

# SCHEDA PRODOTTO

MODULO DI COGENERAZIONE DI  
ENERGIA ELETTRICA E TERMICA DA  
**175 KW<sub>E</sub> / 105 KW<sub>E</sub> + 1.1 MW<sub>T</sub>**  
A CICLO RANKINE ORGANICO A BASSA TEMPERATURA

**ZE-175-CHP**  
*"Twin"*



VIA DELLA CONSORTIA 2  
37127 VERONA - ITALY  
TEL +39 045 8378 570  
FAX +39 045 8378 574  
[WWW.ZUCCATOENERGIA.IT](http://WWW.ZUCCATOENERGIA.IT)  
[INFO@ZUCCATOENERGIA.IT](mailto:INFO@ZUCCATOENERGIA.IT)

### 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 (LT-ORC)** e può essere riassunta nello schema in Figura 1.

Una sorgente di calore [1] riscalda attraverso un **circuito chiuso ad acqua calda** ed uno scambiatore primario, detto anche **evaporatore** [2], un particolare fluido di lavoro, posto all'interno di un circuito chiuso ORC.

Tale fluido organico, completamente biodegradabile ed atossico, entra in ebollizione nell'evaporatore a temperature di gran lunga inferiori a quella di ebollizione dell'acqua diventando un **gas ad alta pressione** la cui espansione muove una **turbina** [3] appositamente costruita e dimensionata.

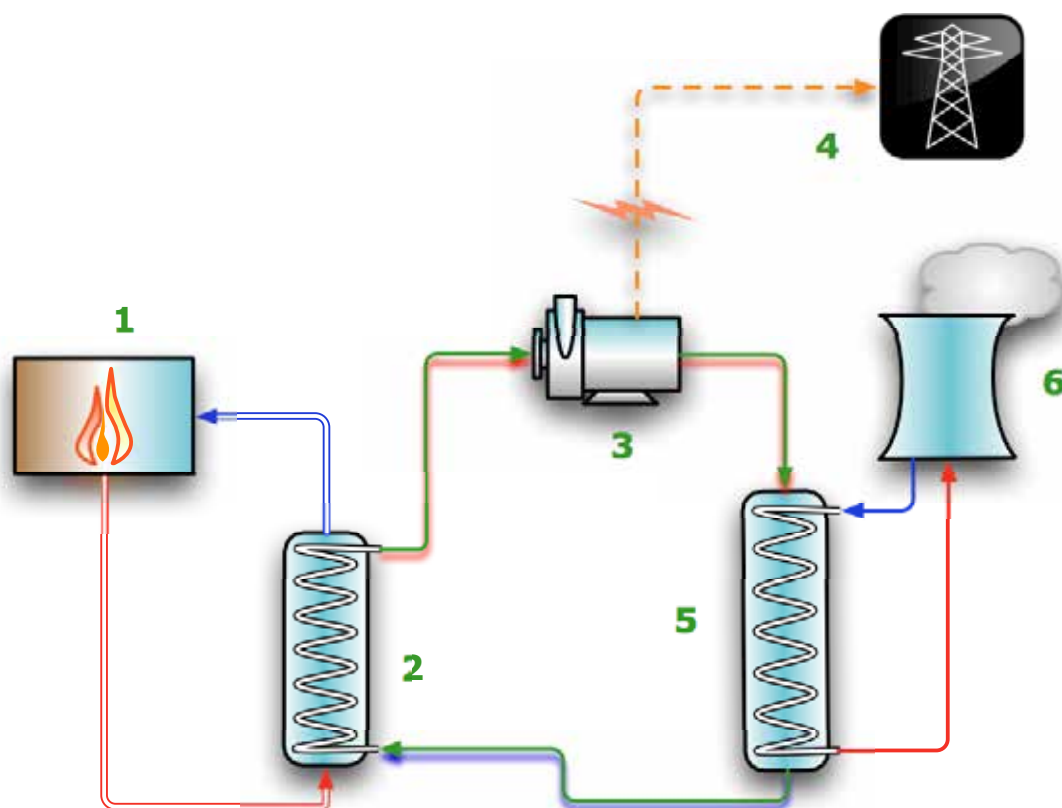
La rotazione ad alta velocità dell'albero turbina trascina con sé il rotore di un **generatore direttamente calettato su di esso**, producendo elettricità [4] che può essere sia auto-consumata sia immessa in rete previa **sincronizzazione in fase, frequenza e tensione con la corrente di rete** esistente tramite un circuito detto inverter.

All'uscita della turbina il fluido di lavoro, ancora in forma gassosa, viene portato ad un **condensatore** [5] dove cede il calore in eccesso e ritorna ad essere un liquido che viene raccolto in un apposito serbatoio. Il liquido è quindi ora pronto per essere nuovamente **reimpresso da una pompa nello scambiatore primario** per completare così il circuito chiuso.

Il calore in eccesso rilasciato nel condensatore rappresenta 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



Il sistema ZE-175-CHP è un sistema di **generazione combinata di calore ed elettricità** altamente versatile, che consente l'uso in modalità cogenerativa con una elevata temperatura di uscita (80°C uscita/60°C ingresso). Al tempo stesso esso dà all'utente – qualora stagionalmente non necessari del calore prodotto dalla cogenerazione – **la possibilità di commutare il sistema in modalità non cogenerativa in pochi minuti con poche semplici operazioni**, ottenendo un rendimento ancora maggiore e la massima potenza elettrica in uscita.

## TECNOLOGIA INNOVATIVA

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 che utilizza uno speciale fluido di lavoro in grado di offrire migliori rendimenti ed una serie notevole di 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'utilizzo anche di economici condensatori ad aria;
- Fluido di lavoro completamente asciutto, quindi nessuna erosione delle pale della turbina e quindi il sistema ha un'**alta affidabilità, contenuti costi di manutenzione** e necessita di **pochi controlli**;
- Basse pressioni operative (massimo 20 bar), ovvero maggior sicurezza, minori problemi normativi e minori costi impiantistici;
- Nessuno scarico in atmosfera (lavora in ciclo chiuso);

Inoltre, dal punto di vista ecologico, il fluido organico utilizzato nel circuito chiuso è "ozone-friendly", atossico e completamente biodegradabile.

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

- **Accoppiamento diretto della turbina all'alternatore**, che elimina gli attriti di eventuali riduttori di velocità;
- **Utilizzo di cuscinetti ceramici** che prolungano la vita operativa e consentono il funzionamento ad elevati regimi di rotazione;
- **Impiego di inverter progettati e dimensionati appositamente** per ogni taglia di turbina allo scopo di immettere in rete l'energia elettrica con un rendimento di conversione ottimale.

Questa tecnologia innovativa è ormai ampiamente collaudata con successo da numerosi impianti sul territorio italiano, in microcentrali ad olio vegetale, impianti a biomassa ed a biogas, centrali termiche di hotel e sistemi di teleriscaldamento comprensoriali.



Tutti i sistemi Zuccato Energia sono dotati di sistemi di telecontrollo e teleriduzione che consentono una costante monitoraggio ed un intervento in tempo reale in caso di malfunzionamento tramite la rete cellulare 3G / GPRS / EDGE ed un dispositivo con accesso ad Internet (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

### 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'efficientamento di  
motogeneratori

Recupero termico da  
motori navali

Recupero termico da  
processi industriali

Impianti solari  
termodinamici  
ibridi

Impianti geotermici

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.



**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)



**Benneckestein (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)

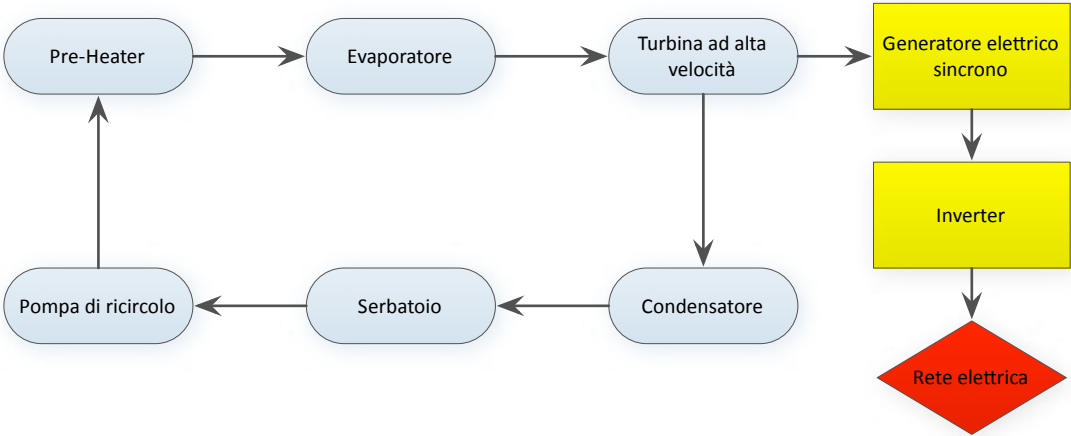


**Borgoforte (MN)** - Recupero termico da camicie e fumi di scarico di gensets a biogas

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](http://www.zuccatoenergia.it).

# COMPONENTI DEL CIRCUITO ORC

Oltre al fluido di lavoro precedentemente menzionato, il modulo di produzione energetica si compone di vari elementi , elencati nello schema a blocchi sottostante.



## IN BREVE

Design semplice e diretto

Componentistica ad alta efficienza

Fluido vettore sicuro ed ecologico (acqua surriscaldata)

- **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 ;
- **Rigeneratore** : pre-preriscalda il fluido di lavoro usando parte del calore del fluido stesso in uscita dalla turbina al fine di aumentare l’efficienza energetica;
- **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 in forma 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	1280 kW <sub>T</sub>
Temperatura fluido vettore (in/out)	≥ 160°C / 140°C
Portata massima fluido vettore	14,88 kg/s

CONDENSATORE	
Potenza termica da dissipare (Mod. Standard/Cogenerativa)	1075 / 1157 kW <sub>T</sub>
Temp. acqua uscita condensatore (Mod. Standard/Cogenerativa)	36°C / 80°C
Temp. acqua ingresso condensatore (Mod. Standard/Cogenerativa)	26°C / 60°C
Portata acqua circuito condensazione (Mod. Standard/Cogenerativa)	25,69 / 13.82 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 di lavoro** descritto nella pagina successiva.

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

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 **acqua surriscaldata** a 160°C - ossia acqua al di sopra del punto di ebollizione ma mantenuta liquida dalla pressione.

## 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** ( $\leq 20$  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, atossica ed ininfiammabile di HFC ecocompatibili
Range di lavoro	60-165°C
Temperatura di condensazione	~33°C @ 1bar
Pressioni operative	max. 20 bar
Portata massica di vapore organico	~ 7.8 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)	145°C / ~ 100°C
Pressione di stadio	PS 16 (collaudato fino a 24 bar)
Materiali	Acciaio monolitico (corpo)/Alluminio (girante)
Controllo di velocità	Anello di retroazione sulla corrente in uscita
Guarnizioni e tenute	Labirinto sigillato su retro girante ed (opz.) all'interfaccia con il generatore. <i>Verso l'esterno:</i> Guarnizioni statiche, O-rings

GENERATORE	
Tipo	Sincrono a magneti permanenti
Potenza in uscita nominale	180 kW <sub>E</sub> / 105 kW <sub>E</sub> (Mod. Standard/Cogenerativa)
Velocità di rotazione	15.000 Rpm (12...18 kRpm)
Tensione	503- 577 VAC @ 500Hz
Raffreddamento	Camicia ad acqua, dissipazione 15 kW <sub>T</sub>
Fluido refrigerante	Acqua / glicole, T <sub>IN</sub> < 40°C, portata 30 l/min

CONVERTITORE DI POTENZA (INVERTER)	
Tipo	IGBT sincronizzato alla rete, raffredd. ad aria
Potenza in uscita alla rete	175 kW <sub>E</sub> / 105 kW <sub>E</sub> (Mod. Standard/Cogenerativa)
Tensione e frequenza	Da 380 a 480 V trifase, 50/60Hz
Temperatura ambiente max accettabile	40°C
Chopper di frenatura	Incluso, 180 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 **175 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 sistema incorpora a bordo skid il **banco di resistenze di frenatura** sui 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

Banco resistenze di frenatura d'emergenza incluso



## DIMENSIONI DELLO SKID

### IN BREVE

Versione standard  
per installazione  
al chiuso

Ingombro skid:  
495 x 215 cm  
h 280

Area necessaria:  
800 x 515 cm  
h 410

Peso:  
circa 6.5 t

Trasportabile su  
autocarro a pianale  
ribassato

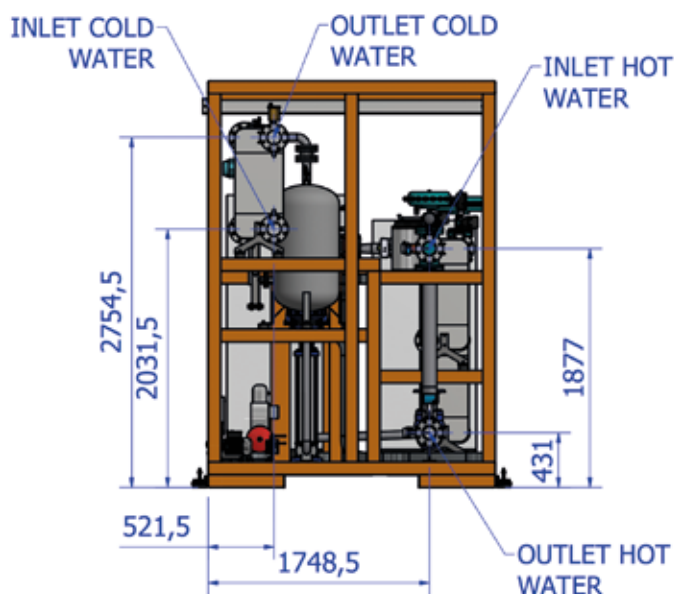
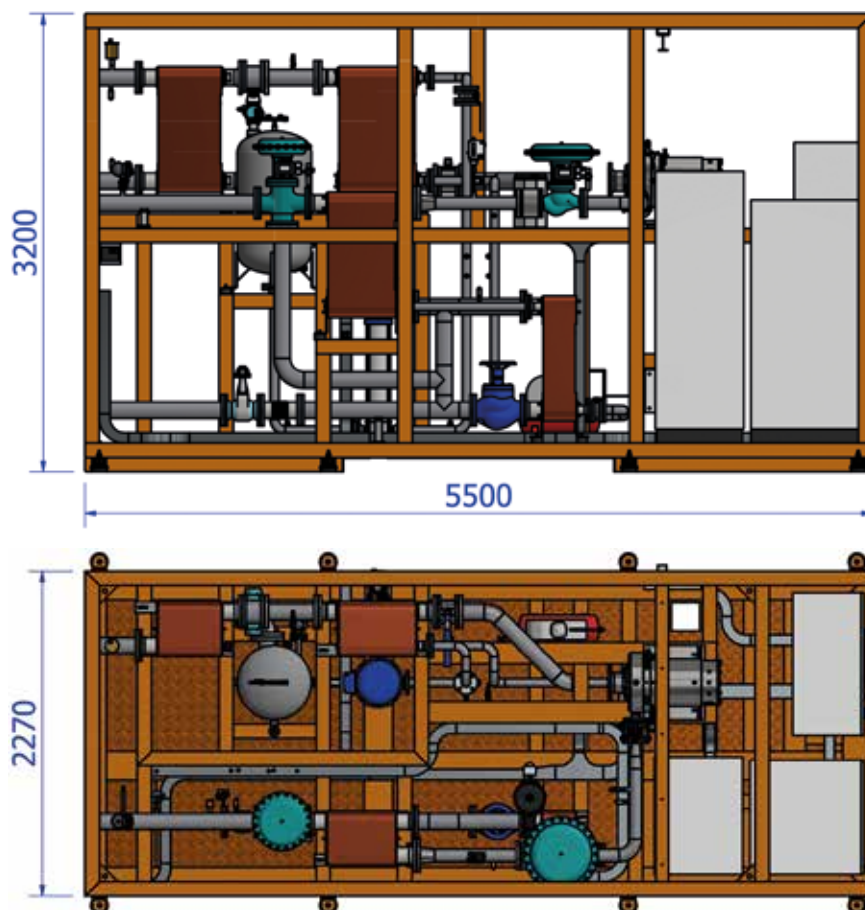
Disponibile in  
versione cabinata  
per esterni

Eseguibile  
a richiesta  
in misure custom

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**.

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.



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

CIONONOSTANTE, 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 :  
SK 175 CHP 190705 IT

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.