

# Impianti a ciclo binario (ORC) con espansore a geometria variabile per applicazioni geotermiche con fluidi a bassa entalpia

*Claudio Spadacini (Exergy)*

*Reza Agahi (Atlas Copco - Gas and Process)*

*Marco Frassinetti (Exergy)*



**22 Settembre 2010**



*Atlas Copco*

# Tipologie di risorse geotermiche per impianti di generazione elettrica

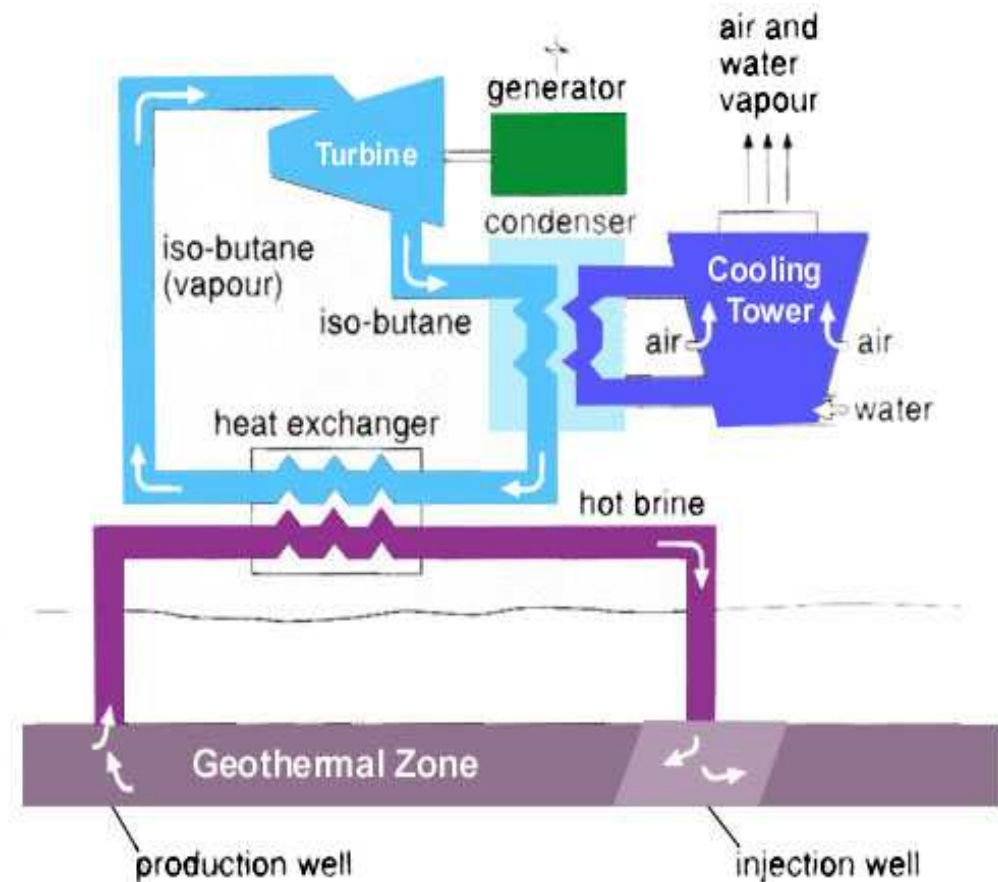
- **Vapore surriscaldato per impianti dotati di turbine convenzionali a condensazione**
- **Vapore saturo per impianti con sistemi di flash e turbine convenzionali a condensazione**
- **Brine per impianti binari di tipo ORC (organic Rankine cycle) con espansori assiali o radiali**

## Impianti geotermici con sistemi ORC

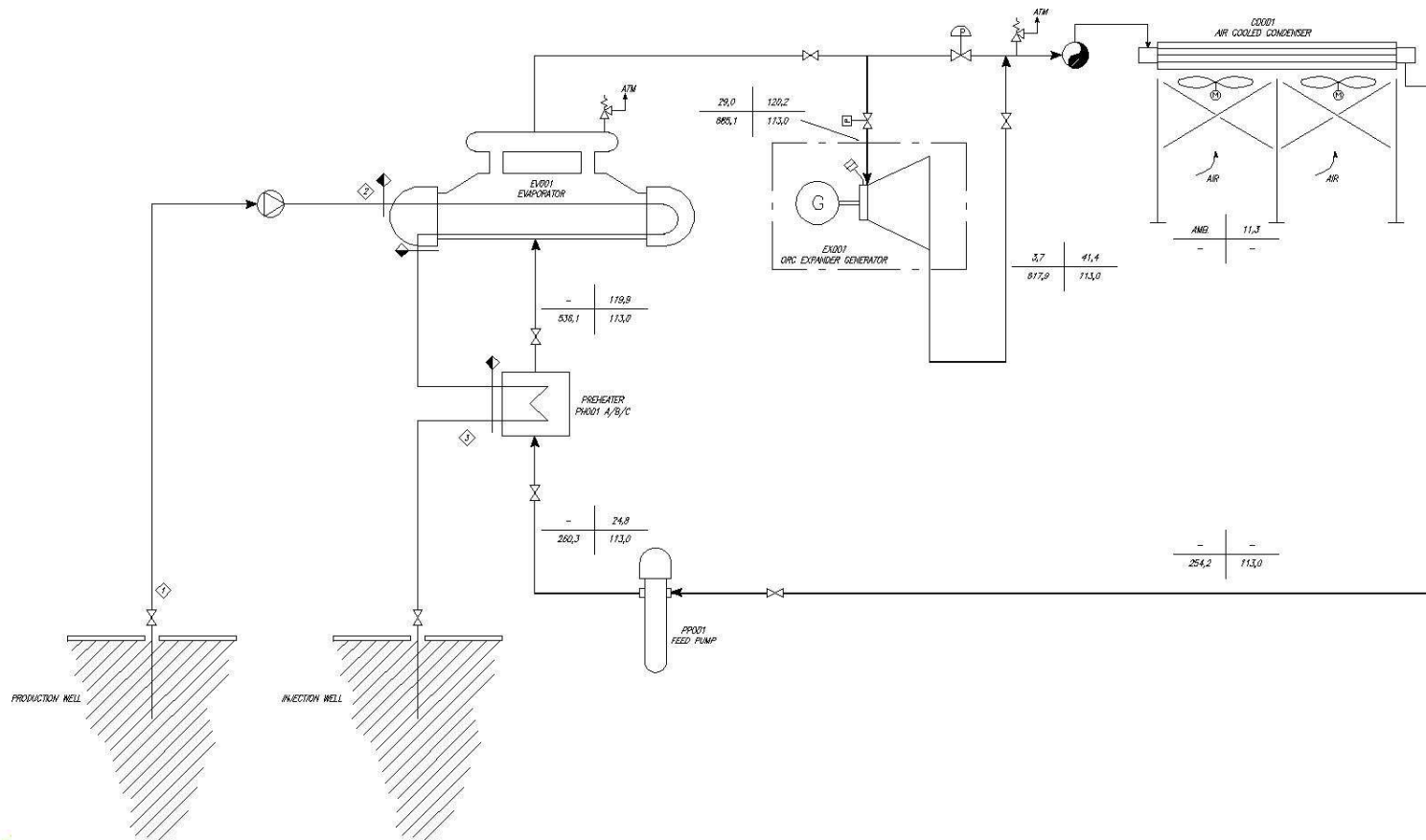
- **Obiettivo di questa presentazione è sottolineare le caratteristiche degli espansori radiali centripeti a geometria variabile e presentare il loro utilizzo per impianti geotermici di generazione elettrica con sistemi ORC**

# Geothermal Power

- Il fluido geotermico scambia calore nell'evaporatore con un fluido di lavoro a basso punto di ebollizione
- Il fluido organico espande nell'espansore fino alla pressione di condensazione, fornendo energia meccanica
- Il condensatore ad aria o ad acqua condensa il fluido di lavoro
- Il fluido di lavoro è ripompato all'evaporatore
- Il fluido geotermico è inviato ai pozzi di reiniezione

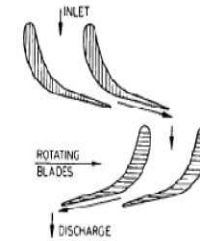
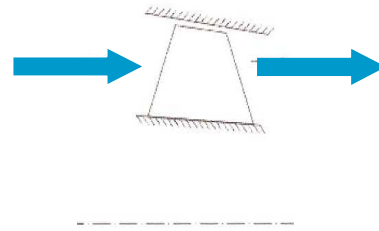


# PFD tipico di un impianto binario

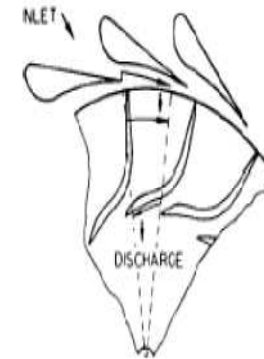
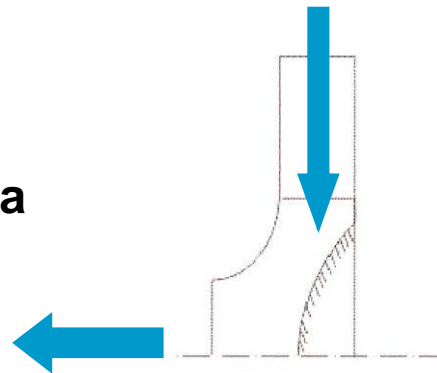


# Tipologie di espansori

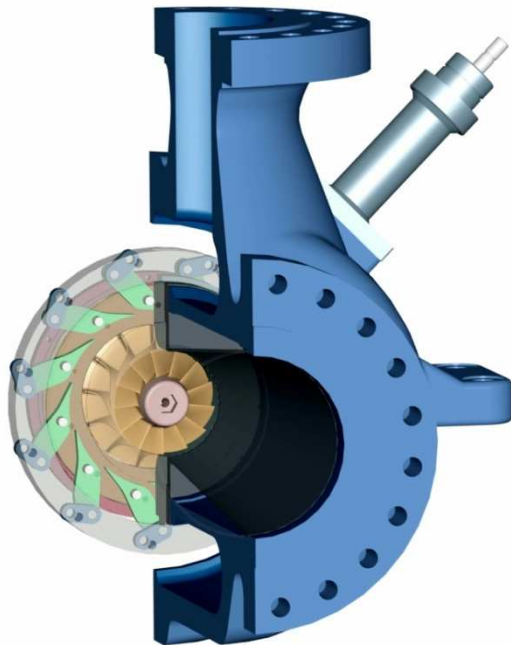
- **Assiale**



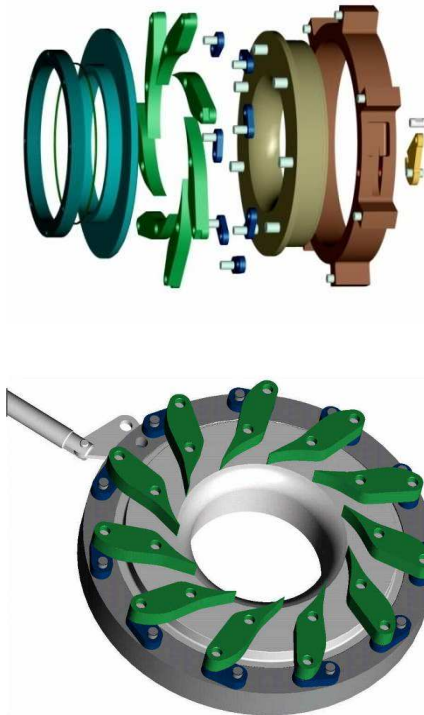
- **Radiale centripeta**



## Turbina radiale centripeta



Sezione di un turbo espansore



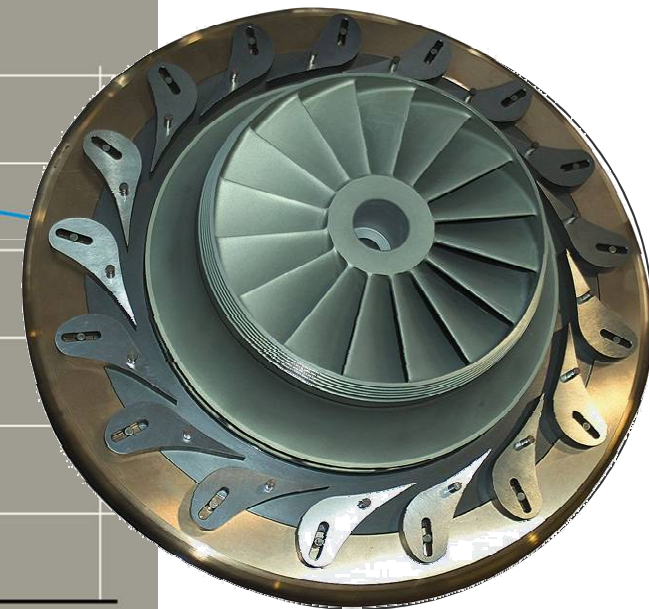
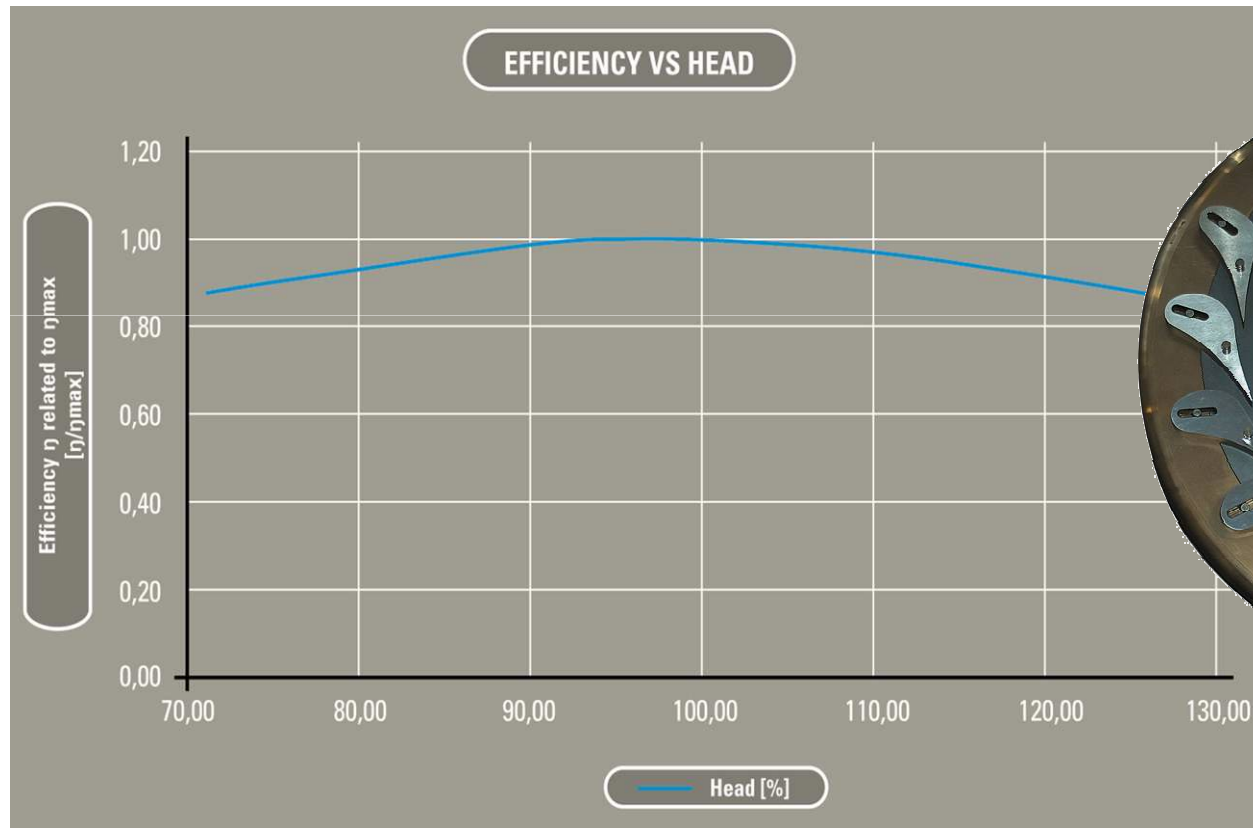
Dettaglio degli ugelli a geometria variabile

## Vantaggi degli ugelli a geometria variabile negli impianti geotermici di tipo ORC:

- **Ottimizzazione dell'efficienza dell'espansore in un ampio range di condizioni ambientali**
- **Elevate performance in Off Design, dovute alla capacità di regolare la pressione a monte**

# Sistema di controllo dell'espansore

- **Gli ugelli a geometria variabile** sono progettati per controllare la portata in un ampio range di condizioni operative ed ambientali

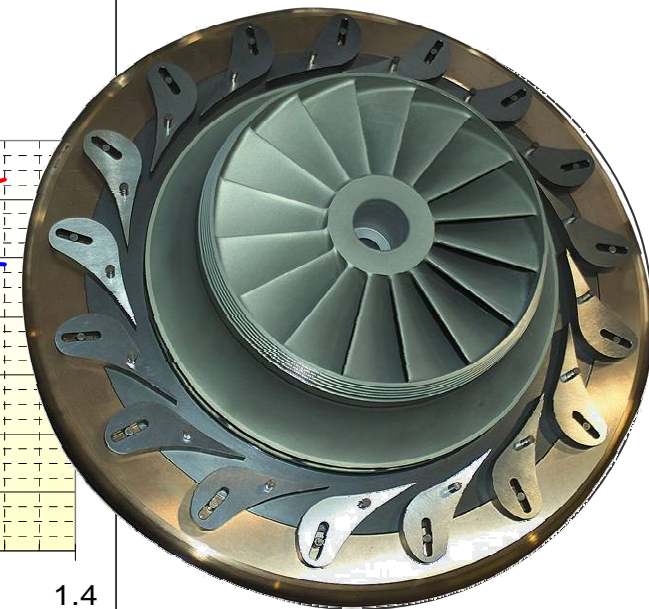
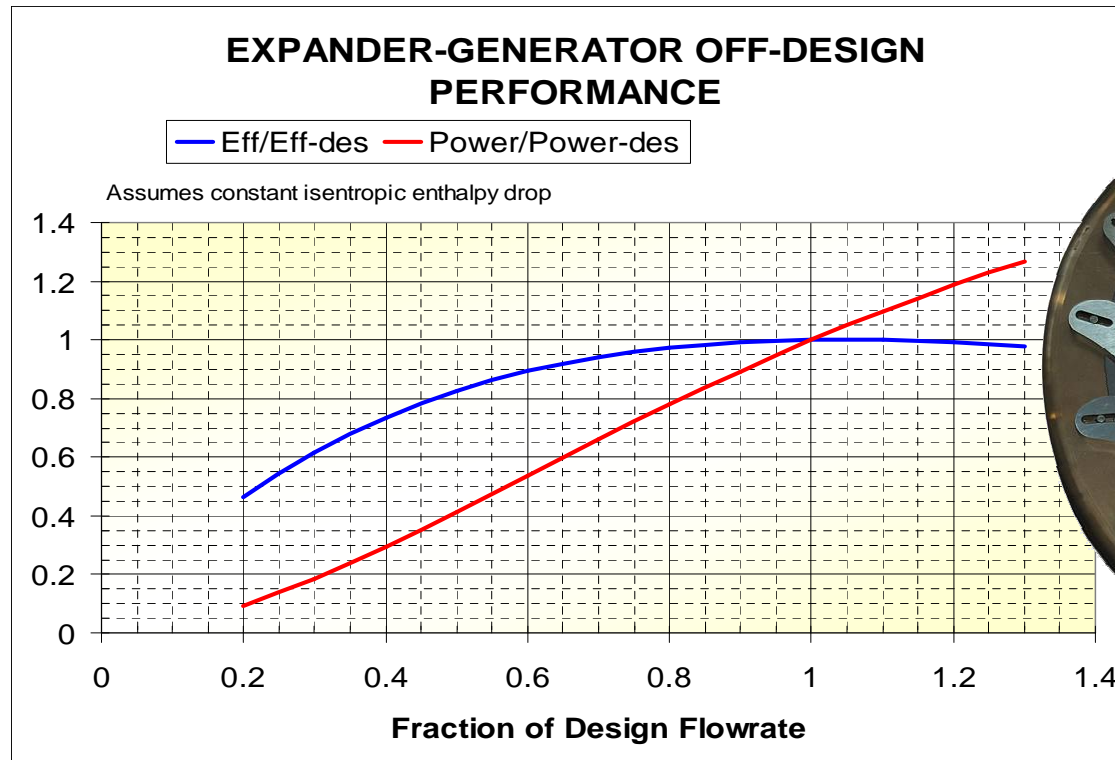


Parametri di processo	Unità	Design	Estate	Inverno
Massa molecolare	kg/kmol	58.08	58.08	58.08
Pressione di ingresso	bara	35.50	35.50	35.50
Temperatura di ingresso	°C	145.50	145.50	145.50
Pressione di scarico	bara	4.58	8.00	2.75
Temperatura di scarico	°C	69.25	87.90	63.42
Portata massica	kg/h	497,725	497,725	497,725
Portata volumetrica allo scarico	Nm <sup>3</sup> /h	46,195	26,450	77,900
Efficienza	%	83	77	75
Potenza elettrica	kW	9,700	6,150	10,500

### Tipiche performance di un impianto geotermico con sistema ORC

# Sistema di controllo dell'espansore

- **Gli ugelli a geometria variabile** possono regolare la pressione a monte per ottimizzare le performances in Off-Design dei sistemi ORC



	DESIGN	Geometria FISSA				
Percentuale della portata di design	100%	90%	80%	70%	60%	50%
Portata, Kg/h	100,000	90,000	80,000	70,000	60,000	50,000
Efficienza dell'espansore	87.0%	86.0%	85.0%	83.5%	80.0%	75.0%
Potenza elettrica, kW	14,618	12,247	9,962	7,741	5,486	3,384
Percentuale della potenza di design	100%	83.8%	68.1%	53.0%	37.5%	23.1%

Performance tipiche con Turboespansore a geometria fissa

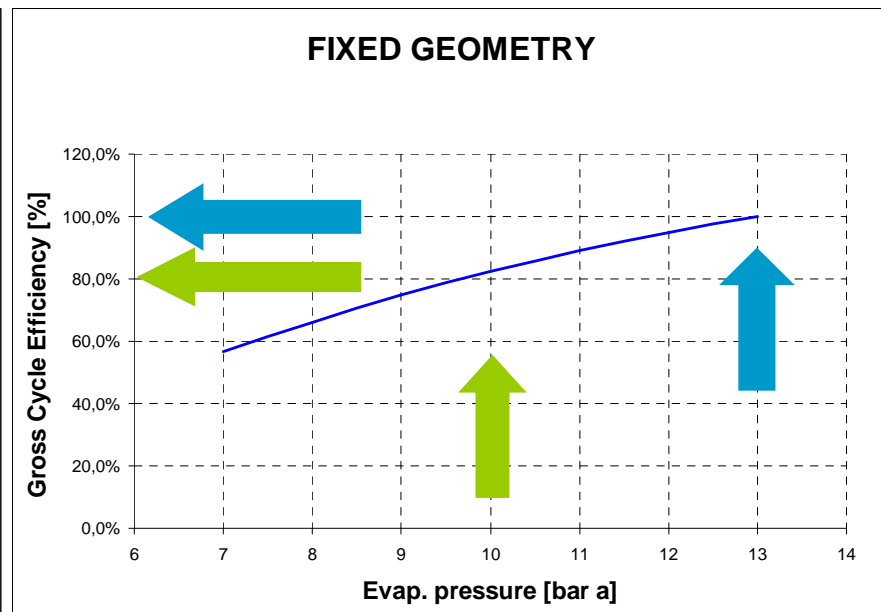
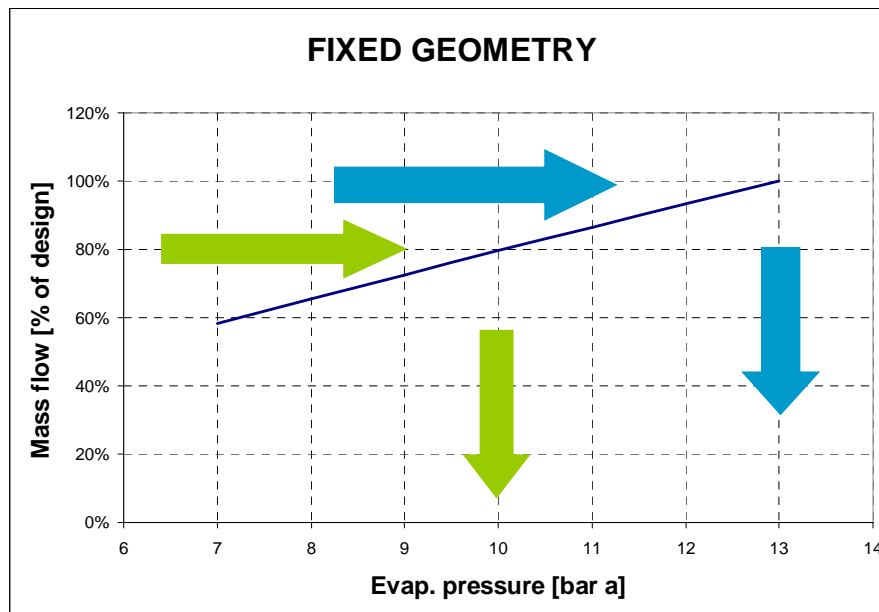


	DESIGN	<b>Geometria VARIABLE</b>				
<b>Percentuale della portata di design</b>	<b>100%</b>	<b>90%</b>	<b>80%</b>	<b>70%</b>	<b>60%</b>	<b>50%</b>
<b>Portata, Kg/h</b>	<b>100,000</b>	<b>90,000</b>	<b>80,000</b>	<b>70,000</b>	<b>60,000</b>	<b>50,000</b>
<b>Efficienza dell'espansore</b>	<b>87.0%</b>	<b>86.0%</b>	<b>85.0%</b>	<b>83.5%</b>	<b>80.0%</b>	<b>75.0%</b>
<b>Potenza elettrica, kW</b>	<b>14,618</b>	<b>12,903</b>	<b>11,225</b>	<b>9,520</b>	<b>7,653</b>	<b>5,778</b>
<b>Percentuale della potenza di design</b>	<b>100%</b>	<b>88.3%</b>	<b>76.8%</b>	<b>65.1%</b>	<b>52.4%</b>	<b>39.5%</b>

**Performance tipiche con Turboespansore a geometria variabile**



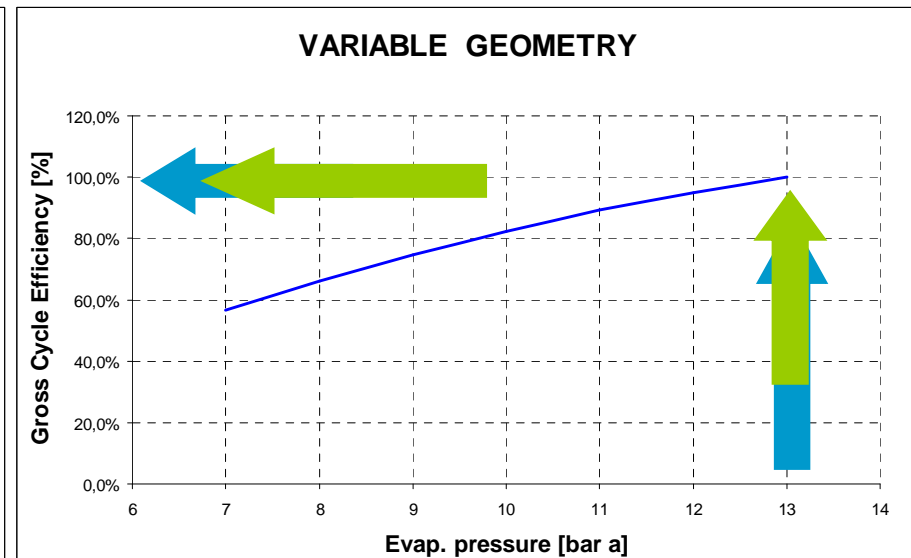
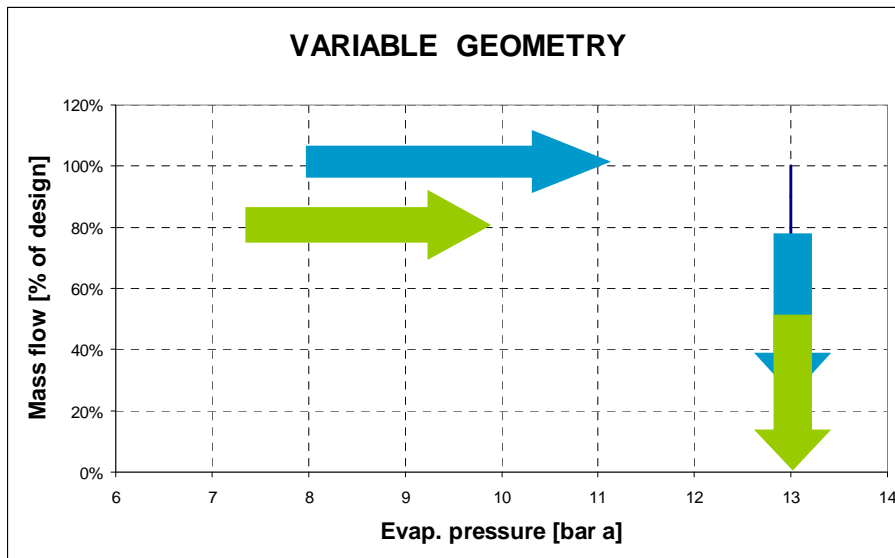
## Efficienza di Ciclo, Portata e Pressione di evaporazione per macchine a geometria FISSA



**100% Portata  $\Rightarrow$  13bar a  $\Rightarrow$  100% Efficienza  $\Rightarrow$  100% Potenza**

**80% Portata  $\Rightarrow$   $\approx$  10bar a  $\Rightarrow$   $\approx$ 80% Efficienza  $\Rightarrow$   $\approx$  64% Potenza**

## Efficienza di Ciclo, Portata e Pressione di evaporazione per macchine a geometria VARIABILE



**100% Portata  $\Rightarrow$  13 bar a  $\Rightarrow$  100% Efficienza  $\Rightarrow$  100% Potenza**

**80% Portata  $\Rightarrow$   $\approx$  13 bar a  $\Rightarrow$   $\approx$  100% Efficienza  $\Rightarrow$   $\approx$  80% Potenza**



*Atlas Copco*

## Conclusioni

- **I turboespansori radiali centripeti a geometria variabile mantengono efficienze elevate per ampi range di variazione della portata e della pressione a monte**
- **Consentono quindi di ottimizzare le performance dei sistemi ORC in condizioni di Off Design**

**Grazie per l'attenzione**



*Atlas Copco*