

LA TECNOLOGIA ORC PER IMPIANTI CSP DI PICCOLA E MEDIA TAGLIA

Diego Maria Albrigo
TURBODEN S.r.l.

La tecnologia ORC ha dimostrato di essere un prodotto industriale affidabile in applicazioni di produzione distribuita di energia, quali centrali a biomassa, recupero di calore e geotermia.

La semplicità d'uso e la flessibilità dell'ORC, insieme alle elevate performance ottenute negli impianti citati, configurano la tecnologia Turboden come la più adatta anche per gli impianti CSP di piccola media taglia.

Gli impianti CSP sono tradizionalmente stati sviluppati con l'impiego di turbine a vapore, adatte alle grandi potenze: ora che la produzione distribuita è sempre più importante e sostenuta dai governi attraverso politiche incentivanti alle energie rinnovabili, insieme alla difficoltà di trovare terreni tanto grandi da ospitare campi solari che alimentano turbine da centinaia di MW, l'ORC Turboden trova facilmente la sua posizione in impianti da 1-5 MWel, portando anche in questa applicazione tutti i vantaggi dimostrati nelle altre applicazioni.

La variabilità intrinseca della fonte solare e quindi della sorgente termica che alimenta il turbogeneratore diventa facilmente gestibile utilizzando un ORC: l'ORC non solo riesce ad adattare il ciclo termodinamico velocemente e facilmente, ma tollera anche un regime di frequenti on/off in cui la macchina gestisce in maniera autonoma le fasi di accensione e spegnimento. La stessa variabilità di input è infatti quella tollerata da turbogeneratori ORC che recuperano calore di scarto da processi industriali in cui, per definizione, la fonte termica dipende dal carico di produzione della linea produttiva.

L'elevata flessibilità che risiede nell'ORC apre la strada a diverse configurazioni di impianti termodinamici, risultato di diverse combinazioni di tipi di fluidi termovettori, accumulo e collettori solari.

Gruppo per la storia dell'energia solare (GSES, www.gses.it)

Incontro dibattito presso Museo dell'Industria e del Lavoro di Brescia, Rodengo Saiano

Via del Commercio 18 - 25050 Rodengo Saiano - Brescia

“Storia e attualità del solare termodinamico con il contributo italiano”

venerdì 10 ottobre 2014



clean energy ahead[®]
TURBODEN
a group company of  **MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**

L'Azienda e il Solare Termodinamico

Chi siamo



Turboden è leader europeo nella produzione di turbogeneratori ORC per la generazione di energia elettrica e calore da fonti rinnovabili e da recupero di calore da processi industriali.

La società è stata fondata nel 1980 a Milano dall'Ing. Mario Gaia, Professore Associato di Termodinamica coinvolto nella ricerca sulle tecnologie per l'energia rinnovabile e, in particolare, nello studio dei sistemi ORC (da Organic Rankine Cycle) presso il Politecnico di Milano. Attualmente è *Honorary Chairman* di Turboden e alcuni dei suoi studenti più brillanti sono figure chiave all'interno della società.

Fin dagli anni della sua fondazione, la realizzazione di turbogeneratori basati sulla tecnologia ORC per produrre energia elettrica da fonti rinnovabili e da calore di scarto è stata per Turboden un'autentica vocazione e costituisce l'elemento principale della propria **mission**.

Nel 2009 entra a far parte di UTC Corp., leader mondiale nella progettazione, costruzione e manutenzione di motori per aviazione, sistemi di propulsione spaziale e turbine a gas industriali, per sviluppare soluzioni basate su tecnologia ORC per la generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili e da recupero calore in tutto il mondo.

Nel 2013 UTC esce dal mercato dell'energia, sottoscrivendo un'alleanza strategica con Mitsubishi Heavy Industries.

Nel 2013 Mitsubishi Heavy Industries acquisisce Pratt & Whitney Power Systems (oggi PW Power Systems) e l'affiliata **Turboden**.

Oggi MHI, con Turboden e PW Power Systems, sarà in grado di fornire una gamma ancora più ampia di prodotti e servizi per i sistemi di generazione termica ed elettrica.

Nel 2013 Turboden certifica il proprio Sistema di Gestione per la Qualità secondo ISO 9001:2008.



Oltre 30 anni di esperienza

- Prof. Mario Gaia matura esperienza nel campo degli ORC all'interno del suo gruppo di ricerca presso il *Politecnico di Milano*

- 1976 – primo prototipo di ORC per solare termodinamico

- Turboden installa impianti ORC a biomassa, soprattutto in Austria, Germania e Italia

- Turboden progetta di entrare in nuovi mercati, con un focus sul Nord America

- Prime applicazioni di recupero calore

- MHI acquisisce la maggioranza di Turboden. Gli azionisti italiani rimangono alla guida dall'azienda

- Oggi – Più di 280 impianti ORC nel mondo, 235 in marcia



'60-'70

1980-1999

2000-2009

2009-2013

2013...

- 1980 – Prof. Mario Gaia fonda Turboden per produrre e realizzare turbogeneratori ORC

- Turboden sviluppa progetti di ricerca nelle applicazioni solare, geotermia e recupero di calore

- 1998 – Primo impianto ORC a biomassa in Svizzera (300 kW)

- **2009 – Turboden raggiunge i 100 impianti venduti**

- United Technologies Corp. (UTC) acquisisce la maggioranza delle quote di Turboden. PW Power Systems supporta Turboden in nuovi mercati fuori dall'Europa

- UTC esce dal mercato dell'energia, sottoscrivendo un'alleanza strategica con **Mitsubishi Heavy Industries**

- PW Power Systems diventa una società del Gruppo MHI

Oltre 30 anni di esperienza



1984 – Turbogeneratore ORC 40 kW_{el} per applicazione solare a Perth, Australia



1987 – Turbogeneratore ORC a biomassa da 3 kW_{el}, Milano



1988 – Impianto geotermico ORC da 200 kW_{el} in Zambia



2008 – Turbogeneratore ORC per recupero calore da 3 MW, Belgio



2009 – Primi 100 impianti e 100MW_{el} installati



2010 – Primo impianto oltreoceano



2014 – Oltre 280 impianti ORC nel mondo

Impianti ORC Turboden nel mondo

AUSTRALIA 1 biomass 1 heat recovery geothermal	AUSTRIA 62 biomass 30 heat recovery 1 geothermal 1	BELARUS 4 biomass 4 heat recovery geothermal	BELGIUM 1 biomass heat recovery geothermal waste to energy 1	BULGARIA 1 biomass 1 heat recovery geothermal	CANADA 6 biomass 5 heat recovery 1 geothermal	CROATIA 5 biomass 5 heat recovery geothermal
CZECH REP 3 biomass 3 heat recovery geothermal	DENMARK 1 biomass 1 heat recovery geothermal	ESTONIA 2 biomass 2 heat recovery geothermal	FINLAND 3 biomass 2 heat recovery geothermal waste to energy 1	FRANCE 3 biomass 1 heat recovery geothermal 1 waste to energy 1	GERMANY 62 biomass 74 heat recovery 4 geothermal 4	GREECE 1 biomass 1 heat recovery geothermal
INDONESIA 1 biomass 1 heat recovery geothermal	ITALY 77 biomass 65 heat recovery 8 geothermal 1 solar thermal power 1 waste to energy 2	JAPAN 1 biomass heat recovery geothermal 1	LATVIA 13 biomass 13 heat recovery geothermal	MOROCCO 1 biomass heat recovery 1* geothermal solar thermal power 1*	NETHERLANDS 1 biomass 1 heat recovery geothermal	POLAND 11 biomass 11 heat recovery geothermal
ROMANIA 4 biomass 2 heat recovery 2 geothermal	RUSSIA 9 biomass 6 heat recovery 3 geothermal	SINGAPORE 1 biomass heat recovery 1 geothermal	SLOVAKIA 2 biomass 1 heat recovery 1 geothermal	SLOVENIA 1 biomass 1 heat recovery geothermal	SPAIN 7 biomass 7 heat recovery geothermal	SWEDEN 1 biomass 1 heat recovery geothermal
SWITZERLAND 6 biomass 6 heat recovery geothermal	TURKEY 4 biomass 2 heat recovery geothermal waste to energy 2	UNITED KINGDOM 3 biomass 3 heat recovery geothermal	UNITED STATES 1 biomass heat recovery geothermal waste to energy 1			

BIOMASS	HEAT RECOVERY	GEOTHERMAL	SOLAR	WASTE TO ENERGY
in operation 206	in operation 16*	in operation 6	in operation	in operation 6
under construction 44	under construction 6	under construction 2	under construction 2*	under construction 2
TOTAL 250	TOTAL 22	TOTAL 8	TOTAL 2	TOTAL 8

TOTAL PLANTS
in operation 234
under construction 55
TOTAL 289

*Hybrid Heat Recovery and Solar Thermal Power plant

Cosa facciamo



Biomassa



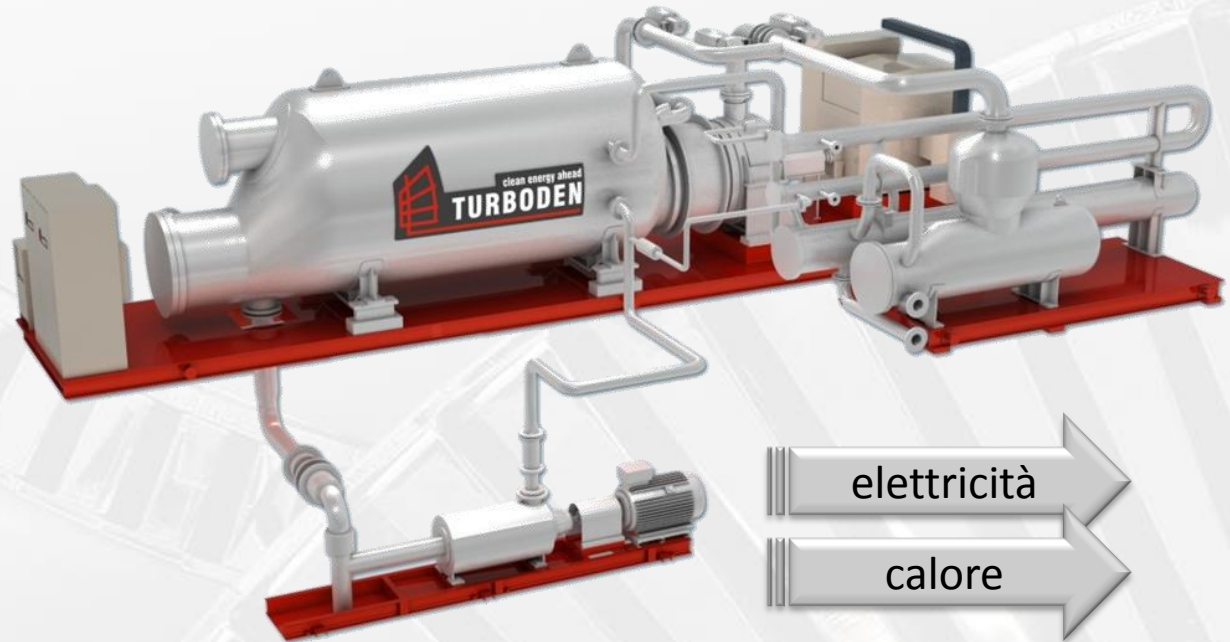
Recupero
Calore



Geotermia



Solare
Termodinamico



Turboden progetta e sviluppa turbogeneratori basati sulla tecnologia ORC (Organic Rankine Cycle) per la produzione di energia elettrica e termica partendo da varie fonti rinnovabili e dal calore di scarto, particolarmente indicati per la generazione distribuita.

- **unità standard** da 200 kW a 10 MW
- **soluzioni personalizzate** fino a 15 MW



Il Mercato dell'Energia Solare

L'energia solare può essere sfruttata attraverso diverse tecnologie. Ognuna di queste copre la parte di mercato dove apporta i maggiori benefici in termini di costo/efficienza.

Gli ORC Turboden trovano la loro collocazioni nel settore delle applicazioni industriali tra 1 e 10 MWeI.

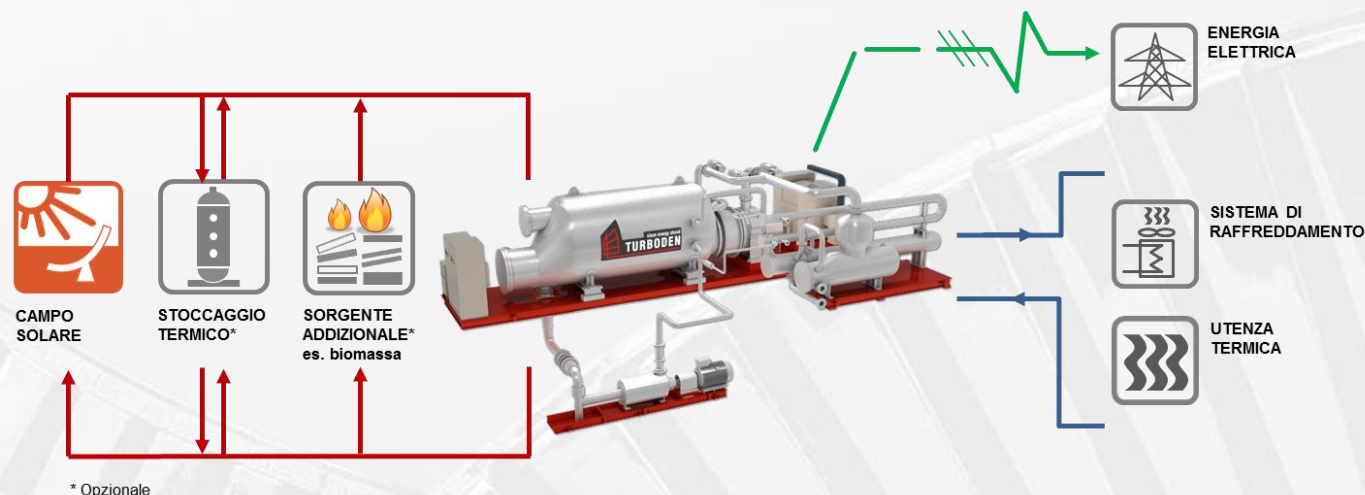




Impianto Solare Termodinamico con ORC

Il modulo ORC utilizza un **fluido organico per azionare la turbina** anziché il tradizionale vapore ad alta pressione.

Il risultato è un impianto CSP **affidabile, efficiente** e di **facile gestione**.



Punti di forza dell'ORC negli impianti CSP

Efficienza elettrica fino al 26%

Capacità di adattarsi alle variazioni di carico facilmente e rapidamente

Possibilità di operare a carico parziale fino al 10% dell'potenza termica entrante a carico nominale

Possibilità di condensatore direttamente ad aria, senza consumo di acqua

Generatore sincrono od asincrono

Controllo remoto
Operatore in sito non necessario

O&M contenuti

Facilità di ibridizzazione con biomassa e impianti a recupero di calore

Possibilità di essere accoppiato a concentratori solari a basso costo

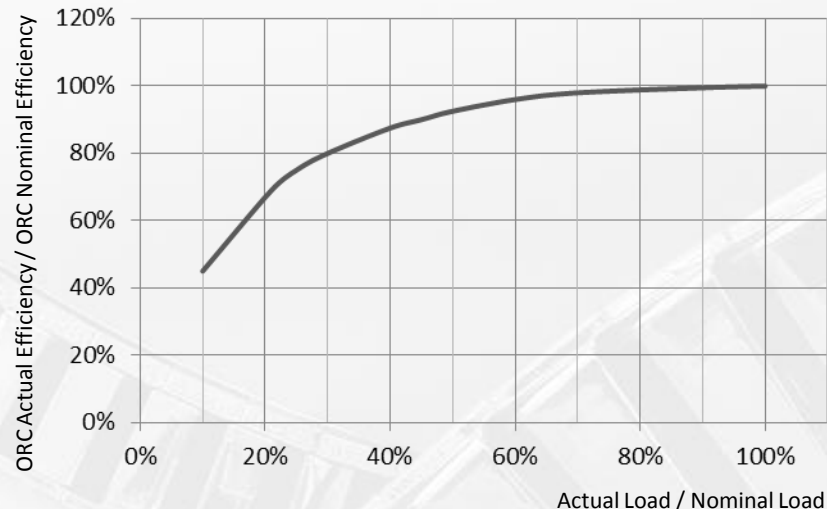
Possibilità di utilizzo di oli minerali/sintetici o vapore saturo come fluido termovettore



Flessibile ed Automatico

“
*Uno dei punti
chiave nel
successo
della
tecnologia
ORC è la sua
capacità di
adattarsi alle
variazioni di
carico
termico
facilmente e*
”
rapidamente

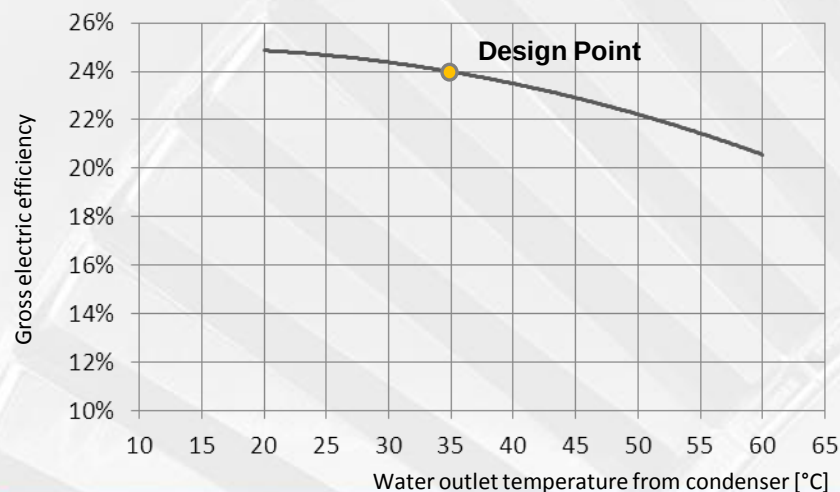
Efficienza dell'ORC a carico parziale



Funzionamento a carico parziale
fino al 10% del carico nominale

L'ORC mantiene il 90%
dell'efficienza del ciclo fino al 50%
del carico termico entrante

Effetto della temperatura dell'acqua di raffreddamento sull'efficienza dell' ORC*

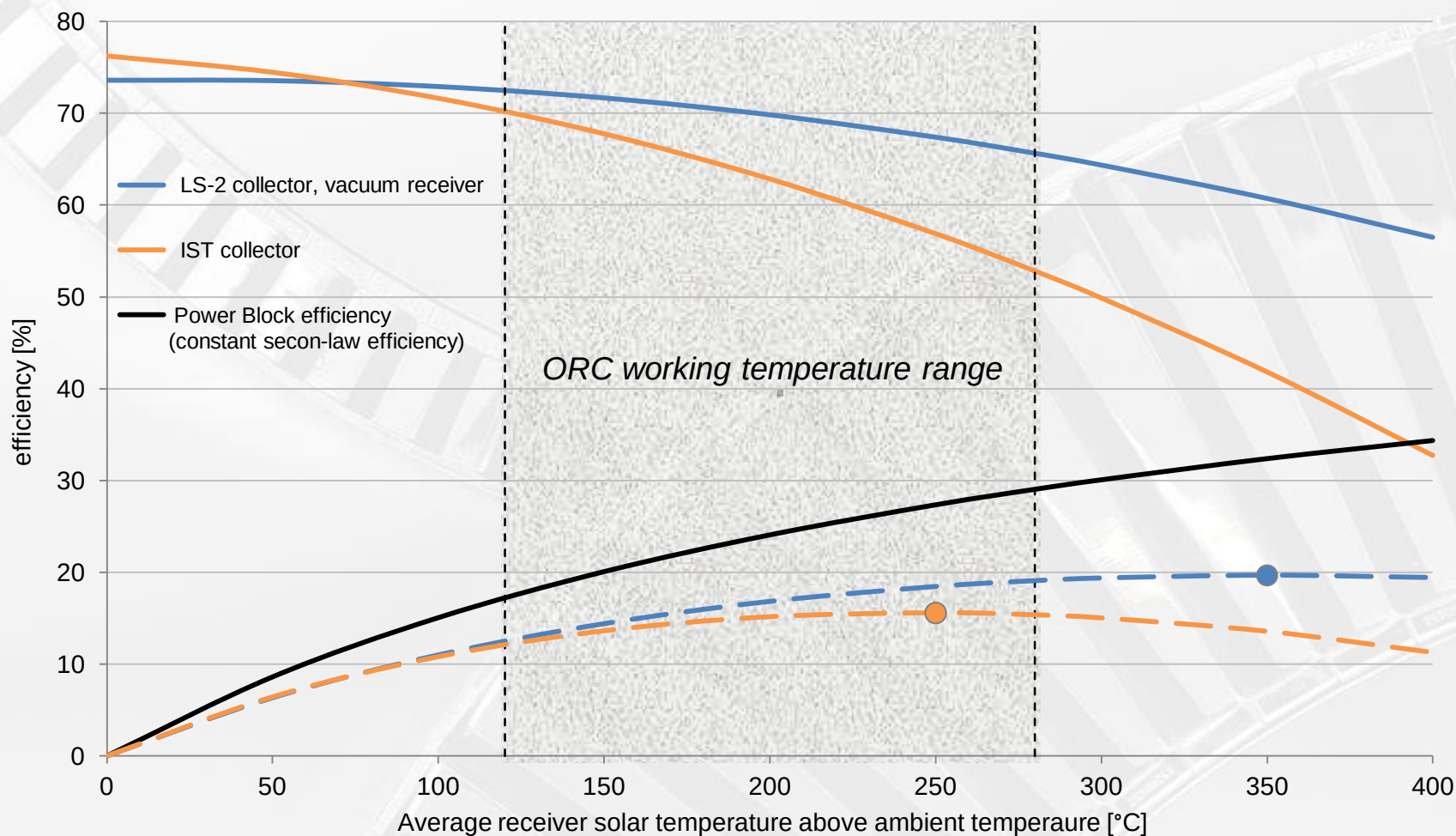


Gli ORC Turboden si adattano
automaticamente alle variazioni
di temperatura ambientale

* Moduli HRS



Impianto Solare Termodinamico con ORC



Prestazioni calcolate con: Radiazione solare diretta = 800 W/m^2 , Angolo d'incidenza = 0°
Curve di efficienza dei collettori solari da SANDIA Reports



Diversi Fluidi Termovettori

Collettori parabolici con olio diat.



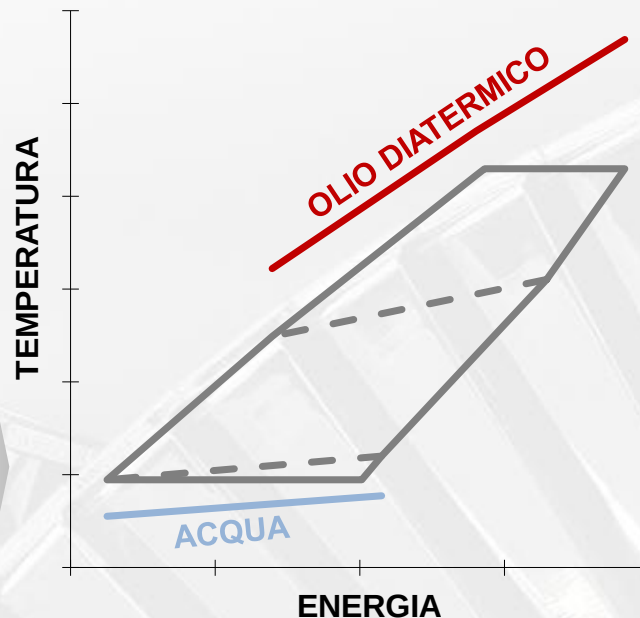
Figura 1: Collettori solari Eurotrough

Specchi Fresnel con olio diat.



Figure 2: Collettori solari Fresnel FERA

Soluzione Turboden



Un circuito ad olio diatermico (minerale o sintetico) con temperature massime tra **260 e 310 C** alimenta un modulo ORC **Turboden HR** (efficienza elettrica 20%) o un modulo **Turboden HRS** (efficienza elettrica 25%).

Funzionamento a carico parziale fino al 10% della potenza termica nominale

- Olio minerale o sintetico non nocivo
- Olio diatermico utilizzabile anche come mezzo di accumulo termico
- Possibilità di aumentare le ore equivalenti di funzionamento con l'implementazione di sistemi di stoccaggio
- Fluido termovettore non pressurizzato
- ORC ad alta efficienza



Diversi Fluidi Termovettori

Collettori lineari Fresnel DSG



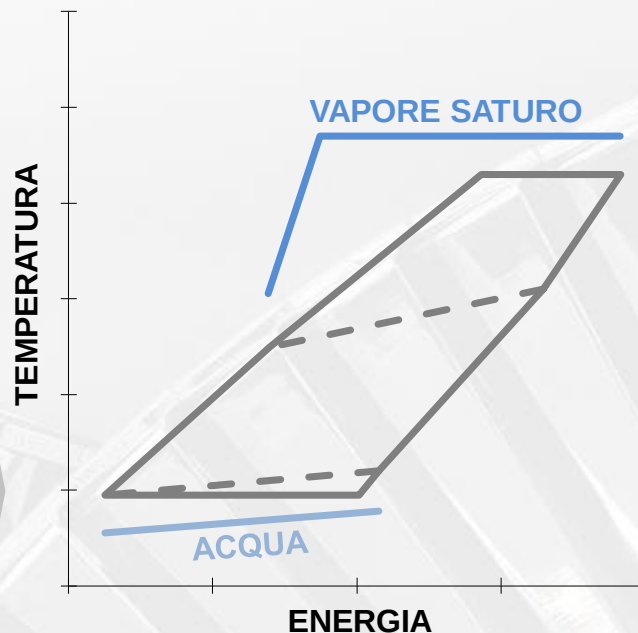
Figura 3:: Collettori Fresnel AUSRA

Collettori parabolici DSG



Figura 4: Collettori solari Solarlite

Soluzione Turboden



Vapore saturo a
~20 barA può
alimentare un modulo
Turboden HR
(efficienza elettrica
20%)

Vapore saturo a
~60-70 barA può
alimentare un modulo
Turboden HRS
(efficienza elettrica
24%)

- Configurazione impiantistica semplice
- Minori CAPEX
- Basso impatto ambientale
- Possibilità di operare a carico parziale con vapore saturo a pressioni anche inferiori a 5 barA



Referenza 1

Cliente:
Italcementi Group

Sito di installazione:
Ait Baha, Marocco

DNI:
2.400 kWh/m²_anno

Modulo Turboden:
Turboden 18 HR (2 MW_{el})



Figura 5



Figura 6

Figura 5: Turboden 18 HR presso l'impianto di Ait Baha

Figura 6: struttura in cemento dei collettori Airlight

Figura 7: vista dello stabilimento Italcementi ad Ait Baha e campo solare



Figura 7

Tipo di impianto:

Ibrido – collettori solari con stoccaggio termico combinati con recupero del calore di scarto dal processo produttivo del cementificio

Caratteristiche campo solare:

Sup. Captante: 6.159 m²

Nr. di stringhe: 3

Lunghezza stringhe: 215 m

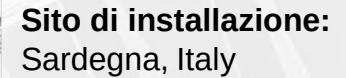
Potenza termica: 4 MW_{th}

Capacità stoccaggio: 12 h

Fluido termovettore: aria



Sardegna 600 kW



Tipologia impianto:
Solare con accumulo diretto a due serbatoi

Modulo Turboden:
Turboden 6 HR (640 kW_{el})

Campo solare:
FERA Fresnel collector

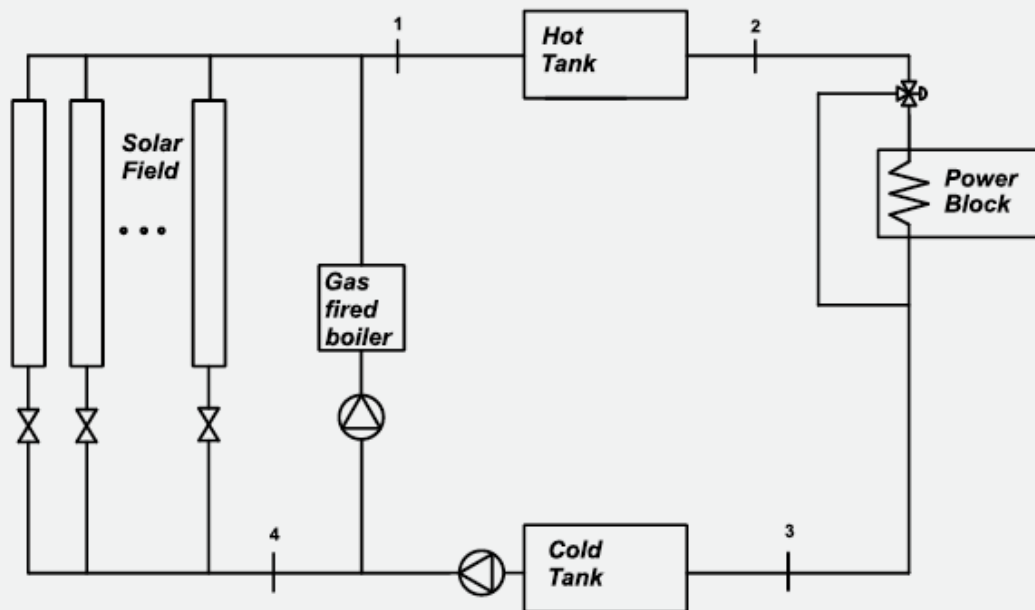
Caratteristiche impianto
 Sup. Captante: 10.000 m²
 Potenza termica: 6 MW_{th}
 Capacità stoccaggio: 4,5 h
 Mezzo di accumulo: olio
 Fluido termovettore: olio

Figura 8: Layout preliminare impianto solare



Referenza 3

Sicilia 1 MW



Sito di installazione:

Sicilia, Italy

Tipologia impianto:

Solare con accumulo diretto a due serbatoi, integrazione con caldaia a gas

Modulo Turboden:

Turboden 12 HRS (990 kW_{el})

Caratteristiche impianto

Sup. Captante: 8.000 m²

Potenza termica campo solare: 4 MW_{th}

Potenza termica caldaia gas: 3 MW_{th}

Capacità stoccaggio: 1 h

Mezzo di accumulo: olio

Fluido termovettore: olio

Il modulo Turboden HRS è alimentato con olio diatermico a circa 300 °C (punto 2). L'olio diatermico, dopo aver ceduto energia termica all'ORC, torna al campo solare a circa 200 °C (punto 4).

La caldaia a gas posta in serie al campo solare integra la potenza termica all'ORC nei periodi di scarsa insolazione



Figura 9: modulo ORC ad alta efficienza, Turboden 12 HRS

Grazie per l'attenzione