



CONFINDUSTRIA  
Sardegna Meridionale  
Cagliari, Carbonia-Iglesias e Medio Campidano

Efficienza Energetica, il forziere  
nascosto dell'industria sarda

# Il Solare Termodinamico per la Produzione di Energia Elettrica e Calore a Media Temperatura

**Prof. Daniele Cocco**

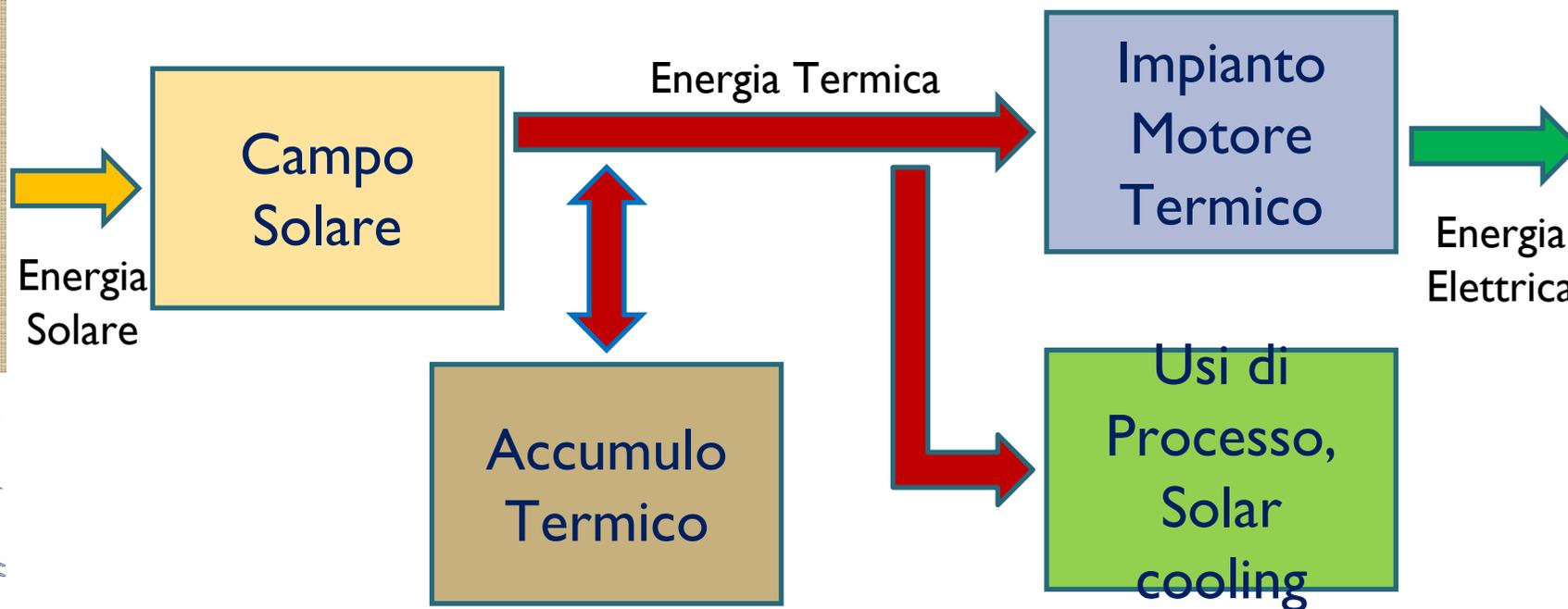
*Dipartimento di Ingegneria Meccanica,  
Chimica e dei Materiali, Università di Cagliari*

**DIMCM**

*Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali*

## Il Solare a Concentrazione

- La tecnologia del solare a concentrazione consente di convertire l'energia solare in **energia termica** a media e alta temperatura (da 150 °C a oltre 500 °C).
- L'energia termica può essere convertita in **energia elettrica** attraverso un ciclo termodinamico, oppure utilizzata per impieghi **industriali o solar cooling**, con l'ausilio di un eventuale **accumulo termico**.



## La produzione attuale di energia solare

Potenza Efficiente Lorda (MW)	2008	2009	2010	2011 <sup>1</sup>
Idraulica				
Eolica				
<b>Solare<sup>2</sup></b>				
Geotermica				
Bioenergie <sup>3</sup>				
<b>Totale FER</b>				
<b>Produzione Lorda (MWh)</b>				
Idraulica				
Eolica				
<b>Solare</b>	193	676	1.906	10.730
Geotermica	5.520	5.342	5.376	5.650
Bioenergie <sup>3</sup>	5.966	7.557	9.440	11.320
<b>Totale FER</b>	<b>58.164</b>	<b>69.255</b>	<b>76.964</b>	<b>84.190</b>

### Contatore fotovoltaico

#### Totale conto energia

Impianti in esercizio: **444.644**  
Potenza (kW): **15.550.643**  
Costo annuo (€): **6.346.248.418**



La produzione di **energia elettrica** da fonte solare si è finora sviluppata solo attraverso il **fotovoltaico**, che si è diffuso enormemente negli ultimi anni grazie ai consistenti incentivi del **Conto Energia**.

## La produzione attuale di energia solare



Il mercato del **solare termico** negli ultimi anni è invece sostanzialmente stagnante. Peraltro, gran parte della potenza installata è relativa a sistemi a bassa temperatura per applicazioni in ambito civile, mentre **le applicazioni in ambito industriale sono molto limitate.**

## Le potenzialità dell'energia solare in ambito industriale

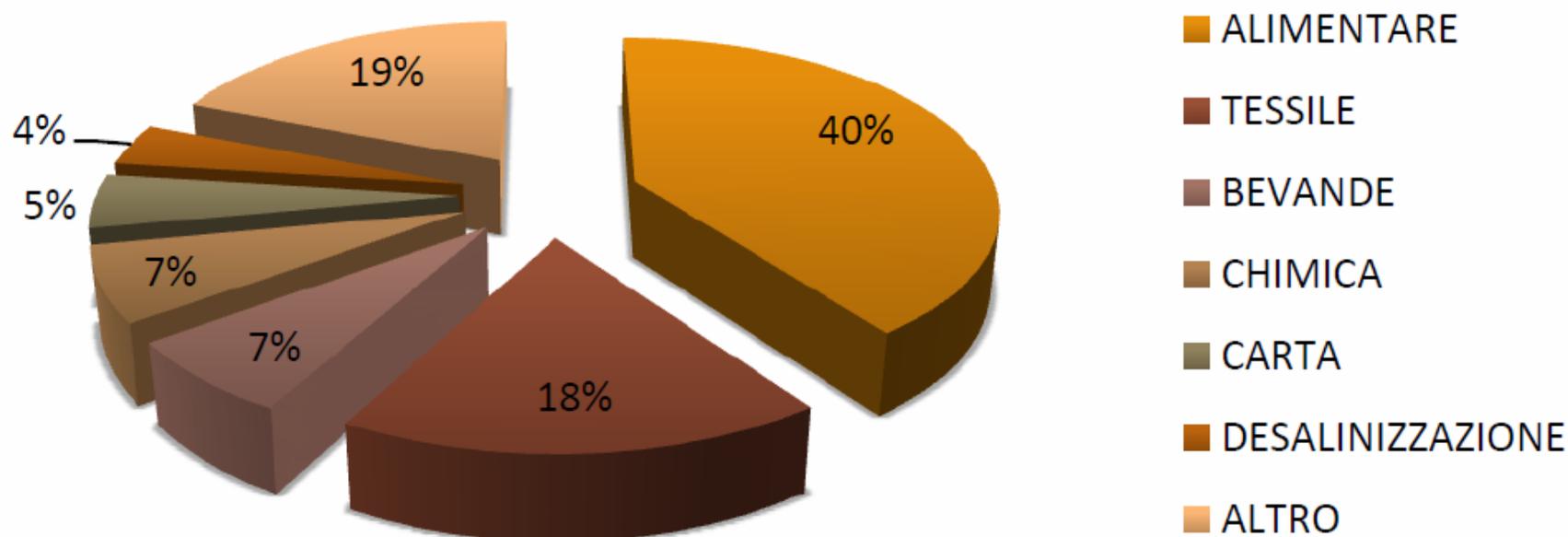


Figura 2 Probabilità di diffusione del solare termico per la produzione di calore di processo

L'ENEA valuta che si potrebbe soddisfare entro il 2020 il **3÷4%** del fabbisogno termico dell'industria italiana tramite le tecnologie solari (per una potenza stimata di **3,4 GW** equivalenti a circa **4,8 milioni di metri quadrati** di collettori solari).

# Gli obiettivi nazionali derivanti dalla direttiva 20-20-20

## Consumi finali lordi di energia e obiettivi per le energie rinnovabili

	2005			2008			2020		
	Consumi da FER [Mtep]	Consumi finali lordi (CFL) [Mtep]	FER / Consumi [%]	Consumi da FER [Mtep]	Consumi finali lordi (CFL) [Mtep]	FER / Consumi [%]	Consumi da FER [Mtep]	Consumi finali lordi (CFL) [Mtep]	FER / Consumi [%]
Elettricità	4,840	29,749	16,29%	5,040	30,399	16,58%	9,112	31,448	28,97%
Calore	1,916	68,501	2,80%	3,238	58,534	5,53%	9,520	60,135	15,83%
Trasporti	0,178	12,978	0,12%	0,728	12,818	1,78%	2,598	33,888	3,89%
Trasferimenti da altri Stati	-	-	-	-	-	-	1,144	-	-
<b>Totale</b>	<b>6,941</b>	<b>141,226</b>	<b>4,91%</b>	<b>9,001</b>	<b>131,553</b>	<b>6,84%</b>	<b>22,306</b>	<b>131,214</b>	<b>17,00%</b>
<b>Trasporti ai fini dell'ob.10%</b>	<b>0,338</b>	<b>39,000</b>	<b>0,87%</b>	<b>0,918</b>	<b>37,670</b>	<b>2,44%</b>	<b>3,419</b>	<b>33,975</b>	<b>10,06%</b>

Rispetto ai valori del 2008, il **contributo delle FER** al consumo finale lordo di energia nel 2020 dovrà raddoppiare nel settore dell'Energia Elettrica e in pratica **triplicare nel settore dell'Energia Termica** e dei Trasporti!

Fonte: Piano di Azione Nazionale sulle FER (2010)

# Gli obiettivi nazionali derivanti dalla direttiva 20-20-20

	2005			2020		
	Produzione Lorda FER-H [ktep]	Percentuale su FER-C Tot. (1.916 ktep) [%]	Percentuale su CFL-C (68.501 ktep) [%]	Produzione Lorda FER-C [ktep]	Percentuale su FER-C Tot. (9.520 ktep) [%]	Percentuale su CFL-C (60.135 ktep) [%]
<b>Geotermica (escluse pdc)</b>	23	1,19%	0,03%	100	1,05%	0,17%
<b>Solare</b>	27	1,43%	0,04%	1.400	14,71%	2,33%
<b>Biomassa:</b>	1.655	86,54%	2,42%	5.520	57,98%	9,18%
solida	1.629	84,99%	2,38%	5.185	54,46%	8,62%
biogas	26	1,35%	0,04%	141	1,49%	0,24%
bioliquidi	-	-	-	194	2,04%	0,32%
<b>En.rin.da pompe di calore:</b>	212	11,04%	0,31%	2.500	26,26%	4,16%
di cui aerotermica	176	9,17%	0,26%	1.875	19,69%	3,12%
di cui geotermica	19	1,01%	0,03%	450	4,73%	0,75%
di cui idrotermica	16	0,86%	0,02%	175	1,84%	0,29%
<b>Totale</b>	<b>1.916</b>	<b>100,00%</b>	<b>2,80%</b>	<b>9.520</b>	<b>100,00%</b>	<b>15,83%</b>

Nel settore del **riscaldamento e del raffrescamento**, l'energia solare dovrà fornire il **contributo preponderante** ai fini del raggiungimento degli obiettivi finali

Fonte: Piano di Azione Nazionale sulle FER (2010)



## Le opzioni tecnologiche per il campo solare

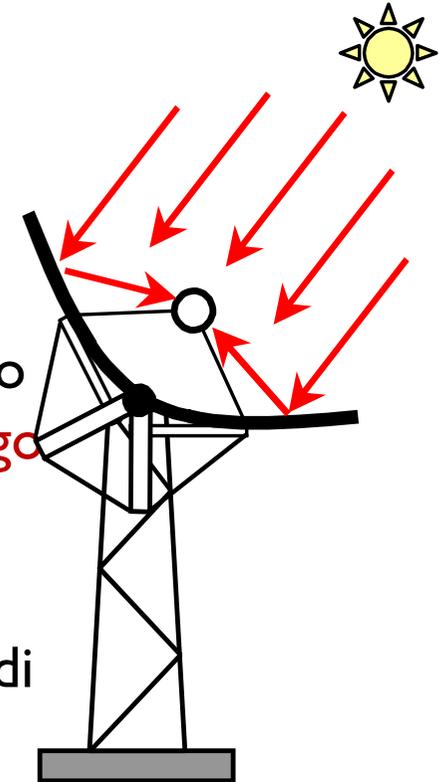
### A) Sistemi a concentrazione lineare

- Concentrazione della radiazione lungo un tubo nel quale un fluido (olio, acqua, sali fusi, etc.) viene portato ad alta temperatura (**150-200 °C** ma anche oltre **500 °C**);
- Inseguimento su **un solo asse** (rotazione E-O), con conseguente sfruttamento parziale della radiazione;
- Integrazione con impianti a ciclo Rankine oppure ORC, con taglie da circa **100 kW** a oltre **50 MW**.

## Le opzioni tecnologiche per il campo solare

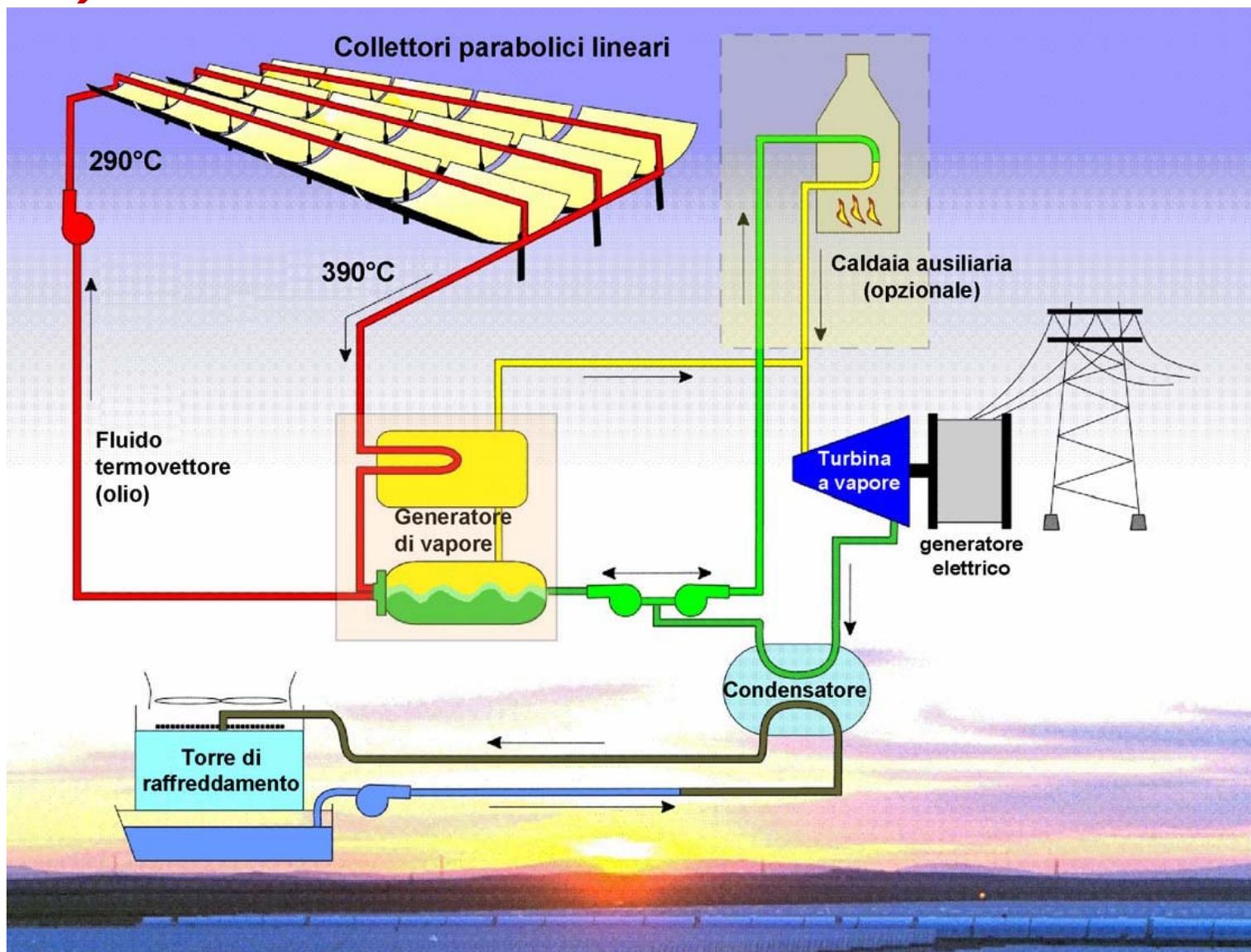
### AI) Collettori Parabolici Lineari

- Sono collettori a superficie cilindrica parabolica che riflettono i raggi solari sul fuoco dove è posizionato il **tubo ricevitore**;
- Il collettore e il tubo ricevitore sono solidali fra loro e sono montati su una struttura di sostegno che ne consente la rotazione (**inseguimento lungo la direzione Est-Ovest**);
- Le aperture tipiche sono di circa **5-6 m**, con altezze da terra di circa **7-8 m**, lunghezze totali di circa **100 m** e spaziatura fra le file di **10-15 m**;
- Sono molto utilizzati negli impianti commerciali di grande potenza (**10-50 MW**), con olio diatermico come fluido termovettore e cicli a vapore convenzionali;
- Costituiscono attualmente la **tecnologia più matura** nel settore del solare a concentrazione.



# Le opzioni tecnologiche per il campo solare

## AI) Collettori Parabolici Lineari



# Le opzioni tecnologiche per il campo solare

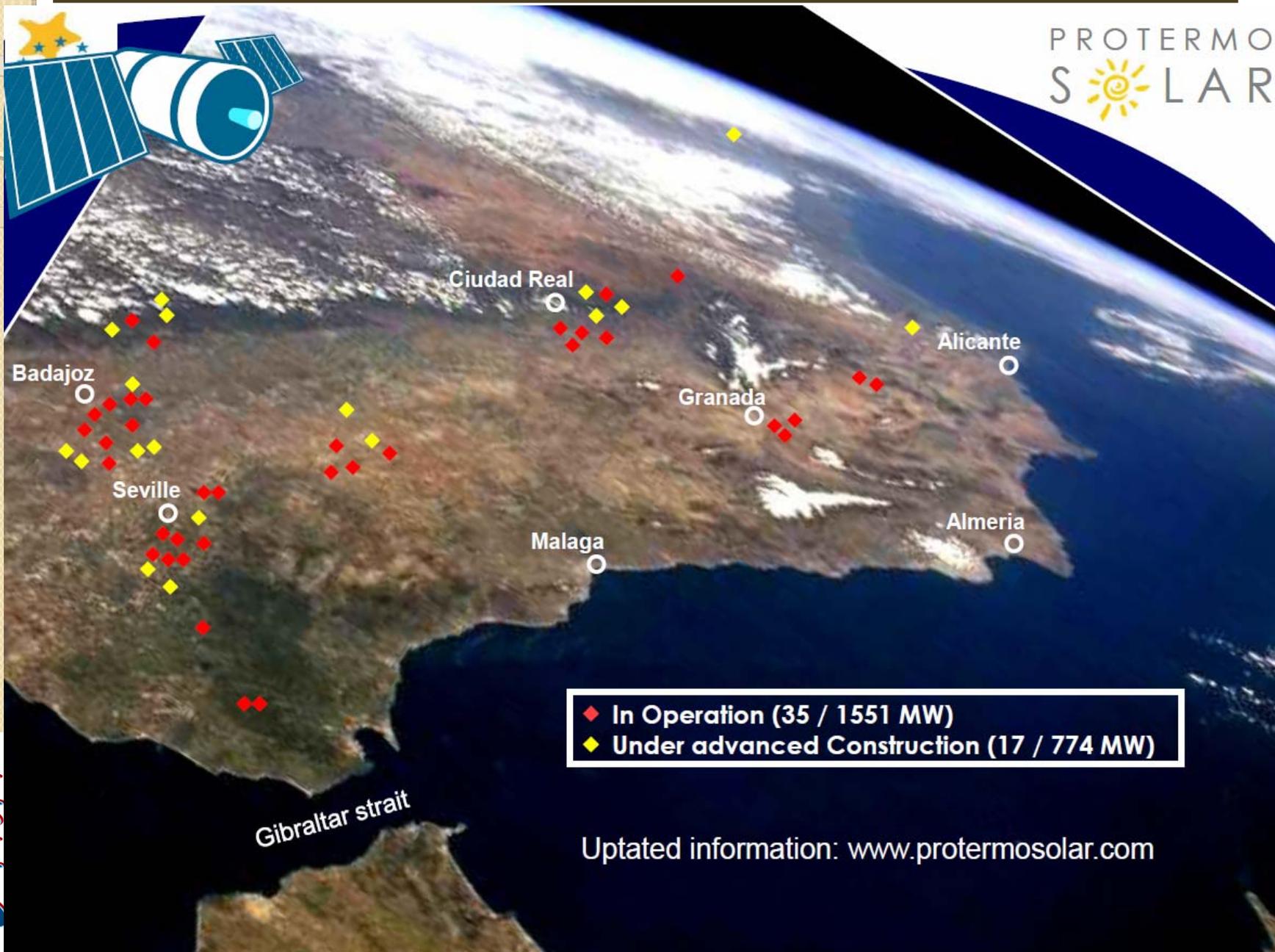
Impianto tipo: 500000 m<sup>2</sup> di superficie a specchi e  
250 ha di occupazione a terra,  
Potenza 50 MWe, produzione 150-180 GWh/anno  
Investimento 250-300 Milioni di Euro



Efficienza energetica, il forziere nascosto dell'industria sarda  
Cagliari - 5 Ottobre 2012

DMCM

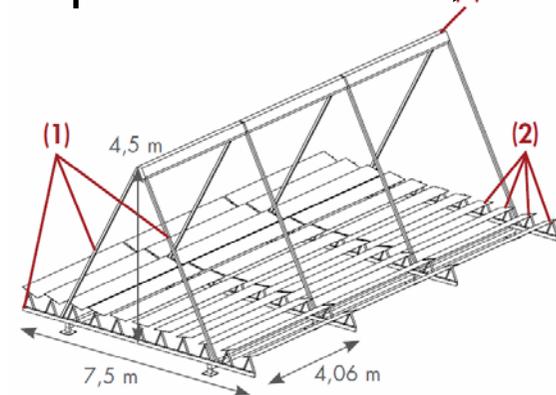
# Le opzioni tecnologiche per il campo solare



# Le opzioni tecnologiche per il campo solare

## A2) Collettori Lineari Fresnel

- Sono collettori piani disposti su più file (7-15) parallele a livello del suolo che, ruotando assialmente (inseguimento Est-Ovest), riflettono i raggi solari sul tubo ricevitore;
- Il **tubo ricevitore è fisso** e il sistema di movimentazione è molto semplice in quanto deve far ruotare solo gli specchi;
- Le aperture tipiche sono di circa **10-20 m**, con altezze da terra del ricevitore di **4-10 m**, lunghezze totali di circa **100 m** e spaziatura fra le file di **4-5 m**;
- Sono utilizzati in impianti di minore potenza (a partire da circa **100 kW**), con olio diatermico o acqua surriscaldata;<sup>(3)</sup>
- Costituiscono attualmente una **tecnologia ancora poco diffusa** ma potenzialmente in grado di assicurare minori costi.



# Le opzioni tecnologiche per il campo solare



# Le opzioni tecnologiche per il campo solare



## Impianto solare termodinamico da 5 MW<sub>el</sub>

### Costi di investimento

Parco solare (incluso sistema di controllo) [50.000 m <sup>2</sup> ]	€ 10.000.000
Power block (ORC con air condenser) [5 MW <sub>el</sub> ]	€ 5.500.000
Caldia a gas metano [10 MW <sub>th</sub> ]	€ 250.000
Serbatoi per accumulo termico [450 m <sup>3</sup> ]	€ 600.000
HTF (olio minerale tipo Xceltherm 600) [310 tons]	€ 620.000
Piping	€ 1.750.000
Sistema di controllo	€ 50.000
Montaggio e costruzione impianto	€ 1.200.000
Opere civili ed elettriche	€ 800.000
BOP	€ 200.000
<b>TOTALE COSTO DI INVESTIMENTO</b>	<b>€ 20.970.000</b>

320 m

Capacità nominale: 5 MW<sub>el</sub>  
 Superficie captante: 49.490 m<sup>2</sup>  
 Terreno occupato: 10 ettari

# Incentivi: Decreto 6 Luglio 2012

## Schema di incentivazione (€/kWh<sub>el</sub>)

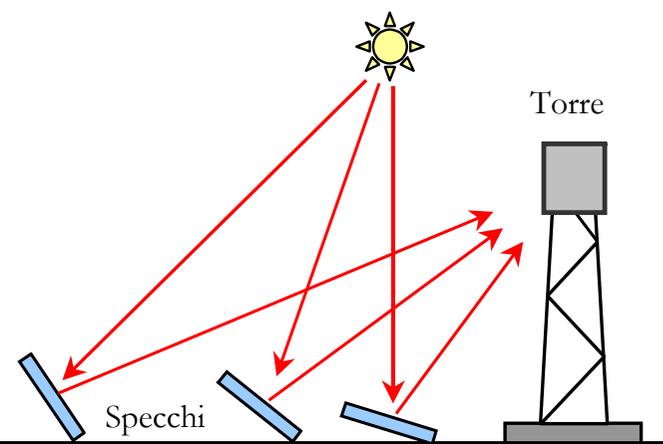
Frazione di integrazione	Fino a 0,15	Tra 0,15-0,50	Oltre 0,50
Incentivo aggiuntivo al prezzo di vendita per impianti con superficie captante fino a 2500 m <sup>2</sup>	0,36	0,32	0,30
Incentivo aggiuntivo al prezzo di vendita per impianti con superficie captante superiore a 2500 m <sup>2</sup>	0,32	0,30	0,27

1. Incentivo applicato per una durata di 25 anni ad impianti che entrano in funzione entro il 31/12/2015 con una riduzione pari a 5% per l'anno 2015 ed un ulteriore 5% per l'anno 2016.
2. Capacità di accumulo termico minima pari a:
  - 1,5kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup> di superficie captante (per superfici maggiori di 50000 m<sup>2</sup>)
  - 0,4kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup> di superficie captante (per superfici comprese tra 10000-50000 m<sup>2</sup>)
3. Per impianti che utilizzano come fonte di integrazione una fonte rinnovabile il fattore di integrazione è considerato pari a 0.

## Le opzioni tecnologiche per il campo solare

### B) Sistemi a torre centrale

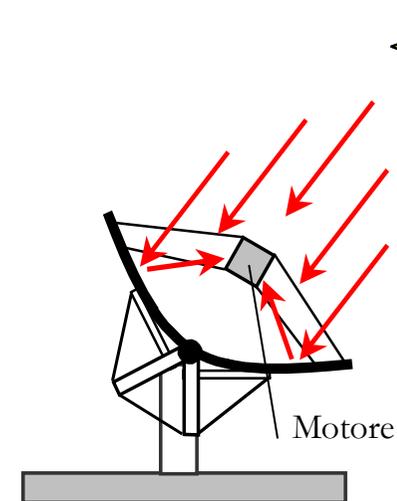
- Concentrazione della radiazione mediante specchi piani su un ricevitore nel quale il fluido (Sali fusi, acqua) viene riscaldato anche fino ad oltre **1000 °C**;
- Inseguimento su **due assi di rotazione** con conseguente elevato sfruttamento della radiazione;
- Integrazione con impianti a ciclo Rankine, con taglie superiori a **circa 10 MW**.



## Le opzioni tecnologiche per il campo solare

### C) Sistemi a disco (Solar Dish)

- Concentrazione della radiazione sul fuoco di un paraboloide, dove è anche alloggiato il motore termico, che opera a temperature anche molto elevate (fino ad oltre **1000 °C**);
- Inseguimento su **due assi di rotazione** con conseguente elevato sfruttamento della radiazione;
- Integrazione con motori a ciclo Stirling, con taglie dell'ordine di **alcune decine di kW**.



## Le opzioni tecnologiche per il fluido termovettore

- **Olio diatermico** (temperature massime fino a 400 °C a pressione atmosferica, utilizzo anche come fluido diretto per l'accumulo);
- **Sali Fusi** (temperature massime fino a 550 °C ma limiti di circa 250-270 °C sulla minima, utilizzo anche come fluido diretto per l'accumulo);
- **Acqua surriscaldata** (uso di apparecchiature pressurizzate per temperature di 250-300 °C e fluidi intermedi per l'accumulo);
- **Gas inerti** (temperature anche molto elevate, ma con tecnologie ancora allo stadio di sviluppo).

L'utilizzo dei collettori con **produzione diretta di vapore** (DSG) rappresenta una interessantissima opportunità in ambito industriale

## Le applicazioni in ambito industriale

# InSun – Installazione in Italia

Nel contesto di InSun, Soltigua sta realizzando 2 campi solari per generare vapore in 2 modi diversi:

- indirettamente, usando olio diatermico ed uno scambiatore di calore
- direttamente, usando generazione diretta di vapore (Direct Steam Generation - DSG)

L'insieme dei 2 campi genererà fino a 2 tonnellate/ora di vapore (1,3 MW termico)

Il calore prodotto sarà usato nel ciclo produttivo di Laterizi Gambettola, in Romagna.



Purely indicative information. Soltigua does not guarantee its accuracy



© Soltigua 2011 – All rights reserved

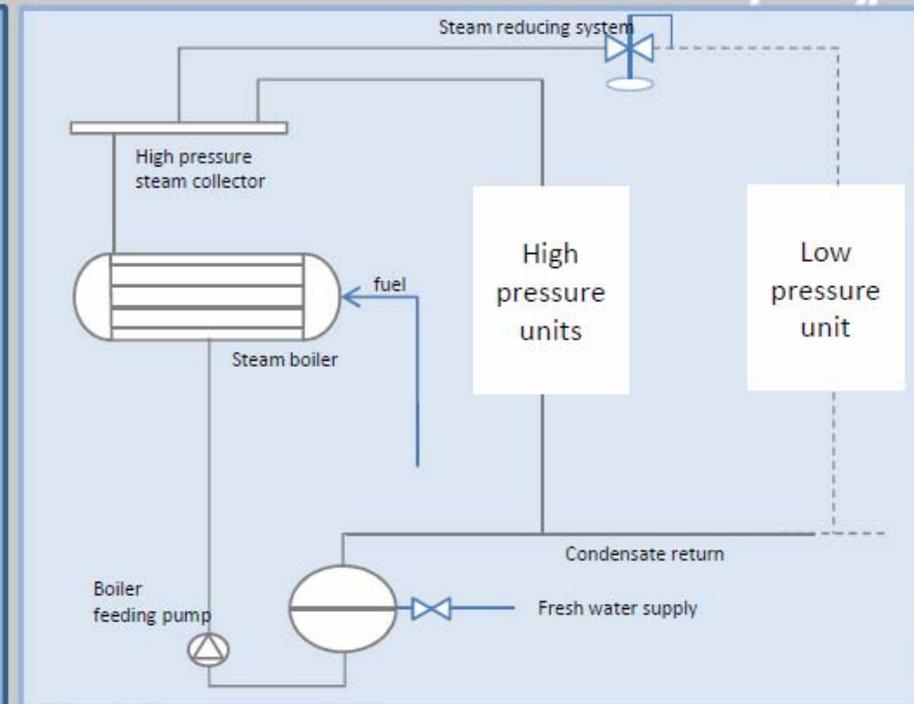
Il progetto Europeo **InSun (Industrial Process Heat by Solar Collectors)** ha l'obiettivo di realizzare 3 grandi installazioni per la fornitura di calore con 3 differenti tecnologie



# Le applicazioni in ambito industriale

## Process analysis

- Available ground surface = 5'000 sqm
- Process load
  - Summer : 3'500 kW from 6 to 22
  - Winter: 2'000 kW from 8 to 17
- Solar field
  - Surface = 2'592 sqm
  - Peak field output = 1'300 kW
    - DNI = 850 W/sqm
    - average fluid temperature = 205°C

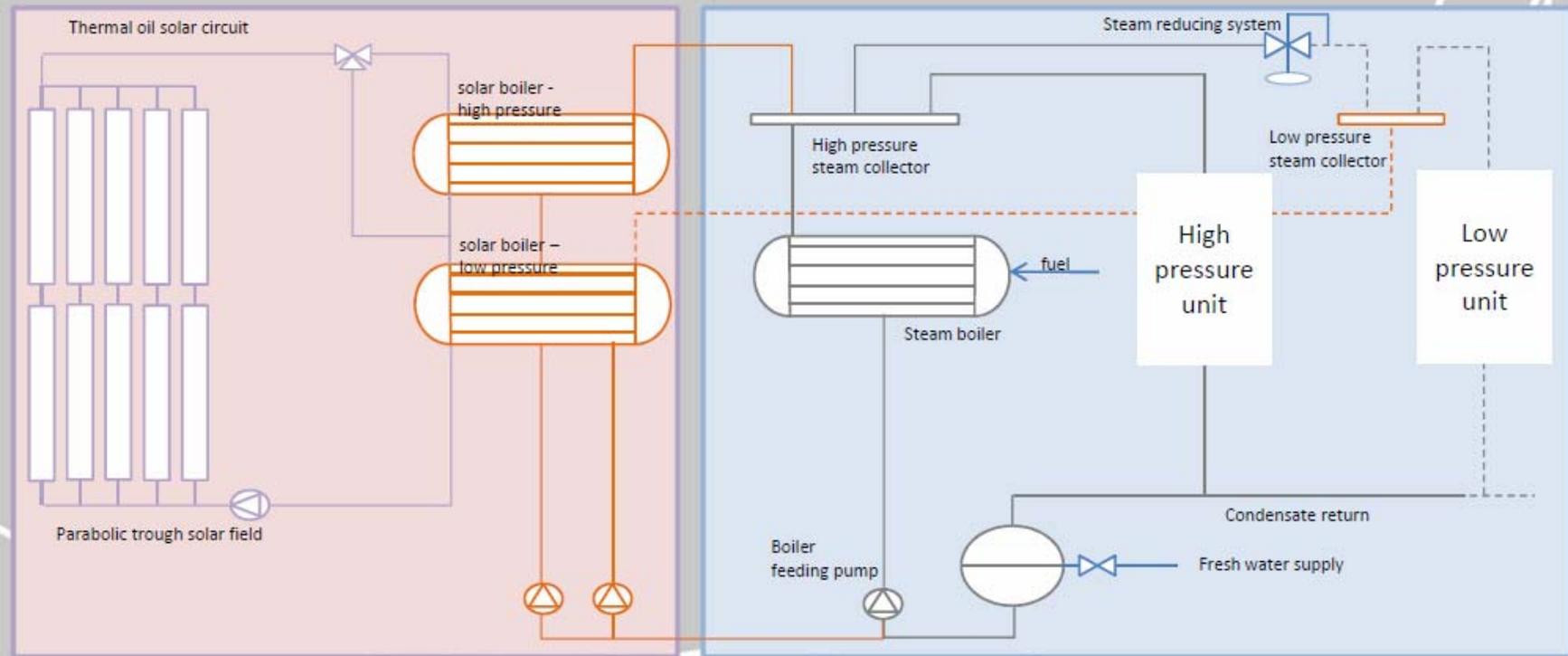


Purely indicative information. Soltigua does not guarantee its accuracy

Lavanderia industriale con richiesta di vapore a media e bassa pressione

# Le applicazioni in ambito industriale

## Solar field integration



Purely indicative information. Soltigua does not guarantee its accuracy

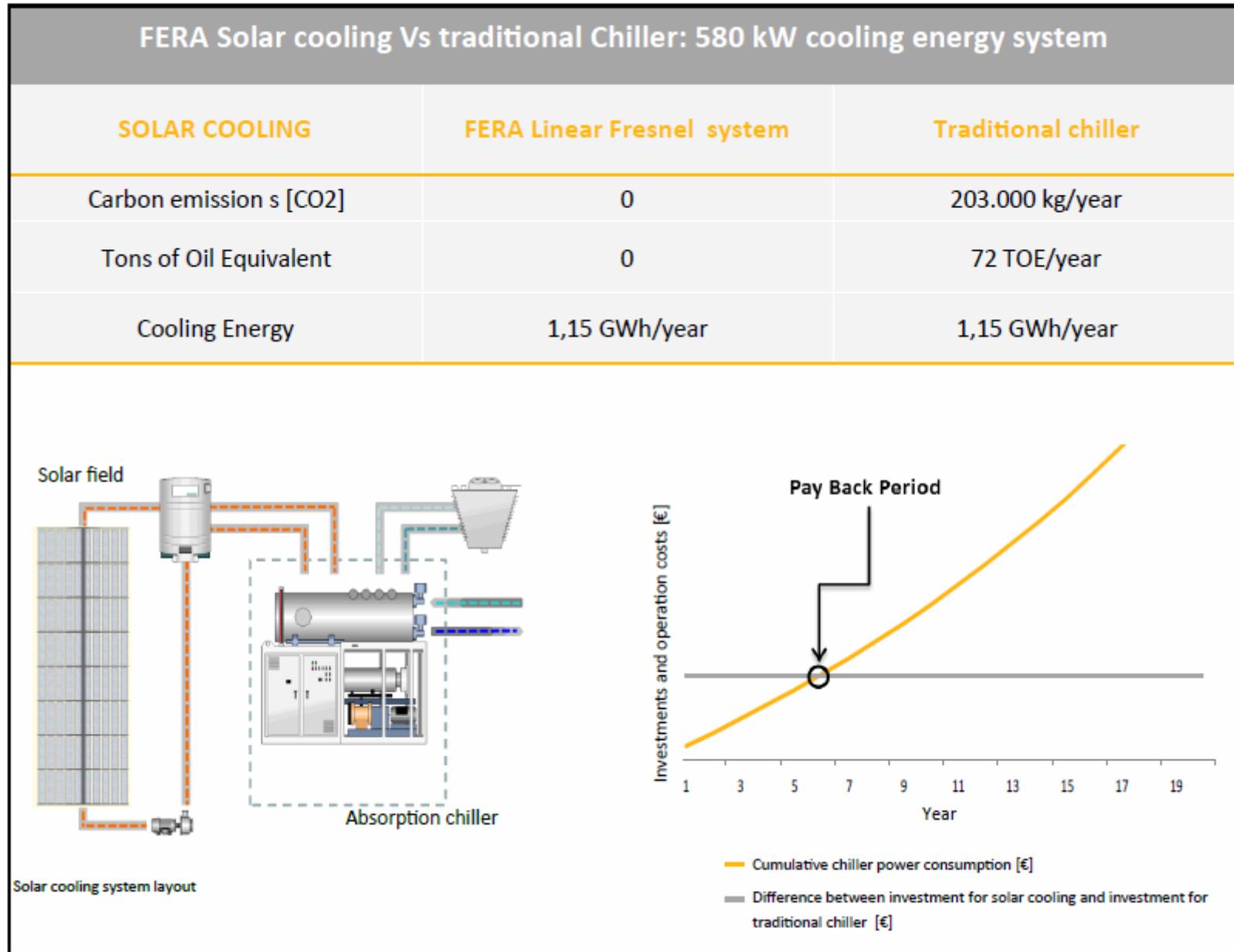
**soltigua**  
SOLAR THERMAL TECHNOLOGIES

© Soltigua 2011 – All rights reserved

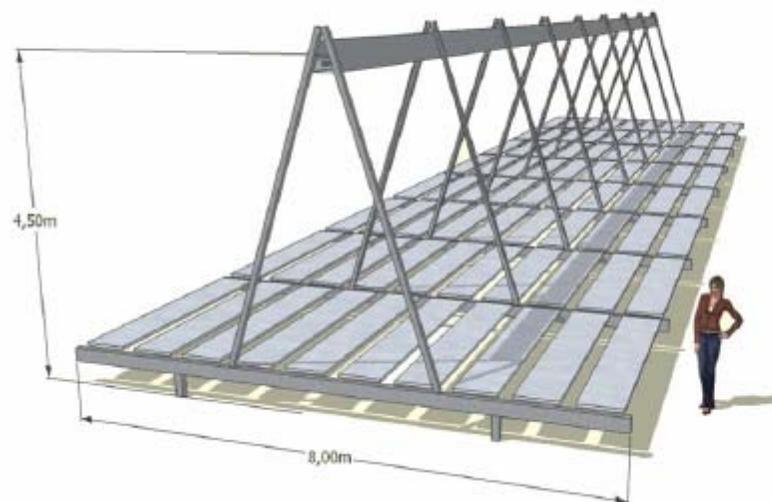
Il solare a concentrazione può efficacemente supportare la produzione di vapore a media e bassa pressione

# Le applicazioni nel solar cooling

Efficienza energetica, il forziere nascosto dell'industria sarda  
Cagliari - 5 Ottobre 2012

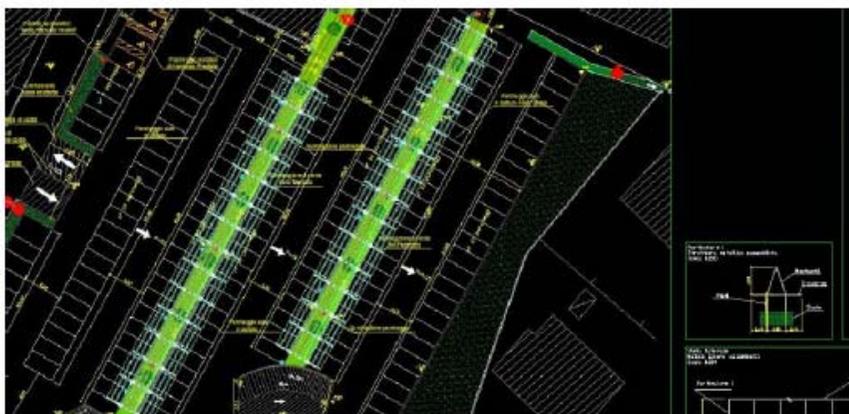


# Le applicazioni nel solar cooling



## Basic modular Unit

Power	100kWth
Dimensions	8x32x4,5 m
Mirror area	180 m <sup>2</sup>
Peak Efficiency	62%
Output T	150°C—400°C



Layout del sistema su un'area parcheggio,  
 installato come pensilina

	Potenza termica	Tipo	Consegna
ATM	100KW	Solar cooling	Giugno 2012
Cantù	400KW	Solar cooling	Fine 2012
Gorla	100KW	Solar cooling	Giugno 2012



## In sintesi

---

- I collettori a concentrazione possono produrre energia termica a media (200-300 °) e alta temperatura (anche oltre 500°C) consentendo la **produzione di energia elettrica** mediante cicli termodinamici (solare termodinamico) oppure l'impiego diretto come **calore di processo**;
- L'energia termica può essere resa disponibile sotto forma di **differenti fluidi termovettori** (olio diatermico, sali fusi o vapore);
- Il sistema può essere dotato di una sezione di **accumulo termico**, svincolando in parte la fase di utilizzo (sia per la produzione di energia termica che elettrica) dalla disponibilità della fonte solare;
- La tecnologia si presta (sicuramente più del fotovoltaico) alla creazione di una **filiere nazionale**, essendo in gran parte basata sull'impiego di carpenteria metallica, piping, specchi, serbatoi, etc.;
- Specie i **sistemi lineari Fresnel** promettono riduzioni di pesi, costi e ingombri, con gran parte dei componenti che possono essere realizzati localmente.