

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA

Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma

MO-E-1383-CODICE OPERA N.1392 – CUP:B94H20001600001 – INTERVENTI DI ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA CASSA DI LAMINAZIONE DEL FIUME SECCHIA ALLA NORMATIVA DPR 1363/59 E DM 26/06/2014.

4° LOTTO FUNZIONALE: COUTILIZZO INVASO AD USO IRRIGUO – CIG:94819039E1

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

**R.02.b – RELAZIONE TECNICA
(ASPETTI IDRAULICI)**

IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

CAPOGRUPPO MANDATARIA



PER IL R.T.P.:

IL PROGETTISTA GENERALE:
DOTT. ING.
FULVIO BERNABEI

IL CSP:
DOTT. ING.
NICOLA PESSARELLI

IL RUP:

DOTT. ING.
MASSIMO VALENTE

DATA: DICEMBRE 2022

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.

INDICE

1	Premesse	2
2	Descrizione degli interventi in progetto	4
2.1	Impianto di sollevamento	4
2.2	Condotta adduttrice	6
2.3	Disegni di riferimento	6
3	Dati di progetto	7
3.1	Condotta adduttrice	7
3.2	Impianto di sollevamento	7
4	Relazioni utilizzate per le verifiche idrauliche	7
5	Verifiche idrauliche	18
5.1	Condotta adduttrice al sistema irriguo del Consorzio di Bonifica dell'Emilia	18
5.2	Manufatto di sollevamento	18
5.3	Scelta della pompa e relativi punti di lavoro	21

Mandataria:



Mandanti:



1 Premesse

La relazione qui riportata è parte del progetto degli interventi di adeguamento e messa in sicurezza della cassa di laminazione del fiume Secchia, in particolare del progetto di fattibilità tecnico economica del 4° lotto funzionale: *“coutilizzo dell’invaso invaso ad uso irriguo”* e dà conto delle verifiche idrauliche relative al funzionamento dell’impianto di sollevamento e della condotta adduttrice, in esso previsti.

Al fine di rendere più agevole, per chi legge, la comprensione dell’obiettivo del suddetto intervento (il cui dimensionamento idraulico sarà giustificato nella presente relazione) si ricorda che ad oggi, essendo lo scopo affidato all’invaso unicamente quello di protezione dal rischio idraulico dei territori sottostanti, lo svuotamento nell’alveo di valle del fiume Secchia dei volumi di piena defluiti nel bacino laterale della cassa, avviene immediatamente dopo il termine dell’evento, attraverso l’esistente manufatto di scarico.

Nell’ambito dello sviluppo del progetto generale di adeguamento dell’invaso, invece, si è ritenuto utile proporre di dare all’opera una funzione plurima, in particolare immagazzinando e poi successivamente riutilizzando, per scopi irrigui, una piccola porzione della risorsa idrica defluita nella vasca a seguito di eventi di piena.

A tal fine il presente progetto di fattibilità tecnico – economica prevede la costruzione (internamente all’invaso laterale) di un impianto di sollevamento operante tra i livelli 40.00 e 41.00 m slm e di una condotta di adduzione, destinati a ottimizzare la capacità del sistema di approvvigionamento e di distribuzione della risorsa irrigua nel bacino del “Canale di Carpi” afferente al comprensorio del Consorzio di Bonifica dell’Emilia-Centrale (CBEC), sito a valle della Via Emilia. In sostanza, l’obiettivo del presente progetto sarà dunque quello di stoccare e movimentare successivamente a fini irrigui un volume complessivo di circa 980.000 mc di acqua proveniente dalle piene del fiume Secchia nel periodo dell’anno compreso tra il mese di marzo e il mese di giugno; *volume, è importante sottolineare, posto totalmente al di sotto della quota del piano campagna corrispondente al piede del paramento di valle delle arginature costituenti la parte emersa della cassa.*

Fatto presente poi, sempre per chiarezza di chi legge, che lo svuotamento dell’intero invaso fino a quota 41.00 m slm avverrà in concomitanza con il procedere del ramo discendente dell’evento di piena attraverso le luci di fondo del nuovo manufatto di regolazione (*a tal proposito, per dettaglio, vedi quanto riportato nella relazione idraulica allegata al progetto esecutivo dei lavori del 1° lotto*



MO-E-1357 - *Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia ...omissis....*) e immaginando che il volume destinato all'irrigazione possa venire stoccato nell'invaso durante gli eventi piovosi dei mesi di marzo - aprile, la procedura di svuotamento del bacino in derivazione al di sotto della quota 41.00 m slm, si svilupperà, durante l'anno, secondo le due modalità sinteticamente di seguito descritte.

A) Modalità 1: (ordinaria - da effettuarsi dalla metà di giugno ai primi di marzo)

Lo svuotamento dell'invaso laterale avverrà solo attraverso l'apertura del manufatto di scarico secondo le modalità già in uso oggi presso il gestore dell'opera, fino al raggiungimento del livello di invaso "vuoto" posto a quota 40.00 – 39.50 m slm.

B) Modalità 2: (straordinaria - da effettuarsi dai primi di marzo alla metà di giugno)

Lo svuotamento dell'invaso laterale avverrà attraverso il funzionamento del manufatto di sollevamento proposto nel presente progetto, che permetterà di erogare nel comprensorio del Consorzio di Bonifica dell'Emilia-Centrale (CBEC) fino ad una portata massima di 400 l/s.

È importante sottolineare che, l'utilizzo dell'invaso ai fini irrigui sarà comunque subordinato a quello di difesa idraulica e non interferirà con quest'ultimo. Infatti, non potendo escludere a priori che in tale periodo si possano verificare eventi che richiedano l'utilizzo dell'intera capacità dell'invaso di laminazione, è stato previsto che, a seguito di allerta, l'utilizzo per uso irriguo venga sospeso e si proceda con l'immediato svuotamento dell'accumulo presente al momento, fino a che non si raggiungano le condizioni di livello previste per l'invaso "vuoto" (39.50 m slm).

La suddetta procedura prevedrà di utilizzare il monitoraggio continuo delle condizioni meteo e dei sistemi di allerta e previsione delle piene in uso presso AIPO (FEWS - Flood Early Warning System), tramite il quale, a fronte di una ipotesi di pioggia sul bacino, risulterà possibile ottenere una stima dell'entità della portata di piena transitabile in corrispondenza di varie sezioni del corso del Secchia, tra cui una posta in prossimità dell'invaso.

In presenza dunque di una previsione di piena nelle successive 48 ore, che stimi il raggiungimento di una portata a Rubiera pari o superiore a 600 m³/s (valore cautelativo rispetto al valore di 750 mc/s per l'attivazione dell'invaso laterale), si procederà all'immediato svuotamento del bacino tramite l'apertura dell'esistente scarico di fondo, riportandosi così nelle condizioni di svuotamento previste dalla modalità A prima descritta.

2 Descrizione degli interventi in progetto

2.1 Impianto di sollevamento

Il manufatto di sollevamento è previsto da realizzare nella zona nord-ovest del tratto di arginature della cassa di laminazione che sarà soggetta agli interventi da svolgere nell'ambito del 2° lotto funzionale degli "Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena)". Esso risulterà inserito all'interno del corpo arginale, sia nella configurazione esistente, che in quella prevista nel progetto del 2° Lotto.

Il sollevamento, costituito da due pompe centrifughe sommerse (una di riserva all'altra), consentirà di addurre i volumi irrigui tramite una premente in acciaio inox DN600 fino ad un pozzetto di sconnessione, passando all'interno di un controtubo scatolare interrato al di sotto dell'arginatura.

Il pozzetto di sconnessione permetterà a sua volta il carico di una condotta adduttrice in PRFV DN700, che si svilupperà per un tratto lungo circa 1 km in direzione Nord-Ovest, fino al punto di consegna nel recettore irriguo del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Romagna.

Entrando nel dettaglio, il sollevamento sarà alimentato da una condotta in calcestruzzo DN1200 posta all'interno del bacino laterale di Rubiera che riverserà i volumi d'acqua derivati all'interno di una prima camera, la quale avrà la duplice funzione sia di consentire la sconnessione idraulica tra impianto e cassa attraverso una paratoia motorizzata di luce netta 1,20x1,20 m, sia di permettere l'accesso per manutenzione al fondo della struttura, grazie ad un copertura completamente removibile in grigliato pedonabile a quota 49.25 m s.l.m.

Le due pompe centrifughe, come detto una di riserva all'altra, saranno in grado di sollevare una portata nominale di circa 1500 m³/h, corrispondenti a circa 400 l/s, con una prevalenza di circa 8 metri all'interno di due iniziali tubazioni di mandata in acciaio DN500. I due suddetti tronchi avranno un primo tratto verticale che culminerà in un sifone a cavaliere con asse a quota 50.25 m s.l.m. e quindi tale da possibili inneschi a gravità del sistema durante i periodi di massimo invaso del bacino di laminazione

Dopo il tratto a sifone, le due mandate confluiranno in una stessa premente in acciaio DN600 che attraverserà la camera e lo scatolare interrato in cui sarà inserita. Lo scatolare, di lunghezza pari a 18.90 m, permetterà alla premente di raggiungere il pozzetto di sconnessione idraulica e carico della

Mandataria:



Mandanti:



condotta adduttrice in PRFV DN700, di dimensioni interne in pianta 200 x300 cm. La premente nel pozzetto verrà disposta con asse verticale fino a raggiungere la quota di 48.20 m s.l.m., circa 10 cm più in alto del massimo livello di carico previsto nel pozzetto. Il fondo del pozzetto sarà posto a quota 42.00 m s.l.m., 10 cm più in basso della quota di imbocco dell'adduttrice.

A completamento del circuito idraulico, verrà disposta anche una tubazione in acciaio DN100 per permettere lo scarico della premente. Tale tubazione avrà un doppio termine: da un lato all'interno del pozzetto di sconnessione e, dall'altro, nella camera di sollevamento. Il flusso all'interno della tubazione sarà regolato ed indirizzato da due valvole motorizzate a farfalla.

Sarà possibile accedere al manufatto di sollevamento dal piano della soletta di copertura a quota 49.25 m s.l.m.: è prevista, infatti, un'entrata attraverso una porta a tenuta stagna che conduce ad un locale di servizio. Questo locale, oltre a contenere i quadri elettrici e l'impianto di estrazione dell'aria per l'innescio o il disinnesco del sifone a cavaliere, permetterà l'accesso alla camera di partenza dello scatolare attraverso un'asola nel piano di calpestio di dimensioni 200x140 cm, con copertura in grigliato pedonabile. Da qui, una scala metallica permetterà la discesa al locale sottostante a quota 44.00 m s.l.m.

Mandataria:



Mandanti:



2.2 Condotta adduttrice

Come già anticipato la condotta adduttrice, che si estende per una lunghezza di circa 1040 m, sarà una tubazione in PRFV DN700.

Tale tubazione partirà dal pozzetto di sconnessione e, dopo una prima curva a 90°, procederà al di sotto della strada sterrata esistente parallela alla pista arginale lato campagna della cassa. Dopo un'ulteriore deviazione a 90°, la tubazione si immetterà al di sotto di Via del Rivone. Dopo circa 570 m essa piegherà altimetricamente passando da una quota di scorrimento pari a 42,70 m s.l.m. a 45,10 m s.l.m., per seguire l'andamento della strada fino all'intersezione con la SP 85. Superata quest'ultima, la condotta procederà in direzione nord-ovest, per circa 45 m, fino allo sbocco nel cavo irriguo del Consorzio Irriguo di Bonifica dell'Emilia Centrale con quota di scorrimento di 45,60 m s.l.m., pari a quella del fondo del canale nel punto di consegna.

Nell'ambito del presente progetto di fattibilità, non essendo perfettamente note le geometrie delle interferenze presenti in prossimità dell'attraversamento della SP 85, l'analisi idraulica è stata condotta ipotizzando anche la presenza di un eventuale sifone lungo la tubazione DN 700, necessario per superare le suddette interferenze.

2.3 Disegni di riferimento

Gli elaborati grafici relativi alle opere in analisi sono elencati nella tabella seguente.

Codice tavola	Titolo tavola	Scala
Tav. 1	Corografia generale di inquadramento dell'opera	1:5000
Tav. 4.1	Planimetria impianto di sollevamento al termine dei lavori del Lotto IV	1:200
Tav. 4.2	Planimetria impianto di sollevamento al termine dei lavori del Lotto II	1:200
Tav. 5.1	Architettonici impianto di sollevamento (sezione longitudinale, piante e particolare posa condotta alimentazione)	INDICATA
Tav. 5.2	Architettonici impianto di sollevamento (sezioni trasversali e prospetto)	1:100
Tav. 6	Planimetria quotata condotta di alimentazione rete irrigua	1:2000
Tav. 7	Profilo longitudinale e sezioni condotta di alimentazione rete irrigua	INDICATA

3 Dati di progetto

3.1 Condotta adduttrice

Come anticipato nel capitolo precedente, la quota di fondo del cavo irriguo nel punto di consegna è pari a 45,60 m s.l.m. Si è posta come portata massima erogata nel cavo irriguo una portata di 400 l/s, associata ad un pelo libero a quota di 46,80 m s.l.m.

3.2 Impianto di sollevamento

Per quanto riguarda il dimensionamento dell'impianto di sollevamento, i livelli di acqua all'interno della camera di pompaggio sono stati assunti compresi tra 40.00 a 41.00 m s.l.m. La portata massima di progetto è stata assunta pari a 400 l/s e la quota di restituzione è stata assunta pari a 48,35 m s.l.m., quota necessaria alla portata massima transitante nella condotta premete DN 600 per sboccare al termine del tratto verticale, avente ciglio di sfioro posto a quota 48.20 m s.l.m.

4 Relazioni utilizzate per le verifiche idrauliche

Per lo sviluppo dei calcoli di dimensionamento dei circuiti della condotta adduttrice il sistema irriguo e dell'impianto di sollevamento e si è fatto riferimento alle leggi fondamentali della meccanica dei fluidi e dell'idraulica ed ai risultati tecnico-sperimentali delle più avanzate ricerche nel settore. Le principali equazioni adottate nei calcoli idraulici sono di seguito riportate nella forma canonica.

a) Perdite distribuite nelle tubazioni

$$\Delta H = J \cdot L \quad (1)$$

in cui L è la lunghezza della tubazione (m) e J la cadente della linea dell'energia (m/m).

La suddetta cadente è stata calcolata mediante la nota espressione:

$$J = \frac{\lambda V^2}{2gD}$$

dove:



la costante λ viene calcolata con l'espressione di Colebrook-White :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3.71} \cdot \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

V : velocità nella condotta (m/s);

R_e : numero di Reynolds $R_e = \frac{\rho V D}{\mu}$;

ρ densità del fluido (kgs²/m⁴);

μ viscosità del fluido (kgs/m²);

ε : scabrezza assoluta della condotta (m);

D : diametro della condotta (m).

In particolare sono stati utilizzati i seguenti valori della scabrezza (da Manuale Cremonesi – Prof. Enrico Marchi – Vol. I, pag. 205):

- condotte in PRFV: $\varepsilon = 0.02$ mm;
- condotte in acciaio: $\varepsilon = 0.2$ mm;

b) Perdite concentrate in corrispondenza dell'imbocco

$$\Delta H = 0.5 \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

dove V è la velocità media della corrente all'interno della tubazione (m/s).

c) Perdite concentrate in corrispondenza dello sbocco

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

dove V è la velocità media della corrente all'interno della tubazione (m/s).

d) Perdite concentrate in corrispondenza delle deviazioni d'asse

$$\Delta H = \zeta \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

dove V è la velocità media della corrente all'interno della tubazione (m/s). Il coefficiente ζ è ricavabile in funzione dell'ampiezza della deviazione d'asse e del rapporto fra il raggio di curvatura e il diametro della tubazione dal "Memento des pertes de charge", I.E- Idel'cik.

$$\zeta = k_{\Delta} \cdot k_{Re} \cdot \zeta_M + 0.06 \cdot \frac{L_0}{D_0}$$

dove:

k_{Δ}, k_{Re} : coefficienti da determinare graficamente in funzione di Re e della scabrezza;

ζ_M : coefficiente tabellato in funzione del rapporto R_0/D_0 ;

R_0 : raggio di curvatura (m);

L_0 : lunghezza dello spicchio (m);

D_0 : diametro della tubazione (m).

Nello specifico il coefficiente ζ , al variare dell'angolo di deviazione e per diversi diametri delle tubazioni, assume i seguenti valori:

PRFV/Acciaio	$\leq 15^\circ$	30°	45°	60°	90°
DN 150	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.42/0.46
DN 200	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.42/0.46
DN 250	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.42/0.46
DN 300	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.42/0.46

DN 400	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40
DN 500	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40
DN 600	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40
DN 700	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40
DN 800	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40
DN 900	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40
DN 1000	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40
DN 1200	0.05/0.06	0.08/0.10	0.12/0.14	0.16/0.18	0.38/0.40

e) Perdite concentrate in un divergente

$$\Delta H = \zeta \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (5)$$

dove V è la velocità media della corrente all'interno della tubazione a monte del divergente (m/s). Il coefficiente ζ è stato ricavato in funzione del rapporto delle aree delle sezioni raccordate e dell'angolo di raccordo dal "Memento des pertes de charge", I.E- Idel'cik.

$$\zeta = \varphi \cdot \left(1 - \frac{F_0}{F_1}\right)^2 + \frac{\lambda}{8 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \left[1 - \left(\frac{F_0}{F_1}\right)^2\right]$$

dove:

$$\varphi = 3.2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right)^{0.25}$$

λ : indice di resistenza, assunto pari a 0.02;

$\alpha/2$ ampiezza dell'angolo del raccordo (°);

F_0 : area della tubazione a monte del raccordo (m²);

F_1 : area della tubazione a valle del raccordo (m²).

f) Perdite concentrate in corrispondenza delle riunioni di correnti

$$\Delta H = \zeta \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

dove V è la velocità media della corrente all'interno della tubazione a valle della riunione (m/s). Il coefficiente ζ è stato ricavato in funzione dei rapporti delle aree delle sezioni delle tubazioni raccordate e delle portate che circolano nelle tubazioni dal “Memento des pertes de charge”, I.E-Idel'cik.

Per il braccio rettilineo si ha:

$$\zeta = 1.55 \cdot \frac{Q_l}{Q_p} - \left(\frac{Q_l}{Q_p} \right)^2$$

dove:

Q_l : portata nella tubazione laterale (m³/s).

Q_p : portata nella tubazione principale (m³/s).

Per quello laterale si ha:

$$\zeta = A \cdot \left[1 + \left(\frac{Q_l}{Q_p} \cdot \frac{F_p}{F_l} \right)^2 - 2 \cdot \left(1 - \frac{Q_l}{Q_p} \right) \right]$$

dove:

A : coefficiente da determinare graficamente in funzione del rapporto fra le superficie laterale e quella principale;

Q_l : portata nella tubazione laterale (m³/s).

Q_p : portata nella tubazione principale (m³/s);

F_p : area della tubazione principale (m²);

F_l : area della tubazione laterale (m²).

g) Stramazzi non rigurgitati



Nota la portata, il carico sullo stramazzo è determinato dall'espressione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (7a)$$

dove:

Q : portata defluente (m³/s);

μ : coefficiente di efflusso;

L : lunghezza della soglia (m). In presenza di una contrazione laterale la larghezza della soglia è ridotta di $\frac{1}{10} h$ per ogni lato verticale;

h : carico sulla soglia (m).

In particolare sono stati utilizzati i seguenti valori coefficiente di efflusso “ μ ”:

- Stramazzo a larga soglia “ μ ”= 0.385;

- Stramazzo Bazin “ μ ”= 0.41.

h) Stramazzo tipo “Thomson”

Nota la portata, il carico sullo stramazzo è determinato dall'espressione:

$$Q = 8/15 \mu \cdot h^2 \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (7b)$$

dove:

Q : portata defluente (m³/s);

μ : coefficiente di efflusso, posto pari a 0.61;

h : carico sulla soglia (m).

i) Stramazzi rigurgitati

Mandataria:



Mandanti:



Nota la portata, il carico sullo stramazzo (h_1+h_2) è determinato risolvendo l'equazione:

$$Q = b \cdot \left(\mu_1 \cdot h_2 \cdot \sqrt{2g \cdot h_1} + \frac{2}{3} \cdot \mu_2 \cdot h_1 \cdot \sqrt{2g \cdot h_1} \right) \quad (8)$$

dove:

Q : portata defluente (m^3/s);

b : larghezza della soglia (m). In presenza di una contrazione laterale la larghezza della soglia è ridotta di $\frac{1}{10} (h_1+h_2)$ per ogni lato verticale, cioè:

μ_1, μ_2 : coefficienti di efflusso assunti entrambi pari a 0.61;

h_1 : altezza vena non rigurgitata ovvero carico dello stramazzo libero (m);

h_2 : altezza della vena rigurgitata ovvero carico della luce a battente rigurgitata (m).

j) *Luci a battente*

Nota la portata, il carico è determinato tramite l'espressione:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (9)$$

dove:

Q : portata defluente (m^3/s);

μ : coefficiente di efflusso assunto pari a 0.61.

A : area della luce (m^2);

h : carico (m).

k) *Altezza critica in una sezione rettangolare*



$$k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot B^2}} \quad (10)$$

dove:

Q : portata defluente (m³/s);

k : altezza critica della corrente (m);

B : larghezza della sezione (m).

l) *Energia della corrente*

$$E = h + \frac{V^2}{2g} \quad (11)$$

dove:

h : altezza d'acqua nella sezione (m);

V : velocità della corrente (m/s).

In corrispondenza di un'altezza d'acqua pari all'altezza di stato critico e nell'ipotesi che la sezione sia di forma rettangolare l'energia della corrente si determina, detta k l'altezza di stato critico, come:

$$E = \frac{3}{2}k$$

m) *Canali a portata crescente*

Il profilo di corrente in un canale prismatico si ottiene integrando per differenze finite l'equazione a spinta totale costante.

La spinta totale della corrente nella sezione di monte risulta:

$$S_M = \gamma/2 \cdot B \cdot h^2$$

La spinta totale della corrente nella sezione di valle risulta:

$$S_v = \frac{\gamma}{2} \cdot B \cdot h^2 + \frac{\gamma}{g} \cdot Q \cdot V$$

dove:

γ : peso specifico del liquido (9806 N/m³);

B : larghezza della sezione (m²);

h : altezza d'acqua nella sezione (m);

Q : portata (m³/s);

V : velocità della corrente (m/s).

Uguagliando le due spinte si determina l'altezza d'acqua incognita.

n) Canali a portata decrescente

Il profilo di corrente in un canale prismatico si ottiene integrando per differenze finite l'equazione ad energia costante.

L'energia della corrente nella sezione di valle risulta:

$$E = h$$

L'energia della corrente nella sezione di monte è invece pari a:

$$E = h + \frac{V^2}{2g}$$

dove:

h : altezza d'acqua nella sezione (m);

V : velocità della corrente (m/s);

Uguagliando i due termini si determina l'altezza d'acqua incognita.

o) Tracciamento dei profili a pelo libero

I profili di corrente a pelo libero si ottengono integrando per differenze finite l'equazione:

$$\frac{\Delta E}{\Delta s} = i - j$$

dove:

ΔE differenza di energia della corrente (m) fra le due sezioni di calcolo. L'energia si valuta con l'espressione:

$$E = h + \frac{V^2}{2g}$$

con h altezza della corrente (m) e V velocità della corrente (m/s);

Δs distanza fra le due sezioni di calcolo;

i pendenza del tratto (m/m);

j cadente (m/m), pari a:

$$J = \frac{Q^2}{c^2 \cdot A^2 \cdot R^{4/3}}$$

con Q portata di riferimento (m^3/s), c coefficiente di scabrezza secondo Strickler ($m^{1/3}/s^{-1}$), A area della sezione trasversale (m^2) ed R raggio idraulico (m).

p) Perdite concentrate in corrispondenza delle griglie

$$\Delta H = \zeta \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

dove V è la velocità media della corrente in arrivo (m/s). Il coefficiente ζ è ricavabile in funzione del rapporto fra le dimensioni delle barre della griglia e della luce di passaggio dal "Memento des pertes de charge", I.E- Idel'cik.

$$\zeta = c' \cdot \beta_2 \cdot \zeta' \cdot \sin \alpha$$

dove:

c' : coefficiente da determinare in funzione delle modalità di pulizia della griglia, assunto pari a 1.3 (pulizia meccanica);

β_2 : coefficiente da determinare in funzione della forma delle barre, pari a 0.74;

ζ' : coefficiente da determinare graficamente in funzione del rapporto fra l'area di passaggio nella griglia e la superficie del canale libera dall'ostacolo (tale rapporto è stato assunto pari a 0.70);

α : angolo di inclinazione della griglia rispetto al verso della corrente.

Mandataria:



Mandanti:



5 Verifiche idrauliche

5.1 Condotta adduttrice al sistema irriguo del Consorzio di Bonifica dell'Emilia

Una volta convogliate le acque all'interno del pozzetto di sconnessione, una nuova condotta adduttrice in **PRFV DN700**, con uno sviluppo di circa 1040 m, trasporterà la portata proveniente dalla vasca e dall'impianto di sollevamento al punto di consegna per andare ad alimentare un cavo irriguo del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Romagna individuato come mezzo recettore.

Le perdite di carico nel tratto delle condotte di adduzione **DN 700** (diametro interno 0,688 m, area 0,37 mq, lunghezza circa 1040 m) sono state calcolate come somma della perdita di carico distribuita e di quelle concentrate di imbocco [$\zeta = 0,5$], delle 2 deviazioni d'asse pari a 90° [$\zeta = 0,40$], della deviazione pari a 26° [$\zeta = 0,09$], della deviazione pari a 42° [$\zeta = 0,14$], delle 4 deviazioni a 45° dovute all'eventuale sifone sulla SP 85 [$\zeta = 0,14$], della deviazione pari a 60° [$\zeta = 0,18$], dello sbocco [$\zeta = 1$]:

$$\Delta H_{500} = J \cdot L + (0,5 + 2 \cdot 0,4 + 0,09 + 0,14 + 4 \cdot 0,14 + 0,18 + 1) \cdot \frac{V^2}{2g}$$

da cui

$$\Delta H_{500} = 0,0010968 \cdot 1040 + 3,27 \cdot \frac{1,0759^2}{2 \cdot 9,81} = 1,35 \text{ m}$$

Considerando l'altezza d'acqua presente nel cavo irriguo pari a 46,80 m slm si ottiene come livello all'interno del pozzetto di sconnessione

$$46,80 + 1,30 = 48,15 \text{ m slm}$$

5.2 Manufatto di sollevamento

Calcolo della prevalenza da assegnare alle pompe centrifughe

Le due pompe centrifughe saranno collegate a tubazioni di mandata **DN500 in AISI304**, di spessore 3 mm.

Ciascuna mandata confluirà nella condotta premente **DN600 in AISI304** che confluirà a sua volta in un pozzetto, di dimensioni interne 2,00 x 3,00 x 7,25 m, di sconnessione e carico della condotta adduttrice che convoglierà i volumi in un cavo facente parte del sistema irriguo del consorzio dell'Emilia centrale.

Nota la quota della premente DN600 all'interno del pozzetto di sconnessione pari a 48,20 m s.l.m. e la quota massima piezometrica nella camera di pompaggio pari 41,00 m s.l.m. (vedi precedente paragrafo 3.2 relativo ai dati di progetto), considerando che il carico sulla soglia del tubo ha un incremento di 0,15 m (calcolato con la formula dello stramazzo non rigurgitato meglio dettagliato più avanti in questo stesso capitolo), il dislivello geodetico imputabile all'impianto è stato stabilito pari a:

$$(48,20 + 0,15) - 41,00 = 7,35 \text{ m}$$

Le perdite di carico nel tratto delle condotte di mandata **DN 400** (diametro interno 0,40 m, area 0,1260 mq) sono pari alla sola perdita concentrata dovuta alla deviazione pari a 90° [$\zeta = 0,38$]:

$$\Delta H_{400} = 0,38 \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,38 \cdot \frac{3,17^2}{2 \cdot 9,81} = 0,196 \text{ m}$$

Le perdite di carico nel tratto delle condotte di mandata **DN 500** (diametro interno 0,50 m, area 0,20 mq, lunghezza circa 18 m) sono state calcolate come somma della perdita di carico distribuita e di quelle concentrate del divergente DN 400/500 [$\zeta = 0,027$], delle 3 deviazioni d'asse (deviazione pari a 90° [$\zeta = 0,40$]), delle 2 deviazioni d'asse (deviazione pari a 45° [$\zeta = 0,14$]):

$$\Delta H_{500} = J \cdot L + (0,027 + 3 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,14) \cdot \frac{V^2}{2g}$$

da cui

$$\Delta H_{500} = 0,0052669 \cdot 18 + 1,507 \cdot \frac{2,037^2}{2 \cdot 9,81} = 0,414 \text{ m}$$

Vi sono da considerare inoltre le perdite concentrate dovute al passaggio da DN500 a DN600, descrivibili per mezzo dell'espressione del brusco allargamento di seguito riportata:

$$\Delta H = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = 0,0197 \text{ m}$$

Dove:

V_1 velocità nel DN500 pari a 2,037 (m/s)

V_2 velocità nel DN600 pari a 1,415 (m/s)

g accelerazione di gravità pari a 9,81 (m/s²)

Le perdite di carico nel tratto delle condotte di mandata **DN 600** (diametro interno 0,60 m, area 0,283 mq, lunghezza circa 27.50 m) sono state calcolate come somma della perdita di carico distribuita, di quella concentrata di deviazione d'asse pari a 90° [$\zeta = 0,40$], di quelle dovute allo sbocco verticale [$\zeta = 1$] :

$$\Delta H_{600} = J \cdot L + (1 + 0,4) \cdot \frac{V^2}{2g}$$

da cui

$$\Delta H_{600} = 0,002146 \cdot 27,50 + 1,4 \cdot \frac{1,415^2}{2 \cdot 9,81} = 0,20 \text{ m}$$

Si sommano poi le perdite dovute allo sbocco verticale, calcolate con la formula dello stramazzo non rigurgitato

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

Da cui, invertendo e considerando $Q = 0.4 \frac{m^3}{s}$, $L = 2\pi r = 3.77 \text{ m}$ e $\mu = 0.41$, si ottiene il carico sulla soglia

$$h = \left(\frac{Q}{\mu \cdot L \cdot \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{0.4}{0.41 \cdot 3.77 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.15 \text{ m}$$

Le perdite di carico totali risultano quindi

$$\Delta H_{TOT} = \Delta H_{400} + \Delta H_{500} + \Delta H_{600} + \Delta H + h = 0,196 + 0,414 + 0,0197 + 0,20 + 0.15 = 0,98 \text{ m}$$

La prevalenza minima da assegnare alle due pompe centrifughe è risultata dunque pari a:

$$7,35 \text{ m} + 0,98 \text{ m} = 8.33 \text{ m}$$

Mandataria:



Mandanti:



Nel caso in cui l'altezza d'acqua all'interno della camera di pompaggio sia quella minima, pari a 40,0 m s.l.m., la prevalenza che dovrà essere garantita dalle pompe sarà di 9,33 m.

5.3 Scelta della pompa e relativi punti di lavoro

In seguito a quanto esposto nel capitolo precedente, è stata individuata come macchina da utilizzare una pompa centrifuga tipo Sulzer XFP405M-CB2 da 50 Hz o equivalente dotata di inverter.

La pompa, come si può osservare nelle figure che seguono, dovrà funzionare nel range compreso tra i seguenti punti di lavoro, aventi le caratteristiche elencate:

- Avvio pompa (punto ES):
 - Prevalenza totale: 8.33 m
 - Portata: 416.7 l/s ($\approx 1500 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Potenza assorbita: 41.22 kW
 - Rendimento: 82.1%
- Arresto pompa (punto AR):
 - Prevalenza totale: 9.33 m
 - Portata: 377.3 l/s ($\approx 1360 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Potenza assorbita: 42.48 kW
 - Rendimento: 81.0%

Si riporta, per completezza, anche il punto di lavoro per permettere l'innescio del sifone (che non è riportato nelle figure di seguito):

- Innesco sifone:
 - Prevalenza totale: 9.65 m
 - Portata: 363 l/s ($\approx 1305 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Potenza assorbita: 42.33 kW
 - Rendimento: 80.4%

Milano, dicembre 2022

Il progettista

Dott. Ing. Fulvio Bernabei

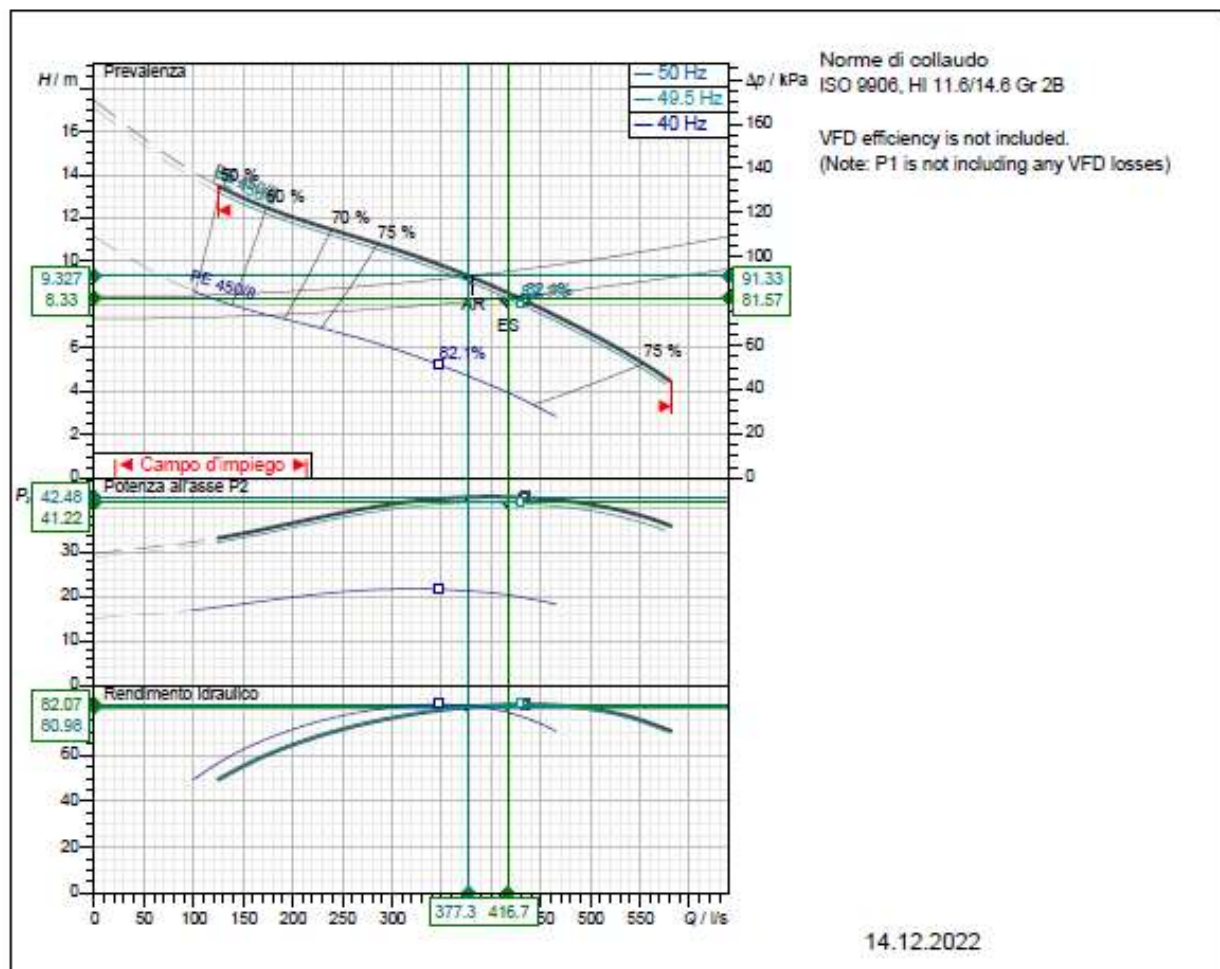
Mandataria:



Mandanti:



XFP405M-CB2 50 HZ



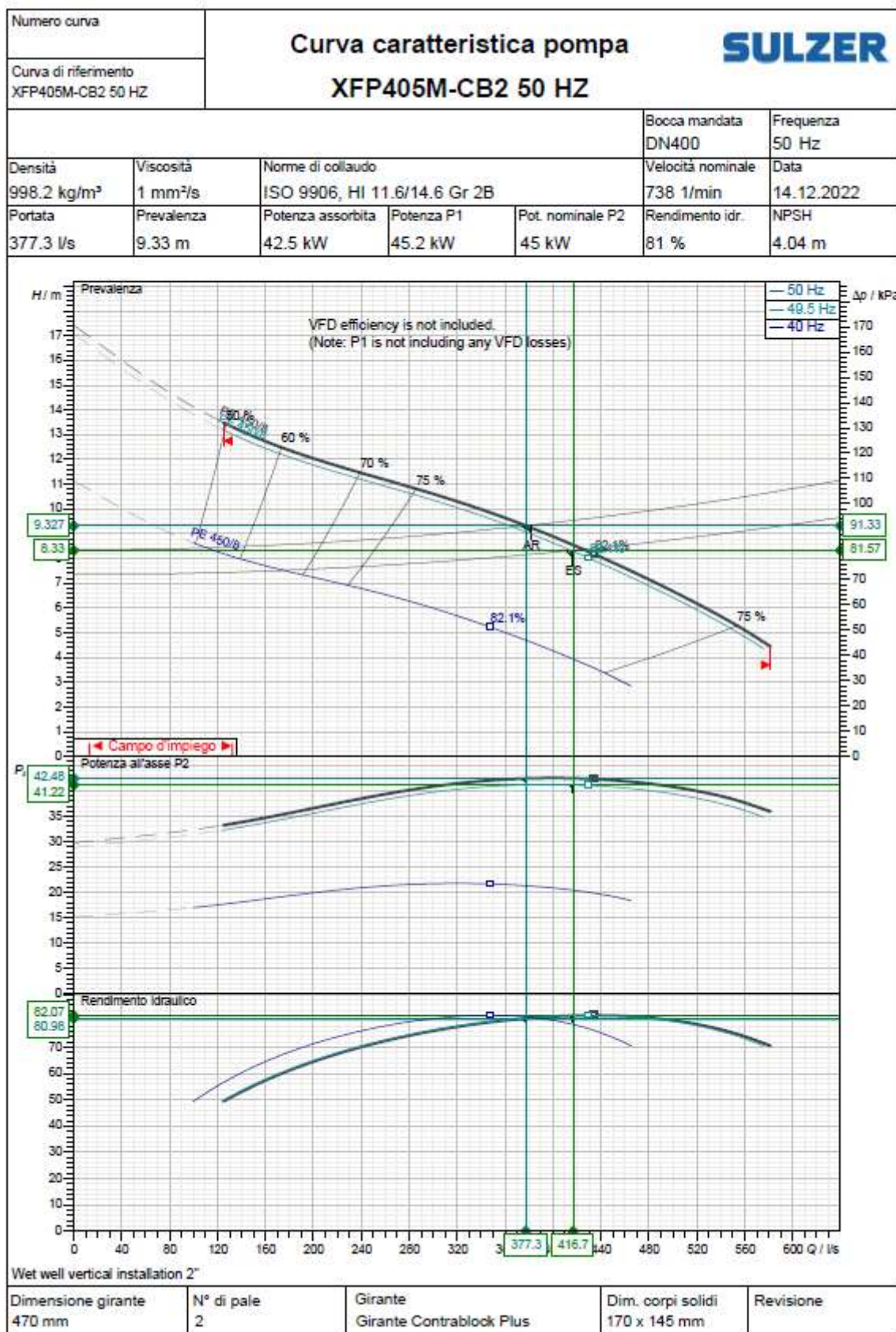
Specifica dati di esercizio		Potenza P1	45.2 kW
Portata	377.3 l/s	Prevalenza	9.33 m
Rendimento	81 %	Potenza assorbita	42.5 kW
NP/SH	4.04 m	Liquido	Acqua
Temperatura	20 °C	Tipo impianto	Pompa singola
N° pompe	1		
Dati pompa		Marca	SULZER
Tipo	XFP405M-CB2 50 HZ	Girante	Girante Contrablock Plus
Serie	XFP PE4-PE7	Dimensione girante	470 mm
N° di pale	2	Bocca aspirazione	DN400
Passaggio libero	170 x 145 mm	Tipo di installazione	Wet well vertical installation 2"
Bocca mandata	DN400		
Momento di inerzia	2.85 kg m ²		
Dati motore		Frequenza	50 Hz
Tensione nominale	400 V	Velocità nominale	738 1/min
Pot. nominale P2	45 kW	Rendimento	93.8 %
Numero di poli	8	Corrente nominale	84.8 A
Fattore di potenza	0.816	Coppia nominale	582 Nm
Corrente di spunto	789 A	Grado di protezione	IP 68
Coppia di spunto	1570 Nm	N° avviamenti/ora	15
Classe di isolamento	H(140)		

Mandataria:



Mandanti:



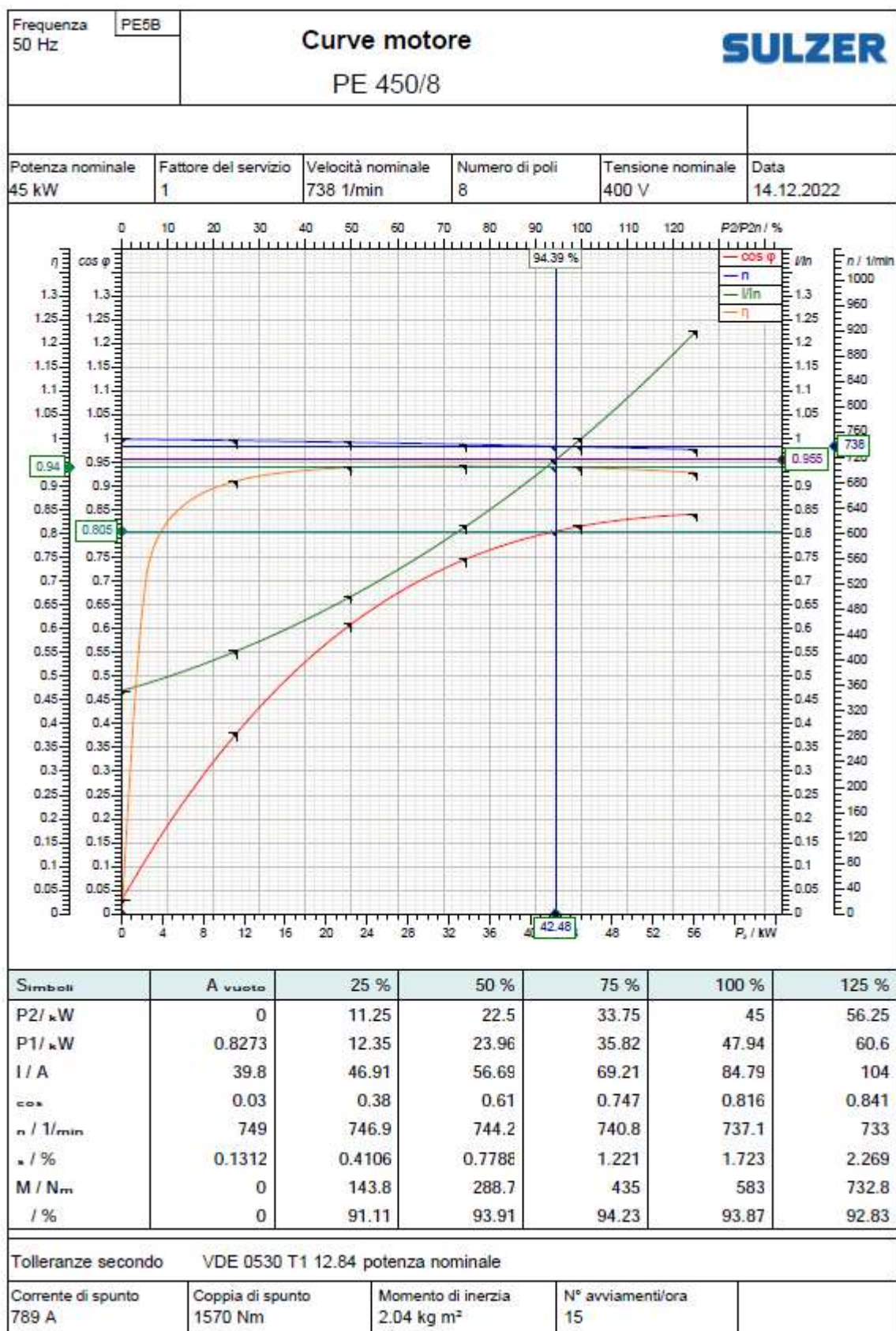


Mandataria:



Mandanti:





Mandataria:

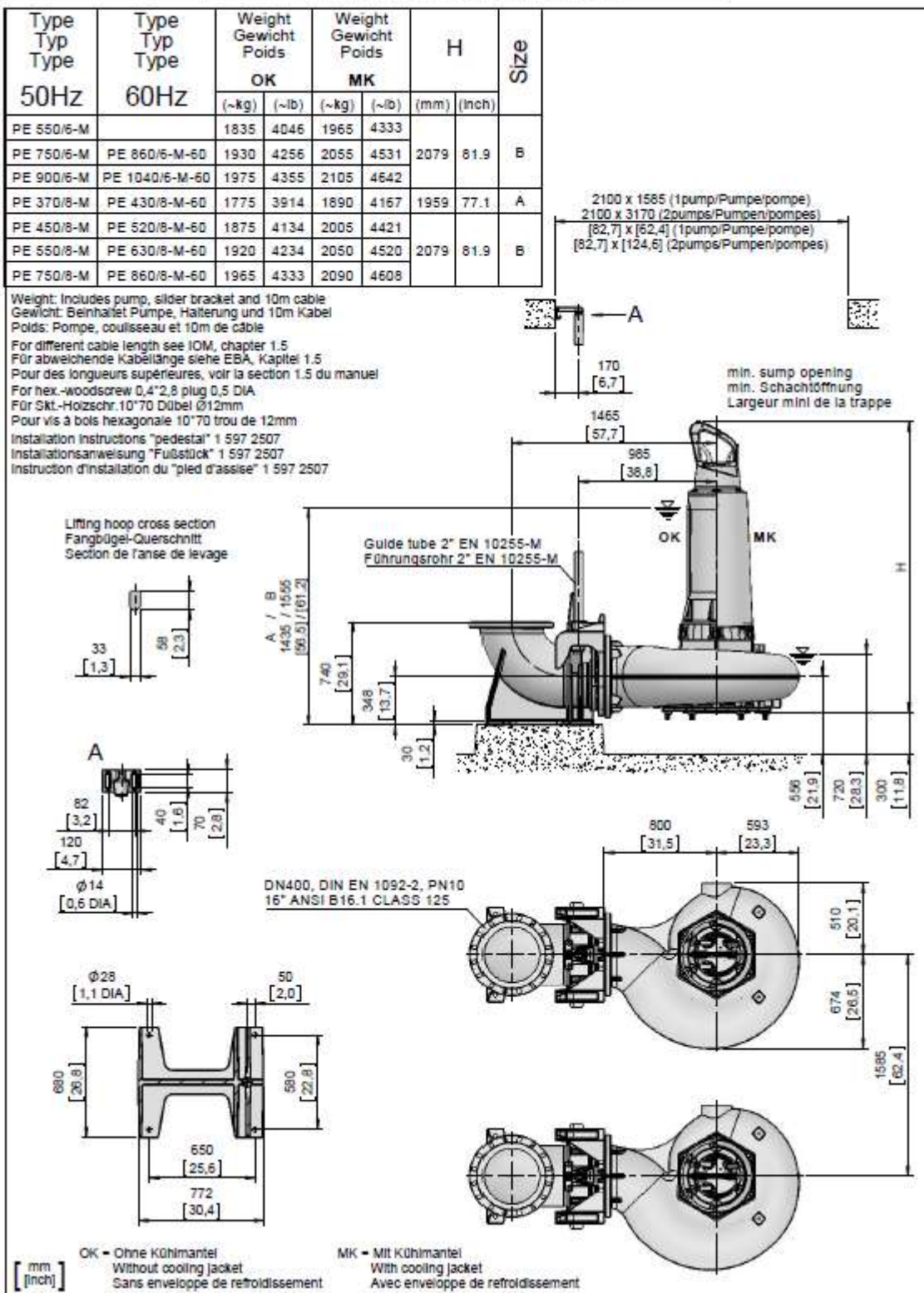


Mandanti:



No: M-02.2865 - 01	2	XFP 405M-CB2
DelNam.: 19.05.2016 / K. Srb		
Cad Code: M_022865		Dimension sheet PE5 WET WELL Installation
Technical changes reserved Änderungen vorbehalten Sous réserve de modifications		Maßblatt PE5 Nassinstallation
		Plan d'encombrement PE5 Installation submersible

SULZER



Mandataria:



Mandanti:

