



COME SVILUPPARE UNO STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN'IPOTESI DI TELERISCALDAMENTO/TELERAFFRESCAMENTO

Piergiulio Avanzini



Ambito del progetto IEE RESCUE *«Il teleraffrescamento come metodo di razionalizzazione energetica nel settore della climatizzazione»*



COME SVILUPPARE UNO STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN'IPOTESI DI TELERISCALDAMENTO/TELERAFFRESCAMENTO

TECNOLOGIE DI BASE PER LA TELECLIMATIZZAZIONE CON SORGENTI RINNOVABILI

SCELTE TECNOLOGICHE BASATE SULL'IMPIEGO COMPLESSIVO DI ENERGIA PRIMARIA

***ESEMPI DI STUDI DI FATTIBILITA' DI TELECLIMATIZZAZIONE DI QUARTIERE
(TELERISCALDAMENTO E TELERAFFRESCAMENTO)***

CONCLUSIONI



COME SVILUPPARE UNO STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN'IPOTESI DI TELERISCALDAMENTO/TELERAFFRESCAMENTO

TECNOLOGIE DI BASE PER LA TELECLIMATIZZAZIONE CON SORGENTI RINNOVABILI

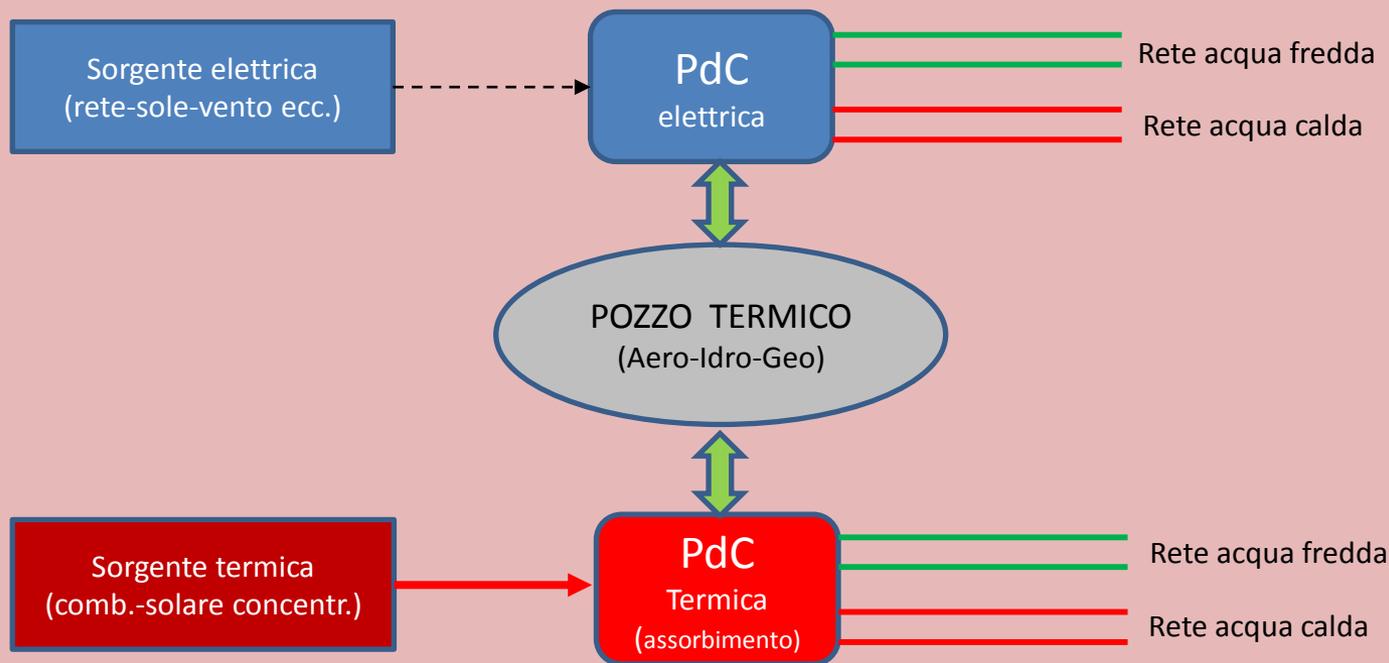
SCELTE TECNOLOGICHE BASATE SULL'IMPIEGO COMPLESSIVO DI ENERGIA PRIMARIA

***ESEMPI DI STUDI DI FATTIBILITA' DI TELECLIMATIZZAZIONE DI QUARTIERE
(TELERISCALDAMENTO E TELERAFFRESCAMENTO)***

CONCLUSIONI

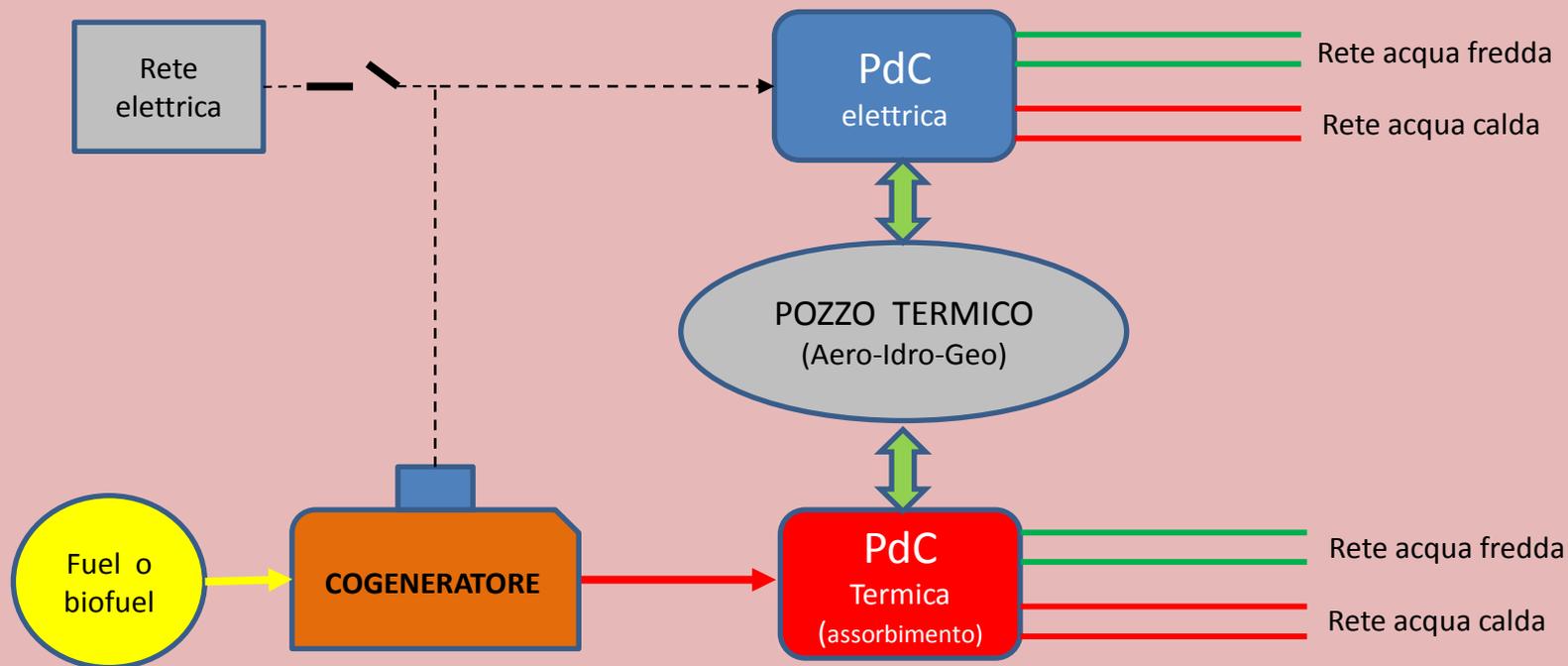


LA POMPA DI CALORE REVERSIBILE COME ELEMENTO BASE PER LA (TELE)CLIMATIZZAZIONE



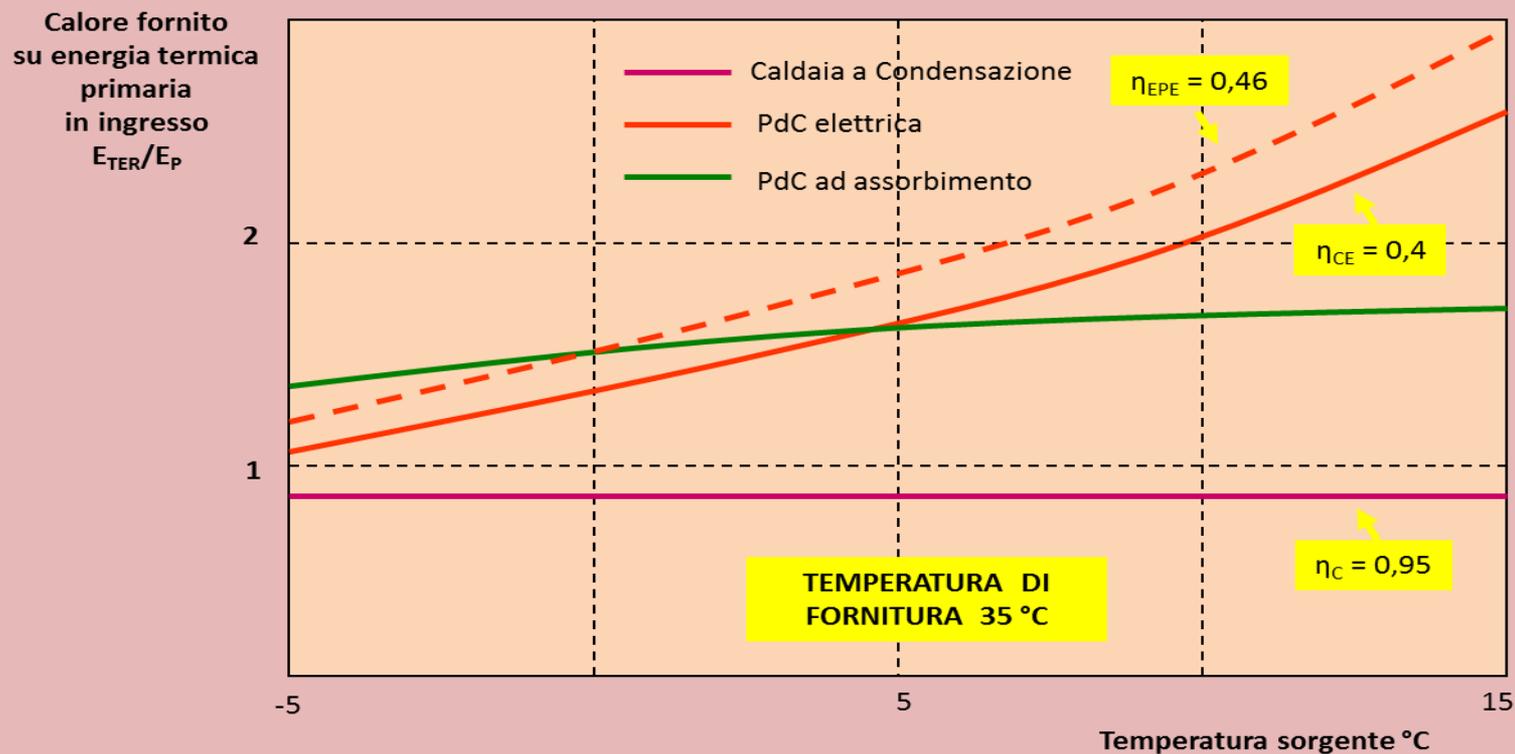


COGENERAZIONE ASSERVITA ALLA DOMANDA ELETTRICA Massimizzazione della risposta energetica





CONFRONTO TRA LE PRESTAZIONI DI POMPE DI CALORE (acqua-acqua; medie commerciali) RISCALDAMENTO

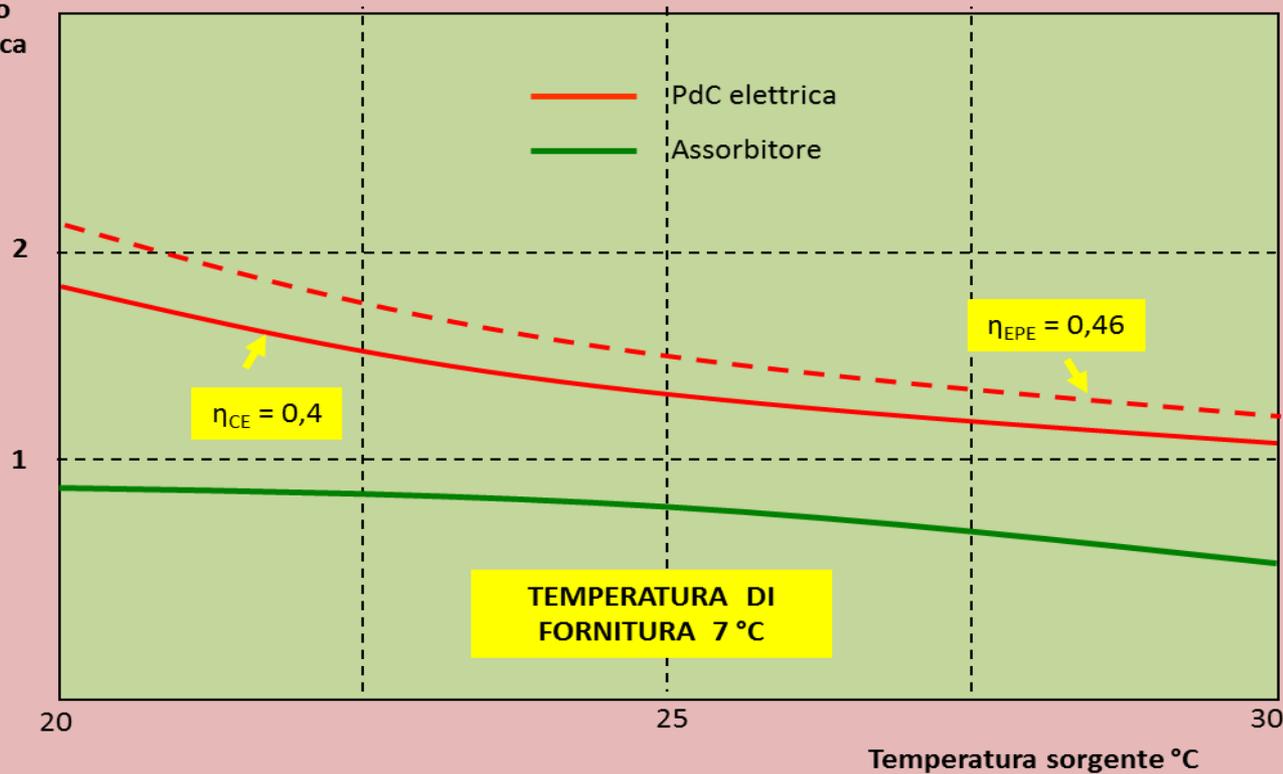


(EPE = Energia Primaria Equivalente della rete elettrica italiana)



CONFRONTO TRA LE PRESTAZIONI DI POMPE DI CALORE (acqua-acqua; medie commerciali) RAFFRESCAMENTO

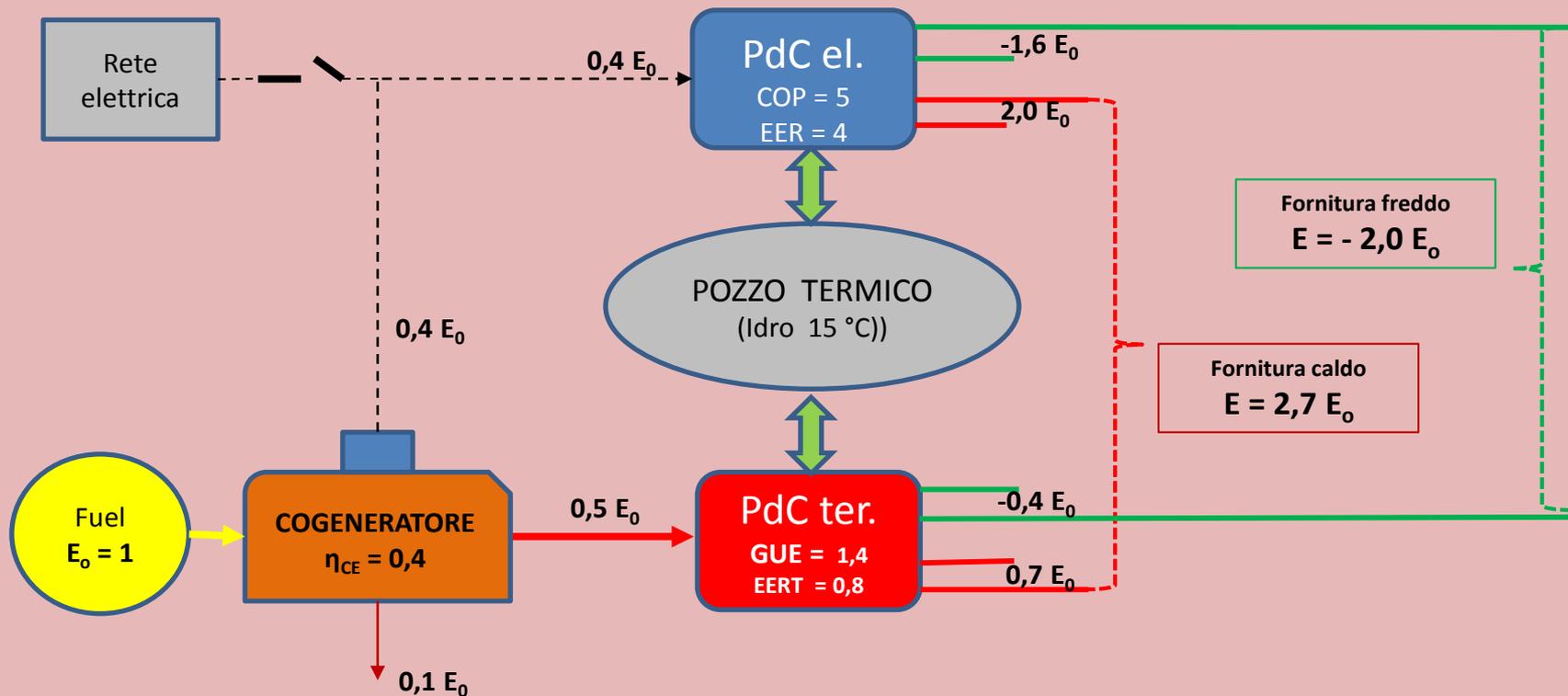
Calore sottratto
su energia termica
primaria
in ingresso
 E_{TER}/E_P



(EPE = Energia Primaria Equivalente della rete elettrica italiana)

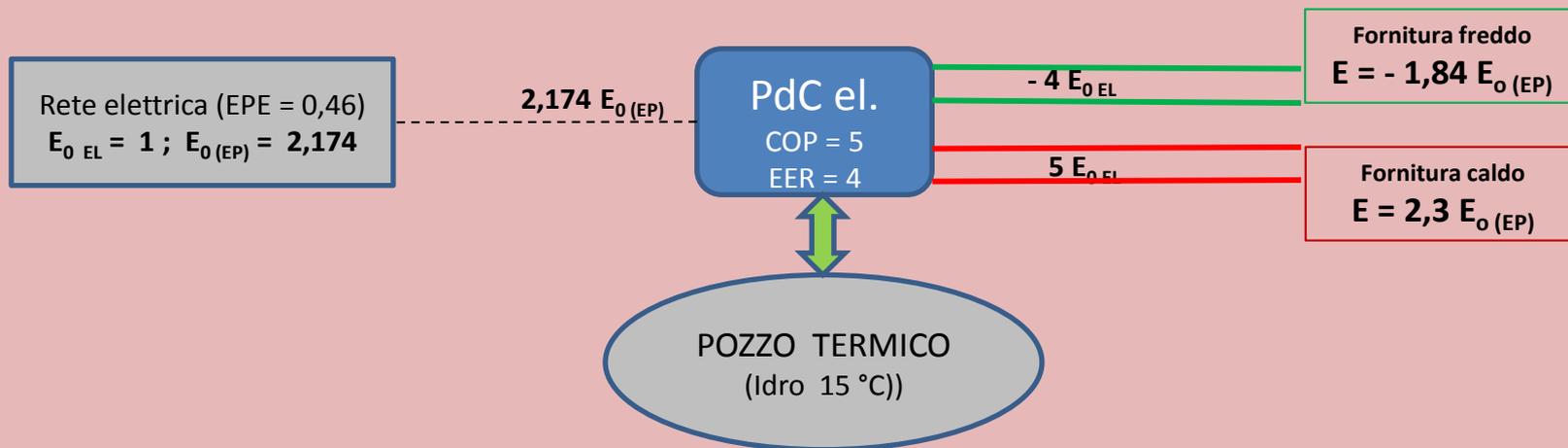


GUADAGNO ENERGETICO DEL SISTEMA COMPLETO (caso dell' idrotermia da falda)



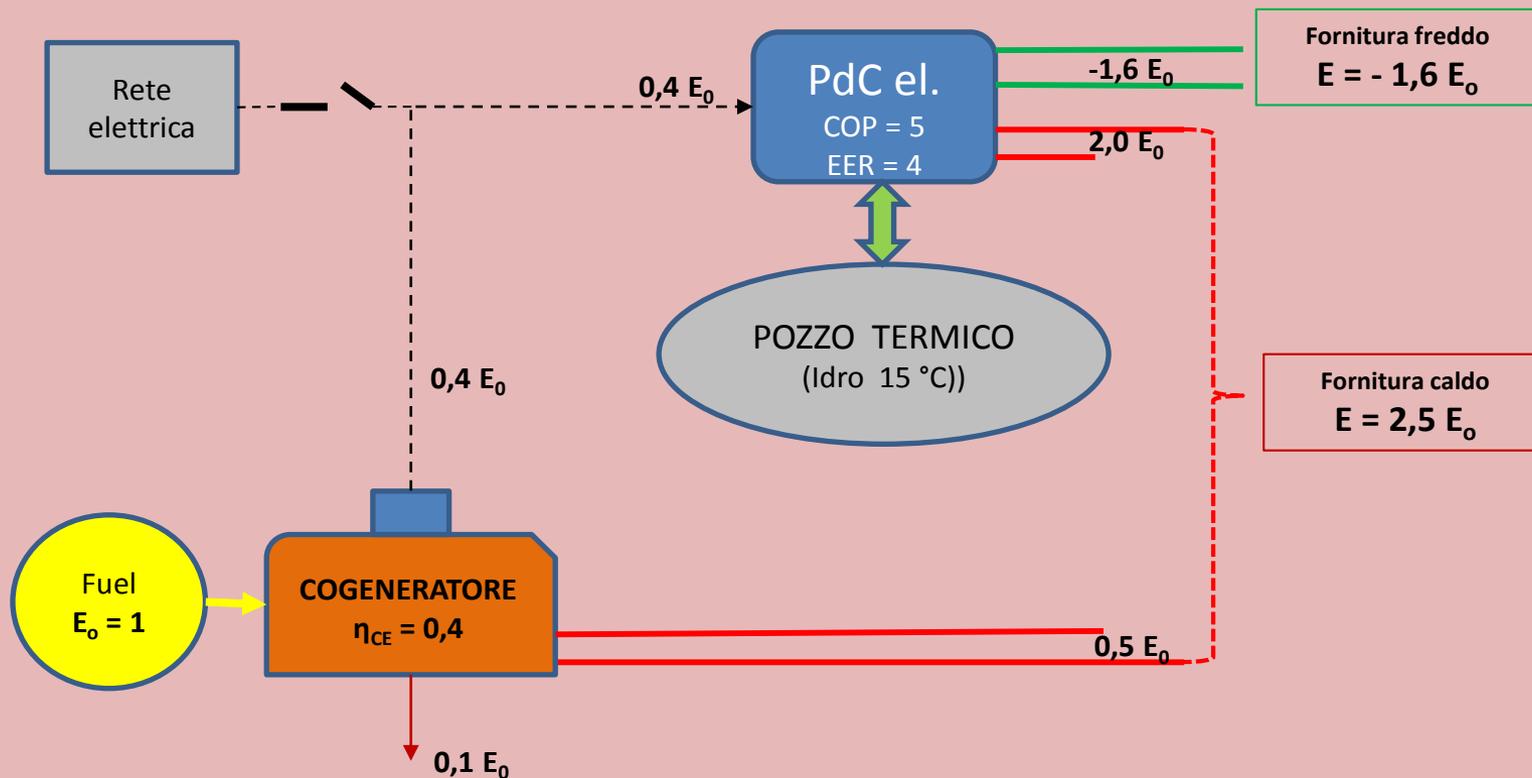


GUADAGNO ENERGETICO DEL SISTEMA SOLO ELETTRICO (caso dell' idrotermia da falda)



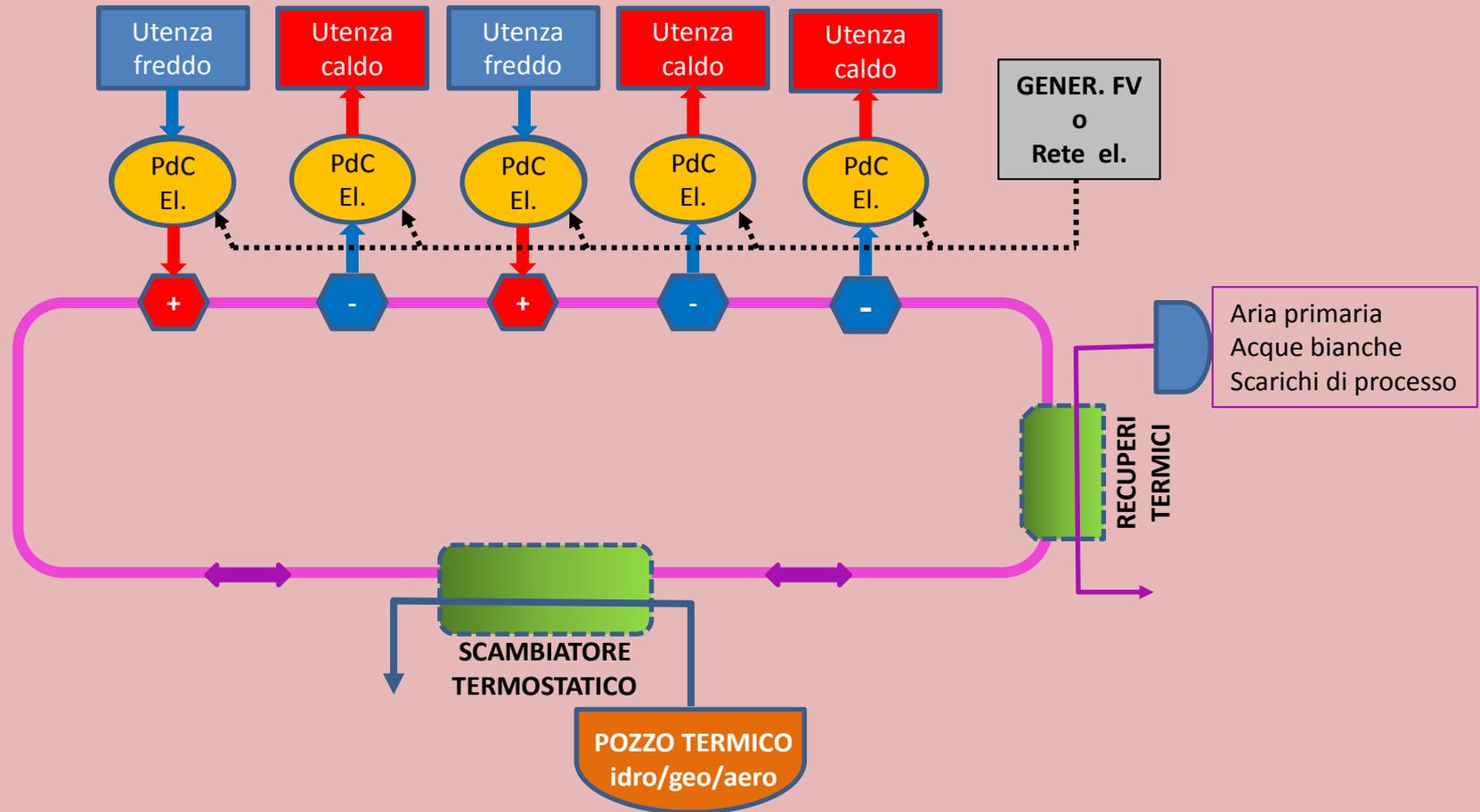


GUADAGNO ENERGETICO DEL SISTEMA COGENERATIVO SENZA ASSORBITORE (caso dell' idrotermia da falda)



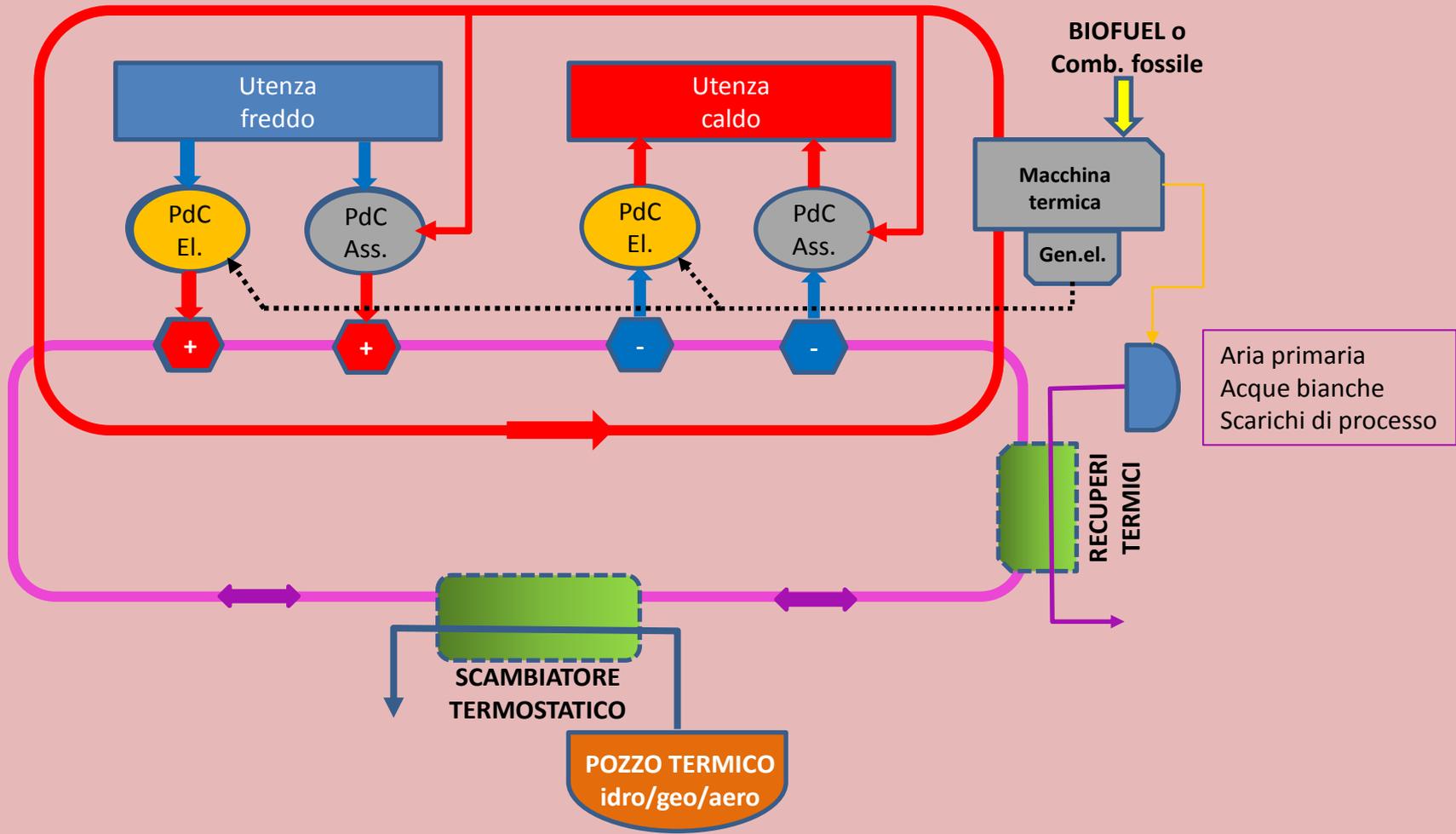


TELECLIMATIZZAZIONE DI QUARTIERE CON POMPE DI CALORE ELETTRICHE





TELECLIMATIZZAZIONE DI QUARTIERE CON COGENERAZIONE DEDICATA





COME SVILUPPARE UNO STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN'IPOTESI DI TELERISCALDAMENTO/TELERAFFRESCAMENTO

TECNOLOGIE DI BASE PER LA TELECLIMATIZZAZIONE CON SORGENTI RINNOVABILI

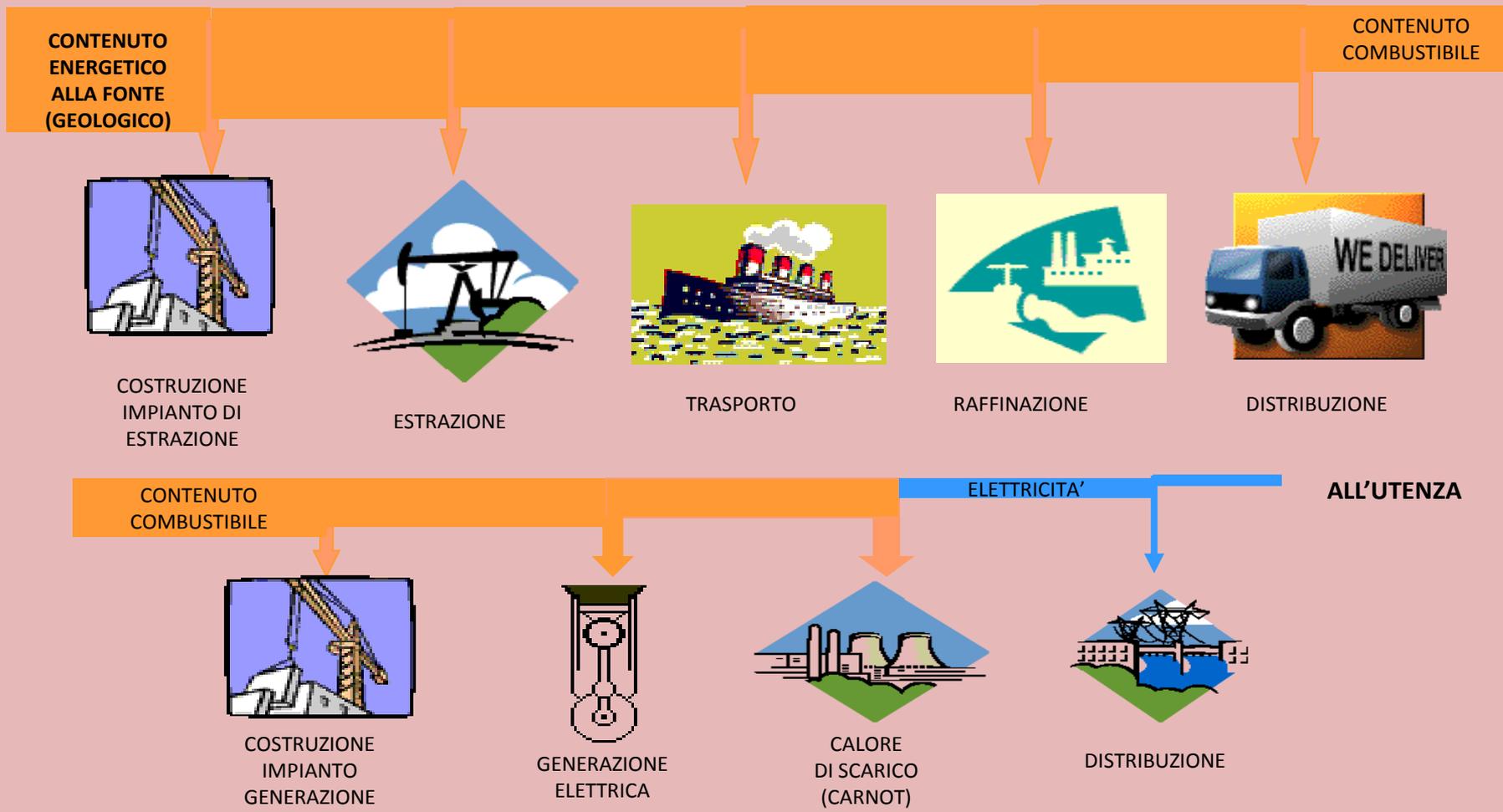
SCELTE TECNOLOGICHE BASATE SULL'IMPIEGO COMPLESSIVO DI ENERGIA PRIMARIA

***ESEMPI DI STUDI DI FATTIBILITA' DI TELECLIMATIZZAZIONE DI QUARTIERE
(TELERISCALDAMENTO E TELERAFFRESCAMENTO)***

CONCLUSIONI

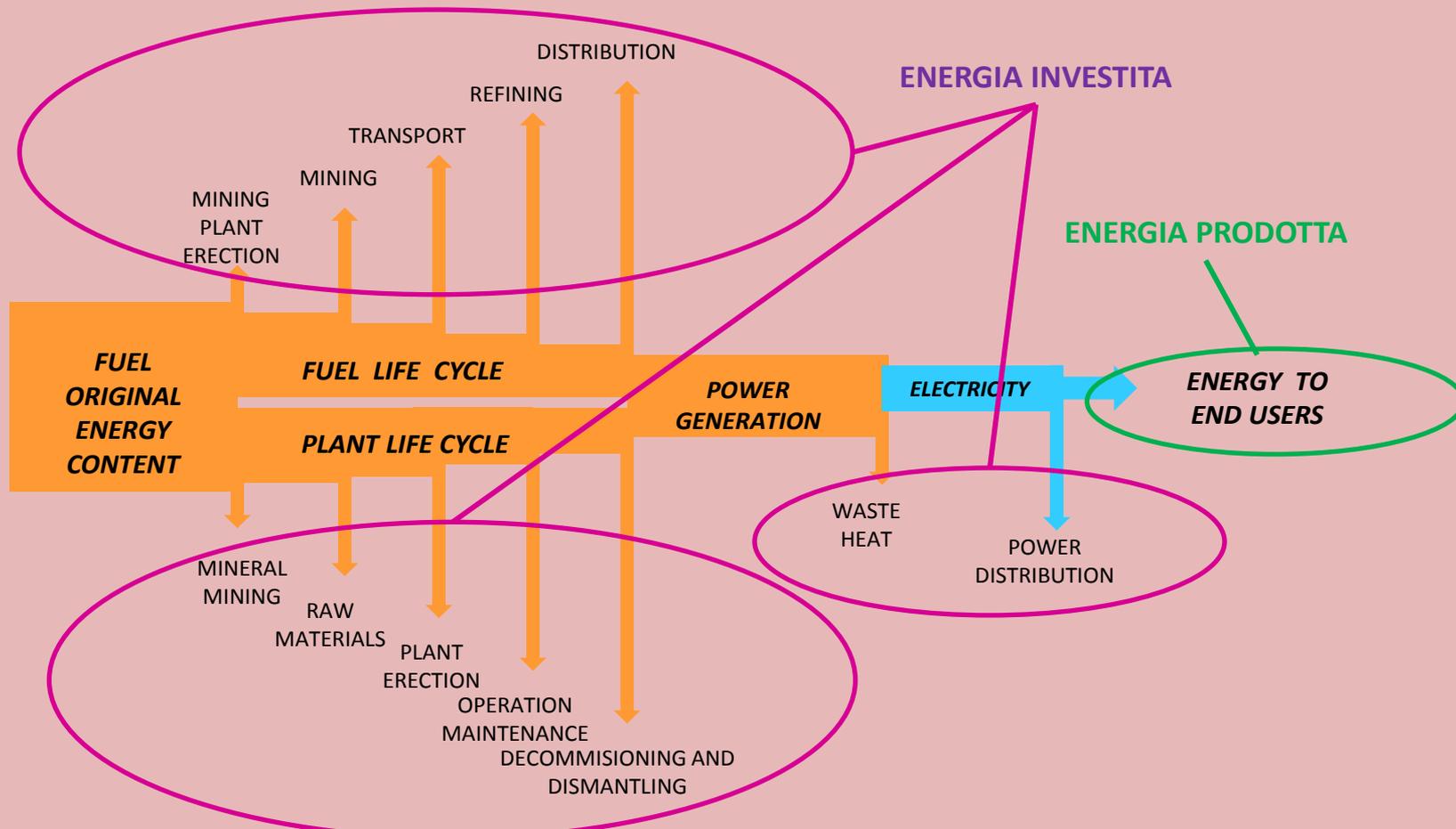


L'INVESTIMENTO IN ENERGIA NELLA PREDISPOSIZIONE DEL COMBUSTIBILE (Produzione elettrica da fossili)



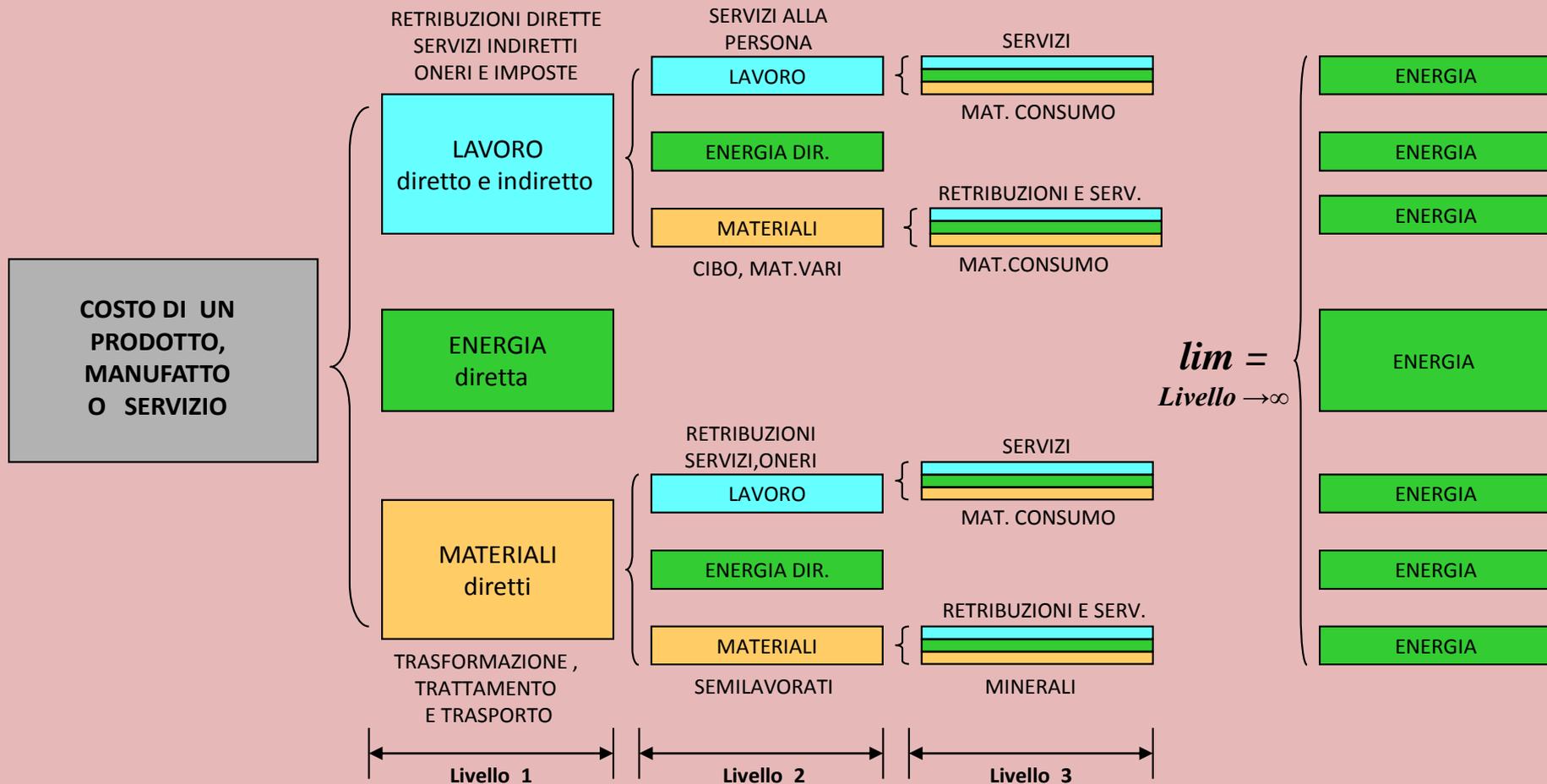


INVESTIMENTO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA (ELETTRICA)





IL CONCETTO DI PANERGIA





CONSEGUENZE DEL PRINCIPIO DI PANERGIA

$$\text{ENERGIA INCORPORATA IN UN PRODOTTO/COMBUSTIBILE} = \frac{\text{PREZZO DI MERCATO}}{\text{PREZZO DELL' ENERGIA ALL'UTENTE FINALE}}$$

ESEMPI:

Prezzo di un motore a kerosene: 1.400 €; Prezzo energia: 0,21 €/Kwh_{el} : En.Inc. = 6.667 KWh_{el} (15.730 Kwh_{ter})
Prezzo di un Kg di kerosene: 1.6 Prezzo energia = 0,089 €/Kwh_{ter} : En.Inc. = 18 Kwh_{ter}/Kg; Energia disponibile= 46,4 Kwh_{ter}/Kg

$$\text{EROEI (Energy Return on Energy Invested)} = \frac{\text{ENERGIA PRODOTTA (GESTITA) NELLA VITA}}{\text{ENERGIA INCORPORATA}}$$



CONSEGUENZE DEL PRINCIPIO DI PANERGIA

ESEMPIO

Impianto FV da 1 KWp

Prezzo: 4.000,00 €

Prezzo en : 0,21 €/Kwh_{el}



ENERGIA INCORPORATA

19.000 KWh_{el}

produzione media: 1250 KWh/a

vita media: 20 anni

EROEI (Energy Return on Energy Invested) = 1,3



CONSEGUENZE DEL PRINCIPIO DI PANERGIA

ESEMPIO (geotermia b.e.)

Potenza installata: 20 Kw_{ter}

COPs (termico) = 2,2; DF = 0,5; h/a = 2230

Prezzo: 35.000,00 €

Prezzo en : 0,095 €/Kwh_{ter}



ENERGIA INCORPORATA

368.000 KWh_{ter}

vita media: 40 anni (2 PdC/vita)

ENERGIA RINNOVABILE GESTITA

743.350 KWh_{ter}

EROEI (Energy Return on Energy Invested) = 2,0



CONSEGUENZE DEL PRINCIPIO DI PANERGIA

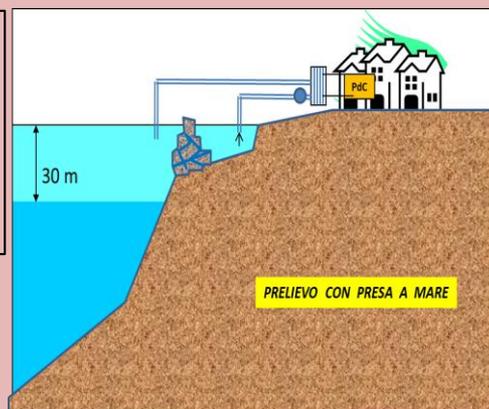
ESEMPIO (Idrotermia marina)

Potenza installata :8 MW_{ter}

COPs (termico) = 2,2; DF = 0,5; h/a = 2230

Prezzo: 3.000.000,00 €

Prezzo en : 0,095 €/Kwh_{ter}



ENERGIA INCORPORATA

31.580.000 KWh_{ter}

vita media: 20 anni

ENERGIA RINNOVABILE GESTITA

148.670.000 KWh_{TER}

EROEI (Energy Return on Energy Invested) = 4,7



CONSEGUENZE DEL PRINCIPIO DI PANERGIA

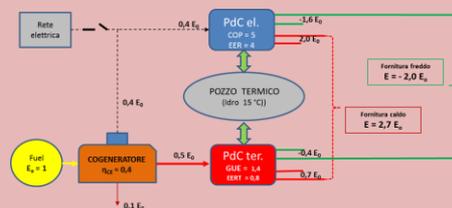
ESEMPIO (Idrotermia + cogenerat+assorb.)

Potenza installata :1 MW_{ter}

COPs (termico) = 2,7; DF = 0,5; h/a = 2230

Prezzo: 600.000,00 €

Prezzo en : 0,095 €/Kwh_{ter}



ENERGIA INCORPORATA

6.316.000 KWh_{ter}

vita media: 20 anni

ENERGIA RINNOVABILE GESTITA

13.118.000 KWh_{TER}

EROEI (Energy Return on Energy Invested) = 2,1



PER L'APPLICAZIONE DI QUESTI CONCETTI:

- **Manca spesso sensibilità (e preparazione) dei progettisti e nei fornitori di impianti**
- **Manca spesso sensibilità (e preparazione) in chi acquista gli impianti**
- **Manca spesso sensibilità (e preparazione) nei legislatori anche a livello locale e regionale**
- **La legislazione nazionale a supporto dello sviluppo delle energie rinnovabili, del risparmio energetico e del contrasto al riscaldamento globale è stata (ed è) assolutamente inadeguata**

COSA SI DOVREBBE FARE :

- **Istituire corsi di formazione destinati a progettisti e fornitori d'impianti con istituzione di certificazione di qualità per chi vi partecipa (partendo con iniziative a livello locale)**
- **Promuovere consapevolezza negli utenti iniziando dai livelli locali**



COME SVILUPPARE UNO STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN'IPOTESI DI TELERISCALDAMENTO/TELERAFFRESCAMENTO

TECNOLOGIE DI BASE PER LA TELECLIMATIZZAZIONE CON SORGENTI RINNOVABILI

SCELTE TECNOLOGICHE BASATE SULL'IMPIEGO COMPLESSIVO DI ENERGIA PRIMARIA

***ESEMPI DI STUDI DI FATTIBILITA' DI TELECLIMATIZZAZIONE DI QUARTIERE
(TELERISCALDAMENTO E TELERAFFRESCAMENTO)***

CONCLUSIONI



IL PROGETTO CLIMARE SAN BENIGNO (Idrotermia pura e telecondizionamento Indiretto)

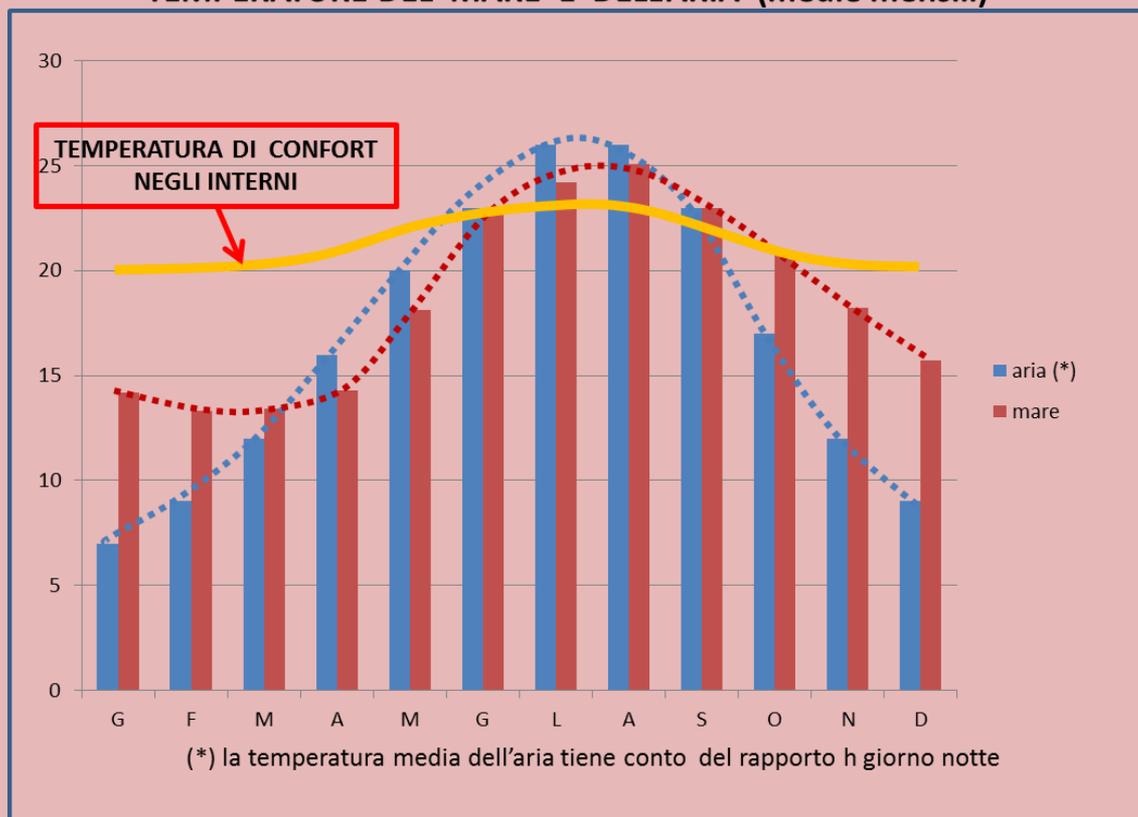


**NEL DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE SI E' TENUTO CONTO DEI CONCETTI BASE
PRECEDENTEMENTE ESPOSTI**



DISPONIBILITA' DI ENERGIA A Km ZERO SUL SITO (Genova) *Idrotermia marina*

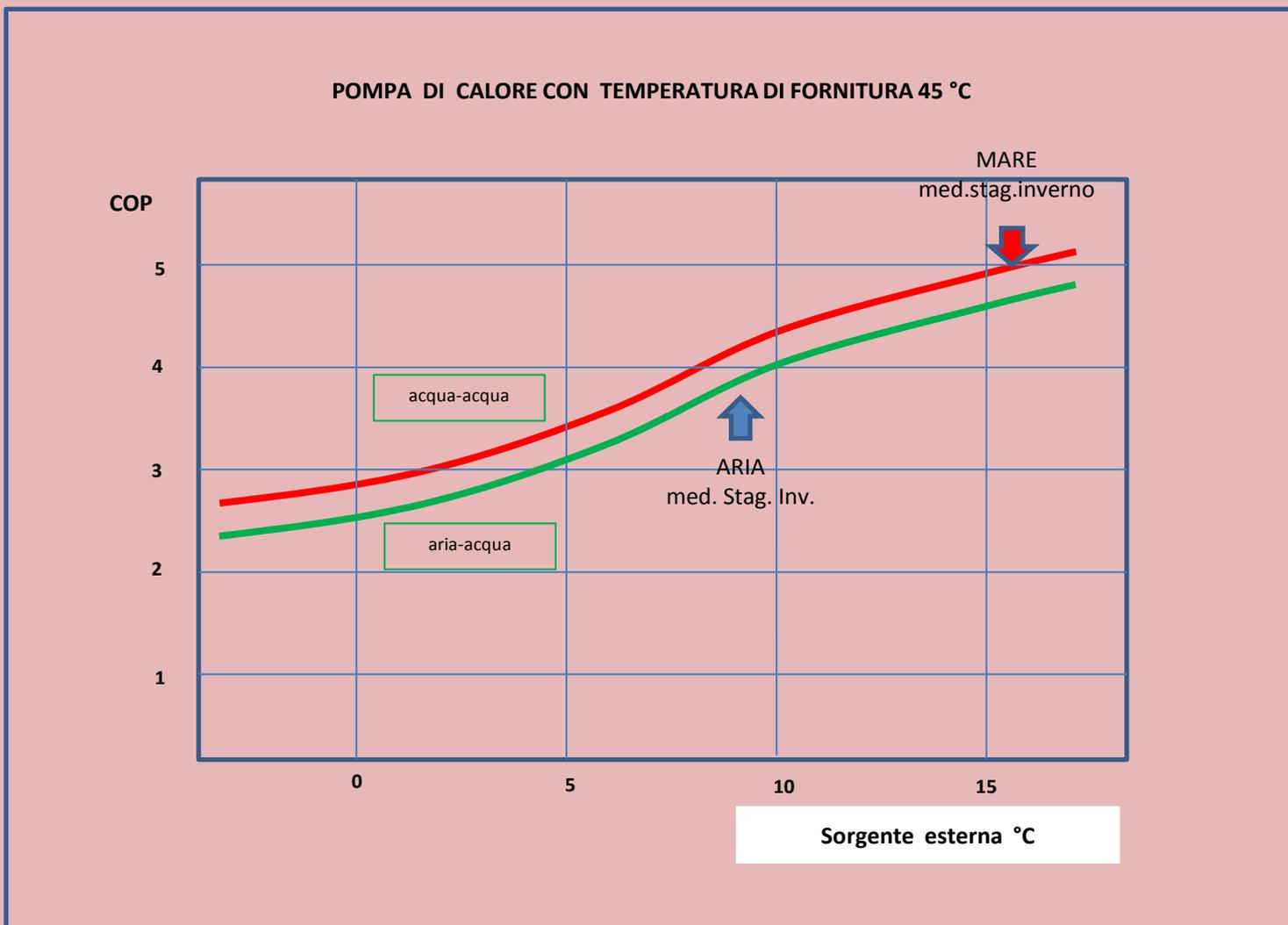
TEMPERATURE DEL MARE E DELL'ARIA (medie mensili)



Non esistono altre significative disponibilità di energia rinnovabile sul sito



PRESTAZIONI MEDIE DELLE POMPE DI CALORE COMMERCIALI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI SORGENTE





LO STUDIO DI FATTIBILITA'

OBIETTIVO:

- Impostazione di un pre-progetto preliminare
- Accertamento della fattibilità tecnica
- Previsione dei costi di realizzazione
- Previsione dei vantaggi economici ed ambientali per gli utenti ed il quartiere
- Accertamento della fattibilità economica o/finanziaria

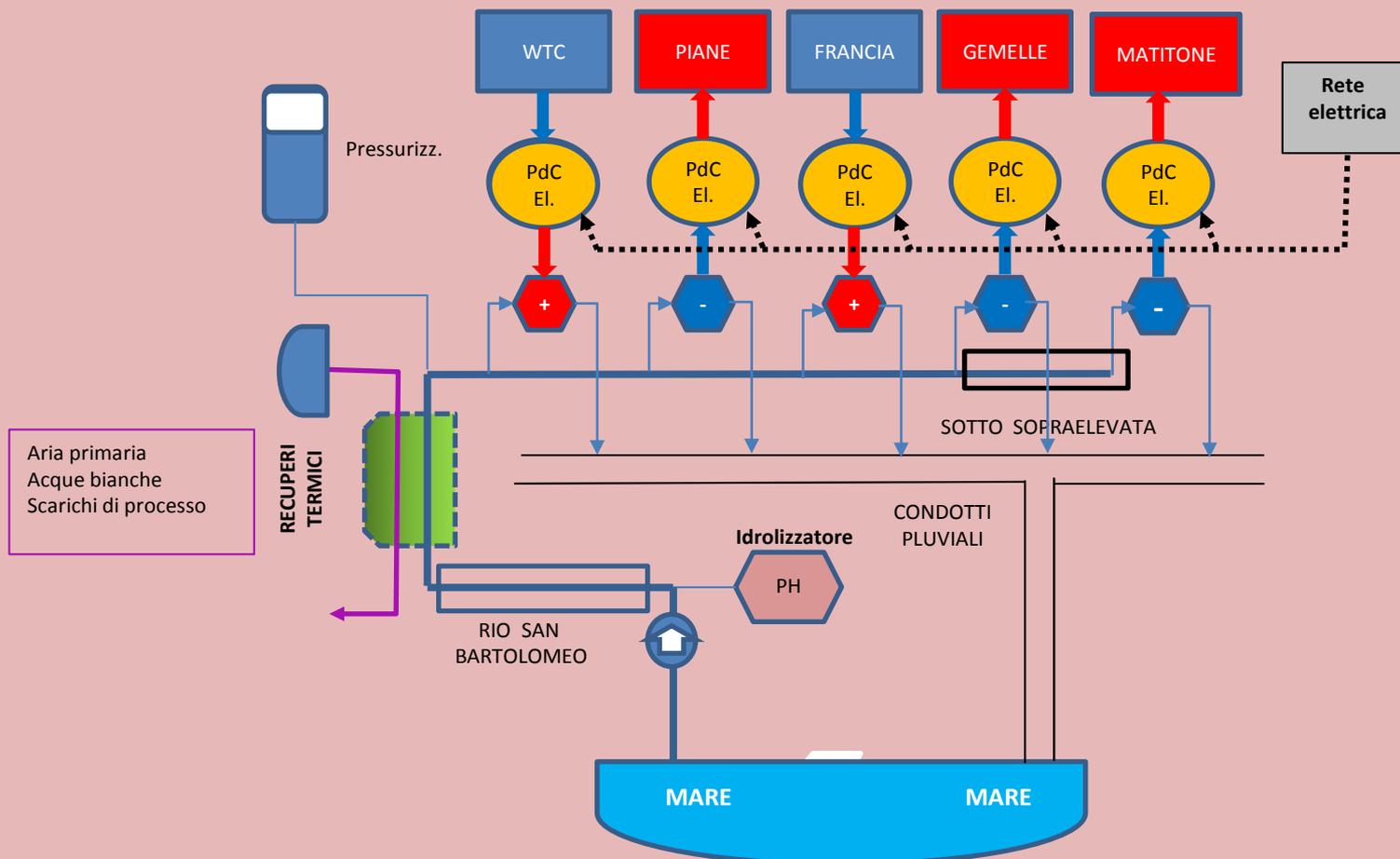
ATTORI DEL GRUPPO DI STUDIO

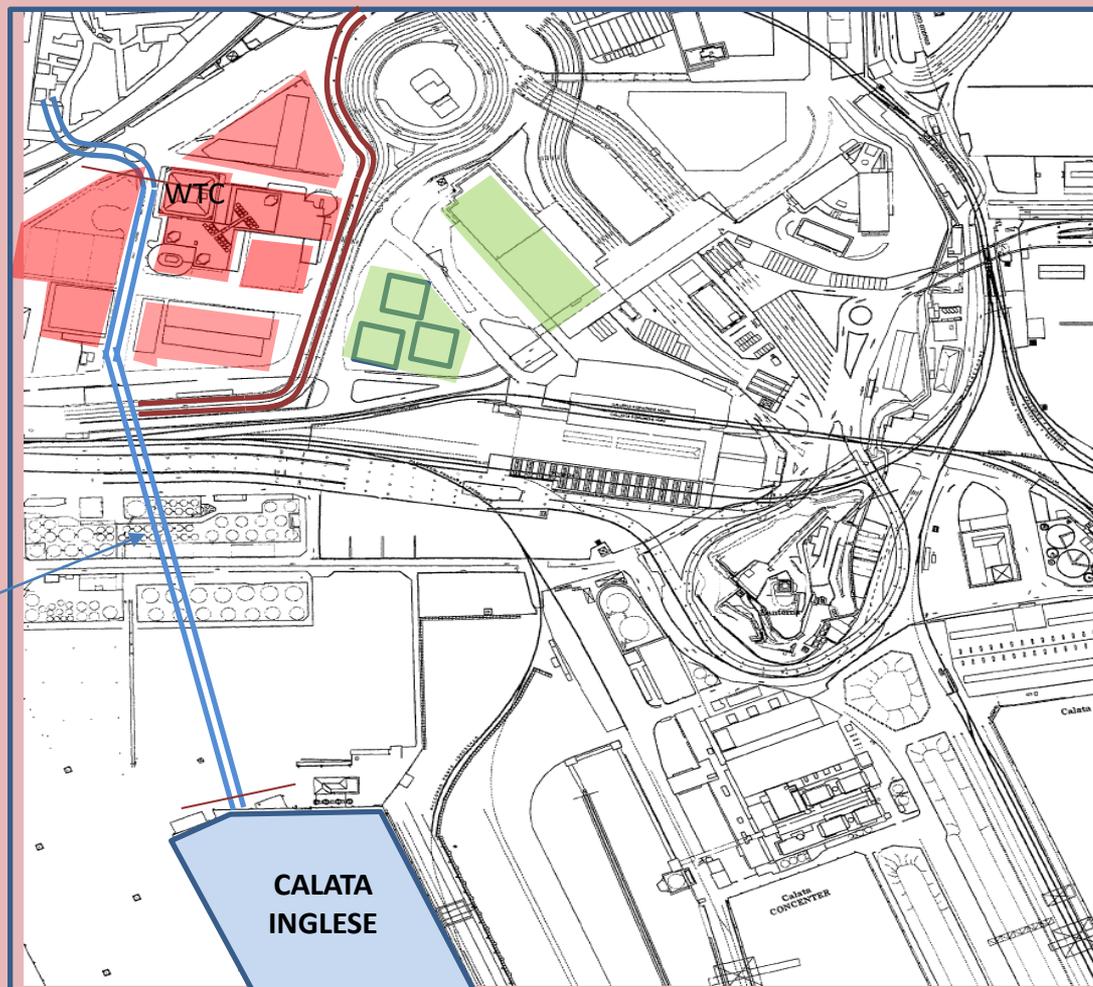
- Associazione GE Smart City (Coordinamento generale)
- Supercondominio San Benigno/Cleenergy (promotore e direzione del progetto)
- SPIM
- Comune di Genova – Ufficio Energia
- Autorità Portuale di Genova – Ufficio Ambiente
- CNR – Area della Ricerca di Genova
- Fondazione MUVITA (Provincia di Genova)
- ARE Agenzia Regionale per l' Energia
- *Varie ESCo*





CLIMARE SAN BENIGNO
CONFIGURAZIONE GENERALE E UTENZE DI PRIMO INSEDIAMENTO
Alternativa a tubo singolo





**RIO SOTTERRANEO
SAN
BARTOLOMEO**



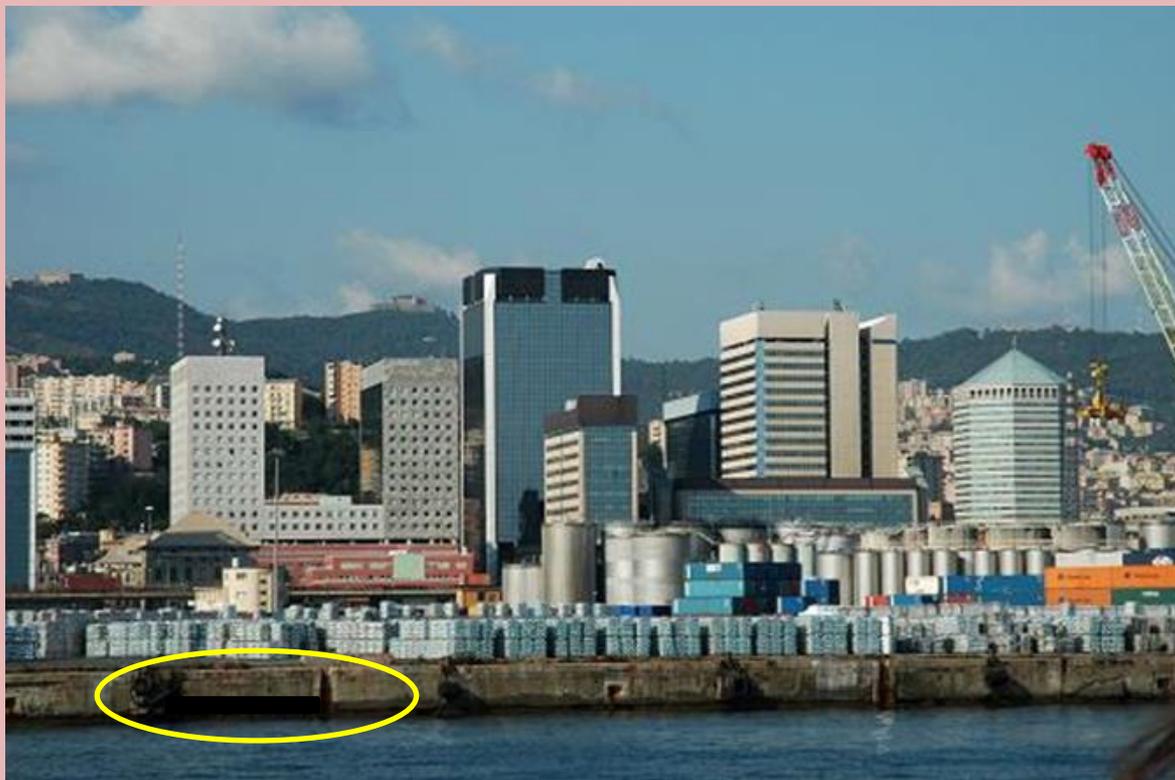
UTENZE DI PRIMO INTERVENTO



UTENZE POTENZIALI

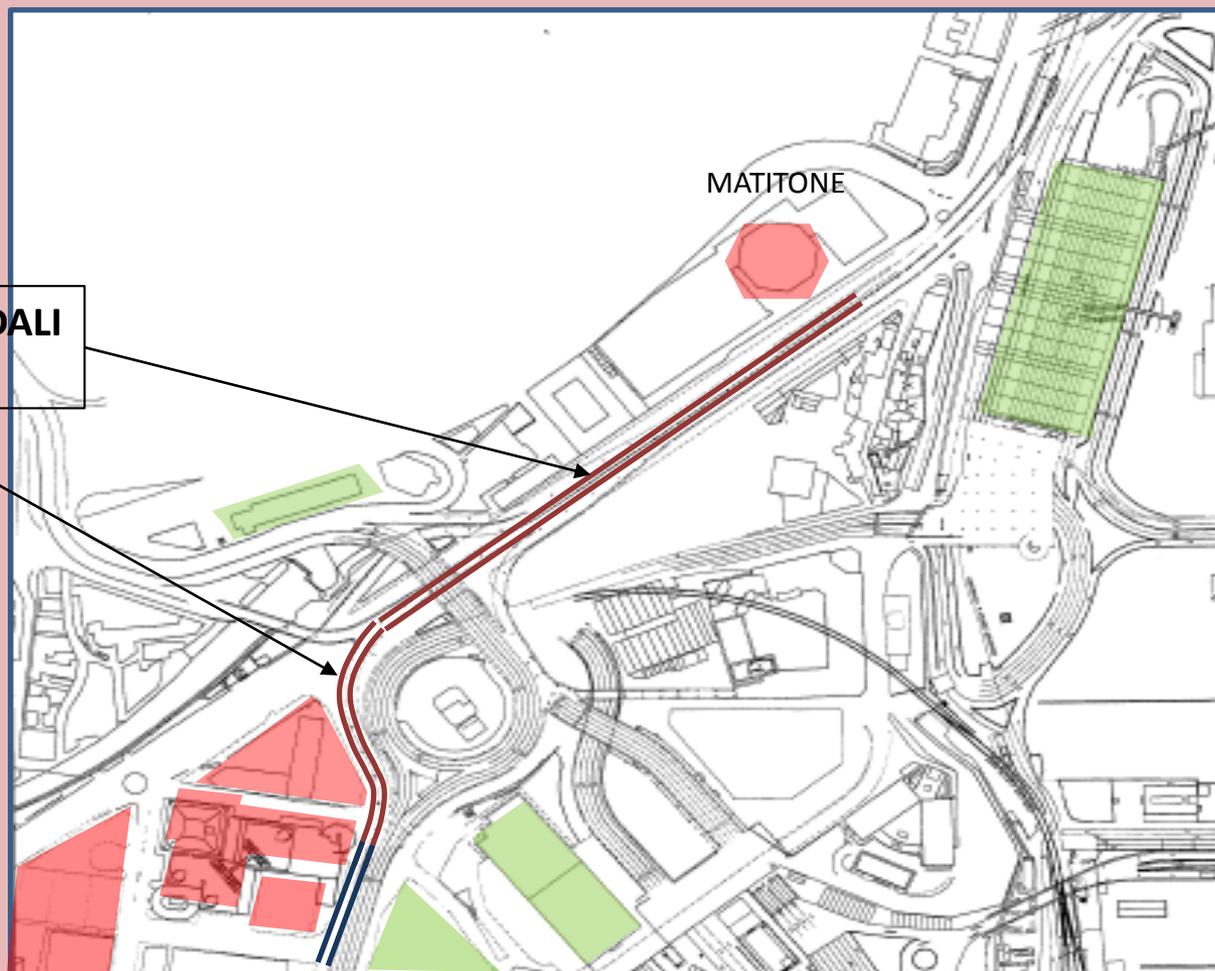


**SBOCCO RIO
SAN BARTOLOMEO**





**STRUTTURE STRADALI
SOPRAELEVATE**



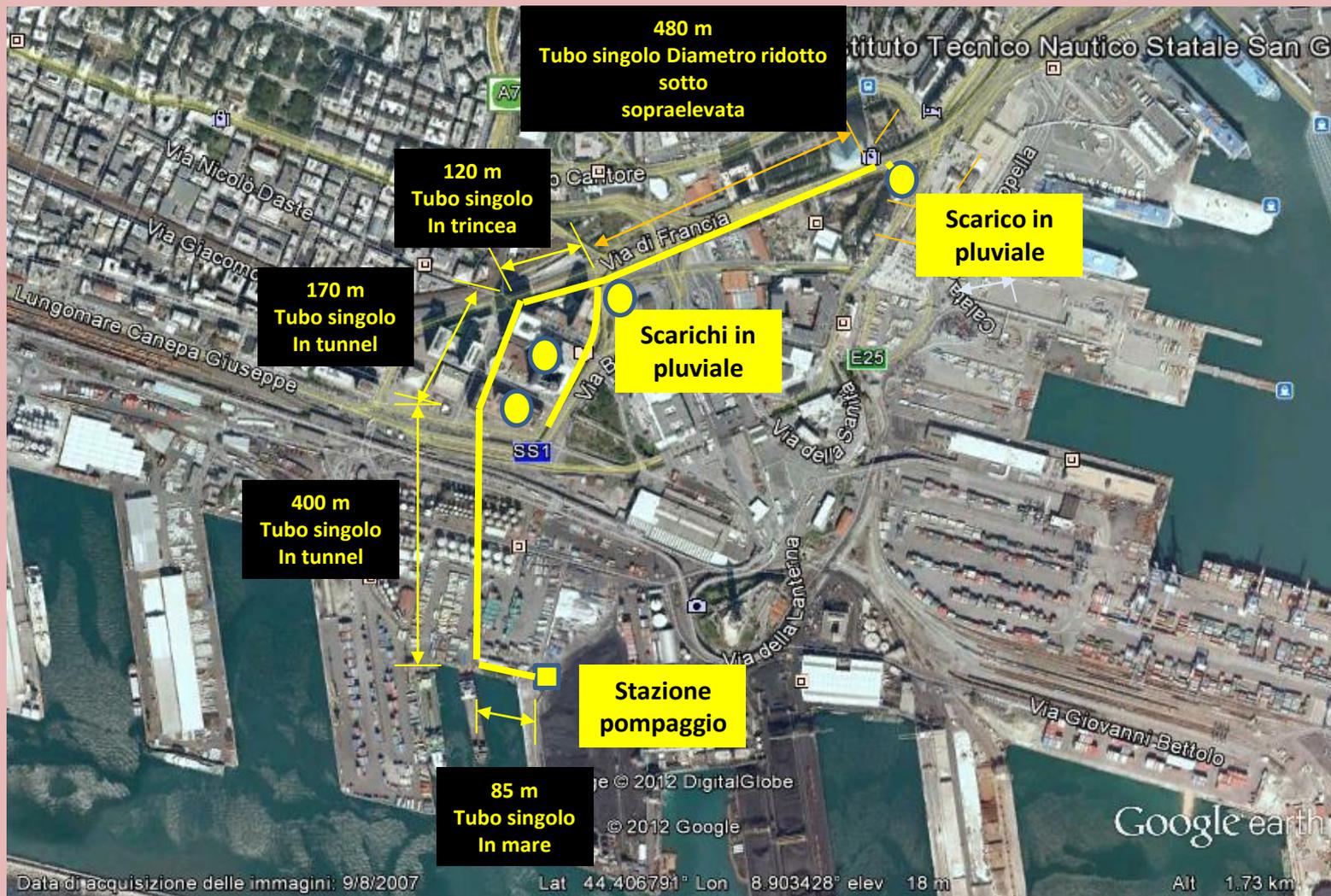
UTENZE DI PRIMO INTERVENTO



UTENZE POTENZIALI

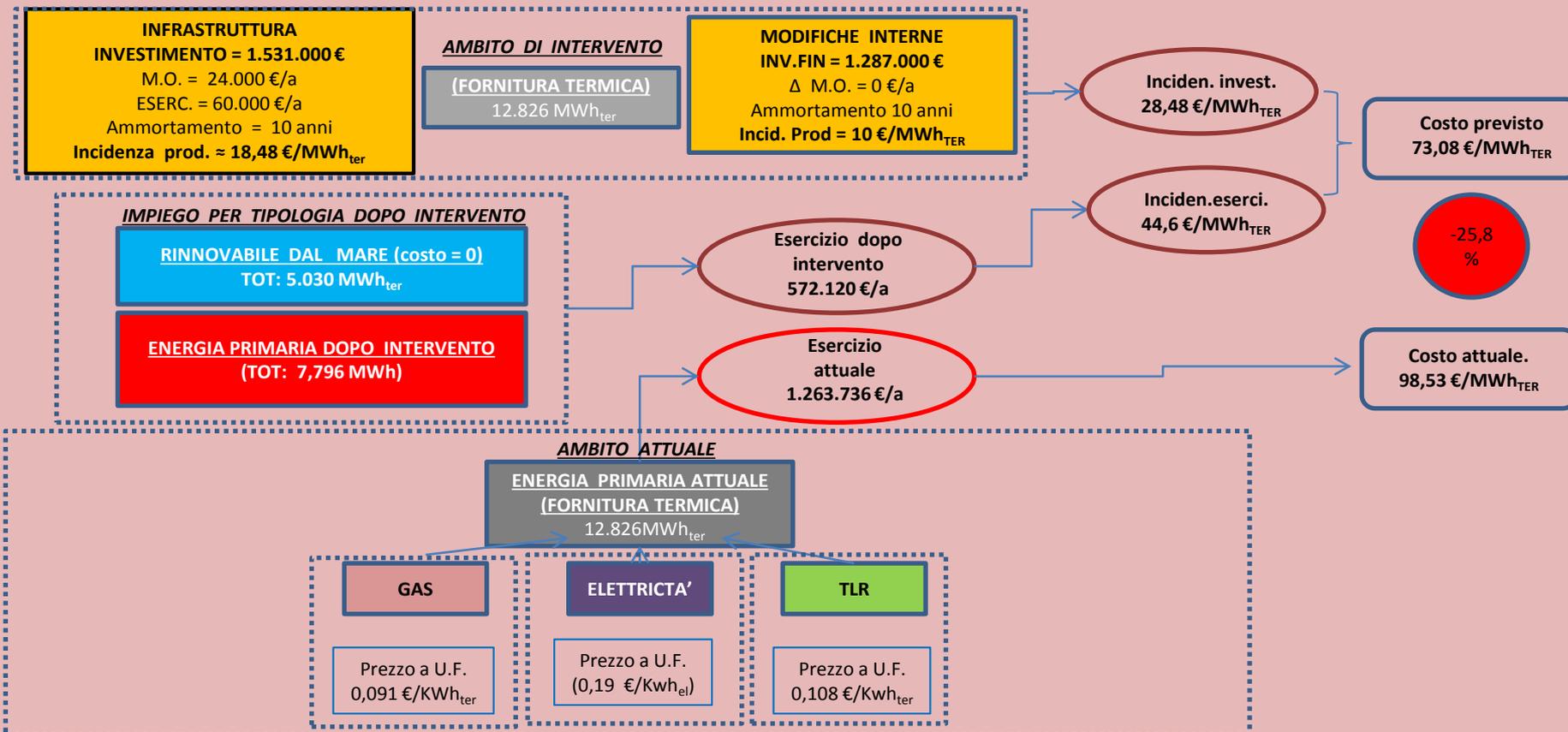


CLIMARE SAN BENIGNO – PERCORSO DEL TERMOACQUEDOTTO MARINO





IDROTERMIA MARINA SAN BENIGNO - ANALISI COSTI BENEFICI a valori costanti





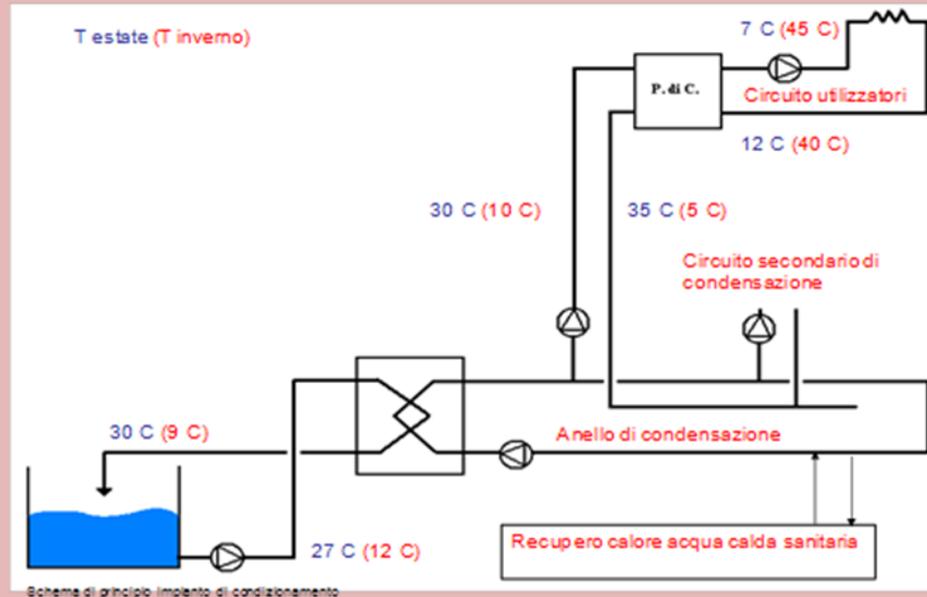
ESEMPIO DI REALIZZAZIONE IN ESERCIZIO IN LIGURIA Complesso edilizio della Torre a Savona (2007)



**3 edifici, 103 appartamenti, una corte pedonale con 31 negozi, 20 uffici, un hotel con 96 camere
Potenze impegnate: 1,9 MW (termica) e 1,5 MW (frigorifera)**



PRESTAZIONI RISULTANTI RISPETTO A SOLUZIONI CONVENZIONALI



Prestazioni

Consumo annuo medio = 673.480 kWh elettrici.

Consumo annuo stimato per impianto tradizionale (caldaia e refrigeratore e distribuzione a quattro tubi)

= 262.470 Sm³ di gas metano + 643.130 kWh elettrici

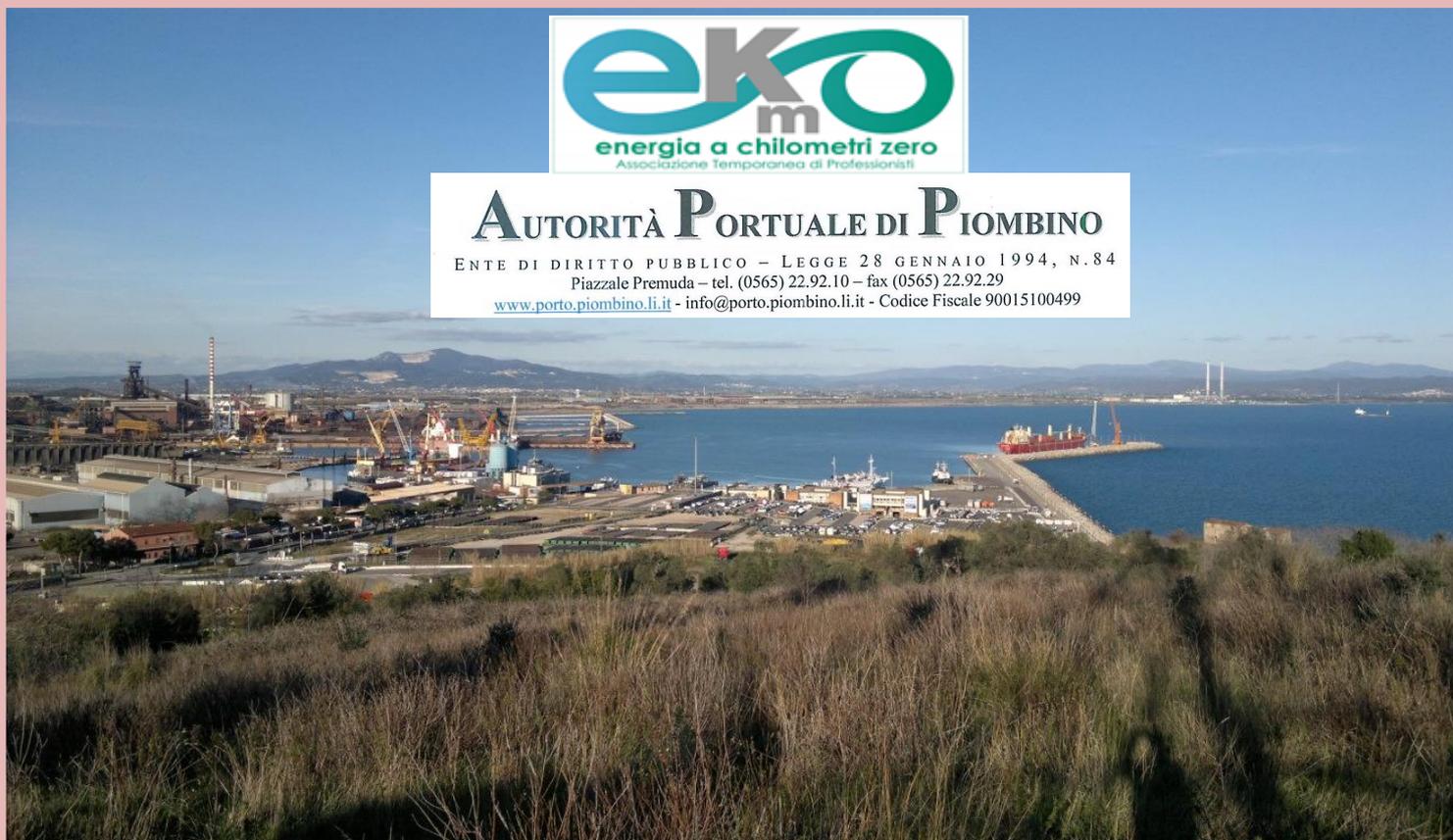
Risparmio economico medio annuale € 149.996

Risparmio annuale energia primaria = 8.833 GJ (-63% vs. impianto tradizionale) pari a 211 TEP

Riduzione emissioni CO₂ = 491 t (-64% vs. impianto tradizionale)



IL PROGETTO EKO Porto di Piombino (Energia a Km zero e telecondizionamento diretto)





DOMANDA DI ENERGIA E DI POTENZA (situazione attuale)

	Stagione (KWh)	Ore servizio h/stagione	Potenza KW (media)	EER	Dissipazione Termica (KW)	Potenza installata (KW _{TER})
Gas naturale caldaie	680.000 (ter)	2880	236 (ter)		236	900
Elettr. Estate Chiller	340.000 (el)	3240	105 (el)	3,2	336	515
Elettr. Estate Illuminaz. e FM	217.600 (el)	1700	128 (el)			
Elettr. Inverno Illuminaz. e FM	330.400 (el)	2581	128 (el)			

(previsione nuovo piano regolatore prtuale)

	Stagione (KWh)	Ore servizio h/stagione	Potenza KW (media)
Riscaldamento	2.100.000 (ter)	2880	730 (ter)
Raffrescamento	3.000.000 (ter)	3240	750 (el)
Elettr. Estate Illuminaz. e FM	300.000 (el)	1700	176 (el)
Elettr. Inverno Illuminaz. e FM	500.000 (el)	2581	193 (el)



DISPONIBILITA' DI ENERGIA A Km ZERO SUL SITO (Piombino)

IRRAGGIAMENTO E PRODUZIONE FV SU SUPERFICI ORIZZONTALI Piombino

Fixed system: inclination=0 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	1.28	39.7	1.68	52.0
Feb	2.14	59.8	2.73	76.6
Mar	3.12	96.7	3.99	124
Apr	4.09	123	5.31	159
May	5.03	156	6.73	208
Jun	5.42	162	7.39	222
Jul	5.47	170	7.57	235
Aug	4.66	145	6.41	199
Sep	3.61	108	4.84	145
Oct	2.38	73.9	3.16	97.8
Nov	1.43	42.8	1.89	56.6
Dec	1.12	34.8	1.50	46.5
Year	3.32	101	4.44	135
Total for year		1210		1620

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF
PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

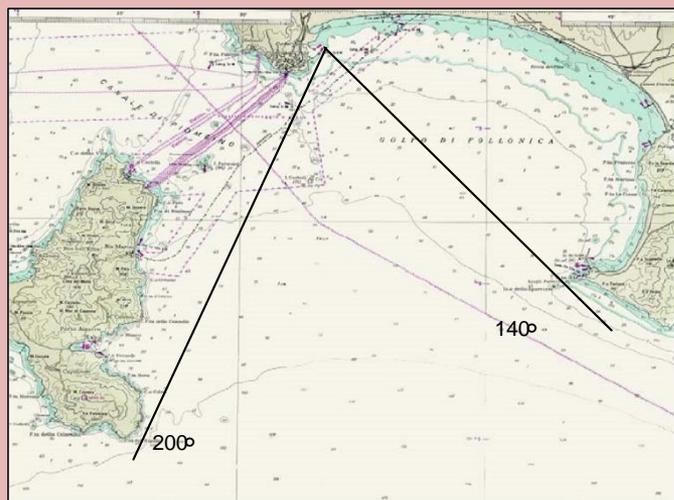
VALORI MEDI STAGIONALI

Stagione di riscaldamento: 54,76 Kwh/mese/KWp - 6,85 KWh/m/m²
 Stagione di raffrescamento: 148,2 KWh/mese/KWp - 18,52 KWh/m/m²



DISPONIBILITA' DI ENERGIA A Km ZERO SUL SITO (Piombino)

DISPONIBILITA' ENERGETICA NEL MOTO ONDOSO



Settore [°]	Numero di registrazioni	Hs > 4m	3m ≤ Hs ≤ 4m	2m ≤ Hs ≤ 3m	1m ≤ Hs ≤ 2m	Hs ≤ 1m
130-140	1843	0.02	0.00	0.11	0.47	1.59
140-150	3146	0.00	0.04	0.23	1.08	2.45
150-160	5348	0.04	0.14	0.48	2.19	3.78
160-170	9119	0.02	0.17	0.58	3.10	7.15
170-180	8442	0.01	0.05	0.30	1.99	7.50
180-190	5406	0.01	0.05	0.23	1.44	4.65
190-200	4907	0.01	0.03	0.20	1.04	4.45
200-210	3800	0.00	0.03	0.17	0.85	3.39

Sito: 42°30'N -10°30'E – settore 140°-200°

Frequenza di Ondosità con $H_{m0} > 1$ m : 16% = 1400 h/anno

Altezza media dell'onda: $H_{m0} = 1,0$ m

Periodo medio: $T_c = 5$ s

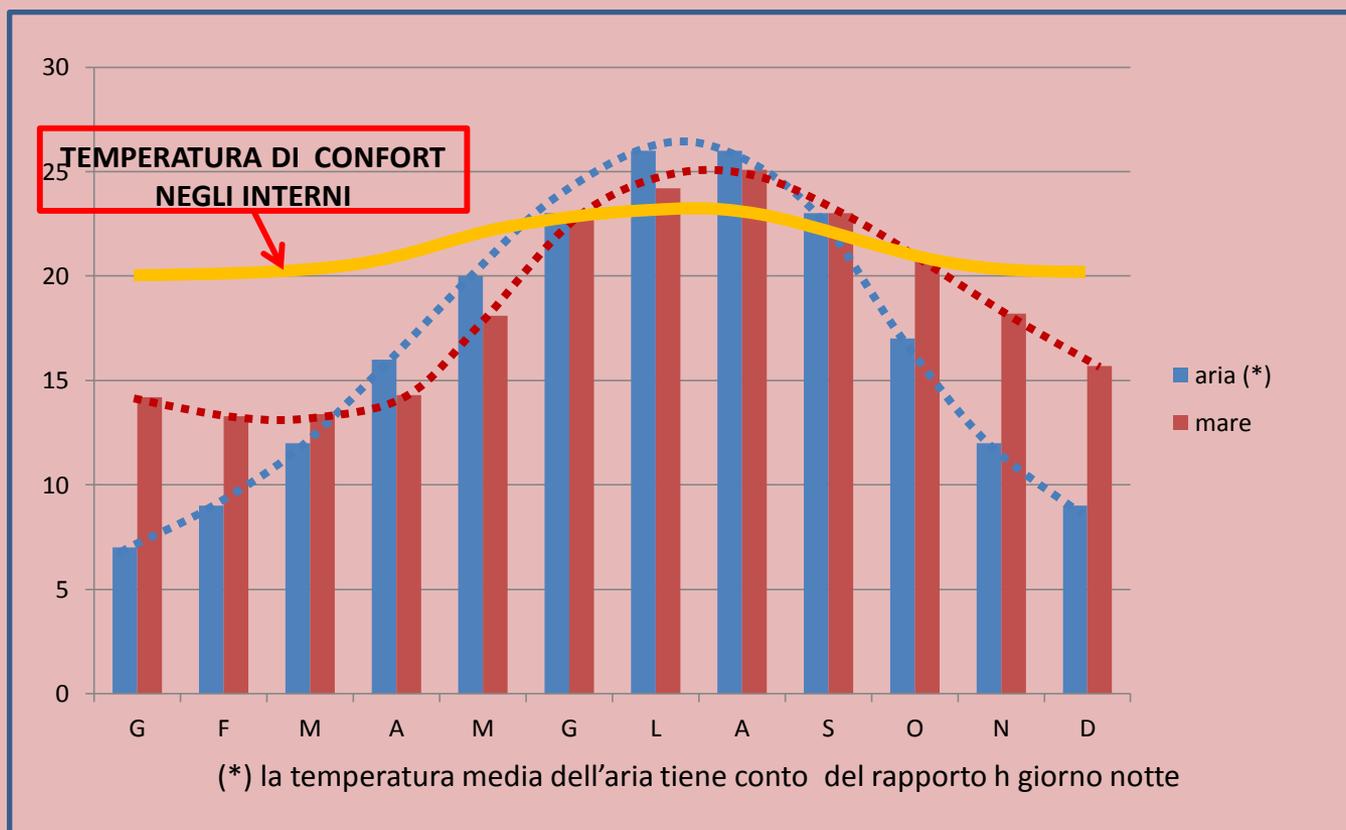
Disponibilità energetica: 3.500 KWh/m/anno

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_{m0}^2 T_e \approx \left(0.5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}} \right) H_{m0}^2 T_e,$$



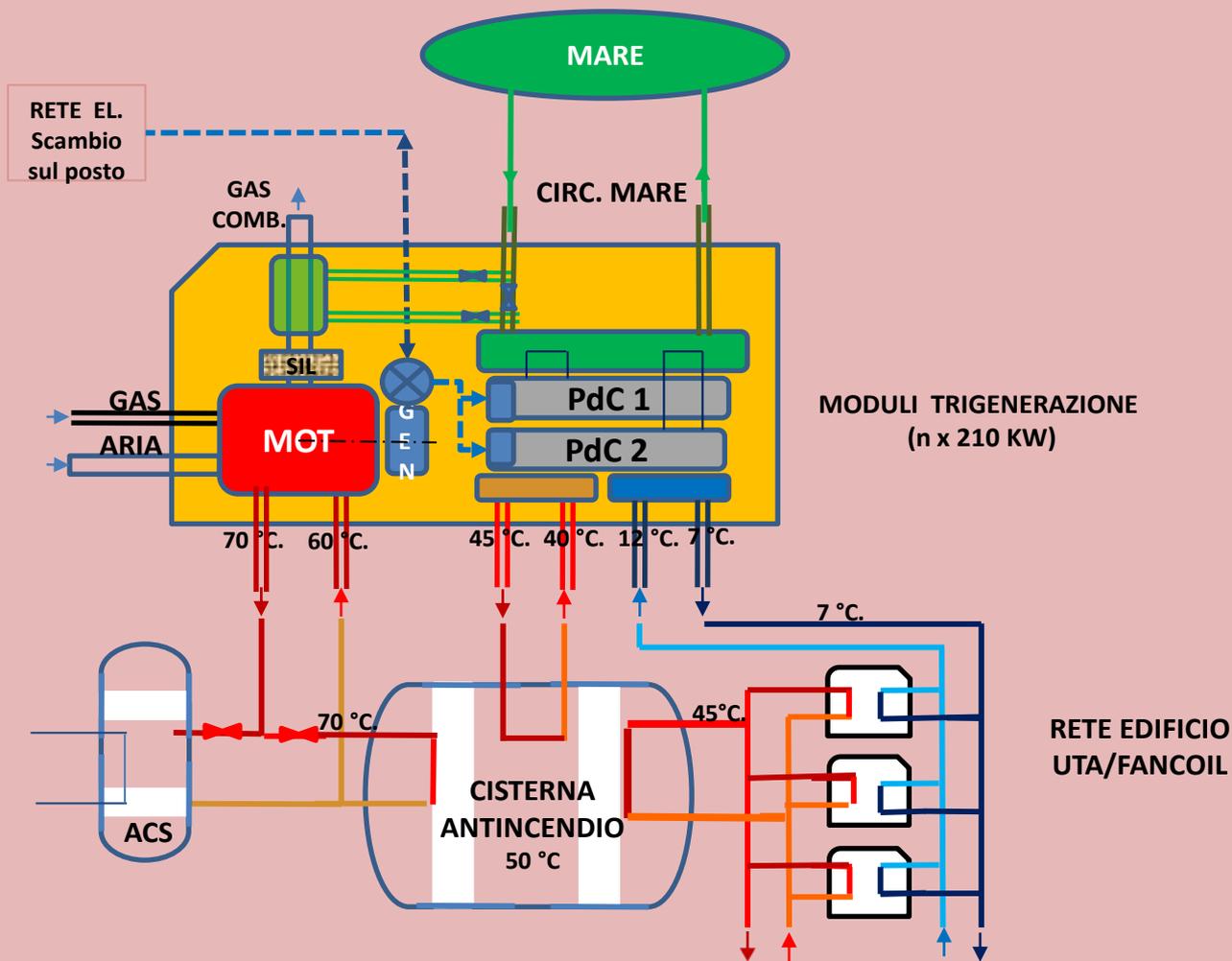
DISPONIBILITA' DI ENERGIA A Km ZERO SUL SITO (Piombino)

IDROTERMIA MARINA ED AEROTERMIA DEL SITO





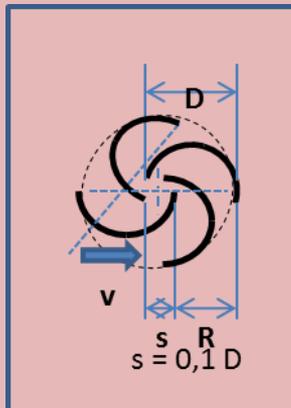
Sistema EKO SCHEMA GENERALE DI IMPIANTO CON ACCUMULO PER SINGOLO EDIFICIO



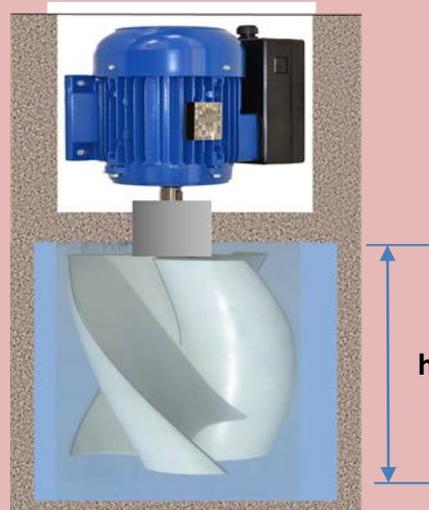


GENERATORE SAVONIUS PER SISTEMA OWC Rendimento e potenza erogabile (equazioni di base)

PARAMETRI
OPERATIVI DELLA
TURBINA



GENERATORE OWC /SAVONIUS



$$A = 2 R h$$

$$P = 0,5 C_R \rho A v^3 n$$

$$C_R = 0,25$$

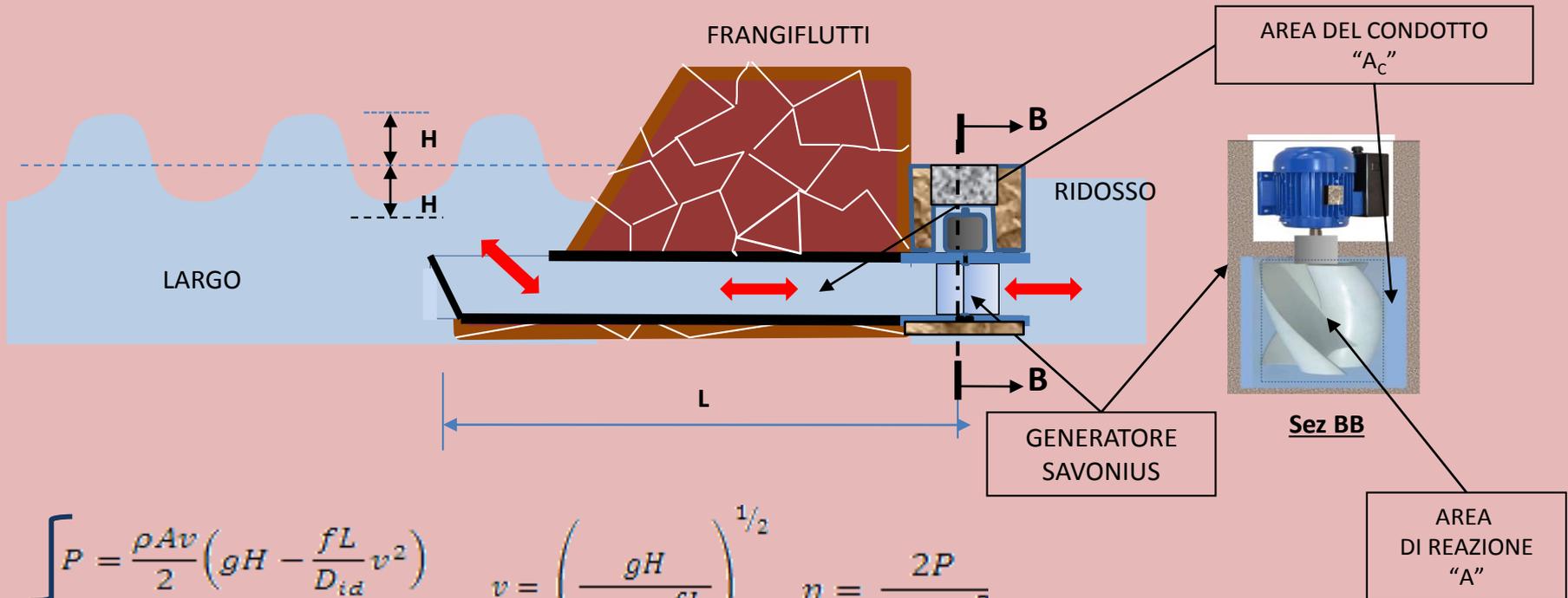
$$n = \text{numero di pale (4)}$$

$$v = \text{vel. media m/s}$$

$$\eta = 2P / (\rho A v^3) = 0,5 C_R n \quad (0,5)$$



EKO: SISTEMA OWC CON GENERATORE IDRAULICO SAVONIUS



$$\left\{ \begin{array}{l} P = \frac{\rho A v}{2} \left(gH - \frac{fL}{D_{id}} v^2 \right) \\ P = 0,5 C_R A v^3 n \rho \end{array} \right. \quad v = \left(\frac{gH}{C_R n + \frac{fL}{D_{id}}} \right)^{1/2} \quad \eta = \frac{2P}{\rho A_C v^3}$$

PRESTAZIONI MEDIE DI PROGETTO

H = 0,75 m	v = 2,6 m/s
f = 0,02	P = 9660 watt
L = 10 m	η = 0,41
D _{id} = 1 m	
C _R = 0,15	
n = 6 A = 1 m ² A _C = 1,1 m ²	



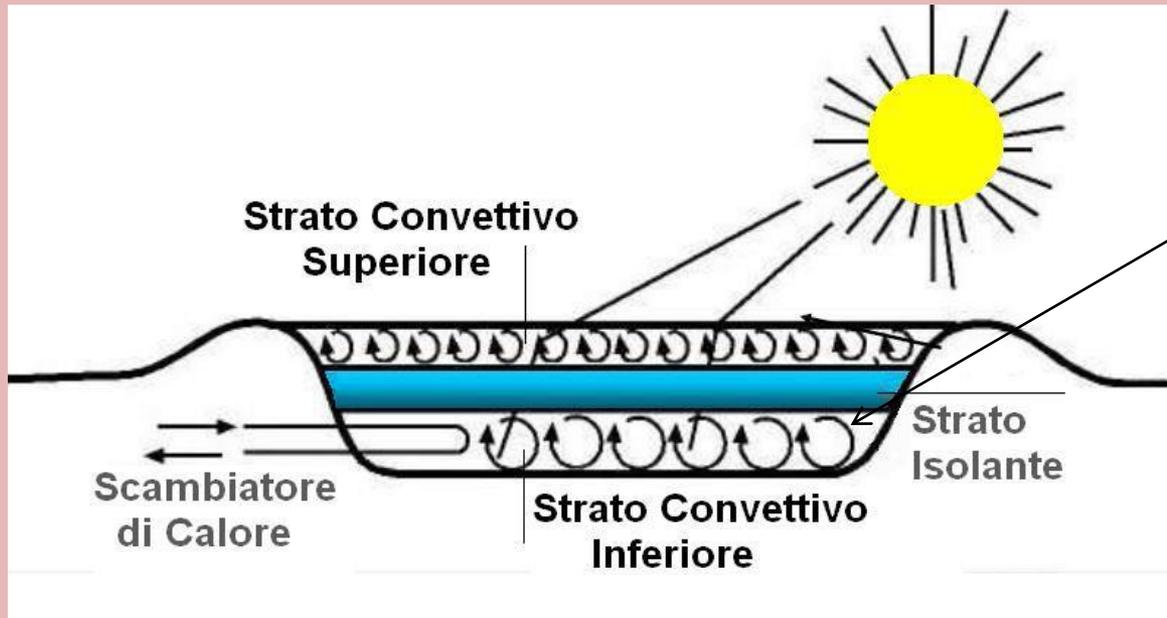
Sistema EKO – OWC GENERAZIONE DA MOTO ONDOSO LOCALIZZAZIONE DELL' IMPIANTO DI GENERAZIONE

PANO REGOLATORE





Lo stagno solare (solar pond): principio di funzionamento



INERZIA TERMICA
Fino a 15 gg senza irragg.

TEMPERATURA STRATO INFERIORE
50 °C (inv) – 90 °C (est)

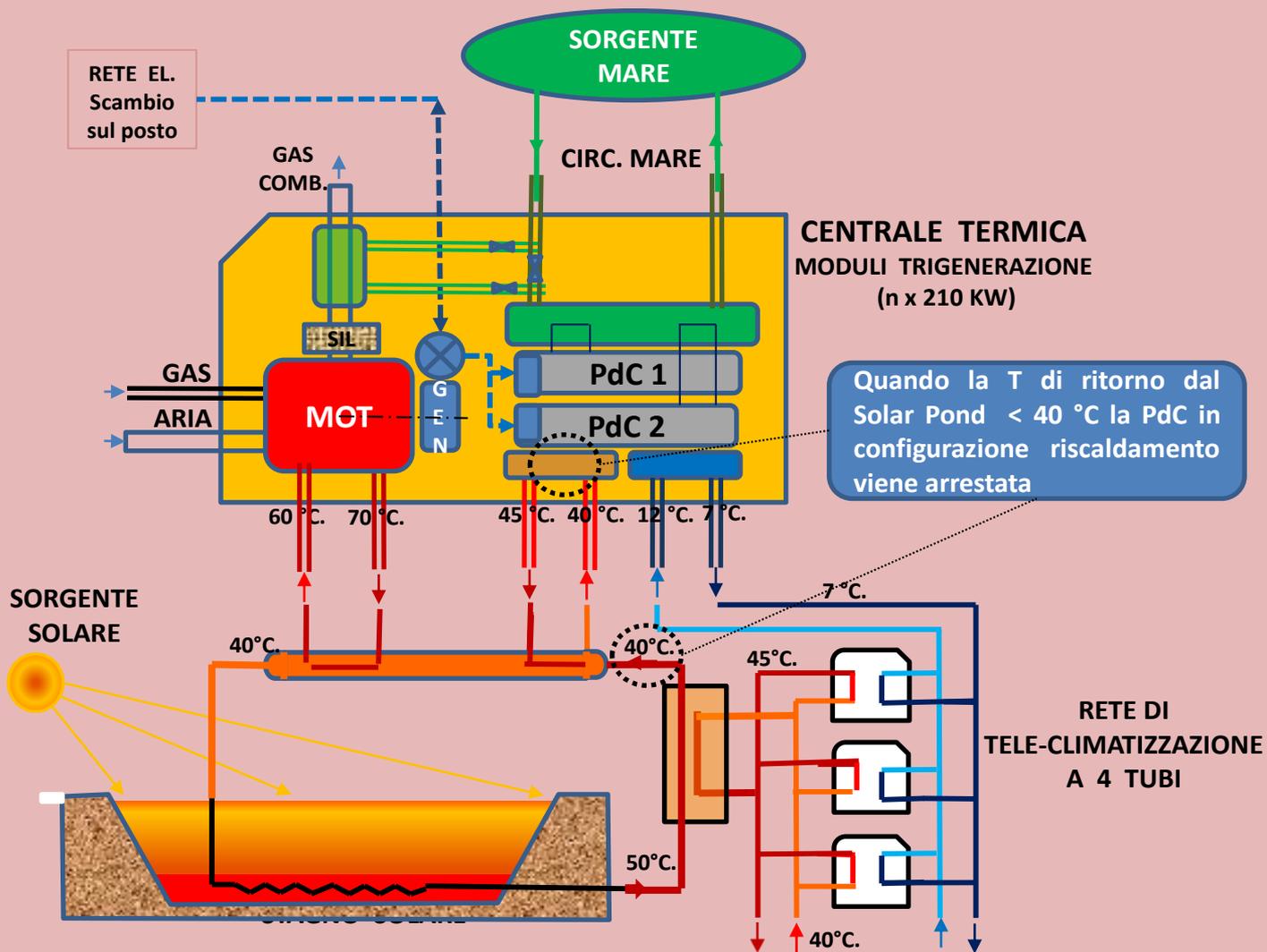
DISPONIBILITA' POTENZIALE SUL SITO (Piombino)

Periodo di produzione →	Inverno	Estate	anno
Produzione totale termica (KWh/a/m ² di stagno)	221	1137	1358
Riscaldamento (m ³ di edificio/m ² di stagno/a)	7,4	-	
Raffrescamento (m ³ di edificio/m ² di stagno/a)		10,8 (*)	

(*) solo in caso di adozione di assorbitori



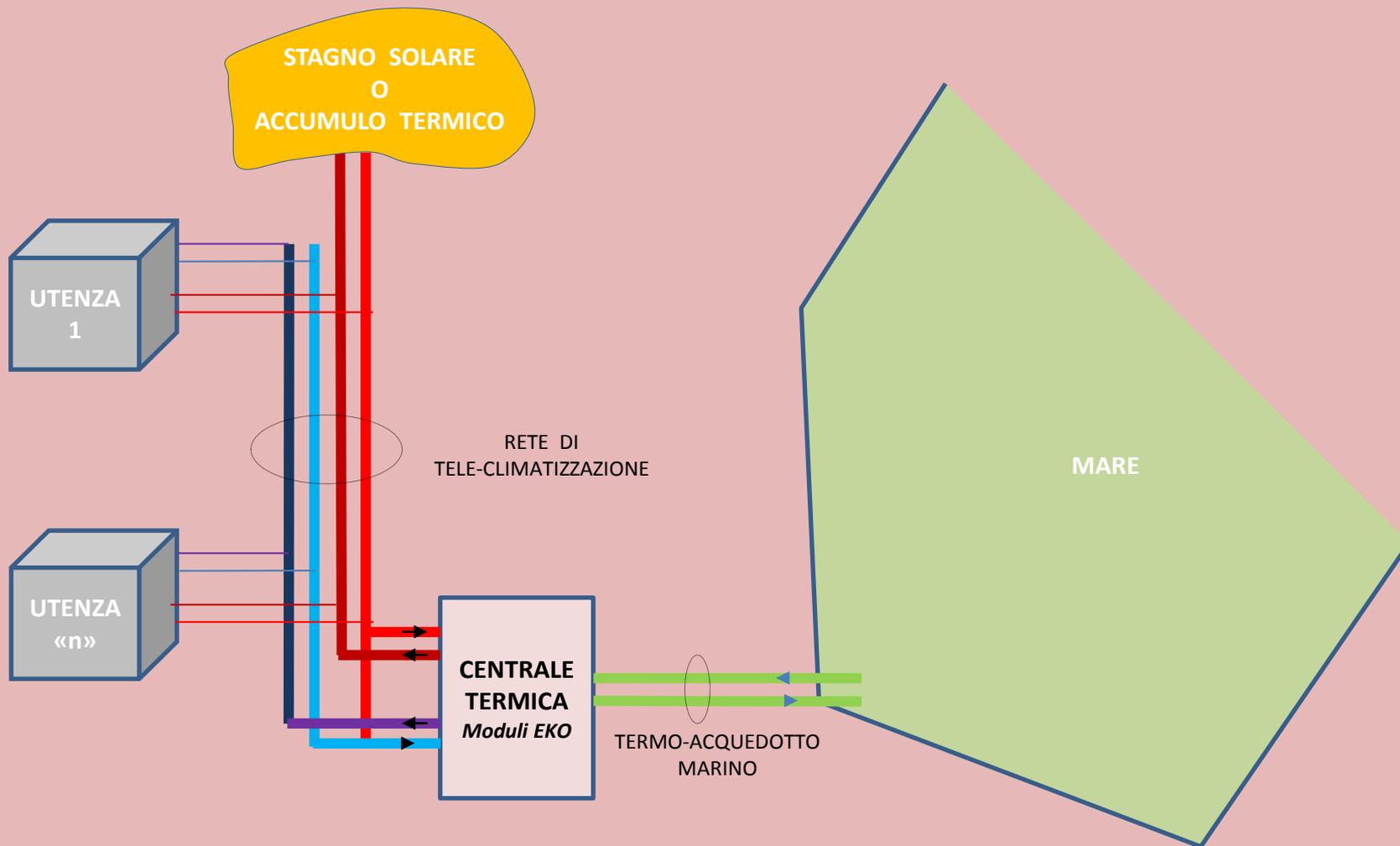
Sistema EKO SCHEMA GENERALE DI IMPIANTO CON ACCUMULO A STAGNO SOLARE E RETE DI TELECLIMATIZZAZIONE





TELECLIMATIZZAZIONE CENTRALIZZATA AD IDROTERMIA MARINA CON ACCUMULO TERMICO

Schema concettuale





COSTI INDICATIVI DELL'ENERGIA PRODOTTA DALLE VARIE TECNOLOGIE (alle condizioni di Piombino a valore monetario costante)

	unità	costo Durante ammort.	costo dopo Ammort. (*)	Prezzo Attuale (mercato) (**)
Solare FV	€/KWh _{el}	0,200	0,005	0,21
OWC moto ondoso	€/KWh _{el}	0,150	0,010	0,21
Stagno solare	€/KWh _{ter}	0,030	0,005	0,089
Solare termico	€/KWh _{ter}	0,055	0,005	0,089
Trigenerazione EKO (prod. Caldo)	€/KWh _{ter}	0,061	0,035	0,089
Trigenerazione EKO (prod. Freddo)	€/KWh _{ter}	0,061	0,035	0,089
Combustione da metano	€/KWh _{ter}	0,093	0,089	0,089

(*) tempo di ammortamento dell'impianto : 10 anni

(**) Non tiene conto dei contributi e incentivi governativi



COME SVILUPPARE UNO STUDIO DI FATTIBILITA' PER UN'IPOTESI DI TELERISCALDAMENTO/TELERAFFRESCAMENTO

TECNOLOGIE DI BASE PER LA TELECLIMATIZZAZIONE CON SORGENTI RINNOVABILI

SCELTE TECNOLOGICHE BASATE SULL'IMPIEGO COMPLESSIVO DI ENERGIA PRIMARIA

***ESEMPI DI STUDI DI FATTIBILITA' DI TELECLIMATIZZAZIONE DI QUARTIERE
(TELERISCALDAMENTO E TELERAFFRESCAMENTO)***

CONCLUSIONI



Lo studio di fattibilità di un sistema di teleclimatizzazione di quartiere ha come obiettivo la definizione ottimizzata (energeticamente ed economicamente) del sistema da adottare che sono funzione delle condizioni generali del sito e dell'utenza da servire.

Le fasi da intraprendere sono le seguenti:

- *Individuazione della disponibilità di sorgenti energetiche a Km zero sul sito*
- *Scelta delle opzioni di sistema sulla base del minimo impiego di risorse energetiche sia nella gestione che nella realizzazione dell'impianto (energia incorporata)*
- *Dimensionamento preliminare e previsione dei costi di realizzazione e di operazione*



RINGRAZIA PER L'ATTENZIONE