

SCHEDA PRODOTTO

MODULO DI PRODUZIONE ELETTRICA
A CICLO RANKINE ORGANICO A BASSA
TEMPERATURA (LT-ORC) DA 100 kW_E
SU TELAIO AUTOPORTANTE

ZE-100-ULH



VIA DELLA CONSORTIA 2
37127 VERONA - ITALY
TEL +39 045 8378 570
FAX +39 045 8378 574
WWW.ZUCCATOENERGIA.IT
INFO@ZUCCATOENERGIA.IT

TECNOLOGIA IMPIANTISTICA

IN BREVE

Tecnologia:
Ciclo Rankine Organico
a bassa temperatura
(LT-ORC)

Circuito chiuso
privo di emissioni

Un fluido vettore
convoglia il calore
prodotto dalla
fonte di calore al
modulo ORC

Il calore fa evaporare
ed espandere un fluido
di lavoro a basso punto
di ebollizione

L'espansione del
fluido di lavoro
aziona una turbina
ad alta velocità

La turbina aziona
direttamente il
generatore

Il fluido raffredda,
condensa e
ritorna in ciclo

La struttura dell'impianto che proponiamo è basata sul cosiddetto **ciclo Rankine organico a bassa temperatura** (In sigla **LT-ORC**, dall'inglese *Low Temperature Organic Rankine Cycle*) e può essere riassunta nello schema in Figura 1.

Una sorgente di calore [1] genera **calore** che viene convogliato tramite un **fluido vettore** (negli impianti Zuccato Energia costituito da acqua calda operante in circuito chiuso) ad uno **scambiatore di calore** primario, detto anche **evaporatore** [2] dove tale calore viene trasferito allo speciale **fluido di lavoro** circolante all'interno del circuito chiuso ORC.

Nell'evaporatore il fluido di lavoro organico - completamente biodegradabile ed atossico - cambia di fase sotto l'azione del calore diventando un **gas ad alta pressione** la cui espansione muove una **turbina** [3] appositamente costruita e dimensionata, e collegata in presa diretta ad un **generatore** elettrico montato sullo stesso albero.

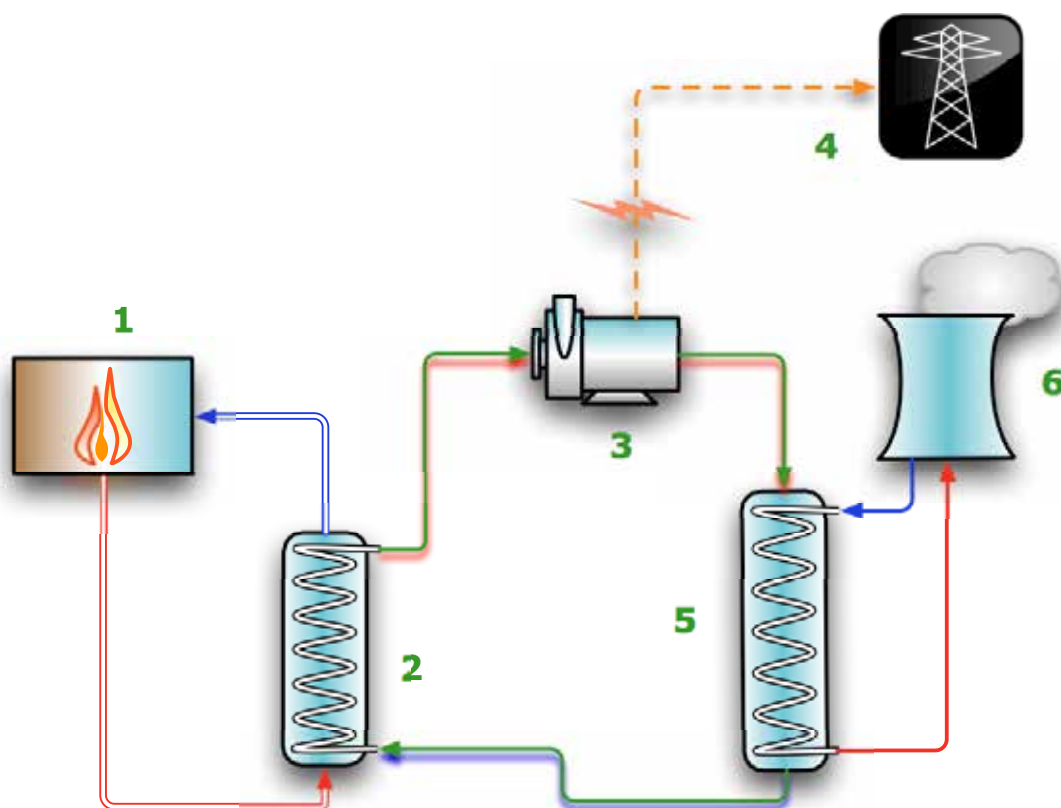
La rotazione ad alta velocità dell'albero turbina aziona il **generatore** che produce elettricità [4] consumabile in loco o, meglio, immettibile in rete previa **sincronizzazione** in fase, frequenza e tensione con la corrente di rete esistente tramite un circuito detto **inverter**.

All'uscita della turbina il fluido di lavoro, ancora in forma gassosa, viene portato ad un secondo scambiatore di calore detto **condensatore** (5) dove cede il proprio calore in eccesso ad un fluido refrigerante (solitamente acqua) mutando nuovamente di fase e condensando in fase liquida. Il fluido di lavoro liquido viene raccolto in un **serbatoio**, dal quale viene poi **pompato nuovamente nell'evaporatore** per chiudere il circuito ORC.

Il **calore in eccesso** rilasciato nel condensatore rappresenta a sua volta una **fonte di energia termica** direttamente utilizzabile anche per altri usi: preriscaldamento o essiccazione della biomassa (riducendone così il contenuto di umidità ed aumentandone il valore energetico), riscaldamento ambientale, produzione di acqua calda per processi produttivi industriali, etc.

Qualora ciò non avvenga, il calore residuo può essere dissipato tramite una **compatta torre evaporativa** oppure un **dry-cooler** [6].

Figura 1 - Schema dell'impianto



ELEVATE PRESTAZIONI

Progettati e realizzati in proprio avvalendosi delle più avanzate tecnologie (analisi ad elementi finiti ed analisi fluidodinamica (CFD/CFX)), i turbogeneratori ZE sono pensati fin dall'inizio per operare all'interno di un ciclo Rankine organico a bassa temperatura, dove uno speciale fluido di lavoro offre migliori rendimenti e notevoli vantaggi rispetto alle tradizionali turbine a vapore:

- **Bassa temperatura operativa** che consente di sfruttare anche sorgenti termiche "povere";
- **Alta temperatura di condensazione** che consente l'uso di economici condensatori ad aria;
- **Fluido di lavoro totalmente asciutto**, che non provoca erosione delle pale turbina dando al sistema elevata affidabilità e controlli e costi di manutenzione ridotti;
- **Basse pressioni operative** (≤ 20 bar), che significano maggior sicurezza di funzionamento, minore burocrazia e minori costi d'impianto;
- **Nessuno scarico in atmosfera** in quanto il sistema opera a circuito chiuso.

COMPATIBILITÀ AMBIENTALE

Dal punto di vista ambientale, i sistemi ZE sono impeccabili:

- **Recuperano risorse altrimenti sprecate** come il calore residuo e gli scarti di lavorazione oppure semplificano lo sfruttamento di risorse rinnovabili solari e geotermiche;
- **Usano normale acqua come vettore di trasferimento termico** invece di olio diatermico infiammabile e pericoloso per l'ambiente;
- **Usano un fluido di lavoro "ozone-friendly"**, atossico, non infiammabile in forma liquida e 100% biodegradabile;
- **Sono costruiti con materiali riciclabili ed ecosostenibili**, utilizzano un minimo di parti in plastica e non impiegano sostanze tossiche nella loro costruzione.

SOLUZIONI INNOVATIVE

I turbogeneratori serie ZE sono stati **progettati appositamente da zero** con l'obiettivo di essere installati su impianti di piccole dimensioni (<1 MWe). Sono state quindi implementate soluzioni ingegneristiche concepite per elevarne al massimo il rendimento:

- **Accoppiamento diretto turbina-alternatore**, privo degli attriti di eventuali ingranaggi;
- **Uso di cuscinetti ceramici** per una lunga vita operativa ed elevati regimi di rotazione;
- **Turbine ed inverter appositamente progettati** per ogni taglia di impianto allo scopo di ottenere una conversione di energia meccanica in elettrica ed un'immissione in rete ottimali.

La nostra tecnologia innovativa è **stata già ampiamente collaudata con successo** in dozzine di impianti in Europa, Asia, Africa ed America, dagli impianti a biomassa e biogas in Italia agli impianti solari ibridi in Africa, dalle fattorie americane alle centrali elettriche in Sud Corea.

Tutti i sistemi Zuccato Energia sono equipaggiati con **sistemi di telecontrollo e telediagnosi** che consentono un monitoraggio costante ed un intervento in tempo reale in caso di malfunzionamento attraverso la rete cellulare 3G / 4G / GPRS / EDGE e qualsiasi dispositivo in grado di navigare sul Web (PC o tablet).



IN BREVE

Possibilità di sfruttare sorgenti "povere"

Semplicità impiantistica

Nessuna erosione delle pale turbina

Minor pressione, maggior sicurezza

Nessuno scarico in atmosfera

Alta affidabilità

Tecnologia all'avanguardia

Funzionamento automatizzato senza operatore

Impianto monitorabile e controllabile da remoto

TECNOLOGIA PROVATA SUL CAMPO

I sistemi ORC Zuccato Energia sono in uso da anni in numerose installazioni in tutto il mondo, sia per la produzione primaria di energia che per il recupero termico da processi e motori.

Le seguenti foto sono solo una piccola galleria di alcuni degli impianti installati.

IN BREVE

Tecnologia
ampiamente
collaudata

Dozzine di
installazioni
già in funzione

Alcuni impianti
sono in funzione
non-stop
dal 2012

(salvo manutenzione
programmata)

Produzione primaria
di energia in
collegamento con
caldaie

Recupero termico per
l'efficiamento di
motogeneratori

Recupero termico da
motori navali

Recupero termico da
processi industriali

Impianti solari
termodinamici
ibridi

Impianti geotermici



Sommalombardo (VA) - Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (scarti di segheria)



Heuksan (Corea del Sud) - Recupero termico da centrale termoelettrica (generatori ad olio pesante)



Città della Pieve (PG) - Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (sfalci di potatura)



Mestre (VE) - Recupero termico da caldaia a biomassa e da turbine ad aria calda



Rovato (BS) - Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (pallet a fine vita)



Benneckstein (Germania) - Recupero termico da camicie e fumi di scarico di gensets a biogas



Castrovillari (CS) Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (sfalci di potatura)

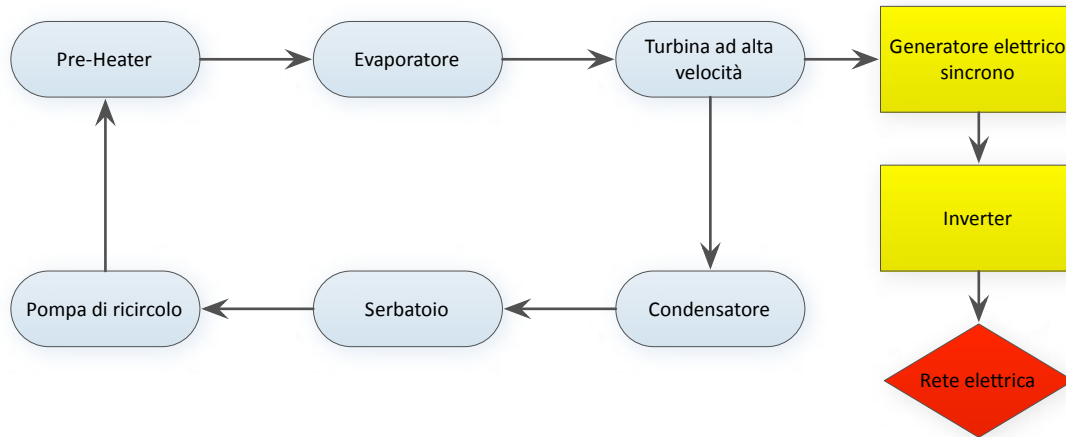


Borgoforte (MN) - Recupero termico da camicie e fumi di scarico di gensets a biogas

Per un elenco più aggiornato e molto più esteso di nostre referenze, vi consigliamo di consultare la sezione "Referenze" del nostro sito web, www.zuccatoenergia.it.

COMPONENTI DEL CIRCUITO ORC

Il modulo di produzione energetica ZE-100-ULH opera secondo un ciclo chiuso e si articola in vari componenti, delineati nello schema a blocchi sottostante.



- **Preriscaldatore:** in questo scambiatore di calore, il fluido di lavoro viene preriscaldato utilizzando il calore contenuto nel fluido vettore circolante nel circuito diatermico in ingresso;
- **Evaporatore:** in questo scambiatore il calore della sorgente termica, convogliato dal fluido vettore, riscalda il fluido di lavoro che passa da liquido a gas ad alta pressione;
- **Turbina:** spinta dall'espansione del fluido di lavoro, la girante ultraleggera raggiunge altissime velocità (fino a 18.000 rpm nei moduli di minor taglia);
- **Generatore** elettrico sincrono: connesso direttamente alla girante della turbina, il suo rotore ruota ad alta velocità in un campo magnetico permanente, producendo energia elettrica;
- **Inverter**: modifica tensione, frequenza e fase della corrente elettrica prodotta dal generatore per consentire l'interfacciamento dell'alternatore alla rete elettrica;
- **Condensatore**: riduce la temperatura del fluido di lavoro in fase gassosa all'uscita della turbina, per consentirgli di ritornare alla originaria fase liquida;
- **Serbatoio di raccolta** per il fluido di lavoro condensato in fase liquida;
- **Pompa di ricircolo** per il rilancio in circolo del fluido di lavoro;

DATI DI PROCESSO

Di seguito i dati di processo stimati per l'impianto:

PRERISCALDATORE + EVAPORATORE	
Potenza termica totale in ingresso alla turbina	1 100 kW _T
Temperatura fluido vettore (in/out)	≥ 94°C / 86°C
Portata massima fluido vettore	32.84 kg/s

CONDENSATORE	
Potenza termica da dissipare	471 kW _T
Temperatura acqua condensatore (in/out)	26°C / 31°C
Portata acqua circuito condensazione	47.70 kg/s

FLUIDO VETTORE

Il **fluido vettore** è il liquido usato per convogliare il calore dalla fonte al modulo ORC, dove tale calore viene usato per far evaporare il fluido **fluido di lavoro** descritto nella pagina successiva.

I due fluidi operano in circuiti separati e non si mescolano mai - tra di loro **viene trasferito solo il calore**.

Zuccato Energia ha scelto di usare semplice **acqua** come fluido vettore invece dell'olio diatermico usato altrove, leggermente più efficiente nel trasferimento termico ma molto più pericoloso in quanto infiammabile e potenzialmente inquinante in caso di perdite.

In questo impianto, il fluido vettore è semplice **acqua calda** a 94°C addizionata - ove necessario - di una percentuale di glicole in funzione antigelo in caso di fermo nei mesi invernali.

IN BREVE

Design semplice e diretto

Componentistica ad alta efficienza

Fluido vettore sicuro ed ecologico (acqua surriscaldata)

IN BREVE

Fluido di lavoro esclusivo

Basso punto di evaporazione, alto punto di condensazione

Circuito chiuso- nessuna contaminazione

Non erode le pale della turbina

Innocuo per l'uomo e per l'ambiente

Turbina radiale inflow ad alta velocità progettata appositamente

Generatore incorporato, calettato direttamente sull'asse turbina

Inverter integrato appositamente progettato

FLUIDO DI LAVORO

Il fluido di lavoro ad alte prestazioni utilizzato da Zuccato Energia è il componente chiave che ha consentito di realizzare impianti con performance ottimali date le sue ottime caratteristiche:

- **Ampio intervallo di lavoro** che consente di sfruttare fonti prima ritenute inutilizzabili;
- **Alta temperatura di condensazione** che consente di usare torri di raffreddamento standard;
- **Completamente asciutto**, quindi nessuna cavitazione né erosione delle pale della turbina;
- **Basse pressioni operative** (≤ 20 bar), quindi maggior sicurezza e minori burocrazia e costi;
- **Completamente "ozone-friendly", organico, atossico e 100% biodegradabile**, per un piena eco-compatibilità ed una maggior sicurezza (perdite accidentali non sono dannose);
- **Minima necessità di integrazione** poiché lavora in circuito chiuso.
- **Funzionamento a circuito chiuso** virtualmente senza necessità di rabbocchi, senza emissioni né consumo di acqua o vapore, quindi impianti più semplici, economici e compatti.

Le caratteristiche principali di tale fluido sono riassunte nella seguente tabella:

FLUIDO DI LAVORO	
Tipo	Miscela azeotropica di HFC atossici, non infiammabili ed ecocompatibili
Gamma di temperature di lavoro	60-165°C
Temperatura di condensazione	~33°C @ 1 bar
Pressioni di lavoro	max. 20 bar
Portata massica di vapore organico	~ 5.0 Kg/s

TURBINA, GENERATORE ED INVERTER

Le seguenti tabelle riportano le specifiche tecniche principali della turbina e del generatore e convertitore di potenza ad essa collegati.

TURBINA	
Tipo	Turbina radiale centripeta ad ugelli fissi, calettata direttamente sull'asse del generatore
Temperatura operativa (in/out)	85°C in / ~ 60°C out
Pressione di stadio	PS 4.42 (collaudato fino a 10 bar)
Materiali	Turbina: Acciaio monolitico lavorato CNC Girante: Lega d'alluminio aeronautica
Controllo di velocità	Anello di retroazione sulla corrente in uscita
Guarnizioni e tenute	Labirinto sigillato su retro girante ed (opzionalmente) all'interfaccia con il generatore. <i>Verso l'esterno:</i> statiche, O-rings

GENERATORE	
Tipo	Sincrono a magneti permanenti
Potenza in uscita nominale	100 kWe
Velocità di rotazione	13.000 Rpm (12...18 kRpm)
Tensione	503- 577 VAC @ 500Hz
Raffreddamento	Camicia ad acqua
Fluido refrigerante	Acqua / glicole, $T_{IN} < 40^{\circ}C$

CONVERTITORE DI POTENZA (INVERTER)	
Tipo	IGBT, sincronizzato alla rete, raffredd. ad aria
Potenza in uscita alla rete (nominale /max)	100 kWe
Tensione e frequenza	da 380 a 480 V trifase, 50/60 Hz
Temperatura ambiente max accettabile	40°C
Chopper di frenatura	Incluso, 100 kW

SCAMBIATORI DI CALORE

Gli **scambiatori di calore** di questo modulo ORC sono del tipo **a piastre saldobrasate**, una soluzione compatta ed efficiente per lo scambio termico basata sull'accoppiamento di più piastre di acciaio corrugate a spina di pesce che vengono assemblate ciascuna invertita di 180° rispetto all'adiacente. Le sezioni di passaggio dei fluidi sono molto contenute, quindi l'ingombro è minimo in relazione alla capacità di scambio termico. In breve, essi offrono:

- **Ridotte dimensioni:** occupano fino ad un decimo dello spazio occupato da altri tipi di scambiatori, agevolando il trasporto riducendo le dimensioni dell'impianto.
- **Basso differenziale termico:** lavorano efficientemente anche quando il salto termico tra i due fluidi tra i quali scambiare calore è minimo, migliorando così l'efficienza del sistema;
- **Basse perdite di carico:** nella maggior parte dei casi la perdita di carico nello scambiatore saldobrasato è addirittura inferiore a quella degli scambiatori coassiali.
- **Resistenza a sporco e corrosione:** l'elevata turbolenza e lo sfruttamento totale della superficie riducono i depositi dovuti ad eventuali solidi in sospensione e li rendono pulibili con normali fluidi detergenti. Materiali costruttivi di qualità donano resistenza alla corrosione.

SCAMBIATORI DI CALORE	
Tipologia	A piastre saldobrasate
Pressioni max	30 bar (lavoro) 39 bar (collaudo) 225 bar (scoppio)
Materiali usati	Acciaio inossidabile AISI316 e rame 99%
Temperatura max di lavoro	195°C

SERBATOIO RACCOLTA CONDENSE

Necessario per mantenere un adeguata riserva di fluido di lavoro allo stato liquido, questo serbatoio in **acciaio al carbonio** trattato antiruggine con **raccorderia PN25** ha una capacità di **180 litri** ed ha un **sensore di livello incorporato**.

POMPA FLUIDO DI LAVORO

Ha lo scopo di rimettere in circolo il fluido vettore condensato. Il suo motore è del tipo a gabbia in cortocircuito con ventilazione esterna. **Energeticamente efficiente** (classe I), tale motore ha una **protezione IP55**, isolamento in **classe F fino a 155°C** e certificazione di **conformità alla norma EN 60034-1**. La parte idraulica viene mantenuta in posizione tra il coperchio superiore e il corpo pompa mediante tiranti.

QUADRO DI CONTROLLO

Il quadro di controllo, ospitato in un **armadio a bordo skid**, contiene tutta l'elettronica di **controllo, supervisione, automazione e comunicazione** del modulo ORC. Dotato di un **pannello di controllo locale touch-screen** oltre ad un' **interfaccia di controllo remota**, contiene tutta l'elettronica di **gestione di processo**, incluso il **controllo di pressioni e temperature** ed i sistemi di **gestione allarmi** con messaggistica in italiano. Il pannello di controllo include un **modem router cellulare** che consente un controllo remoto via internet protetto da password con vari livelli e policies di utilizzo.

INVERTER E RESISTENZE DI FRENATURA

Un ulteriore **armadio a bordo skid** contiene la circuiteria del **modulo convertitore di potenza (inverter)** che si occupa di adattare tensione, fase e frequenza dell'energia generata prima di inoltrarla al quadro di **interfaccia verso la rete elettrica**, che comprende la protezione da basse tensioni.

Il modulo viene fornito completo di **un banco di resistenze di frenatura** calibrate sull'energia erogata, sulle quali l'inverter devia per dissiparla l'energia generata durante gli arresti di emergenza, quando per ragioni di sicurezza lo skid viene completamente isolato dalla rete.

IN BREVE

Scambiatori a piastre saldobrasati, compatti ed efficienti

Ampio polmone di fluido di lavoro

Pompa di ricircolo ad alta efficienza

Sistema di controllo completamente automatizzato

Funzionamento senza operatore

Quadro di controllo touch-screen

Controllo remoto via internet mobile

Inverter e quadro di parallelo integrati sullo skid

Sistema completo di banco resistenze di frenatura

IN BREVE

Versione standard
per installazione
al chiuso

Dimensioni skid:
550 x 250 cm
h 320

Area ideale di
installazione:
850 x 550 cm
h 470

Peso:
ca. 6.5 t

Disponibile in
versione cabinata
per esterni

Eseguitibile
a richiesta
in misure custom

DIMENSIONI DEL SISTEMA

Il modulo è montato su un **telaio aperto autoportante** ("skid") pronto per la connessione a fonte di calore e sistema di raffreddamento tramite **flange DN100 PN16**, il quale **ospita tutti i principali componenti termodinamici** ed i pannelli elettrici e di controllo, eccetto il **banco resistenze di frenatura**, fornito in un armadio separato per una più facile installazione.

Dimensioni e pesi dati qui si riferiscono alla **versione standard per uso al coperto**.

Nel pianificare l'area d'installazione, considerare che **è richiesto uno spazio libero - idealmente di almeno 1.5 m** - tutt'attorno ed al di sopra dello skid per un agevole accesso manutentivo.

Zuccato Energia, in quanto sviluppatore e produttore, può anche costruire su richiesta lo skid con dimensioni, cabinature e punti di lavoro personalizzati su misura per le esigenze del cliente.

ZE -100- ULH VERSIONE CUSTOM

ZE-100-ULH può anche essere fornito in una versione "custom" dal diverso punto di lavoro, che differisce dalla versione standard nelle seguenti specifiche, ferme restando tutte le altre:

CARATTERISTICHE GENERALI	
Potenza termica in ingresso	1 300 kW _T
Potenza elettrica in uscita	88 kW _E
Efficienza	7%
FLUIDO VETTORE	
Portata nominale fluido vettore	38,74 Kg/s
CONDENSER	
Potenza termica dissipata	6,18 Kg/s
Temperatura acqua condensatore (in/out)	35°C / 45°C
Portata nominale circuito condensatore	28.76 Kg/s
FLUIDO DI LAVORO	
Portata massica di vapore organico	8.04 Kg/s
GENERATORE	
Potenza in uscita	88 kW _E
Velocità di rotazione	12...18 kRpm

CONTATTI ZUCCATO ENERGIA

Street Address: Via della Consortia,2 - 37127 Verona (Italy)

Phone : +39 045 8378 570 - **Facsimile:** +39 045 8378 574

E-Mail: info@zuccatoenergia.it - **Website :** <http://www.zuccatoenergia.it>

Office Hours : Monday to Friday, 8:30 to 12:30 and 14:30 to 18:30 CET

È STATO FATTO IL POSSIBILE PER FAR SI CHE I DATI CONTENUTI IN QUESTO DOCUMENTO FOSSERO CORRETTI ED AGGIORNATI.

CI NONOSTANTE, ESSI DEVONO ESSERE CONSIDERATI COME PURAMENTE INDICATIVI, NON CONTRATTUALMENTE VINCOLANTI E SOGGETTI A CAMBIAMENTO SENZA PREAVVISO.

© 2019 ZUCCATO ENERGIA SRL
ALL RIGHTS RESERVED

IDENTIFICATIVO DOCUMENTO :
ZE SK 100 ULH C 190320 IT

