



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

## Dispensa N. 2

# Analisi energetica, economica ed ambientale degli investimenti

Corso di Gestione delle Risorse Energetiche  
A.A. 2012-2013

*D.E.TE.C. - Dipartimento di Energetica, TERmofluidodinamica applicata  
e Condizionamenti ambientali*

## Richiami sull'analisi economica degli investimenti

# Il "Flusso di Cassa" (Cash-Flow) di un investimento

- ✓ Analisi, per un prefissato periodo di riferimento (vita "utile" o "tecnica" dell'investimento), dei flussi di denaro in uscita e ingresso associati alla realizzazione dell'investimento, ad ex.:

## Esempio di Cash-Flow (dati in €)

| ANNO | Investimenti<br>fissi, $I_k$ | Disponibilità<br>(ricavi – costi),<br>$D_k$ | Flusso di cassa,<br>$F_k = D_k + I_k$ | Somma dei<br>flussi di cassa,<br>$\Sigma F_k$ |
|------|------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0    | -12.000                      |                                             | -12.000                               | -12.000                                       |
| 1    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | -8.000                                        |
| 2    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | -4.000                                        |
| 3    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 0                                             |
| 4    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 4.000                                         |
| 5    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 8.000                                         |
| 6    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 12.000                                        |
| 7    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 16.000                                        |
| 8    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 20.000                                        |
| 9    |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 24.000                                        |
| 10   |                              | 4.000                                       | 4.000                                 | 28.000                                        |

Recupero del  
capitale



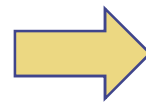
## Un primo indice di valutazione: il periodo di recupero del capitale ("Pay-Back Period" o "Simple Pay-Back", SPB)

### ✓ Definizione:

$$SPB = N \text{ tale che: } \sum_{k=0}^N F_k = 0$$

Se, per ogni  $k > 0$ :

- $I_k = 0$
- $F_k = D_k = \text{costante} = D$



$$SPB = |I_0| / D$$

### ✓ Pregi:

- di interpretazione immediata (indice di liquidità)
- molto semplice da calcolare

### ✓ Limiti:

- non tiene conto della redditività dell'investimento nell'arco dell'intera vita utile o tecnica dello stesso
- non considera la variabilità del valore del denaro nel tempo

### ✓ Valori di riferimento tipici: max 4÷5 anni (imprenditoria privata), max 5÷8 anni (investitori pubblici)

# Il valore del denaro nel tempo: capitalizzazione ed attualizzazione

Anche in assenza di inflazione, disporre di una somma di denaro oggi non è lo stesso che disporne tra N anni, in quanto solo il denaro disponibile può essere utilizzato o investito!

Ad ex.:

- ✓ capitalizzazione di una somma disponibile all'anno "0" in N anni, in regime di capitalizzazione composta<sup>(\*)</sup>, al tasso di interesse (costante) "i":

$$C_1 = C_0 \times (1+i); C_2 = C_0 \times (1+i)^2; \dots \Rightarrow C_N = C_0 \times (1+i)^N$$



- ✓ attualizzazione all'anno "0" di una somma disponibile all'anno "N", in regime di capitalizzazione composta, al tasso di attualizzazione (costante) "a":

$$C_0 = C_N / (1+a)^N$$

<sup>(\*)</sup> In caso di capitalizzazione semplice,  $C_N = C_0 + C_0 \times N \times i = C_0 \times (1 + N \times i)$

Pay-Back attualizzato,  
 $a = 5\%$

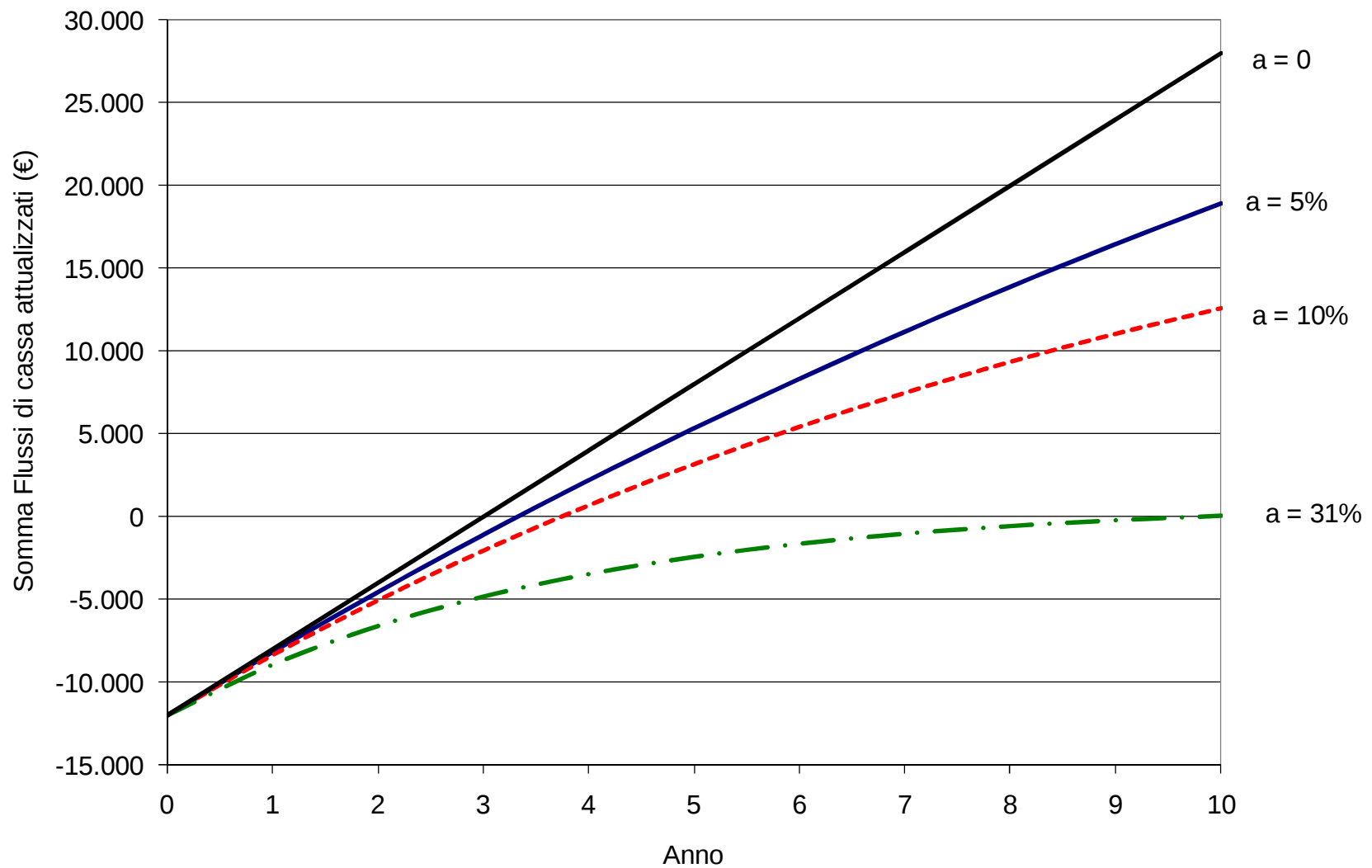
## Cash-flow attualizzato

ESEMPIO DI CASH FLOW (€)

| ANNO | $I_k$   | $D_k$ | $F_k = D_k + I_k$ | $\Sigma F_k$ | $F_k / (1+a)^k$<br>$a = 5\%$ | $\Sigma F_k / (1+a)^k$<br>$a = 5\%$ |
|------|---------|-------|-------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 0    | -12.000 |       | -12.000           | -12.000      | -12.000                      | -12.000                             |
| 1    |         | 4.000 | 4.000             | -8.000       | 3.810                        | -8.190                              |
| 2    |         | 4.000 | 4.000             | -4.000       | 3.628                        | -4.562                              |
| 3    |         | 4.000 | 4.000             | 0            | 3.455                        | -1.107                              |
| 4    |         | 4.000 | 4.000             | 4.000        | 3.291                        | 2.184                               |
| 5    |         | 4.000 | 4.000             | 8.000        | 3.134                        | 5.318                               |
| 6    |         | 4.000 | 4.000             | 12.000       | 2.985                        | 8.303                               |
| 7    |         | 4.000 | 4.000             | 16.000       | 2.843                        | 11.145                              |
| 8    |         | 4.000 | 4.000             | 20.000       | 2.707                        | 13.853                              |
| 9    |         | 4.000 | 4.000             | 24.000       | 2.578                        | 16.431                              |
| 10   |         | 4.000 | 4.000             | 28.000       | 2.456                        | 18.887                              |

Valore Attuale Netto (VAN),  
 per  $N = 10$  anni e  $a = 5\%$

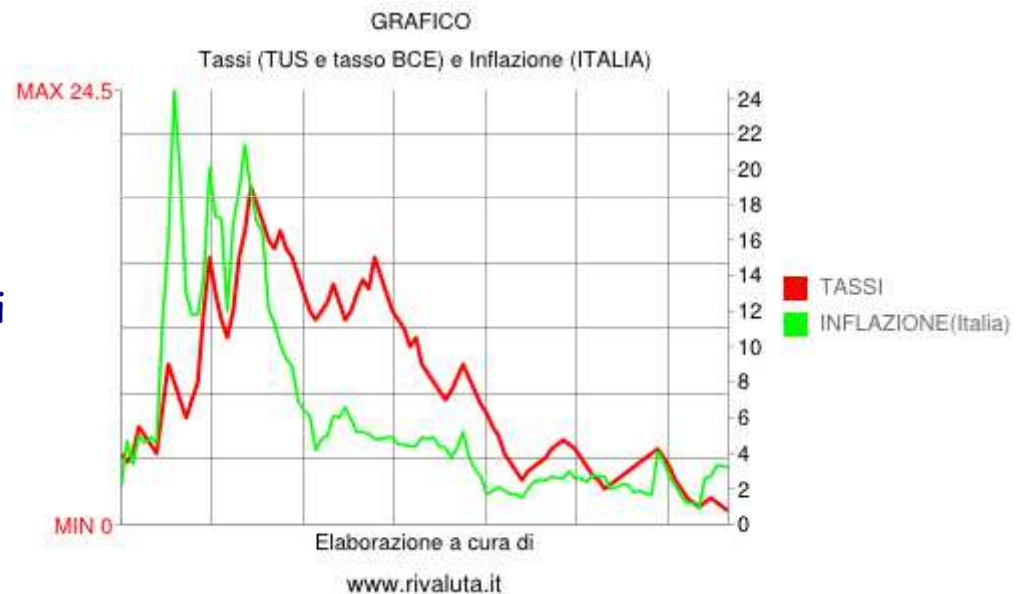
## L'influenza del tasso di attualizzazione sugli indici di valutazione



# La scelta del valore del tasso di attualizzazione

- ✓ Valori di "a" elevati tendono a sottostimare la redditività dell'investimento, il contrario per valori bassi
- ✓ La scelta del valore (o dei valori) di "a" va effettuata attentamente, tenendo conto:
  - delle capacità di investimento alternative (in caso di utilizzo di proprie risorse) =>  
 *$a \geq$  tasso di interesse garantito dall'attività più remunerativa a disposizione*
  - del tasso di interesse da corrispondere ai creditori (in caso di utilizzo di capitale di prestito) =>  
 *$a \geq$  tasso di interesse da pagare ai creditori*
- ✓ Di norma, si effettuano le analisi simulando diversi valori di "a", ed usando come riferimento il Tasso di Riferimento (ex Tasso Ufficiale di Sconto)
- ✓ Un valore convenzionale usato comunemente è  $a = 5\%$

Italia 1958- Luglio 2012



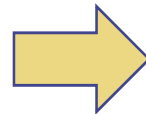
## Il periodo di recupero attualizzato ("Discounted Pay-Back period", DPB)

✓ Definizione:

$$\text{DPB} = N \text{ tale che: } \sum_{k=0}^N \frac{F_k}{(1+a)^k} = 0$$

Se, per ogni  $k > 0$ :

- $I_k = 0$
- $F_k = D_k = \text{costante} = D$



$$\text{DPB} = - \frac{\log(1 - \text{SPB} \times a)}{\log(1 + a)}$$

- ✓ Valori di riferimento tipici: come per il SPB (per bassi valori di "a", il DPB è, di solito, di poco superiore al SPB)

Pregi e limiti

- ✓ Valgono le considerazioni relative al SPB (con l'eccezione dell'attualizzazione, che qui è considerata)
- ✓ Un inconveniente aggiuntivo è rappresentato dalla necessità di fissare un valore di "a" (=> v. grafico precedente)

# Il Valore Attuale Netto (VAN) dell'investimento ("Net Present Value", NPV)

✓ Definizione:

$$VAN = \sum_{k=0}^N \frac{F_k}{(1+a)^k}$$

Se, per ogni  $k > 0$ :

- $I_k = 0$
- $F_k = D_k = \text{costante} = D$

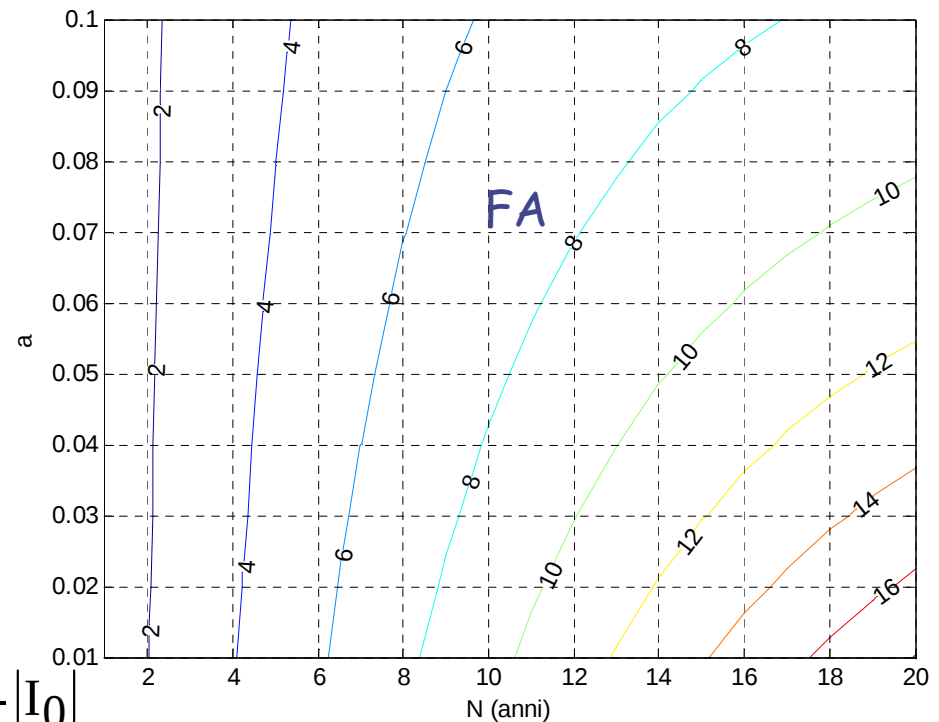


$$VAN = \sum_{k=1}^N \frac{F_k}{(1+a)^k} - |I_0| \Rightarrow$$

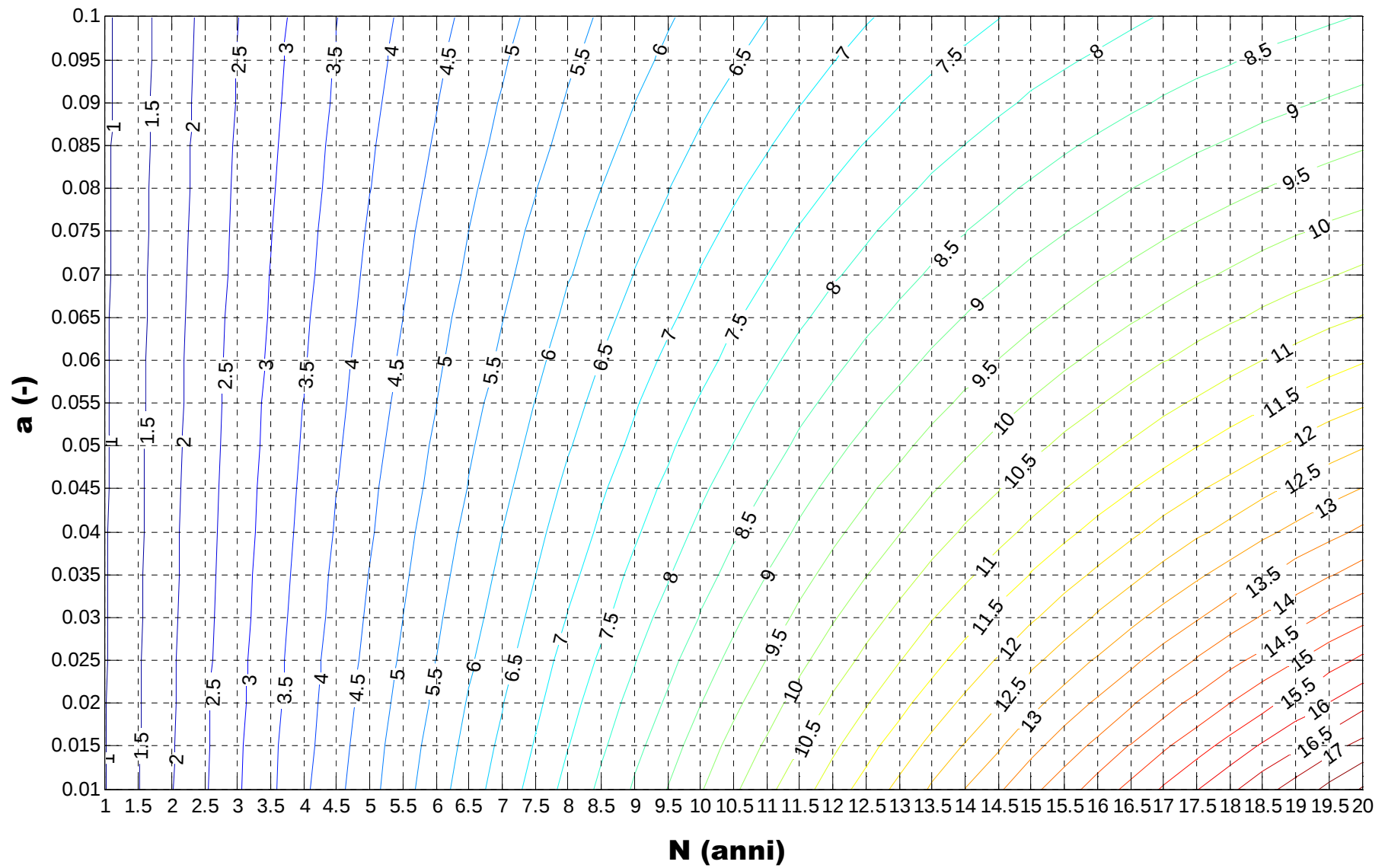
$$\Rightarrow VAN = D \times \left\{ \frac{1}{a} \times \left[ 1 - \frac{1}{(1+a)^N} \right] \right\} = D \times FA - |I_0|$$

con FA =fattore di annualità ("annuity factor")

( $FRC = 1/FA$  = fattore di recupero del capitale, "capital recovery factor")



FA



# Valore Attuale Netto: commenti

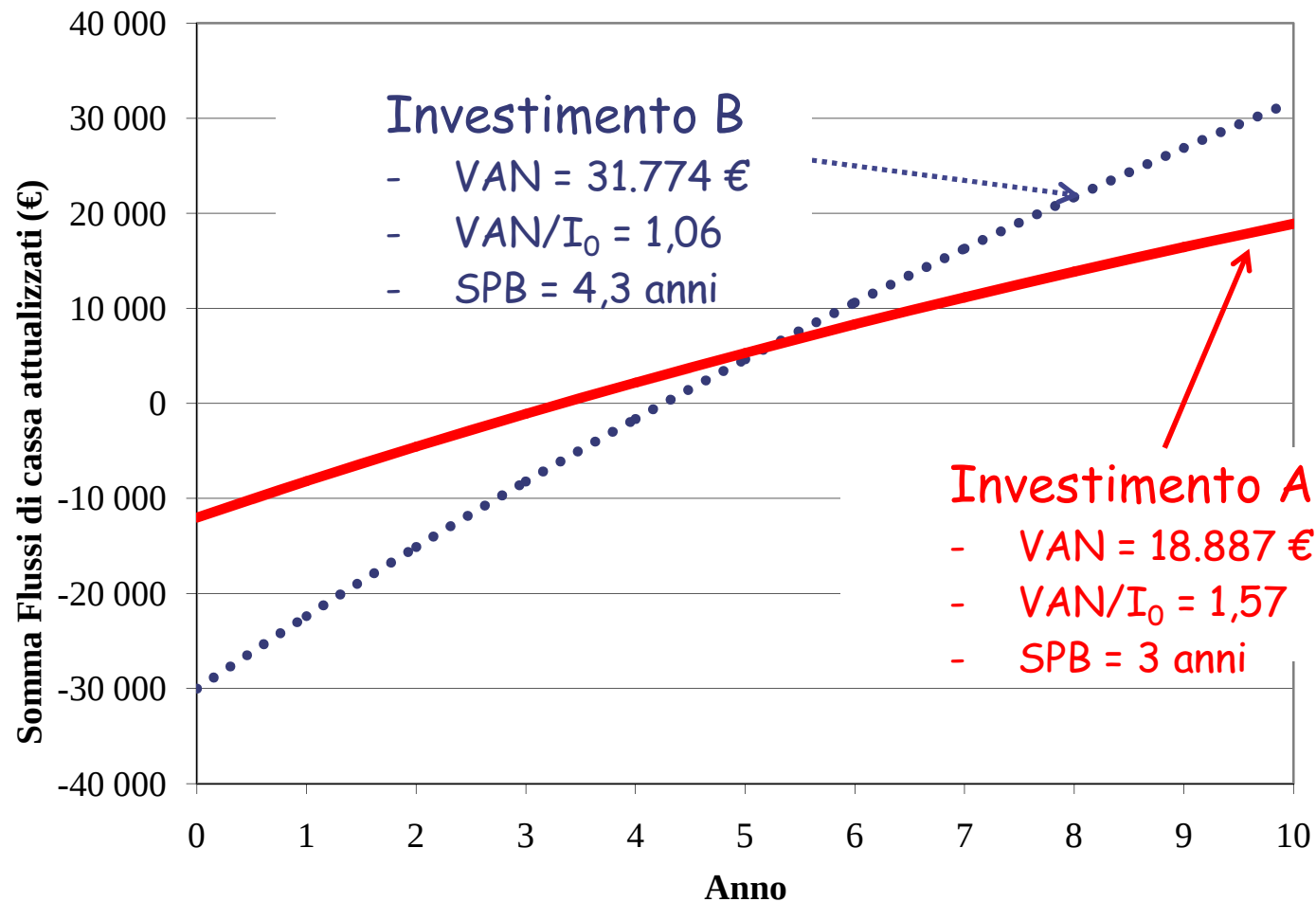
## ✓ Pregi:

- indice significativo e di agevole interpretazione (misura il risultato finale dell'operazione, in termini attualizzati)

## ✓ Limiti:

- è un indice assoluto, e pertanto, a parità di redditività, privilegia gli investimenti di maggiori dimensioni (*v. prossima diapositiva*)
- dipende dall'orizzonte temporale prescelto,  $N$
- richiede, come il DPB, la definizione di un valore del tasso di attualizzazione

## Possibili distorsioni di analisi basate sul solo Valore Attuale Netto: un esempio



# L'Indice di Profitto (IP)

- ✓ Definizione:  $IP = VAN / |I_0|$   
con  $I_0$  = investimento complessivo, attualizzato all'anno zero
- ✓ Pregi e limiti:
  - quelli del VAN, con il vantaggio di essere un indice relativo, commisurato all'entità dell'investimento iniziale
- ✓ Valori di riferimento:
  - deve essere almeno pari al 50÷60%

# Il Tasso Interno di Redditività, TIR ("Internal Rate of Return", IRR)

- ✓ Definizione: il valore di "a" per il quale risulta  $VAN = 0$
- ✓ Pregi:
  - quelli di VAN e IP, con il vantaggio di non richiedere la definizione di un valore di riferimento per "a"
- ✓ Limiti:
  - non può essere calcolato in forma esplicita
  - è meno immediato da interpretare (si può considerare, ad ex., come il massimo tasso di interesse che potrebbe essere corrisposto ad un creditore senza che l'investimento produca, come risultato finale, guadagni o perdite)
- ✓ Valori di riferimento: in relazione ai tassi di sconto di riferimento, sono accettabili valori a partire dal 10÷15%

## Considerazioni sull'incidenza dell'inflazione (1)

- ✓ In presenza di un tasso di inflazione, "f":
  - capitalizzazione composta, valore d'acquisto dopo "N" anni:

$$C_N = C_0 \times \frac{(1 + i)^N}{(1 + f)^N}$$

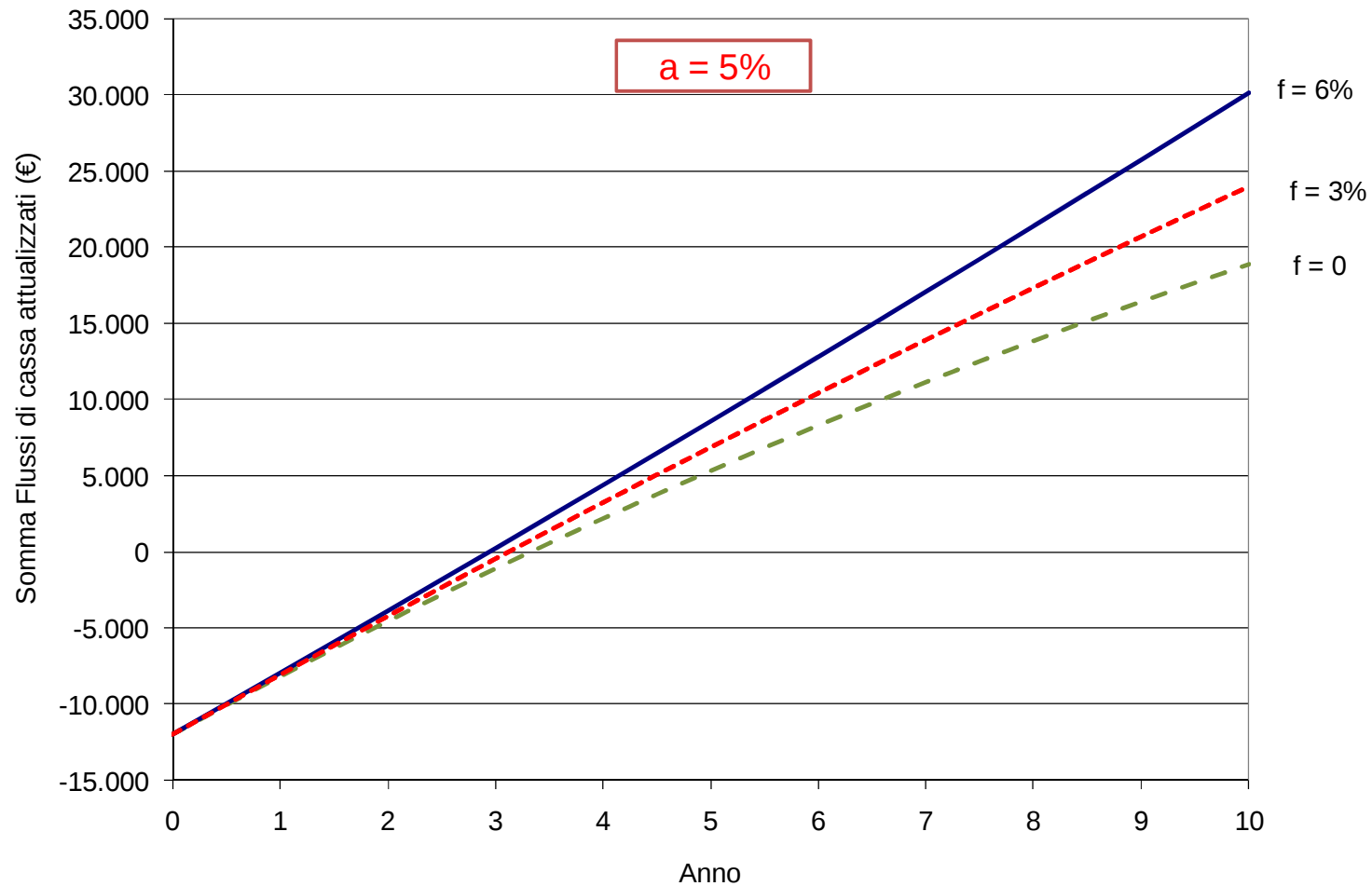
- attualizzazione :

$$C_0 = C_N \times \frac{(1 + f)^N}{(1 + a)^N}$$



- ✓ Considerare un tasso di inflazione troppo elevato può portare a sovrastimare la redditività dell'investimento

## Considerazioni sull'incidenza dell'inflazione (2)



*Analisi energetica, economica e di impatto  
ambientale*

# Analisi energetica, economica e di impatto ambientale: passi principali

- ✓ Analisi dell'utenza e del relativo fabbisogno energetico
- ✓ Proposta (o proposte) di intervento
- ✓ Definizione del sistema energetico di riferimento con cui effettuare il confronto:
  - *configurazione attuale (se esiste!)*
  - *sistema convenzionale (tipicamente: caldaie per l'energia termica, gruppi frigo elettrici per il freddo, rete elettrica pubblica per l'energia elettrica, ...)*
- ✓ Confronto intervento proposto /sistema di riferimento, in termini di: **consumi di risorse non rinnovabili; emissioni nocive; costi (fissi e di esercizio):**
  - A. a parità di energia finale resa all'utenza (interventi sulla fonte primaria oppure sull'efficienza di trasformazione e/o distribuzione);*
  - B. a parità di livello di "benessere" (interventi sui consumi finale)*

# Esempi

- ✓ Sostituzione della caldaia per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria in un'abitazione, con miglioramento dell'efficienza

*=> non cambia la richiesta finale di energia termica, ma si riduce il consumo di energia primaria (ad esempio, gas naturale)*

➡ caso A

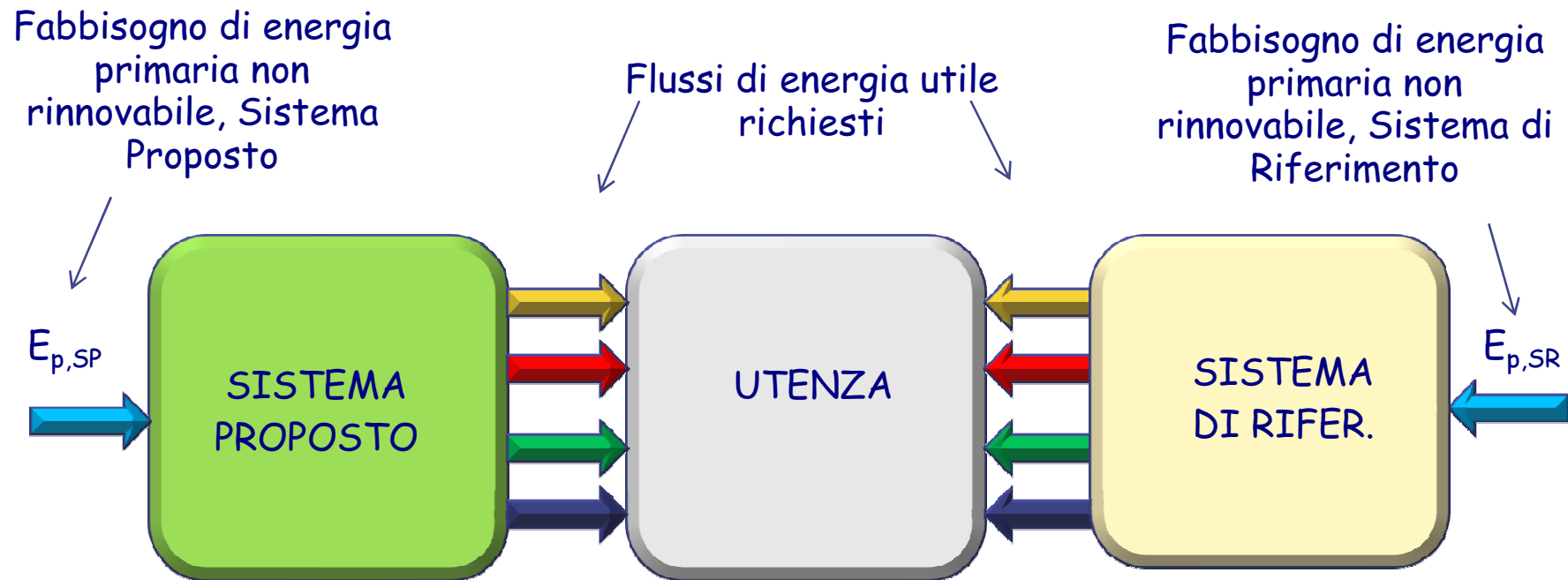


- ✓ Sostituzione dei vetri semplici con vetri doppi ed infissi a taglio termico

*=> si riduce, a parità di ogni altra condizione, la quantità di energia termica necessaria per riscaldare l'abitazione, a parità di efficienza del sistema di riscaldamento*

➡ caso B

# Analisi termodinamica: schema dei flussi



Coefficiente di utilizzazione del Combustibile (*C.U.C.*) o rendimento totale di prima legge:

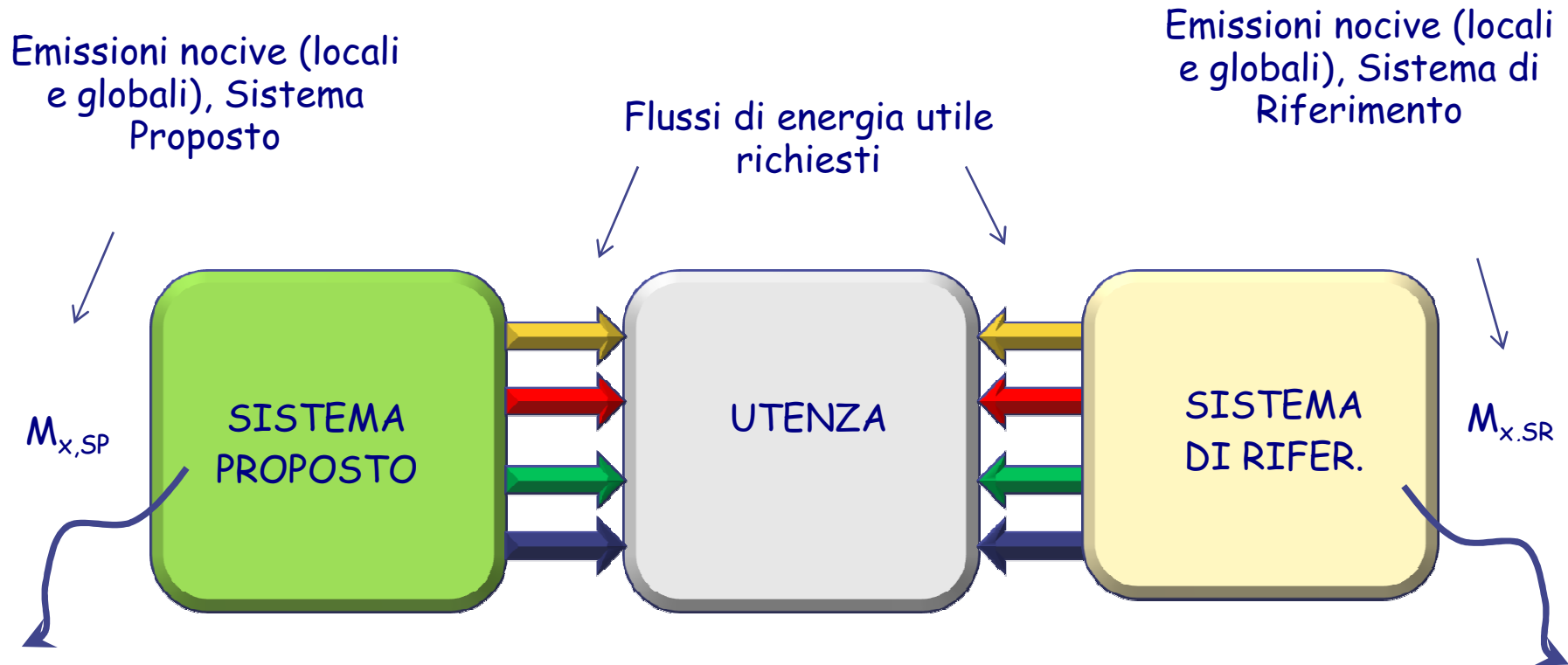
- $C.U.C. = [\sum_i (\text{Energia utile resa})_i] / E_p$

*Risparmio di Energia Primaria non rinnovabile:*

- $\text{Primary Energy Saving (PES)} = \Delta E_p = (E_{p,SR} - E_{p,SP})$
- $\text{Primary Energy Ratio (PER)} = REP = \Delta E_p / E_{p,SR}$

(N.B.: a parità di energie rese,  $REP = 1 - C.U.C._{SR} / C.U.C._{SP}$ )

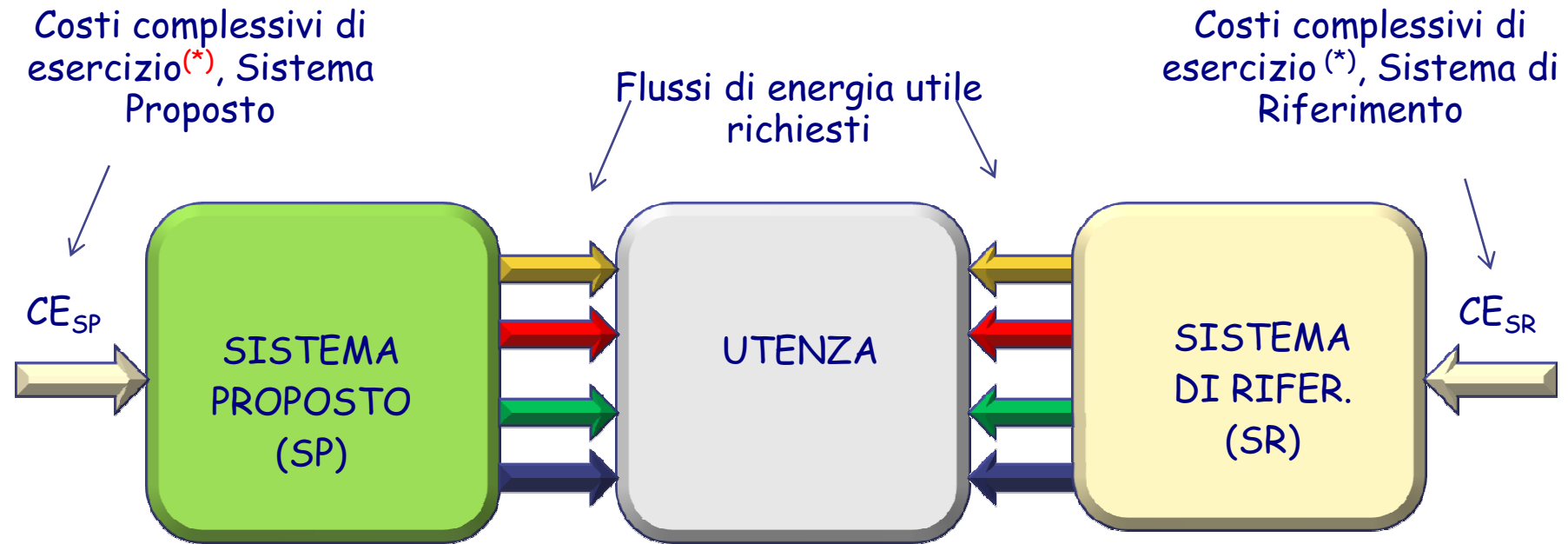
# Analisi di impatto ambientale: schema dei flussi



*Riduzione delle emissioni (o emissioni evitate); specie "x"*

- $\Delta M_x = (M_{x,SR} - M_{x,SP})$
- $\Delta M_x / M_{x,SR} = (M_{x,SR} - M_{x,SP}) / M_{x,SR}$

# Analisi economica: schema dei flussi



*Riduzione dei costi di esercizio (o Risparmio di esercizio):*

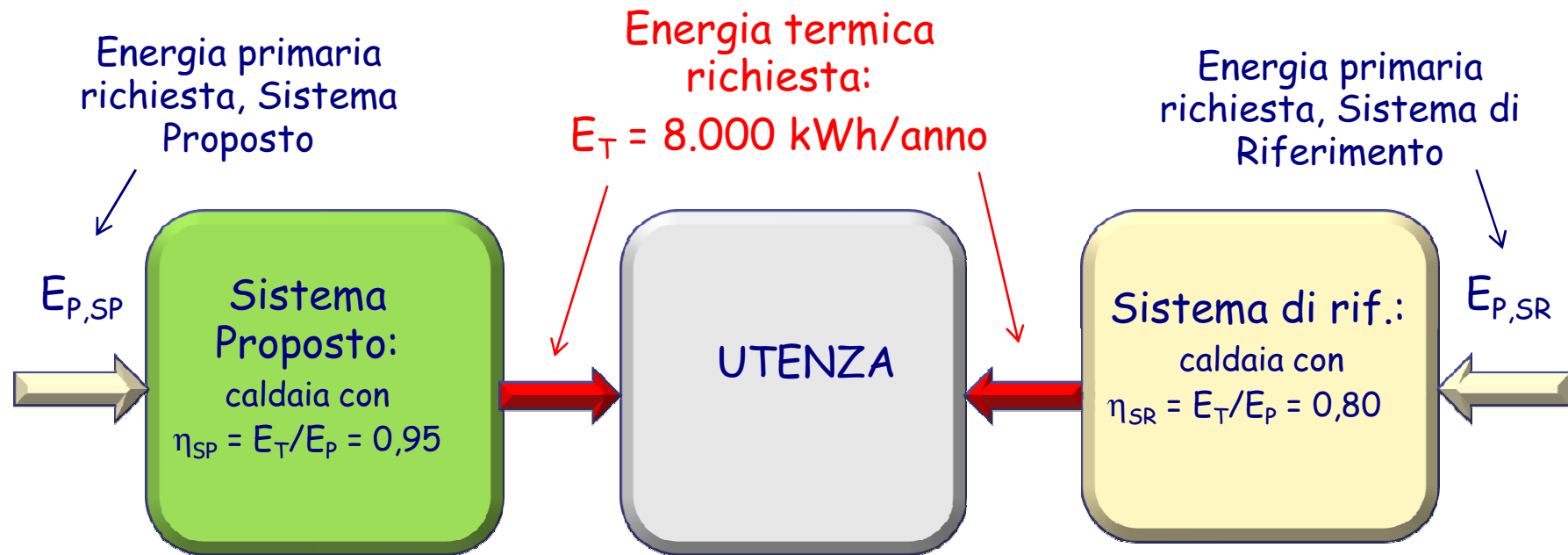
- $\Delta CE = R = (CE_{SR} - CE_{SP})$
- $\Delta CE / CE_{SR} = (CE_{SR} - CE_{SP}) / CE_{SR}$



**ANALISI COSTI-BENEFICI**

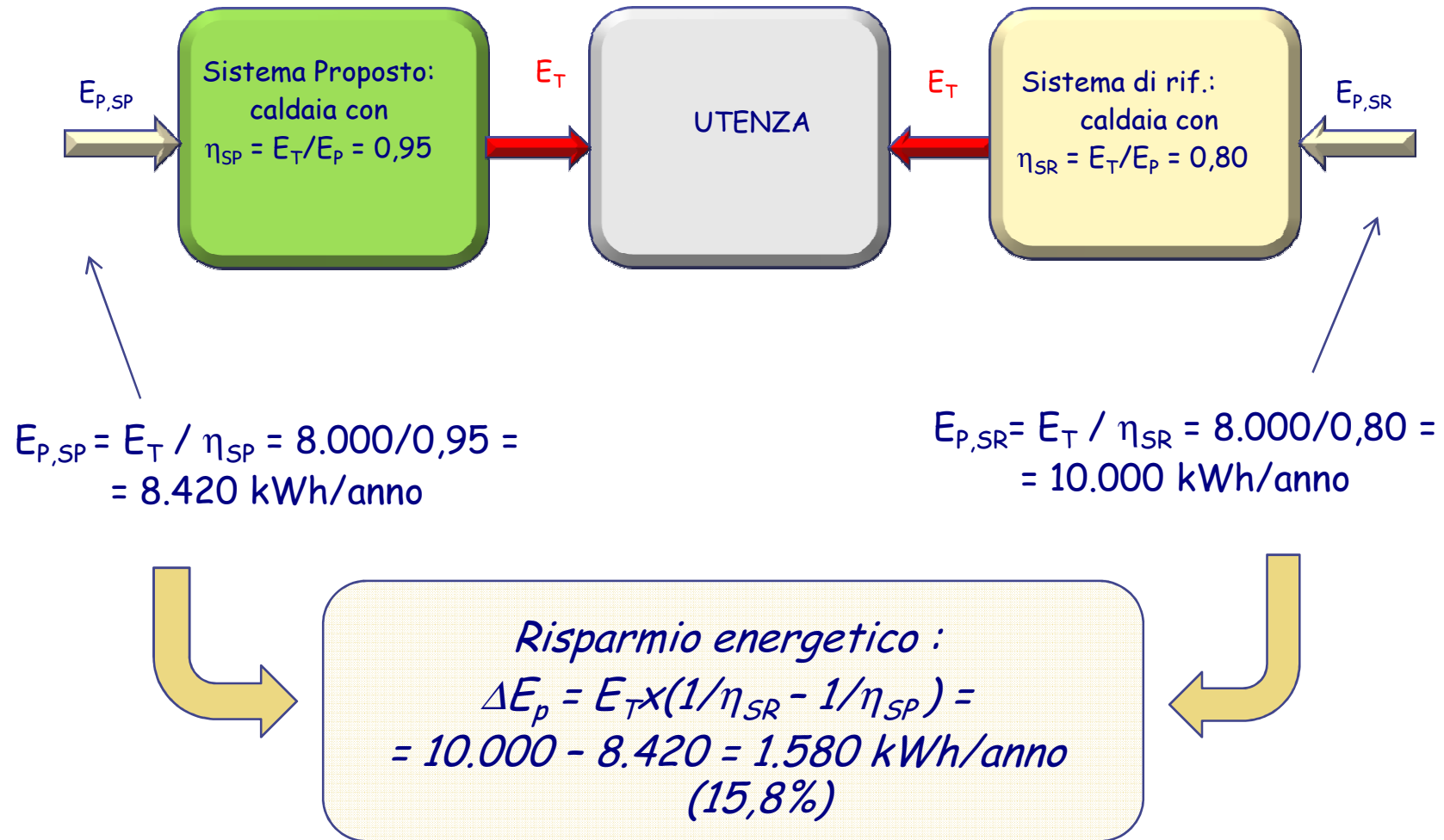
<sup>(\*)</sup> *Acquisto energia, manutenzione e gestione, personale, ....*

# Esempio N. 1: sostituzione del generatore di calore a Gas Naturale (caldaia a GN) in un'utenza domestica



Investimento richiesto = 1.000 €

## Esempio N. 1: analisi energetica



## Esempio N. 1: emissioni di gas serra



*Indicando con:*

-  $F_{GN}$  il fattore di emissione di gas serra del GN, in kg di CO2 equivalente per kWh (circa 0,20 kg/kWh)

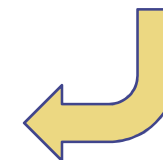


Emissioni di gas serra:  
 $M_{CO2,SP} = E_{P,SP} \times F_{GN} = 8.420 \times 0,20 =$   
 $= 1.680 \text{ kg/anno di CO2 equiv.}$

Emissioni di gas serra:  
 $M_{CO2,SR} = E_{P,SR} \times F_{GN} = 10.000 \times 0,20 =$   
 $= 2.000 \text{ kg/anno di CO2 equiv.}$



*Minori emissioni:*  
 $\Delta M_{CO2} = 2.000 - 1.680 =$   
 $= 320 \text{ kg/anno di CO2 equiv. (16\%)}$



# Esempio N. 1: analisi economica



Indicando con

-  $c_{u,EE}$  = costo unitario del GN in €/m<sup>3</sup> (ad esempio: 0,70 €/m<sup>3</sup>)

- PCI = Potere Calorifico Inferiore del GN in kWh/m<sup>3</sup> (tipicamente 9,59 kWh/m<sup>3</sup>)



Costo unitario dell'energia termica prodotta,  $c_{u,ET} = c_{u,GN} / (\eta \times PCI)$

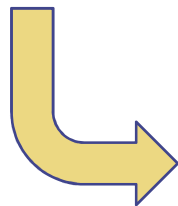


Costi di esercizio (combustibile):

$$CE_{SP} = E_{P,SP} \times c_{u,GN} / PCI = 8.420 \times 0,70 / 9,59 = 615 \text{ €/anno}$$

Costi di esercizio (combustibile):

$$CE_{SR} = E_{P,SR} \times c_{u,GN} / PCI = 10.000 \times 0,70 / 9,59 = 730 \text{ €/anno}$$



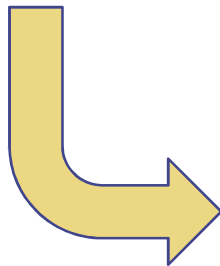
Risparmio economico :

$$\Delta CE = E_T \times (1/\eta_{SR} - 1/\eta_{SP}) \times c_{u,GN} / PCI = 730 - 615 = 115 \text{ €/anno (16\%)}$$

## Esempio N. 1: redditività dell'investimento

*Risparmio economico:*

$$\begin{aligned}\Delta CE &= E_T \times (1/\eta_{SR} - 1/\eta_{Sp}) \times c_{u,GN} / PCI = \\ &= 730 - 615 = 115 \text{ €/anno (16\%)}\end{aligned}$$



*Investimento,  $I = 1.000 \text{ €}$*

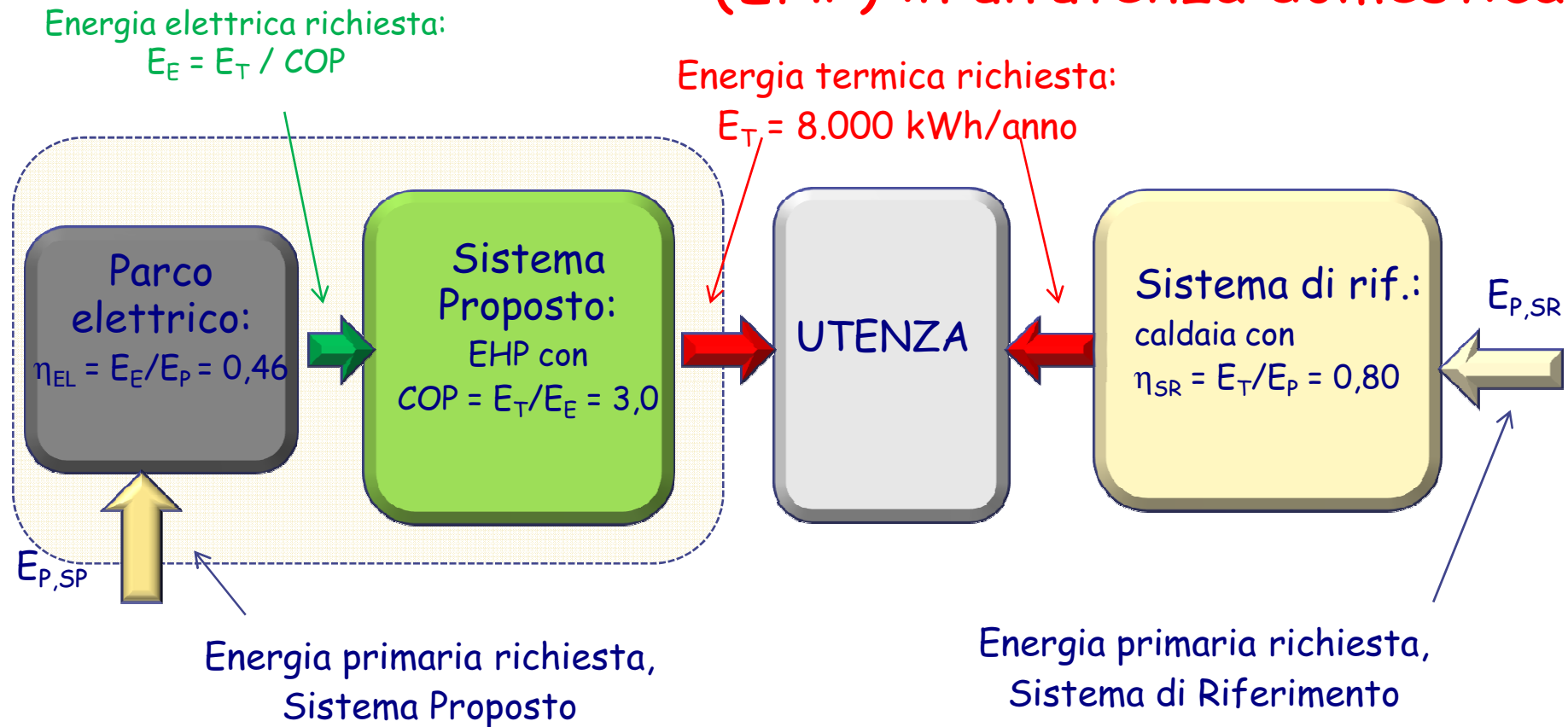
*Pay Back Semplice,  $SPB = 1.000/115 = 8,7 \text{ anni}$*

*$VAN^{(*)} = \Delta CE \times FA - I = 115 \times 10,4 - 1.000 = 196 \text{ €}$*

*$IP = VAN / I = 0,20$*

*(\*) Ipotesi di scenario: 15 anni, tasso di attualizzazione = 5%*

## Esempio N. 2: sostituzione del generatore di calore (caldaia a GN) con una pompa di calore elettrica (EHP) in un'utenza domestica



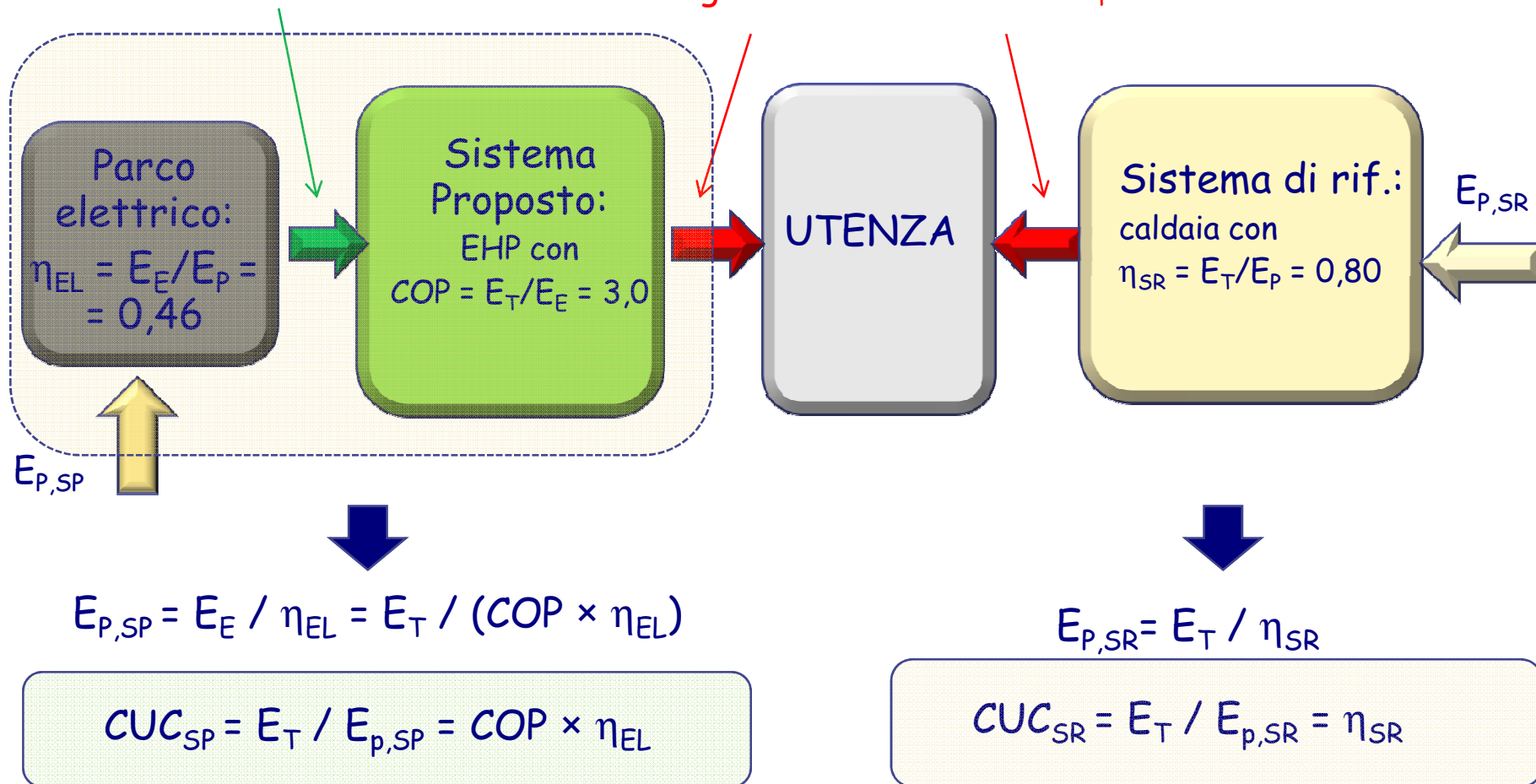
Investimento richiesto = 1.500 € (\*)

(\*) Supponendo che sia comunque previsto il raffrescamento estivo

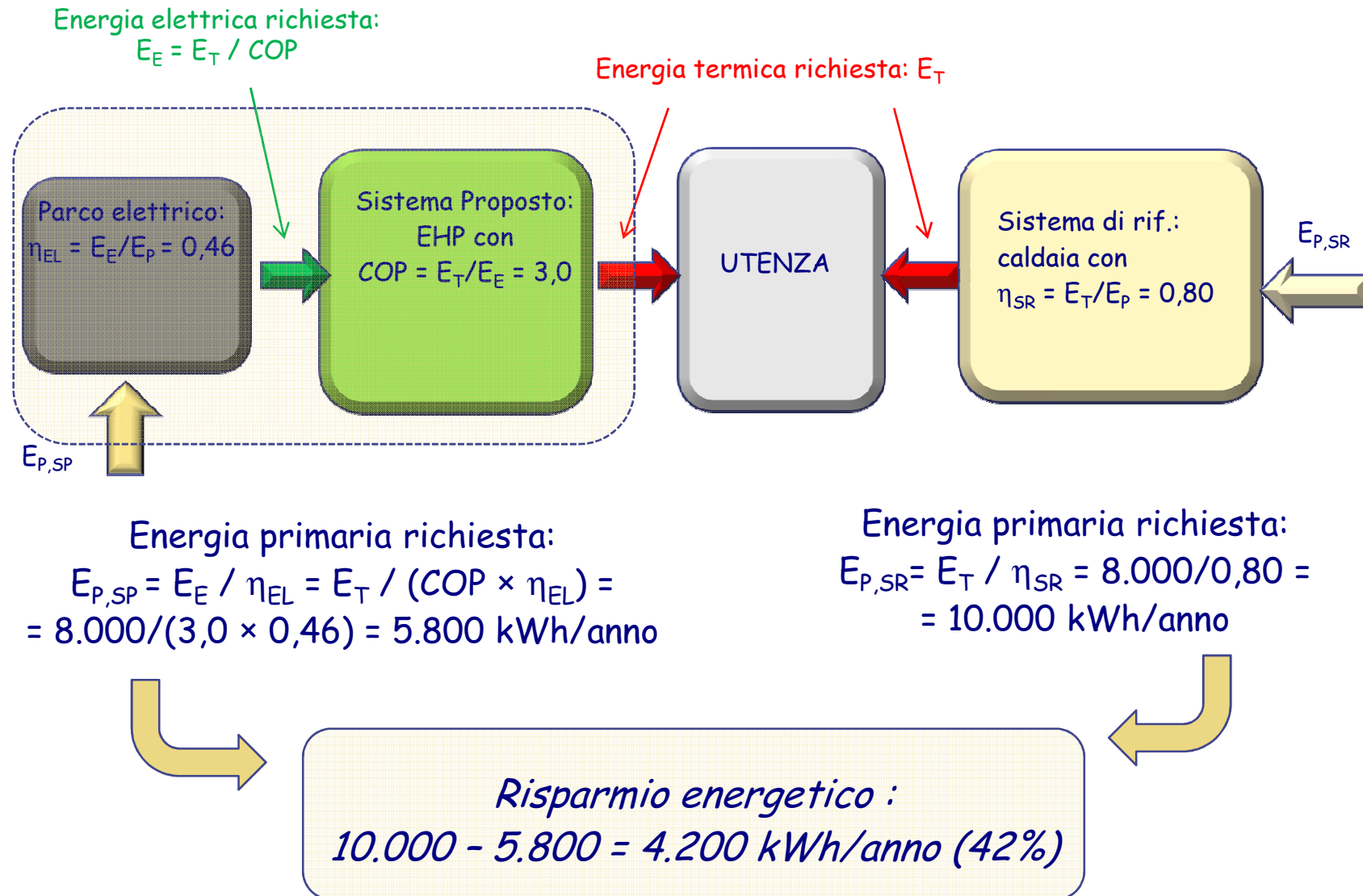
N.B.: i confronti vanno sempre effettuati in termini di energia primaria e a parità di energia resa (o di "effetto utile")!

Energia elettrica richiesta:  
 $E_E = E_T / COP$

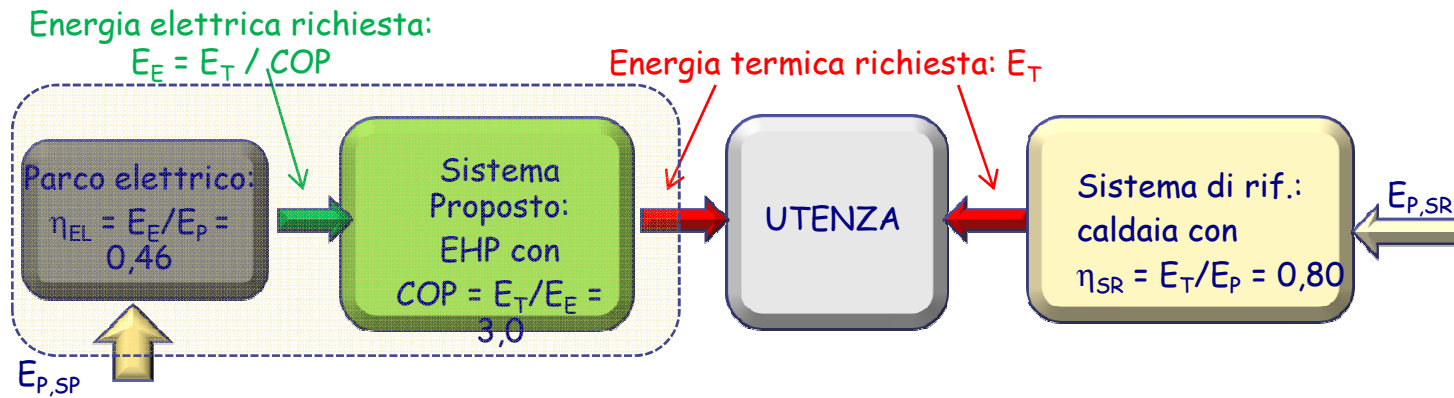
Energia termica richiesta:  $E_T$



## Esempio N. 2: analisi energetica



## Esempio N. 2: emissioni di gas serra



Indicando con:

-  $F_{EE}$  il fattore di emissione di gas serra per l'EE, in kg di  $CO_2$  equivalente per kWh (in Italia, circa 0,48 kg/kWh, attualmente)

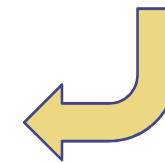
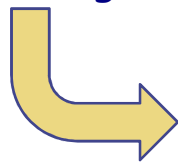


Emissioni di gas serra:

$$\begin{aligned} M_{CO_2,SP} &= E_{EE} \times F_{EE} = (8.000 / 3,0) \times 0,48 = \\ &= 2.670 \times 0,48 = \\ &= 1.280 \text{ kg/anno di } CO_2 \text{ equiv.} \end{aligned}$$

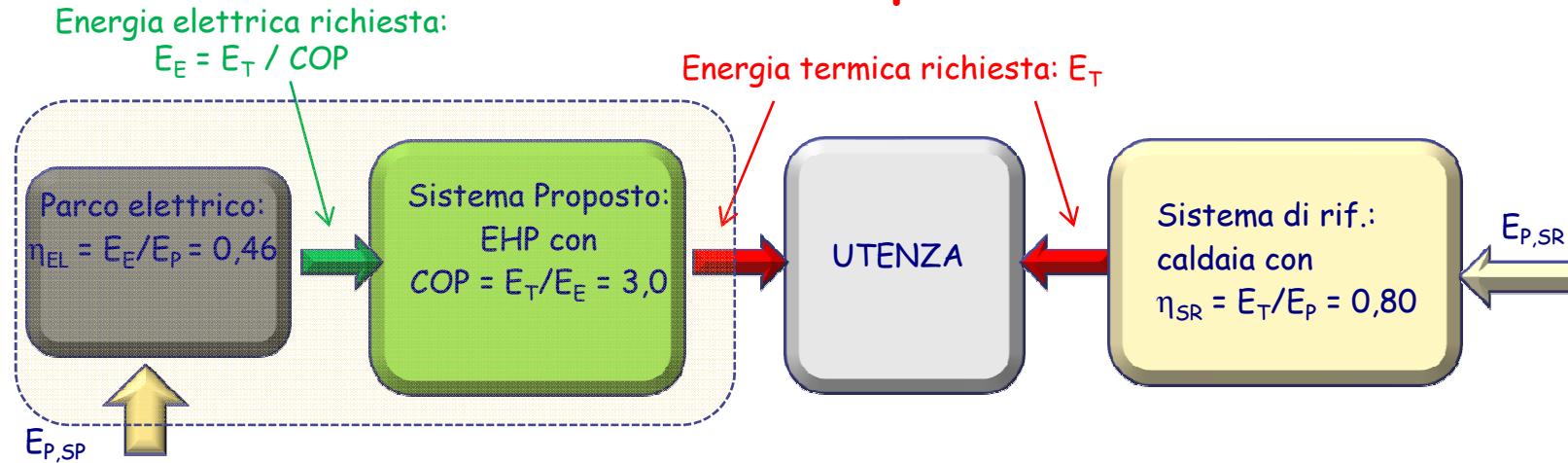
Emissioni di gas serra:

$$\begin{aligned} M_{CO_2,SR} &= E_{P,SR} \times F_{GN} = 10.000 \times 0,20 = \\ &= 2.000 \text{ kg/anno di } CO_2 \text{ equiv.} \end{aligned}$$



Minori emissioni:  
 $\Delta M_{CO_2} = 2.000 - 1.280 =$   
 $= 720 \text{ kg/anno di } CO_2 \text{ equiv. (36\%)}$

## Esempio N. 2: analisi economica



Indicando con:

$-c_{u,EE}$  = costo unitario dell'EE in €/kWh (ad esempio: 0,18 €/kWh)

Costo unitario dell'energia termica prodotta dalla EHP,  $c_{u,ET} = c_{u,EE} / COP$

Costi di esercizio (combustibile):  
 $CE_{SP} = E_e \times c_{u,EE} = 8.000 \times 0,18 / 3,0 =$   
 $= 480 \text{ €/anno}$

Costi di esercizio (combustibile):  
 $CE_{SR} = E_{P,SR} \times c_{u,GN} / PCI = 10.000 \times 0,70 / 9,59 =$   
 $= 730 \text{ €/anno}$

Risparmio economico :

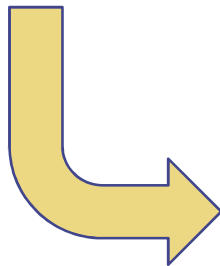
$$\Delta CE = E_T \times [c_{u,EE} / COP - c_{u,GN} / (\eta \times PCI)] =$$

$$= 730 - 480 = 197 \text{ €/anno (34\%)}$$

## Esempio N. 2: redditività dell'investimento

*Risparmio economico :*

$$\begin{aligned}\Delta CE &= E_t \times [c_{u,EE}/COP - c_{u,GN} / (\eta \times PCI)] = \\ &= 730 - 480 = 250 \text{ €/anno (27\%)}\end{aligned}$$



*Investimento,  $I = 1.500 \text{ €}$*

*Pay Back Semplice,  $SPB = 1.500/250 = 6,0 \text{ anni}$*

*$VAN^{(*)} = \Delta CE \times FA - I = 250 \times 10,4 - 1.500 = 1.100 \text{ €}$*

*$IP = VAN / I = 0,73$*

*(\*) Ipotesi di scenario: 15 anni, tasso di attualizzazione = 5%*

## Esempio N. 3: dati (1)

- ✓ Intervento proposto: sostituzione di uno scalda-acqua elettrico con uno scalda-acqua a gas naturale (camera stagna, accensione piezoelettrica) in un appartamento
- ✓ Dati del problema (energetici):
  - energia termica netta richiesta = 945 kWh/anno
  - fattore di conversione da energia el. a energia primaria:  
 $0,187 \times 10^{-3} \text{ tep/kWh}^{(*)}$  (Delibera AEEG . EEN/3/008)
  - fattori di emissione gas serra ( $\text{CO}_2$  equivalente): per l'en. el. = 0,48 kg/kWhe,  
per il gas naturale = 0,20 kg/kW<sub>hp</sub>

### Scaldacqua elettrico:

- rendimento equivalente (temperatura di termostatazione di 60°C): 90%
- consumo medio annuo di energia elettrica:  $945/0,90 = 1.050 \text{ kWh/anno}$

### Scaldacqua istantaneo a gas:

- rendimento medio del bruciatore = 70%
- potenza elettrica del ventilatore = 50 W
- ore di funzionamento del ventilatore = 2 h/giorno, 350 gg/anno

(\*) Corrispondente ad un rendim. el. di 0,460

## Esempio N. 3: dati (2)

- ✓ Dati del problema (economici)<sup>(\*)</sup>:
  - costo dell'intervento: 1.200 €
  - maggior costo manutenzione annuale caldaia = 50 €/anno
  - costo dell'energia elettrica risparmiata: 0,35 €/kWh <sup>(\*\*)</sup>
  - costo del gas naturale (PCI = 9,6 kWh/Sm<sup>3</sup>) consumato dallo scalda-acqua a gas: 0,88 €/Sm<sup>3</sup> <sup>(\*\*)</sup>
  - costo dell'energia elettrica consumata dallo scalda-acqua a gas: 0,34 €/kWh <sup>(\*\*)</sup>
- ✓ Ulteriori dati:
  - vita utile: 15 anni
  - tasso di sconto: 5%

*(\*) I costi si intendono iva inclusa*

*(\*\*) Il costo indicato è quello marginale (v. nota successiva), che può essere sensibilmente diverso da quello medio, soprattutto per gli usi domestici dell'energia elettrica*

## Nota sui costi marginali

$$\text{Costo marginale dell'energia, } \bar{c} = \lim_{\Delta E \rightarrow 0} \frac{\text{Costo totale di } (E_0 + \Delta E)}{\Delta E} = \frac{\partial C}{\partial E}$$

con  $E_0$  = valore di riferimento (prefissato)

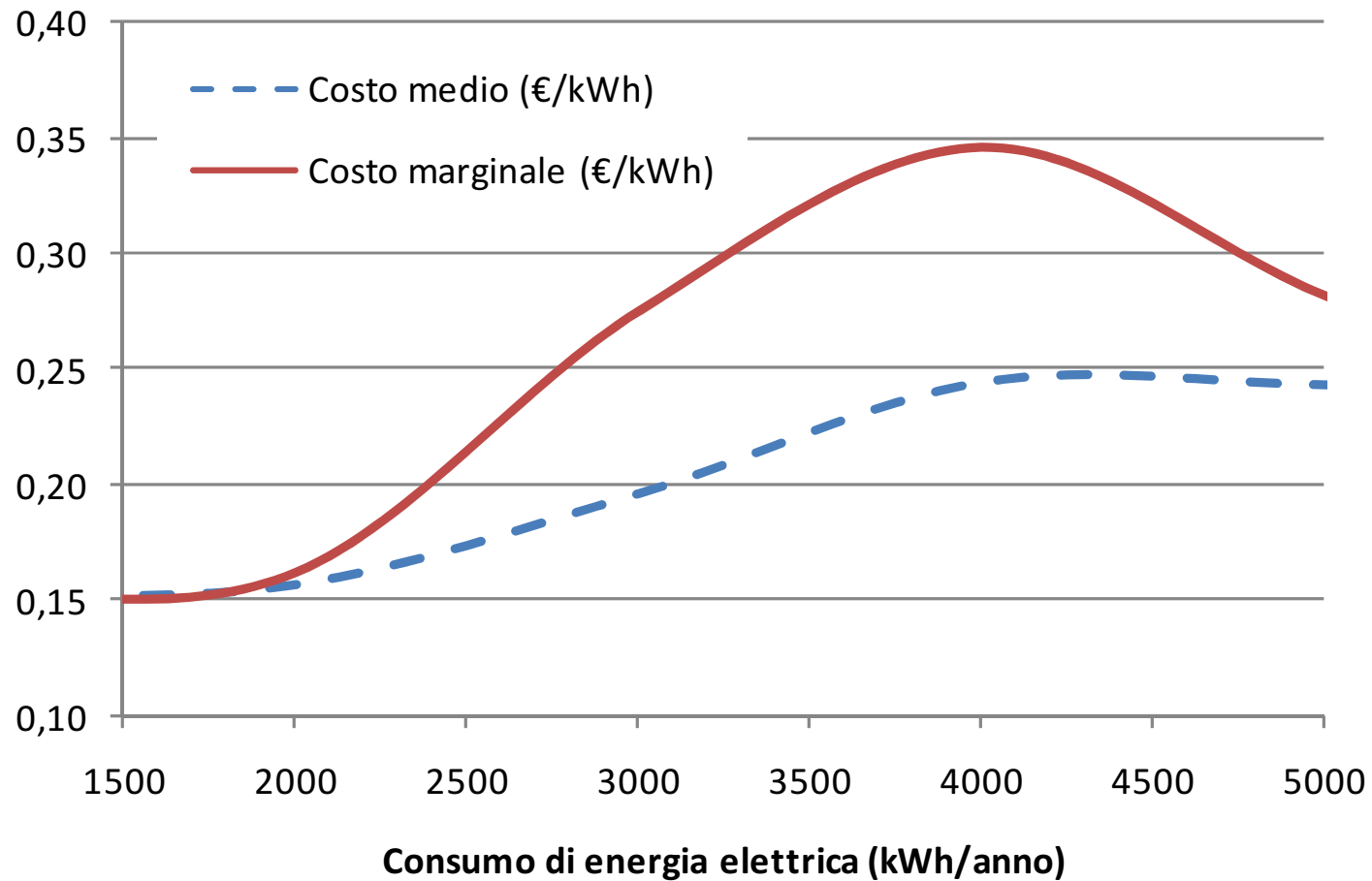
### ✓ Ad esempio:

- con lo scaldacqua elettrico consumiamo 4.050 kWh/anno, di cui 1.050 kWh/anno solo per l'acqua sanitaria
- il costo per l'E.E. (ex. tariffa Enel D2, maggior tutela, 3 kW) è di 954 €/anno, IVA inclusa (costo medio = 0,236 €/kWh)
- sostituendolo con lo scaldacqua a gas, il consumo elettrico diventa  $(4.050 - 1.050) = 3.000$  kWh, cui si devono aggiungere 35 kWh/anno per la ventola => totale = 3.035 kWh/anno (- 1.015 kWh/anno)
- il costo per l'E.E. (stesso contratto) è di 601 €/anno (costo medio = 0,198 €/kWh)

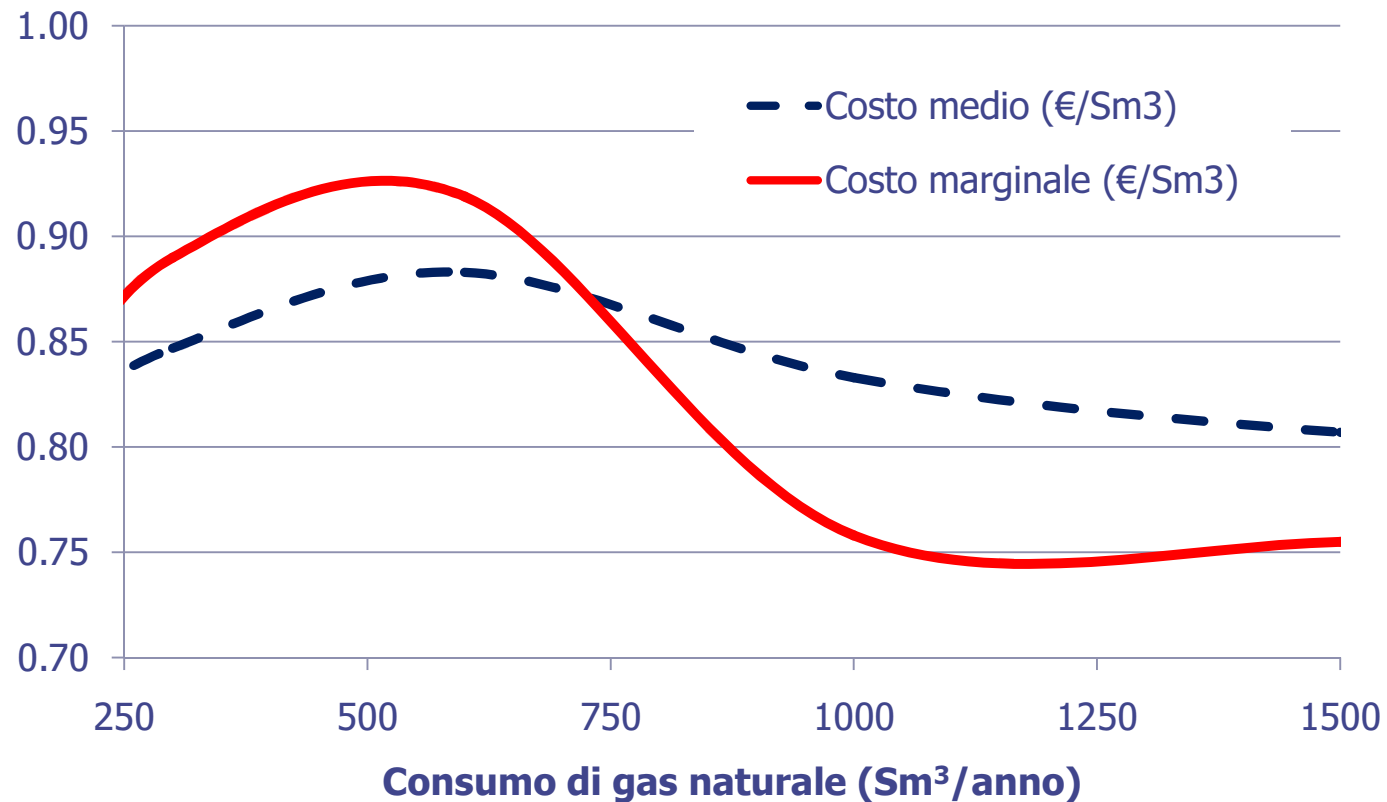


Il valore economico dell'E.E. risparmiata è:  $(954 - 601) = 353$  €/anno =>  
valore medio =  $353 / 1.015 = \underline{0,35 \text{ €/kWh}}$   
(costo marginale dell'E.E. consumata dallo scalda-acqua elettrico)

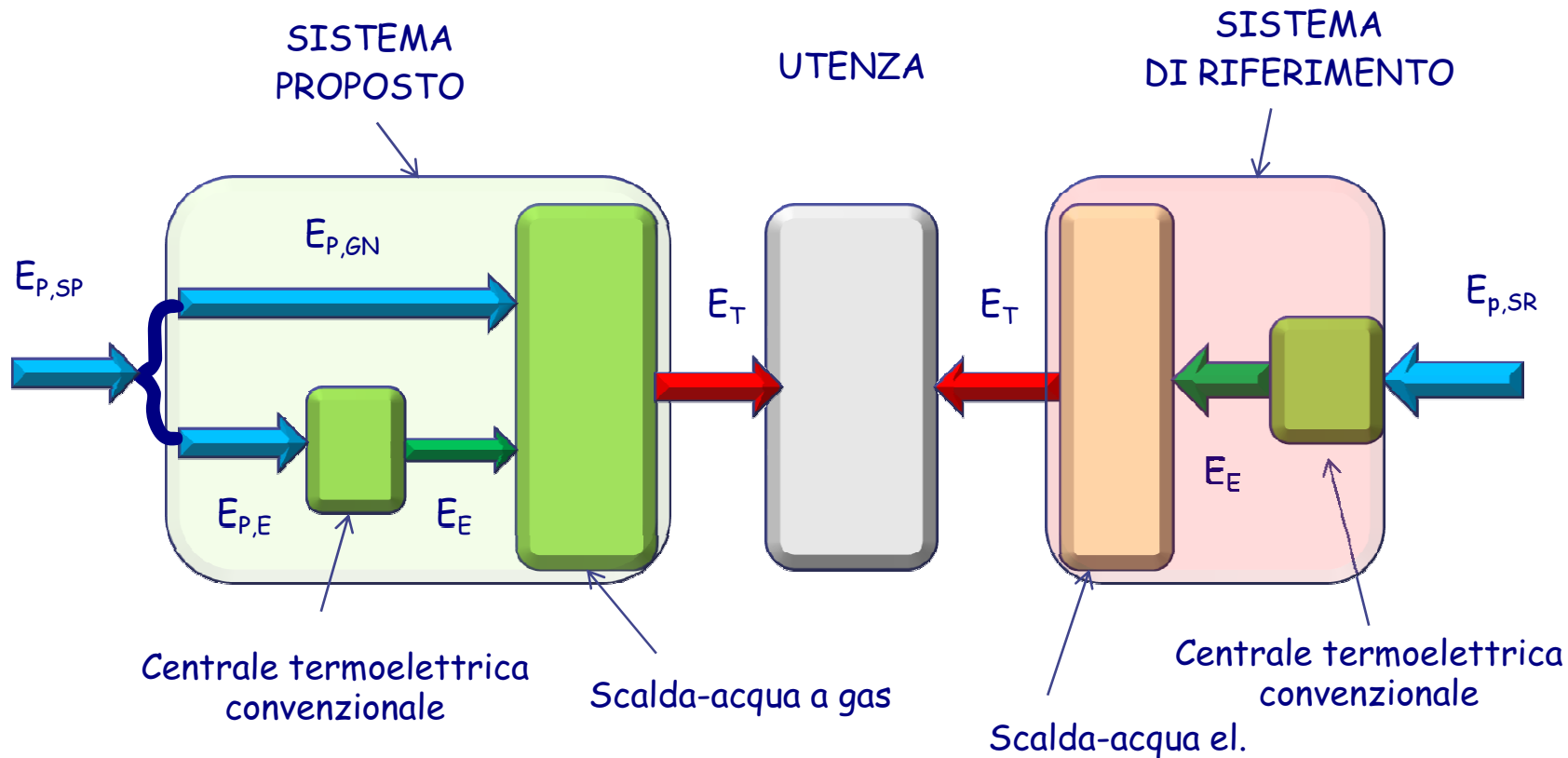
## *Costi medi e marginali: energia elettrica (utenza domestica, tariffa Enel D2)*



*Costi medi e marginali: gas naturale  
(utenza domestica, Napoli, tariffe in regime di tutela, IVA  
inclusa)*

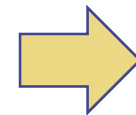


## Esempio N. 3: analisi termodinamica



### Sistema Proposto

- $E_{P,GN} = 945/0,70 = 1.350 \text{ kWh/anno} = 0,116 \text{ tep/anno}$
- $E_{P,E} = 0,050 \times 2 \times 350 \times 0,187 \times 10^{-3} = 0,007 \text{ tep/anno}$
- $E_{p,SP} = 0,116 + 0,007 = 0,123 \text{ tep/anno}$



$$\Delta E_p = 0,073 \text{ tep/anno (37\%)}$$

### Sistema di Riferimento

- $E_{p,SR} = (945/0,90) \times 0,187 \times 10^{-3} = 0,196 \text{ tep/anno}$

## Esempio N. 3: analisi di impatto ambientale (emissioni di gas serra)

### Sistema Proposto

- Emissioni di gas serra,  $GN = (945/0,70) \times 0,20 = 270 \text{ kg/anno}$
- Emissioni di gas serra, en. el =  $0,050 \times 2 \times 350 \times 0,48 = 17 \text{ kg/anno}$
- Emissioni di gas serra, TOT =  $18 + 270 = 287 \text{ kg/anno}$

### Sistema di Riferimento

- Emissioni di gas serra =  $(945/0,90) \times 0,48 = 504 \text{ kg/anno}$



Emissioni evitate di gas serra =  $217 \text{ kg/anno di CO}_2 \text{ equivalente (43\%)}$

## Esempio N. 3: analisi economica

### Sistema Proposto

- Consumo di GN ( $\text{PCI} = 9,6 \text{ kWh/Sm}^3$ ) =  $(945/0,70)/9,6 = 141 \text{ Sm}^3 / \text{anno}$
- Costo del GN  $\approx 141 \times 0,88 = 124 \text{ €/anno}$
- Consumo di en. el. =  $0,050 \times 2 \times 350 = 35 \text{ kWh/anno}$
- Costo dell'en. el.  $\approx 35 \times 0,34 = 12 \text{ €/anno}$
- Costo manutenzione annuale =  $50 \text{ €/anno}$
- Totale costo SP  $\approx 124 + 12 + 50 = 186 \text{ €/anno}$

### Sistema di Riferimento

- Consumo di en. el. =  $945/0,90 = 1.050 \text{ kWh/anno}$
- Costo dell'en. el. = Totale costo SR  $\approx 1.050 \times 0,35 = 368 \text{ €/anno}$



- Risparmio sui costi di esercizio  $\approx 368 - 186 = 182 \text{ €/anno}$  (49%\*)
- SPB =  $1.200 / 182 = 6,6$  anni
- VAN = 693 €
- IP = 0,58
- TIR = 13%



*\* Rispetto ai soli costi associati alla produzione di acqua calda sanitaria*