



Venezia, 22 novembre 2012

 POLITECNICO DI MILANO



Murano: energia dalle fornaci?

Ennio Macchi

Direttore

Dipartimento di Energia - Politecnico di Milano



Il tema propostomi

La produzione vetraia si insedia nell'isola di Murano alla fine del XIII secolo, quando un decreto della Serenissima Repubblica ordina agli artigiani del vetro di allontanarsi dal centro storico per scongiurare il rischio di incendi.

Delle numerose fornaci che da allora vennero aperte sull'isola, rendendola prestigiosa in tutto il mondo con le loro rinomate fatture, ne rimangono attive solo una minoranza, anche a seguito degli **ingenti costi di gestione**.

Per la fusione del vetro i forni devono mantenere oltre 1000 gradi di temperatura, e la sera non possono essere spenti; ciascuna fornace consuma quindi **centinaia di migliaia di metri cubi di gas all'anno**.

È possibile, con l'aiuto delle nuove tecnologie, ridurre la dispersione del calore e riconvertirlo, almeno in parte, in energia diversamente spendibile? Se sì, **con quali mezzi e con quali costi?**



DIRETTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica ...

L'Unione si trova di fronte a sfide senza precedenti determinate da una maggiore dipendenza dalle importazioni di energia, dalla scarsità di risorse energetiche, nonché dalla necessità di limitare i cambiamenti climatici e di superare la crisi economica.

L'efficienza energetica costituisce un valido strumento per affrontare tali sfide.

Essa migliora la sicurezza di approvvigionamento dell'Unione, **riducendo il consumo di energia primaria** e diminuendo le importazioni di energia.

Essa contribuisce a **ridurre le emissioni di gas serra** in modo efficiente in termini di costi e quindi a ridurre i cambiamenti climatici.



Sono possibili due tipologie di interventi

1. Agire sul processo, migliorandone la resa energetica (meno combustibile a pari produzione)
2. Mantenere il processo inalterato, ma recuperare il calore dissipato per fini utili

Stasera parleremo della seconda alternativa:

- Non sono esperto di tecnologie del vetro
- Non vorrei averesulla coscienza un peggioramento della qualità di prodotti così belli



I termini del problema

- A Murano sono attive 33 aziende
 - Il consumo totale annuo di gas naturale di queste fornaci è circa pari a 15 MSmc, cui corrisponde un costo totale di circa 5 M€/anno
 - In termini di potenza, il valore medio consumato è pari a circa 18 MW_t (quindi circa 500 kWt ogni vetreria)
- Il *rendimento energetico* di una vetreria (energia richiesta dalla reazione/ energia introdotta con il gas naturale) è certamente molto basso: da un punto di vista teorico c'è spazio per migliorare

Fonte: DOE(USA): “Glass manufacture is an energy-intensive process - 80% natural gas which is used to fire the high-temperature furnaces - and because it represents a significant cost to the industry, it has worked for decades to improve energy efficiency”

Fonte: Assovetro

«L'industria Europea del vetro oggi utilizza il 50% di energia in meno rispetto agli anni '60, pari ad una riduzione dell'1.5% l'anno grazie all'aumento del riciclo, alle più efficienti tecnologie e alla leggerezza dei prodotti»



- Soluzioni individuali (una per ogni fornace): più semplice, ma limitante in termini di soluzioni tecnologiche
- Soluzione globale (serve un circuito con un fluido termovettore che collega le varie fornaci, a livello di singola vetreria, o al limite, sull'intera isola): più complessa, sia in termini di accordo commerciale (cooperativa??), sia in termini impiantistici, ma apre scenari interessanti.



Quali sono le alternative di utilizzo di un eventuale recupero di calore? (1/4)

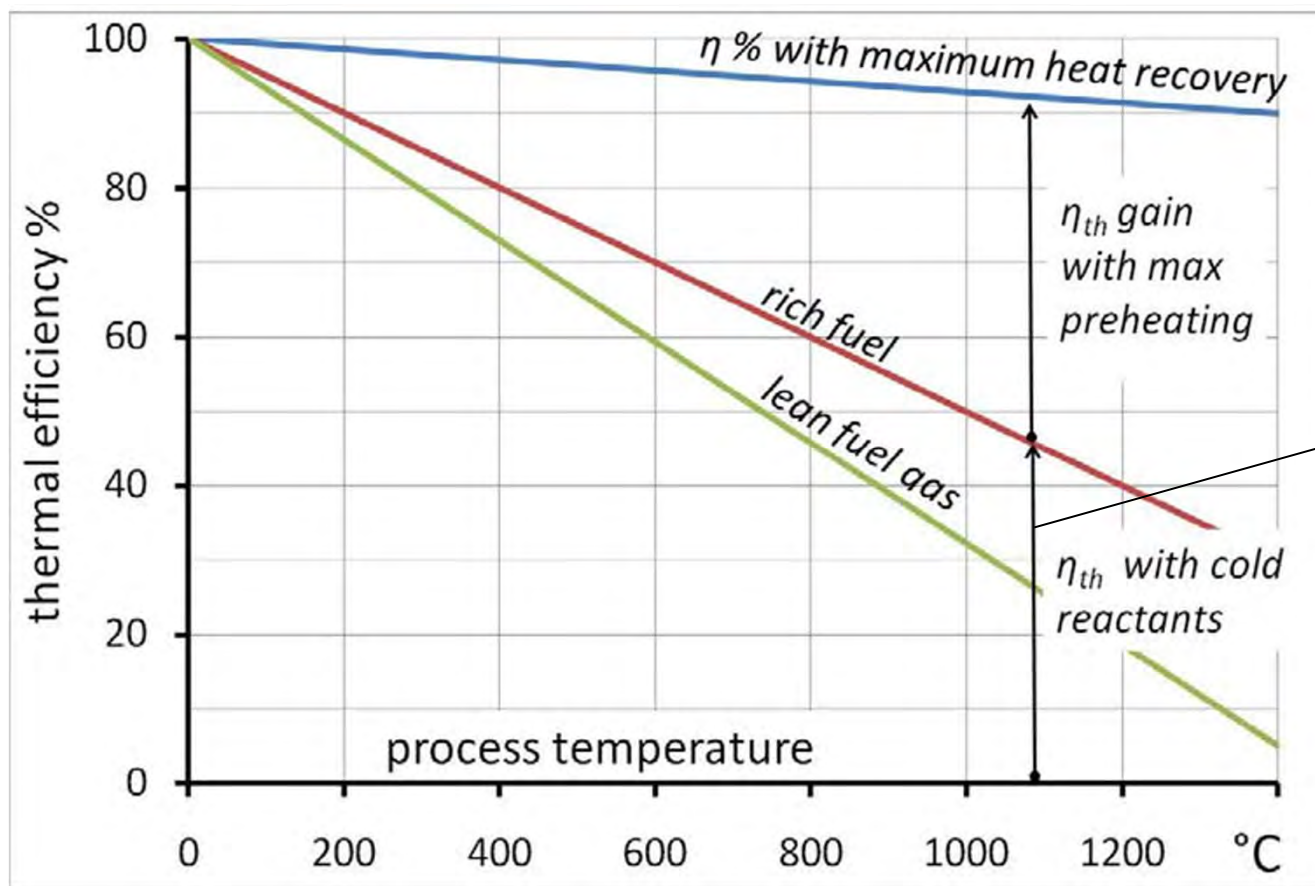
7

Ne segnalo quattro (non sono in alternativa, possono coesistere)

- Preriscaldamento dei reagenti della combustione (in particolare, l'aria) a spese dei prodotti di combustione:
Risultato: serve meno combustibile per fornire la stessa energia termica e raggiungere la stessa temperatura nella fornace



Il concetto è noto a Murano, è applicato in alcune fornaci con una soluzione «esterna» (uno scambiatore di calore in controcorrente fra i gas di scarico e l'aria comburente)



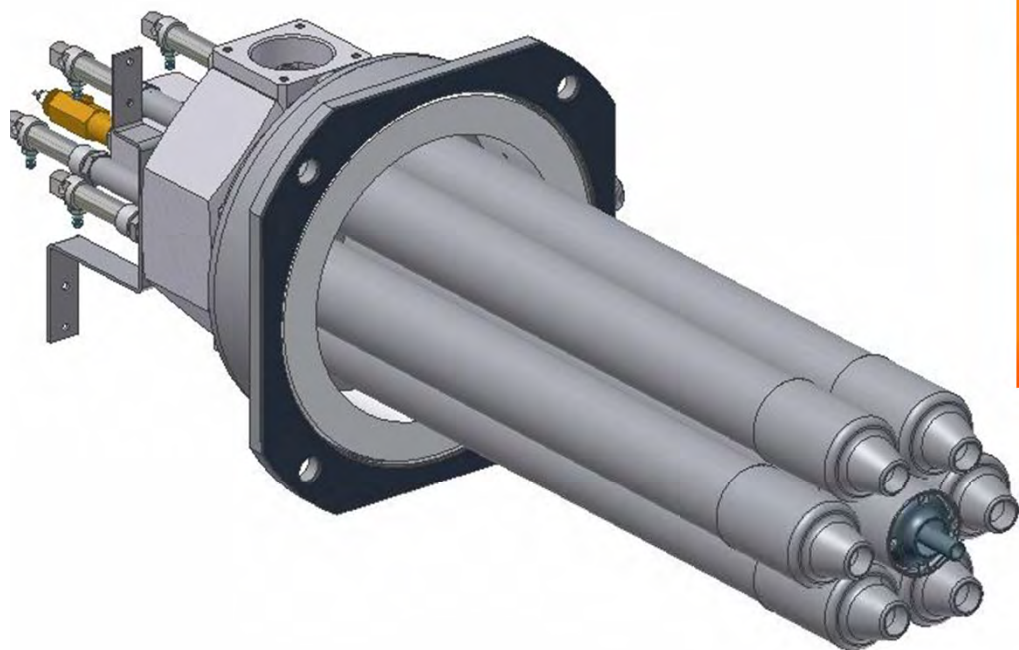
Altro margine di miglioramento



Esempio di un bruciatore rigenerativo: una soluzione “interna” potenzialmente molto efficiente

9

Da quanto ho appurato, NON utilizzata a Murano





Quali sono le alternative di utilizzo di un eventuale recupero di calore? (2/4)

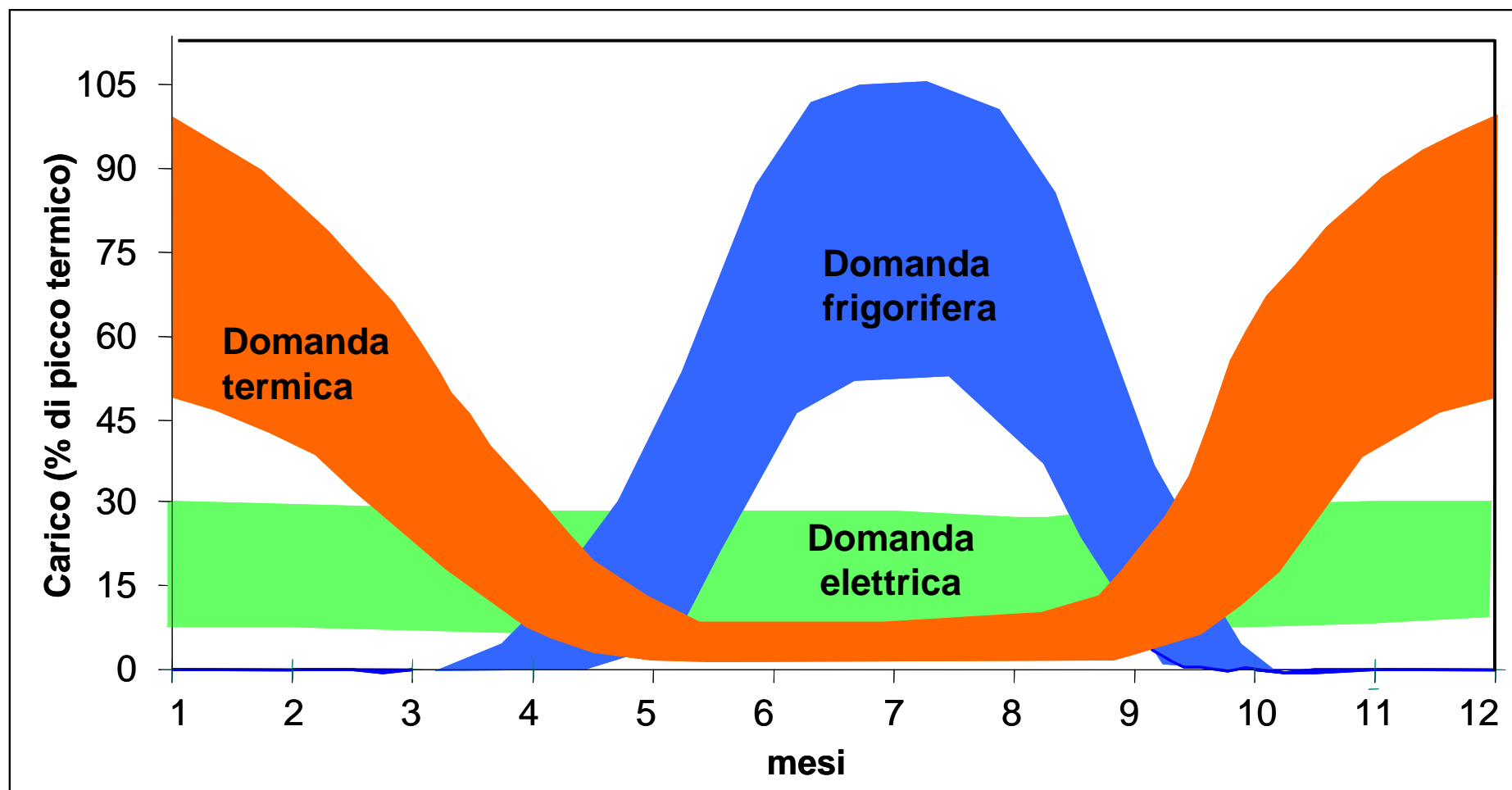
10

Utilizzo del calore recuperato per soddisfare la domanda termica di altre utenze (ad esempio, riscaldamento di ambienti, o all'**interno** della vetreria che richiedono un riscaldamento – uffici, spazi espositivi, o all'**esterno**: «mini- teleriscaldamento» (abitazioni, la scuola?)

Risultato: si risparmia combustibile (o energia elettrica) o si «vende» ad altre utenze (che comprerebbero quindi il calore)



Per molti mesi all'anno non serve calore, ma serve freddo





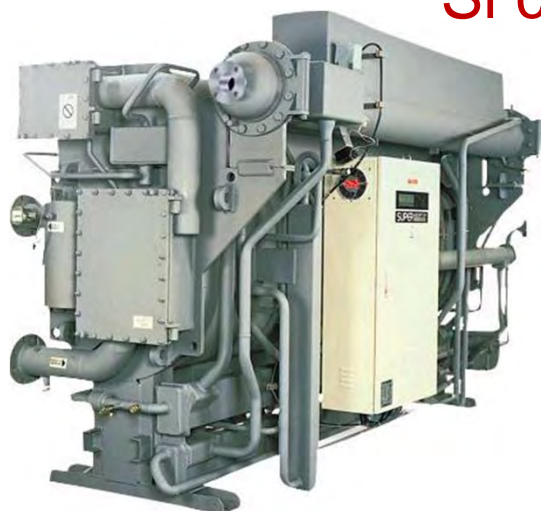
La centrale di Malpensa ($8 \cdot 4,5 \text{ MW}_f$)



Si può utilizzare il calore per produrre freddo, grazie a macchine chiamate frigoriferi ad assorbimento

13

Si cominciano a vedere anche macchine piccole



Gruppi ad assorbimento a singolo stadio – Caratteristiche generali								
Costruttore	Modello	Potenze frigorifere range, kW	COP medio	Campo di temperatura acqua refrigerata, °C	Soluzione refrigerante	Alimentazione	Raffreddamento Aria/acqua	Funzione di riscaldamento Sì/No
BROAD Systema	BDH	104	0.74	7 a 12°C	H ₂ O- LiBr	Acqua calda	Acqua	No
COLIBRI Baxter	ARP-S	100-600	0.4	0 a -50°C	NH ₃ -H ₂ O	Acqua surriscaldata, vapore, olio diatermico, gas esausti	Acqua/Aria	No
LG CABLE Baxter	LWM	70-3000	0.7	4.5 a 20°C	H ₂ O- LiBr	Acqua calda	Acqua	No
	AW	350-5000	0.7	4.5 a 20°C	H ₂ O- LiBr	Vapore < 2 bar	Acqua	No
NISHIYODO Baxter	ADCM	40-1800	0.5	3 a 20°C	H ₂ O- LiBr	Acqua calda da soli 60°C	Acqua	No
	ADLM	90-258	0.35	0 a -5°C	H ₂ O- LiBr	Acqua calda	Acqua	No
THERMAX Rc Group	W.CO G	35-282	0.73	4.5 a 25°C	H ₂ O- LiBr	Acqua calda (75-110°C)	Acqua	No
TRANE	ABDL	350-3900	1.0	6 a 20°C	H ₂ O- LiBr	Gas caldi	Acqua	Sì
	ABSC	335-1400	0.63	4.5 a 15°C	H ₂ O- LiBr	Vapore/acqua	Acqua	No
	ABSD	2000-4800	0.71	4 a 15°C	H ₂ O- LiBr	Vapore/acqua	Acqua	No
YAZAKI Maya	WFC	35-105	0.7	5.5 a 12.5°C	H ₂ O- LiBr	Acqua calda da 75°C a 95°C	Acqua	No
YORK	YIA HWST	420-4850	0.6-0.8	4.4 a 16°C	H ₂ O- LiBr	Acqua calda o surriscaldata / vapore ≤ 1 bar relativi	Acqua	No



Quali sono le alternative di utilizzo di un eventuale recupero di calore? (3 e 4)

14

- **Utilizzo del calore recuperato per alimentare un motore primo (ad esempio un ciclo a vapore)**

Risultato: si produce energia elettrica a costo energetico nullo

Variante: il motore primo può operare in assetto **cogenerativo** (energia elettrica + calore) o **trigenerativo** (energia elettrica + calore + freddo)



Vantaggi

- Il Ciclo Rankine Organico offre molti vantaggi, come ad esempio:
- Alta efficienza della turbina e del ciclo termodinamico **anche per basse potenzialità**;
- Bassa sollecitazione meccanica della turbina;
- Assenza di umidità durante l'espansione del vapore, responsabile dell'erosione delle palette;
- Procedure di avvio semplificate;
- Funzionamento automatico e continuo;
- Ridotta attività di manutenzione;
- Non richiede la presenza di un operatore;
- Lunga durata degli impianti (> 20 anni);
- Non c'è bisogno di acqua demineralizzata.
- Grazie a questi vantaggi, le centrali elettriche basate sulla tecnologia ORC si stanno rapidamente diffondendo in tutto il mondo.



- **Internal combustion engines exhaust gas** (ORC as bottom cycle to Diesel and gas reciprocating engines, gas turbines)
- **Steel furnaces exhaust gas**
- **Cement, Glass and other non ferrous metal furnaces exhaust gas**
- **Exhaust Gas from waste incineration** (civil/industrial)



High exhaust gas temperature

Constant operating conditions

Exhaust gas with moderate dust content

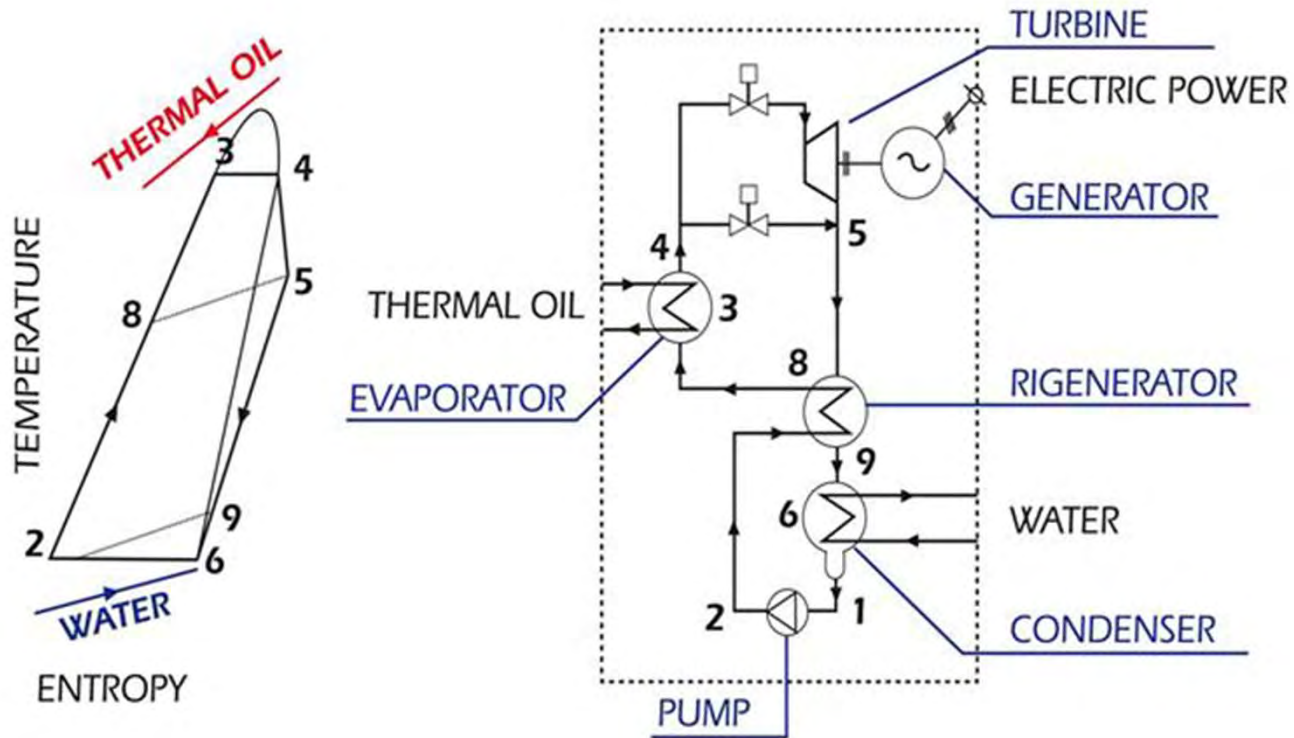
Exhaust gas must be cooled not below 200°C

High temperature ORC cycle employed:

ORC electrical efficiency up to 25 %



Ciclo termodinamico e schema di impianto





Organic Rankine Cycle (ORC) concept:
a commercial technology for distributed production
of combined heat and power from biomass



Turboden T600 – CHP (600 kW_{el})



- Potenza media gas naturale a Murano: 18 MWt
- Ipotizzando di recuperare il 10% del calore entrante per alimentare un motore a fluido organico: 1,8 MWt (**ipotesi ottimista? Da approfondire...**)
- Ipotizzando un rendimento elettrico del 20%: circa 350 kWel (una taglia già interessante), produzione annua circa 28000 M/anno, circa 300.000 €/anno risparmiati
- La soluzione potrebbe essere **cogenerativa o trigenerativa** (con potenze termiche e/o frigorifere probabilmente superiori alle richieste), con ulteriori significativi ulteriori risparmi



- Potrebbe essere proposta a un potenziale finanziatore (CE, Ministero, Regione,???) una **ricerca** volta a:
 - Progettare e sperimentare bruciatori rigenerativi su una fornace «campione», determinandone l'applicabilità tecnica a Murano e i potenziali risparmi in termini di energia primaria (gas naturale?)
 - Condurre uno studio approfondito per verificare la fattibilità tecnico-economica di un'ipotesi di recupero «centralizzato» con co-produzione di energia elettrica, termica e frigorifera



Grazie per l'attenzione!

Ennio Macchi

ennio.macchi@polimi.it

