Fare i conti con l'ambiente
Rifiuti acqua energia

Ravenna 17·18·19 maggio 2017

Il Laboratorio di Tecnologie per la Microcogenerazione

Ing. Andrea De Pascale

Università di Bologna ï

- **Dipartimento di ingegneria industriale (DIN)**
- **Centro interdipartimentale di Ricerca Industriale (CIRI) Energia e Ambiente**

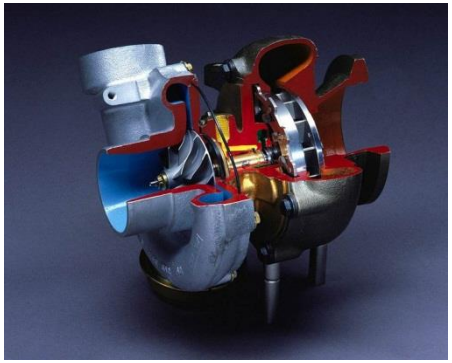
www.ravenna2017.it

Il Laboratorio: tecnologie m-CHP innovative, basate sull'impiego del H2 oggetto delle nostre ricerche

Ravenna 17·18·19 maggio 2017

1. **ORC & Micro ORC**
   (Organic Rankine Cycle)

2. **MTG e IBC**
   (Micro Turbine)



3. **Fuel Cells**
   (Celle a combustibile)

Il Laboratorio: assetto attuale, sperimentazione di sistemi m-ORC

Sorg. termica & accumulo

Sistemi m- ORC
per utenze elettriche,
termiche e mecc.

Utilizzo/dissipazione en.el./ termica

Perché la tecnologia ORC ?

V Integrabilità con Rinnovabili - CO_2 *footprint reduction*

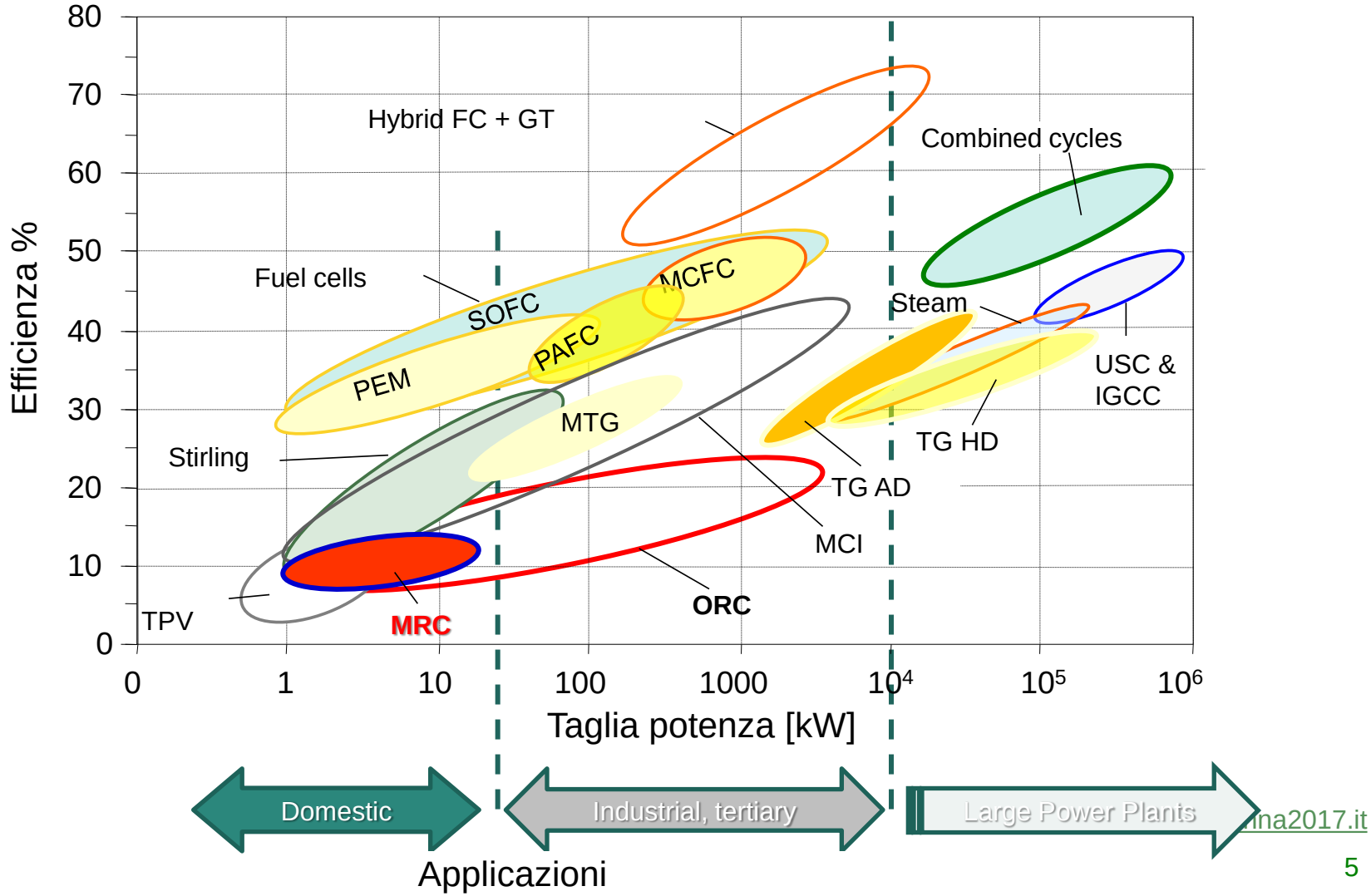
V Politiche di indirizzo: EU SET-Plan, PER, é

V Ampio mercato potenziale ï civile/residenziale

V Semplicità tecnologica

V Flessibilit¨: sorgenti termiche,

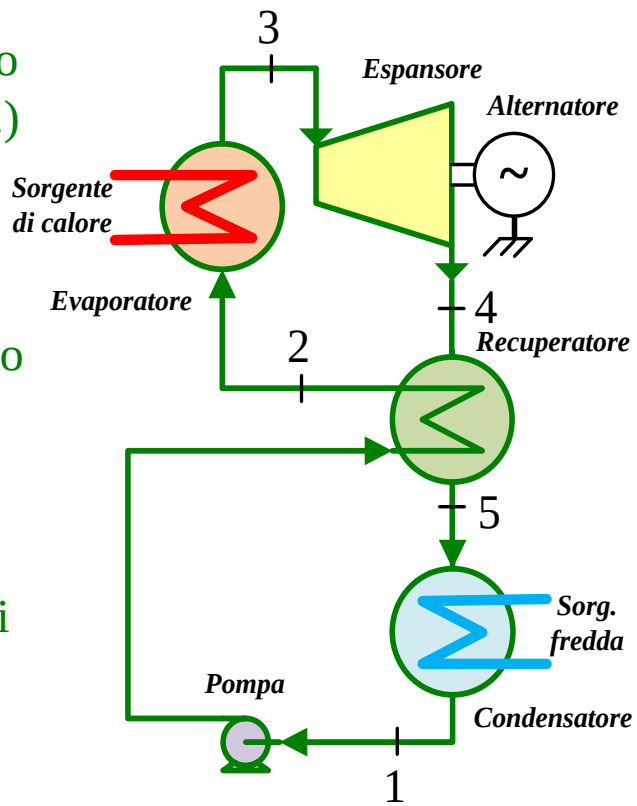
Á Margini per ulteriori innovazioni


Efficienza %
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Hybrid FC + GT
Combined cycles
Fuel cells
SOFC
MCFC
PAFC
PEM
Steam
USC &
IGCC
MTG
TG HD
Stirling
TG AD
MCI
ORC
TPV
MRC
0
1
10
100
1000
10^4
10^5
10^6
Taglia potenza [kW]
Domestic
Industrial, tertiary
Large Power Plants
Applicazioni

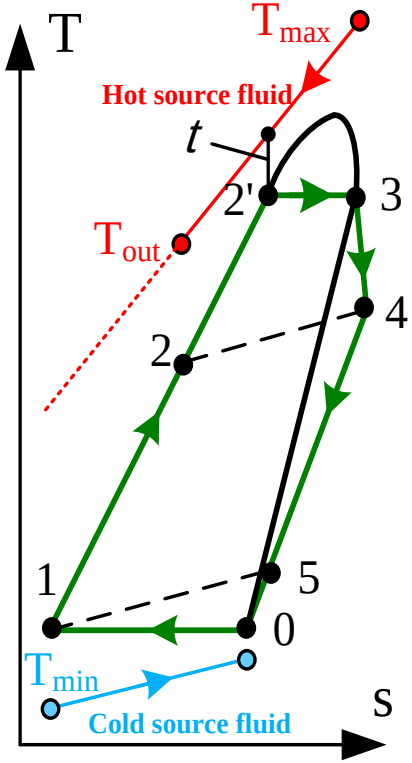
la Tecnologia ORC /mORC: caratteristiche generali

- SEMPLICITÀ LAYOUT
- Opera secondo ciclo di RANKINE
- SORGENTE di calore esterna (recupero cascami termici, combustione, solare,...)
- Impiega FLUIDI ORGANICI «secchi» inerti e ad alto peso molecolare
- Limitate sollecitazioni termiche, rispetto alle grandi centrali: temp. max vapore ~250 ºC, potenze specifiche modeste
- Macchine di tecnologia semplice, turbine ad espansione secca, pochi stadi
- possibile assetto CHP
- TAGLIE piccole: 100-2000 kW,
  micro: ~ 1-100 kW

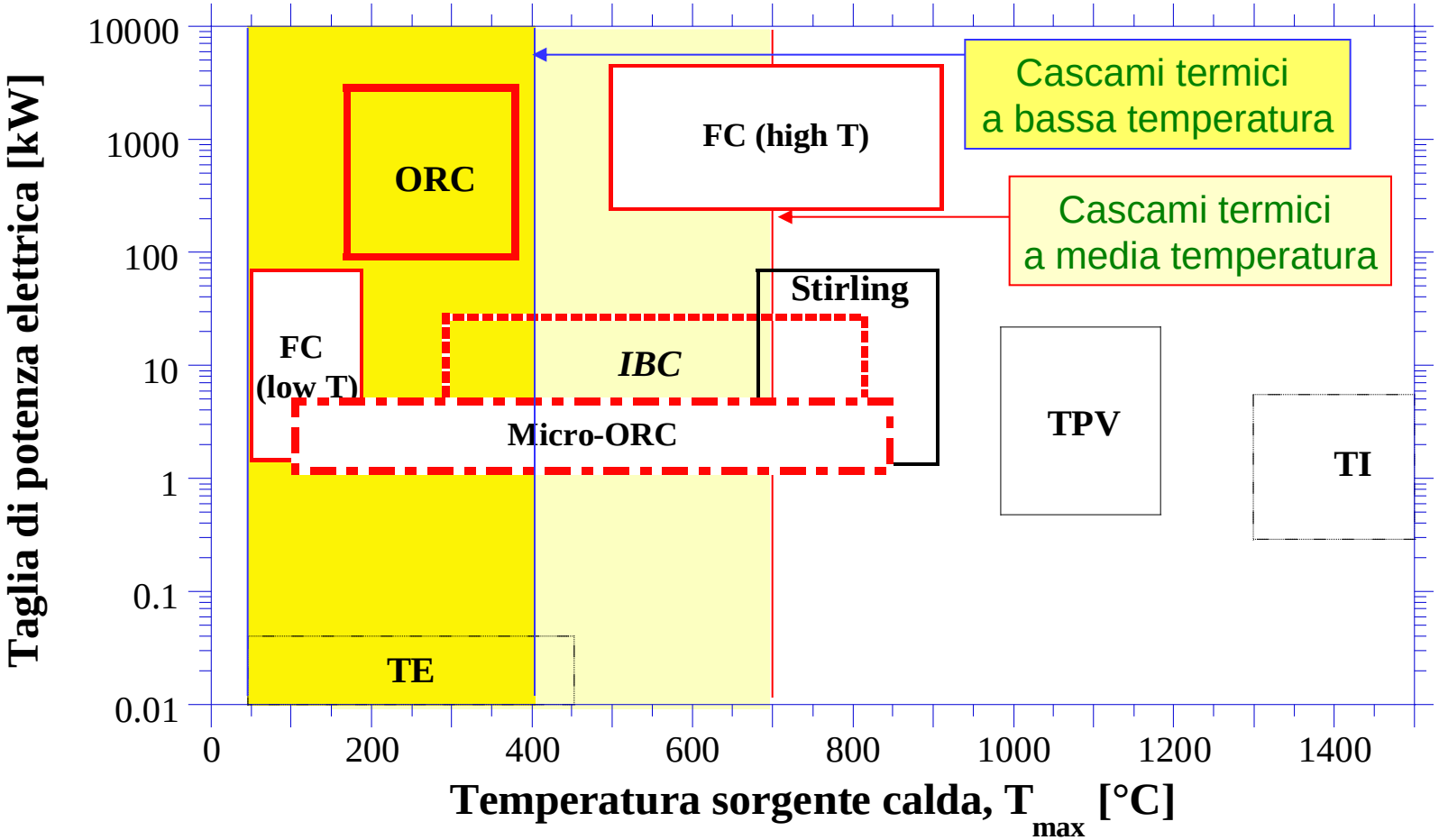
layout



termodinamica

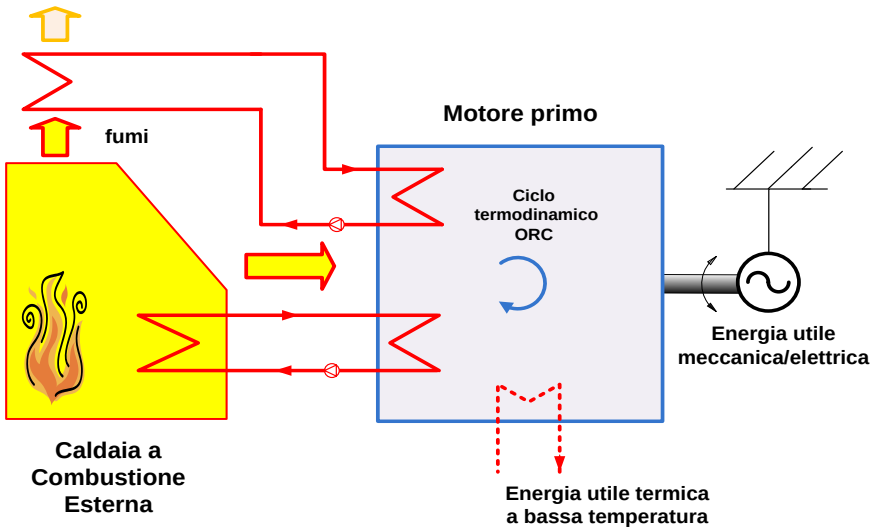


ORC: temperature di esercizio/recupero

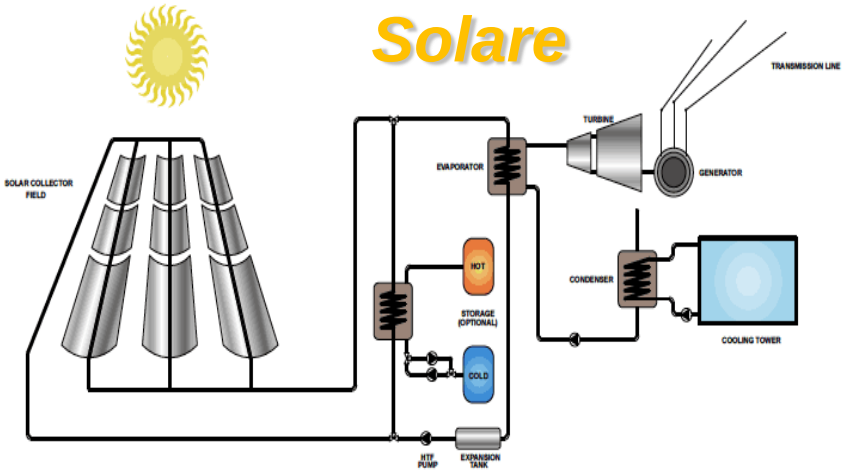


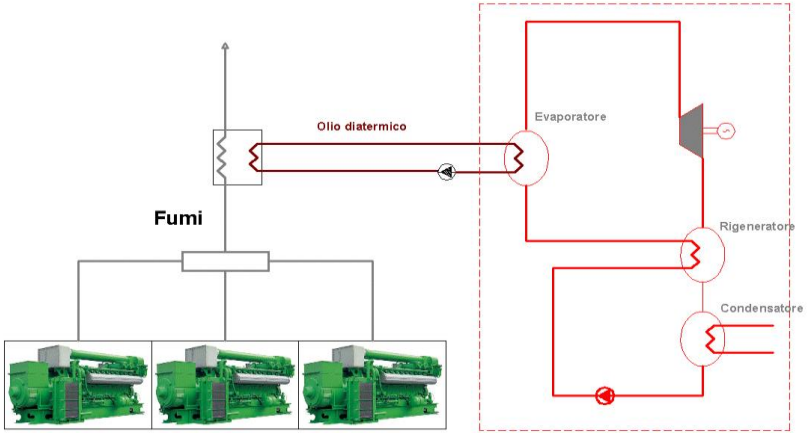
www.ravenna2017.it

ORC: tipologie di sorgenti calde e applicazioni



Combustione esterna (biomasse)



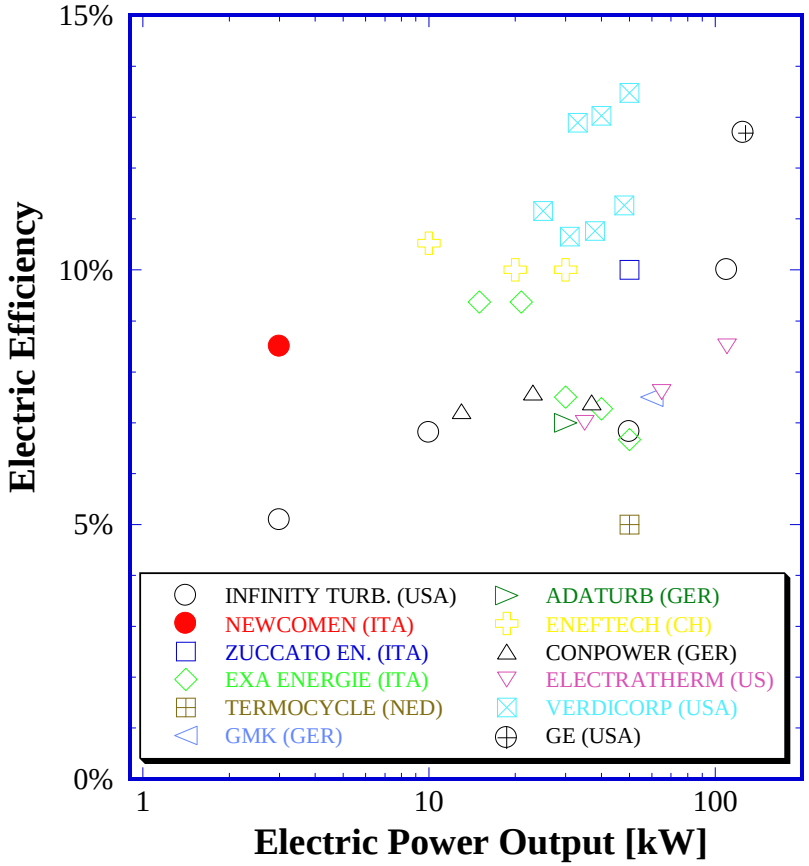


Recupero da cascami termici industriali o da motori

Il Laboratorio:
focus su mORC nel range di taglie 1-100 kW

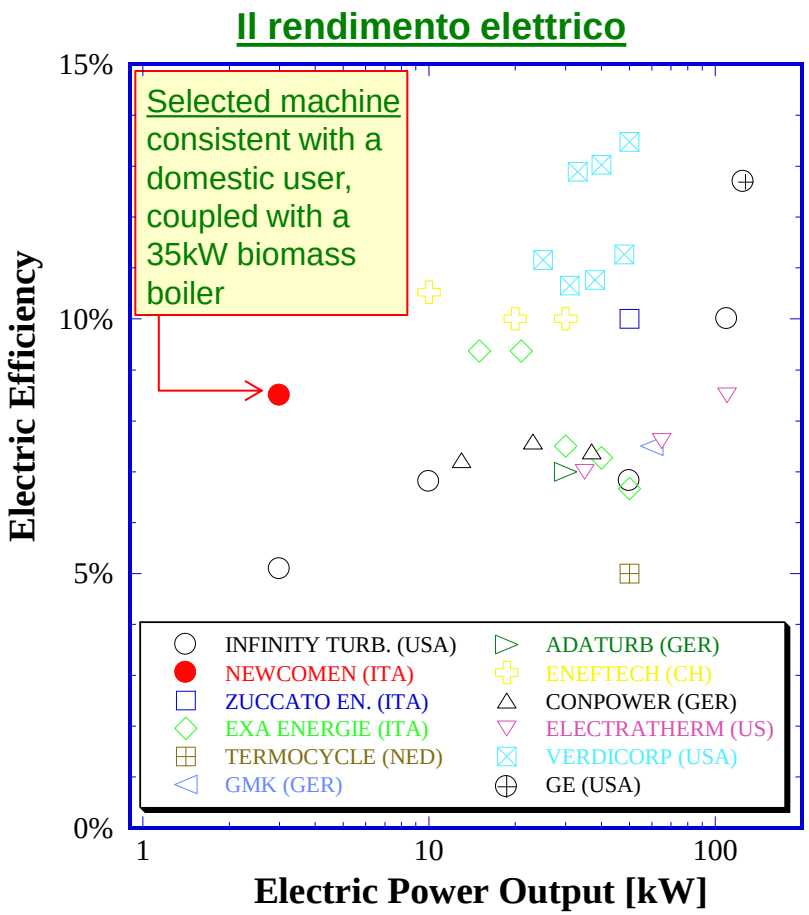
Unità commerciali o in via di sviluppo: prestazioni attese

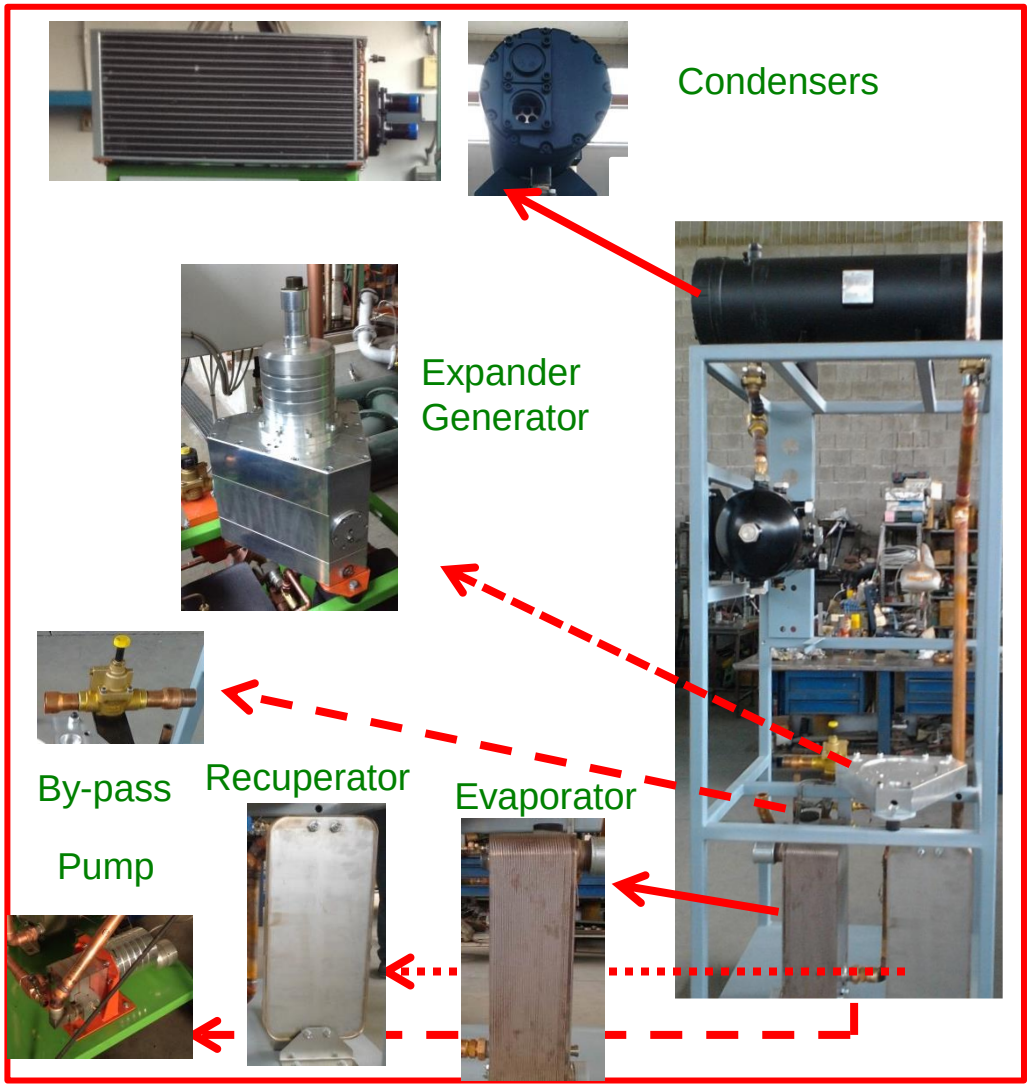
Il rendimento elettrico



- Diversi piccoli prototipi
- Rendimenti dichiarati: 5-13%
- Accoppiamento con caldaie ad acqua calda (T = 70-120°C)
- Temperature del vapore interno limitate dalla sorgente di calore
- Fluidi: HFC per impieghi frigoriferi
- Espansori di tecnologia ben nota, con geometrie semplici e costi ridotti (macchine volumetriche)

Il Laboratorio: unità mORC in corso di test

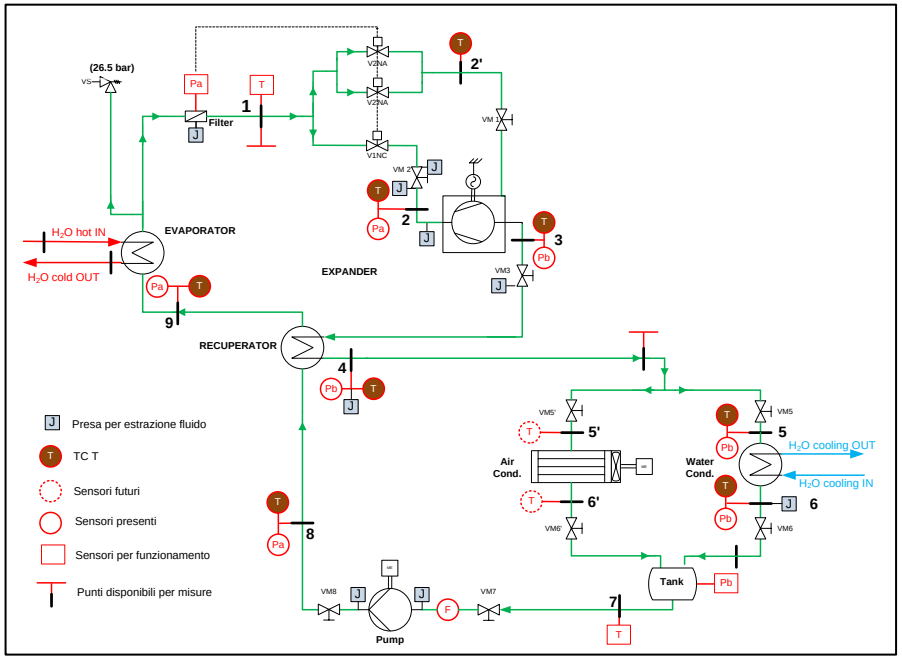




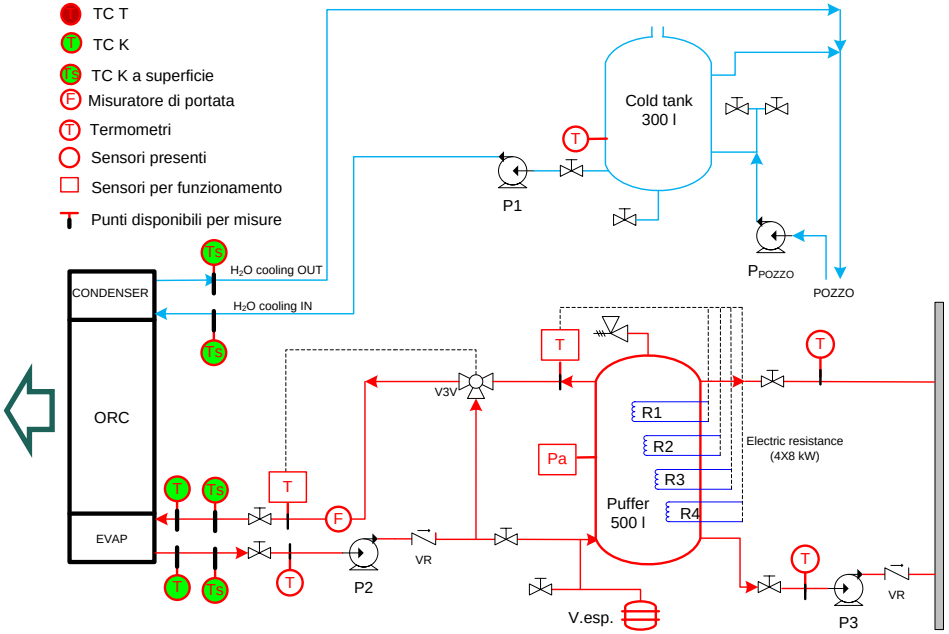
Il Laboratorio: unità mORC in corso di test

Realizzazione banco prova:
{ ű NJdz Y Ŝ y ű l· Î ƛ ƨ y Ŝ Ř Ŝ f [l· è ƨ dz ű ƛ y ű
circuiti idraulici esterni di fornitura calore e di raffreddamento

Il ciclo interno del fluido organico



I circuiti idraulici esterni



Il Laboratorio: unità m-ORC in corso di test

Ravenna 17·18·19 maggio 2017

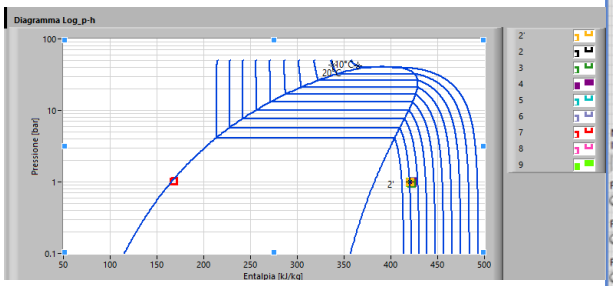
Strumentazione del banco prova

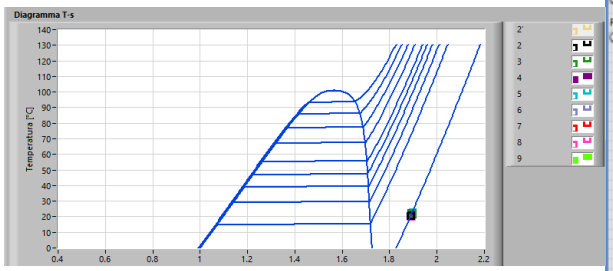
Grandezze misurate	Strumenti	caratteristiche
Temperatura fluido organico		Termocoppie T ad immersione 1mm cl.2, taratura catena di mis. con RTD
Temperatura acqua di alimento / raffreddamento		Termocoppie K ad immersione 1 mm cl.2, taratura catena mis. con RTD
Pressione fluido organico		Sensori press. assoluta piezoelettrici pass. 0-10 bar e 0-30bar, prec. 0.1 % e 0.25%, FP2000 Honeywell
Portata / densità fluido organico		Misurat. portata massica ad effetto Coriolis (err.: max d.l. ±1.5%, o.r. (liq.) 0.15%, (gas) 0.35%), Endress Promass 80 E
Portata dôac calda/fredda		Misuratori elettromagnetici di portata Endress Proline 40 (err.: 0.5-2.5% v.i.)
Tensioni/correnti in uscita e assorbite da pompa		Trasduttori di corrente/tensione ad effetto Hall, LEM LV 25-P, LA 25-NP

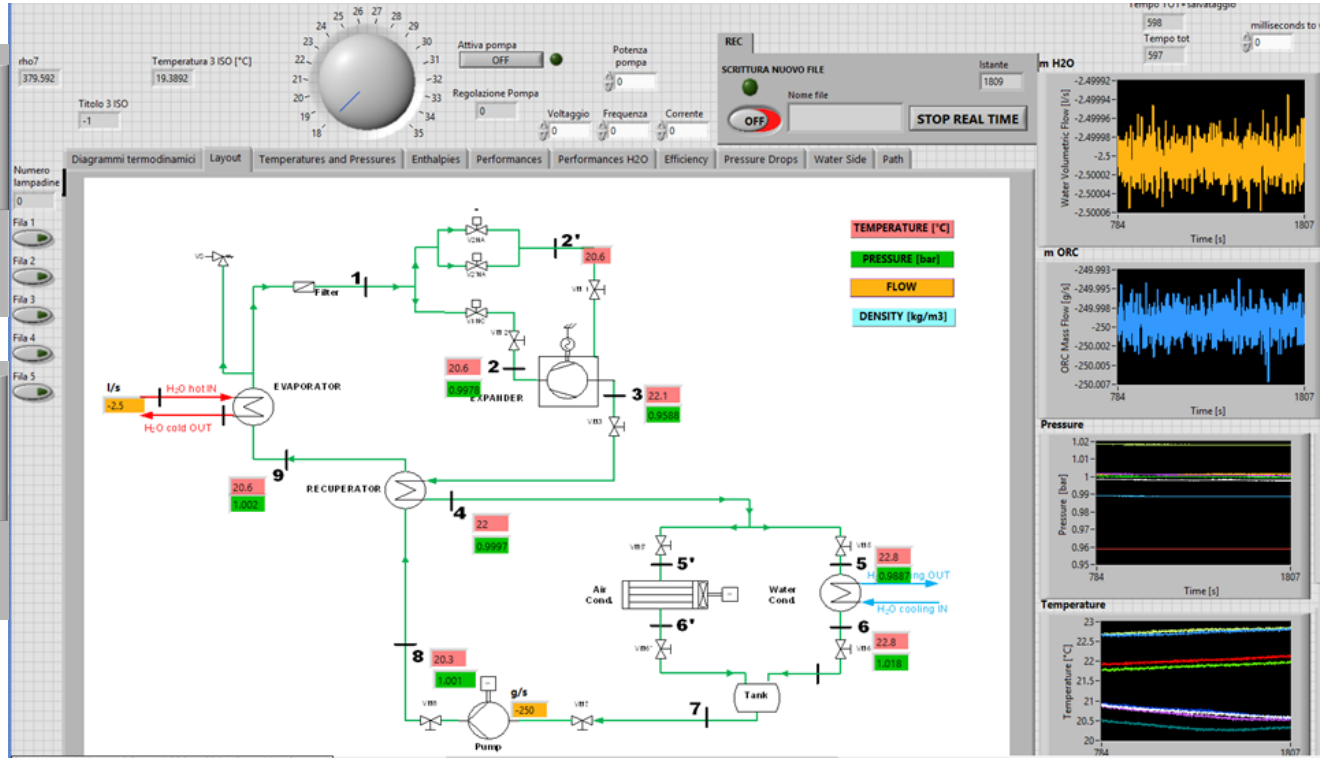
Il Laboratorio: unità m-ORC in corso di test

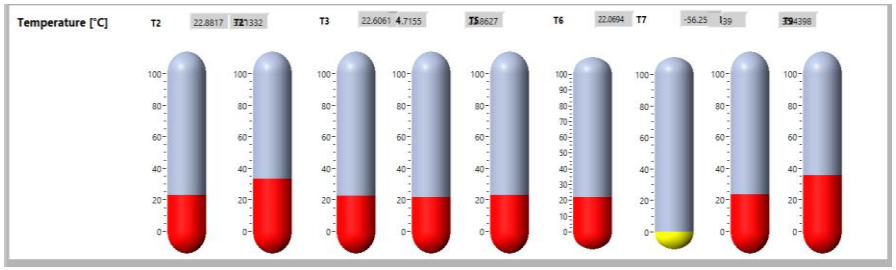
Ravenna 17·18·19 maggio 2017

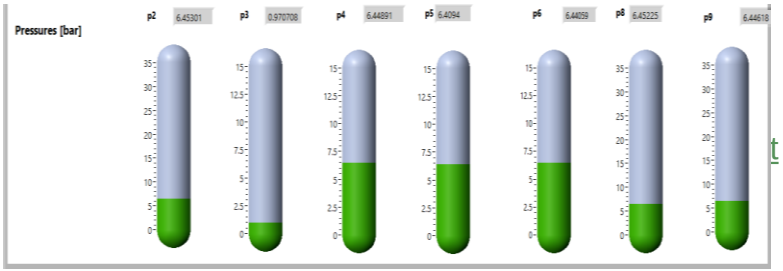
Realizzazione interfaccia grafica di Acquisizione e Controllo





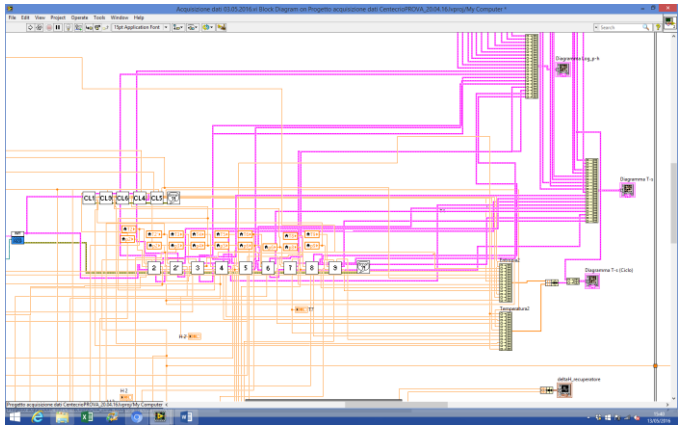


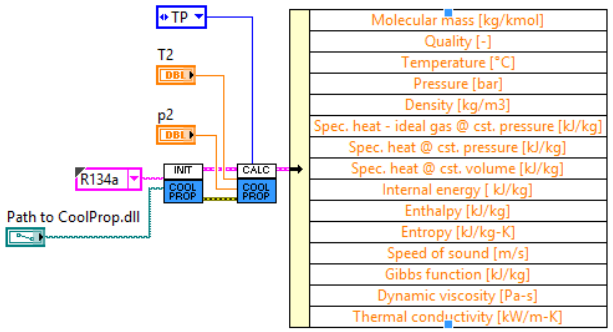


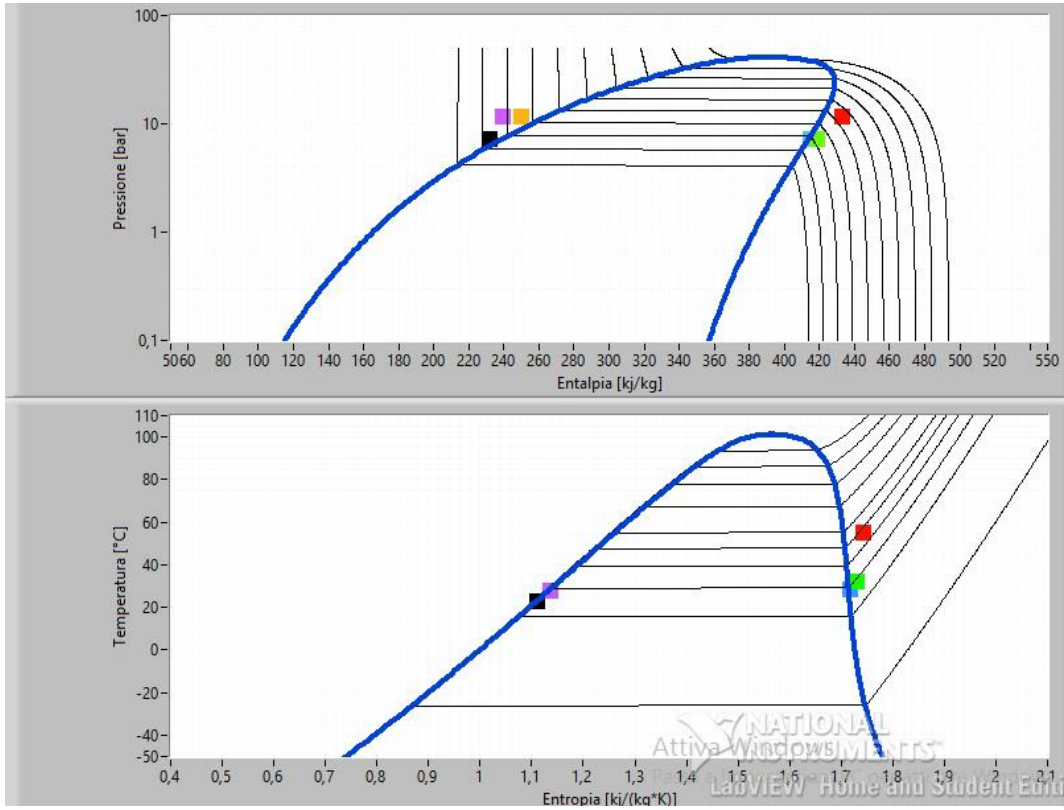


Il Laboratorio: unità m-ORC in corso di test

Implementazione procedura di calcolo *real time* degli stati fisici del fluido mediante database termodinamici





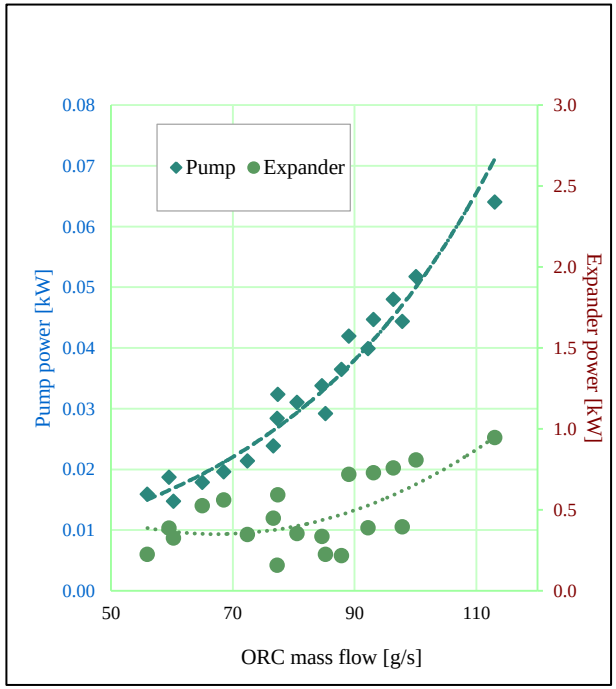


Interrogazione database termodinamici specifici per fluidi organici
Coolprop Labview subroutines

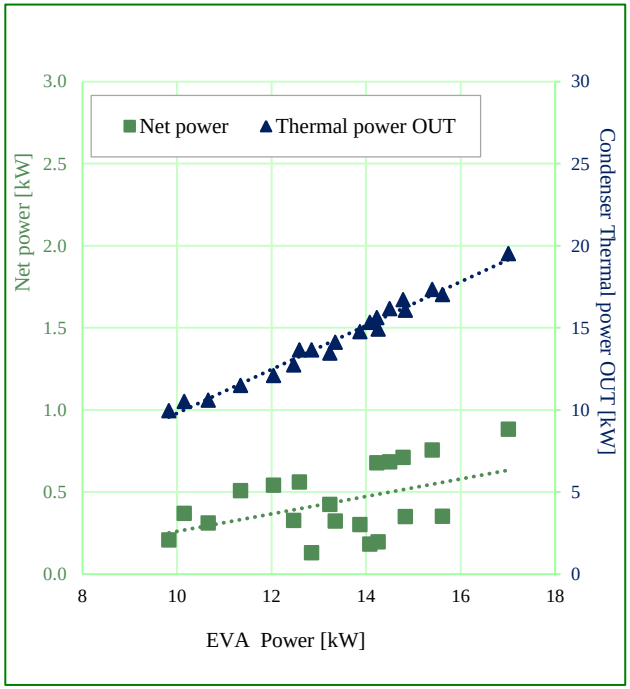
Il Laboratorio: alcuni risultati sperimentali

Caratterizzazione sperimentale del micro-cogeneratore

Prestazioni delle macchine motrici/operatrici



Produzione potenze in output



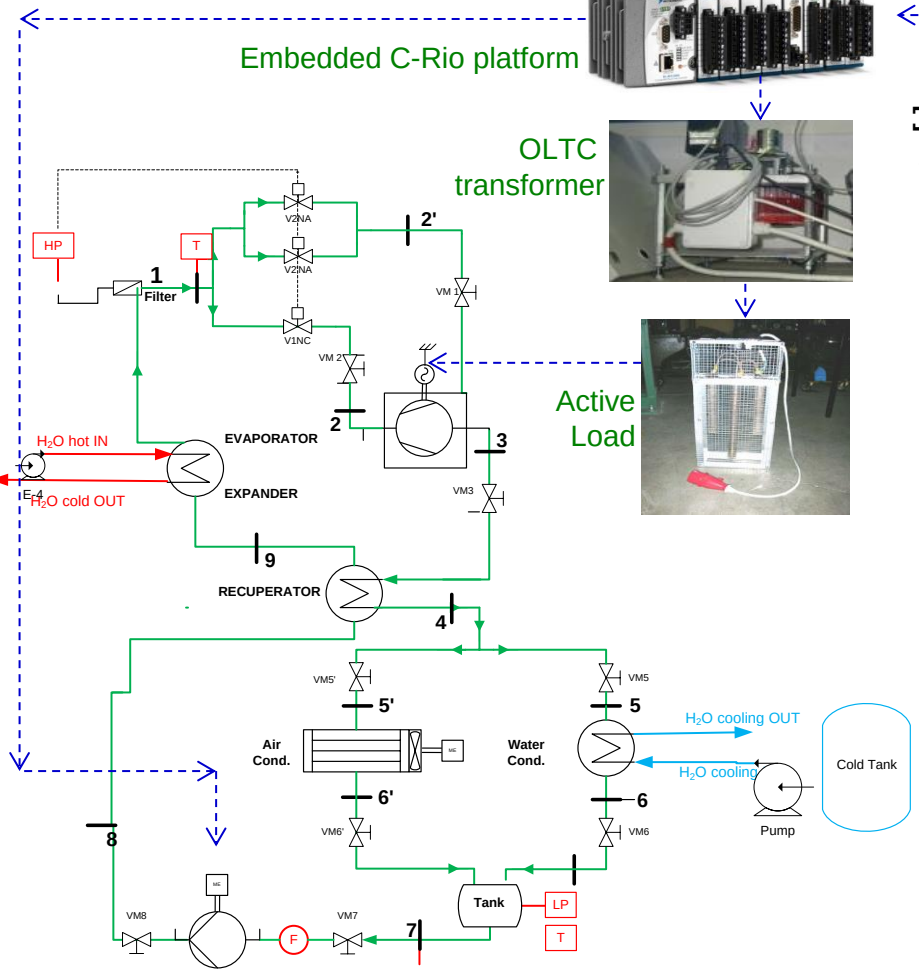
Il Laboratorio: attività previste
test di condizioni operative reali

Risposta del microgeneratore a profili di carico di utenze assegnate

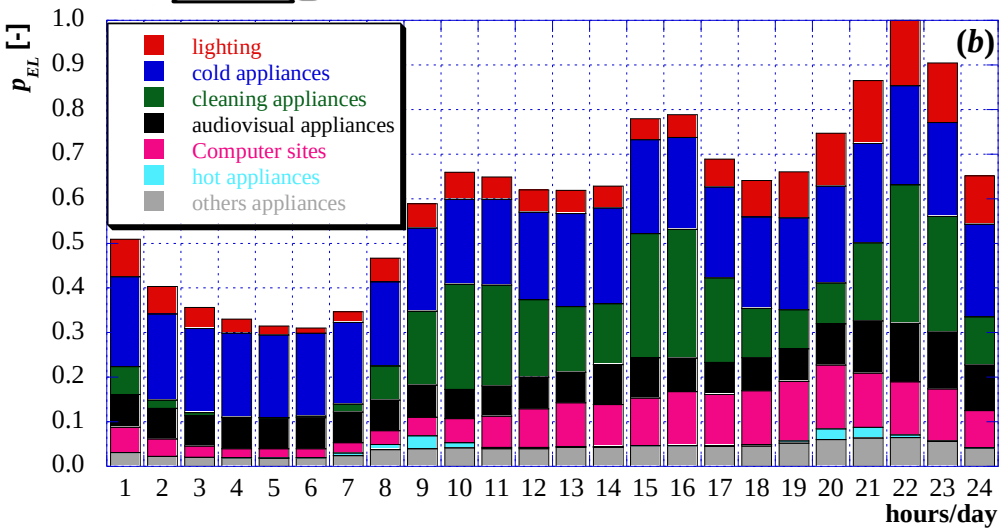
Embedded C-Rio platform

OLTC transformer

Active Load



Profilo di richiesta domestica



Registrazione risposta dinamica e prestazioni a carico variabile del sistema

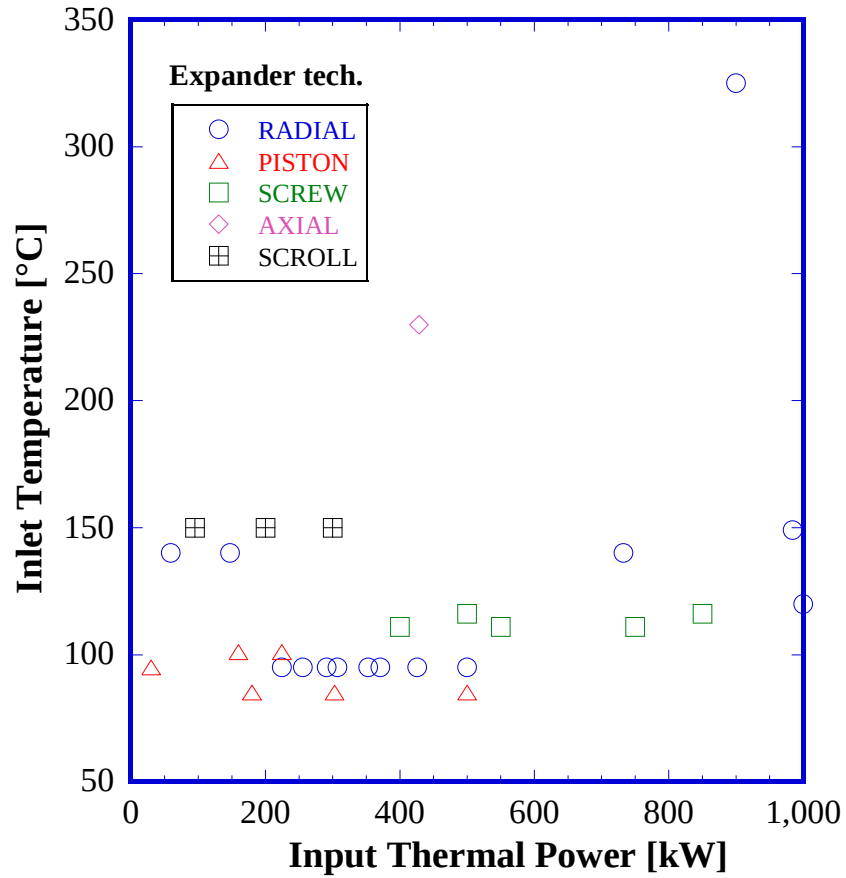
www.ravenna2017.it

Il Laboratorio: attività previste
valutazioni tipologie di espansori

Assiali

Radiali

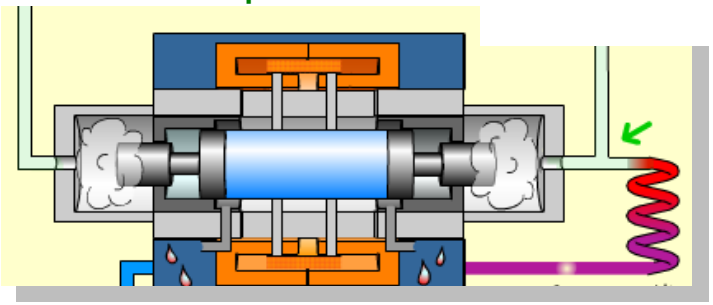
a palette



Scroll

a viti (screw)

a pistoni



Test di compressori HVAC come espansori, macchine reversibili?