ad efficienti ed efficaci criteri di conduzione.

Nel seguito della presente relazione si riporta quindi una sintesi dello stato di fatto degli impianti di sollevamento e si descrivono:

- gli interventi previsti in progetto;
- le principali caratteristiche delle apparecchiature idrauliche di nuova fornitura;
- i riferimenti qualitativi delle opere in progetto.

Si riporta inoltre

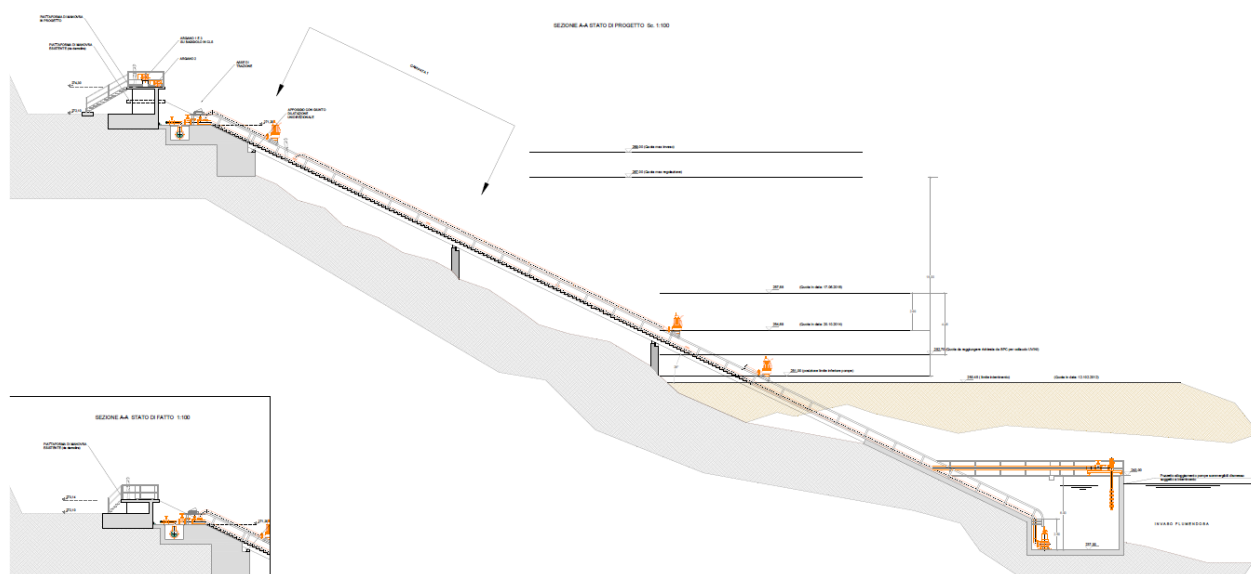
- una sintesi dei calcoli idraulici redatti nel progetto preliminare relativamente alla configurazione a medio termine e finale del “collegamento multisettoriale Villanovatulo – Zona Industriale di Isili – Is Barroccus”, sulla base dei quali sono state stabilite le caratteristiche di portata e prevalenza delle elettropompe;
- la verifica alle sovrappressioni nelle fasi transitorie di avviamento e spegnimento (colpo d'ariete) effettuata con riferimento agli orizzonti di medio termine e finale nelle condizioni di normale esercizio e di arresto improvviso per mancanza di alimentazione elettrica.

1 STATO DI FATTO

L'impianto in esercizio può essere schematicamente suddiviso in 3 sezioni:

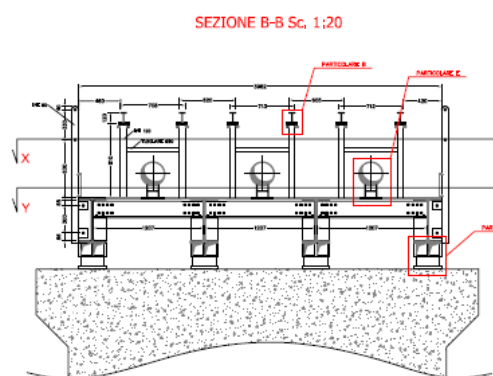
- sollevamento iniziale
- sollevamento principale (rilancio)
- sala quadri (di quest'ultima si tratterà diffusamente nella relazione tecnica sugli impianti elettrici)

1.1 SOLLEVAMENTO INIZIALE



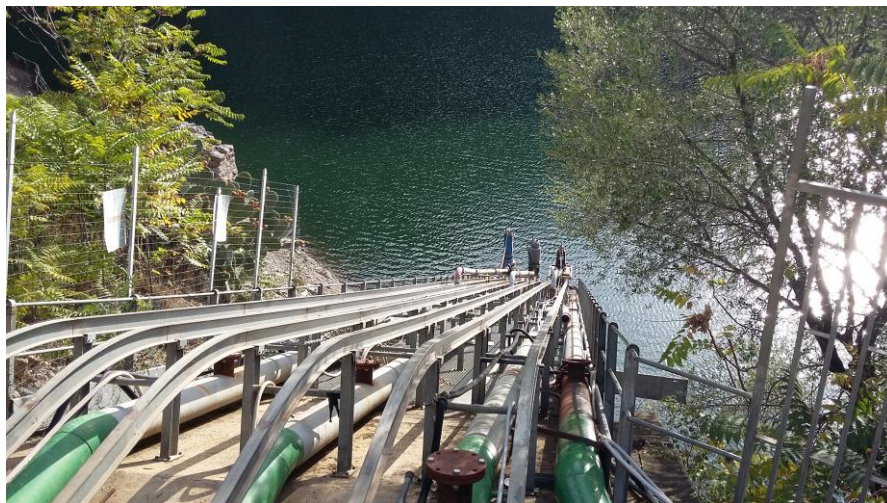
Il sollevamento iniziale era costituito inizialmente da una vasca di presa, posta immediatamente a monte della traversa di Ponte Maxia a sua volta ubicata nella zona di monte dell'invaso di Nuraghe

Arrubiu sul medio Flumendosa, nella quale potevano essere installate tre pompe sommerse, raccordate alle rispettive prementi con giunti ad accoppiamento rapido, che potevano essere movimentate per mezzo di carrelli appositamente disegnati per accogliere le macchine e spostarsi dal piazzale dell'impianto alla posizione di esercizio tramite una rampa inclinata che supporta le tubazioni di mandata in acciaio DN 250 e le vie di corsa dei carrelli.



sommità alla rampa.

Per completezza di sintesi è bene evidenziare inoltre che la traversa di Ponte Maxia ha quota di sfioro pari a 242,00 m.s.l.m., a fronte di una quota di massima e minima regolazione dell'invaso di Nuraghe



Arrubiu pari attualmente a 267,00 e 213,10 m.s.l.m., mentre nel periodo (anni '80) durante il quale venne realizzato l'acquedotto industriale del Sarcidano, la quota di invaso autorizzata per la diga sul Flumendosa a Nuraghe Arrubiu era di soli 236,00 m.s.l.m., condizione per cui la traversa non poteva mai venire sommersa dalle acque invase dalla diga più a

valle.

Per effetto dei successivi incrementi autorizzati dei livelli di invaso, e degli interrimenti che si sono via via accumulati nel tempo, si è dovuta abbandonare la vasca di presa e far funzionare le pompe sommerse in posizione solidale con i carrelli di traslazione, che consentono di adeguare la posizione delle pompe al livello idrico stagionale senza superare un battente di 5,00 metri sulle macchine, utilizzando tubazioni di mandata DN 150 in acciaio a giunto sferico supportate anch'esse da carrelli fino agli innesti nelle tubazioni di mandata fisse DN 250.

La lunghezza delle tubazioni di mandata viene quindi adeguata alla posizione delle pompe aggiungendo o togliendo singoli tubi in concomitanza con gli spostamenti dei gruppi pompa/carrello.

L'impianto dispone di

- n. 2 + 1 riserva pompe sommerse modello FLYGT 5150 aventi le seguenti caratteristiche:
 - portata nominale 81 l/s
 - prevalenza 47 m
 - potenza all'asse 51,8 kW
 - girante a 6 pale
 - rendimento pompa 72%
 - potenza nominale del motore 75 kW, 380 V, 50 Hz,
 - velocità nominale 1475 rpm
 - rendimento motore 90,5 %
 - cavo di alimentazione sommergibile 4x70 mm² e cavo ausiliari sommergibile 7 x 1,5 mm² della lunghezza di m 80,00;

- n. 1 pompa sommersa modello KSB KRT K200-401/954UNG-P avente le seguenti caratteristiche:

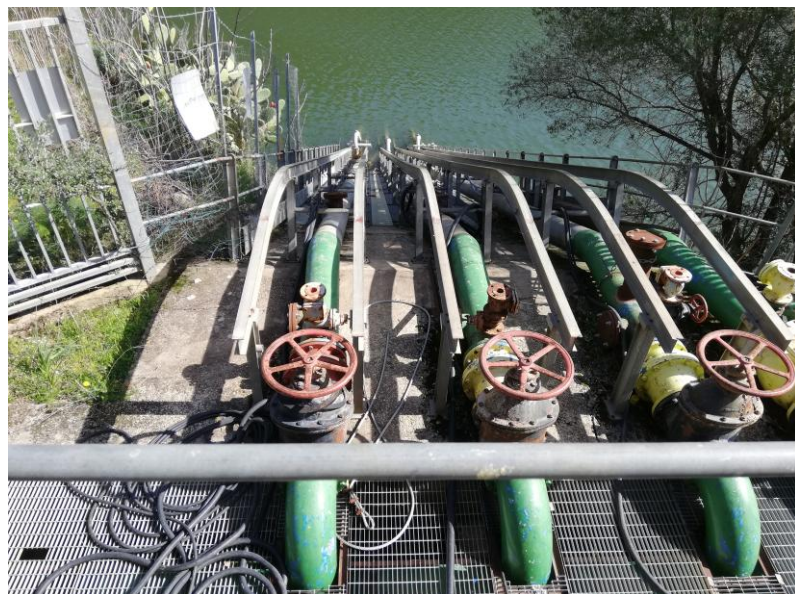
- portata nominale 130 l/s
- prevalenza 50 m
- potenza all'asse 80,0 kW
- rendimento pompa 77%
- potenza nominale del motore 95 kW, 380 V, 50 Hz,
- velocità nominale 1475 rpm
- rendimento motore 90,5 %
- peso della pompa 1.180 Kg
- cavo di alimentazione sommersibile multipolare di sezione 4x70 mm² e cavo ausiliari sommersibile 7 x 1,5 mm².



In ragione delle minori portate richieste, nel periodo invernale viene infine utilizzata una pompa sommersa ABS avente portata di 30 l/s circa con motore della potenza nominale di 30 kW.

L'impiego delle pompe sommerse disponibili utilizzate in diverse combinazioni consente attualmente l'erogazione di una portata variabile tra 30 e 270 l/s circa in funzione della richiesta stagionale.

In prossimità della sommità della rampa le tre tubazioni di mandata confluiscono in una tubazione Dn 500 in acciaio che convoglia la portata fino al collettore di aspirazione delle pompe di rilancio ubicate in apposito capannone.



Per semplificare le operazioni di smontaggio, manutenzione e rimontaggio delle pompe sommerse sono state di recente installate in sommità alla rampa tre morsettiere stagne alloggiare entro quadri in acciaio inox delle dimensioni di mm 400 x 500 x 200 P che separano i tratti sommergibili dei cavi di alimentazione solidali alle pompe da quelli provenienti dai quadri elettrici di alimentazione.

Di seguito si riporta infine una fotografia della struttura dove è installato l'argano per la manovra delle pompe con in primo piano i quadri delle morsettiere



- Alloggiamento argano (sopra) e morsettiere di disconnessione (sotto)

1.2 SOLLEVAMENTO PRINCIPALE (RILANCIO)

L'edificio del sollevamento principale è ubicato in un piazzale a quota 272,00 m circa s.l.m.; al suo interno sono alloggiate le elettropompe, i quadri elettrici, ed i locali adibiti ad uffici, magazzino e servizi.

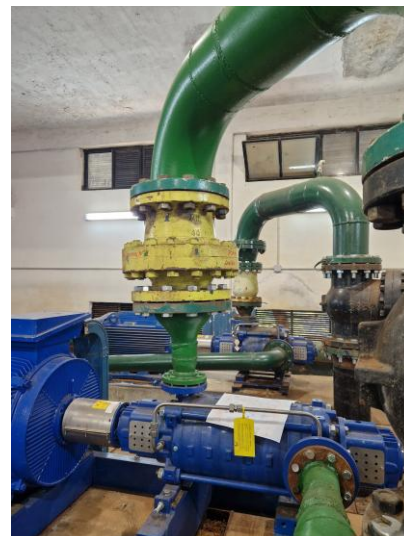
In particolare, nella sala pompe sono attualmente installate:

- n. 1 elettropompa orizzontale multistadio **VOGEL MP 125.2/4A-SB111D-35502** avente le seguenti caratteristiche:
- portata nominale 81 l/s
- prevalenza 315 m
- n. stadi 4
- rendimento pompa 77,6%
- flangia di mandata Dn 125 Pn 40
- potenza all'asse 331 kW
- potenza nominale del motore 355 kW, 400 V, 50 Hz,
- velocità nominale 2950 rpm



- n. 1 elettropompa orizzontale multistadio **Lowara MPD65B/07B/BE132/L25VDNC4** avente le seguenti caratteristiche:

- portata nominale 30 l/s
- prevalenza 305 m
- n. stadi 5
- flangia di mandata Dn 65 Pn 60
- potenza all'asse 117 kW
- potenza nominale del motore 132 kW, 400 V, 50 Hz,
- velocità nominale 2950 rpm;



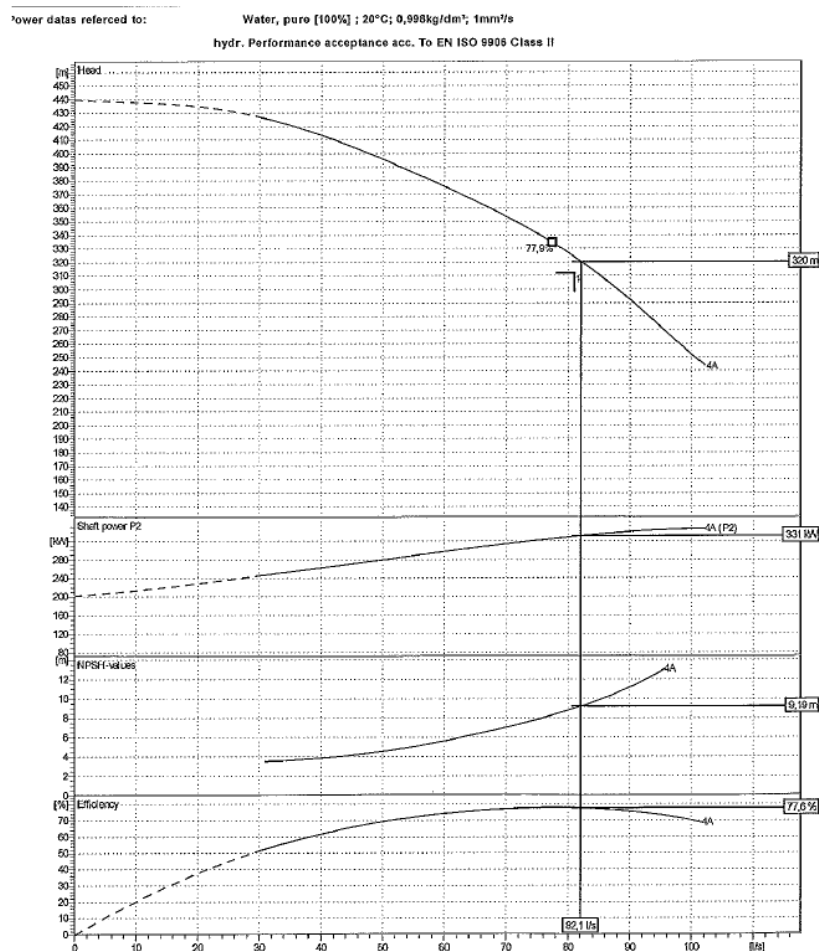
- n. 2 elettropompa orizzontale multistadio di costruzione **RTOS Pompe** avente le seguenti caratteristiche:

- portata nominale 130 l/s
- prevalenza 305 m
- potenza nominale del motore 625 kW, 400V, 50 Hz,
- velocità nominale 1450 rpm

**Pompa A****Pompa B**

Nel piazzale esterno, protetta da una tettoia, è installata n. 1 elettropompa orizzontale multistadio **VOGEL MP 125.2/4A-SB111D-35502** avente le seguenti caratteristiche:

- portata nominale 81 l/s
- prevalenza 315 m
- n. stadi 4
- rendimento pompa 77,6%
- flangia di mandata Dn 125 Pn 40
- potenza all'asse 331 kW
- potenza nominale del motore 355 kW, 400 V, 50 Hz,
- velocità nominale 2950 rpm



Curve caratteristiche pompa VOGEL 355 kW

2 OPERE IN PROGETTO

Le caratteristiche delle pompe di nuova fornitura sono state verificate sulla base delle prestazioni di progetto richieste nelle condizioni di esercizio a medio e lungo termine e dei profili altimetrici delle prementi in esercizio, per quanto disponibili. I relativi report di calcolo sono stati desunti dal progetto preliminare, verificati e riportati nel successivo capitolo 3 – verifiche idrauliche.

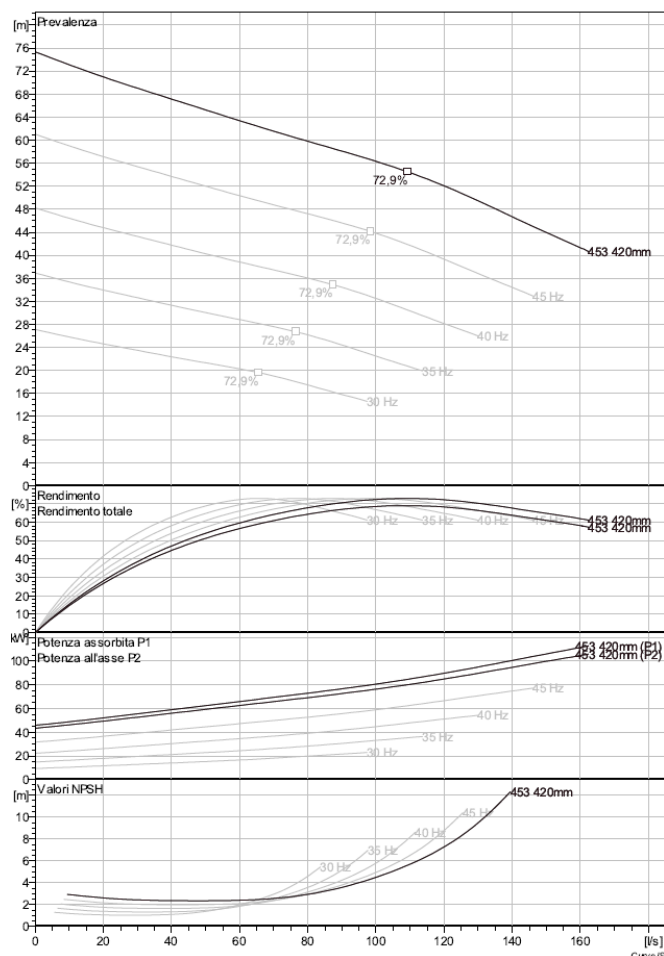
2.1 SOLLEVAMENTO INIZIALE

In aggiunta alle tre tipologie di pompe attualmente impiegate:

- pompa sommersa avente $Q = 30$ l/s, $H \sim 20$ m, $P_n = 30$ kW
- pompa sommersa avente $Q = 81$ l/s, $H = 47$ m, $P_n = 75$ kW
- pompa sommersa avente $Q = 130$ l/s, $H = 50$ m, $P_n = 95$ kW

il presente progetto prevede l'impiego di una quarta tipologia di pompa sommersa idonea per il funzionamento sotto inverter ed avente le seguenti caratteristiche al punto di lavoro di progetto:

- portata: 130 l/s
- prevalenza: 50 m
- potenza nominale: 105 kW
- potenza assorbita al punto di lavoro: 95 kW
- rendimento massimo complessivo 68,5 %
- n° giri/l': 1450
- tensione/frequenza: 400 V - 50 Hz



Il modello di pompa sommersa di nuova fornitura presenta caratteristiche elettriche ed idrauliche migliorative nel confronto con le pompe in esercizio, un migliore adattamento alle variazioni stagionali di portata grazie all'azionamento tramite inverter ed è inoltre caratterizzato da:

- motore elettrico asincrono trifase con rotore a gabbia, protezione IP 68, isolato in classe H, previsto per funzionamento continuo, con sovraccarico massimo del 10% e raffreddamento in ambiente a temperatura + 40°C. Sono consentiti fino a 30 avviamenti ora;
- girante del tipo bicanale aperta, equilibrata staticamente e dinamicamente, è provvista di bordi induriti. per conseguire una maggiore resistenza all'usura;
- diffusore, ricavato nel corpo pompa, provvisto di una speciale scanalatura dal profilo particolare che favorisce il passaggio di corpi solidi. Un'analogica spirale realizzata sul coperchio alloggio tenuta riduce l'intasamento e le infiltrazioni attraverso la tenuta;
- materiali:
 - corpo pompa : ghisa GG 25 G
 - girante e diffusore : lega di ghisa ad alto tenore di cromo 25%
 - albero : AISI 431
 - tenuta meccanica a pacchetto : carburo tungsteno anticorrosione
 - finitura esterna : verniciatura di colore grigio

La combinazione delle 3 tipologie di pompe sommerse esistenti precedentemente richiamate e di quella ulteriormente prevista in progetto consente l'adattamento ai fabbisogni minimo e massimo di breve e medio termine, che oscillano tra una portata minima invernale di 30 l/s ed una portata massima estiva di circa 267 l/s, ed ai loro valori intermedi, con una ottimizzazione dei costi energetici derivante dalla modularità del gruppo di pompe e dal loro azionamento a velocità variabile che permette l'adeguamento della potenza impiegata al livello dell'invaso di Nuraghe Arrubiu .

2.2 SOLLEVAMENTO PRINCIPALE

A fronte della attuale configurazione del gruppo di pompe attualmente in esercizio, composto da:

- n° 1 pompa orizzontale multistadio avente $Q= 30$ l/s, $H= 300$ m, $P_n= 132$ kW
- n° 2 pompa orizzontale multistadio avente $Q= 80$ l/s, $H= 315$ m, $P_n= 355$ kW
- n° 2 pompa orizzontale multistadio avente $Q= 130$ l/s, $H= 305$ m, $P_n= 630$ kW

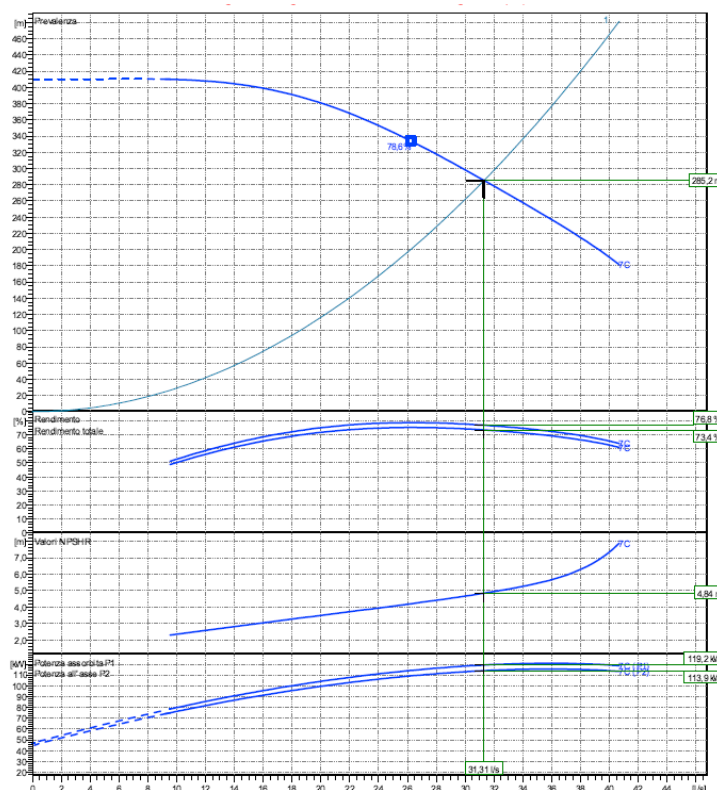
il presente progetto prevede:

1. il riutilizzo di

- n° 2 pompa orizzontale multistadio avente $Q= 80$ l/s, $H= 315$ m, $P_n= 355$ kW
- n° 1 pompa orizzontale multistadio avente $Q= 30$ l/s, $H= 305$ m, $P_n= 132$ kW
- n° 2 pompa orizzontale multistadio avente $Q= 130$ l/s, $H= 305$ m, $P_n= 630$ kW

2. la fornitura di n. 1 pompa multistadio aventi le seguenti caratteristiche:

- portata: 30 l/s
- prevalenza: 305 mt
- potenza all'asse: 113,9 kW
- potenza nominale: 132 kW
- rendimento al BEP: 75,9 %
- NPSH: 4,7 mt
- n° giri/l'– n° stadi: 2980 - 4 stadi
- motore: IE3 - IP 55 idoneo per il funzionamento sotto inverter
- tensione/frequenza: 400 V - 50 Hz - 224 A
- materiali:
 - girante aspirazione (primo stadio): acciaio Inox, 1.4408, ASTM-CF8M
 - girante: acciaio inox, 1.4408, STM-CF8M
 - diffusore: ghisa (EN-GJL-150)



- stadi pompa: ghisa sferoidale (EN-GJS-250)
- corpo di aspirazione/mandata: ghisa sferoidale (EN-GJS-250)
- copertura tenuta meccanica: ghisa sferoidale (EN-GJS-250)
- albero: acciaio inossidabile (1.4057) AISI 431
- tenuta meccanica: a cartuccia – tipo John Crane SB1 con faccia Sic /Seggio Sic/ e parti metalliche AISI 316 /o ring EPDM
- finitura esterna: verniciatura epossidica
- bocca d'aspirazione: DN 100/PN10/16 - EN 1092-2
- mandata: DN 65/PN40 - EN 1092-2

da installare in parallelo sullo stesso basamento di quella esistente

3 VERIFICHE IDRAULICHE

L'impianto in esame è schematicamente costituito da due gruppi di pompe funzionanti in serie:

- il sollevamento iniziale, composto da tre pompe sommerse che possono funzionare, singolarmente o in parallelo, con livello di invaso variabile tra un minimo di m 253,00 s.l.m. ed un massimo di m 269,00 s.l.m. corrispondente alla quota di massimo invaso;
- il sollevamento principale, composto da 6 pompe multistadio ad asse orizzontale che possono funzionare singolarmente o in parallelo.

La combinazione delle 3 tipologie di pompe sommerse esistenti richiamate al paragrafo 2.1 e di quella ulteriormente prevista nel presente progetto, in serie con la combinazione delle tre tipologie di pompe orizzontali del sollevamento principale, riepilogate al paragrafo 2.2, consente di erogare, in un orizzonte di breve e medio periodo, una portata variabile tra un minimo invernale di 30 l/s ed un massimo estivo di 266 l/s alla prevalenza di progetto di 305,00 m, con una ottimizzazione dei costi energetici derivante dalla modularità dei gruppi di pompe e dal loro impiego sotto inverter.

Tralasciando le combinazioni intermedie, le condizioni estreme di funzionamento possono essere riassunte come di seguito:

- situazione invernale

Tab. T1 - Collegamento Ponte Maxia - Is Barrocos (1° LOTTO INVERNO: Pompa p1=30 l/s)

TRATTO		Q	D	V	L	g	J	LJ	Quota piezometrica		Quota terreno valle	Carico piez. al nodo di valle	Tipo condotta (Esistente/Progetto)	Prevalenza sollevamento
Nodo iniziale	Nodo finale	(l/s)	(mm)	(m/s)	(m)		(m/km)	(m)	(m l.m.)	(m l.m.)	(m l.m.)	(m)		
A - Sollevamento principale di Ponte Maxia (271,30 m.s.m.)	B - punto di cambio diametro	30	700	0,08	1925,88	0,23	0,01	0,021	571,30	571,28	426,98	144	acciaio (E)	300
B - punto di cambio diametro	C - derivazione Pranu Munteri	30	600	0,11	1068,39	0,23	0,03	0,027	571,28	571,25	562,60	9	acciaio (E)	
C - derivazione Pranu Munteri	D - inizio galleria	6	500	0,03	3353,78	0,23	0,00	0,009	571,25	571,24	559,10	12	acciaio (E)	

- situazione estiva

Tab. T2 - Collegamento Ponte Maxia - Is Barrocos (1° LOTTO ESTATE: Pompe P1+P2=133+133=266 l/s)

TRATTO		Q	D	V	L	g	J	LJ	Quota piezometrica		Quota terreno valle	Carico piez. al nodo di valle	Tipo condotta (Esistente/Progetto)	Prevalenza sollevamento
Nodo iniziale	Nodo finale	(l/s)	(mm)	(m/s)	(m)		(m/km)	(m)	(m l.m.)	(m l.m.)	(m l.m.)	(m)		
A - Sollevamento principale di Ponte Maxia (271,30 m.s.m.)	B - punto di cambio diametro	266	700	0,69	1925,88	0,23	0,87	1,668	577,00	575,33	426,98	148	acciaio (E)	305
B - punto di cambio diametro	C - derivazione Pranu Munteri	266	600	0,94	1068,39	0,23	1,98	2,116	575,33	573,22	562,60	11	acciaio (E)	
C - derivazione Pranu Munteri	D - inizio galleria	241	500	1,23	3353,78	0,23	4,34	14,548	573,22	558,67	559,10	-0	acciaio (E)	

Nella condizione di funzionamento invernale l'impianto deve erogare una portata di 30,00 l/s con una prevalenza di m 300,00, nella condizione di massima richiesta estiva è richiesta una portata di 266,00 l/s con una prevalenza di 305,00 m.

3.1 VERIFICA IDRAULICA DELLA PREMENTE TRA IL SOLLEVAMENTO INIZIALE ED IL SOLLEVAMENTO PRINCIPALE

Oltre a quanto estratto dal progetto preliminare, sintetizzato nelle due tabelle di riepilogo riportate nella pagina precedente, si è proceduto a verificare il collegamento esistente tra il sollevamento iniziale ed il sollevamento principale, allo scopo di accertare i requisiti di funzionamento delle pompe sommerse esistenti e di nuova fornitura per garantire un carico residuo non inferiore a 0,5 bar alla flangia di aspirazione delle pompe orizzontali.

I collegamenti idraulici in pressione tra sollevamento iniziale e sollevamento principale sono stati verificati prendendo a base di calcolo

- le portate di progetto nelle condizioni estreme (invernale ed estiva) a breve e medio termine;
- l'impiego di tubazioni di collegamento Dn150 a giunto rapido per l'intero sviluppo della rampa fino all'innesto nel collettore Dn 500 tramite apposito pezzo speciale Dn250;
- lo sviluppo del collettore Dn500 nel tratto che collega il sollevamento iniziale con il sollevamento principale,
- il minimo livello idrico di progetto nel serbatoio di Nuraghe Arrubiu compatibile con le caratteristiche delle pompe sommerse.

Il calcolo delle perdite di carico nelle tubazioni prementi è stato eseguito utilizzando le formule comunemente usate in campo idraulico.

Perdita di carico distribuita lungo linea:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

con

$$R = \frac{A}{P}$$

$$\chi = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{G + \sqrt{R}}$$

dove:

Q = portata convogliata [mc/s];

A = area della sezione bagnata [mq];

i = cadente piezometrica [m/m];

R = raggio idraulico della sezione [m];

P = perimetro bagnato della sezione [ml];

χ = coefficiente di scabrezza delle pareti laterali della sezione trasversale della tubazione nella espressione di Chezy-Bazin [$m^{1/2}/s$];

G = espressione dell'indice di scabrezza nella formula di Chezy-Bazin relativo alla tipologia di tubazione considerata [$m^{1/2}$];

Come valore di G si è adottato 0,23, normalmente utilizzato per le tubazioni in acciaio in servizio corrente.

Le perdite di carico localizzate dovute a saracinesche, curve, valvole di ritegno, ecc. sono state assimilate a perdite di carico distribuite calcolando la lunghezza equivalente dedotta dai manuali dei fornitori di ciascuna apparecchiatura.

I risultati delle verifiche sono esposti nei tabulati riportati nei successivi paragrafi 3.1.1 – situazione a breve e medio termine e 3.1.2 – situazione a lungo termine

3.1.1 SITUAZIONE A BREVE E MEDIO TERMINE

1 Premente sollevamento iniziale, portata invernale, tratto dn 150 (1 linea)					Premente sollevamento iniziale, portata estiva, tratto dn 150 (2 linee)				
Imputazioni									
portata di progetto (mc/ora)	108,00				478,80				
fattore di variazione=	1				0,98				
fattore di sicurezza=	1				1				
portata di progetto= (m ³ /s)	0,030				0,130				
velocità di dimensionamento= (m/s)	1,20				1,20				
quota minimo livello di invaso = (m)	253,00				257,00				
quota recapito (flangia aspirazione) = (m)	272,00				272,00				
carico residuo alla flangia di aspirazione= (m)	5,00				5,00				
Risultati									
diametro di calcolo= (m)	0,18				0,37				
diametro di progetto= (mm)	160				160				
materiale tubazione	acciaio				acciaio				
coefficiente di scabrezza=	0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio y=0,23÷0,30			0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio y=0,23÷0,30			
area A= (m ²)	0,02				0,02				
contorno bagnato C= (m)	0,50				0,50				
raggio idraulico = (m)	0,04				0,04				
coefficiente di attrito χ =	40,47				40,47				
velocità di progetto= (m/s)	1,49				6,49				
Perdita di carico totale									
cadente J= (m/m)	0,034				0,642				
lunghezza tubazione= (m)	40,00				40,00				
totale distribuite= (m)	1,36				25,69				
imbocco=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
numero curve a 90°=	1,00	DH= (m)	0,17		1,00	DH= (m)	3,22		
numero T=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
numero saracinesche=	1,00	DH= (m)	0,02		1,00	DH= (m)	0,43		
numero vdr=	1,00	DH= (m)	0,03		1,00	DH= (m)	0,64		
sbocco =	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
totale localizzate= (m)	0,23				4,29				
	20,59				44,98				
2 Premente sollevamento iniziale, portata invernale, tratto Dn 500					Premente sollevamento iniziale, portata estiva, tratto Dn 500				
Imputazioni									
portata di progetto (mc/ora)	108,00				957,60				
fattore di variazione=	1				0,98				
fattore di sicurezza=	1				1				
portata di progetto= (m ³ /s)	0,030				0,261				
velocità di dimensionamento= (m/s)	1,00				1,00				
Risultati									
diametro di calcolo= (m)	0,195				0,576				
diametro di progetto= (mm)	500,00				500,00				
materiale tubazione	acciaio				acciaio				
coefficiente di scabrezza=	0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio y=0,23÷0,30			0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio y=0,23÷0,30			
area A= (m ²)	0,19625				0,19625				
contorno bagnato C= (m)	1,57				1,57				
raggio idraulico = (m)	0,13				0,13				
coefficiente di attrito χ =	52,71				52,71				
velocità di progetto= (m/s)	0,15				1,33				
Perdita di carico totale									
cadente J= (m/m)	0,00				0,01				
lunghezza tubazione= (m)	33,00				33,00				
totale distribuite= (m)	0,002				0,168				
imbocco=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
numero curve a 90°=	3,00	DH= (m)	0,01		3,00	DH= (m)	0,40		
numero T=	1,00	DH= (m)	0,00		1,00	DH= (m)	0,12		
numero saracinesche=	1,00	DH= (m)	0,00		1,00	DH= (m)	0,02		
numero vdr=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
sbocco =	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
totale localizzate= (m)	0,01				0,54				
3 prevalenza richiesta= (m)	25,60				50,69				

3.1.2 SITUAZIONE A LUNGO TERMINE

1 Premente sollevamento iniziale, portata invernale, tratto dn 150 (1 linea)					Premente sollevamento iniziale, portata estiva, tratto dn 150 (3 linee)				
Imputazioni									
portata di progetto (mc/ora)	108,00				480,00				
fattore di variazione=	1				0,96				
fattore di sicurezza=	1				1				
portata di progetto= (m ³ /s)	0,030				0,128				
velocità di dimensionamento= (m/s)	1,20				1,20				
quota minimo livello di invaso = (m)	253,00				257,00				
quota recapito (flangia aspirazione) = (m)	272,00				272,00				
carico residuo alla flangia di aspirazione= (m)	5,00				5,00				
Risultati									
diametro di calcolo= (m)	0,18				0,37				
diametro di progetto= (mm)	160				160				
materiale tubazione	acciaio				acciaio				
coefficiente di scabrezza=	0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio $\gamma=0,23\pm0,30$			0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio $\gamma=0,23\pm0,30$			
area A= (m ²)	0,02				0,02				
contorno bagnato C= (m)	0,50				0,50				
raggio idraulico = (m)	0,04				0,04				
coefficiente di attrito χ =	40,47				40,47				
velocità di progetto= (m/s)	1,49				6,37				
Perdita di carico totale									
cadente J= (m/m)	0,034				0,619				
lunghezza tubazione= (m)	40,00				40,00				
totale distribuite= (m)	1,36				24,78				
imbocco=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
numero curve a 90°=	1,00	DH= (m)	0,17		1,00	DH= (m)	3,10		
numero T=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
numero saracinesche=	1,00	DH= (m)	0,02		1,00	DH= (m)	0,41		
numero vdr=	1,00	DH= (m)	0,03		1,00	DH= (m)	0,62		
sbocco =	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
totale localizzate= (m)	0,23				4,14				
	20,59				43,91				
2 Premente sollevamento iniziale, portata invernale, tratto Dn 500					Premente sollevamento iniziale, portata estiva, tratto Dn 500				
Imputazioni									
portata di progetto (mc/ora)	108,00				1440,00				
fattore di variazione=	1				0,96				
fattore di sicurezza=	1				1				
portata di progetto= (m ³ /s)	0,030				0,384				
velocità di dimensionamento= (m/s)	1,00				1,00				
Risultati									
diametro di calcolo= (m)	0,20				0,70				
diametro di progetto= (mm)	500				500				
materiale tubazione	acciaio				acciaio				
coefficiente di scabrezza=	0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio $\gamma=0,23\pm0,30$			0,23	campo di variazione tubazioni in acciaio $\gamma=0,23\pm0,30$			
area A= (m ²)	0,20				0,20				
contorno bagnato C= (m)	1,57				1,57				
raggio idraulico = (m)	0,13				0,13				
coefficiente di attrito χ =	52,71				52,71				
velocità di progetto= (m/s)	0,15				1,96				
Perdita di carico totale									
cadente J= (m/m)	0,000				0,011				
lunghezza tubazione= (m)	33,00				33,00				
totale distribuite= (m)	0,00				0,36				
imbocco=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
numero curve a 90°=	3,00	DH= (m)	0,01		3,00	DH= (m)	0,88		
numero T=	1,00	DH= (m)	0,00		1,00	DH= (m)	0,25		
numero saracinesche=	1,00	DH= (m)	0,00		1,00	DH= (m)	0,04		
numero vdr=	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
sbocco =	0,00	DH= (m)	0,00		0,00	DH= (m)	0,00		
totale localizzate= (m)	0,01				1,17				
3 prevalenza richiesta= (m)	25,60				50,45				

3.2 CONCLUSIONI

Il sollevamento permette di erogare le portate minima e massima previste nelle condizioni di breve e medio termine con l'impiego:

- nel sollevamento iniziale

n. 1 pompa sommersa (esistente)

con 30 l/s e 30 m di prevalenza – in condizioni di minimo invaso a quota 253 m s.l.m. e con un carico residuo di 5 m alla flangia di aspirazione delle pompe del sollevamento principale;

n. 2 pompe sommerse (1 esistente + 1 di nuova fornitura operanti in parallelo)

da 130 l/s e 50 m di prevalenza – in condizioni di minimo invaso a quota 257 m s.l.m. e con un carico residuo di 5 m alla flangia di aspirazione delle pompe del sollevamento principale;

- nel sollevamento principale

n. 1 pompa multistadio di nuova fornitura da 30 l/s e 300 m di prevalenza

n.2 pompe multistadio esistenti operanti in parallelo da 130 l/s e 305 m di prevalenza

Nelle condizioni intermedie l'impianto dispone di:

n. 2 pompe sommerse da 80 l/s e 47 m di prevalenza (esistenti) che possono essere accoppiate con n. 2 pompe multistadio (esistenti) da 80 l/s e 315 m di prevalenza per erogare complessivamente 160 l/s.

Oltre alle configurazioni sopra riportate l'allestimento previsto in progetto consente ulteriori combinazioni dei gruppi di pompe che si traducono infine in un'ampia modularità delle condizioni di funzionamento in relazione alla portata richiesta dall'utenza.

Con l'aggiunta infine di una ulteriore pompa sommersa da 130 l/s e 50 m di prevalenza l'impianto potrà erogare la portata prevista a lungo termine con un livello minimo di invaso a quota 257,00 m s.l.m. senza necessità di modificare i collegamenti idraulici previsti nel presente progetto.

4 PROTEZIONE DALLE SOVRAPPRESSIONI

La determinazione della massima sovrappressione in condotta, eseguita con le formule classiche di Allievi (manovre rapide) e Michaud (manovre lente), e con l'impiego dell'abaco di Evangelisti per la determinazione del volume di compenso come appresso riportato, rende necessario prevedere l'installazione di un dispositivo per l'attenuazione del cosiddetto colpo d'ariete conseguente a transitori di moto vario in condotta, denominato cassa d'aria, e delle relative apparecchiature ausiliarie.

I calcoli di dimensionamento sono stati ripetuti sia per la situazione a medio e breve termine, con una portata di progetto pari a 267 l/s, sia per la situazione a lungo termine, con una portata di 400 l/s ed hanno evidenziato in questo secondo caso la necessità di una cassa d'aria del volume di progetto di 5150 litri per la protezione delle condotte e dell'impianto in caso di brusco arresto delle pompe per mancanza di energia elettrica.

La cassa d'aria consiste in un serbatoio blindato contenente fluido analogo a quello convogliato in condotta ed aria compressa, collegato alla tubazione di mandata a valle delle valvole di ritegno installate dopo la flangia di mandata delle pompe, per proteggere la tubazione dalle oscillazioni positive e negative della pressione, conseguenti a brusche interruzioni del moto dell'acqua pompata.

Predimensionamento cassa d'aria Q= 267 l/s										
E	modulo di elasticità acciaio	kgf/m ²	2,1E+10				H ₀	perdite di carico continue	m	3,78
ρ	densità	kgsec ² /m ⁴	102,00				Y _s	carico statico	m	291,33
ε	modulo d'elasticità alla compressione cubica	kgf/m ²	2,00E+08				Y _s *	carico statico assoluto	m	301,66
D	diametro della tubazione	m	0,70				ΔY max	sovrappressione massima	m	42,68
s	spessore della tubazione	m	0,0072				h ₀			0,01
L	lunghezza della tubazione	m	2.939,34				z _{max}			0,14
c	celerità	m/s	1.009				λ	da tabelle trasf. adiabatica		0,025
T _c	tempo di chiusura	s	5,83				U _s	volume cassa d'aria in condizioni statiche	m ³	3,654
T _c	tempo di chiusura lenta	s	15,00				z _{min}			-0,20
Q ₀	portata di progetto	m ³ /s	0,27							
V ₀	velocità a regime	m/s	0,69				U _{max}	volume massimo cassa d'aria	m ³	4,281
Δp (brusca)	sovrappressione Allievi	m	71,13				U _p	volume di progetto	m ³	4,709
Δp (lenta)	sovrappressione Michaud	m	27,63							

All'arresto della pompa, la pressione diminuisce e, anche per effetto della pressione dell'aria compressa nella cassa, il fluido in questa contenuto viene spinto nella tubazione, evitando bruschi distacchi della vena fluida e conseguenti sbalzi di pressione di eccessiva entità.

Di lato e nella pagina seguente si riportano quindi i calcoli di predimensionamento della cassa d'aria.

Predimensionamento cassa d'aria, Q= 400 l/s										
E	modulo di elasticità acciaio	kgf/m ²	2,1E+10				H0	perdite di carico continue	m	8,56
ρ	densità	kgsec ² /m ⁴	102,00				Ys	carico statico	m	291,33
ε	modulo d'elasticità alla compressione cubica	kgf/m ²	2,00E+08				Ys*	carico statico assoluto	m	301,66
D	diametro della tubazione	m	0,70				ΔY max	sovrappressione massima	m	64,18
s	spessore della tubazione	m	0,0072				h0			0,03
L	lunghezza della tubazione	m	2.939,34				zmax			0,21
c	celerità	m/s	1.009				λ	da tabelle trasf. adiabatica		0,045
Tc	tempo di chiusura	s	5,83				Us	volume cassa d'aria in condizioni statiche	m ³	4,591
Tc	tempo di chiusura lenta	s	15,00				zmin			-0,03
Q0	portata di progetto	m ³ /s	0,40							
V0	velocità a regime	m/s	1,04				Umax	volume massimo cassa d'aria	m ³	4,674
Δp (brusca)	sovrappressione Allievi	m	106,96				Up	volume di progetto	m ³	5,141
Δp (lenta)	sovrappressione Michaud	m	41,54							

In considerazione del fatto che la condotta premente è suddivisa in tratti di diverso diametro è stato poi effettuato un affinamento dei calcoli per la verifica delle condizioni di funzionamento della cassa d'aria: tramite apposito software sono state calcolate le sovrappressioni massime e minime che si verificano in caso di brusco arresto delle pompe in corrispondenza delle valvole di ritegno poste immediatamente a valle delle pompe del sollevamento principale e lungo la condotta premente: tale situazione è da ritenersi del tutto sporadica in quanto nelle condizioni di normale esercizio le pompe saranno avviate ed arrestate gradualmente grazie all'impiego di variatori di frequenza nei quadri di alimentazione delle pompe stesse ed all'impiego di valvole a farfalla comandate mediante attuatore elettrico con possibilità di regolare i tempi di apertura e chiusura.

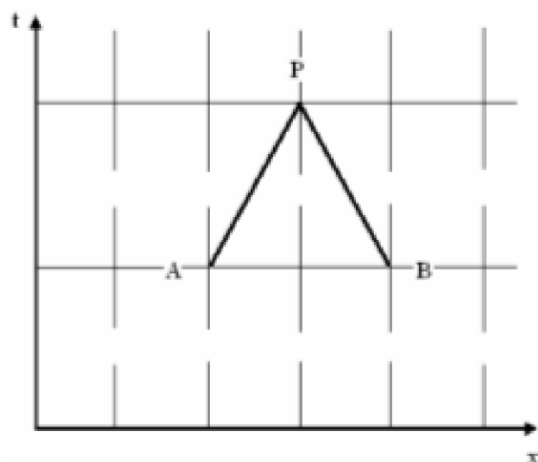
Nel software utilizzato le equazioni usate nelle fasi transitorie del moto derivano dall'applicazione delle equazioni del moto e delle equazioni di continuità trasformate come segue in equazioni alle differenze finite:

$$V_n = 0.5 \left(V_{n-1} + V_{n+1} + \frac{g}{a} (H_{n-1} - H_{n+1}) - \frac{f\Delta t}{2D} (V_{n-1}|V_{n-1}| + V_{n+1}|V_{n+1}|) \right)$$

$$H_n = 0.5 \left(H_{n-1} + H_{n+1} + \frac{a}{g} (V_{n-1} - V_{n+1}) - \frac{a}{g} \frac{f\Delta t}{2D} (V_{n-1}|V_{n-1}| - V_{n+1}|V_{n+1}|) \right)$$

nelle quali V corrisponde alla velocità del flusso ed H alla pressione.

Per risolvere il sistema di queste due equazioni viene usata una griglia di coordinate spazio-temporali della condotta, nella quale ogni nuovo valore di velocità e pressione è calcolato partendo dai due punti



nello spazio nel precedente passo temporale a monte ($i+1$) ed a valle ($i-1$) del nuovo valore.

Alle estremità della condotta i punti corrispondenti a $i-1$ e $i+1$ devono essere definiti come condizioni al contorno costituite:

- dall'impianto di sollevamento sul lato sinistro della condotta;
- dal manufatto di sbocco della premente sul lato destro.

L'impianto di sollevamento è costituito da un numero variabile di pompe e di dispositivi di protezione quali le valvole di ritegno, cassa d'aria, etc; i valori iniziali di pressione e velocità sono calcolati in base alle leggi fisiche applicate allo specifico impianto con il metodo iterativo di Newton-Raphson.

Per simulare le prestazioni delle pompe vengono utilizzate le curve di Suter, che descrivono il comportamento delle pompe in ogni modalità di funzionamento: i dati disponibili nelle curve di Suter sono la coppia all'asse e la velocità della girante, portata e pressione.

Il manufatto di sbocco può essere un efflusso libero, nel qual caso la pressione corrisponderà alla pressione atmosferica, oppure un efflusso sommerso, nel qual caso la pressione corrisponderà al battente idrico sopra la luce di efflusso.

Completano il set dei dati in ingresso le caratteristiche plano-altimetriche della condotta, diametri e spessori dei tratti che la compongono.

Nel caso specifico le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di brusco arresto delle pompe per mancanza di energia elettrica negli scenari con le massime portate di progetto nel breve e medio periodo (266 l/s) e con le portate massime erogabili a lungo termine (400 l/s) dall'impianto una volta effettuati i lavori di sostituzione della premente attualmente in corso e con l'impiego di una cassa d'aria da 6.000 litri per maggior sicurezza.

Le simulazioni di calcolo sono state effettuate con e senza la cassa d'aria, ed i risultati sono riportati in allegato alla presente relazione e sintetizzati nelle figure seguenti

Fig. 1 evoluzione del transitorio lungo la prementa senza cassa d'aria, scenario a breve e medio termine

Duty point before and after pump stop sec	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	2	302
After pump stop	0	0

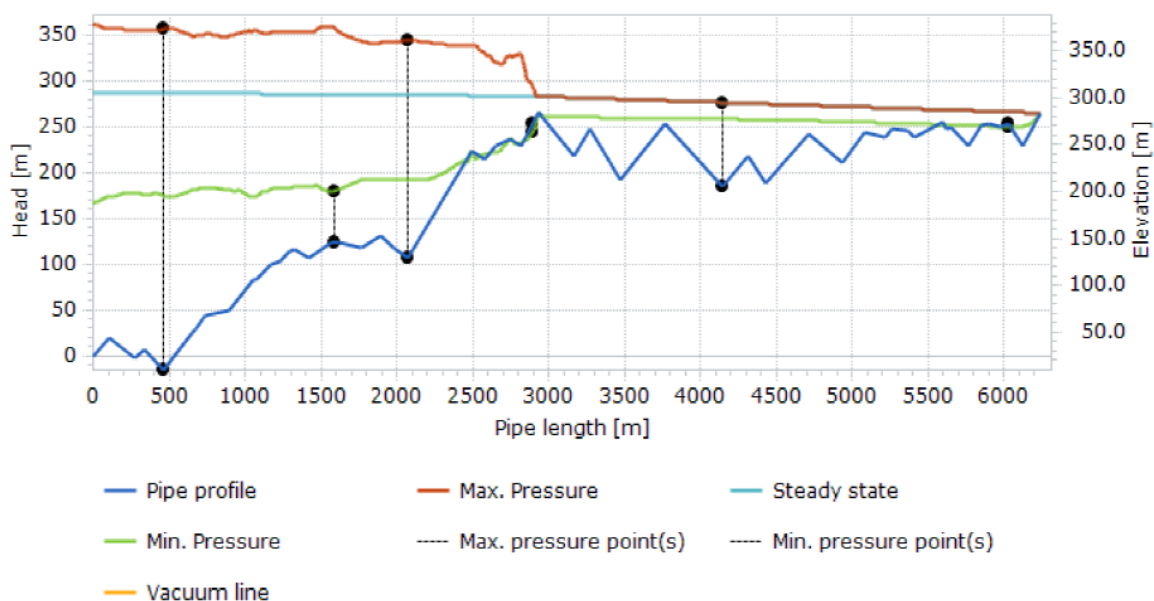


Fig. 2 evoluzione del transitorio lungo la premente senza cassa d'aria, scenario a lungo termine

Duty point before and after pump stop sec	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	3	450
After pump stop	0	0

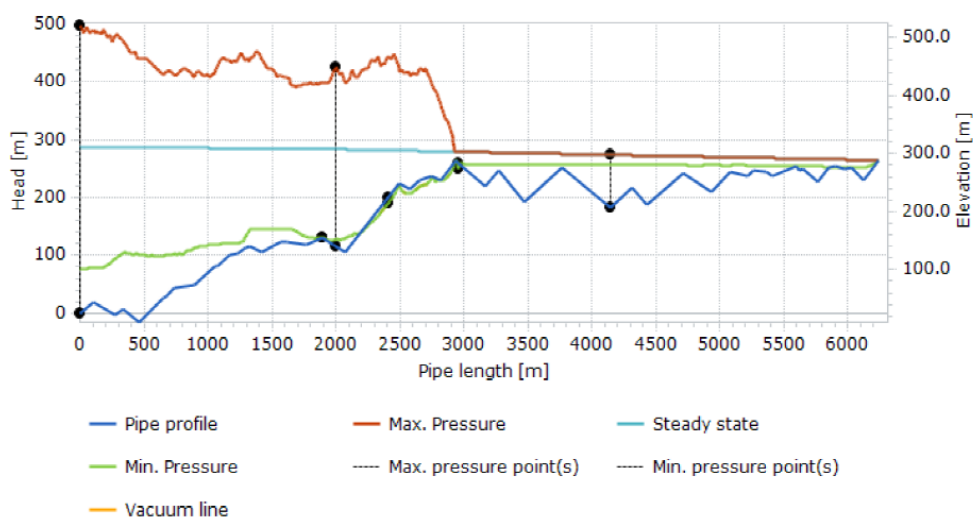
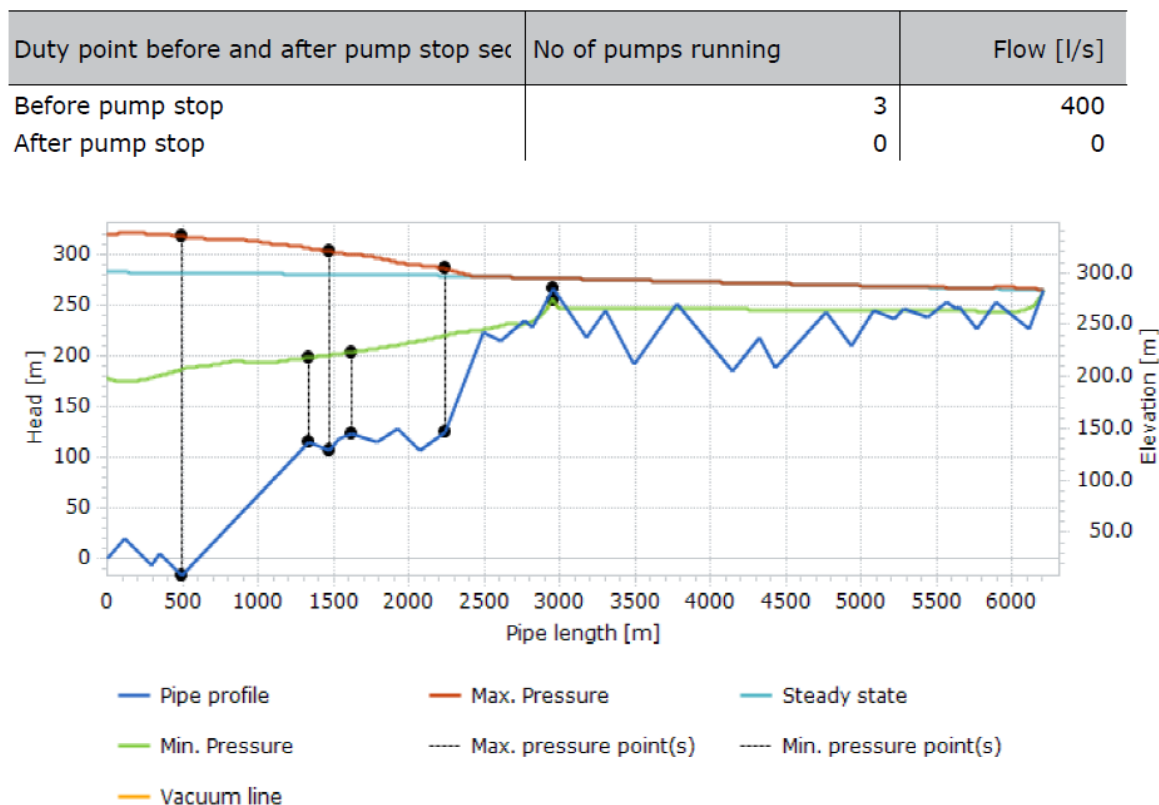


Fig. 3 evoluzione del transitorio lungo la premente con cassa d'aria, scenario a lungo termine

I diagrammi riportati nelle pagine precedenti mostrano che le pressioni assolute in corrispondenza delle sezioni iniziali della tubazione di mandata sono le seguenti

Portata (l/sec)	pressione massima nella sezione iniziale (m c.a.)	
	senza cassa d'aria	con cassa d'aria 6000 litri
266	360	
400	500	350

Di conseguenza si ritiene sufficiente adottare una classe di pressione PN40 per tutte le apparecchiature idrauliche del sollevamento principale.

Dall'esame dei grafici sopra riportati si desume altresì che in qualche tratto della condotta premente, localizzato a monte del partiture per l'impianto di potabilizzazione di Pranu Munteri, si verificano depressioni che, pur sopportabili dalla condotta, è consigliabile compensare con l'impiego di sfiati adeguati.

La cassa d'aria avrà una pressione di progetto di 40 bar, una pressione di collaudo di 60 bar e sarà corredata di apparecchiature ausiliarie quali un compressore per portare l'aria alla pressione di lavoro,

una valvola di sicurezza, che si apre automaticamente quando la pressione sale oltre il rispettivo valore di taratura, ed un livellostato di tipo magnetico.

Il grafico seguente mostra invece il funzionamento della cassa d'aria, con il volume d'acqua all'interno che oscilla tra 1,77 e 3,28 m³ (a fronte di un volume totale di 6000 lt).

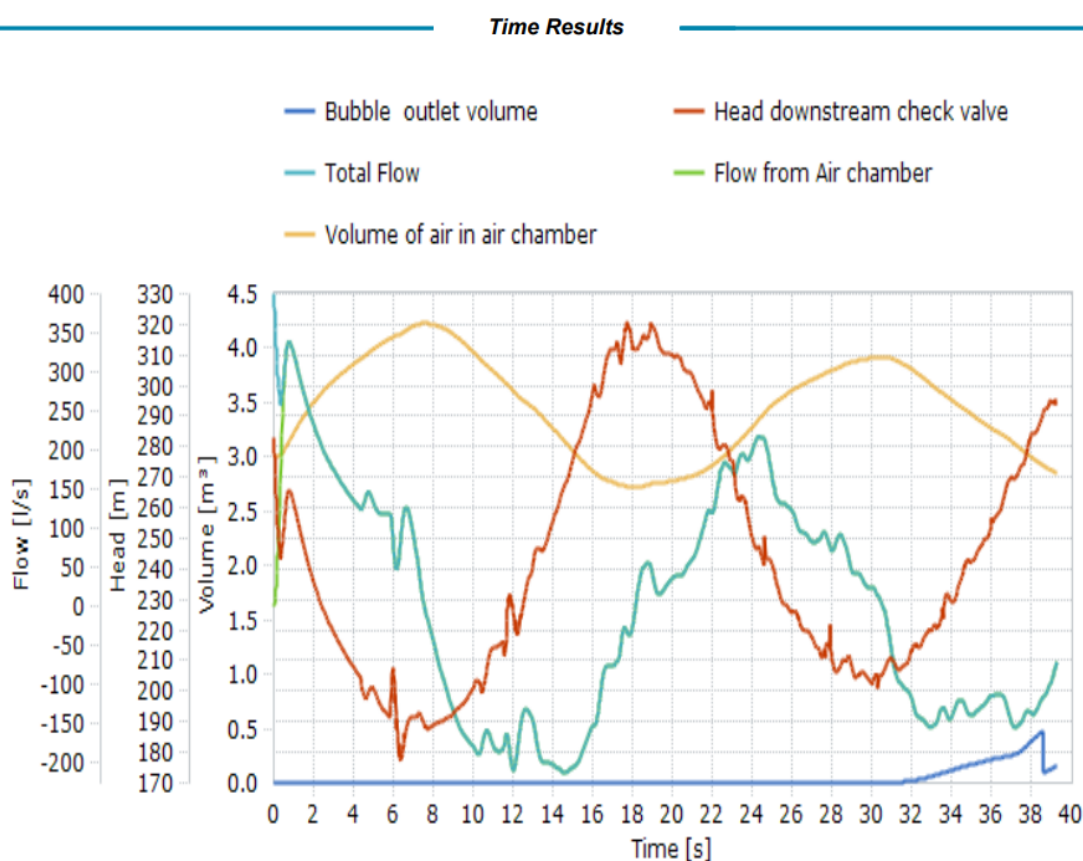


Chart shows pump speed, flow in force main and head downstream the checkvalve.

Air chamber results

Check valve 1 - 3 closing time	0.5 s
Check valve 1 - 3 retardation	4.68 m/s ²
Max water volume	3.28 m ³
Min water volume	1.77 m ³
NQ (specific speed) for the pump	9.8
Suter curve data used	Cylindrical -impeller*
Time at max water volume	18.15 s
Time at min water volume	7.55 s
Total water volume pumped from sump during stopping of pump(s):	0.09 m ³
Water volume stabilizes at	2.84 m ³

* The approximated suter curve has the same Nq as the pump and it has been interpolated using data from Flygt laboratory measurements and Knapp, R.T.: Complete characteristics of centrifugal pumps and their use in the prediction of transient behavior. Trans. A.S.M.E. (Nov. 1937).

Disclaimer

As with any engineering software, the accuracy of the output is based on the accuracy of the input data, and it is the responsibility of those supplying that information to verify that this data is correct. These calculations are supplied for reference only, based on Flygt equipment, and are meant for preliminary equipment design and system evaluation. A professional engineer, licensed in the appropriate field of engineering, should always conduct the final evaluation of the application if there are liabilities involved.

Per ragioni di sicurezza la cassa d'aria verrà infine installata all'esterno della sala pompe.

5 ALLEGATI

5.1 SIMULAZIONE CON PORTATA A BREVE E MEDIO TERMINE, SENZA CASSA D'ARIA

Summary

This report shows the results from a waterhammer calculation made in the Flygt software FET (Flygt engineering tool).

Duty point before and after pump stop sequence	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	2	302
After pump stop	0	0

NC program

Location of max and min pressure	Pressure [m]*	Distance from station [m]
Maximum pressure	371.8	463.7
Minimum pressure	-9.2	2892.6
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2653.2-2675.0
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2874.0-2908.2

*Pressure shown is relative to atmospheric pressure, i.e. if pressure in the pipes is equal to atmospheric pressure, relative pressure = 0. The calculation allows pressure lower than vacuum (-10.3m or -33.8ft) although that is physically impossible.

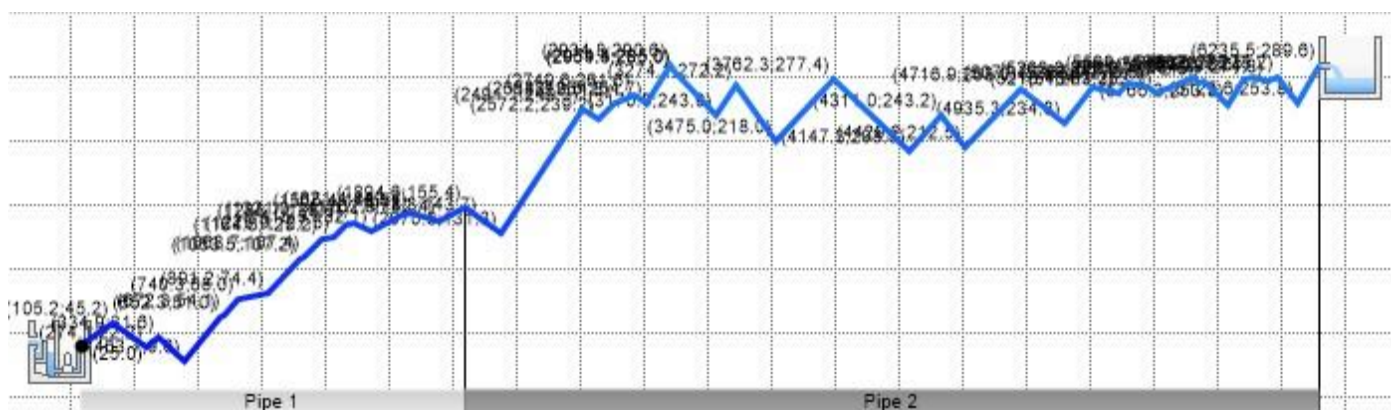
Warnings

The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in: pipe 2

The deceleration of the water column is 2.5 m/s² or 8.1 feet/s², that might cause slamming valves.

System configuration

Force main pipes

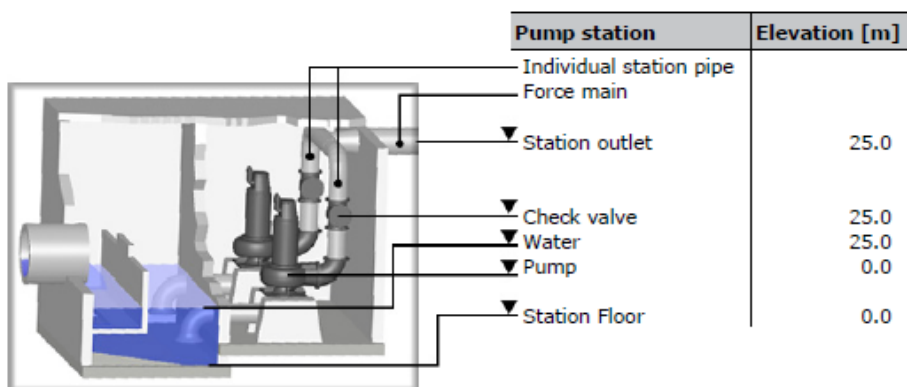


Pipe 1	Node	Ref length [m]	Elevation [m]
Material	- Ref node	0.0	25.00
Pressure class	- Node 1	105.20	45.20
Dimension	- Node 2	274.10	22.20
Roughness	0.70 mm Node 3	334.90	31.60
Inside diameter	711.20 mm Node 4	463.70	9.60
Wave speed	1027 m/s Node 5	652.30	51.00

Min allowed pressure	-8.00 m	Node 6	672.30	54.10
		Node 7	740.30	68.00
		Node 8	891.20	74.40
		Node 9	1,053.50	107.20
		Node 10	1,068.70	107.40
		Node 11	1,164.60	125.20
		Node 12	1,225.90	127.50
		Node 13	1,288.70	138.60
		Node 14	1,321.00	141.10
		Node 15	1,415.30	132.10
		Node 16	1,565.40	148.50
		Node 17	1,621.40	149.40
		Node 18	1,762.80	142.40
		Node 19	1,894.60	155.40

Pipe 2		Node	Ref length [m]	Elevation [m]
Material	-	Ref node	0.0	155.40
Pressure class	-	Node 1	83.70	143.70
Dimension	-	Node 2	176.20	131.30
Roughness	0.70 mm	Node 3	596.50	249.30
Inside diameter	597.00 mm	Node 4	677.60	239.20
Wave speed	1036 m/s	Node 5	759.70	254.80
Min allowed pressure	-8.00 m	Node 6	855.00	261.60
		Node 7	923.90	254.70
		Node 8	1,040.20	290.60
		Node 9	1,060.20	285.00

Pipe 3		Node	Ref length [m]	Elevation [m]
Material	-	Ref node	0.0	285.00
Pressure class	-	Node 1	4.60	285.00
Dimension	-	Node 2	216.10	243.90
Roughness	0.70 mm	Node 3	319.30	272.20
Inside diameter	495.00 mm	Node 4	520.20	218.00
Wave speed	1079 m/s	Node 5	807.50	277.40
Min allowed pressure	-8.00 m	Node 6	1,192.50	208.80
		Node 7	1,356.20	243.20
		Node 8	1,474.40	212.50
		Node 9	1,762.10	268.00
		Node 10	1,980.50	234.80
		Node 11	2,122.50	269.60
		Node 12	2,260.30	263.30
		Node 13	2,308.20	272.50
		Node 14	2,411.20	270.50
		Node 15	2,449.30	263.50
		Node 16	2,644.30	279.20
		Node 17	2,664.40	272.60
		Node 18	2,696.80	274.70
		Node 19	2,811.50	253.30
		Node 20	2,892.00	276.60
		Node 21	2,941.70	278.50
		Node 22	3,017.10	274.80
		Node 23	3,068.80	278.20
		Node 24	3,170.80	253.80
		Node 25	3,280.70	289.60

Pump station

Pump station type: Dry installed

No of pumps: 3

Individual station pipe 1

Length	37.00 m
Material	Steel
Pressure class	norm
Dimension	508.00
Roughness	0.40 mm
Inside diameter	500.0 mm

Loss type	factor	No of
90 deg Elbow	0.30	3.00
Valve	0.30	1.00
T-Connection	0.40	1.00
Total	1.60	

Individual station pipe 2

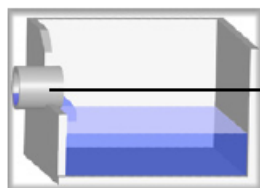
Length	5.00 m
Material	Steel
Pressure class	norm
Dimension	200.00
Roughness	0.40 mm
Inside diameter	200.0 mm

Loss type	factor	No of
90 deg Elbow	0.30	2.00
Valve	0.30	1.00
T-Connection	0.40	1.00
Check valve	0.90	1.00
Total	2.20	

Force main pipe profile

Accumulated length [m]	Elevation [m]
0.00	25.00
105.20	45.20
274.10	22.20
334.90	31.60
463.70	9.60
652.30	51.00
672.30	54.10
740.30	68.00
891.20	74.40
1,053.50	107.20
1,068.70	107.40
1,164.60	125.20
1,225.90	127.50

1,288.70	138.60
1,321.00	141.10
1,415.30	132.10
1,565.40	148.50
1,621.40	149.40
1,762.80	142.40
1,894.60	155.40
1,978.30	143.70
2,070.80	131.30
2,491.10	249.30
2,572.20	239.20
2,654.30	254.80
2,749.60	261.60
2,818.50	254.70
2,934.80	290.60
2,954.80	285.00
2,959.40	285.00
3,170.90	243.90
3,274.10	272.20
3,475.00	218.00
3,762.30	277.40
4,147.30	208.80
4,311.00	243.20
4,429.20	212.50
4,716.90	268.00
4,935.30	234.80
5,077.30	269.60
5,215.10	263.30
5,263.00	272.50
5,366.00	270.50
5,404.10	263.50
5,599.10	279.20
5,619.20	272.60
5,651.60	274.70
5,766.30	253.30
5,846.80	276.60
5,896.50	278.50
5,971.90	274.80
6,023.60	278.20
6,125.60	253.80
6,235.50	289.60

Outlet

Outlet type: Free

Outlet properties

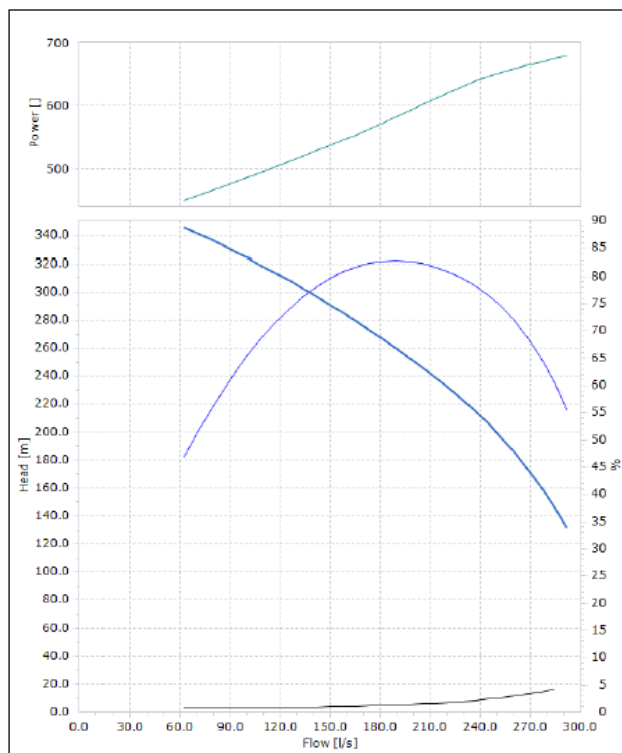
Outlet elevation	289.60 m
Outlet point loss	1

Design duty point**Design duty point**

Design flow	400.0 l/s
Static head	264.6 m
Total Head	305.6 m
Calculation method	Colebrook-White

Pump Selection

General pump data		Pump data in best efficiency point (BEP)	
Flygt std pump	No	Curve type	Custom curve (5 pts)
Pump denom	P 204/5	Head	260.09 m
Rated Power		Flow	189.1 l/s
Curve No		Speed	1450 rpm
Impeller diameter	-	Hydraulic efficiency	83.00 %
Number of pumps	3	Moment Of Inertia	31.76 kgm²

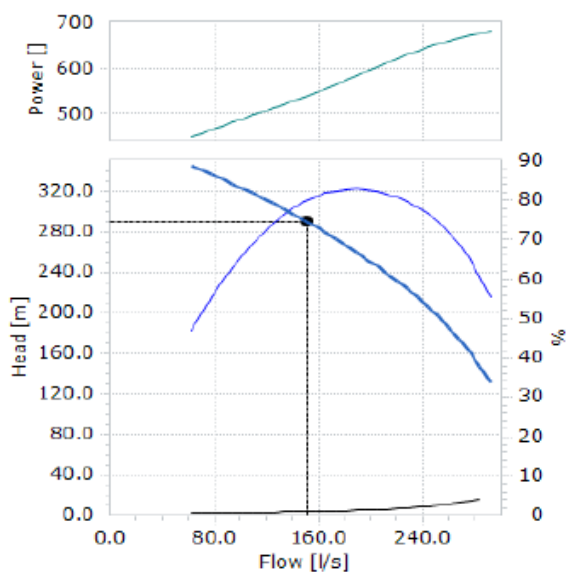


No	Q [l/s]	H [m]	PShaft [kW]	PIn [kW]	NPSH	
					Q [l/s]	H [m]
1	62.14	345.28	449.30	0.00	62.14	2.97
2	132.9	302.96	519.15	0.00	132.93	3.58
3	186.0	262.61	578.18	0.00	186.02	5.03
4	247.9	202.23	648.75	0.00	247.96	9.72
5	292.2	131.92	679.93	0.00	292.20	18.00

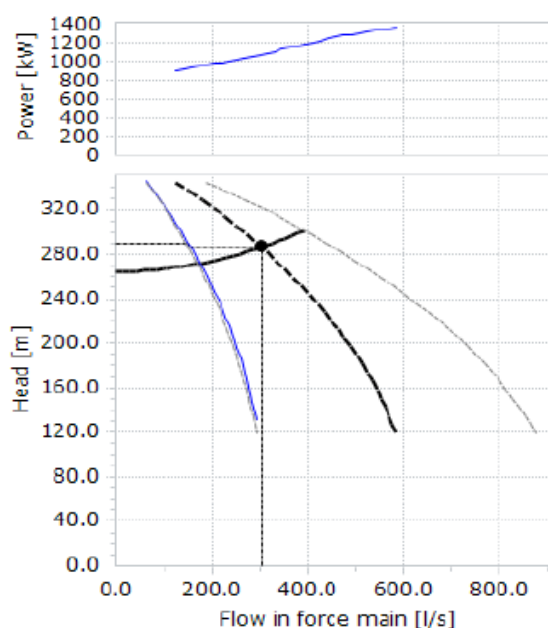
Steady state analysis

Duty condition when 2 pumps are running

Each Pump	
Flow	151.2 l/s
Head	290.0 m
Input power	NaN kW
Shaft power	538.441 kW
Hydraulic efficiency	79.90 %
Overall efficiency	- %
Specific energy (NPSHR)	- kWh/m ³
	3.96 m



Total	
Flow	302.4 l/s
Static head	264.6 m
Head loss ind. pipes	3.4 m
Head loss in force main	22.0 m
Input power	NaN kW
Shaft power	1076.882 kW



---- Reduced pump performance(s)
 -.- Total reduced performance curve
 — System curve

Transient analysis

Water hammer protection

NC program

Accumulated Length	Elevation	Type
20111.5	249.3	IO
20370	261.6	IO
20555.2	290.6	IO
25698	283.95	IO

Assumptions

- ◆ FET assumes that the sump and outlet level is constant and that they are not affected by the flow of water going through the system.
- ◆ The distance between the components in the pump station and connection pipe to air chamber or surge tower are calculated with stiff pipes, meaning that the wave speed is infinite. The water in the pump station and connection pipes still has inertia though.
- ◆ Losses in the pump station pipes are spread out evenly along each pipe.
 - ◆ Subpressures of short duration (less than 1s) have been filtered down in the profile plot since those are not considered harmful.
 - ◆ Medium is clear water at 20C and without dissolved air.
 - ◆ The pipes are completely filled with water and are without air pockets.
 - ◆ Losses in the force main are spread out evenly along the pipe profile.
- ◆ The check valve(s) is considered ideal; it closes as soon as the flow is reversing and will reopen if the pressure on the pump side exceeds the pressure on the system side.
- ◆ The pump head, flow, torque and impeller speed are all calculated according to theories by Suter.

Profile results

NC program

Duty point before and after pump stop sec	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	2	302
After pump stop	0	0

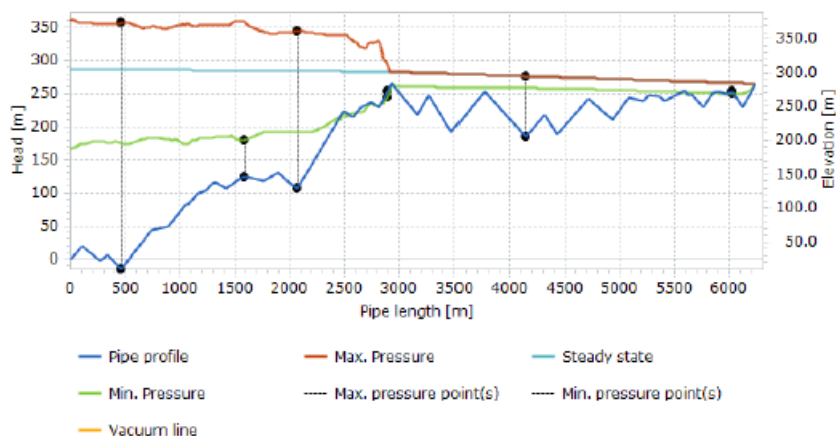


Chart shows maximum and minimum pressures along the pipe profile

Location of max and min pressures	Pressure [m]*	Distance from station [m]
Maximum pressure pipe 1	371.8	463.7
Minimum pressure pipe 1	55.9	1589.6
Maximum pressure pipe 2	237.2	2070.8
Minimum pressure pipe 2	-9.2	2892.6
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2653.2-2675.0
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2874.0-2908.2
Maximum pressure pipe 3	92.4	4147.3
Minimum pressure pipe 3	-3.3	6023.6

*Pressure shown is relative to atmospheric pressure, i.e. if pressure in the pipes is equal to atmospheric pressure, relative pressure = 0. The calculation allows pressure lower than vacuum (-10.3m or 33.8ft) although that is physically impossible.

Vacuum in the pipe system can cause a lot of problems. If the pressure in some part of the pipe is reduced to the vapour pressure of the liquid (water approx. -10,3 m, -33,8 ft) the liquid is vaporized and column separation occurs. Collapse of the vapour pocket can cause a dramatic high-pressure transient if the water column rejoins very rapidly, which can in turn cause the pipeline to rupture. Vacuum can and should be avoided by dimensioning and installing appropriate protection equipment.

Pump results	
Check valve 1 & 2 closing time	0.8 s
Check valve 1 & 2 retardation	2.47 m/s ²
NQ (specific speed) for the pump	9.7
Suter curve data used	Cylindrical -impeller*
Total water volume pumped from sump during stopping of pump(s):	0.09 m ³

* The approximated suter curve has the same Nq as the pump and it has been interpolated using data from Flygt laboratory measurements and Knapp, R.T.: Complete characteristics of centrifugal pumps and their use in the prediction of transient behavior. Trans. A.S.M.E. (Nov. 1937).

Time Results

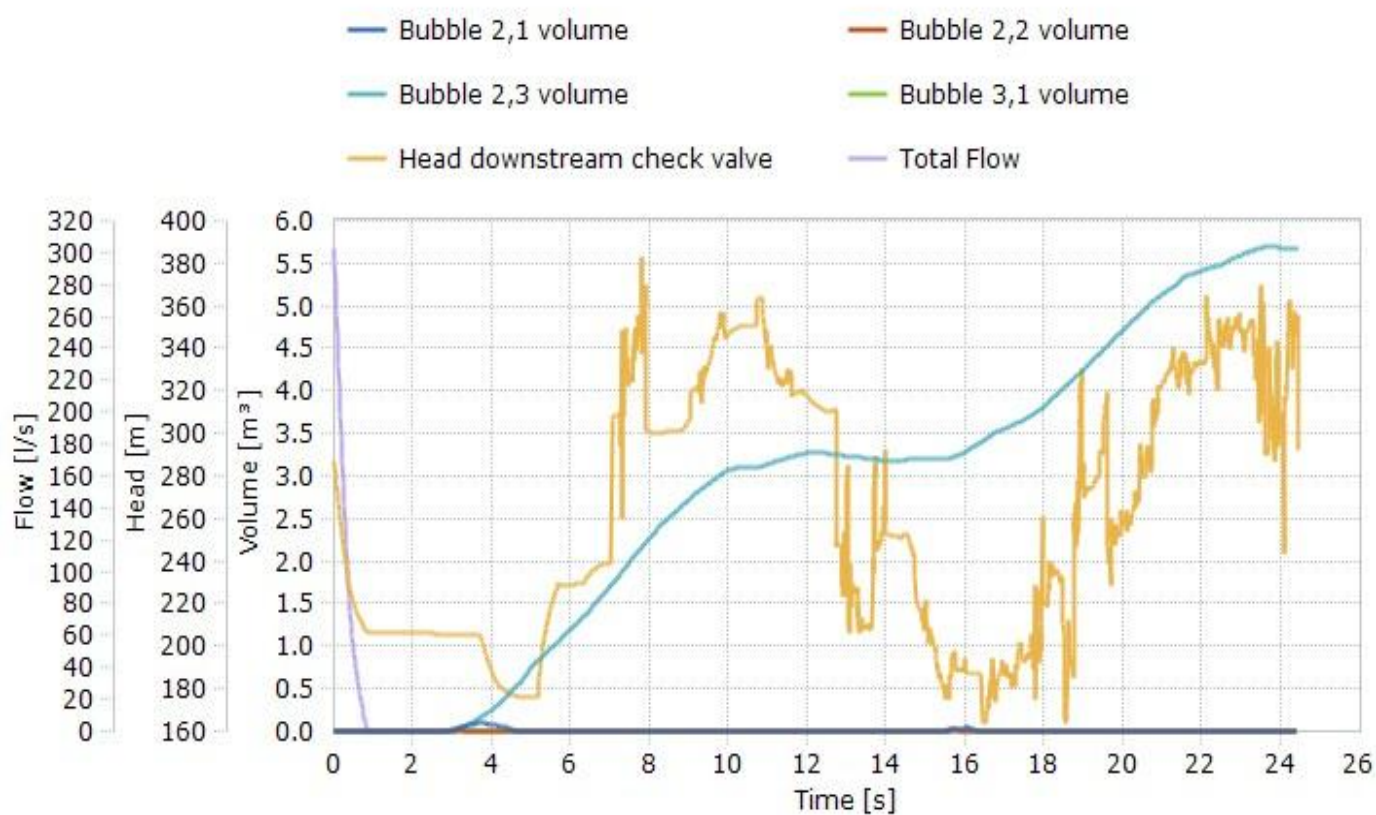


Chart shows pump speed, flow in force main and head downstream the checkvalve.

Warnings

- ✦ The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in: pipe 2
- ✦ The deceleration of the water column is 2.5 m/s² or 8.1 feet/s², that might cause slamming valves.

5.2 SIMULAZIONE CON PORTATA A LUNGO TERMINE, SENZA CASSA D'ARIA

Summary

This report shows the results from a waterhammer calculation made in the Flygt software FET (Flygt engineering tool).

Duty point before and after pump stop sequence	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	3	450
After pump stop	0	0

NC program

Location of max and min pressure	Pressure [m]*	Distance from station [m]
Maximum pressure	497.7	0.0
Minimum pressure	-10.3	2404.5
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2292.6-2466.7
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2513.3-2559.9
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2563.1-2566.2
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2581.7-2727.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2849.1-2920.6
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2954.8-2954.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	2954.8-2957.9
Vacuum	-10.3	2348.5-2435.6
		2528.9-2544.4
		2622.1-2665.7
		2668.8-2712.3
		2870.9-2886.4
		2954.8-2954.8
		2954.8-2957.9

*Pressure shown is relative to atmospheric pressure, i.e. if pressure in the pipes is equal to atmospheric pressure, relative pressure = 0. The calculation allows pressure lower than vacuum (-10.3m or -33.8ft) although that is physically impossible.

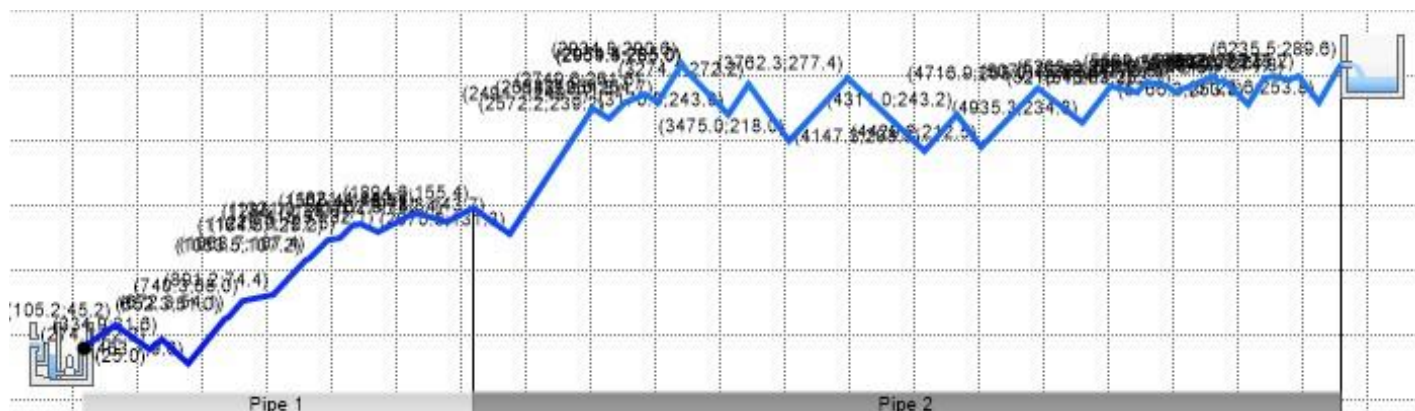
Warnings

Vacuum will occur in pipe2

The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in:
pipe 2 Vacuum will occur in pipe3

The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in: pipe 3

Force main pipes



Pipe 1	Node	Ref length [m]	Elevation [m]
Material	- Ref node	0.0	25.00
Pressure class	- Node 1	105.20	45.20
Dimension	- Node 2	274.10	22.20
Roughness	0.70 mm Node 3	334.90	31.60
Inside diameter	711.20 mm Node 4	463.70	9.60
Wave speed	1027 m/s Node 5	652.30	51.00
Min allowed pressure	-8.00 m Node 6	672.30	54.10
	Node 7	740.30	68.00
	Node 8	891.20	74.40
	Node 9	1,053.50	107.20
	Node 10	1,068.70	107.40
	Node 11	1,164.60	125.20
	Node 12	1,225.90	127.50
	Node 13	1,288.70	138.60
	Node 14	1,321.00	141.10
	Node 15	1,415.30	132.10
	Node 16	1,565.40	148.50
	Node 17	1,621.40	149.40
	Node 18	1,762.80	142.40
	Node 19	1,894.60	155.40

Pipe 2	Node	Ref length [m]	Elevation [m]
Material	- Ref node	0.0	155.40
Pressure class	- Node 1	83.70	143.70
Dimension	- Node 2	176.20	131.30
Roughness	0.70 mm Node 3	596.50	249.30
Inside diameter	600.00 mm Node 4	677.60	239.20
Wave speed	1036 m/s Node 5	759.70	254.80
Min allowed pressure	-8.00 m Node 6	855.00	261.60
	Node 7	923.90	254.70
	Node 8	1,040.20	290.60
	Node 9	1,060.20	285.00

Pipe 3	Node	Ref length [m]	Elevation
Material	- Ref node	0.0	285.00
Pressure class	- Node 1	4.60	285.00
Dimension	- Node 2	216.10	243.90
Roughness	0.70 mm Node 3	319.30	272.20

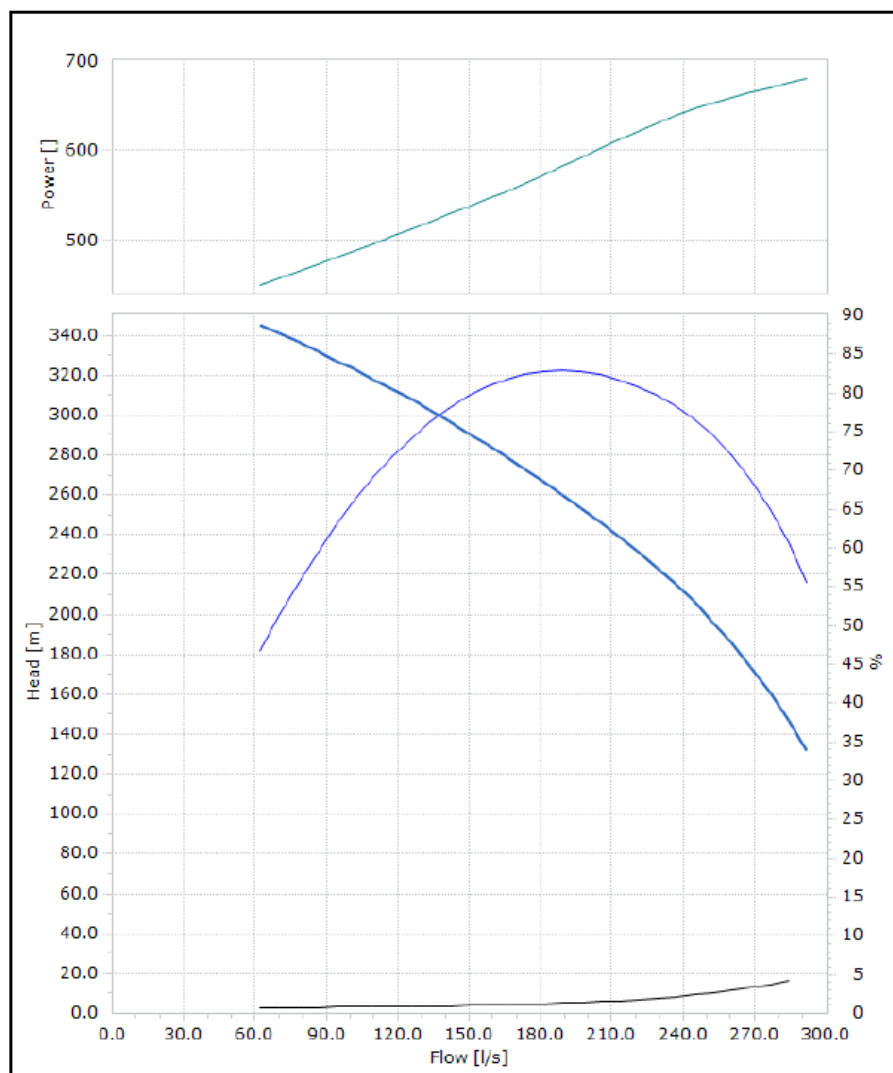
Inside diameter	600.00 mm	Node 4	520.20	218.00
Wave speed	1036 m/s	Node 5	807.50	277.40
Min allowed pressure	-8.00 m	Node 6	1,192.50	208.80
		Node 7	1,356.20	243.20
		Node 8	1,474.40	212.50
		Node 9	1,762.10	268.00
		Node 10	1,980.50	234.80
		Node 11	2,122.50	269.60
		Node 12	2,260.30	263.30
		Node 13	2,308.20	272.50
		Node 14	2,411.20	270.50
		Node 15	2,449.30	263.50
		Node 16	2,644.30	279.20
		Node 17	2,664.40	272.60
		Node 18	2,696.80	274.70
		Node 19	2,811.50	253.30
		Node 20	2,892.00	276.60
		Node 21	2,941.70	278.50
		Node 22	3,017.10	274.80
		Node 23	3,068.80	278.20
		Node 24	3,170.80	253.80
		Node 25	3,280.70	289.60

Design duty point

Design duty point	
Design flow	400.0 l/s
Static head	264.6 m
Total Head	285.4 m
Calculation method	Colebrook-White

Pump Selection

General pump data		Pump data in best efficiency point (BEP)	
Flygt std pump	No	Curve type	Custom curve (5 pts)
Pump denom	P 204/5	Head	260.09 m
Rated Power		Flow	189.1 l/s
Curve No		Speed	1450 rpm
Impeller diameter	-	Hydraulic efficiency	83.00 %
Number of pumps	3	Moment Of Inertia	31.76 kgm ²

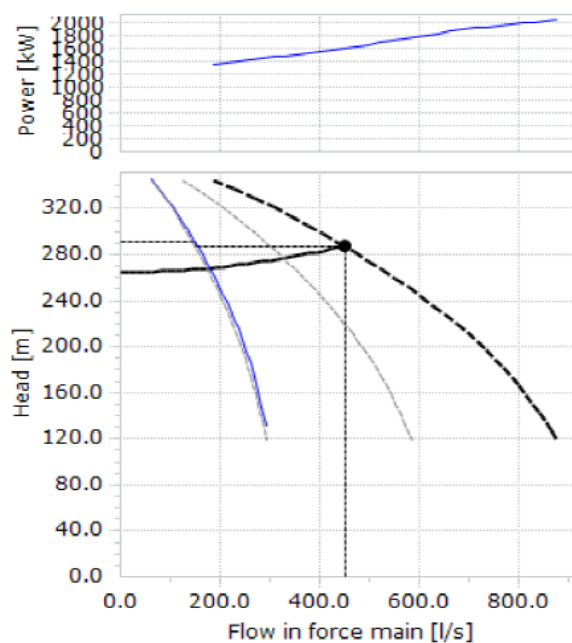
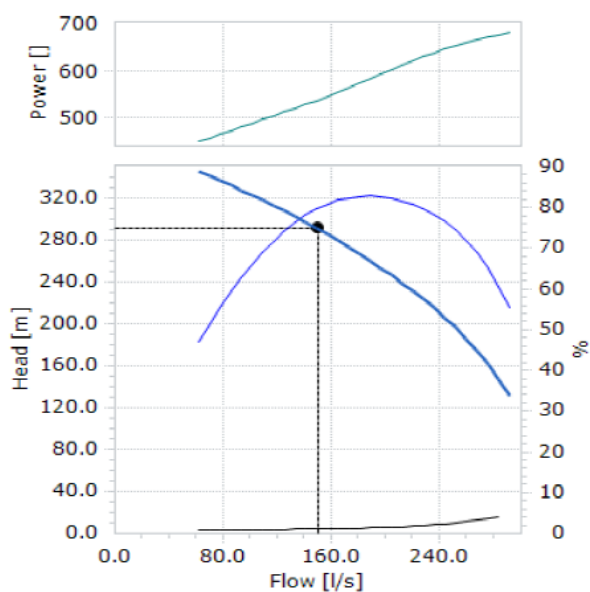


No	Q [l/s]	H [m]	PShaft [kW]	PIn [kW]	NPSH	
					Q [l/s]	H [m]
1	62.14	345.28	449.30	0.00	62.14	2.97
2	132.93	302.96	519.15	0.00	132.93	3.58
3	186.02	262.61	578.18	0.00	186.02	5.03
4	247.96	202.23	648.75	0.00	247.96	9.72
5	292.20	131.92	679.93	0.00	292.20	18.00

Steady state analysis

Duty condition when 3 pumps are running

Each Pump		Total	
Flow	150.0 l/s	Flow	450.1 l/s
Head	290.8 m	Static head	264.6 m
Input power	NaN kW	Head loss ind. pipes	3.3 m
Shaft power	537.183 kW	Head loss in force main	22.9 m
Hydraulic efficiency	79.70 %	Input power	NaN kW
Overall efficiency	- %	Shaft power	1611.549 kW
Specific energy (NPSHR)	- kWh/m³		
	3.93 m		



---- Reduced pump performance(s)
 --- Total reduced performance curve
 — System curve

Transient analysis

Water hammer protection

NC program

Accumulated Length	Elevation	Type
1890	154.95	IO
20111.5	249.3	IO
20370	261.6	IO
20425	256.09	IO
20555	290.54	IO
25693	284.92	IO

Profile results

NC program

Duty point before and after pump stop sec	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	3	450
After pump stop	0	0

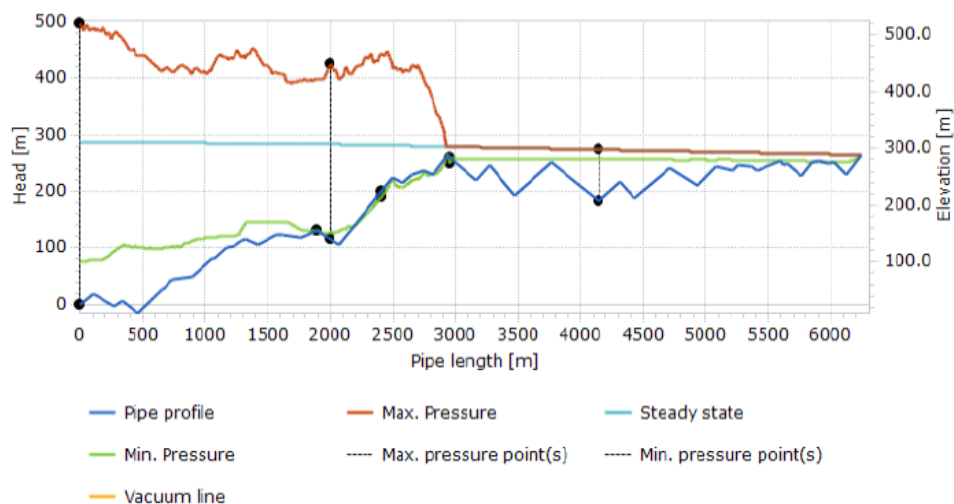


Chart shows maximum and minimum pressures along the pipe profile

Location of max and min pressures	Pressure [m]*	Distance from station [m]
Maximum pressure pipe 1	497.7	0.0
Minimum pressure pipe 1	0.6	1891.5
Maximum pressure pipe 2	309.7	2000.3
Minimum pressure pipe 2	-10.3	2404.5
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2292.6-2466.7
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2513.3-2559.9
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2563.1-2566.2
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2581.7-2727.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2849.1-2920.6
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2954.8-2954.8
Maximum pressure pipe 3	90.2	4147.3
Minimum pressure pipe 3	-10.2	2954.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	2954.8-2957.9
Vacuum	-10.3	2348.5-2435.6
		2528.9-2544.4
		2622.1-2665.7
		2668.8-2712.3
		2870.9-2886.4
		2954.8-2954.8
		2954.8-2957.9

*Pressure shown is relative to atmospheric pressure, i.e. if pressure in the pipes is equal to atmospheric pressure, relative pressure = 0. The calculation allows pressure lower than vacuum (-10.3m or 33.8ft) although that is physically impossible.

Time Results

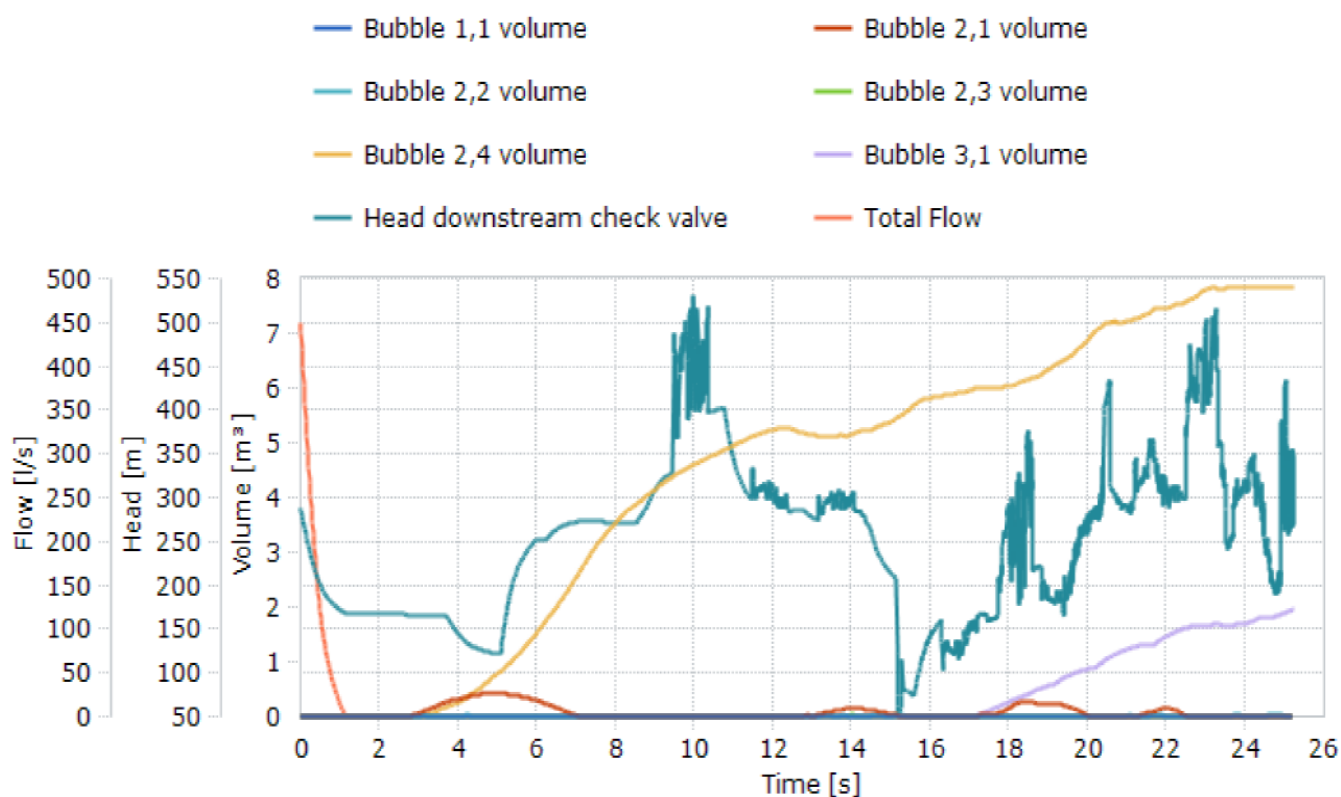


Chart shows pump speed, flow in force main and head downstream the checkvalve.

Pump results

Check valve 1 - 3 closing time	1.1 s
Check valve 1 - 3 retardation	1.76 m/s ²
NQ (specific speed) for the pump	9.7
Suter curve data used	Cylindrical -impeller*
Total water volume pumped from sump during stopping of pump(s):	0.16 m ³

* The approximated suter curve has the same Nq as the pump and it has been interpolated using data from Flygt laboratory measurements and Knapp, R.T.: Complete characteristics of centrifugal pumps and their use in the prediction of transient behavior. Trans. A.S.M.E. (Nov. 1937).

Warnings

- ⚠ Vacuum will occur in pipe2
- ⚠ The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in: pipe 2
- ⚠ Vacuum will occur in pipe3
- ⚠ The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in: pipe 3

5.3 SIMULAZIONE CON PORTATA A LUNGO TERMINE, CON CASSA D'ARIA

Summary

This report shows the results from a waterhammer calculation made in the Flygt software FET (Flygt engineering tool). An air chamber is used as passive water hammer protection.

Duty point before and after pump stop sequence	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	3	450
After pump stop	0	0

Location of max and min pressure	Pressure [m]*	Distance from station [m]
Maximum pressure	340.4	463.7
Minimum pressure	-10.7	2934.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2886.4-2954.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	2954.8-2998.3
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	3759.4-3768.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	5555.1-5611.0
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	5847.2-5955.9
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	5987.0-6036.7
Vacuum	-10.3	2898.8-2954.8
		2954.8-2982.8
		5589.3-5604.8
		5887.5-5906.2
		6021.1-6027.3

*Pressure shown is relative to atmospheric pressure, i.e. if pressure in the pipes is equal to atmospheric pressure, relative pressure = 0.

Warnings

Vacuum will occur in pipe2

The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in: pipe

2 Vacuum will occur in pipe3

The pressure will be below minimum allowed pressure (-8 m or -26.2 ft) in: pipe 3

The deceleration of the water column is 5.3 m/s² or 17.4 feet/s², that might cause slamming valves.

Design duty point

Design duty point

Design flow	400.0 l/s
Static head	264.6 m
Total Head	285.4 m
Calculation method	Colebrook-White

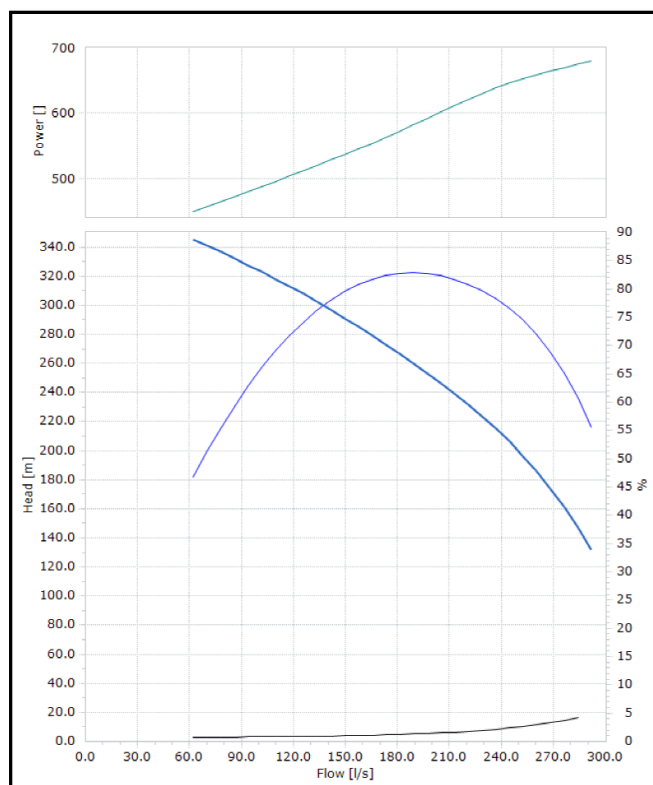
Pump Selection

General pump data

Flygt std pump	No
Pump denom	P 204/5
Rated Power	
Curve No	
Impeller diameter	-
Number of pumps	3

Pump data in best efficiency point (BEP)

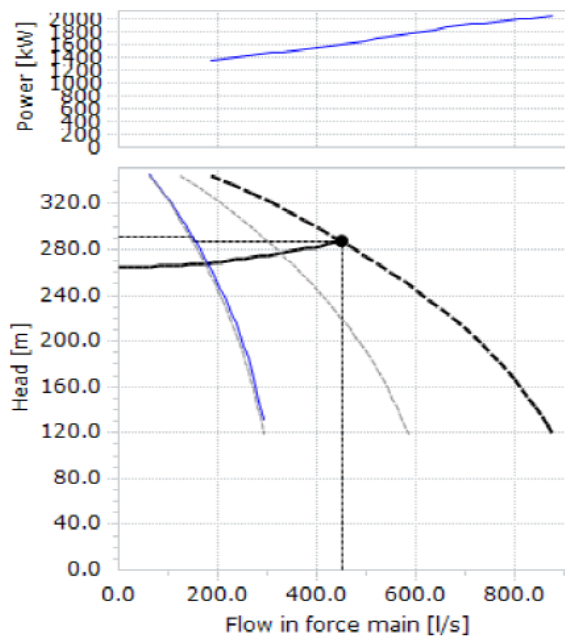
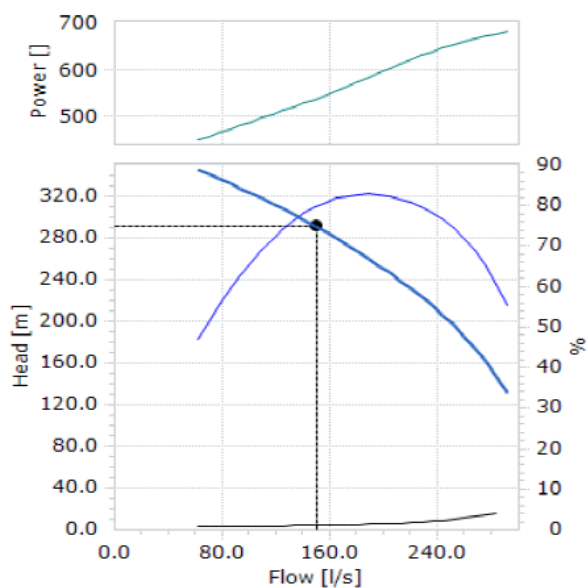
Curve type	Custom curve (5 pts)
Head	260.09 m
Flow	189.1 l/s
Speed	1450 rpm
Hydraulic efficiency	83.00 %
Moment Of Inertia	31.76 kgm ²



No	Q [l/s]	H [m]	PShaft [kW]	PIn [kW]	NPSH	
					Q [l/s]	H
1	62.14	345.28	449.30	0.00	62.14	2.97
2	132.93	302.96	519.15	0.00	132.93	3.58
3	186.02	262.61	578.18	0.00	186.02	5.03
4	247.96	202.23	648.75	0.00	247.96	9.72
5	292.20	131.92	679.93	0.00	292.20	18.00

Duty condition when 3 pumps are running

Each Pump		Total	
Flow	150.0 l/s	Flow	450.1 l/s
Head	290.8 m	Static head	264.6 m
Input power	NaN kW	Head loss ind. pipes	3.3 m
Shaft power	537.183 kW	Head loss in force main	22.9 m
Hydraulic efficiency	79.70 %	Input power	NaN kW
Overall efficiency	- %	Shaft power	1611.549 kW
Specific energy (NPSHR)	- kWh/m ³ 3.93 m		

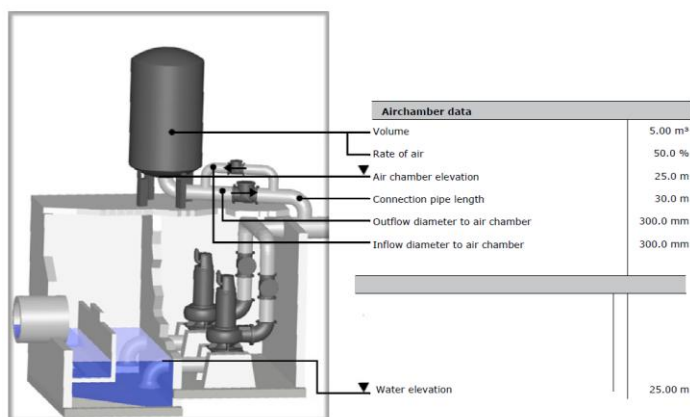


----- Reduced pump performance(s)
 --- Total reduced performance curve
 — System curve

Transient analysis

Water hammer protection

An air chamber is used as passive water hammer protection.



Profile results

An air chamber is used as passive water hammer protection.

Duty point before and after pump stop sec	No of pumps running	Flow [l/s]
Before pump stop	3	450
After pump stop	0	0

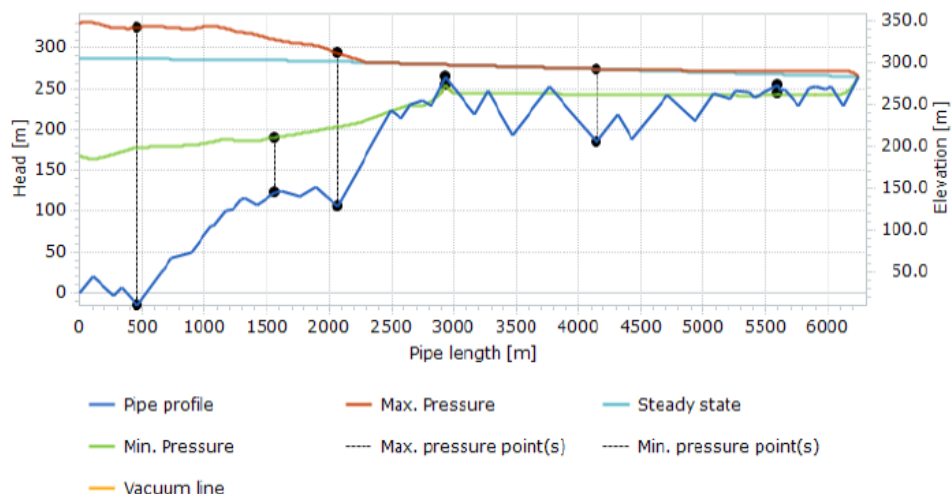


Chart shows maximum and minimum pressures along the pipe profile

Location of max and min pressures	Pressure [m]*	Distance from station [m]
Maximum pressure pipe 1	340.4	463.7
Minimum pressure pipe 1	66.8	1565.4
Maximum pressure pipe 2	186.9	2070.8
Minimum pressure pipe 2	-10.7	2934.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 2	-8.0	2886.4-2954.8
Maximum pressure pipe 3	90.2	4147.3
Minimum pressure pipe 3	-10.5	5599.1
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	2954.8-2998.3
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	3759.4-3768.8
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	5555.1-5611.0
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	5847.2-5955.9
Pressure below minimum allowed pressure pipe 3	-8.0	5987.0-6036.7
Vacuum	-10.3	2898.8-2954.8
		2954.8-2982.8
		5589.3-5604.8
		5887.5-5906.2
		6021.1-6027.3

*Pressure shown is relative to atmospheric pressure, i.e. if pressure in the pipes is equal to atmospheric pressure, relative pressure = 0. The calculation allows pressure lower than vacuum (-10.3m or 33.8ft) although that is physically impossible.

Time Results

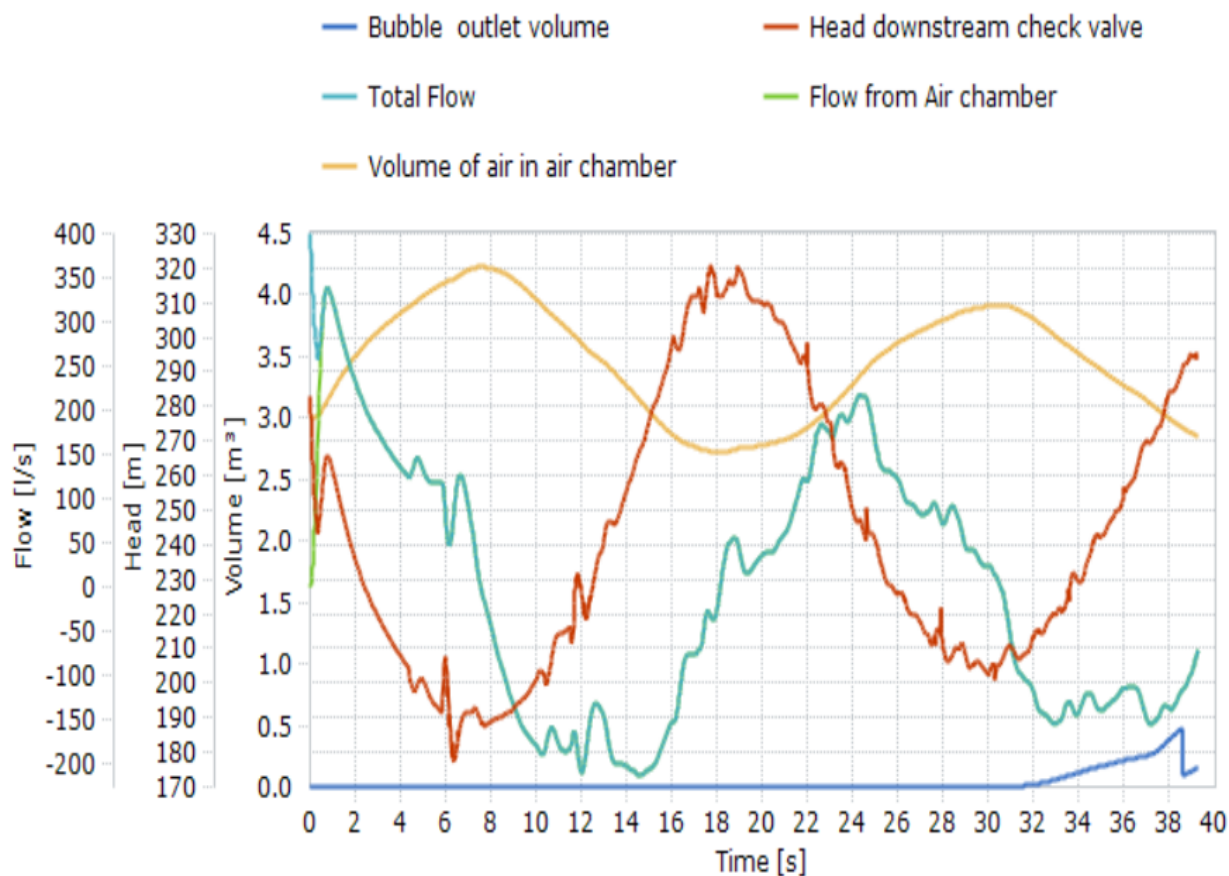


Chart shows pump speed, flow in force main and head downstream the checkvalve.

Air chamber results

Check valve 1 - 3 closing time	0.5 s
Check valve 1 - 3 retardation	4.68 m/s ²
Max water volume	3.28 m ³
Min water volume	1.77 m ³
NQ (specific speed) for the pump	9.8
Suter curve data used	Cylindrical -impeller*
Time at max water volume	18.15 s
Time at min water volume	7.55 s
Total water volume pumped from sump during stopping of pump(s):	0.09 m ³
Water volume stabilizes at	2.84 m ³

* The approximated suter curve has the same N_q as the pump and it has been interpolated using data from Flygt laboratory measurements and Knapp, R.T.: Complete characteristics of centrifugal pumps and their use in the prediction of transient behavior. Trans. A.S.M.E. (Nov. 1937).

Disclaimer

As with any engineering software, the accuracy of the output is based on the accuracy of the input data, and it is the responsibility of those supplying that information to verify that this data is correct. These calculations are supplied for reference only, based on Flygt equipment, and are meant for preliminary equipment design and system evaluation. A professional engineer, licensed in the appropriate field of engineering, should always conduct the final evaluation of the application if there are liabilities involved.

Air chamber results

Check valve 1 - 3 closing time	0.5 s
Check valve 1 - 3 retardation	5.31 m/s ²
Max water volume	2.76 m ³
Min water volume	1.23 m ³
NQ (specific speed) for the pump	9.7
Suter curve data used	Cylindrical -impeller*
Time at max water volume	17.26 s
Time at min water volume	7.43 s
Total water volume pumped from sump during stopping of pump(s):	0.11 m ³
Water volume stabilizes at	2.33 m ³

* The approximated suter curve has the same Nq as the pump and it has been interpolated using data from Flygt laboratory measurements and Knapp, R.T.: Complete characteristics of centrifugal pumps and their use in the prediction of transient behavior. Trans. A.S.M.E. (Nov. 1937).

SOMMARIO

GENERALITA'	1
1 STATO DI FATTO	6
1.1 SOLLEVAMENTO INIZIALE	6
1.2 SOLLEVAMENTO PRINCIPALE (RILANCIO)	9
2 OPERE IN PROGETTO	12
2.1 SOLLEVAMENTO INIZIALE	12
2.2 SOLLEVAMENTO PRINCIPALE	14
3 VERIFICHE IDRAULICHE	16
3.1 VERIFICA IDRAULICA DELLA PREMENTE TRA IL SOLLEVAMENTO INIZIALE ED IL SOLLEVAMENTO PRINCIPALE	17
3.1.1 SITUAZIONE A BREVE E MEDIO TERMINE	19
3.1.2 SITUAZIONE A LUNGO TERMINE	20
3.2 CONCLUSIONI	21
4 PROTEZIONE DALLE SOVRAPPRESSIONI	22
5 ALLEGATI	29
5.1 SIMULAZIONE CON PORTATA A BREVE E MEDIO TERMINE, SENZA CASSA D'ARIA	29
5.2 SIMULAZIONE CON PORTATA A LUNGO TERMINE, SENZA CASSA D'ARIA	38
5.3 SIMULAZIONE CON PORTATA A LUNGO TERMINE, CON CASSA D'ARIA	45