

## ***Energia e Fonti Rinnovabili***

*Almo Collegio Borromeo, Pavia, a.a. 2009-2010  
corso riconosciuto dall'Università degli Studi di Pavia*

## **Un esempio di risparmio energetico: la produzione distribuita di energia elettrica**

Giovanni Petrecca

*Dipartimento di Ingegneria Elettrica  
Università degli Studi di Pavia, 27100 Pavia, Italy  
giovanni.petrecca@unipv.it*

*18 maggio 2010*

***CONFRONTO TRA PRODUZIONE  
DISTRIBUITA E CENTRALIZZATA DI  
ENERGIA ELETTRICA: aspetti tecnico-  
economici-ambientali***

***PRINCIPALI TECNOLOGIE DI COGENERAZIONE  
ED ENERGIE RINNOVABILI***

## LE CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE DI BASE

Gli impianti di cogenerazione (PRODUZIONE COMBINATA DI ENERGIA ELETTRICA E CALORE) hanno le seguenti configurazioni di base:

- ✓ Motore alternativo
- ✓ turbina a gas
- ✓ turbina a vapore in contropressione
- ✓ Ciclo combinato

Nel seguito si farà riferimento a impianti con potenza elettrica resa tra **1 MW** e **20 MW** per le prime tre configurazioni.

I cicli combinati sono generalmente utilizzati per potenza superiore a 20 MW.

## LE CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE DI BASE

Gli impianti di cogenerazione sono una alternativa alla sola PRODUZIONE CENTRALIZZATA DI ENERGIA ELETTRICA SENZA RECUPERO DI CALORE, con impianti di tipo:

- ✓ turbina a vapore a condensazione
- ✓ Ciclo combinato

Con potenze che arrivano sino a 1000 MW per centrale con rendimenti elettrici sino al 60% .

## GLI ASPETTI AMBIENTALI

I principali aspetti ambientali connessi alla produzione di energia elettrica sono:

- ✓ emissioni in atmosfera ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , altri)
- ✓ utilizzo di risorse combustibili (fossili, biomasse)
- ✓ utilizzo di risorse - acqua
- ✓ utilizzo di prodotti chimici
- ✓ occupazione del suolo e impatto visivo
- ✓ scarichi idrici
- ✓ rumore verso l'esterno
- ✓ campi elettromagnetici

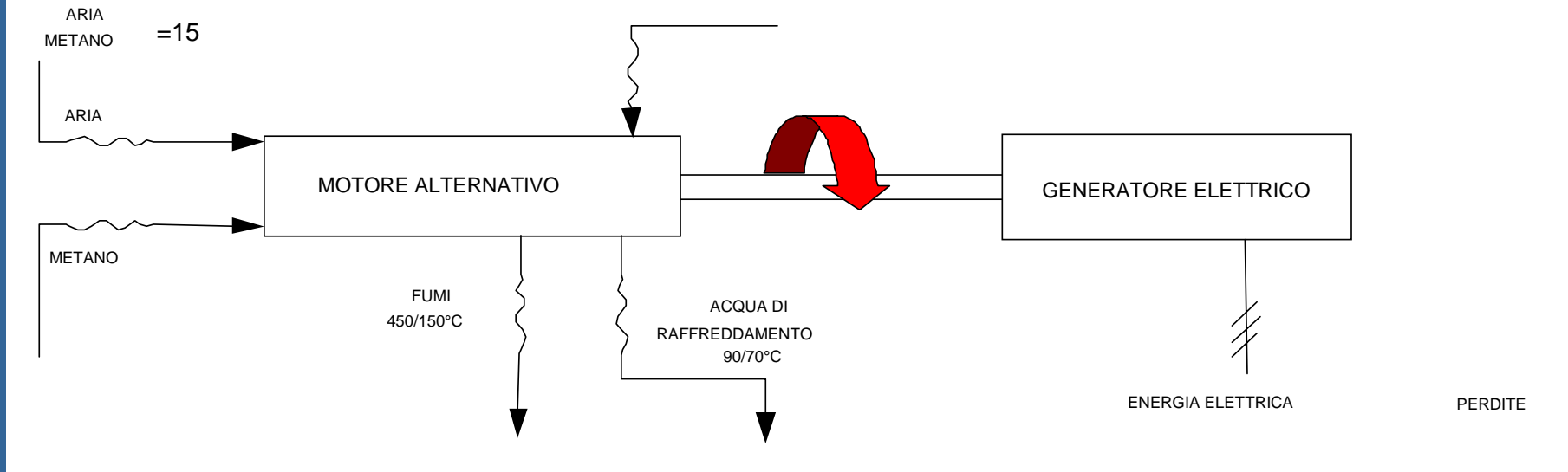
Nel seguito è riportata una schematizzazione delle principali tipologie di impianto con valutazioni tecnico-economiche.

## **IL MOTORE ALTERNATIVO**

**IL MOTORE ALTERNATIVO** ALIMENTATO CON GASOLIO OPPURE CON GAS NATURALE CONSENTE LA PRODUZIONE DI ENERGIA MECCANICA OPPURE ELETTRICA A SECONDA DELLA CONFIGURAZIONE, E DI ENERGIA TERMICA SOTTO FORMA DI ACQUA DI RAFFREDDAMENTO DEL MOTORE AD UNA TEMPERATURA DI CIRCA 80-100°C E GAS DI SCARICO AD ALTA TEMPERATURA (CIRCA 450°C). L'ENERGIA IN INGRESSO (100%) RISULTA RIPARTITA, INDICATIVAMENTE, NEL SEGUENTE MODO:

- ✓ **40%-45% ENERGIA ELETTRICA**
- ✓ **30-25% ENERGIA TERMICA A BASSA-MEDIA TEMPERATURA**
- ✓ **15-20% ENERGIA TERMICA AD ALTA TEMPERATURA (VAPORE)**
- ✓ **15%-10% PERDITE**

## MOTORE ALTERNATIVO



|                        |                           |                           |          |        |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------|--------|
| 100%                   | 18%                       | 30%                       | 40%      | 12%    |
| 2.500 kW               | 448 kW                    | 750 kW                    | 1.000 kW | 302 kW |
| 261 Sm <sup>3</sup> /h | 47 Sm <sup>3</sup> /h     | 78 Sm <sup>3</sup> /h     |          |        |
|                        | 55 Sm <sup>3</sup> /h (*) | 92 Sm <sup>3</sup> /h (*) |          |        |

(\*) con valorizzazione per rendimento CT equivalente pari al 85%

## LA TURBINA A GAS

LA **TURBINA A GAS** ALIMENTATA CON GAS NATURALE CONSENTE LA PRODUZIONE DI ENERGIA MECCANICA OPPURE ELETTRICA A SECONDA DELLA CONFIGURAZIONE, E DI ENERGIA TERMICA IN FORMA DI GAS DI SCARICO AD ALTA TEMPERATURA (CIRCA 500°C).

L'ENERGIA IN INGRESSO (100%) RISULTA RIPARTITA, INDICATIVAMENTE, NEL SEGUENTE MODO:

- ✓ **27-33% ENERGIA ELETTRICA**
- ✓ **53%-47% ENERGIA TERMICA AD ALTA TEMPERATURA**
- ✓ **20% PERDITE**

## LE MICROTURBINE A GAS

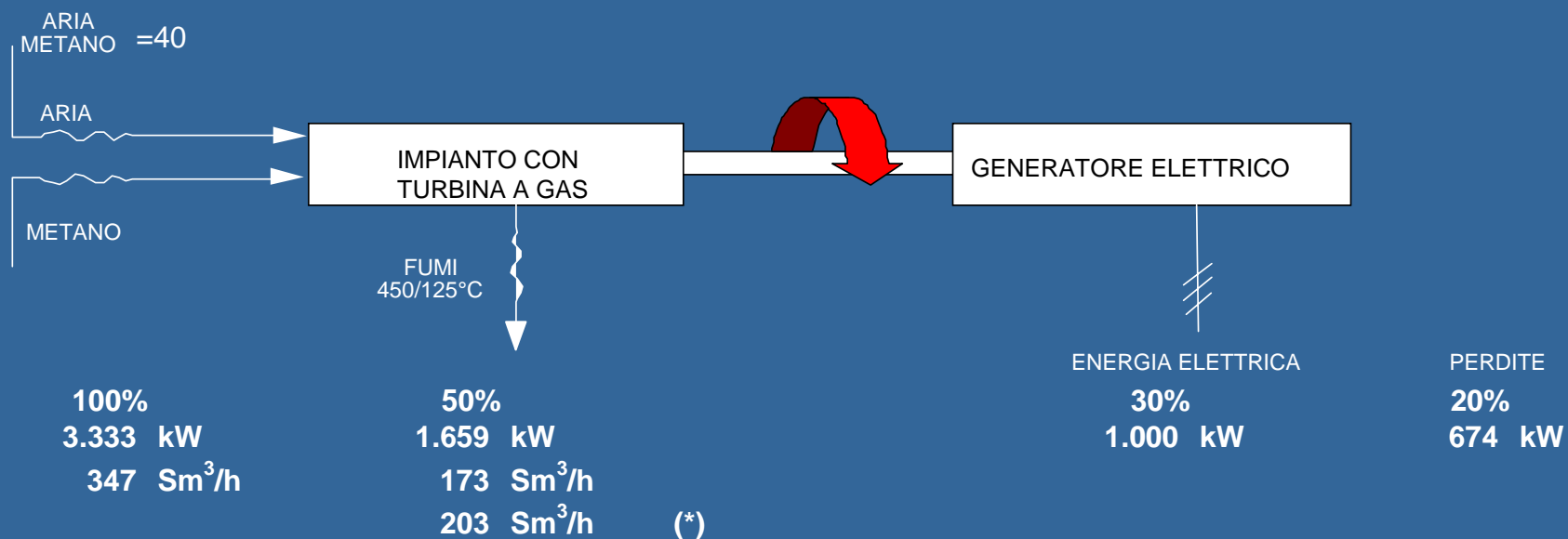
LE MICROTURBINE A GAS FUNZIONANO CON LO STESSO PRINCIPIO DELLE TURBINE A GAS E SI DIFFERENZIANO, OLTRE CHE PER LA TAGLIA DI IMPIANTO (30-100 kW), ANCHE PER LE MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO (ELEVATO NUMERO DI GIRI CON PRODUZIONE DI CORRENTE ALTERNATA A 50 Hz MEDIANTE CONVERTITORI DI POTENZA).

SONO ALIMENTATE CON GAS NATURALE E PRODUCONO ENERGIA TERMICA IN FORMA DI GAS DI SCARICO AD ALTA TEMPERATURA (CIRCA 500°C). I RENDIMENTI SONO RELATIVAMENTE BASSI.

L'ENERGIA IN INGRESSO (100%) RISULTA RIPARTITA, INDICATIVAMENTE, NEL SEGUENTE MODO:

- ✓ **22-25% ENERGIA ELETTRICA**
- ✓ **53%-50% ENERGIA TERMICA AD ALTA TEMPERATURA**
- ✓ **25% PERDITE**

## TURBINA A GAS



(\*) con valorizzazione per rendimento CT equivalente pari al 85%

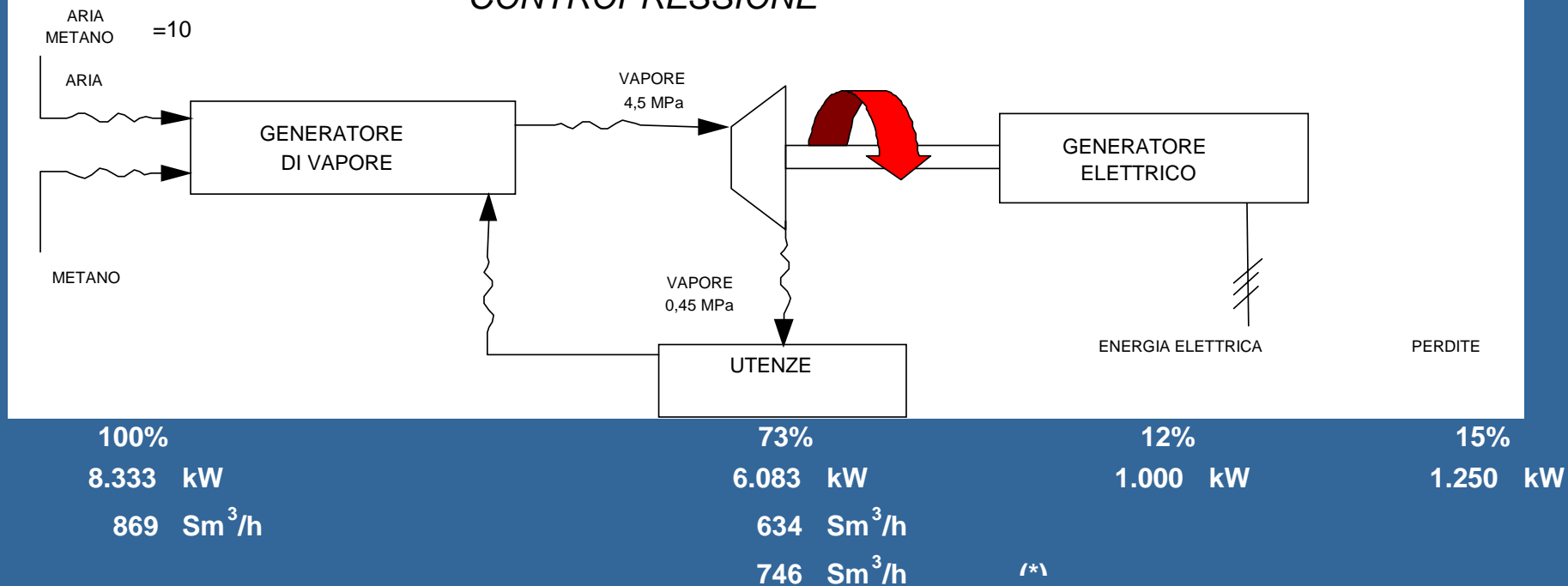
## LA TURBINA A VAPORE

LA TURBINA A VAPORE IN CONTROPRESSIONE VIENE ALIMENTATA CON VAPORE AD ALTA PRESSIONE ED EROGA ENERGIA MECCANICA OPPURE ELETTRICA A SECONDA DELLA CONFIGURAZIONE, ED ENERGIA TERMICA IN FORMA DI VAPORE AD UN LIVELLO DI PRESSIONE RIDOTTO RISPETTO ALL'INGRESSO.

L'ENERGIA IN INGRESSO (100%) RISULTA RIPARTITA, INDICATIVAMENTE, NEL SEGUENTE MODO:

- ✓ **10%-15% ENERGIA ELETTRICA**
- ✓ **75%-70% ENERGIA TERMICA NEL VAPORE IN USCITA**
- ✓ **15% PERDITE**

## TURBINA A VAPORE IN CONTROPRESSIONE



(\*) con valorizzazione per rendimento CT equivalente pari al 85%

## IL CICLO COMBINATO

IL **CICLO COMBINATO** (PER IMPIANTI DI TAGLIA SUPERIORE A 20 MW) PUÒ ESSERE VISTO COME L'UNIONE DI UNA TURBINA A GAS CON UNA TURBINA A VAPORE.

LA TURBINA A GAS ALIMENTATA CON GAS NATURALE CONSENTE LA PRODUZIONE DI ENERGIA MECCANICA, OPPURE ELETTRICA, E DI ENERGIA TERMICA IN FORMA DI GAS DI SCARICO AD ALTA TEMPERATURA.

TALE ENERGIA TERMICA È UTILIZZATA PER LA PRODUZIONE DI VAPORE AD ALTA PRESSIONE CHE ALIMENTA LA TURBINA A VAPORE, LA QUALE EROGA ENERGIA ELETTRICA, E PUÒ PRODURRE, SE IN CONTROPRESSIONE, ENERGIA TERMICA IN FORMA DI VAPORE AD UN LIVELLO DI PRESSIONE RIDOTTO RISPETTO ALL'INGRESSO.

L'ENERGIA IN INGRESSO (100%) RISULTA RIPARTITA,  
INDICATIVAMENTE, NEL SEGUENTE MODO:

### **CICLO COMBINATO A CONTROPRESSIONE**

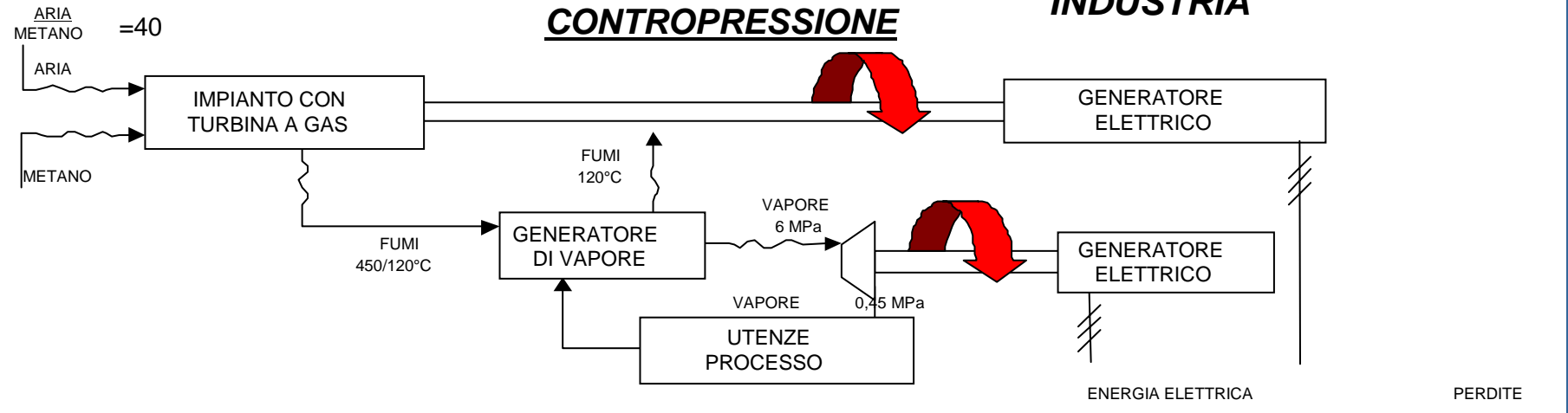
- ✓ **40%-50% ENERGIA ELETTRICA**
- ✓ **40%-30% ENERGIA TERMICA RECUPERATA NEL VAPORE IN USCITA**
- ✓ **20% PERDITE**

### **CICLO COMBINATO A CONDENSAZIONE**

- ✓ **50%-60% ENERGIA ELETTRICA**
- ✓ **0% ENERGIA TERMICA RECUPERABILE**
- ✓ **50%-40% PERDITE (TRA CUI QUELLE NEL VAPORE IN USCITA)**

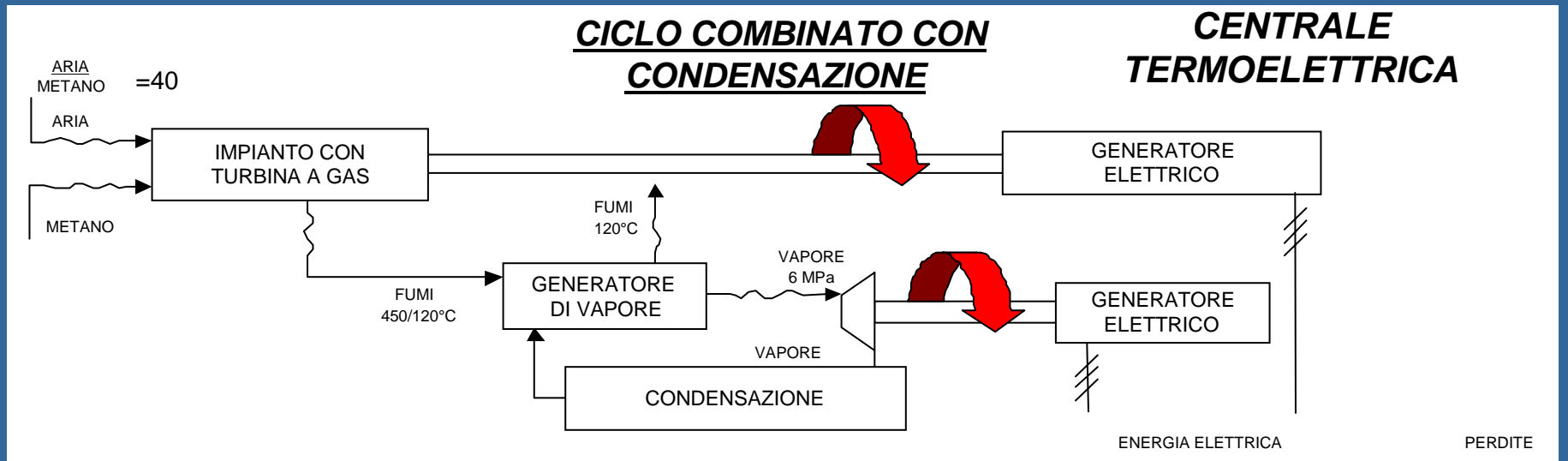
## CICLO COMBINATO A CONTROPRESSIONE

## INDUSTRIA



|                          |           |                          |          |           |          |
|--------------------------|-----------|--------------------------|----------|-----------|----------|
| 100%                     | 49%       | 40%                      | 8%       | 31%       | 20%      |
| 25.370 kW                | 12.472 kW | 10.230 kW                | 2.135 kW | 7.865 kW  | 5.140 kW |
| 2.645 Sm <sup>3</sup> /h |           | 1.066 Sm <sup>3</sup> /h |          | 10.000 kW |          |
|                          |           | 1.255 Sm <sup>3</sup> /h |          |           |          |
|                          |           |                          | (*)      |           |          |

(\*) con valorizzazione per rendimento CT equivalente pari al 85%



| Input                    | Output              | Losses               |
|--------------------------|---------------------|----------------------|
| 100%                     | 49%                 | 0%                   |
| 18.013 kW                | 8.855 kW            | - kW                 |
| 1.878 Sm <sup>3</sup> /h |                     | - Sm <sup>3</sup> /h |
|                          |                     | - Sm <sup>3</sup> /h |
|                          |                     | (*)                  |
|                          |                     | (*)                  |
|                          | 19% + 37%           |                      |
|                          | 3.335 kW + 6.665 kW |                      |
|                          | <u>10.000 kW</u>    |                      |
|                          |                     | 44%                  |
|                          |                     | 8.013 kW             |

(\*) con valorizzazione per rendimento CT equivalente pari al 85%

## VALORI PERCENTUALI TIPICI DI IMPIANTI DI COGENERAZIONE

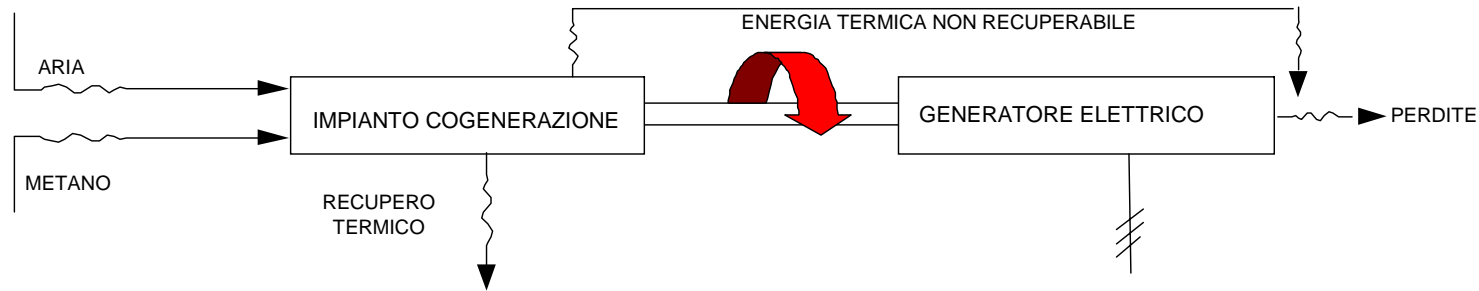
|  | <b>RECUPERO<br/>TERMICO</b> | <b>ENERGIA<br/>ELETTRICA</b> | <b>PERDITE</b> |
|--|-----------------------------|------------------------------|----------------|
| <b>MOTORE ALTERNATIVO</b>                      | <b>48%</b>                  | <b>40%</b>                   | <b>12%</b>     |
| <b>TURBOGAS</b>                                | <b>50%</b>                  | <b>30%</b>                   | <b>20%</b>     |
| <b>TURBINA A VAPORE IN<br/>CONTROPRESSIONE</b> | <b>73%</b>                  | <b>12%</b>                   | <b>15%</b>     |
| <b>CICLO COMBINATO IN<br/>CONTROPRESSIONE</b>  | <b>40%</b>                  | <b>40%</b>                   | <b>20%</b>     |
| <b>CICLO COMBINATO A<br/>CONDENSAZIONE</b>     | <b>0%</b>                   | <b>50%</b>                   | <b>50%</b>     |

## DATI DI INPUT PER LE VALUTAZIONI TECNICO ECONOMICHE

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>costo medio metano (senza imposte)</b>                    | <b>32,0 c€/Sm<sup>3</sup></b>   |
| <b>costo medio metano (industria)</b>                        | <b>33,2 c€/Sm<sup>3</sup></b>   |
| <b>costo medio metano (ospedale)</b>                         | <b>49,3 c€/Sm<sup>3</sup></b>   |
| <b>imposte metano (industria)</b>                            | <b>1,2 c€/Sm<sup>3</sup></b>    |
| <b>imposte metano (ospedale)</b>                             | <b>17,3 c€/Sm<sup>3</sup></b>   |
| <b>altri costi operativi ed imposte (motore alternativo)</b> | <b>1,50 c€/kWh</b>              |
| <b>altri costi operativi ed imposte (turbina a gas)</b>      | <b>1,50 c€/kWh</b>              |
| <b>altri costi operativi ed imposte (turbina a vapore)</b>   | <b>1,50 c€/kWh</b>              |
| <b>altri costi operativi ed imposte (ciclo combinato)</b>    | <b>1,50 c€/kWh</b>              |
| <b>PCI metano:</b>   | <b>34.535 kJ/Sm<sup>3</sup></b> |
| <b>rendimento CT equivalente</b>                             | <b>85%</b>                      |
| <b>costo medio olio vegetale</b>                             | <b>50,0 c€/kg</b>               |
| <b>PCI olio vegetale</b>                                     | <b>34.535 kJ/kg</b>             |

Nel seguito sono riportate due valutazioni tecnico-economiche per impianti di cogenerazione nel settore industriale con combustibile metano e olio vegetale tenendo conto dei benefici connessi ai titoli di efficienza energetica (certificati bianchi) e ai certificati verdi (con olio vegetale-fonte rinnovabile) e nel terziario. I valori percentuali di ripartizione delle potenze sono valori medi che possono essere assunti come riferimento per le valutazioni.

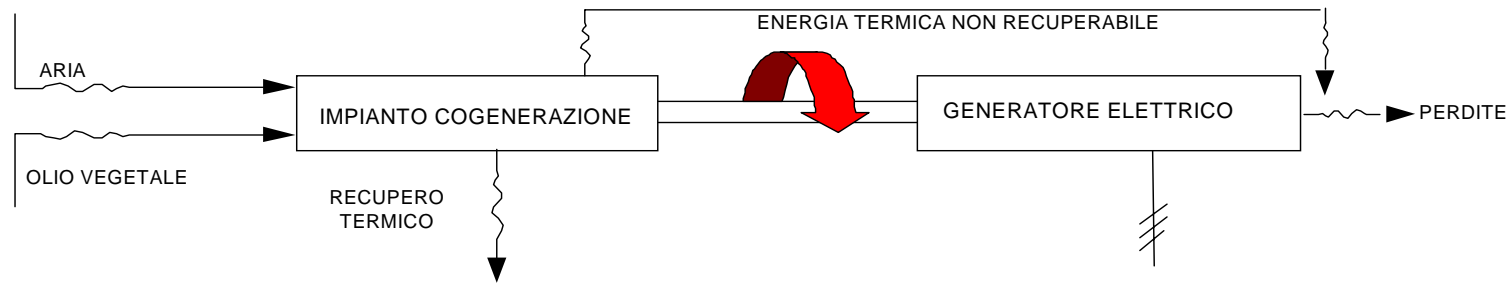
## COGENERAZIONE - INDUSTRIA- METANO



|  |                      |                   |                             |                    |   | ENERGIA ELETTRICA                        |           | PERDITE  |           |
|--|----------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---|--|-----------|----------|-----------|
| 100%   |                      | 40%               |                             |                    |   | 40%                                      |           | 20%      |           |
|  |                      | 50%               | Limite termico (minimo 33%) |                    |   |  |           |          |           |
|  |                      | 33%               | IRE(minimo 10%)             |                    |   |  |           |          |           |
| 2.500  | kW                   | 1.000             | kW                          |                    |   | 1.000                                    | kW        | 500      | kW        |
| 261  | Sm <sup>3</sup> /h   | 104               | Sm <sup>3</sup> /h          |                    |   |  |           |          |           |
|  |                      | 123               | Sm <sup>3</sup> /h          | (*)                |   |  |           |          |           |
| 0,261  | Sm <sup>3</sup> /kWh | consumo specifico |                             |                    |   |  |           |          |           |
| 32,3   | c€/Sm <sup>3</sup>   | (**)              | 33,2                        | c€/Sm <sup>3</sup> |   |  |           |          |           |
| 84   | €/h                  | -                 | 41                          | €/h                | = | 43                                       | €/h       |          |           |
|  |                      |                   |                             |                    |   | costo combustibile                       | 4,3       | c€/kWh   | a         |
|  |                      |                   |                             |                    |   | altri costi operativi ed imposte         | 1,5       | c€/kWh   | b         |
|  |                      |                   |                             |                    |   | costo di produzione                      | 5,8       | c€/kWh   | c=a+b     |
|  |                      |                   |                             |                    |   | costo di acquisto-riferimento            | 10,5      | c€/kWh   | d         |
|  |                      |                   |                             |                    |   | risparmio autoproduzione                 | 4,7       | c€/kWh   | e=d-c     |
|  |                      |                   |                             |                    |   | benefici da titoli efficienza energetici | 100,0     | €/TEP    |           |
|  |                      |                   |                             |                    |   |  | 1,17      | c€/kWh   | f         |
|  |                      |                   |                             |                    |   | autoproduzione                           | 5.000     | h/anno   |           |
|  |                      |                   |                             |                    |   | autoproduzione                           | 5.000.000 | kWh/anno | e         |
|  |                      |                   |                             |                    |   | risparmio                                | 291.419   | €/anno   | (d-c+f)*e |
|  |                      |                   |                             |                    |   | INVESTIMENTO                             | 1.000     | €/kW     |           |
|  |                      |                   |                             |                    |   |  | 1.000.000 | €        |           |
| (*) con valorizzazione per rendimento CT a metano pari al 85%                        |                      |                   |                             |                    |   |  |           |          |           |
| (**) a imposte sul combustibile ridotte  |                      |                   |                             |                    |   |  |           |          |           |
| NB- si è supposto solo il recupero del calore dei fumi e non quello dell'acqua calda |                      |                   |                             |                    |   |  |           |          |           |

| <b>VALUTAZIONE ECONOMICA COGENERAZIONE INDUSTRIA-METANO</b> |      |               |         |
|---|------|---------------|---------|
| investimento I  | €    | 1.000.000     |         |
| risparmio annuo R   | €    | 291.419       |         |
| anni vita   | n    | 8             |         |
| tasso di sconto reale(con inflazione+rischio)               | %    | 5             |         |
| fattore attualizzazione PAF                                 |      | 6,463         |         |
| <b>PAYBACK</b>  | anno | I/R           | 3,4     |
| <b>ROR</b>  | %    | R/I           | 29%     |
| <b>VAN</b>  | €    | $R*PAF-I$     | 883.443 |
| <b>VAN/I</b>  |      | $(R*PAF-I)/I$ | 0,88    |
| <b>IRR</b>  | %    | $VAN=0$       | >20     |

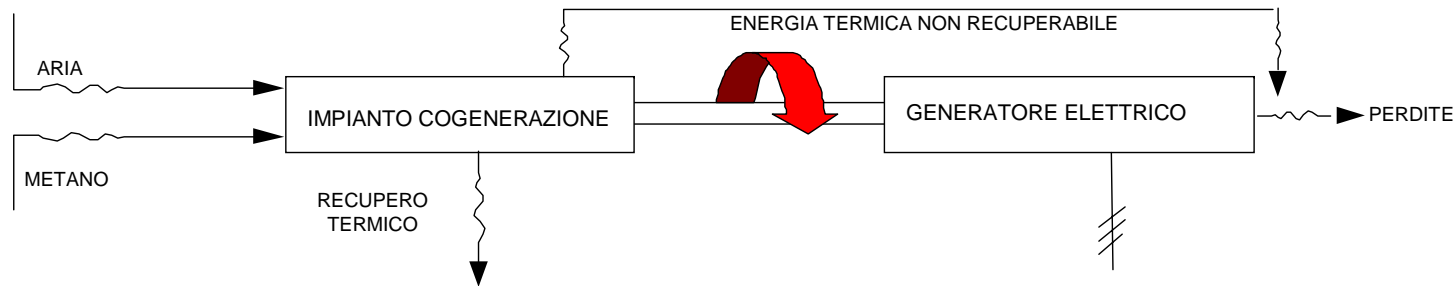
## COGENERAZIONE - INDUSTRIA- OLIO VEGETALE



| 100%   |        | 40%               |       | ENERGIA ELETTRICA<br>40%         |     | PERDITE<br>20% |          |
|--|--------|-------------------|-------|----------------------------------|-----|----------------|----------|
|  |        |                   | 50%   | Limite termico (minimo 33%)      |     |                |          |
|  |        |                   | 33%   | IRE(minimo 10%)                  |     |                |          |
| 2.500  | kW     |                   | 1.000 | kW                               |     | 1.000          | kW       |
| 261  | kg/h   |                   | 104   | Sm <sup>3</sup> /h               |     |                |          |
|  |        |                   | 123   | Sm <sup>3</sup> /h               | (*) |                |          |
| 0,261  | kg/kWh | consumo specifico |       |                                  |     |                |          |
| 50,0   | c€/kg  |                   | 33,2  | c€/Sm <sup>3</sup>               |     |                |          |
| 130  | €/h    | -                 | 41    | €/h                              | =   | 90             | €/h      |
|  |        |                   |       | costo combustibile               |     | 9,0            | c€/kWh   |
|  |        |                   |       | altri costi operativi ed imposte |     | 1,5            | c€/kWh   |
|  |        |                   |       | costo di produzione              |     | 10,5           | c€/kWh   |
|  |        |                   |       | costo di acquisto-riferimento    |     | 10,5           | c€/kWh   |
|  |        |                   |       | risparmio autoproduzione         |     | 0,0            | c€/kWh   |
|  |        |                   |       | benefici da certificati verdi    |     |                |          |
|  |        |                   |       |                                  |     | 10,00          | c€/kWh   |
|  |        |                   |       | autoproduzione                   |     | 5.000          | h/anno   |
|  |        |                   |       | autoproduzione                   |     | 5.000.000      | kWh/anno |
|  |        |                   |       | risparmio                        |     | 502.366        | €/anno   |
|  |        |                   |       | INVESTIMENTO                     |     | 1.250          | €/kW     |
|  |        |                   |       |                                  |     | 1.250.000      | €        |
| (*) con valorizzazione per rendimento CT a metano pari al 85%                        |        |                   |       |                                  |     |                |          |
| NB- si è supposto solo il recupero del calore dei fumi e non quello dell'acqua calda |        |                   |       |                                  |     |                |          |

| <b>VALUTAZIONE ECONOMICA COGENERAZIONE INDUSTRIA-OLIO VEGETALE</b> |      |               |           |
|--|------|---------------|-----------|
| investimento I   | €    | 1.000.000     |           |
| risparmio annuo R  | €    | 502.366       |           |
| anni vita  | n    | 8             |           |
| tasso di sconto reale(con inflazione+rischio)                      | %    | 5             |           |
| fattore attualizzazione PAF  |      | 6,463         |           |
| <b>PAYBACK</b>   | anno | I/R           | 2,0       |
| <b>ROR</b>   | %    | R/I           | 50%       |
| <b>VAN</b>   | €    | $R*PAF-I$     | 2.246.792 |
| <b>VAN/I</b>   |      | $(R*PAF-I)/I$ | 2,25      |
| <b>IRR</b>   | %    | $VAN=0$       | >30       |

## COGENERAZIONE - TERZIARIO



| 100%  |                      | 40%                             |                         | 40% |  | 20%               |                  |
|-------|----------------------|---------------------------------|-------------------------|-----|--|-------------------|------------------|
|       |                      | 50% Limite termico (minimo 33%) |                         |     |  | ENERGIA ELETTRICA |                  |
|       |                      | 33% IRE (minimo 10%)            |                         |     |  | PERDITE           |                  |
| 2.500 | kW                   | 1.000                           | kW                      |     |  | 1.000             | kW               |
| 261   | Sm <sup>3</sup> /h   | 104                             | Sm <sup>3</sup> /h      |     |  |                   | 500 kW           |
|       |                      | 123                             | Sm <sup>3</sup> /h (*)  |     |  |                   |                  |
| 0,261 | Sm <sup>3</sup> /kWh | consumo specifico               |                         |     |  |                   |                  |
| 33,0  | c€/Sm <sup>3</sup>   | (**)                            | 49,3 c€/Sm <sup>3</sup> |     |  |                   |                  |
| 86    | €/h                  | -                               | 60 €/h                  |     | =  | 25                | €/h              |
|       |                      |                                 |                         |     | costo combustibile                       | 2,5               | c€/kWh a         |
|       |                      |                                 |                         |     | altri costi operativi ed imposte         | 1,5               | c€/kWh b         |
|       |                      |                                 |                         |     | costo di produzione                      | 4,0               | c€/kWh c=a+b     |
|       |                      |                                 |                         |     | costo di acquisto-riferimento            | 10,5              | c€/kWh d         |
|       |                      |                                 |                         |     | risparmio autoproduzione                 | 6,5               | c€/kWh e=d-c     |
|       |                      |                                 |                         |     | benefici da titoli efficienza energetici | 100,0             | €/TEP            |
|       |                      |                                 |                         |     |  | 1,17              | c€/kWh f         |
|       |                      |                                 |                         |     | autoproduzione                           | 4.000             | h/anno           |
|       |                      |                                 |                         |     | autoproduzione                           | 4.000.000         | kWh/anno e       |
|       |                      |                                 |                         |     | risparmio                                | 305.199           | €/anno (d-c+f)*e |
|       |                      |                                 |                         |     | INVESTIMENTO                             | 1.250             | €/kW             |
|       |                      |                                 |                         |     |  | 1.250.000         | €                |

(\*) con valorizzazione per rendimento CT equivalente pari al 85%

(\*\*) a imposte sul combustibile ridotte

| <b>VALUTAZIONE ECONOMICA COGENERAZIONE TERZIARIO</b> |      |               |         |
|--|------|---------------|---------|
| investimento I                                       | €    | 1.250.000     |         |
| risparmio annuo R                                    | €    | 305.199       |         |
| anni vita  | n    | 8             |         |
| tasso di sconto reale(con inflazione+rischio)        | %    | 5             |         |
| fattore attualizzazione PAF                          |      | 6,463         |         |
| <b>PAYBACK</b>                                       | anno | I/R           | 4,1     |
| <b>ROR</b>   | %    | R/I           | 24%     |
| <b>VAN</b>   | €    | $R*PAF-I$     | 722.503 |
| <b>VAN/I</b>   |      | $(R*PAF-I)/I$ | 0,58    |
| <b>IRR</b>   | %    | $VAN=0$       | 18      |

## COSTI DI IMPIANTO

- ✓ MOTORE ALTERNATIVO CON RECUPERO TERMICO: 1.000 -1.200 €/kW
- ✓ TURBINA A GAS CON RECUPERO TERMICO: 1.200 -1.400 €/kW
- ✓ TURBINA A VAPORE IN CONTROPRESSIONE  
COMPRESO COSTO CALDAIA: 1.200-1.400 €/kW
- ✓ MICROTURBINE: 2.500 – 3.000 €/kW

IL COSTO DELL'IMPIANTO E' LEGATO ANCHE A SCELTE IMPIANTISTICHE E GESTIONALI: FUNZIONAMENTO IN PARALLELO O IN ISOLA, MODALITÀ E LIVELLO DI RECUPERO TERMICO, COMBUSTIBILE UTILIZZATO.

## CONSUMI DI COMBUSTIBILE PER COGENERAZIONE

IL COSTO PER COMBUSTIBILI RIGUARDA LE FORNITURE DI GAS NATURALE OPPURE DI GASOLIO.

IN STABILIMENTI NON SERVITI DALLA RETE DI DISTRIBUZIONE DEL METANO SI PUÒ ESAMINARE L'EVENTUALE METANIZZAZIONE DELLO STABILIMENTO OPPURE L'USO DI GASOLIO PER LA COGENERAZIONE

consumi tipici sono:

- 0,23 - 0,26 Sm<sup>3</sup> metano/kWh PER MOTORI ALTERNATIVI
- 0,32 - 0,40 Sm<sup>3</sup> metano/kWh PER TURBINE A GAS
- 10 kg vapore/kWh PER TURBINE A VAPORE A CONTROPRESSIONE (DA 4-5 MPa A 0,4-0,5 MPa) PARI A CIRCA 0,9 Sm<sup>3</sup> metano/kWh