



Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

› La nostra tecnologia.
Il vostro successo.
Pompe - Valvole - Service



OIBA
ORDINE DEGLI INGEGNERI
della Provincia di Bari

› Soluzioni di controllo
Azionamenti - Motori - Sistemi



Efficienza energetica: un valore globale



Una considerevole voce di costo di un impianto, è costituito dal **costo dell'energia**.
Massimizzare l'efficienza energetica complessiva porta ad un migliore, più duraturo ed economico funzionamento del sistema con conseguente **riduzione dei tempi di ammortamento degli investimenti**.



Argomenti della prima parte:

- Life Cycle Cost, dimensionamento ottimale e metodi di regolazione adottati per le elettropompe centrifughe;
- Regolamento 640-2009/CE della Direttiva Europea ErP 2009/125/CE e classificazione IE5 riguardante i motori elettrici.



Argomenti della prima parte:

- Life Cycle Cost, dimensionamento ottimale e metodi di regolazione adottati per le elettropompe centrifughe;



Considerazioni sul Life Cycle Cost

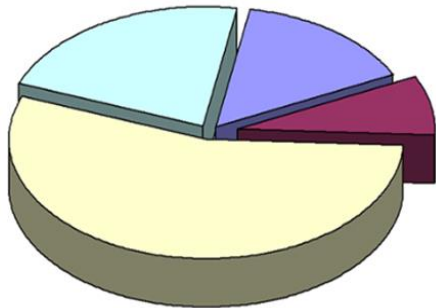


Il **LIFE CYCLE COST** è uno strumento Tecnico–Economico che permette di valutare tutti i costi e benefici relativi ad un determinato bene strumentale, progetto o impianto.

E' uno strumento in grado di fornire al management supporto decisionale per la valutazione degli assetti e delle scelte strategiche da intraprendere.



LCC per le Pompe Centrifughe



- Investimento Iniziale
- Manutenzione
- Costo del Personale
- Consumo Elettrico

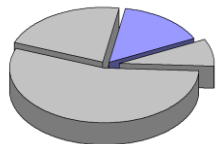
Le pompe centrifughe sono macchinari vitali per gli impianti.

Riuscire a ridurre il loro costo manutentivo ed operativo rappresenta un ritorno economico notevole per l'azienda, minimizzando al contempo l'impatto ambientale.

Il LCC esamina il costo complessivo di una pompa, in un determinato periodo di tempo, comprendendo costi di acquisto, installazione e messa in servizio, consumo energetico, funzionamento, fermi macchina e manutenzione.

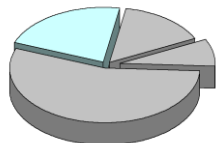


Le principali voci di costo ed i significati nascosti



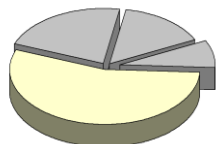
Manutenzione

Durante la fase di progettazione, più il grado di attenzione ai particolari è elevato, dalla scelta di macchine affidabili alla definizione di un programma preventivo di monitoraggio tecnico, tanto sarà ridotto il costo della manutenzione.



Costo del personale

Correlato in buona parte alla voce “costi manutenzione”, questo punto include sia gli impieghi di **personale** per le operazioni di installazione, manutenzione, problem-solving e controllo che il contributo versato a società esterne per interventi service di supporto (ad es. installazione, trasporto e manutenzione delle pompe).



Consumo elettrico

La voce di costo “**consumo elettrico**” gioca un ruolo fondamentale nel calcolo del Life Cycle Cost delle pompe centrifughe e, pur essendo un costo variabile in funzione del reale utilizzo e percentuali di carico, può modificare sensibilmente le valutazioni sull’investimento.



Dove diventa rilevante il costo energetico ?

Pompe		
Per servizio continuo		Per servizio discontinuo
Pompe “potenze >”	Pompe “potenze <”	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Acquedottistica ■ Riscaldamento ■ Condizionamento ■ Alimentazione idrica ■ Trattamento acque 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Riscaldamento ■ Impianti sanitari 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Drenaggio / fognatura ■ Alimentazione idrica domestica
Grandi possibilità di risparmio	Possibilità di risparmio ridotte nel singolo caso ma consistenti per un numero elevato	Possibilità di risparmio ridotte
Elevato potenziale di risparmio energetico per funzionamento continuo		Potenziale di risparmio energetico ridotto per funzionamento discontinuo



Scelta meccanica e dei materiali



L'analisi per una corretta selezione e per una buona ottimizzazione funzionale delle voci “manutenzione”, “ricambi” ed “investimento iniziale”, comincia sicuramente dall'**analisi dei materiali e delle caratteristiche costruttive meccaniche ed idrauliche** necessarie.

Una giusta valutazione delle **condizioni al contorno** è necessaria per determinare le condizioni limite di utilizzo e quelle più usuali.



Scelta meccanica e dei materiali



Il dimensionamento meccanico deve tenere conto degli intervalli manutentivi possibili sugli impianti e del maggior rapporto costo-benefici della soluzione adottata.

La valutazione d'adozione di **sensori** a corredo delle pompe può in taluni casi rivelarsi proficua per una **migliore ottimizzazione delle operazioni di manutenzione** passando da interventi programmati ad un'**analisi predittiva**.



Valutazione idraulica

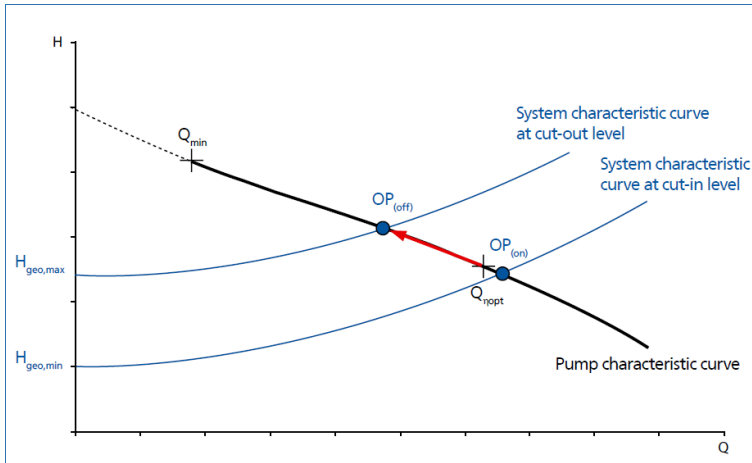


Fig. 1.16: Shifting the operating point of the pump at fixed speed by altering the geodetic head between the suction-side cut-in and cut-out level

Una valutazione attenta di tutte le variabili idrauliche del processo, come la **fluttuazione del punto di lavoro per parzializzazione dei carichi**, situazione operativa in aspirazione/mandata, diventa fondamentale per ottenere il massimo del risparmio energetico su un prodotto scelto e allo stesso tempo evitare di lavorare in punti “problematici”, caratterizzati da una maggior usura o fenomeni di cavitazione.



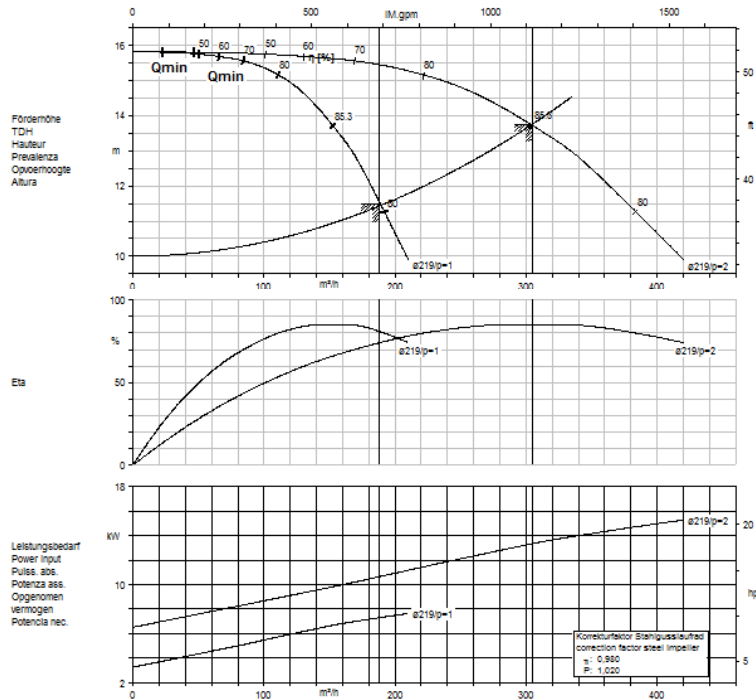


Valutazione della configurazione

Una volta raccolti tali dati si può già individuare la necessità o meno di operare con:

- Inverter per giri variabili;
- Diverse tipologie di idrauliche;
- Pompe mono o multistadio;
- Motori elettrici con determinate caratteristiche
- Soluzioni impiantistiche diversificate (ad es. pompe in serie, in parallelo o sistemi particolari)





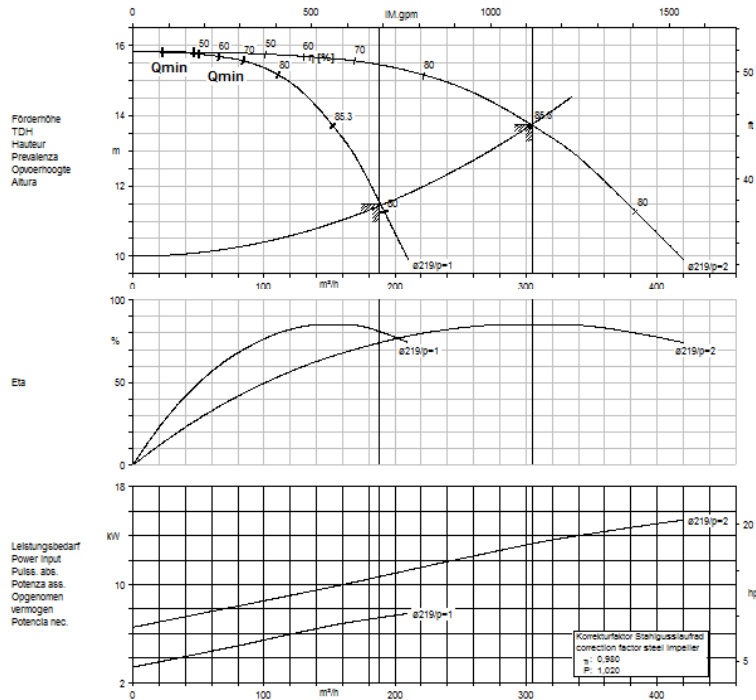
Pompe in parallelo

Nel funzionamento in parallelo di più pompe, la curva del gruppo di pompaggio risultante è composta dalla somma delle portate per tutti i punti a pari prevalenza.

$$Q_r(H) = Q_1(H) + Q_2(H)$$

Dove i limiti di funzionamento di tale curva saranno inscritti tra H_{\min} (la massima tra le H_{\min}) e H_{\max} (la minima tra le H_{\max}).



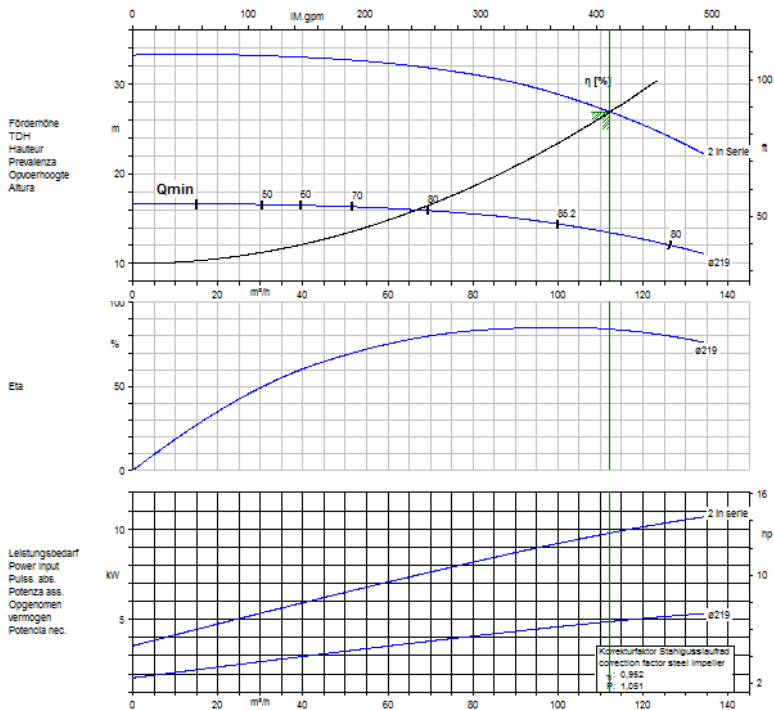


Pompe in parallelo

Per un corretto funzionamento di due macchine in parallelo è buona norma che:

- Ogni pompa abbia a valle una valvola di non-ritorno;
- Si tenga conto del funzionamento “pompa singola”;
- I collettori se esistenti siano il più simmetrici possibile rispetto alle pompe o comunque adeguatamente dimensionati onde evitare squilibri di carico.





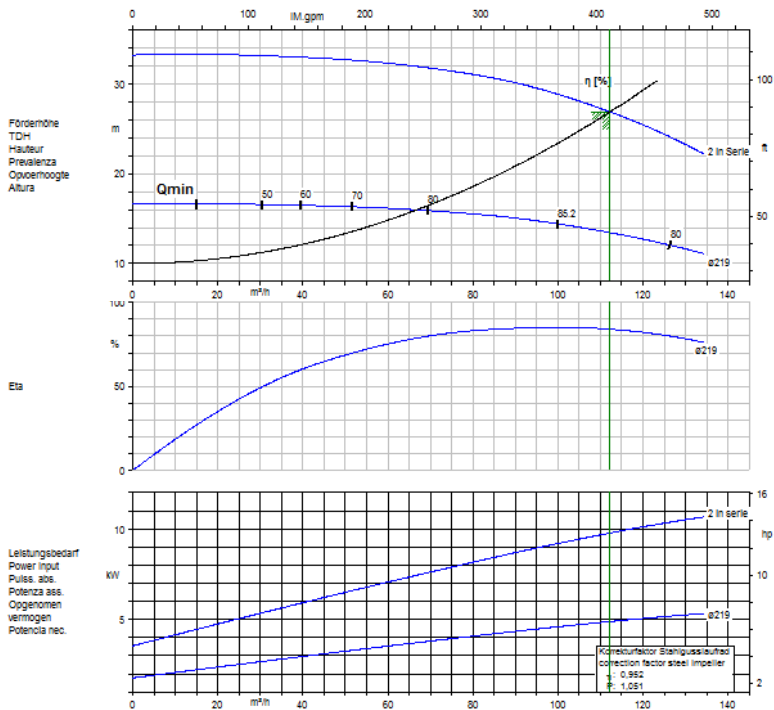
Pompe in serie

Nel funzionamento in serie di più pompe la portata condivisa tra le macchine risulta costante, mentre la prevalenza sarà la somma delle prevalenze delle due pompe:

$$H_r(Q) = H_1(Q) + H_2(Q)$$

Dove i limiti di funzionamento di tale curva saranno iscritti tra Q_{\min} (la massima tra le Q_{\min}) e Q_{\max} (la minima tra le Q_{\max}).





Pompe in serie

Per un corretto funzionamento di due macchine in serie è buona norma che:

- L'accensione sia in via preferenziale in successione partendo dalla pompa più a monte;
- Si intervenga con una partenza soft;
- Se necessario il passaggio ad una configurazione con singola pompa in funzione, bypassare completamente la macchina inerte onde evitare il trascinamento idraulico.



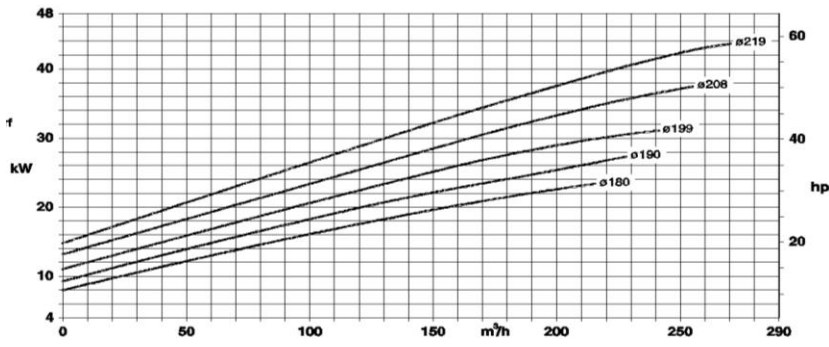


Scelta del Motore Elettrico

- **Tipologia;**
- **Taglia.**

Buona parte della selezione del motore potrà dipendere dalle caratteristiche idrauliche analizzate e dai parametri quali:

- Variabilità del carico
- **Tempo** di utilizzo sull'anno
- Funzionamento a **giri fissi/variabili**
- Condizioni operative limite ipotizzate
- Condizioni ambientali limite analizzate
- Eventuali criticità operative



Margini imposti dalla ISO 5199

P2 sul DP	1,12	1,69	2,34	3,15	4,44	6,15	9,24	12,8	16	19,1	26,3	32,9	40,2	49,3	67,9	81,8	100
P2 Motore	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110
Fattore	1,34	1,31	1,28	1,27	1,24	1,22	1,19	1,18	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,12	1,11	1,10	1,10





Regolazione della portata...

In tutti gli impianti assoggettati a pompe centrifughe è necessario regolare la portata, vuoi per richieste impiantistiche di processo, oppure per semplice taratura degli impianti in fase di start-up.

Esistono diversi metodi per eseguire tale regolazione:

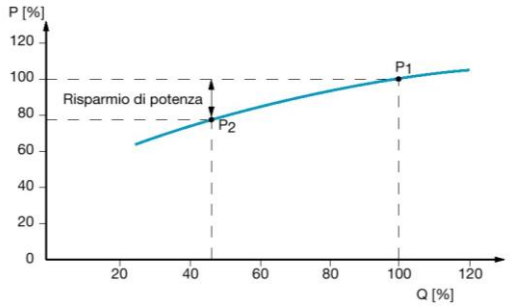
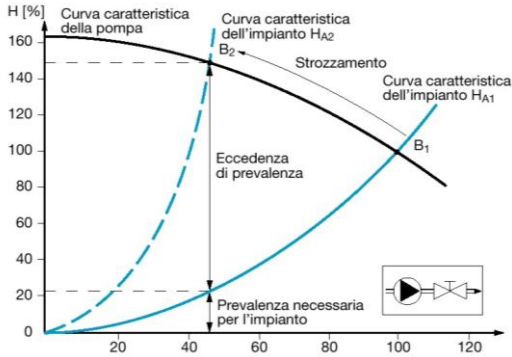
per **interferenza sui flussi nelle condotte:**

- aumento localizzato delle perdite di carico
- inserimento di bypass su linea

per **variazione dell'energia impressa al fluido:**

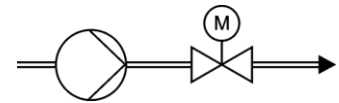
- funzionamento parallelo di pompe
- variazione di velocità della pompa

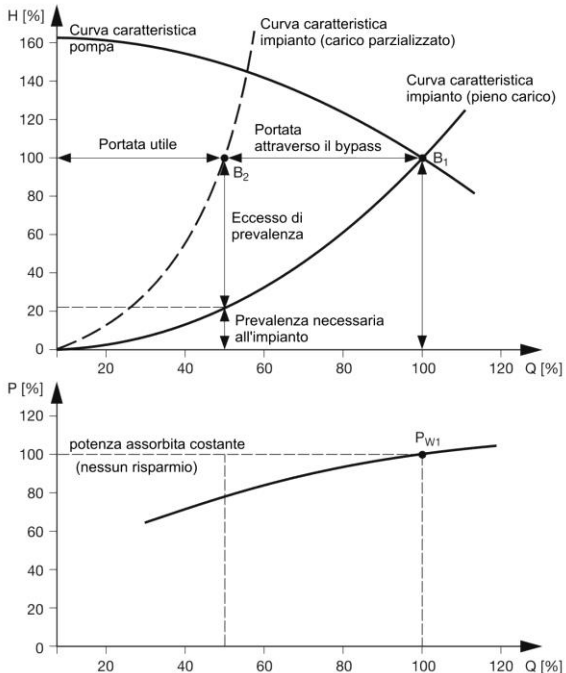




... tramite aumento delle perdite di carico localizzate

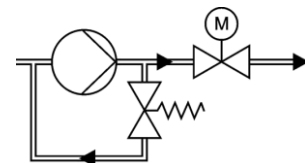
- Installazione di una valvola di regolazione (normalmente a valle della pompa)
- Intervento sul punto di lavoro modificando la curva caratteristica d'impianto modificandone le perdite di carico
- Valvola in chiusura \Rightarrow aumento di pendenza della curva del sistema
- La pompa funziona a giri costanti
- **Basso risparmio energetico** dovuto all'aumento della prevalenza richiesta

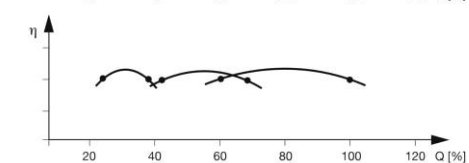
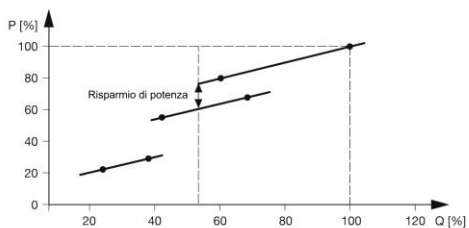
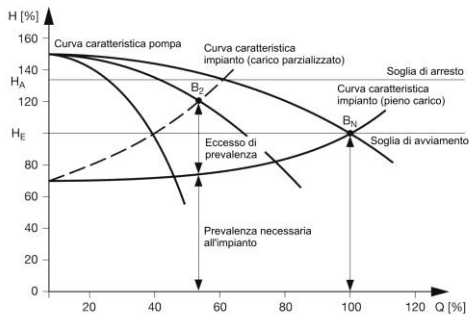




... tramite utilizzo di una linea di bypass

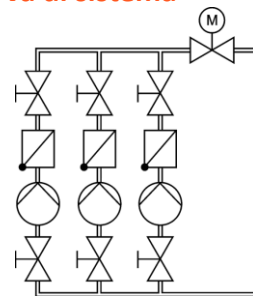
- Installazione di una linea di bypass in parallelo alla pompa
- Divisione della portata in mandata tra portata utile e portata di bypass
- Ritorno della portata di bypass in aspirazione alla pompa
- La pompa lavora sempre nel punto di pieno carico
- **Nessun risparmio energetico**





... tramite pompe in parallelo

- Funzionamento in parallelo di più pompe
- Aumento della portata del corrispettivo di ciascuna pompa conservando invariata la prevalenza
- **Risparmio energetico dato dalla parzializzazione della portata ma possibilità di funzionare solo sulle intersezioni delle curva di sistema**



Portata

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

Prevalenza

$$H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

Potenza assorbita

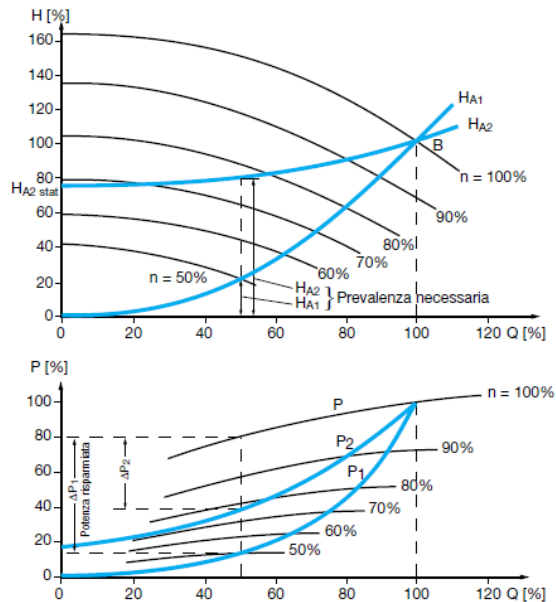
$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

... tramite il controllo di velocità di rotazione della pompa

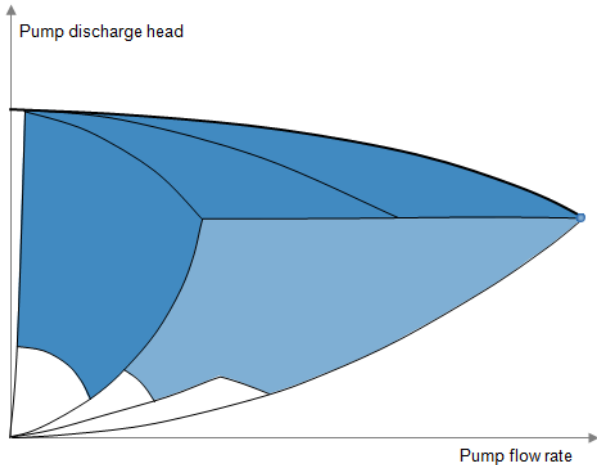
- Obiettivo: generare esattamente la prevalenza richiesta
- **Continuo adattamento delle prestazioni della pompa alle richieste del sistema attraverso il controllo in continuo della velocità di rotazione del motore**
- Funzioni affini controllano le relazioni tra:
 1. Portata
 2. Prevalenza
 3. Potenza assorbita
- **Portata e Prevalenza crescono rispettivamente linearmente e quadraticamente rispetto alla velocità di rotazione, mentre la Potenza cresce con funzione cubica rispetto alla velocità di rotazione**



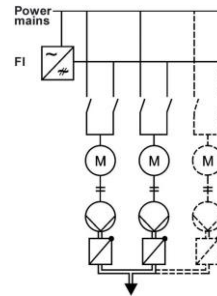
... tramite il controllo di velocità di rotazione della pompa



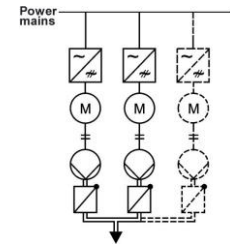
Adattare le portate combinando inverter e pompe in parallelo



- Campo di funzionamento con una pompa con velocità variabile e due a giri fissi
- Estensione del campo di funzionamento se tutte e tre le pompe funzionano a velocità variabile



Schema per sistema in parallelo con funzionamento sotto singolo inverter

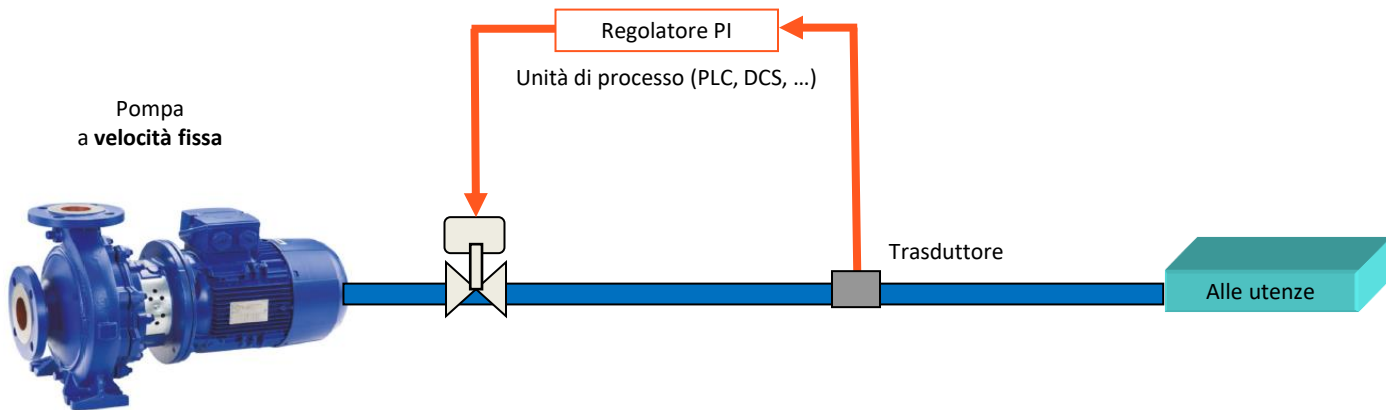


Schema per sistema in parallelo singolo inverter per pompa



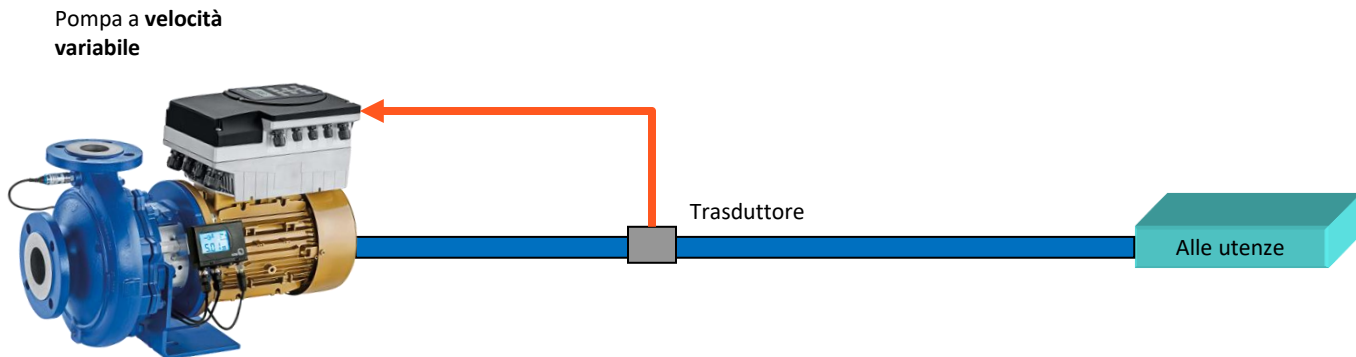
Regolazione gruppi pompa a giri fissi

Regolazione tramite **anello di regolazione classico**

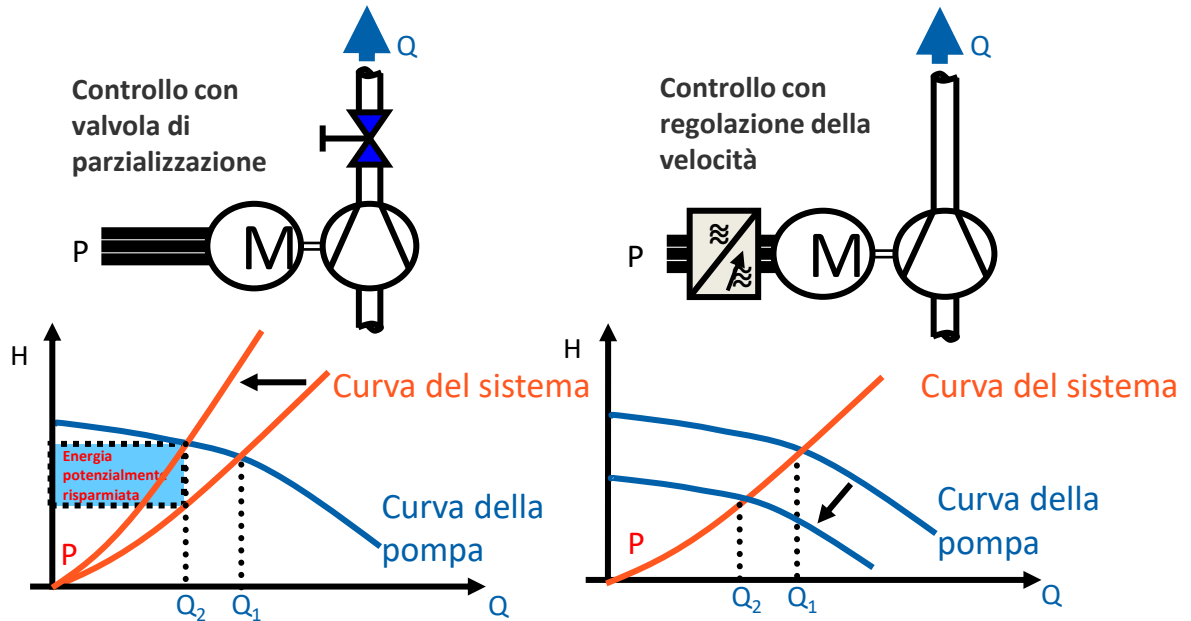


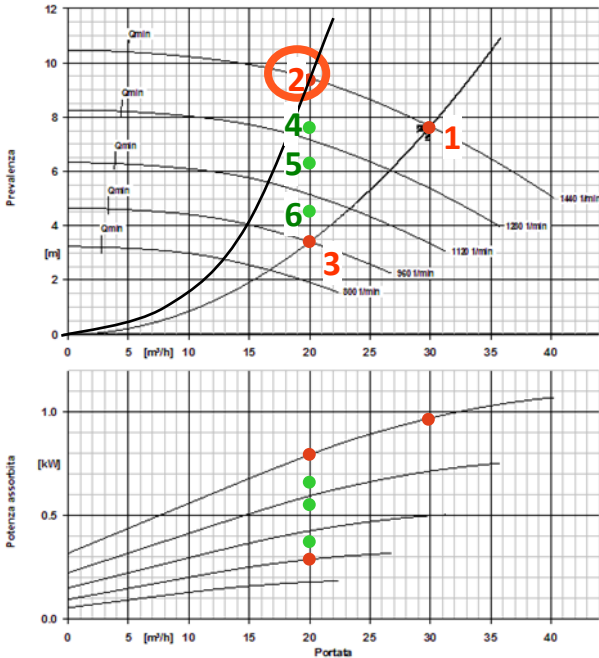
Regolazione gruppi pompa a giri fissi

Regolazione tramite **anello di regolazione con inverter**



Controllo della portata di una pompa



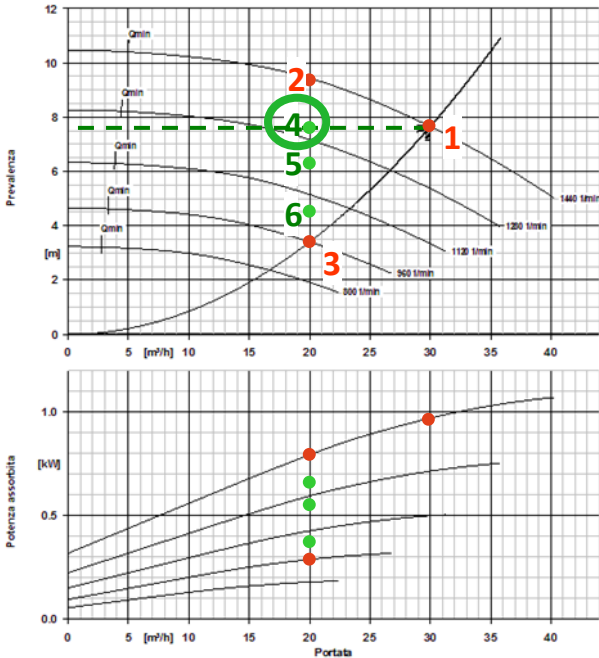


Metodi di regolazione e relativi assorbimenti

1 → 2 : regolazione con strozzamento

Punto	1	2	3	4	5	6
Pmec kW	0,95	0,80	0,29	0,68	0,55	0,39
%P risp	-	15,79	69,47	28,42	42,10	58,95



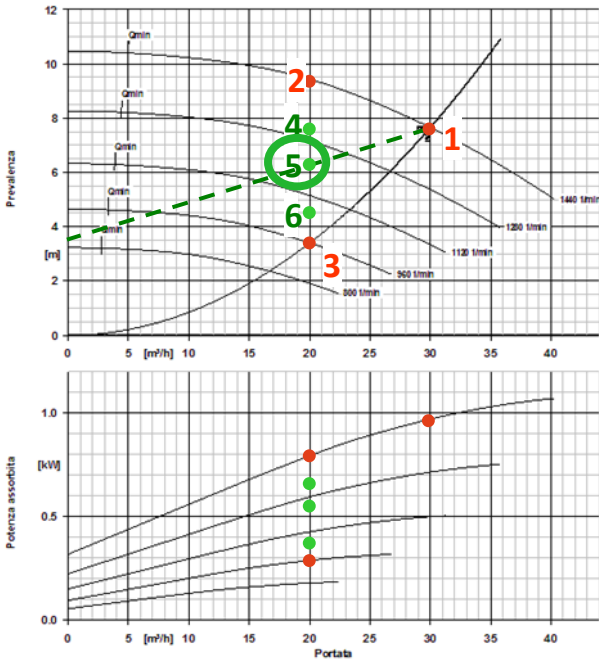


Metodi di regolazione e relativi assorbimenti

1 → 4 : regolazione a pressione costante

Punto	1	2	3	4	5	6
Pmec kW	0,95	0,80	0,29	0,68	0,55	0,39
%P risp	-	15,79	69,47	28,42	12,10	58,95



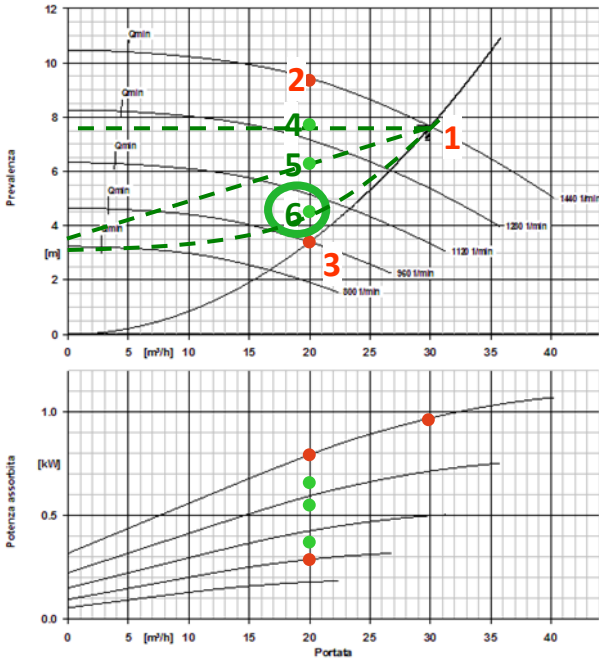


Metodi di regolazione e relativi assorbimenti

1 → 5 : regolazione proporzionale lineare

Punto	1	2	3	4	5	6
Pmec kW	0,95	0,80	0,29	0,68	0,55	0,39
%P risp	-	15,79	69,47	28,42	42,10	58,95





Metodi di regolazione e relativi assorbimenti

1→2 : regolazione con strozzamento

1→4 : regolazione a pressione costante

1→5 : regolazione proporzionale lineare

1→6 : **regolazione proporzionale quadratica**

Punto	1	2	3	4	5	6
P _{mec} kW	0,95	0,80	0,29	0,68	0,55	0,39
%P risp	-	15,79	69,47	28,42	42,10	58,95

Ma... $P_{el} = P_{mec} / (\eta_{Motore} * \eta_{Inv})$!!!



Configurazioni del sistema



Inverter a bordo motore



Inverter a parete



Inverter in armadio elettrico



Caratteristiche e predisposizioni tipiche dei convertitori di frequenza

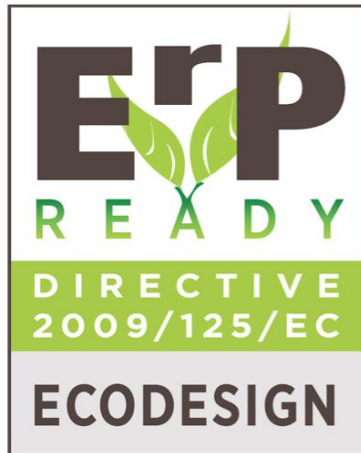
- Presenza di **relè per segnalazione** (stato, allarme,...);
- Possibilità di **remotare l'inverter**;
- Possibilità di **installare schede** d'espansione I/O – d'interfaccia a sistemi di supervisione e gestione (moduli Profibus, Modbus, LON,...);
- Possibilità di **impostare un funzionamento multipompa** (Master, Aux Master, Slave,...);
- Visualizzazione dei **parametri principali** sul display;
- Possibilità di **modificare i parametri** da App, da display o da PC (tramite Service Tool);
- **POSSIBILITÀ DI INSERIRE I PARAMETRI DI PROGRAMMAZIONE RELATIVI ALLA CURVA CARATTERISTICA DELLA POMPA!**
 - Maggiori funzionalità specifiche per la macchina operatrice “elettropompa centrifuga”
 - Migliore regolazione



Argomenti della prima parte:

- Life Cycle Cost, dimensionamento ottimale e metodi di regolazione adottati per le elettropompe centrifughe;
- Regolamento 640-2009/CE della Direttiva Europea ErP 2009/125/CE e classificazione IE5 riguardante i motori elettrici.





Direttive e Regolamenti Europei

Direttiva 2005-32-CE - Direttiva EuP (Energy using Products)
sostituita da:

Direttiva 2009-125-CE - Direttiva ErP (Energy related Products): direttiva Ecodesign e si riferisce ai cosiddetti prodotti “connessi al consumo energetico”

Tale direttiva prevede l’elaborazione di specifiche alle quali i prodotti “connessi all’energia” devono ottemperare per essere immessi sul mercato.



A seguito della **Direttiva ErP (Energy related Products)** sono stati redatti dei Regolamenti o specifiche che devono rispettare i vari prodotti coinvolti per essere immessi sul mercato.

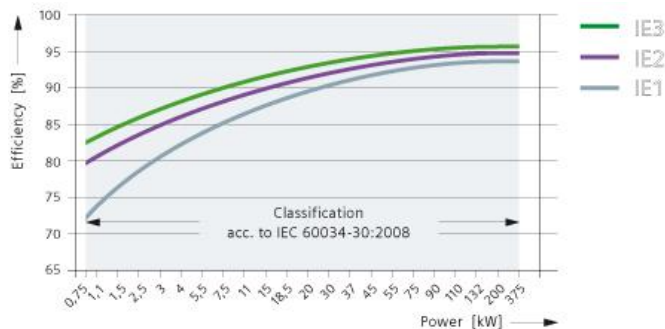
Lot 11 - I **Regolamenti** fin'ora **in vigore** riguardano:

Circolatori:	Regolamento 641-2009/CE e Regolamento 622-2012/CE	(EEI)
Pompe per acqua:	Regolamento 547-2012/CE	(MEI)
Motori elettrici:	Regolamento 640-2009/CE	(IE)



Regolamento CE 640 - 2009: Motori elettrici (IE)

Il Regolamento recepisce la classificazione IE dei rendimenti dei motori elettrici, definita nella norma IEC 60034-30 e si applica a motori elettrici trifase 2, 4, e 6 poli a singola velocità normalizzati, con potenze da 0,75 kW a 375 kW compresi, tensione fino a 1.000 V, e con la capacità di operare in servizio continuo .



Regolamento CE 640 - 2009: Motori elettrici (IE)

Sono esclusi dal campo di applicazione:

- Motori progettati per funzionare interamente immersi in un liquido (motori sommersi per pompe da pozzo);
- Motori completamente integrati in un prodotto per i quali non è possibile testare le prestazioni energetiche autonomamente dal prodotto (motori sommergibili);
- Motori per applicazioni speciali (ATEX e motori autofrenanti).

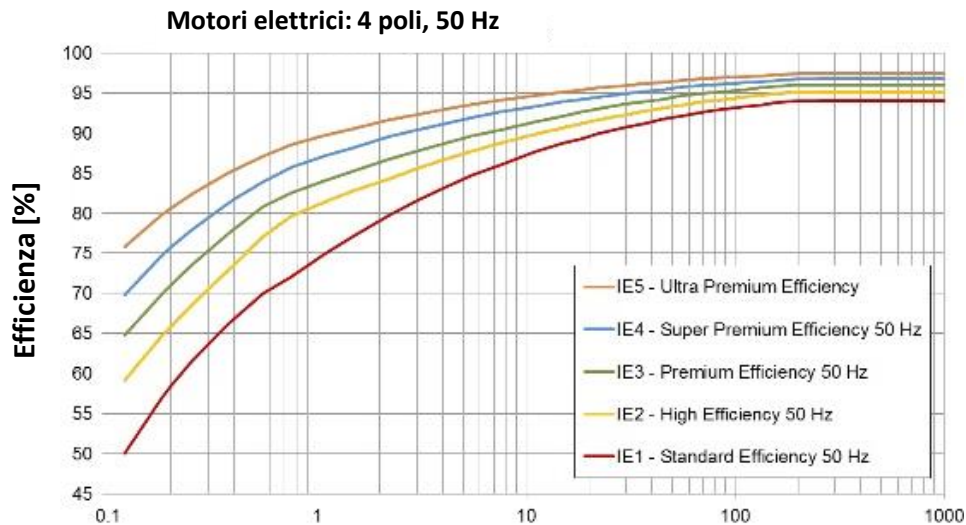


Tempistica di attuazione

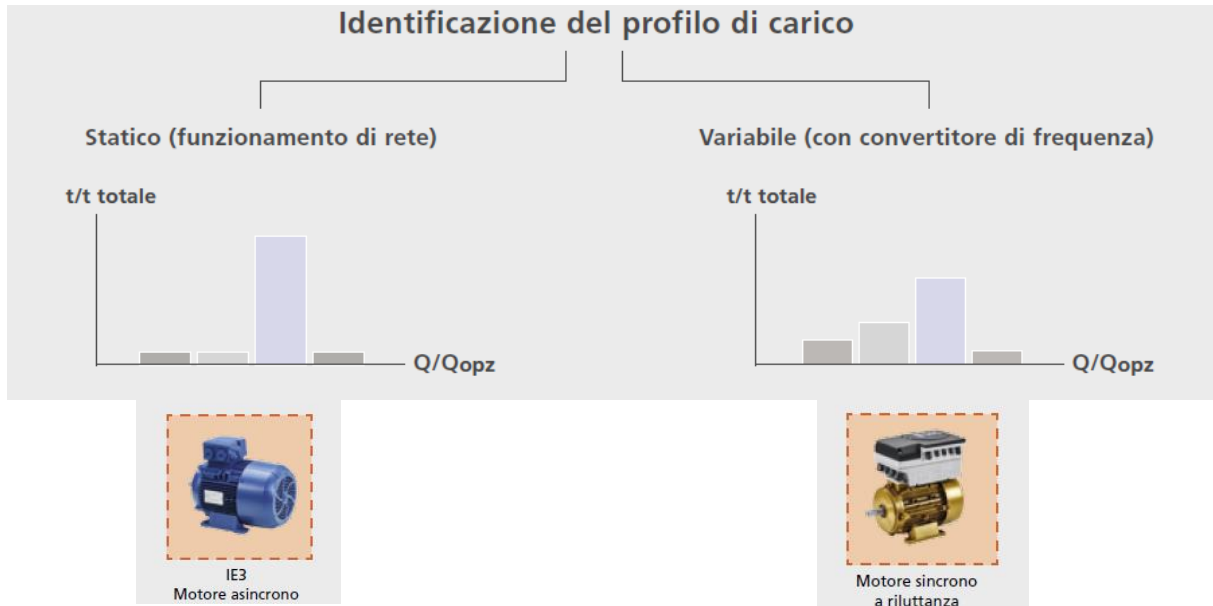
Regol.	Prodotto	16.02.2011	01.01.2013	01.01.2015	01.08.2015	01.01.2017	01.01.2020
641-2009 622-2012	Circolatori per impianti di riscaldamento e di condizionamento	-	EEI ≤ 0,27 (esterne al generatore di calore)		EEI ≤ 0,23 (integrate in generatori di calore e stazioni solari)		EEI ≤ 0,23 (sostituzione di pompe integrate in esistenti generatori di calore e stazioni solari)
547-2012	Pompe per acqua	-	MEI ≥ 0,10	MEI ≥ 0,40			
640-2009	Motori elettrici	IE 2 da 0,75 a 375 kW		IE 3 o IE 2 con Inverter da 7,5 a 375 kW		IE 3 o IE 2 con Inverter da 0,75 a 375 kW	

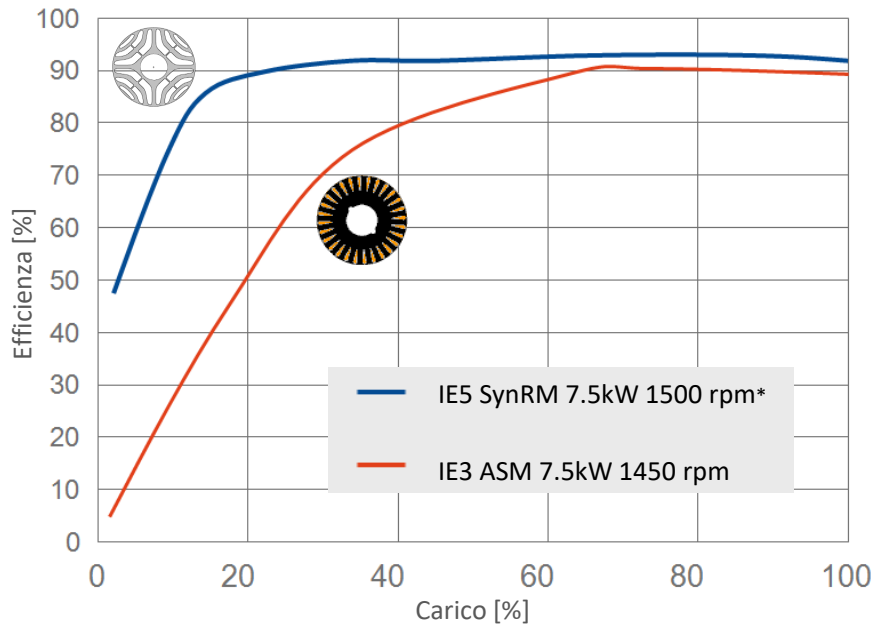


Classi di efficienza IE secondo IEC 60034-30, stabilite a potenza nominale



Scelta del motore elettrico in base alla **distribuzione del profilo di carico**





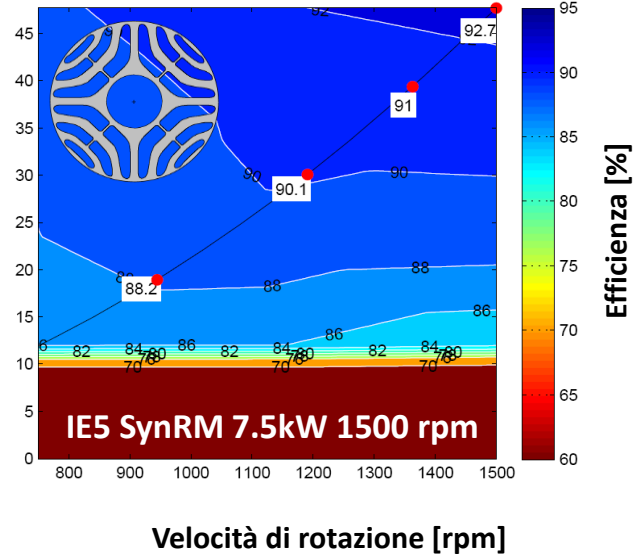
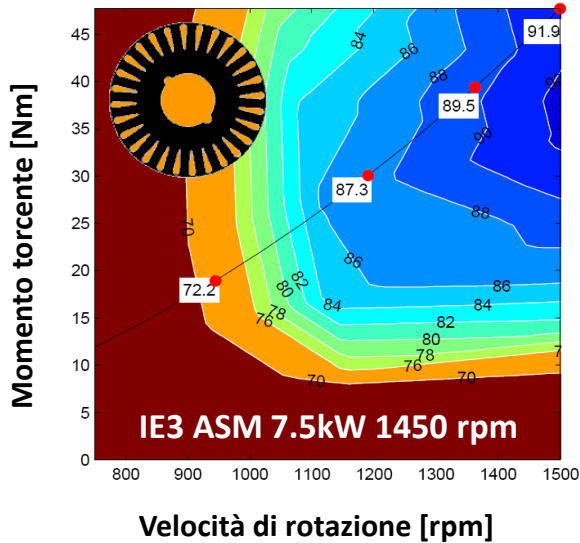
ASM vs SynRM

Il confronto si basa sulla variazione del rendimento del motore elettrico al variare del carico.

* Measurement: Prof. Prof. h. c. mult. Dr.-Ing. Peter F. Brosch, Hochschule Hannover, University of Applied Sciences and Arts, Fakultät I, Antriebe und Automatisierungstechnik

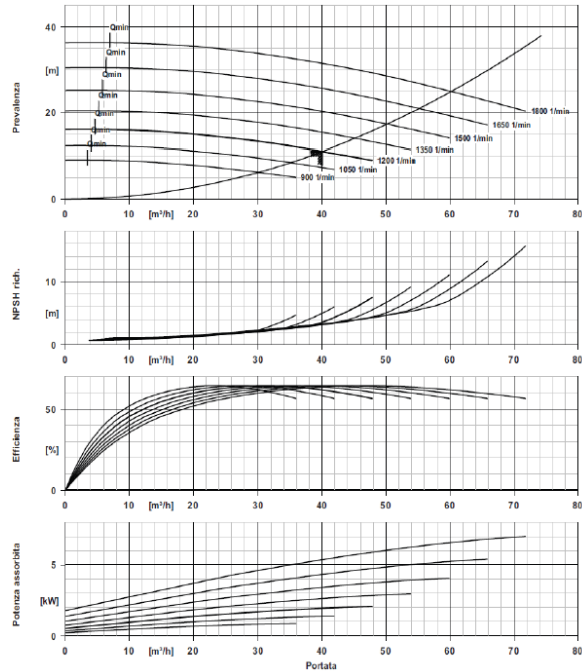
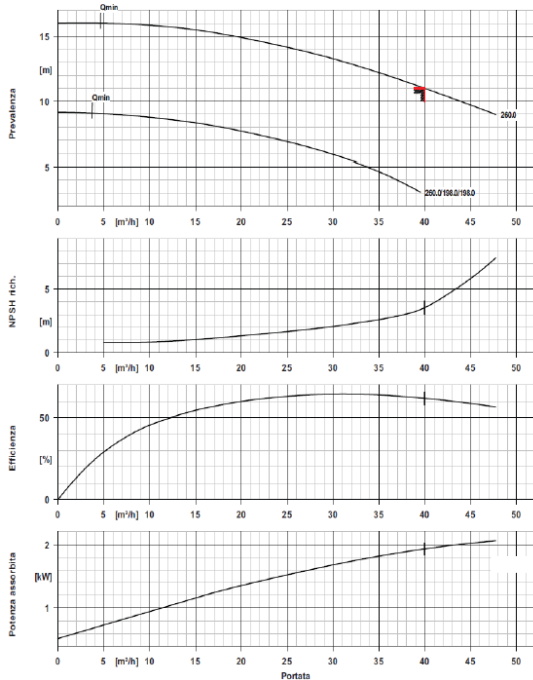


ASM vs SynRM



Esempio di selezione: pompe a giri variabili con identiche prestazioni richieste

Selezione di una pompa per impianto di riscaldamento da $Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H = 11 \text{ m}$:
 50-50-250 / 224; $n = 1200$; $P_2 \text{ ass} = 1,98 \text{ kW}$



Giusepe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

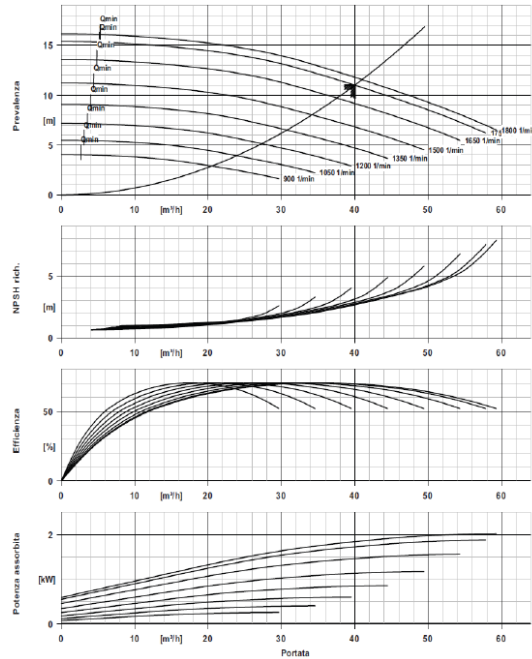
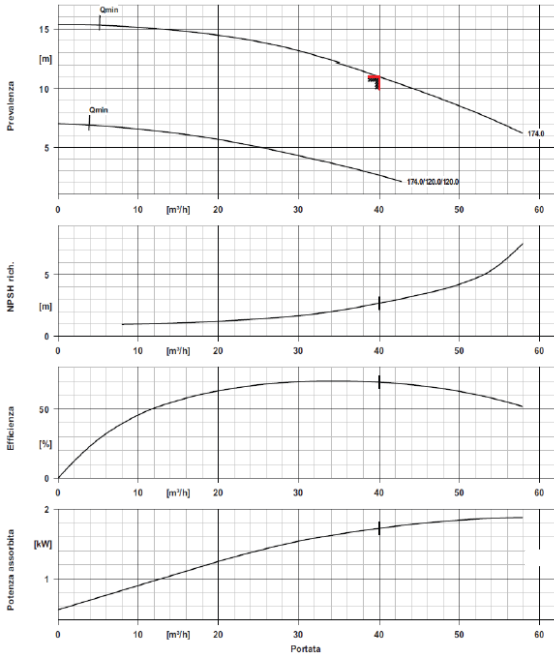
Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

51

Esempio di selezione: pompe a giri variabili con identiche prestazioni richieste

Selezione di una pompa per impianto di riscaldamento da $Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H = 11 \text{ m}$:
 50-50-160 / 224; $n = 1750$; $P_2 \text{ ass} = 1,70 \text{ kW}$



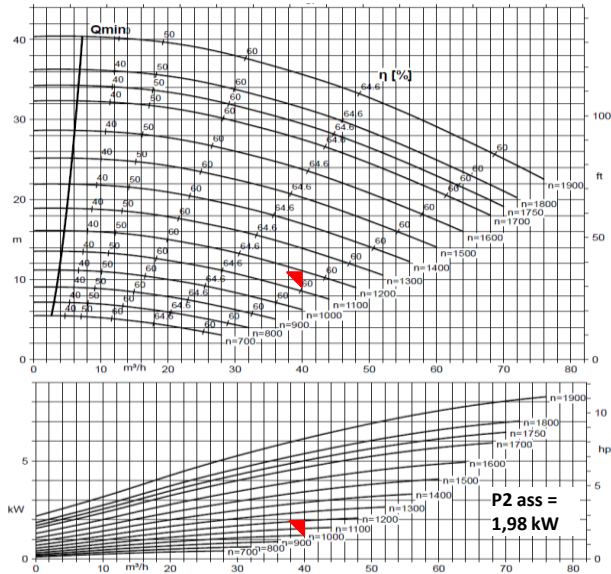
Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

Esempio di selezione: pompe a giri variabili con identiche prestazioni richieste

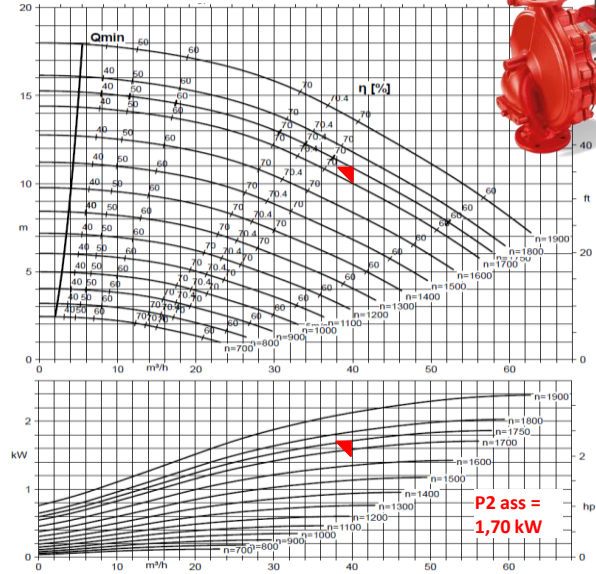
50-50-250/224 ; n=1200 rpm

Listino € 2.704,00



50-50-160/224 ; n=1750 rpm

Listino € 2.519,00



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

53

Opportunità di risparmio energetico

- Utilizzo di pompe a giri variabili
- Utilizzo di motori elettrici ad alta efficienza
- Scelta e dimensionamento della pompa nel punto di progetto con $n > n$ nominali



- ✓ Minor assorbimento di potenza
- ✓ Maggior competitività di prezzo
- ✓ Campo di regolazione più ampio



Argomenti della seconda parte:

- Azionamento delle macchine rotanti (pompe, ventilatori, compressori,...) mediante motore sincrono a riluttanza abbinato all'inverter;
- Utilizzo di sistemi integrati di automazione: quadri elettrici di controllo e comando, sistemi di supervisione e telecontrollo (PLC, SCADA,...);
- Semplificazione dell'interfaccia uomo-macchina tramite il gemello digitale nel cloud: App e QR code.



Argomenti della seconda parte:

- Azionamento delle macchine rotanti (pompe, ventilatori, compressori,...) mediante motore sincrono a riluttanza abbinato all'inverter;





Modernizzare ed efficientare **impianti HVAC-R**

Indice

✓ Introduzione sui sistemi HVAC-R

- ✓ Componenti eco-sostenibili: il motore sincrono a riluttanza
 - Tipologia di costruzione
 - Vantaggi

✓ Casi pratici di efficientamento con i motori sincroni a riluttanza

✓ Sistemi di controllo intelligenti per motori elettrici



Gli impianti HVAC-R sono «energivori»

I sistemi di riscaldamento, ventilazione, condizionamento dell'aria e refrigerazione racchiudono al loro interno apparecchiature che dissipano una gran quantità di energia elettrica. Sono veri e propri sistemi «**affamati di elettricità**».

Dagli anni 90 l'utilizzo di questa tipologia di impianti è triplicato e sintomatico dell'aumento del benessere nei paesi industrializzati.

Alla crescita esponenziale della domanda si affianca però la necessità di ottimizzare il consumo di energia elettrica.

È necessario ripensare a nuovi standard di efficienza per aiutare sì il bilancio economico ma anche per dare un contributo concreto per preservare la salute del nostro pianeta.



Il potenziale di **risparmio**

Una corretta gestione di questi sistemi in un impianto farebbe **risparmiare fino al 67% sulla spesa energetica.**

Negli edifici commerciali, ad esempio, si potrebbe risparmiare mediamente il 38% dell'energia consumata attuando politiche di controllo dei sistemi HVAC-R. ⁽¹⁾

(1) Secondo i risultati della ricerca condotta dall'US Department of Energy del PNNL



Servono soluzioni **sostenibili**

Un trend che sta incidendo sulla scelta di impianti meno energivori è la grande richiesta, da parte di enti pubblici e privati, di **edifici più “ecologici”**.

Normative più dettagliate sull'efficienza ambientale mettono sotto la lente di ingrandimento alcuni fattori, come l'emissione di CO₂ degli edifici, permettendo la redazione di regolamenti che scoraggiano procedure d'installazione ormai obsolete.

Ridurre le emissioni e l'impatto ambientale sono solo alcuni dei modi per rendere gli edifici più sostenibili.

Nei sistemi di ventilazione possono essere ad esempio installati dei «controlli di velocità» per ridurre il movimento rotatorio delle ventole quando una certa quantità d'aria è stata raffreddata o quando è stata raggiunta una determinata temperatura.



..e soluzioni **intelligenti**

Altro motore che sta spingendo verso un tipo di edilizia più attenta al risparmio energetico è la continua **digitalizzazione degli edifici**, diventando ormai uno standard nelle realizzazioni più moderne.

Nello specifico dei sistemi HVAC ciò significa la perfetta **integrazione** con altri sistemi tecnici per l'edilizia che scambiano costantemente dati accurati sul funzionamento dell'impianto. Più intelligente è la soluzione, più cose si possono fare per aumentare la sicurezza e l'affidabilità, oltre ad ottenere un **controllo accurato dell'efficienza nei processi e nei consumi energetici**.



Componenti efficienti

Con l'adozione di «controlli di velocità» per adattare la potenza di produzione del raffreddamento o del riscaldamento in base alle reali esigenze degli edifici ed utilizzando componenti quali motori elettrici ed inverter a basso consumo energetico, il potenziale di risparmio sulla spesa di energia elettrica si posiziona già **tra il 15% e il 30%**.

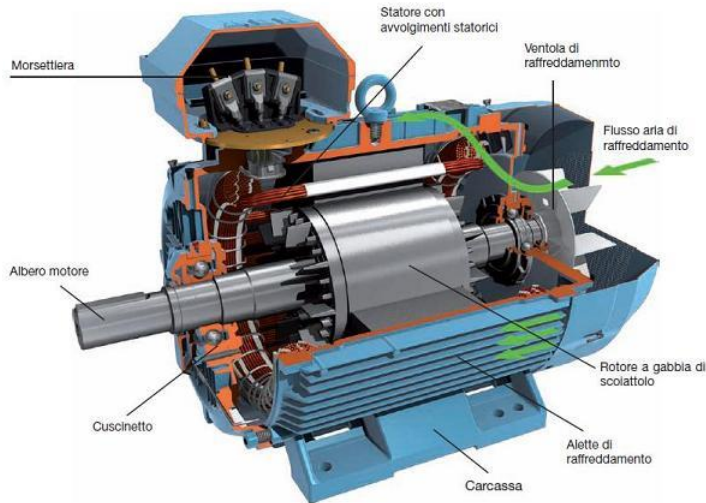


Indice

- ✓ Introduzione sui sistemi HVAC-R
- ✓ **Componenti eco-sostenibili: il motore sincrono a riluttanza**
 - **Tipologia di costruzione**
 - Vantaggi
- ✓ Casi pratici di efficientamento con i motori sincroni a riluttanza
- ✓ Sistemi di controllo intelligenti per motori elettrici



Design di base di un motore elettrico tradizionale ad induzione



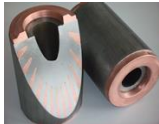
Rotore tipico a gabbia di scoiattolo



Metodi di costruzione dei rotori per applicazioni a velocità variabile



Motori asincroni IE2/IE3 con gabbia di scoiattolo in alluminio



Motori asincroni IE4 con gabbia di scoiattolo in rame

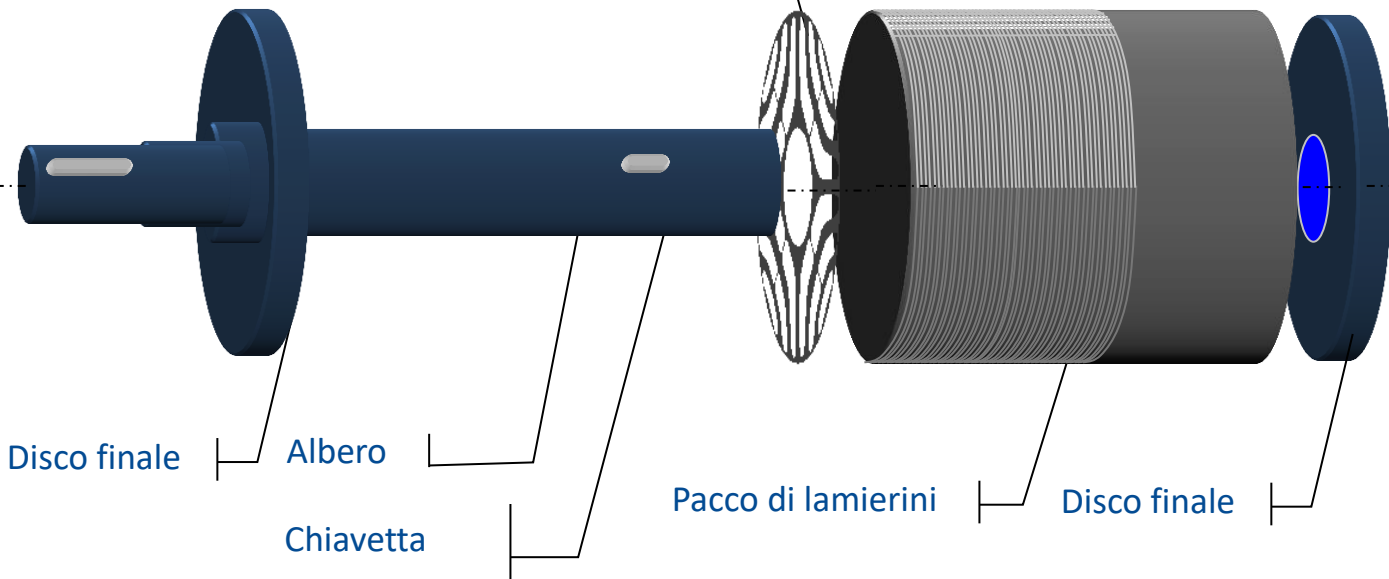


Motori sincroni a riluttanza IE5 con lamierini isolati



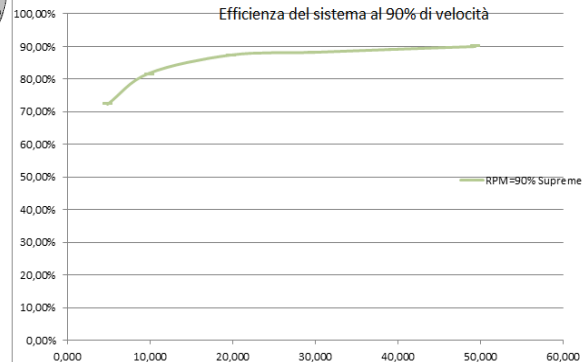
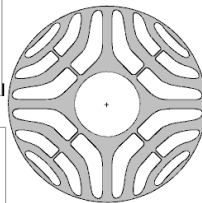
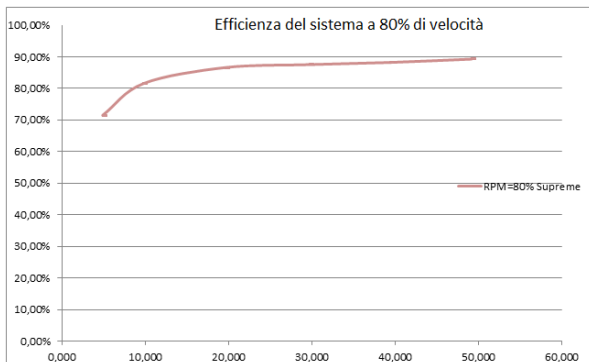
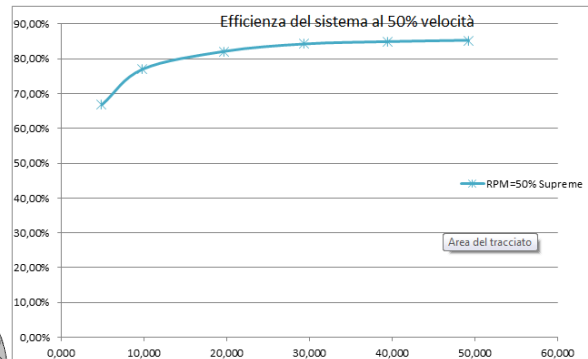
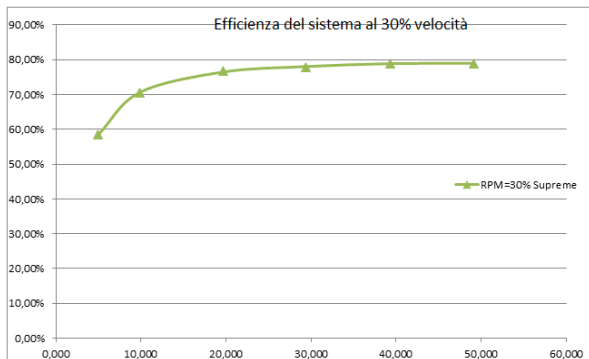
Design e struttura del **rotore del motore sincrono a riluttanza**

Lamierini isolati
Sec. brevetto U.S. 5.818.140



Efficienza del sistema motore/inverter del motore sincro a riluttanza

7.5 kW @ 1500 rpm



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

68

Indice

- ✓ Introduzione sui sistemi HVAC-R
- ✓ **Componenti eco-sostenibili: il motore sincrono a riluttanza**
 - Tipologia di costruzione
 - **Vantaggi**
- ✓ Casi pratici di efficientamento con i motori sincroni a riluttanza
- ✓ Sistemi di controllo intelligenti per motori elettrici



Punti di forza del motore sincrono a riluttanza

- ✓ **Efficienza** comparabile ma più stabile rispetto ad un motore a magneti permanenti
- ✓ **Più affidabile** – Nessun declassamento causato da alte temperature o picchi di corrente
- ✓ **Vita prolungata** dei cuscinetti grazie al rotore “freddo”
- ✓ **Ecologico** e facile da smaltire
- ✓ Il suo **costo** non è legato al mercato delle terre rare (neodimio)



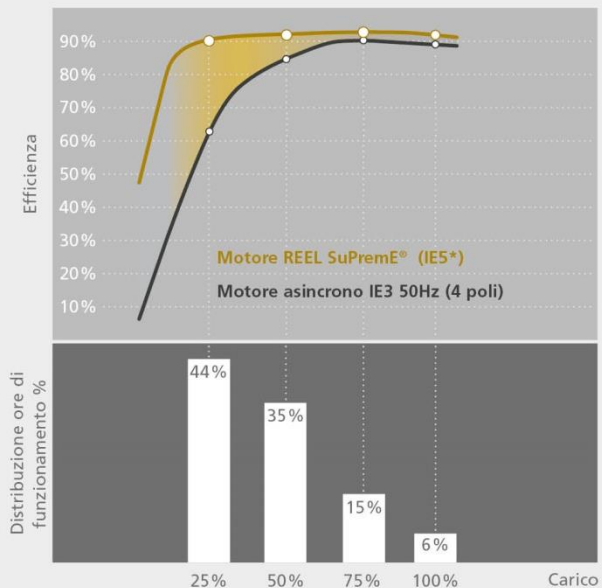
Vantaggi chiave del motore sincro a riluttanza

- ✓ **Combina** i vantaggi della tecnologia del motore a magneti permanenti alla semplicità del motore a induzione
- ✓ **Alta efficienza in tutte le condizioni**, con vantaggi significativi soprattutto a carico/velocità parziale
- ✓ **Semplicità di manutenzione** al pari di un motore a induzione



Efficienza del motore sincrono a riluttanza

Risparmio unico grazie ad una efficienza estremamente elevata – soprattutto a carico parzializzato



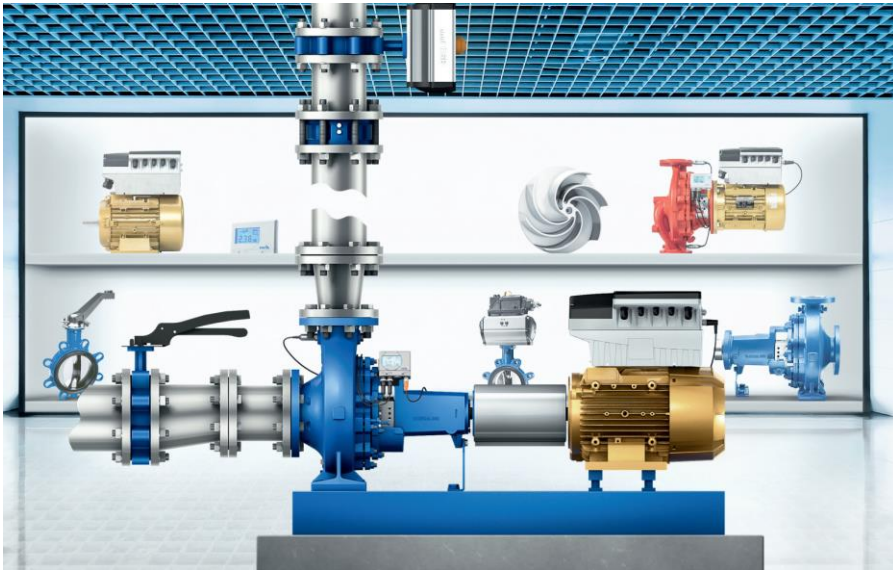
Il diagramma mostra la variazione di efficienza in funzione del profilo di carico ("Blue Angel") di un motore REEL SuPremE® da 7,5 kW 1500 rpm rispetto ad un motore asincrono IE3 a 4 poli.

Fonte: Dipl.-Ing. M. Wiele, Prof. Prof. hc. mult. Dr. Ing. Peter Brosch, Hannover Università di Arti e Scienze Applicate, Facoltà I, Azionamenti e Tecnologia di Automazione.

* In conformità con IEC/TS 60034-30-2

* IE5 secondo IEC/TS 60034-30-2





La combinazione perfetta
è l'insieme di più
componenti
ad alta efficienza





Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

80

Palazzo Grassi



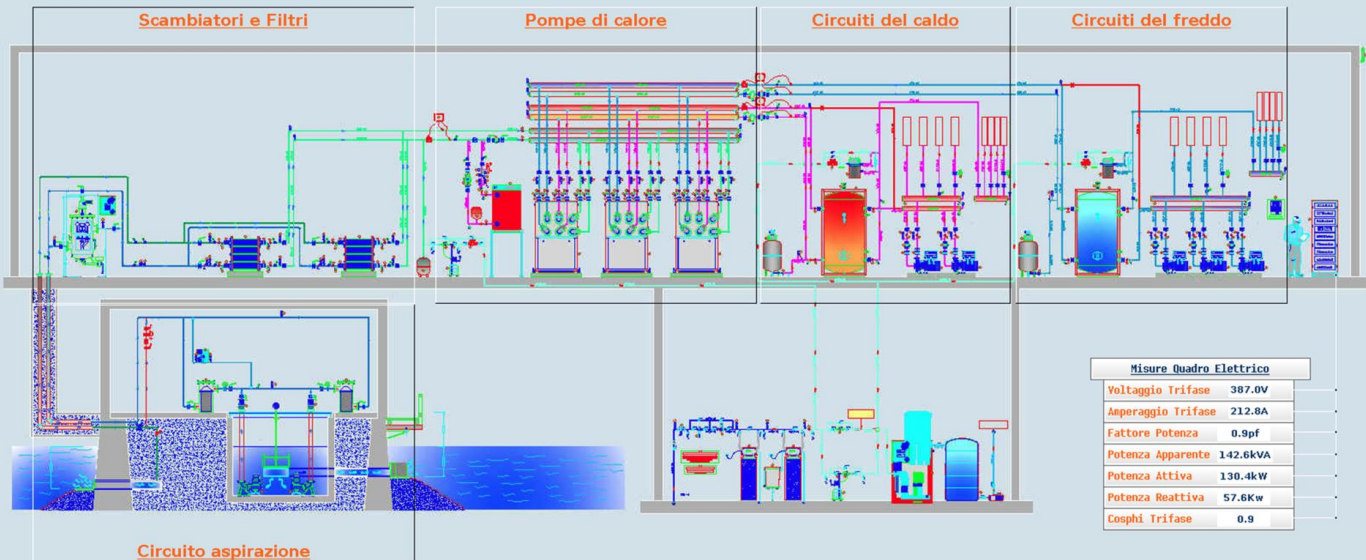
Per soddisfare le esigenze specifiche del museo, è stata fornita una gamma completa di pompe e valvole per impianti di riscaldamento, condizionamento, idrico-sanitari.

Oltre al rinnovamento degli impianti con nuove installazioni, si sono tenute delle opere di manutenzione su pompe già installate.

Tale soluzione ha consentito un abbattimento dei consumi energetici ottenendo un **risparmio** misurato **del 30 %** rispetto al vecchio impianto installato.



Palazzo Grassi



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Optimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

82

Palazzo Grassi



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

83

Palazzo Grassi

Fornitura	Dati tecnici
131 BOA Compact NG	DN da 32 a 200
24 BOA RVK	DN da 32 a 200
45 ECOLINE GE3	DN da 40 a 200
29 BOA S	DN da 65 a 150
3 KSB Etabloc	Q: 90,00 m ³ /h H: 30,00 m
2 KSB Etabloc	Q: 140,00 m ³ /h H: 30,00 m



Sito produttivo Zuegg - Verona



E' stato fornito un nuovo gruppo di pressurizzazione idrica composto da 5 pompe verticali multistadio equipaggiate con motore sincrono a riluttanza da 18,5 kW, classe di efficienza IE5* secondo IEC 60034- 30 Ed.2, pilotate ciascuna da inverter, che consente la regolazione continua della velocità di rotazione, per adeguarsi costantemente alla richiesta idrica di impianto.



Sito produttivo Zuegg



Tale soluzione ha consentito un abbattimento dei consumi energetici ottenendo un **risparmio** misurato **del 30%** rispetto al vecchio impianto di pompaggio installato.

* IE5 secondo IEC / TS 60034-30-2 fino a 15kW/1500rpm e 18,5kW/3000rpm (solo per le taglie a 1500 rpm da 0,55 kW, 0,75 kW, 2,2 kW, 3 kW, 4 kW, IE5 è in preparazione).



Sito produttivo Zuegg

Fornitura:

Gruppo di pressurizzazione idrica a pressione costante KSB
tipo SurpressTec SuPremE® IE5

Dati tecnici:

N.5 elettropompe verticali multistadio mod. MOVITEC B VF 90 – 2, Q: 110 mc/h cad.
e H: 45 metri

N. 5 motori KSB SuPremE® IE5 da 18,5 kW con PumpDrive R inseriti nel quadro
elettrico

N.5 valvole di intercettazione a saracinesca a cuneo gommato, corpo ovale tipo KSB
SGO - DN 100 PN 16, installate sul lato di mandata impianto

N.5 valvole a farfalla tipo KSB BOAX B T4 - DN 100 PN 16, installate sul lato di
aspirazione impianto

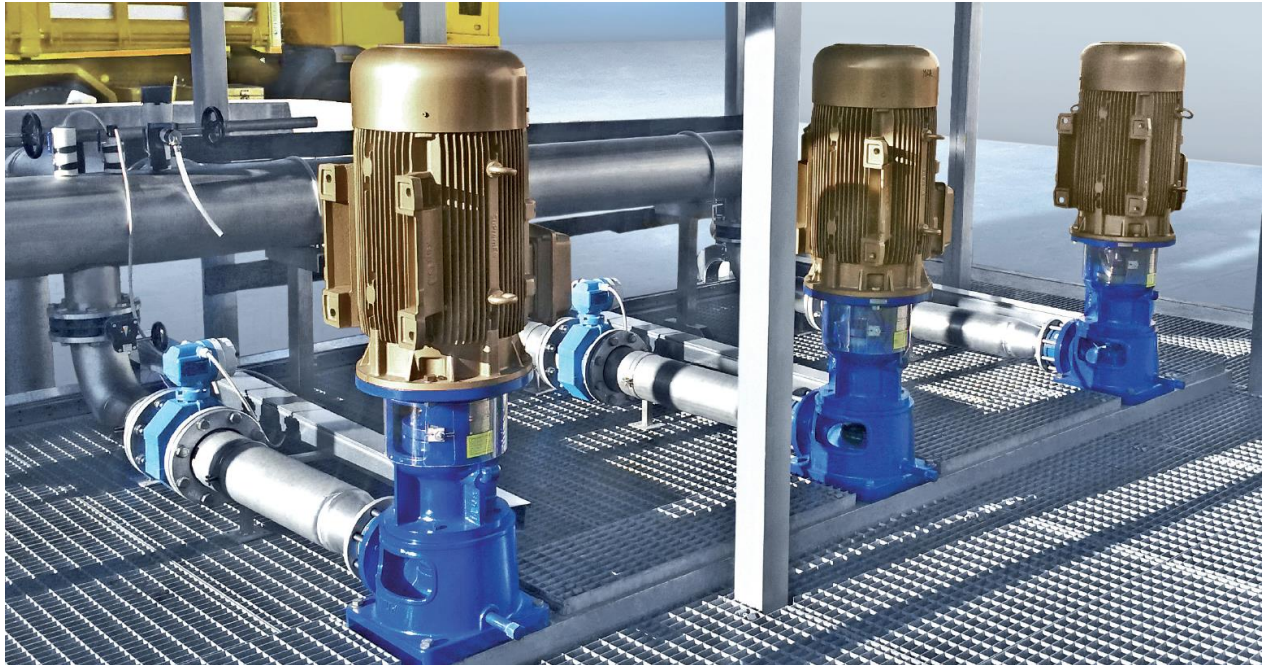
N.5 valvole di ritegno tipo KSB 2000 – DN 100 PN16

N.1 collettore di mandata e aspirazione in acciaio inox AISI 304 – DN 250 PN16

N.1 quadro elettrico di gestione elettropompe, contenente 5 inverter KSB PumpDrive R,
gestiti da logica di comando e controllo tramite PLC con scheda Ethernet. Tutti i parametri
operativi e di stato visualizzabili e modificabili tramite pannello operatore touch screen
installato a fronte quadro



Settore forgiatura e laminazione acciai



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

88

Settore forgiatura e laminazione acciai

Dati tecnici:	Quantità e Tipologia Fornitura:
N. 3 pompe verticali BEV 1066/7 con motore SuPremE IE4 da 30 kW con PumpDrive S	N. 3 pompe BEV
Q = da 150 a 130 mc\h	N. 1 motore SuPremE IE4 30 kW con PumpDrive S
H = 30 metri	



Sito produttivo Favini – Rossano Veneto



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

90

Sito produttivo Favini

Obiettivo

- Migliorare l'efficienza energetica e ridurre i costi energetici di n° 1 pompa alimento per la produzione di vapore sfruttando la tecnologia di ultima generazione
- Ridurre le prestazioni e consentire la regolazione della portata necessaria mantenendo la pressione costante
- Sostituzione di n° 1 pompa multicellulare con vecchio motore asincrono IE1 da 110 kW in funzione da 20 anni a giri fissi, che aziona la pompa con profilo di carico variabile

Soluzione

Installazione di una nuova pompa (identica alla precedente), ma con motore sincro a riluttanza IE4 da 110 kW + inverter da 132 kW.



Sito produttivo Favini

Vantaggi

- Riduzione delle prestazioni massime
- Regolazione della velocità per profilo di carico variabile
- **36 % di risparmio** energetico del nuovo motore sincrono a riluttanza rispetto al vecchio motore asincrono
- Ottenimento dei TEE presso GSE



→ Risparmio energetico : 348.613,00 kW/anno

→ Risparmio economico : 45.292,00 €/anno

→ Payback in circa 2 anni

- Costo energia = 0,15 €/kWh



Sito produttivo Clariant– Pogliano Milanese



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

93



Sito produttivo Clariant

Obiettivo

- Migliorare l'efficienza energetica e ridurre i costi energetici di n° 2 pompe per acqua surriscaldata per i reattori destinati alla produzione di coloranti sfruttando la tecnologia di ultima generazione
- Consentire la regolazione della portata necessaria mantenendo la pressione costante
- Sostituzione di n° 2 vecchi motori asincroni IE1 da 7,5 kW in funzione da 15 anni a giri fissi, che azionano le pompe con profilo di carico variabile

Soluzione

Installazione di n° 2 motori sincroni a riluttanza IE5 da 7,5 kW + inverter.



Sito produttivo Clariant

Vantaggi

- Regolazione della velocità per profilo di carico variabile
- **32 % di risparmio** energetico del nuovo motore sincrono a riluttanza rispetto al vecchio motore asincrono

→ Risparmio energetico : 15.887,00 kW/anno

→ Risparmio economico : 2.384,00 €/anno

→ Payback in circa 1 anno

- Costo energia = 0,15 €/kWh



Indice

- ✓ Introduzione sui sistemi HVAC-R
- ✓ Componenti eco-sostenibili: il motore sincrono a riluttanza
 - Tipologia di costruzione
 - Vantaggi
- ✓ **Casi pratici di efficientamento con i motori sincroni a riluttanza**
- ✓ Sistemi di controllo intelligenti per motori elettrici



Casi pratici di efficientamento con motori sincroni a riluttanza



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

101



Alleanza 3.0



Situazione iniziale

Nuova installazione di un sistema di refrigerazione in un magazzino Coop.

Misure intraprese

Installazione di motori sincroni a riluttanza controllati da inverter sui nuovi compressori

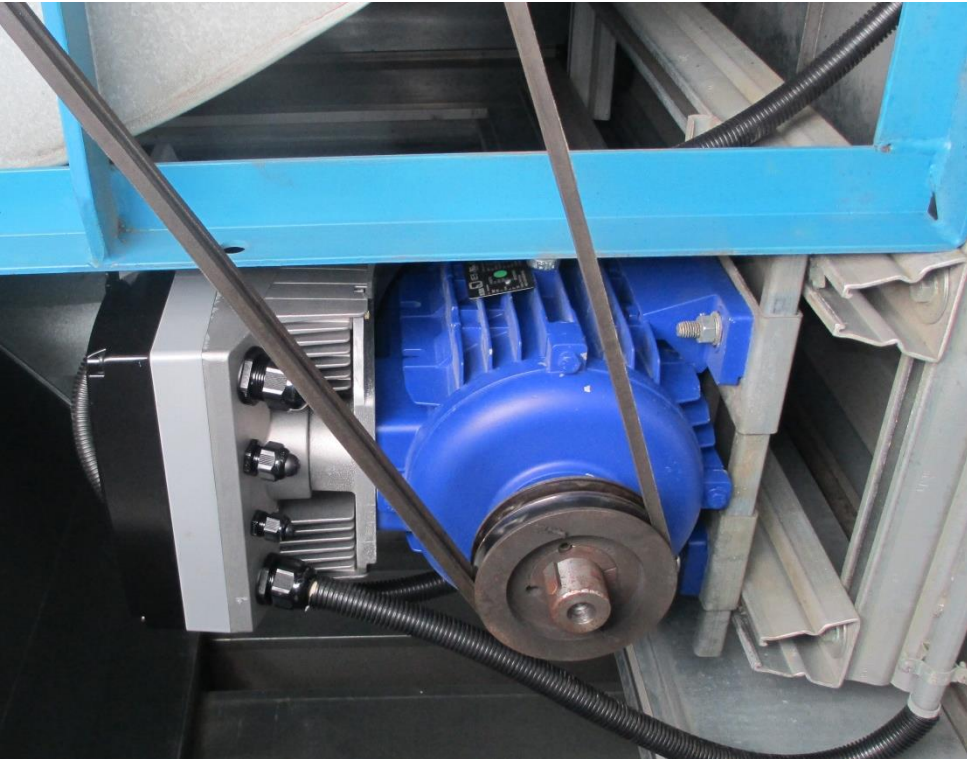
Risultato

Risparmio di 10.000€ al mese di energia elettrica





Alleanza 3.0



Situazione iniziale

70 UTA e pompe di rilancio energivore da rimodernare dai 4 ai 37kW.

Misure intraprese

Sostituzione dei motori esistenti con motori sincroni a riluttanza controllati da inverter

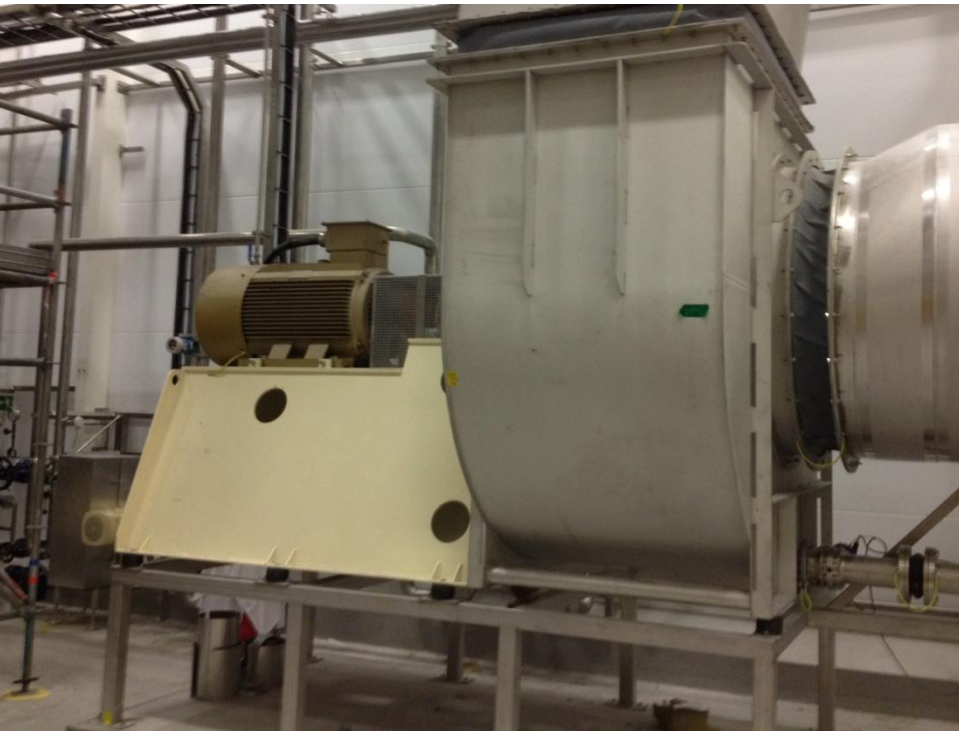
Risultato

Payback in 20 mesi grazie all'alto risparmio energetico



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...



Situazione iniziale

Ventilatori energivori da
45 – 55 – 75 – 132 kW
nell'impianto di produzione
del siero di latte

Misure intraprese

Sostituzione dei motori
esistenti con motori sincroni a
riluttanza controllati da
inverter

Risultato

**Risparmio energetico del
60%**





Situazione iniziale

Ventilatori energivori nell'impianto di produzione di oli di pesce e piatti pronti

Misure intraprese

Sostituzione dei motori asincroni esistenti con motori sincroni a riluttanza controllati da inverter

Risultato

Risparmio energetico del 9% in estate quando la velocità di funzionamento dei ventilatori è molto alta



FIERA MILANO



Situazione iniziale

UTA energivore e con motori asincroni datati

Misure intraprese

Sostituzione dei motori asincroni esistenti con motori sincroni a riluttanza controllati da inverter

Risultato

Payback in 24 mesi grazie all'alto risparmio energetico



Impianto di depurazione

Situazione iniziale

Soffiante a lobi
per Aerazione delle acque
reflue

Misure intraprese

Sostituzione dei motori
esistenti con motori sincroni a
riluttanza controllati da
inverter

Risultato

Payback in 20 mesi grazie
all'alto risparmio energetico



Argomenti della seconda parte:

- Azionamento delle macchine rotanti (pompe, ventilatori, compressori,...) mediante motore sincrono a riluttanza abbinato all'inverter;
- Utilizzo di sistemi integrati di automazione: quadri elettrici di controllo e comando, sistemi di supervisione e telecontrollo (PLC, SCADA,...);



Indice

- ✓ Introduzione sui sistemi HVAC-R
- ✓ Componenti eco-sostenibili: il motore sincrono a riluttanza
 - Tipologia di costruzione
 - Vantaggi
- ✓ Casi pratici di efficientamento con i motori sincroni a riluttanza
- ✓ **Sistemi di controllo intelligenti per motori elettrici**



La prima regola è valutare il sistema nel suo **insieme**

La mera sostituzione di alcuni componenti chiave (ad esempio, motori elettrici) porta a rilevanti benefici ben visibili nell'immediato.

Ulteriori significativi risparmi energetici si raggiungono attraverso una corretta **visione a 360° del sistema completo**. Il supporto di un partner qualificato fa sicuramente la differenza.

Le valutazioni per ottimizzare un impianto di HVAC-R sono molteplici e complementari tra loro:

- ✓ Scelta tipologia di motore e convertitore più adeguata al sistema da efficientare
- ✓ Funzioni ed opzioni necessarie per una rapida messa in servizio ed un controllo del perfetto funzionamento del sistema
- ✓ Semplificazione del sistema per riduzione degli ingombri, dei costi di investimento iniziale e per una minimizzazione della manutenzione
- ✓ Analisi approfondita ed effettiva dell'applicazione e del risparmio energetico realmente raggiunto

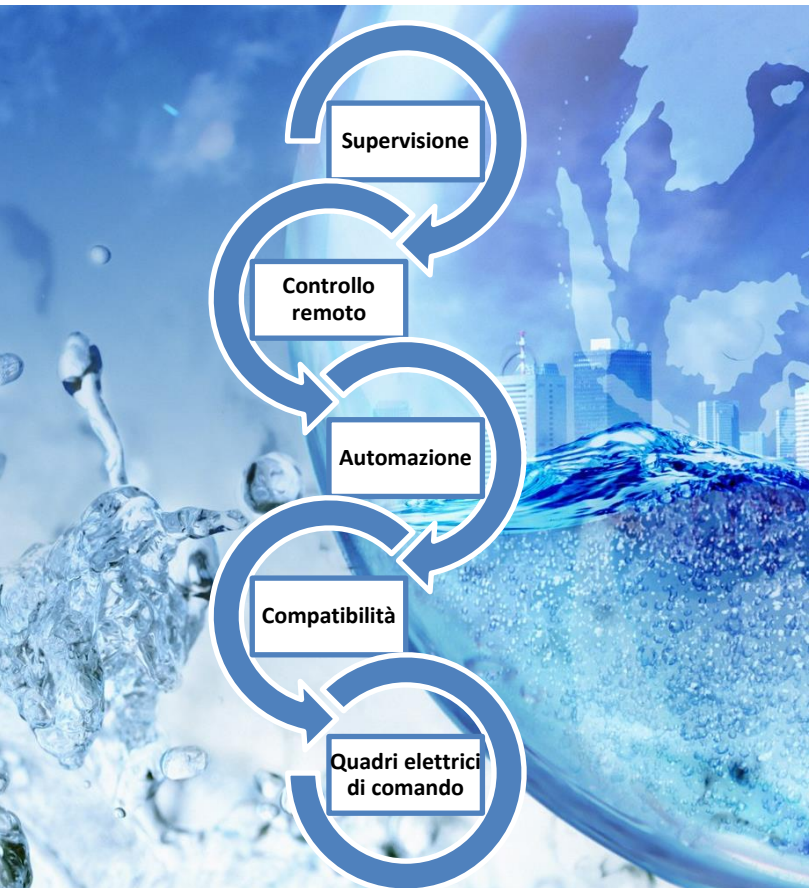


Seconda regola: **Personalizzare** l'installazione



Sia in caso di attività di retrofitting sia in caso di nuove installazioni, una soluzione moderna ed efficiente deve comprendere **soluzioni di controllo personalizzate** a seconda della specifica installazione.





Terza regola: **Monitorare**

Il sistema di controllo ottimale include il **monitoraggio del consumo energetico** effettivo per compararlo a quello calcolato in fase progettuale e determinare il tempo di ammortamento dell'investimento iniziale.



Quarta regola: **Supervisione**

Benefici

- ✓ Analisi dei dati storici di funzionamento delle singole installazioni
 - permette di trovare le impostazioni ottimali per ogni singola applicazione e di ottimizzare la manutenzione degli impianti
- ✓ Visualizzazione e gestione situazioni di allarme; verifica stato delle installazioni
 - riduzione interventi in loco = minori costi
- ✓ Automatizzazione della gestione dell'impianto e della singola installazione
 - ottimizzazione del funzionamento del sistema in ogni situazione



Esempio di architettura del sistema di controllo

Livello di supervisione remota e di controllo



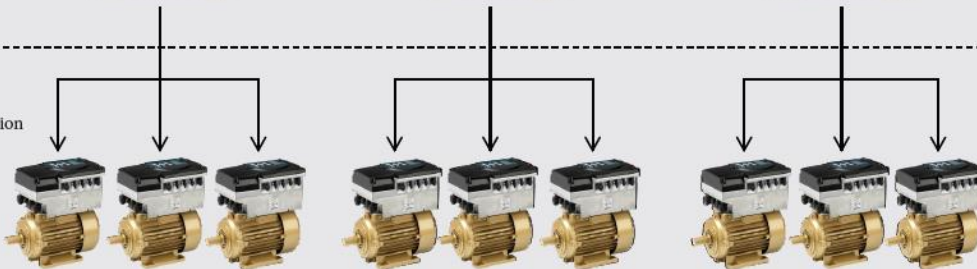
✓ SCADA per monitoraggio e gestione remota degli impianti completi.

Livello di automazione



✓ Gestione completa dei singoli quadri di controllo

Livello di motion control



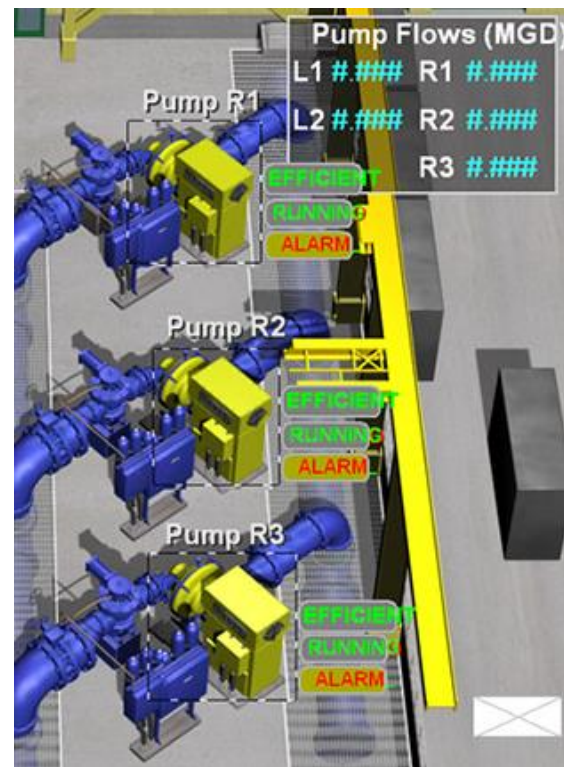
Funzionalità di un **quadro di controllo Industry 4.0**

- ✓ Interfaccia HMI con sinottico impianto
- ✓ Modifica parametri inverter da HMI
- ✓ Automazione pompe/ventilatori/compressori
- ✓ Gestione completa dei singoli moduli con implementazione di una centralina per il monitoraggio delle prestazioni in ogni momento (in caso di pompe: portata, consumo di corrente, numero avviamenti..)
- ✓ App per smartphone e tablet, modem e WiFi incorporato
- ✓ Piena compatibilità con Sistema SCADA eventualmente già esistente nell'impianto



Funzionalità del Software SCADA

- ✓ Controllo remoto del sistema (On/Off) con possibilità di modificare parametri di funzionamento
- ✓ Raccolta dati di funzionamento e creazione grafici giornalieri/mensili/annuali
- ✓ Stampa report
- ✓ Gestione allarmi con invio notifica tramite SMS o email
- ✓ Gestione trend e report, allarmi e manutenzioni
- ✓ Trasmissione dati sicura, web client e mobile client





Situazione iniziale

Sistemi dei circuiti di raffreddamento glicole e caldaia antiquati ed energivori.

Intervento eseguito

Sostituzione dei gruppi pompa e valvole con soluzioni moderne ed efficienti

Risultato:

39% in meno di energia consumata



Esempio di Scheda per la Valutazione Energetica

Scheda di Valutazione Energetica

Compilare la scheda in ogni sua parte. Se non applicabile inserire la dicitura "NA" giustificando il motivo nella sezione "note"

Questo progetto si riferisce a:

Nuovi impianti/apparecchiature/sistemi/processi *
 Retrofti impianti/ apparecchiature/sistemi/processi

Responsabilità: REEL – Sig. Casadio Stefano

Descrizione: **INSERIRE LE CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO DI SOSTITUZIONE**

Efficientamento motore UTA 2 meccanica GeS

Data: 25-03-19

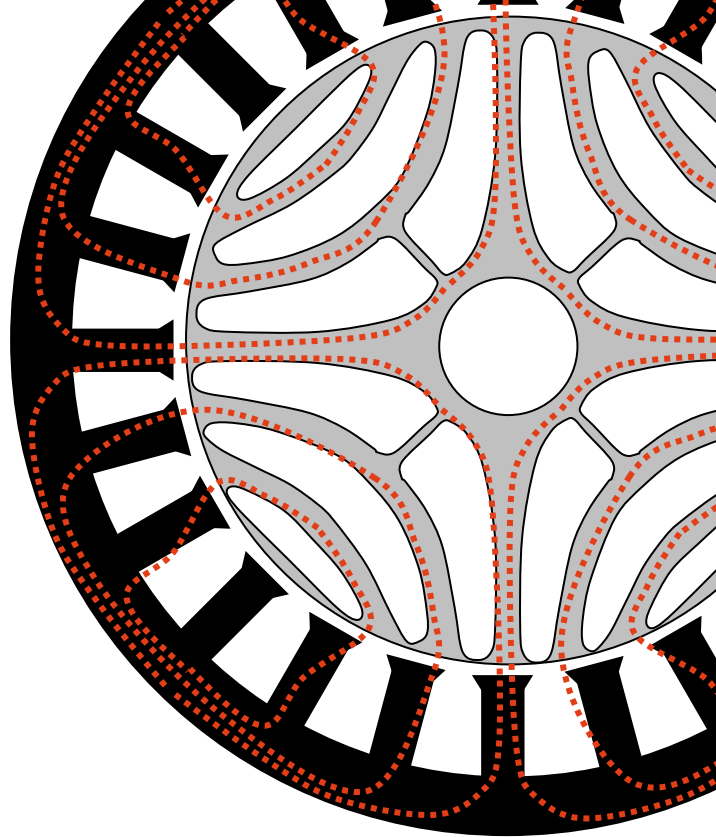
	PRE- intervento (ATTUALE)	POST - intervento	Note
Identificazione Macchina	Motore elettrico da 15 kW inserito un UTA 2 con trasmissione a cinghia trapezoidale	Motore Reel Supreme IES 15 kw 1500 rpm B3	
Vettore energetico	ENERGIA ELETTRICA	ENERGIA ELETTRICA	
Tecnologia adottata – Opzioni per il miglioramento delle prestazioni energetiche	Valore attuale di rendimento stimato gruppo motore cinghia e puleggia 76%	Valore gruppo motore inverter cinghia e puleggia sincroni 92%	Valore asincrono stimato a carico parziale
Risparmi [kWh] - Miglioramenti attesi	Consumo stimato annuo considerate 8700 ore al 70 % della nominale 128782 Kwh	Consumo stimato annuo considerate 8700 ore al 70 % della nominale 106385 kwh	
Saving [€] - Miglioramenti attesi		Risparmio di 22397 kwh Che per costo 0.095 euro kwh= 2128 euro annui	
Payback		< 2,5 anni	Considera il montaggio e la sostituzione del nuovo gruppo escluse le spese di trasporto e l'elevazione al piano della motorizzazione



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

**Grazie per
l'attenzione!**



Argomenti della seconda parte:

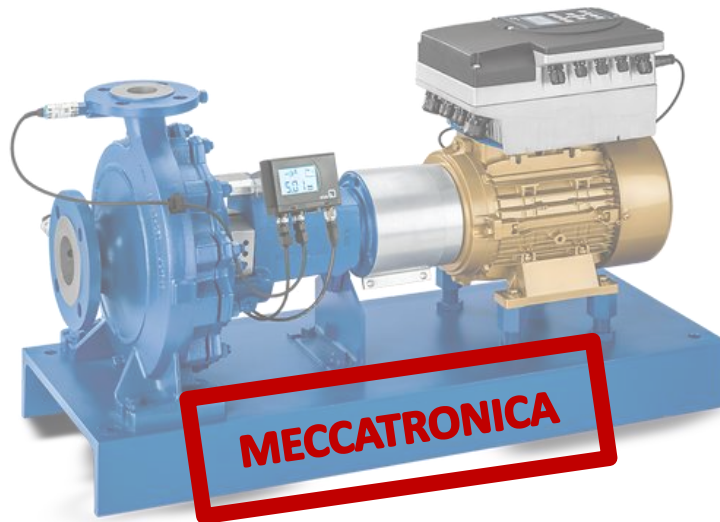
- Azionamento delle macchine rotanti (pompe, ventilatori, compressori,...) mediante motore sincrono a riluttanza abbinato all'inverter;
- Utilizzo di sistemi integrati di automazione: quadri elettrici di controllo e comando, sistemi di supervisione e telecontrollo (PLC, SCADA,...);
- Semplificazione dell'interfaccia uomo-macchina tramite il gemello digitale nel cloud: App e QR code.



Quarta rivoluzione industriale: concetto di «Industry 4.0»

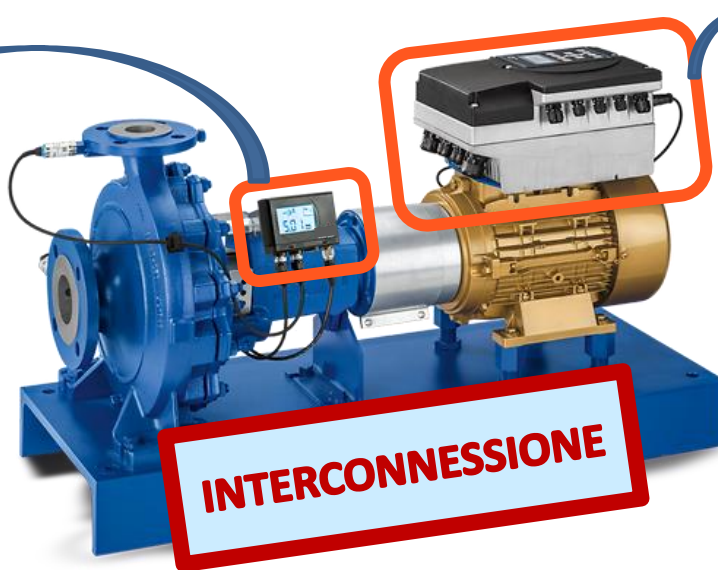


L'evoluzione nel mondo delle **elettropompe centrifughe**



Pompa centrifuga ad alta efficienza «Industry 4.0 ready»

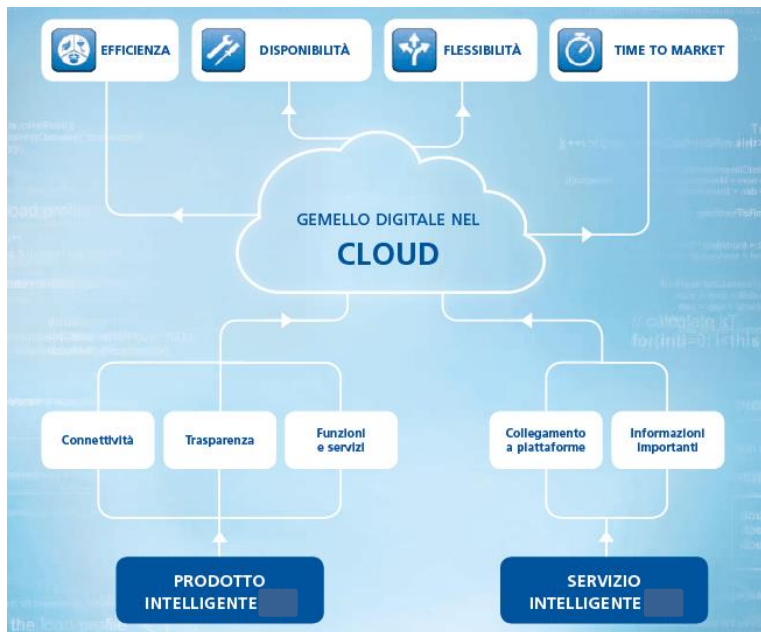
Uscita digitale
RS485 Modbus
RTU Slave



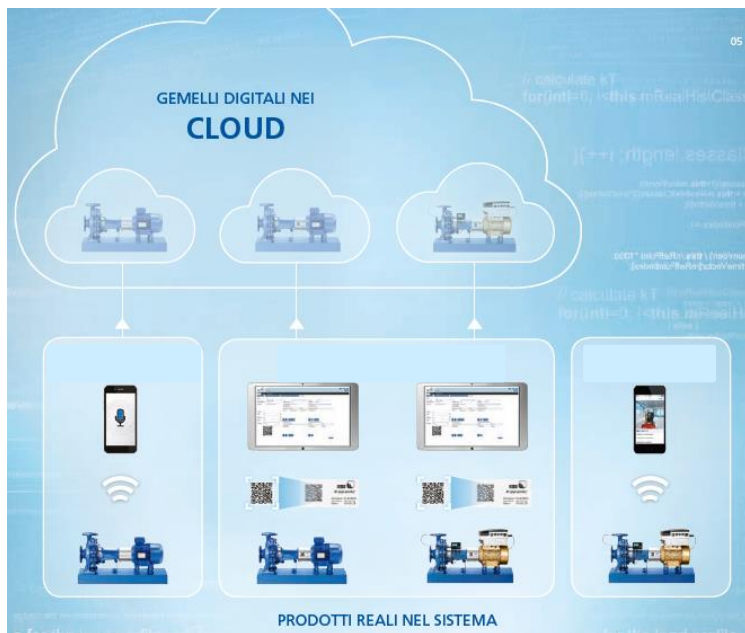
Scheda di
estensione I/O
Modulo wireless
**Moduli di
comunicazione:**
Profibus DP
Modbus RTU
LON Profile 1.0
BACnet MS TP
Profinet
Ethernet



Obiettivo Industria 4.0: **Produttività ottimale attraverso un networking intelligente**



Nuvola digitale: Gemelli digitali come copie virtuali dei prodotti reali



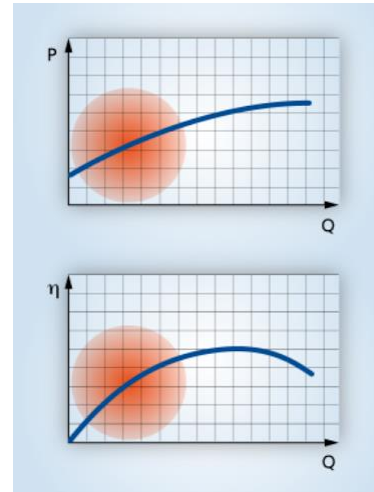
Digitalizzazione

Applicazione – Trasparenza di funzionamento



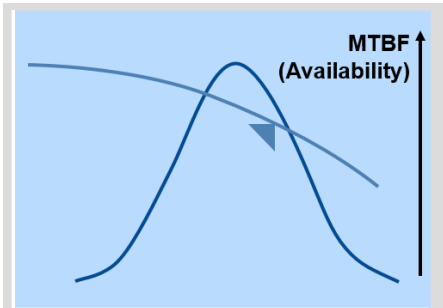
Digitalizzazione

App → **Trasparenza di funzionamento**

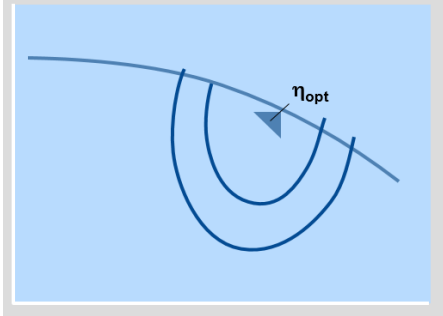


Il risultato della misurazione mostra se il punto operativo si trova nel settore ottimale di funzionamento.



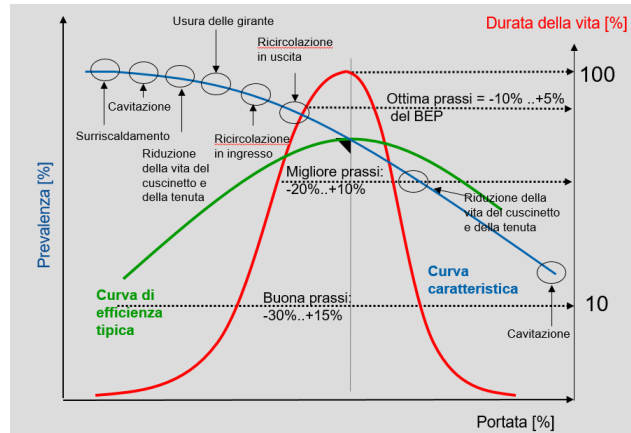


Fonte: Judy Hodgson, Du Pont: "Predicting Maintenance Costs Accurately", Pumps & Systems, Aprile 2004



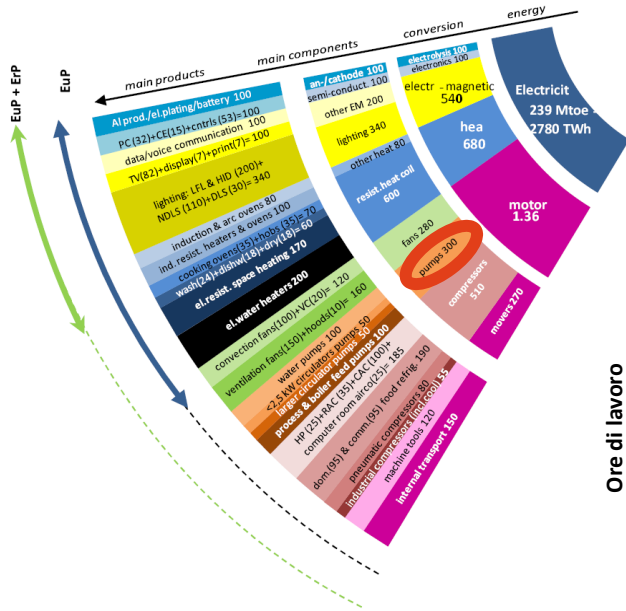
Settore di **funzionamento ottimale**

Il campo di utilizzo e di sfruttamento idraulico ottimale è localizzato intorno al miglior punto di rendimento idraulico (BEP = Best efficiency Point).



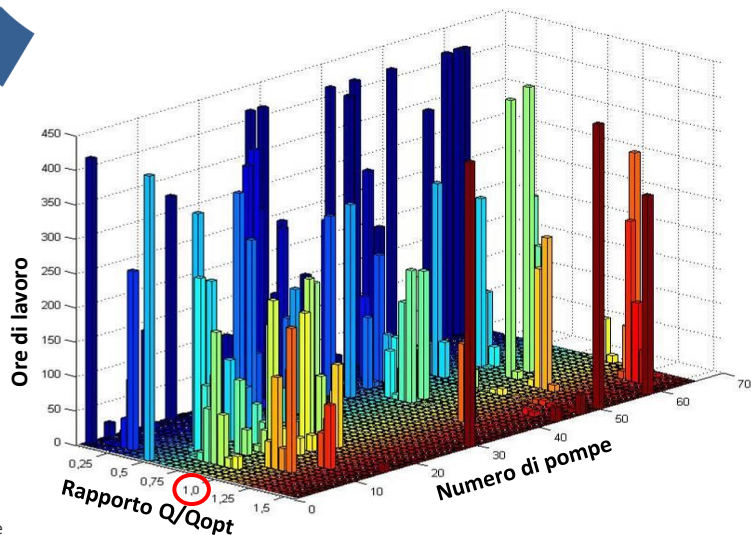
Fonte: Judy Hodgson (Du Pont): "Predicting Maintenance Costs Accurately", Pumps & Systems, April 2004





Fonte schema: Studio per un aggiornamento del piano di lavoro sulla progettazione ecocompatibile Ecodesign piano modificato di lavoro per la Commissione europea, Brüssel / Delft, 18. Febbraio 2011

Consumi energetici ed elettropompe



Fonte: Progetto di ricerca ReMain, Maggio – Giugno 2009



Giusepe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

129

Registrazione del funzionamento Analisi e monitoraggio





Registrazione del funzionamento Analisi e monitoraggio

	<p>Funzionamento intorno al BEP (Best Efficiency Point).</p>	<p>La pompa funziona all'interno del suo punto di massima efficienza.</p>
	<p>Il punto di funzionamento si sposta in un ampio range della curva caratteristica della pompa.</p>	<p>Può essere realizzato un significativo risparmio energetico potenziale, ad esempio, utilizzando un sistema a velocità variabile.</p>
	<p>Range di funzionamento al limite, rischio di sovraccarico della pompa e / o del motore.</p>	<p>Si può ottenere un maggior sfruttamento ed una migliore efficienza energetica mediante la tornitura della girante.</p>



Digitalizzazione

QR code ➔ Operatività semplificata

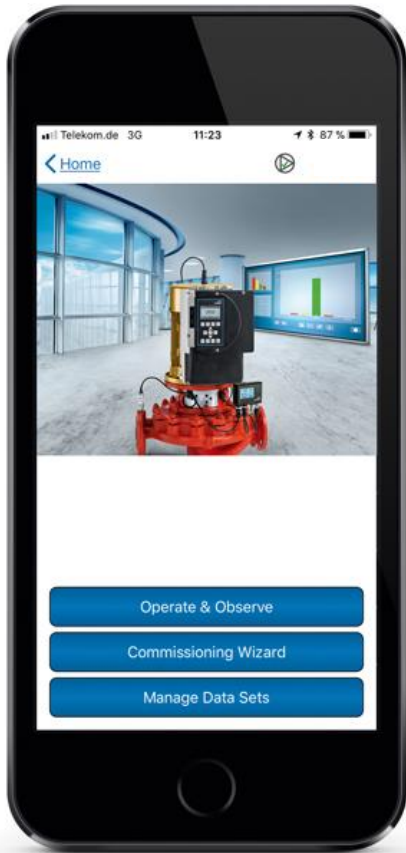


Digitalizzazione

Applicazione – Accesso ai parametri dell'inverter



App che facilita l'accesso ai parametri dell'inverter



Digitalizzazione

Applicazione – Accesso ai parametri dell'inverter



Accesso facilitato ai parametri dell'inverter via Bluetooth

App ➔ Flessibilità di (ri)Configurazione



Giuseppe Macina - Sonia Ripamonti – Stefano Casadio

Ottimizzazione energetica: efficienza, regolazione e automazione nei sistemi di pompaggio e non solo...

16/09/2019

136

App

che monitora lo stato di funzionamento della pompa





Pumps installed

- Pumping station 18
- Pump 3
Functional location: Area 2
- Pump 11
Functional location: Area 4
- Pump 12
Functional location: Area 4
- Boiler house 2
- Pump 1
Functional location: Area 1
- Pump 2
Functional location: Area 2

Messages

Maintenance history

Pump 12, pumping station 18

- Time of documentation: 21/05/2018 17:15
- Diagnosis: Alarm
- Type: Vibration
- Status: Maintenance performed
- Component concerned: Pump and pump bearing
- Activity: Replacement

Time of documentation: 18/03/2017 08:34

- Diagnosis: Warning
- Type: Vibration
- Status: Maintenance planned
- Component concerned: Pump and pump bearing
- Activity: Lubrication

Comprehensive overview of your pumps – quick, secure and simple

[LEARN MORE ABOUT KSB GUARD](#)

[Company Information](#) | [Data Privacy and Protection](#) | [Licence Agreement](#)





Grazie per la Vs. attenzione!





Contatti – KSB Italia S.p.A.

Sonia Ripamonti

Application Engineer – Reparto: Automation & Systems

Tel.: +39 039 6048551

Mail: sonia.ripamonti@ksb.com

Carmine Borgo

Area Manager – Business Unit: General Business

Tel.: +39 346 4355160

Mail: carmine.borgo@ksb.com

Davide Romanò

Area Manager – Business Unit: Installed Base

Tel.: +39 039 6048018

Mail: davide.romano@ksb.com





Contatti – REEL S.r.l.

Stefano Casadio

Area Manager

Tel.: +39 348 6501783

Mail: stefano.casadio@reel.it

