UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA IN

GESTIONE DELLE RISORSE ENERGETICHE

ANALISI ENERGETICA, ECONOMICA ED AMBIENTALE PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE DI ACERRA E NAPOLI NORD

RELATORI:

CH.MO PROF. ING. FRANCESCO CALISE
CH.MO PROF. ING. FRANCESCO PIROZZI
CH.MA PROF. ING. LAURA VANOLI
CH.MO PROF. ING. NICOLA MASSAROTTI

CORRELATORI:

ING. SIMONA DI FRAIA
ING. RAFAL DAMIAN FIGAJ
ING. VINCENZO LUONGO

CANDIDATO

ANNALISA REALE M67/305
SIMONA RUSSO M67/307

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

INDICE

- Obiettivo della tesi
- Quadro normativo nazionale sull'efficientamento energetico degli impianti di depurazione
- Casi studio
  - Inquadramento degli impianti di depurazione di Acerra e Napoli Nord
  - Audit energetico degli impianti esaminati
- Interventi proposti
  - Analisi sperimentale
  - Analisi simulativa
- Conclusioni

OBIETTIVO DELLA TESI

Diagnosi energetica degli impianti di depurazione di Acerra e Napoli Nord

Valutare i consumi energetici

Proporre soluzioni alternative per contenere i consumi

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE SULL'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Normativa Europea	Normativa Italiana	
Direttiva quadro sulle acque 91/271/CEE	D.lgs 152/2006	Aumento dei consumi energetici
Direttiva sui rifiuti 2008/98/CEE	D.lgs 205/2010	Valorizzazione del fango come vettore energetico
Direttiva sull'efficienza energetica 2012/27/UE	D.lgs 102/2014	Audit energetico per le imprese con consumo > 2.4 GWh/anno

CASI STUDIO

Inquadramento degli impianti di depurazione di Acerra e Napoli Nord: descrizione

Gli impianti:

- appartengono al progetto speciale PS3 per il risanamento del Golfo di Napoli
- sono caratterizzati da un classico schema a fanghi attivi
- sversano nel recapito finale Foce Regi Lagni

ACERRA

NAPOLI NORD

CASI STUDIO

Inquadramento degli impianti di depurazione di Acerra e Napoli Nord: parametri di interesse

Acerra	Abitanti equivalenti 828.000
	Portata media in tempo asciutto 6.570 m^3/h
	Portata massima in tempo di pioggia 19.180 m^3/h
	Consumo energia elettrica (anno 2016) 8.9 GWh/anno
Napoli Nord	Abitanti equivalenti 838.000
	Portata media in tempo asciutto 7.574 m^3/h
	Portata massima in tempo di pioggia 34.222 m^3/h
	Consumo energia elettrica (anno 2016) 8.7 GWh/anno

CASI STUDIO

Audit energetico degli impianti esaminati

Raccolta dati:

Potenze elettriche installate

Ore di funzionamento

Rielaborazione dati:

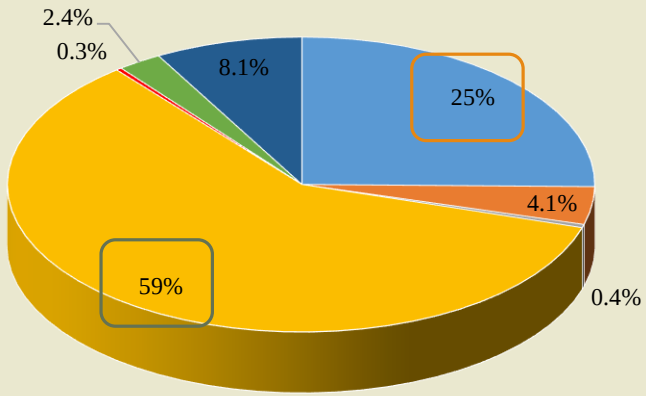
Consumi elettrici impianto

Consumi elettrici relativi ad ogni trattamento

CASI STUDIO

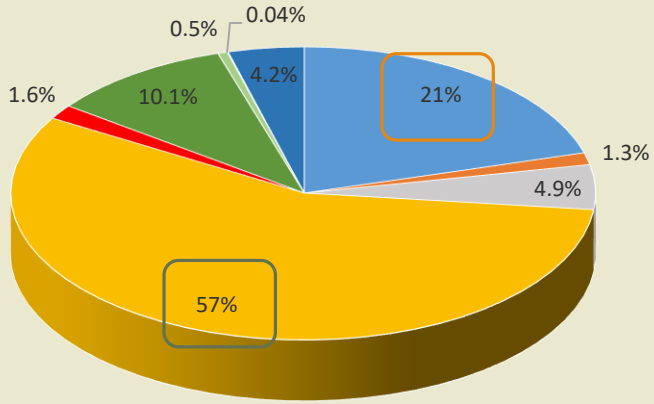
Audit energetico degli impianti esaminati

ACERRA



- sollevamento
- dissabbiatura e disoleaggio
- sedimentazione primaria
- areazione e ricircolo
- sedimentazione secondaria
- disidratazione
- servizi

NAPOLI NORD

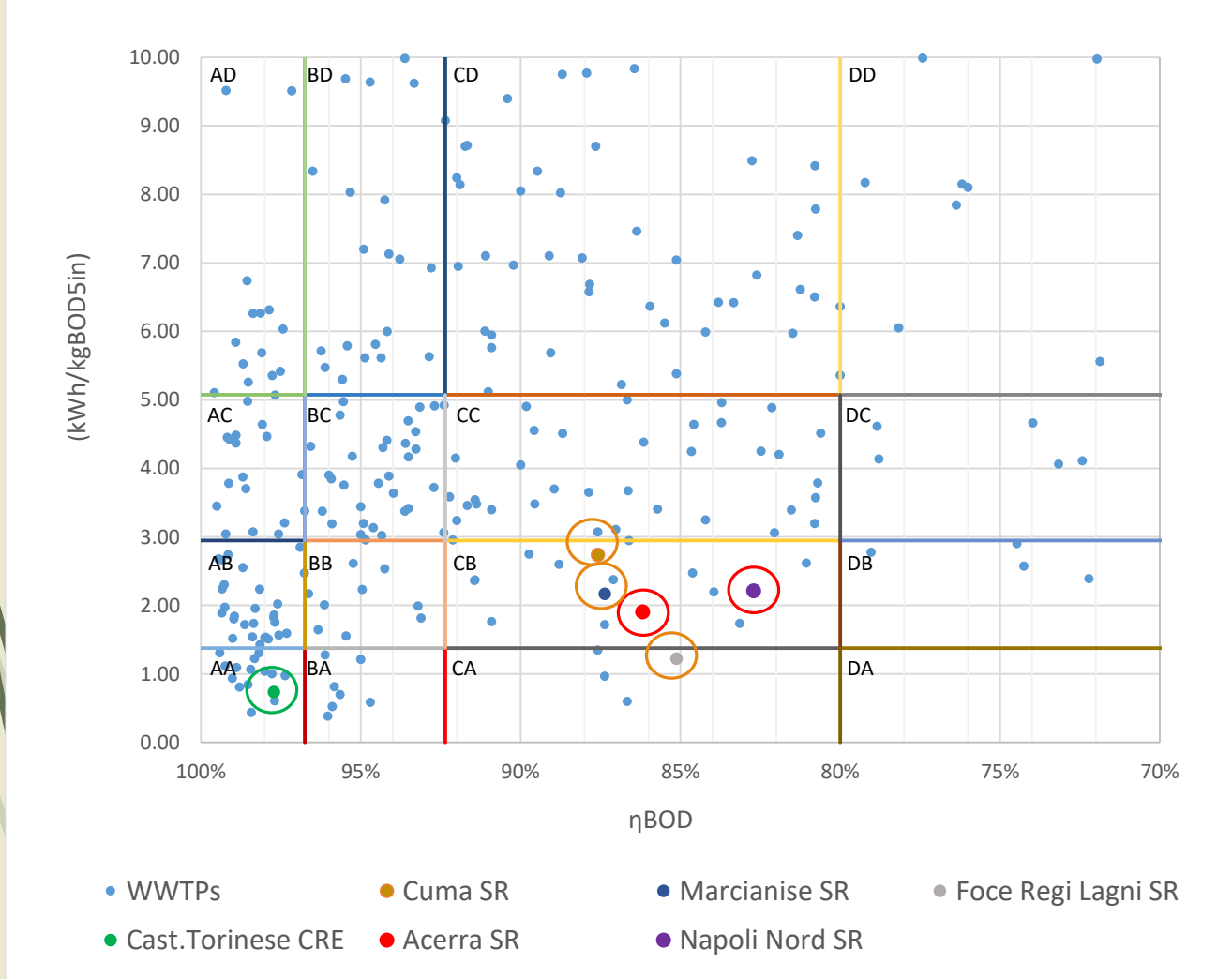


- sollevamento
- dissabbiatura e disoleaggio
- sedimentazione primaria
- areazione e ricircolo
- sedimentazione secondaria
- disidratazione
- pretrattamenti
- disinfezione
- servizi

CASI STUDIO

Audit energetico degli impianti esaminati: Indici di performance energetica

$$IRE_{BOD} = \frac{Consumo\ energetico_d}{\text{Portata massica } BOD_{5\,d}\ in\ ingresso\ all'impianto} \cdot \eta_{BOD}$$



16 etichette energetiche per classificare gli impianti di depurazione:

- la prima lettera è relativa all'efficienza di rimozione (da A a D)
- la seconda lettera è relativa consumo energetico giornaliero e la portata massica di BOD_5 in ingresso (da A a D)

INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

Caratterizzazione dei substrati

BMP (Biochemical Methane Potential): quantità massima di CH_4 ottenibile per degradazione anaerobica di qualunque sostanza organica.

PARAMETRI	UNITA' DI MISURA	ACERRA	NAPOLI NORD	INOCULO
SOLIDI TOTALI	[gST/lfango]	15.7	13.5	50.7
SOLIDI VOLATILI	[gST/lfango]	11.6	10.9	31.0
$\frac{SOLIDI_{VOLATILI}}{SOLIDI_{TOTALI}}$	%	73.7	81.2	61.2

INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

Caratterizzazione dei substrati

Metodologia sperimentale

Condizioni operative:

- Reattori batch
- Regime mesofilo (T 30 ÷ 35 °C)
- Condizioni WET (SS ≤ 10%)

4 prove contenenti solo fango

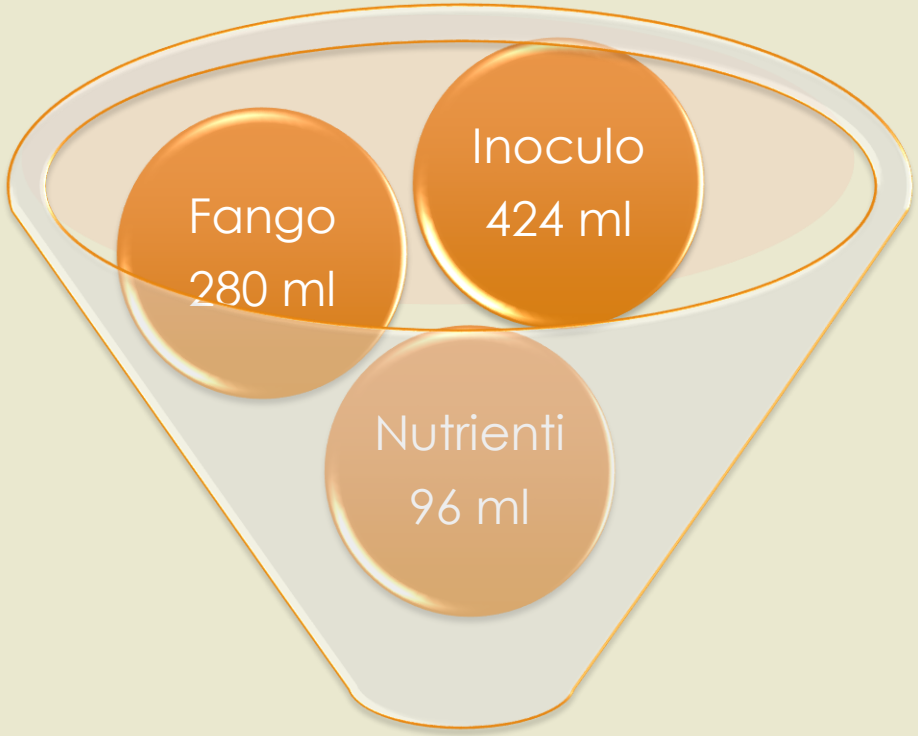
2 prove contenenti Solo inoculo

4 prove contenenti fango più inoculo

INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

- Caratterizzazione dei substrati
- Metodologia sperimentale

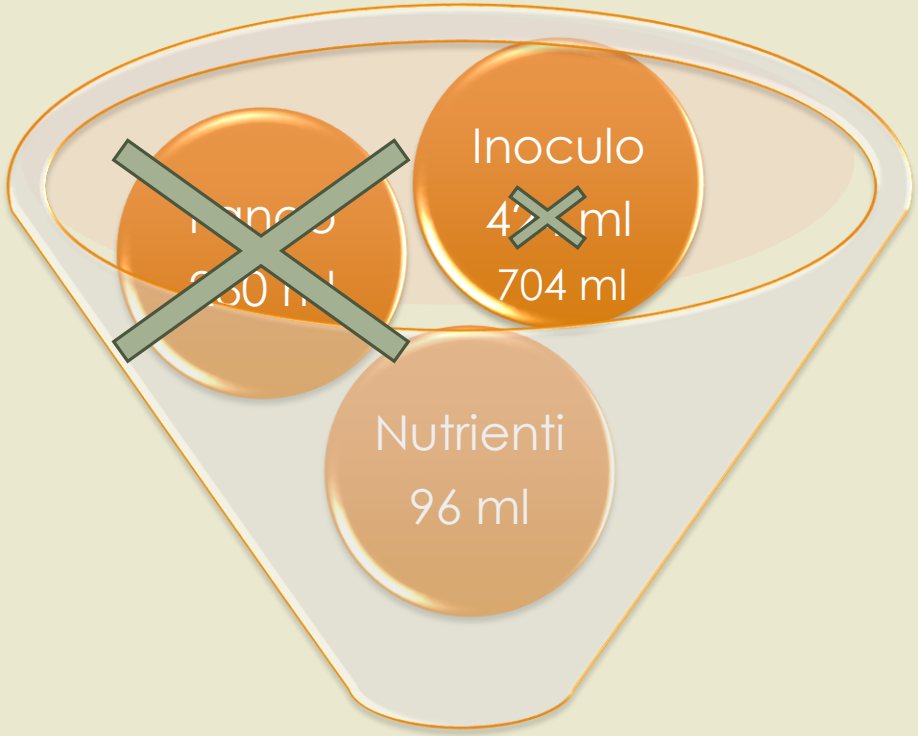


	F/M [*0,25 – 1*]
Acerra	0.37
Napoli Nord	0.35

INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

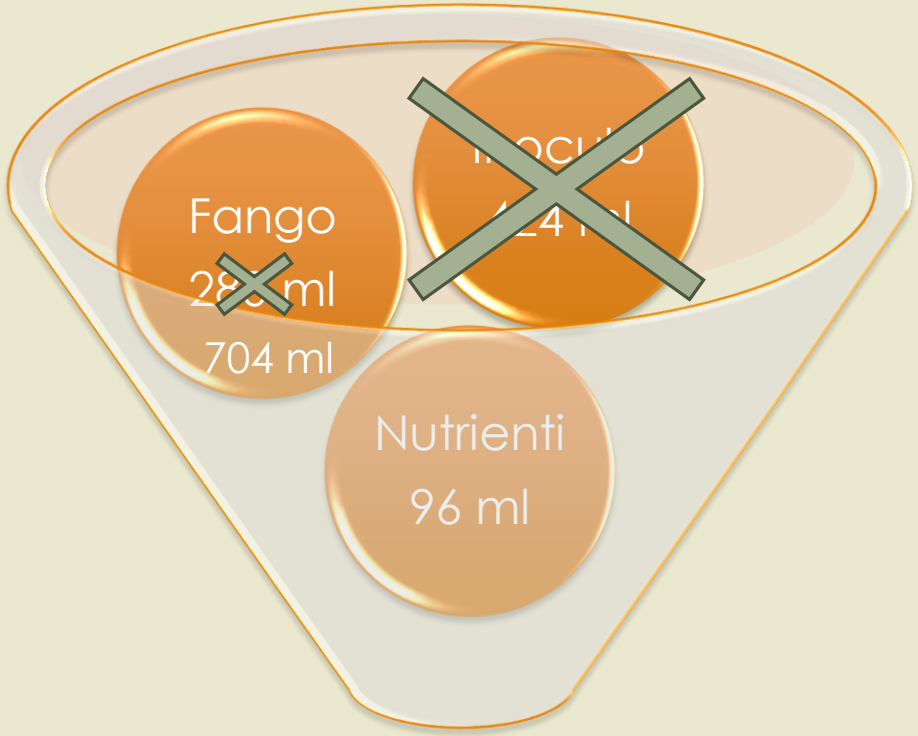
- Caratterizzazione dei substrati
- Metodologia sperimentale



INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

- Caratterizzazione dei substrati
- Metodologia sperimentale



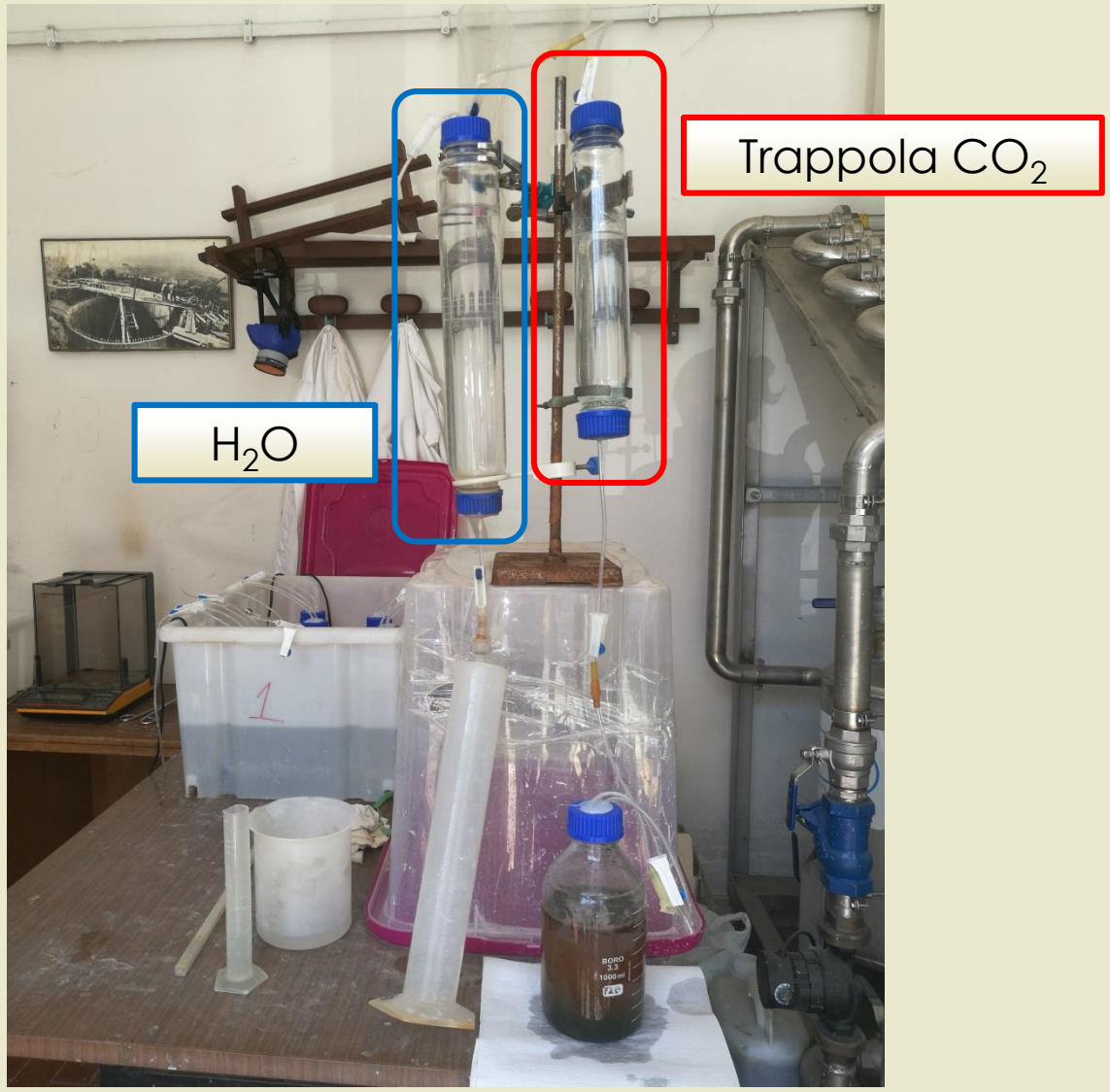
INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

Caratterizzazione dei substrati

Metodologia sperimentale

Metodo volumetrico per la misurazione del biometano



INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

Cumulative Biomethane Production

Caratterizzazione dei substrati

Metodologia sperimentale

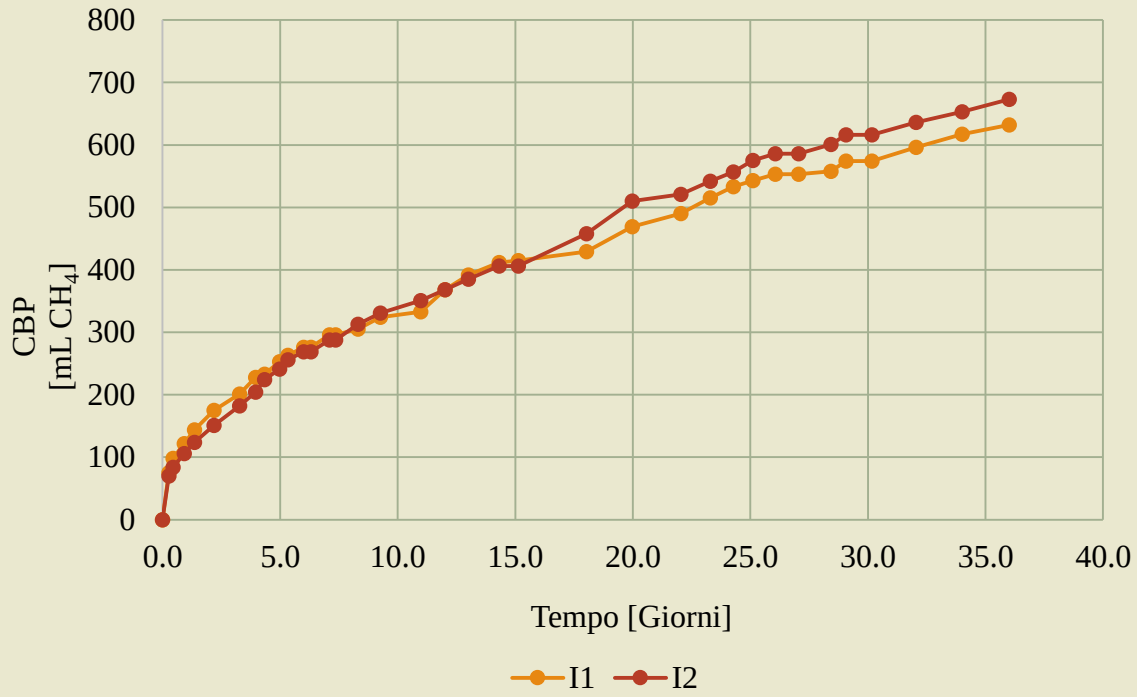
Risultati

Acerra:
- F1A , F1B solo *fango*
- (F+I)1A , (F+I)1B *misti* fango-inoculo

Napoli Nord:
- F2A, F2B solo *fango*
- (F+I)2A, (F+I)2B *misti* fango-inoculo

Inoculo:
- I1, I2 solo *inoculo*

INOCULO



INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

Cumulative Biomethane Production

Caratterizzazione dei substrati

Metodologia sperimentale

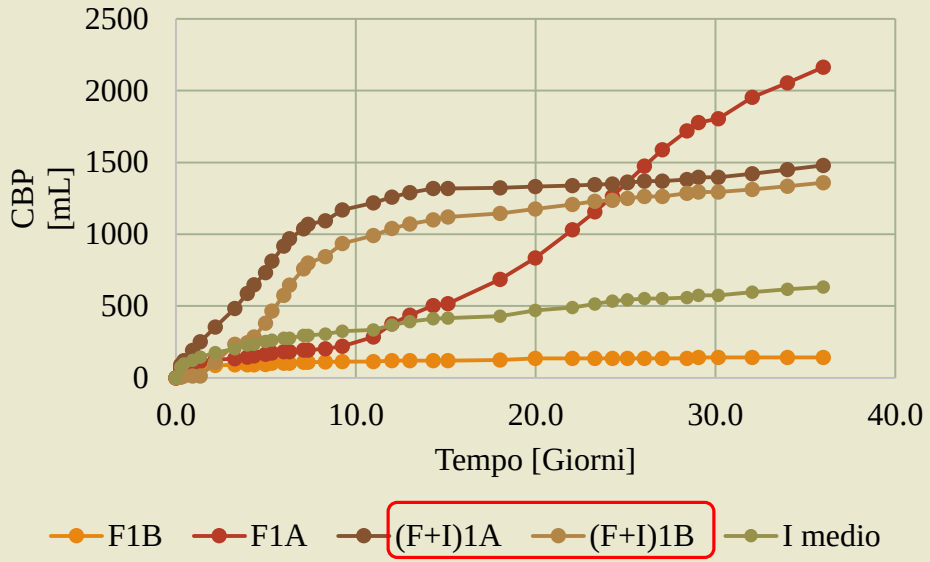
Risultati

Acerra:
- F1A , F1B solo *fango*
- (F+I)1A , (F+I)1B *misti* fango-inoculo

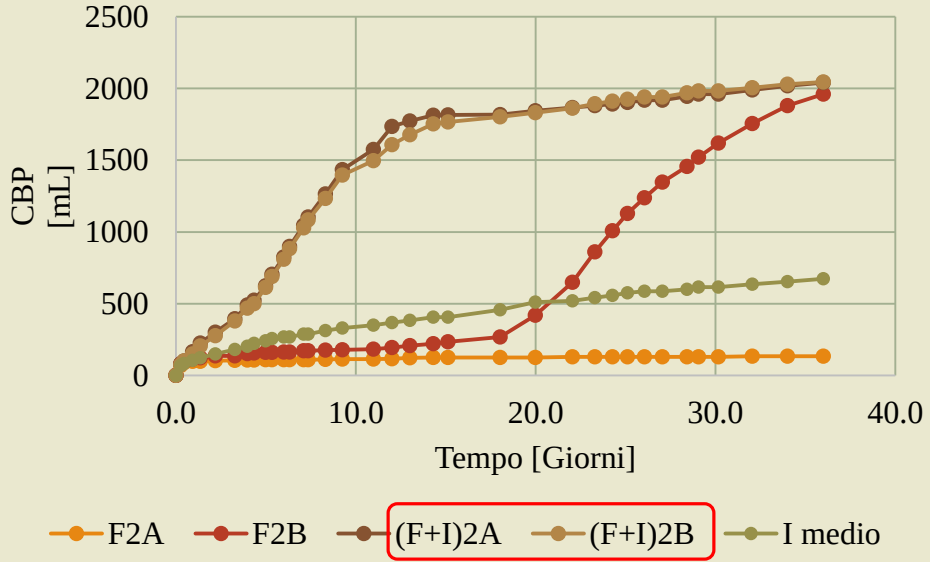
Napoli Nord:
- F2A, F2B solo *fango*
- (F+I)2A, (F+I)2B *misti* fango-inoculo

Inoculo:
- I1, I2 solo *inoculo*

ACERRA



NAPOLI NORD



INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

Cumulative Biomethane Production

INOCULO

CBP ~~704~~ 424 ml

$$CBP_{FANGO} = CBP_{TOT} - CBP_{INOCULO\,(424\,ml)}$$

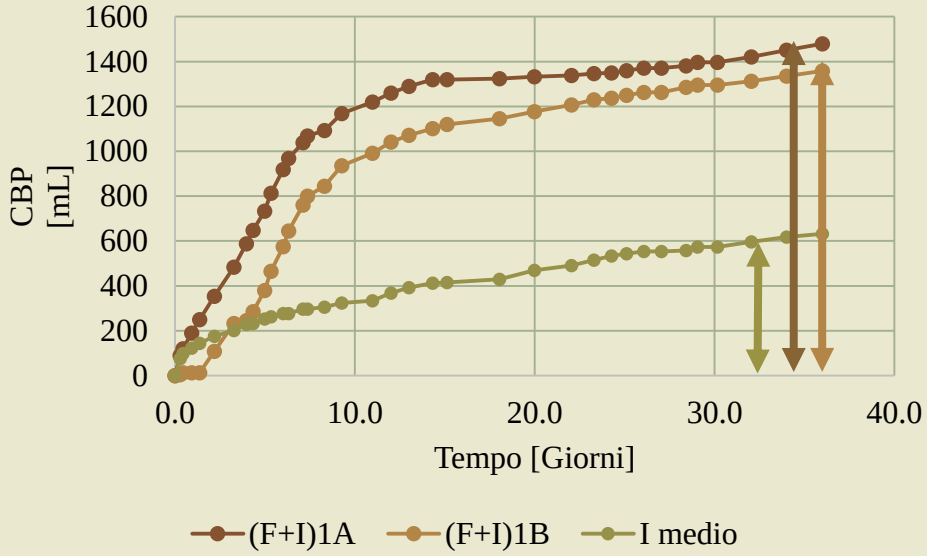
CARICO SV

BMP dipende da:

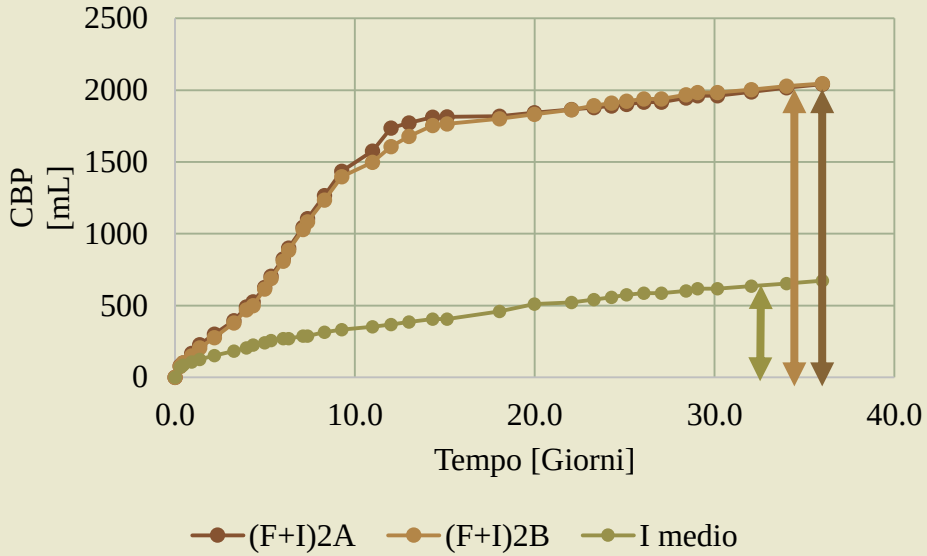
- qualità SV
- quantità SV

$$\frac{CBP_{FANGO}}{SV_{REATTORE}}$$

ACERRA



NAPOLI NORD

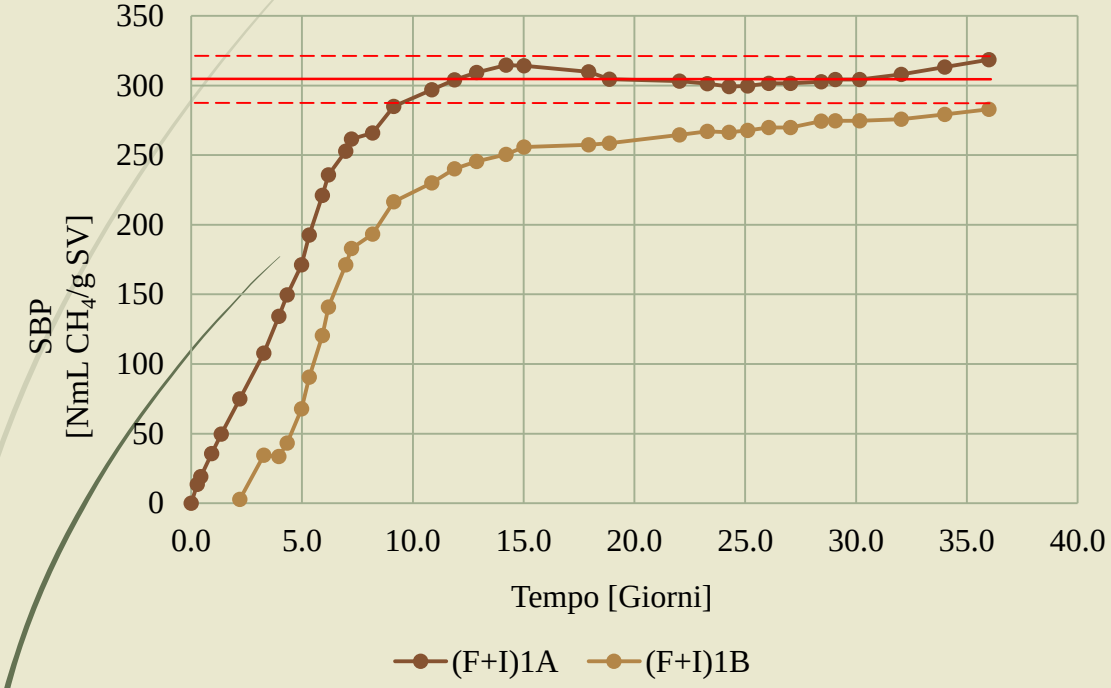


INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

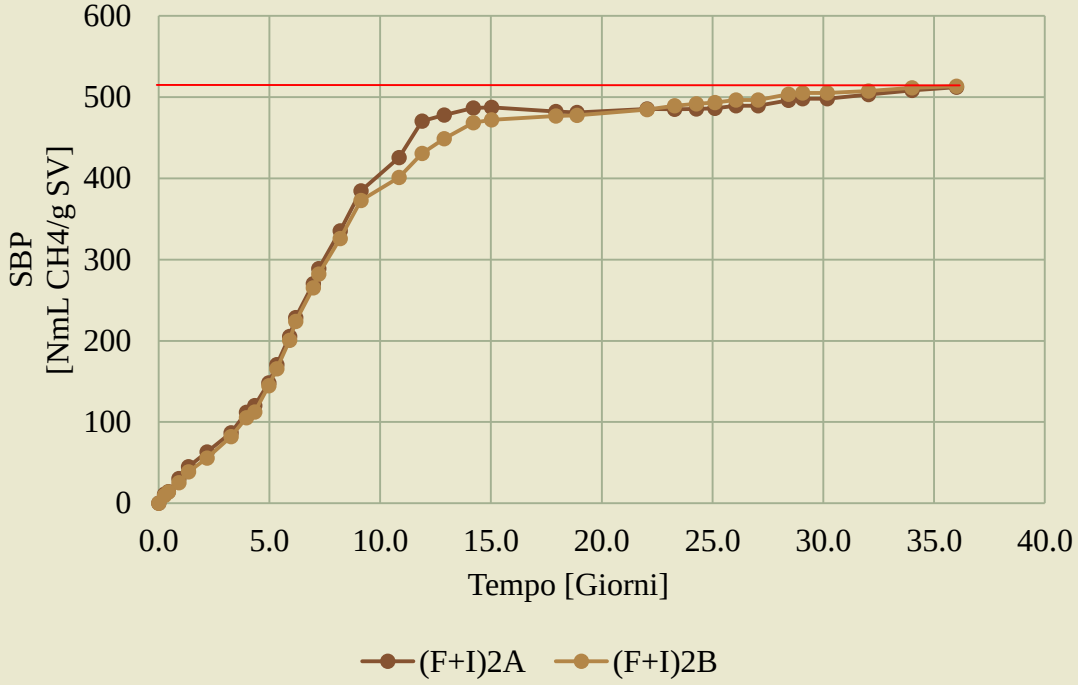
Specific Biomethane Production

ACERRA



307 [Nm^3/tonnSV]

NAPOLI NORD



513 [Nm^3/tonnSV]

INTERVENTI PROPOSTI

Digestione anaerobica: Analisi sperimentali

Specific Biomethane Production

MATERIALI	m^3biogas/tSV
Fanghi di depurazione	250-350
Residui colturali (paglia, colletti barbabietole..)	350-400
Scarti organici agroindustria (siero, scarti vegetali, lieviti, fanghi e reflui di distillerie, birrerie e cantine..)	400-800
Scarti organici macellazione (grassi, contenuto stomacale ed intestinale, sangue)	550-1000
Deiezioni animali (suini, bovini, avi-cunicoli)	200-500
Frazione organica rifiuti urbani	400-600
Colture energetiche (mais, sorgo zuccherino …)	550-750

307 [Nm^3/tonnSV]

513 [Nm^3/tonnSV]

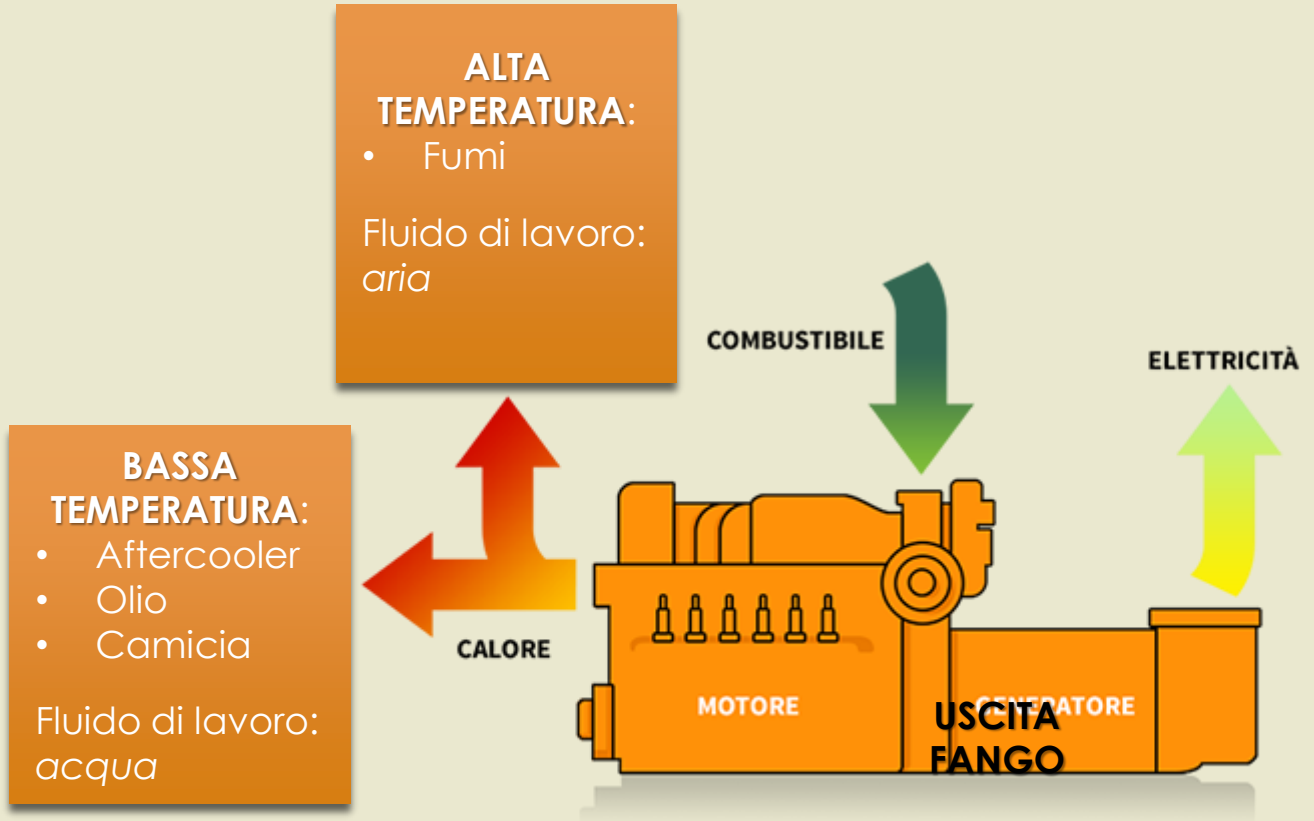
+

300 [Nm^3/tonnSV]

INTERVENTI PROPOSTI

Impianto di cogenerazione e di essiccamento termico dei fanghi

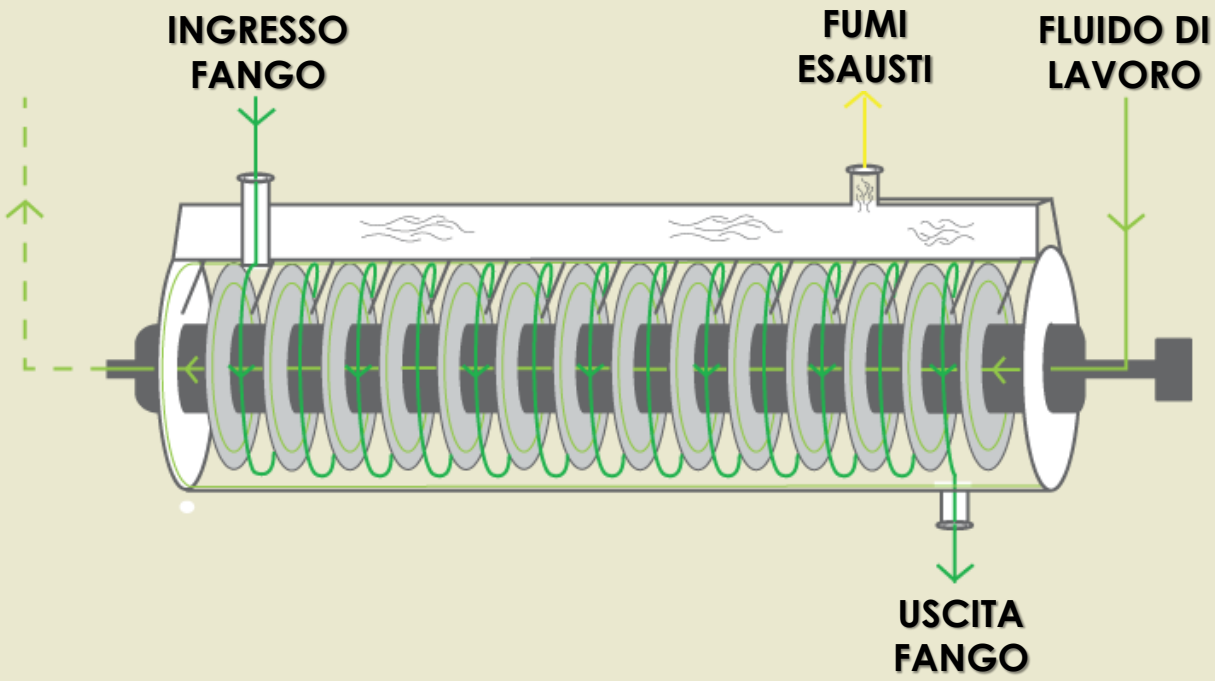
L'impianto di cogenerazione, CHP (Combined Heat and Power), produce simultaneamente potenza elettrica e termica a partire da un'unica fonte energetica .



INTERVENTI PROPOSTI

Impianto di cogenerazione e di essiccamento termico dei fanghi

L'impianto di cogenerazione, CHP (Combined Heat and Power), produce simultaneamente potenza elettrica e termica a partire da un'unica fonte energetica .



INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa

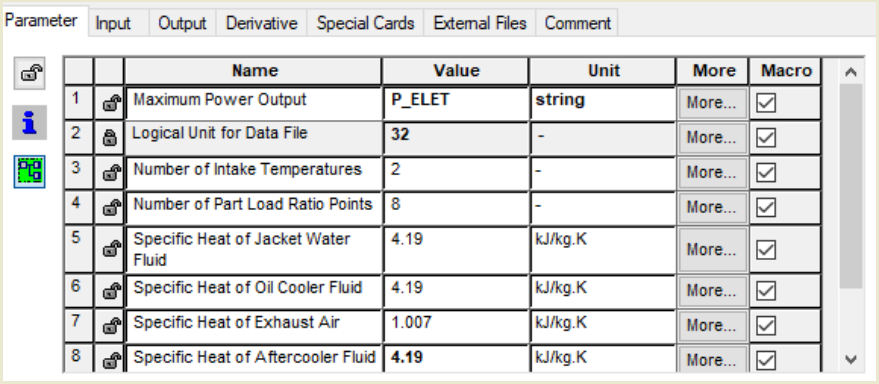
Il sotware utilizzato è TRNSYS (*Transient System Simulation program*).

Avviare una simulazione

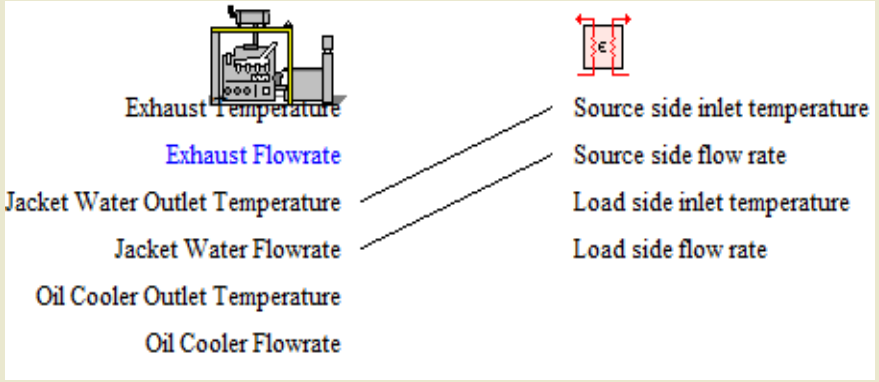
Scegliere i Types rappresentativi dei componenti dell'impianto.

Definire le impostazione di lavoro intese come parametri di ciascun Type e i valori iniziali.

Definire i collegamenti tra gli output e gli input dei Types connessi (fisici e di controllo)



	Name	Value	Unit	More	Macro
1	Maximum Power Output	P_ELET	string	More...	☑
2	Logical Unit for Data File	32	-	More...	☑
3	Number of Intake Temperatures	2	-	More...	☑
4	Number of Part Load Ratio Points	8	-	More...	☑
5	Specific Heat of Jacket Water Fluid	4.19	kJ/kg.K	More...	☑
6	Specific Heat of Oil Cooler Fluid	4.19	kJ/kg.K	More...	☑
7	Specific Heat of Exhaust Air	1.007	kJ/kg.K	More...	☑
8	Specific Heat of Aftercooler Fluid	4.19	kJ/kg.K	More...	☑



INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: esempio modellazione

Type60

Modella il *DIGESTORE* come un serbatoio adibito allo stoccaggio di un fluido soggetto a stratificazione termica

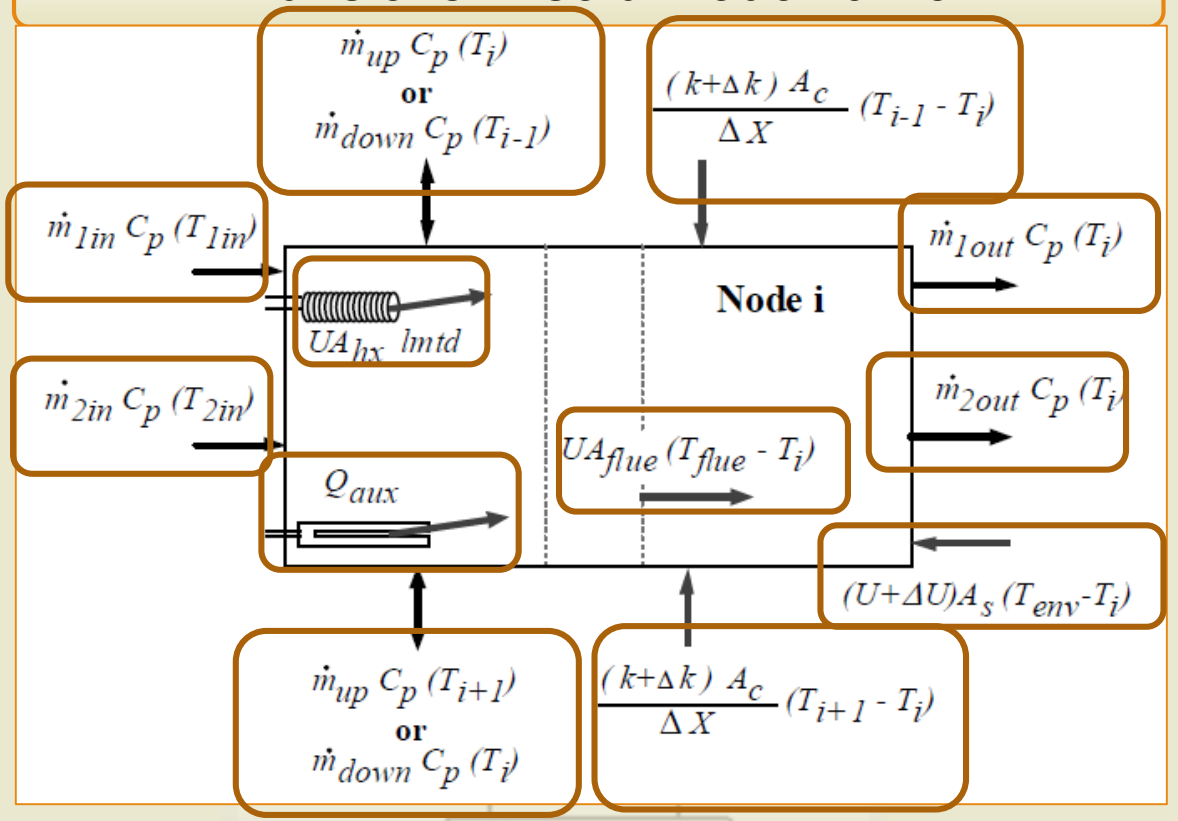
La modellazione prevede la suddivisione del serbatoio in ***N ≤ 100*** volumi uguali, misura del grado della ***stratificazione termica***

Applica il ***bilancio massico ed energetico*** delle potenze termiche e delle portate in gioco:

Potenze termiche interne ausiliarie
Perdite
Potenze termiche stratificazione

Potenze termiche destratificazione
Potenze termiche dei flussi in ingresso ed uscita

Bilancio termico al Nodo i-simo



INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: esempio modellazione

Type60

Modella il *DIGESTORE* come un serbatoio adibito allo stoccaggio di un fluido soggetto a stratificazione termica

I ***Risultati*** del bilancio sono:

- ***portate*** dei flussi in ingresso e uscita
- ***temperature*** in ingresso ed uscita e dell'i-esimo volume
- ***potenza*** termiche dei flussi in ingresso e uscita
- ***perdite***

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa

Scenario 1

- funzionamento del CHP a punto fisso
- CHP dimensionato per soddisfare la richiesta termica dell'essiccatore

Scenario 2

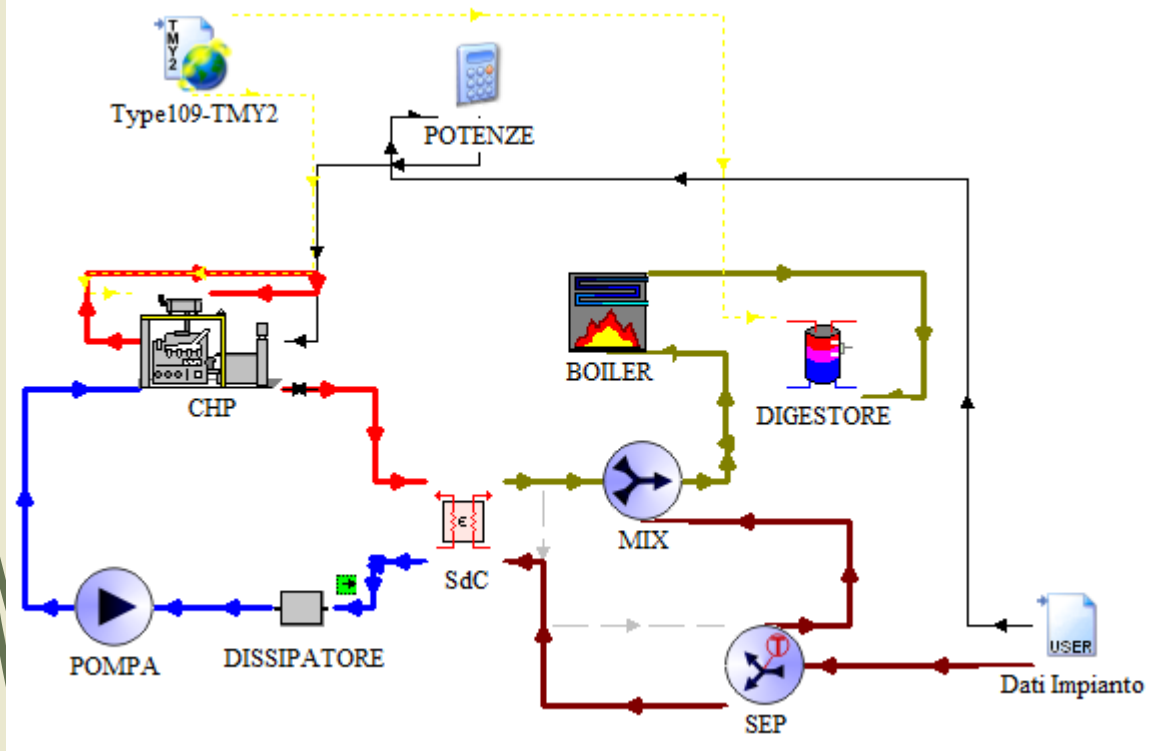
- pilotaggio del CHP in funzione del biogas prodotto, a parità di taglia del motore
- presenza di un gasometro per lo stoccaggio del biogas

→ Analisi energetica economica e ambientale

→ Ottimizzazione della taglia del CHP

INTERVENTI PROPOSTI

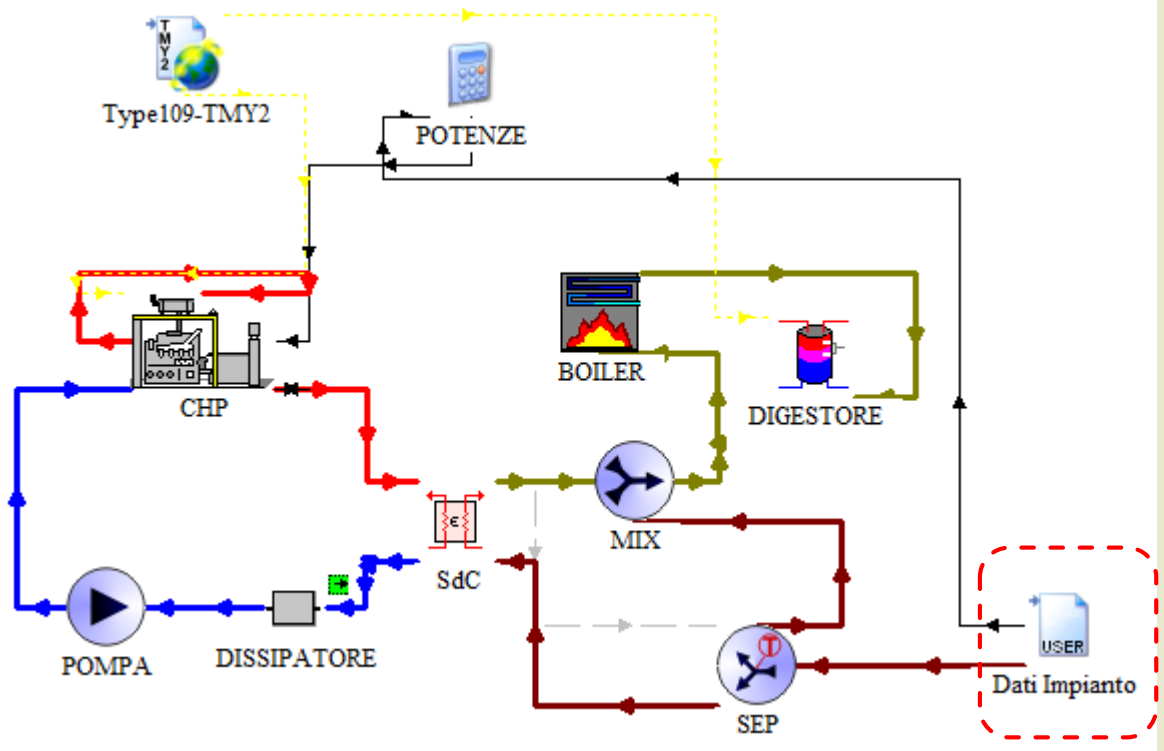
Analisi simulativa: Scenario 1



Parametro	Unità di misura	Acerra	Napoli Nord
Potenza elettrica chp	[kW]	1500	2000
Portata massica acqua	[kg/h]	18.3	24.4
Portata massica aria	[kg/h]	2.2	3.0
$\eta_{elettrico}$	%	41	
$\eta_{termico}$	%	41	
Tset point, boiler digestore	[°C]	36.9	
Tsdc	[°C]	37	
Potenza termica,boiler digestione	[kW]	3000	5000
Potenza termica,boiler essiccamento	[kW]	800	1000
Volume digestione	[m^3]	14500	30000

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 1



POTENZA ELETTRICA

Funzionamento del CHP a ***punto fisso***

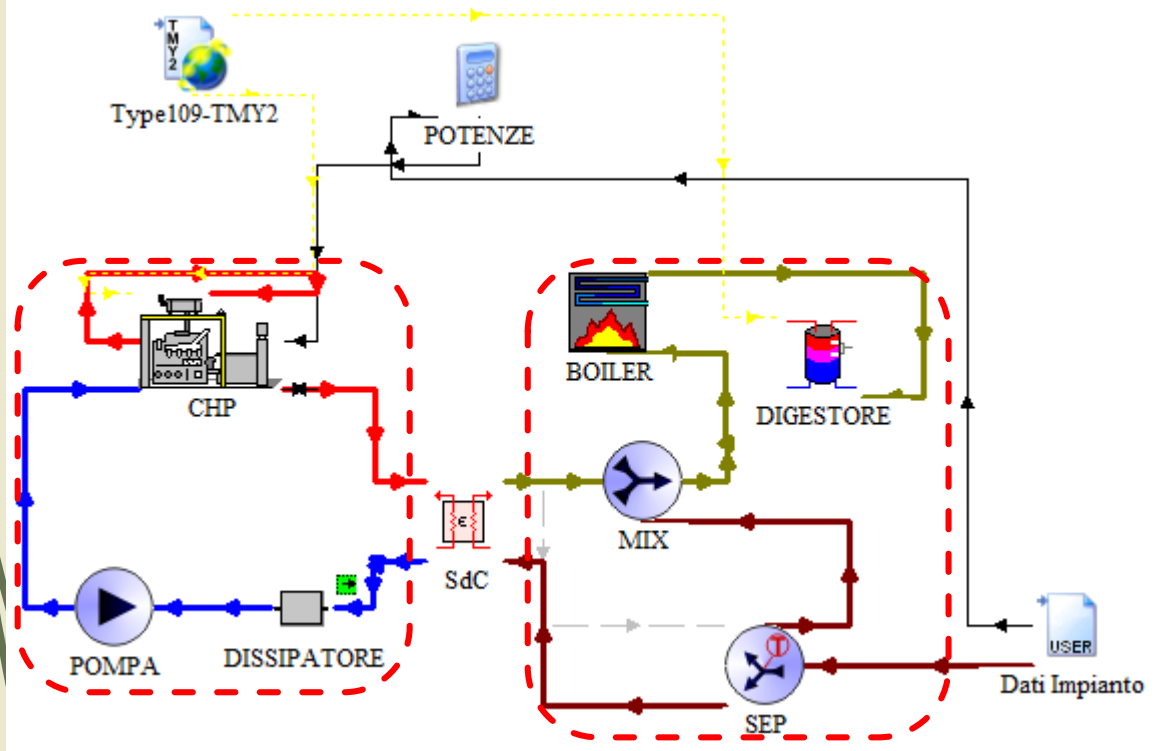
Produzione costante di Energia Elettrica:

- Integrazioni esterne
- Eccessi immessi in rete
- Alimentazione combinata con Gas Naturale

Parametro	Unità di misura	Acerra	Napoli Nord (sperimentale)	Napoli Nord (letteratura)
Energia elettrica richiesta	[GWh/y]	8.9	8.7	
Portata fango ispessito	[m^3/h]	48.9	85.2	
Portata biogas	[Nm^3/h]	293.0	846.0	542.0

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 1



CIRCUITO A BASSA TEMPERATURA

- Fluido di lavoro: acqua
  Controllo sulla temperatura:
  dissipatore per $T \leq 60$ °C

- Fluido da riscaldare: fango ispessito
  Controllo sulla temperatura:
  miscelatore e ***separatore*** per $T \leq 37$°C
  Integrazioni termiche ausiliarie:
  boiler con $T_{set,point}$ 36.9 °C

CIRCUITO AD ALTA TEMPERATURA

- Fluido di lavoro: aria
  Integrazioni termiche ausiliarie:
  boiler $P_{fumi} \leq P_{essiccamento}$

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 1

RISULTATI ANALISI IN DINAMICO

POTENZA ELETTRICA:

- autoconsumata
- integrata
- immessa in rete

POTENZA TERMICA:

- a bassa temperatura
- ad alta temperatura
- dissipazioni

PORTATE:

- gas naturale
- biogas

→ ***ANALISI ENERGETICA*** **su base settimanale**

→ ***ANALISI ENERGETICA, ECONOMICA ED AMBIENTALE*** **su base annua**

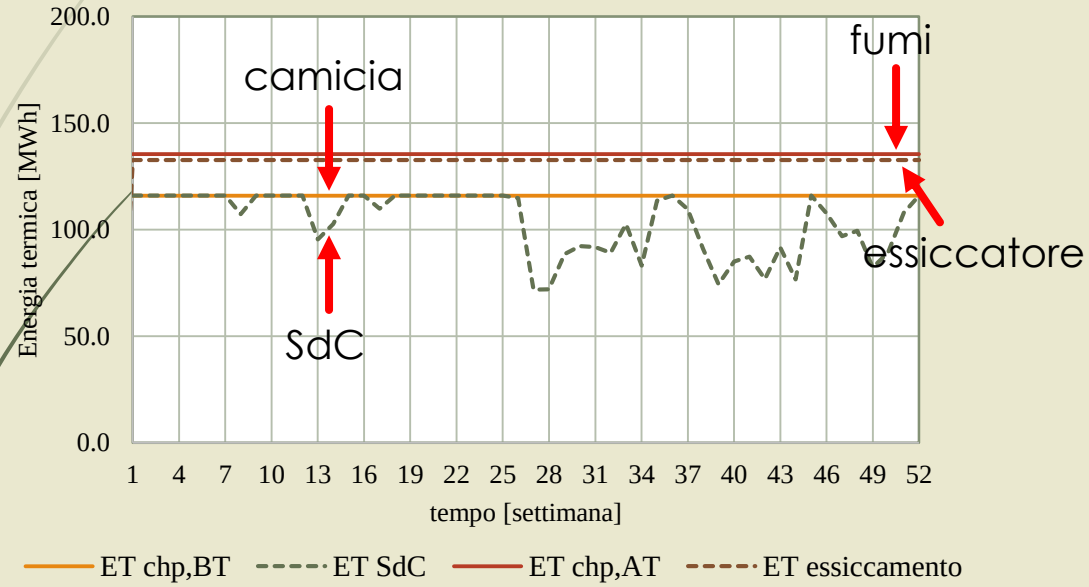
← **SMALTIMENTO FANGO DISIDRATATO**

INTERVENTI PROPOSTI

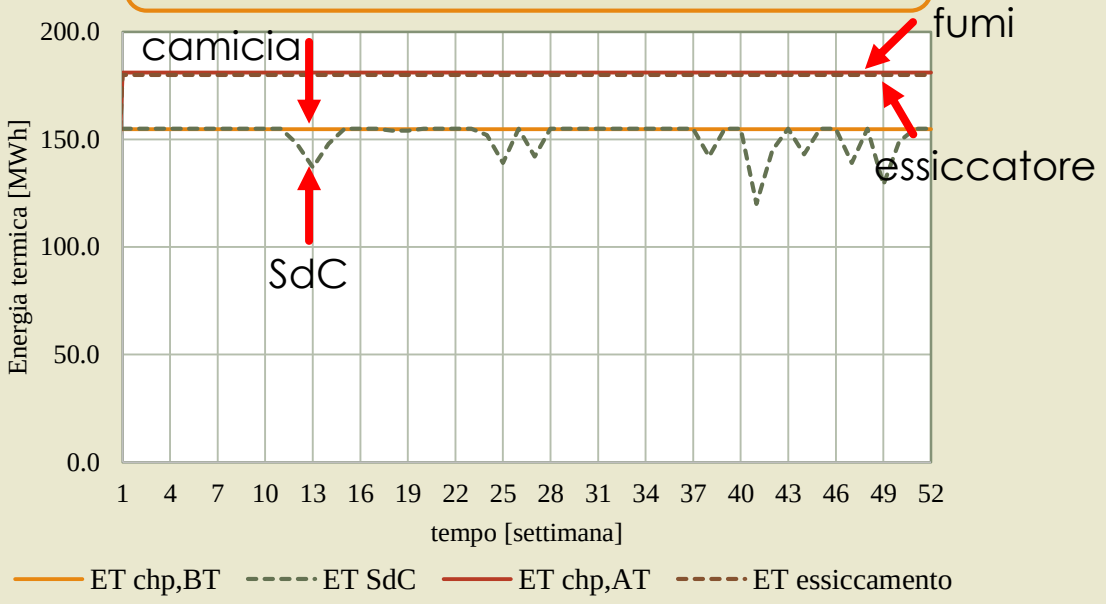
Analisi simulativa: Scenario 1

Energie termiche nel circuito a BT e a AT

ACERRA



NAPOLI NORD



- La camicia ($ET_{chp,BT}$) produce una quantità di calore superiore di quella che lo SdC(ET_{SdC}) fornisce al digestore
- I fumi ($ET_{chp,AT}$) soddisfano la domanda termica dell'essiccatore ($ET_{essiccamento}$)

→ $(ET_{chp,BT})$ - (ET_{SdC}) = dissipazioni BT

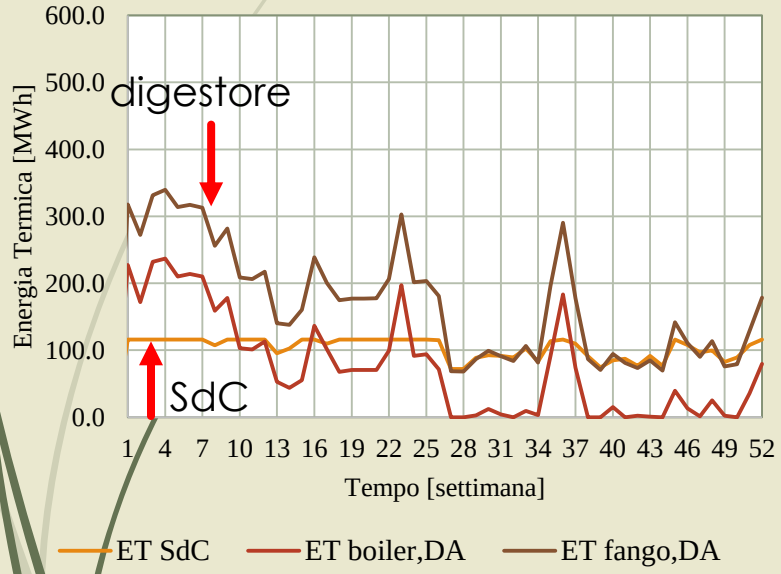
→ $(ET_{chp,AT})$ - $(ET_{essiccamento})$ =dissipazioni AT

INTERVENTI PROPOSTI

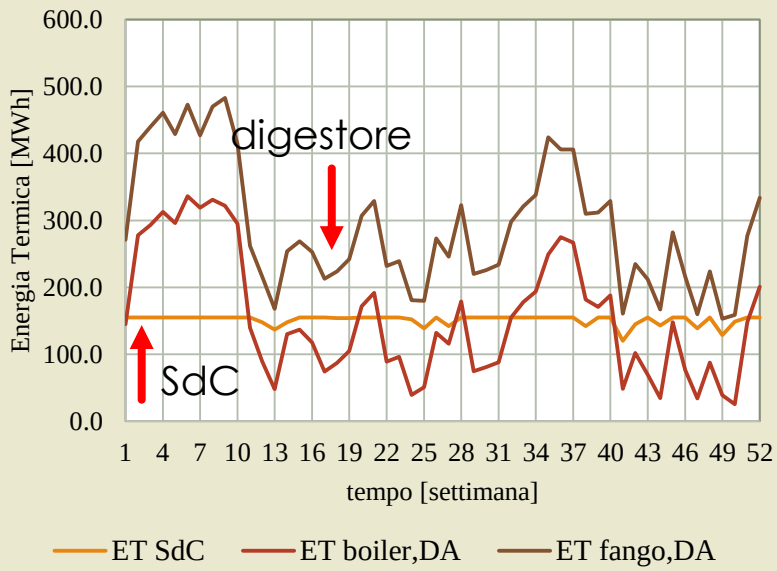
Analisi simulativa: Scenario 1

Energie termiche nel circuito a BT

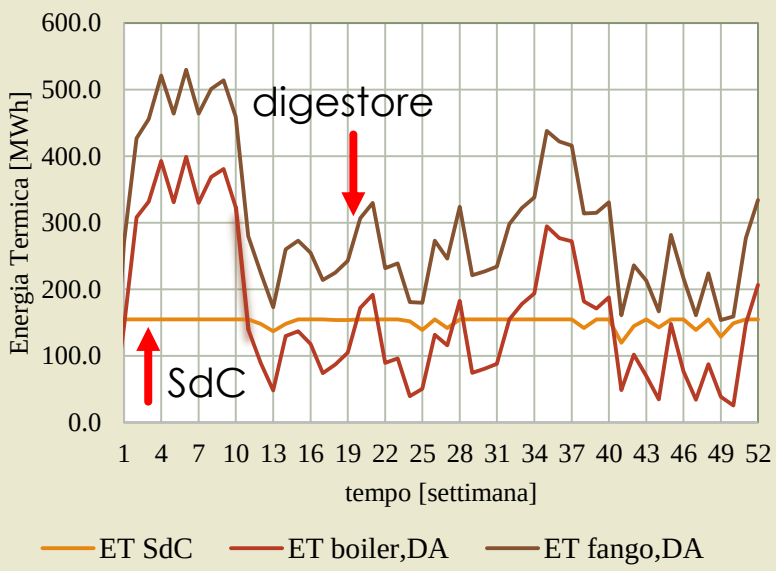
ACERRA sperimentale



NAPOLI NORD sperimentale



NAPOLI NORD letteratura



Lo scambiatore di calore (ET_{SdC}) non soddisfa la richiesta termica del digestore ($ET_{fango,DA}$)

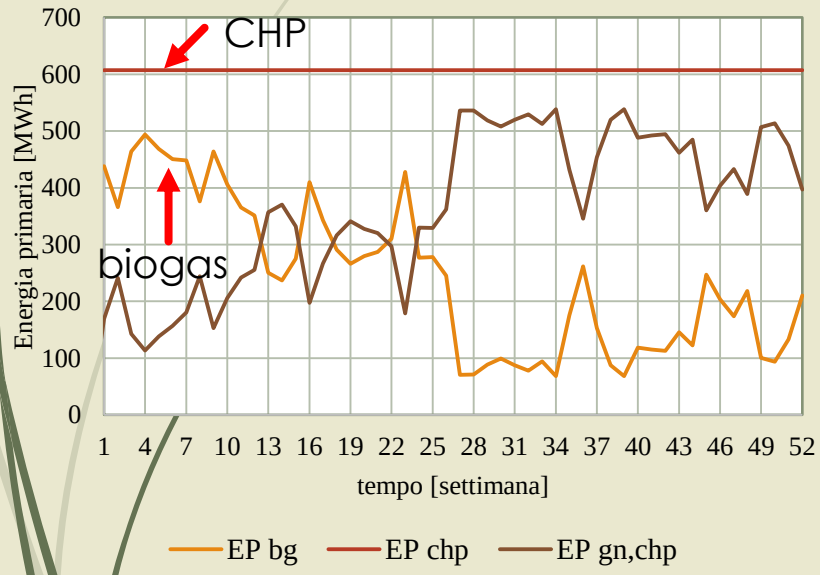
→ Integrazioni GN digestore ($ET_{boiler,DA}$)

INTERVENTI PROPOSTI

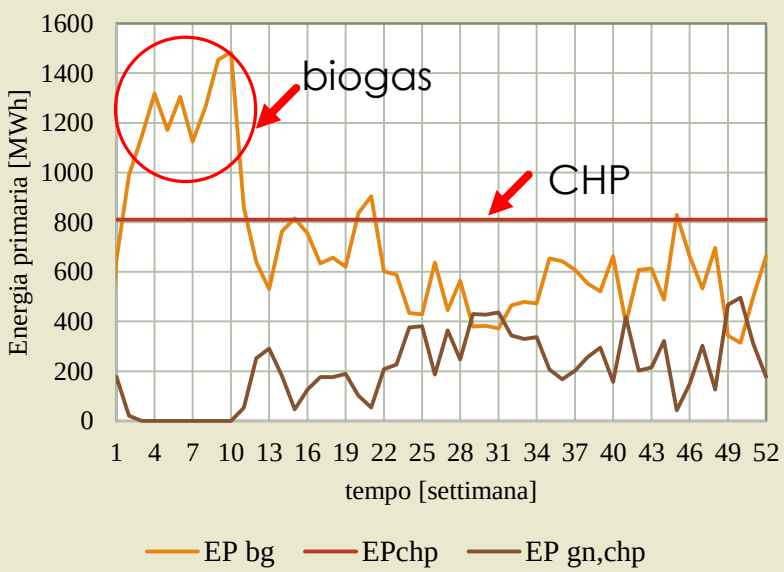
Analisi simulativa: Scenario 1

Energie primarie relative al CHP

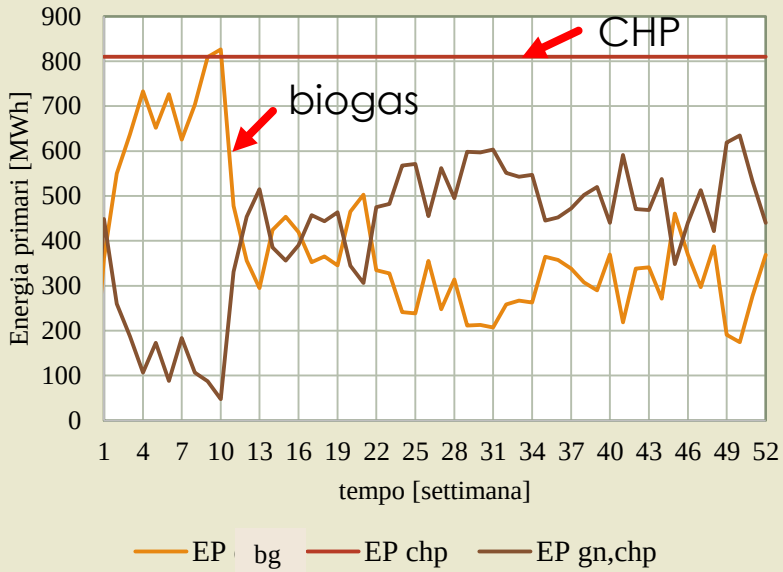
ACERRA sperimentale



NAPOLI NORD sperimentale



NAPOLI NORD letteratura



Richiesta CHP (EP_{chp}):

- mai soddisfatta dal biogas disponibile(EP_{bg}) per Acerra e Napoli Nord
- soddisfatta solo per un certo intervallo di tempo per Napoli Nord-sperimentale

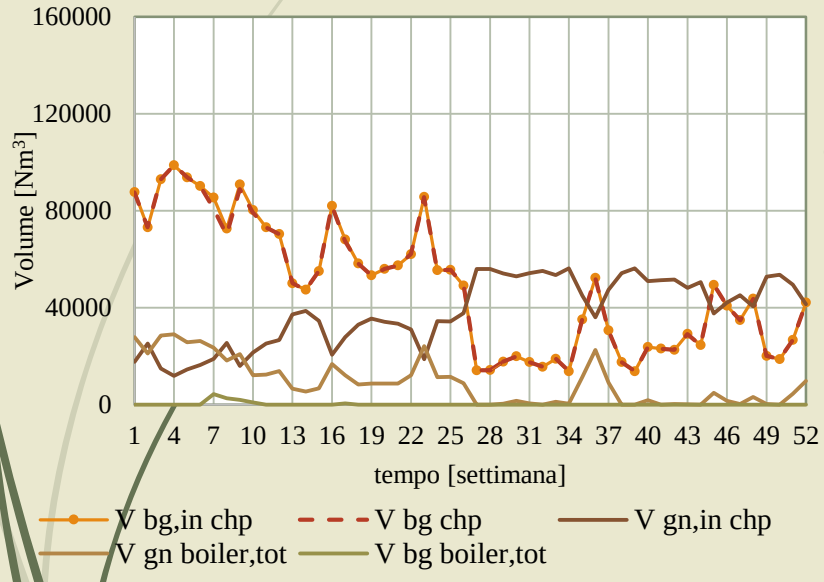
→ integrazioni GN CHP ($EP_{gn,chp}$)

INTERVENTI PROPOSTI

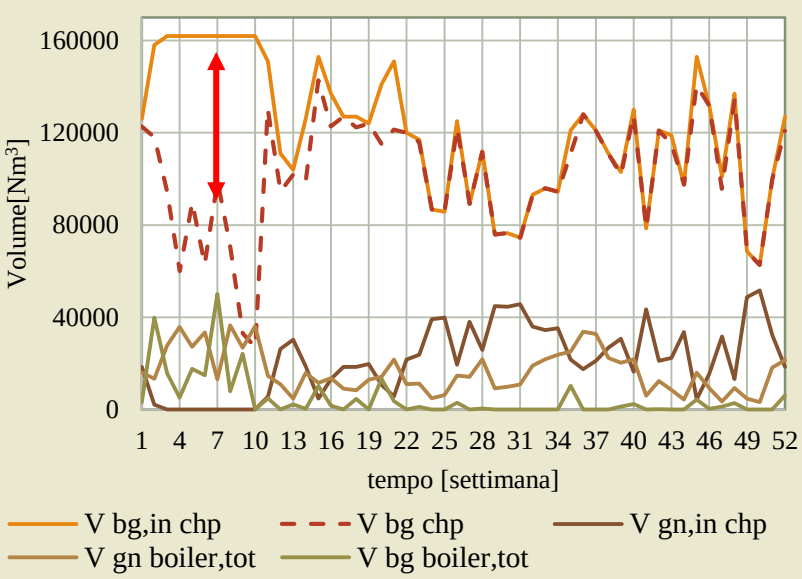
Analisi simulativa: Scenario 1

Volumi di fuel nel sistema proposto

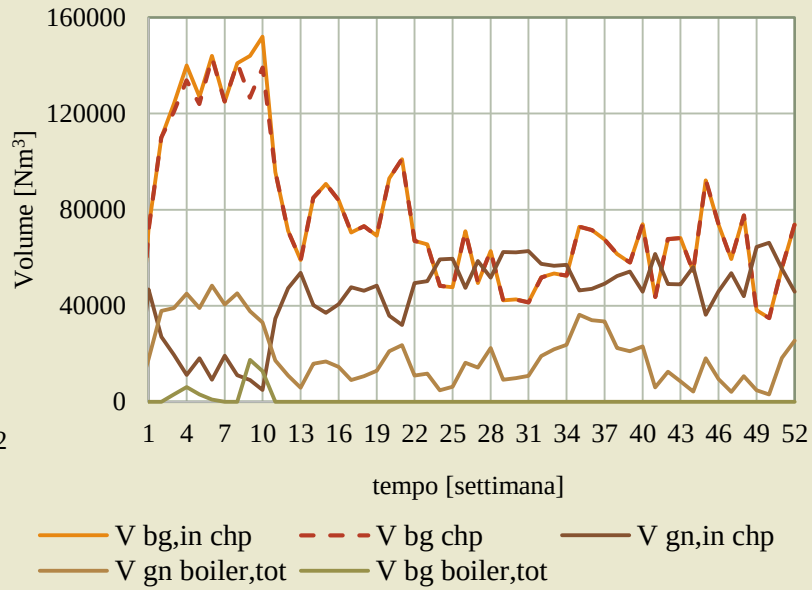
ACERRA sperimentale



NAPOLI NORD sperimentale



NAPOLI NORD letteratura



- Biogas in ingresso ($V_{bg,in\ chp}$) - biogas utilizzato ($V_{bg\ chp}$) = eccesso biogas
- Integrazione ($V_{gn,in\ chp}$) + biogas in ingresso al CHP = fuel CHP

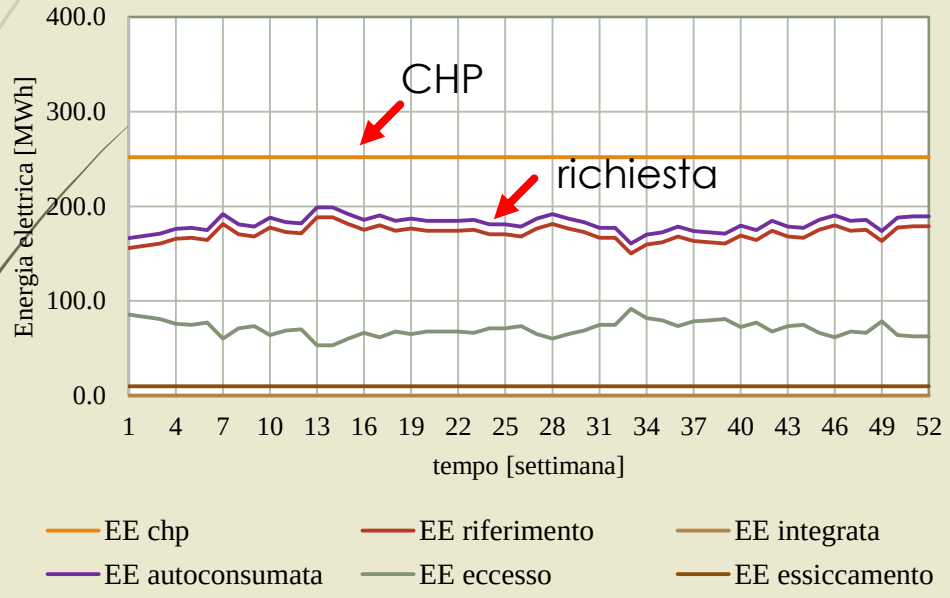
Eccesso BG utilizzabile per Napoli Nord-sperimentale

INTERVENTI PROPOSTI

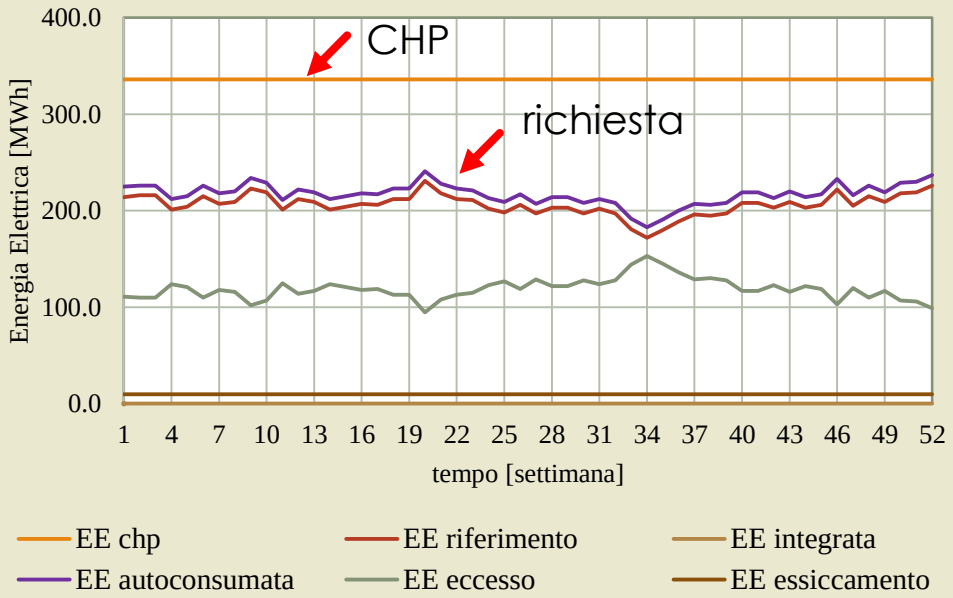
Analisi simulativa: Scenario 1

Energie elettriche nel sistema proposto

ACERRA



NAPOLI NORD



CHP soddisfa la richiesta energetica dell'impianto (attuale + essiccatore e ausiliari)

Assenza di integrazioni elettriche esterne

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 1

Bilanci su base annua dei risultati: Volumi

Volumi	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
$V_{gn,in\ chp}$	44 % $V_{in\ chp}$	15 % $V_{in\ chp}$	36 % $V_{in\ chp}$
$V_{bg,in\ chp}$	56 % $V_{in\ chp}$	85 % $V_{in\ chp}$	64 % $V_{in\ chp}$
$V_{bg\ eccesso,chp}$	0.4 % $V_{bg,tot}$	13.7 % $V_{bg,tot}$	1.1 % $V_{bg,tot}$
$V_{bg\ eccesso,essiccamento}$	0.4 % $V_{bg,tot}$	13.7 % $V_{bg,tot}$	1.1 % $V_{bg,tot}$
$V_{bg,scarto}$	0 % $V_{bg,tot}$	10 % $V_{bg,tot}$	0 % $V_{bg,tot}$

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 1

Bilanci su base annua dei risultati: Dissipazioni termiche

Perdite	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
$ET_{dissipata,BT}$	11 % $ET_{chp,BT}$	2.2 %$ET_{chp,BT}$	
$ET_{dissipata,AT}$	2 % $ET_{chp,AT}$	0.6 %$ET_{chp,AT}$	

Bilanci su base annua dei risultati: Energie elettriche

Energie	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
$EE_{autoconsumata}$	72 % EE_{chp}	65 % EE_{chp}	
$EE_{eccesso}$	28 % EE_{chp}	35 % EE_{chp}	

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 1

Bilanci su base annua dei risultati: Analisi energetica, ambientale ed economica e parametri economici

Voci analisi	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
ΔEP [MWh/anno]	4,057.6	18,471.7	5,469.8
ΔCO2 [tonnCO_2/anno]	8,378.9	13,809.8	11,290.4
Δcosto [€/anno]	923.2	1,769.8	1,253.8

Parametri economici	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
SPB [anni]	5	6	7
VAN [k€]	7,296	9,978.5	6,992.2
IP %	110.5	83.9	58.8

INCENTIVO COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO [D.M. 5/9/2011]

Essendo note le potenze prodotte dal CHP e quella richiesta in ingresso si definiscono le condizioni:

- ***Rendimento globale***

$$\eta_{globale} = \frac{E + H_{chp}}{F} \geq 75\%$$

- ***Risparmio di energia primaria***

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{CHP\ H\eta}{rif H\eta} + \frac{CHP\ E\eta}{rif E\eta}}\right) \cdot 100 \geq 10\ \%$$

Si calcola:

- Il ***risparmio energia*** primaria

$$RISP = \frac{E_{chp}}{\eta_{e,rif}} + \frac{H_{chp}}{\eta_{t,rif}} - F_{chp}$$

- Numero ***certificati bianchi*** 93,68 €

$$CB = RISP \cdot 0.086 \cdot k$$

DOVE:

K: coefficiente di armonizzazione
E_{chp} : energia elettrica
H_{chp} : energia termica utile
F_{chp} : energia primaria
CHP Eη: il rendimento elettrico cogenerativo
CHP Hη: il rendimento termico cogenerativo

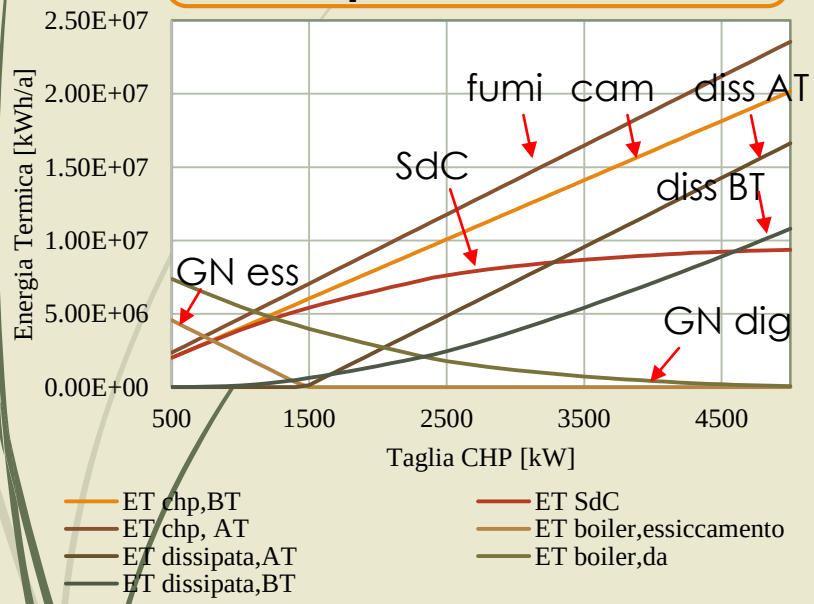
Rif Hη: rendimento per la produzione separata di calore
Ref Eη: *rendimento* per la produzione separata di energia elettrica
$\eta_{t,rif}$: rendimento medio termico nazionale
$\eta_{e,rif}$: rendimento medio elettrico nazionale

INTERVENTI PROPOSTI

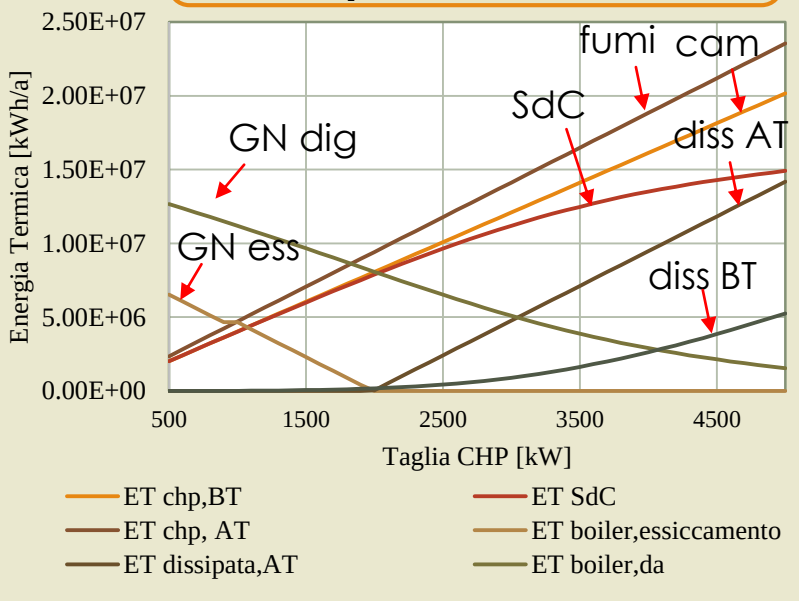
Analisi simulativa: Scenario 1

Ottimizzazione taglia CHP: Energie termiche

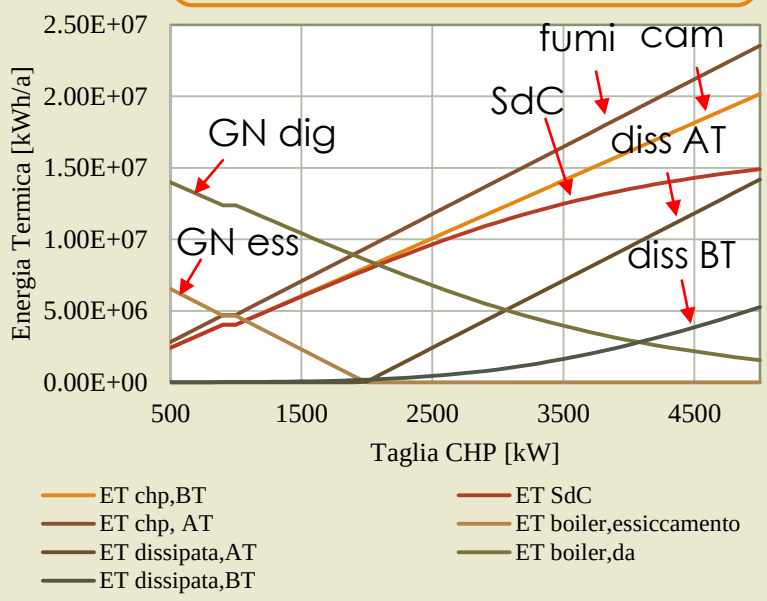
ACERRA sperimentale



NAPOLI NORD sperimentale



NAPOLI NORD letteratura



All'aumentare della taglia, l'ET di:

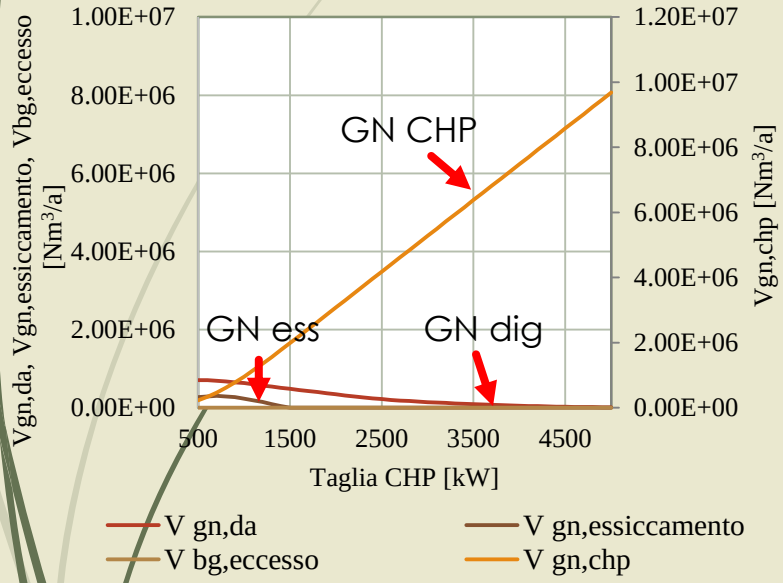
- GN dei boiler diminuisce e per l'essiccamento si annulla in corrispondenza della taglia scelta
- dissipazioni (BT e AT) sono nulle fino alla taglia scelta, dopo aumentano
- camicia e fumi aumentano linearmente
- SdC coincide con l'ET BT circa fino alla taglia scelta, dopo si porta al di sotto

INTERVENTI PROPOSTI

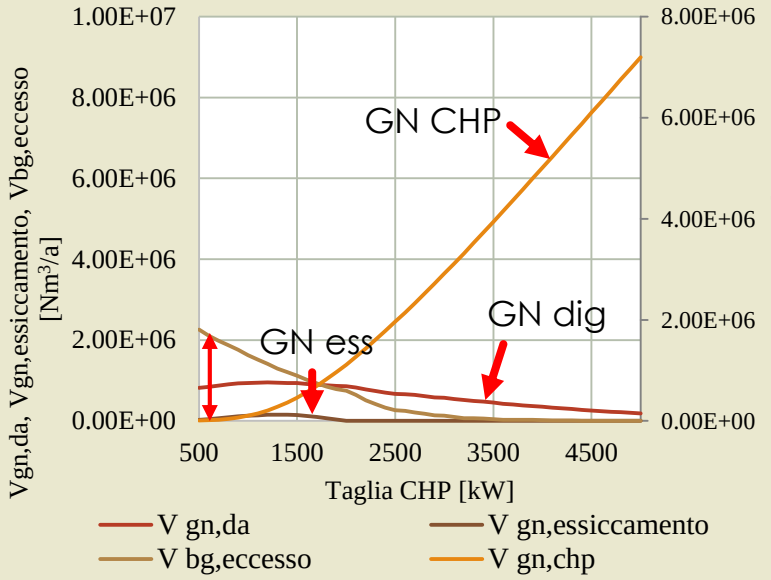
Analisi simulativa: Scenario 1

Ottimizzazione taglia CHP: Volumi fuel

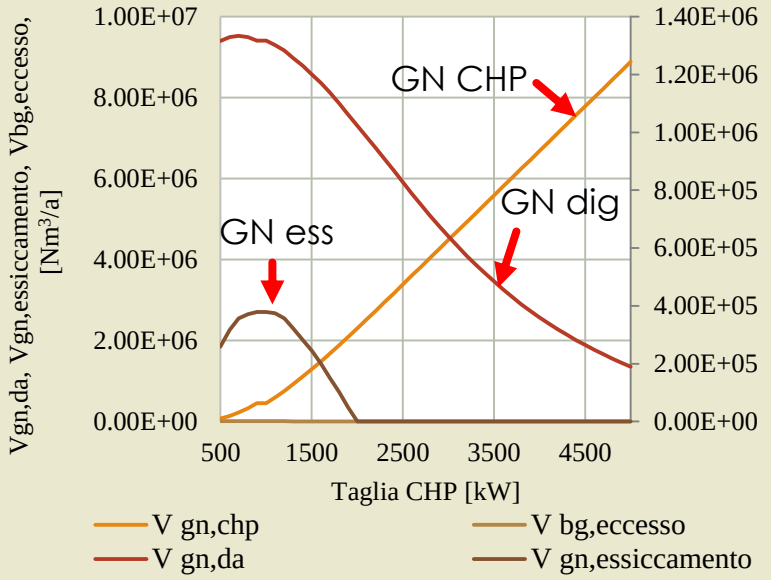
ACERRA



NAPOLI NORD sperimentale



NAPOLI NORD letteratura



All'aumentare della taglia, il volume di:

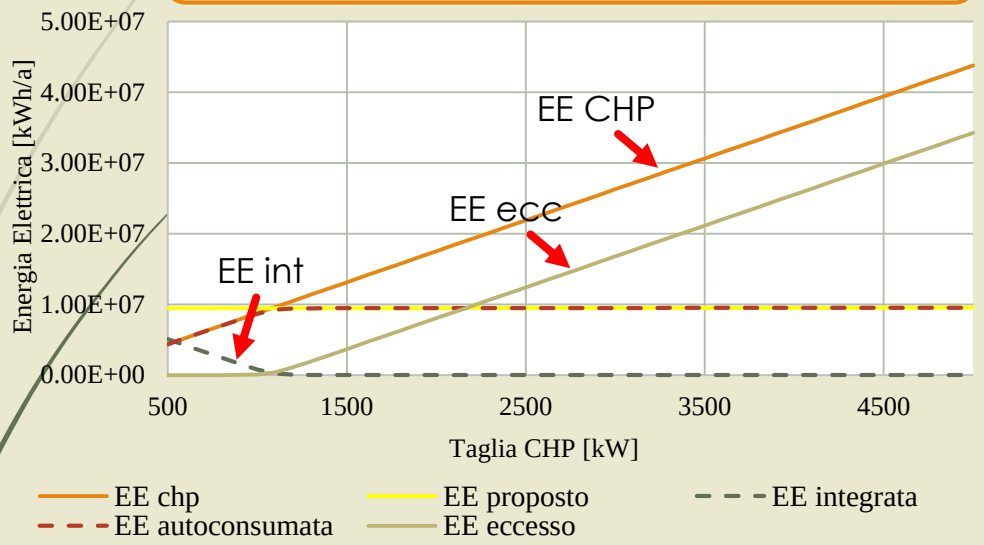
- GN del CHP aumenta
- GN dell'essiccatore si annulla in corrispondenza della taglia scelta
- GN del digestore si annulla in corrispondenza di taglie grandi
- BG in eccesso è quasi nullo solo per Acerra e Napoli Nord –letteratura

INTERVENTI PROPOSTI

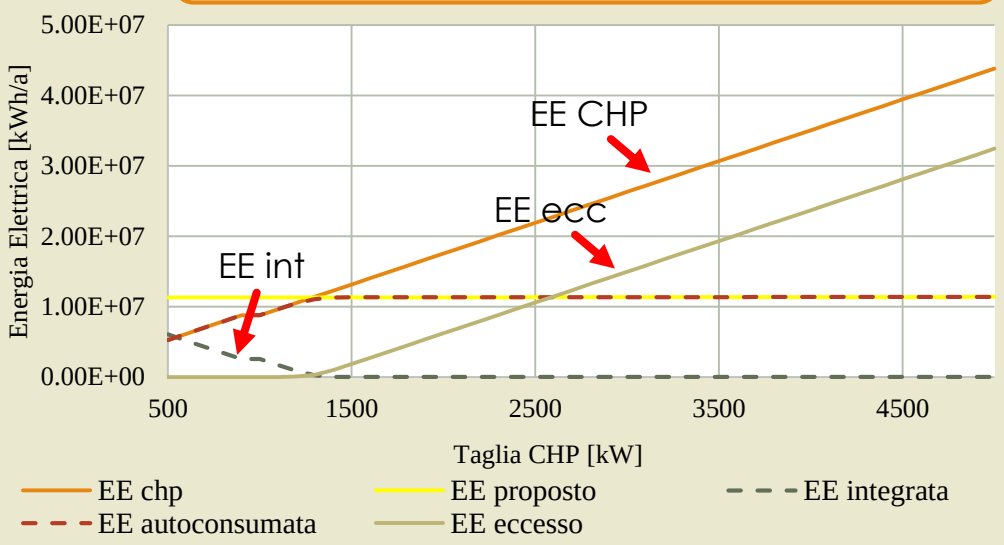
Analisi simulativa: Scenario 1

Ottimizzazione taglia CHP: Energie elettriche

ACERRA



NAPOLI NORD



All'aumentare della taglia, l'EE:

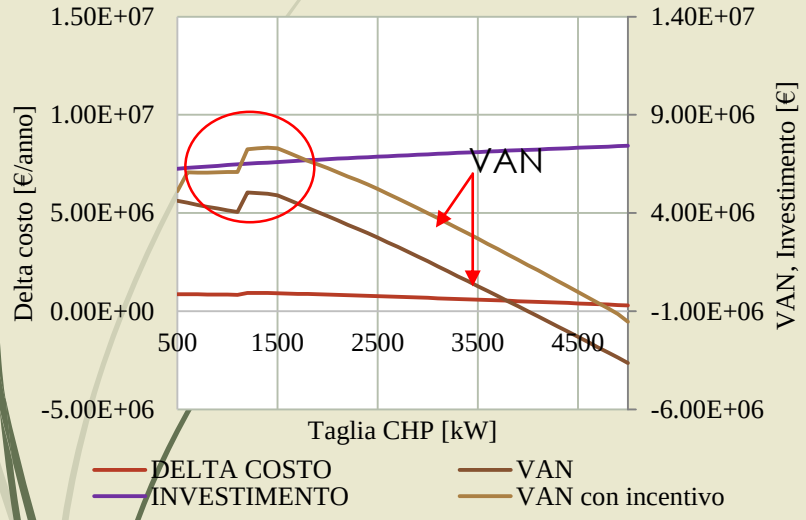
- del CHP aumento linearmente
- integrata diminuisce fino ad una taglia minore di quella scelta, poi si azzera
- in eccesso è nulla fino ad una taglia minore di quella scelta, dopo aumenta linearmente

INTERVENTI PROPOSTI

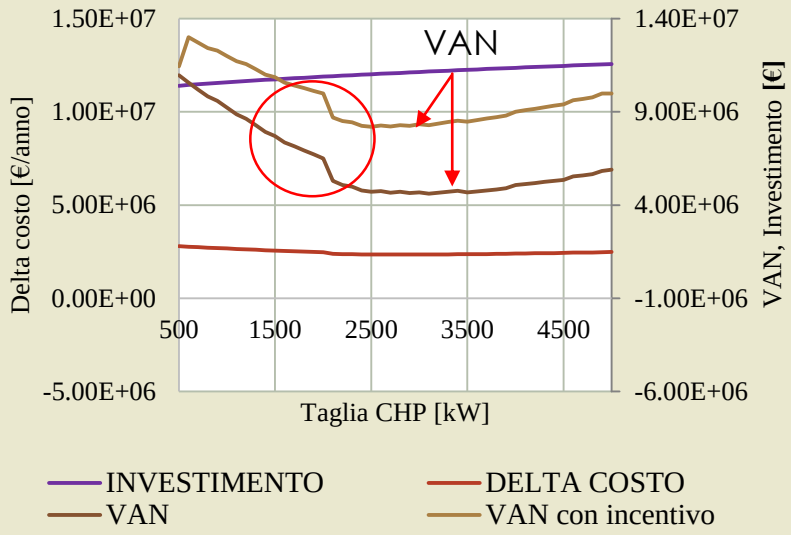
Analisi simulativa: Scenario 1

Ottimizzazione taglia CHP: Parametri economici

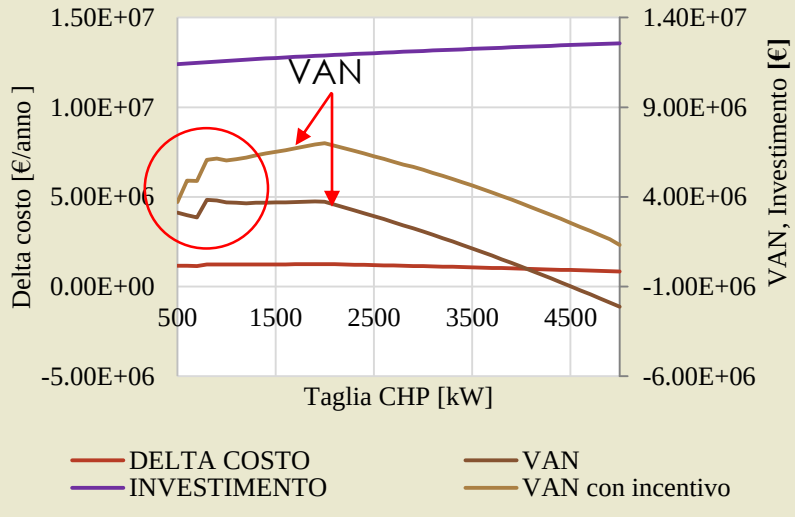
ACERRA sperimentale



NAPOLI NORD sperimentale



NAPOLI NORD letteratura



il VAN è maggiormente convenienti per potenze:

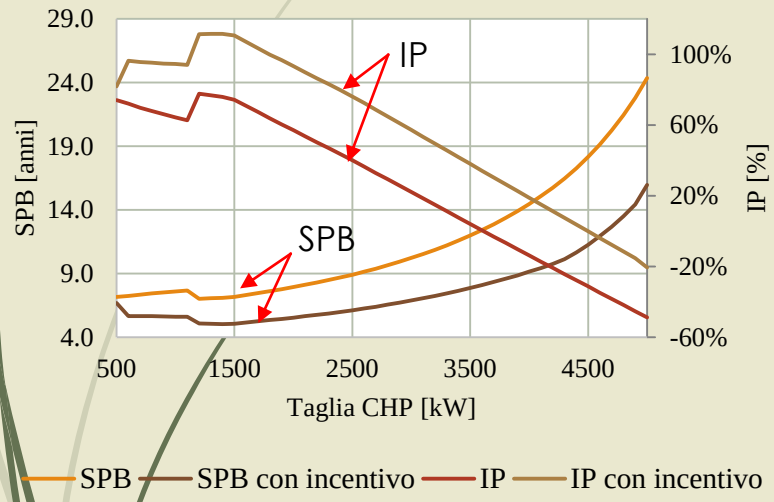
- prossime alla taglia scelta, per Acerra e Napoli Nord-letteratura
- minori di quella scelta per Napoli Nord-sperimentale

INTERVENTI PROPOSTI

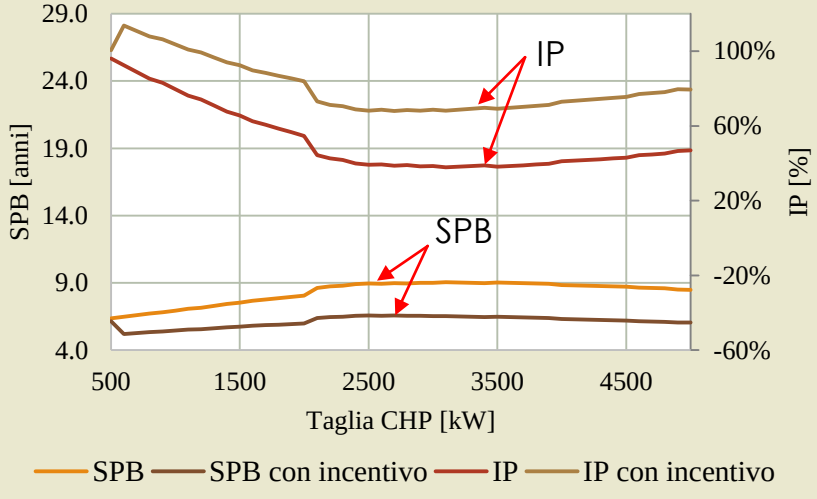
Analisi simulativa: Scenario 1

Ottimizzazione taglia CHP: Parametri economici

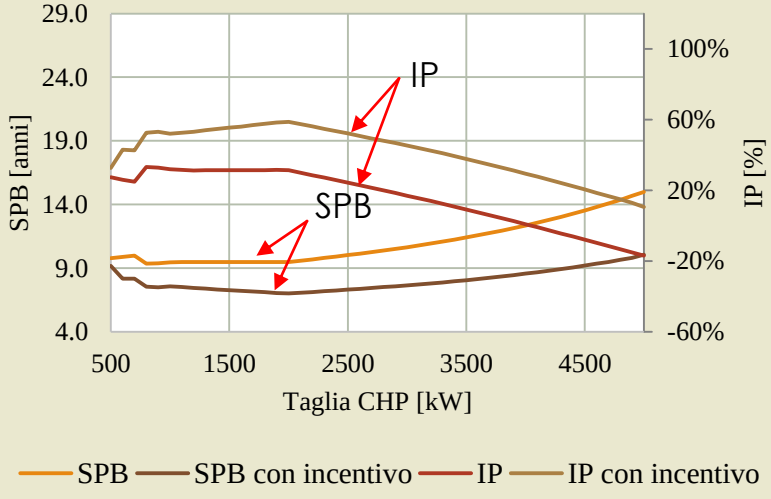
ACERRA sperimentale



NAPOLI NORD sperimentale



NAPOLI NORD letteratura



SPB bassi e IP alti si hanno per potenze:

- prossime a quella scelta per Acerra e Napoli Nord-letteratura
- minori di quella scelta per Napoli Nord-sperimentale

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 1

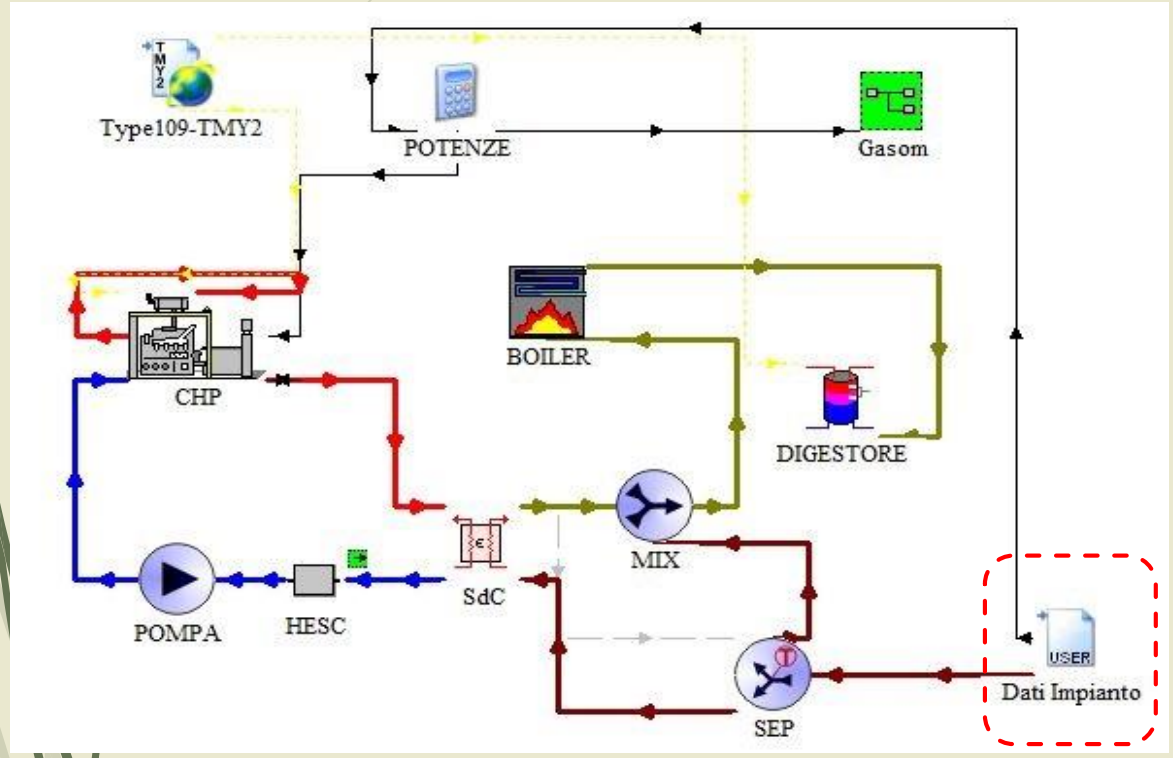
Ottimizzazione taglia CHP: Parametri economici

La taglia scelta per il CHP:

- **è corretta per Acerra e Napoli Nord-letteratura**
- **può essere ridotta per Napoli Nord-sperimentale**

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 2

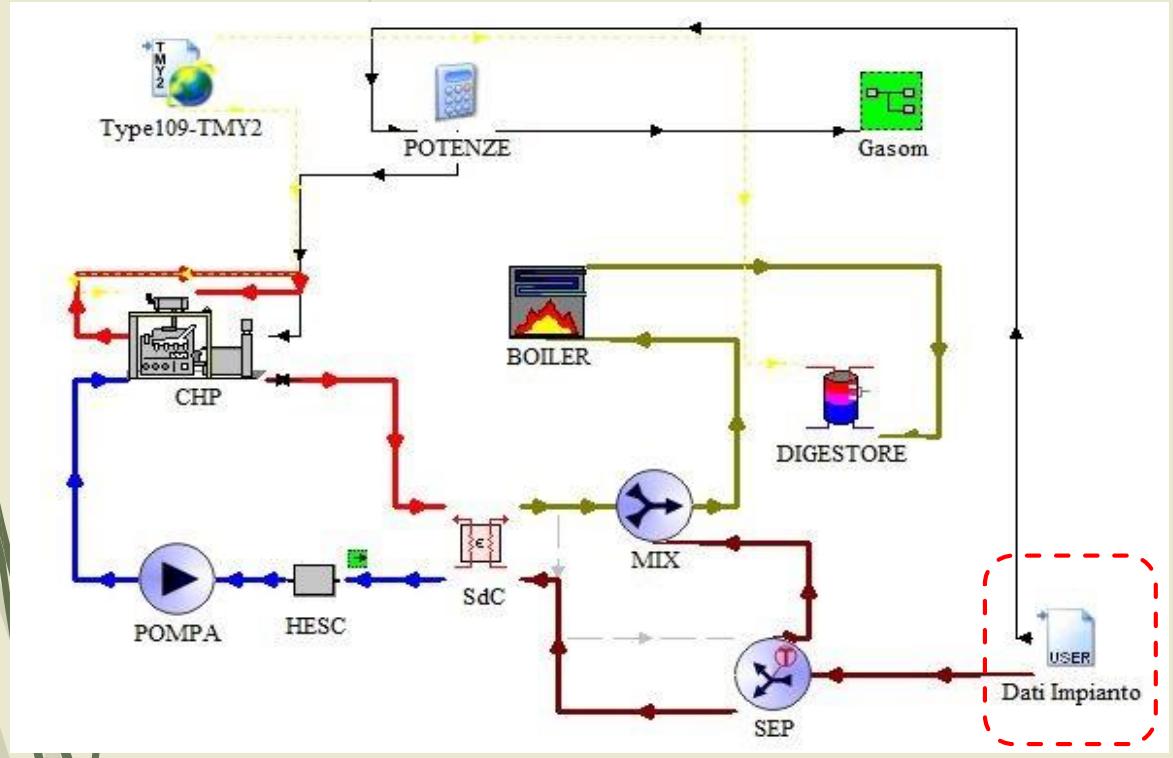


Parametro	Unità di misura	Acerra	Napoli Nord
Potenza elettrica chp	[kW]	1500	2000
Portata massica acqua	[kg/h]	18.3	24.4
Portata massica aria	[kg/h]	2.2	3.0
$\eta_{elettrico}$	%	41	
$\eta_{termico}$	%	41	
Tset point, boiler digestore	[°C]	36.9	
Tsdc	[°C]	37	
Potenza termica,boiler digestione	[kW]	3000	5000
Potenza termica,boiler essiccamento	[kW]	800	1000
Volume digestione	[m^3]	14500	30000

Parametro	Unità di misura	Acerra	Napoli Nord (sperimentale)	Napoli Nord (letteratura)
Energia elettrica richiesta	[GWh/y]	8.9	8.7	
Portata fango ispessito	[m^3/h]	48.9	85.2	
Portata biogas	[Nm^3/h]	293.0	846.0	542.0

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 2



BIOGAS

Alimenta direttamente il ***CHP***:

$$P\ prim_{biogas} \geq 0.5\ P\ prim_{nom\ CHP}$$

Alimenta il ***GASOMETRO***:

$$P\ prim_{bioga\ s} < 0{,}5\ P\ prim_{nom\ CHP}$$

Fuoriesce dal ***GASOMETRO*** verso il CHP:

$V_{gasometro} = V_{max}$ → $V_{lavoro} = 0.7 * V_{max}$

POTENZA ELETTRICA

Funzionamento del CHP alimentato esclusivamente a ***Biogas***

Produzione variabile di Energia Elettrica:

- Integrazioni esterne
- Eccessi immessi in rete

Parzializza in funzione del biogas in ingresso

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 2

Risultati andamenti settimanali

Diversamente dallo scenario 1, l'ET dei fumi non soddisfa la domanda termica dell'essiccatore	Integrazioni GN essiccamento
Come per lo scenario 1, l'ET dello SdC non soddisfa la richiesta termica del digestore	Integrazioni GN digestione
Come per lo scenario 1, quasi tutto il biogas disponibile è utilizzato dal motore	Eccesso BG utilizzabile solo per Napoli Nord-sperimentale
Diversamente dallo scenario 1, il CHP non soddisfa la richiesta energetica dell'impianto	Integrazioni elettriche esterne

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 2

Risultati ottimizzazione taglia CHP

La taglia scelta per il CHP:

- **è corretta per Acerra e Napoli Nord-letteratura**
- **può essere ridotta per Napoli Nord-sperimentale**

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 2

Bilanci su base annua dei risultati: Volumi

Volumi	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
$V_{bg\ in\ dirett,chp}$	55 % $V_{bg\ tot}$	78 % $V_{bg\ tot}$	58 % $V_{bg\ tot}$
$V_{bg\ in,gasometro}$	44 % $V_{bg\ tot}$	8 % $V_{bg\ tot}$	41 % $V_{bg\ tot}$
$V_{bg\ eccesso,chp}$	0.4 % $V_{bg,tot}$	14 % $V_{bg,tot}$	1 % $V_{bg,tot}$
$V_{bg\ eccesso,essiccamento}$	0.4 % $V_{bg,tot}$	14 % $V_{bg,tot}$	1 % $V_{bg,tot}$
$V_{bg,scarto}$	0 % $V_{bg,tot}$	10 % $V_{bg,tot}$	0 % $V_{bg,tot}$

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 2

Bilanci su base annua dei risultati: Energie termiche

Perdite	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
$ET_{dissipata,BT}$	0.4 % $ET_{chp,BT}$	1 %$ET_{chp,BT}$	
$ET_{dissipata,AT}$	1 % $ET_{chp,AT}$	0.3 %$ET_{chp,AT}$	

Bilanci su base annua dei risultati: Energie elettriche

Energie	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
$EE_{autoconsumata}$	83 % EE_{chp}	75% EE_{chp}	77% EE_{chp}
$EE_{eccesso}$	17 % EE_{chp}	25 % EE_{chp}	23 % EE_{chp}
$EE_{integrata}$	55 % $EE_{proposto}$	13 % $EE_{proposto}$	43 % $EE_{proposto}$

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Scenario 2

Bilanci su base annua dei risultati: Analisi energetica, ambientale ed economica e parametri economici

Voci analisi	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
ΔEP [MWh/anno]	-2,376	1,315	-2,615
ΔCO2 [tonnCO_2/anno]	2,366	377	4,197
Δcosto [€/anno]	779	1,470	1,150

Parametri economici	Acerra	Napoli Nord sperimentale	Napoli Nord letteratura
SPB [anni]	6.8	6.2	8.4
VAN [k€]	4,480	9,435	4,563
IP %	67.8	79.4	38.4

INTERVENTI PROPOSTI

Analisi simulativa: Confronto tra gli scenari sull'analisi energetica, ambientale ed economica

Impianto	Acerra		Napoli Nord-sperimentle		Napoli Nord-letteratura	
scenario	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
ΔEP [MWh/anno]	4,057.6	-2,376	18,471.7	1,315	5,469.8	-2,615
ΔCO2 [tonnCO_2/anno]	8,378.9	2,366	13,809.8	4,197	11,290.4	4,197
Δcosto [€/anno]	923.2	779	1,769.8	1,470	1,253.8	1,150

Lo scenario 1 è maggiormente conveniente

CONCLUSIONI

Le soluzioni proposte consentono:

- la valorizzazione del fango
- la riduzione dei costi del suo smaltimento
- la riduzione dell'impatto ambientale, sia per la minore quantità di energia richiesta alla rete sia perché si va a gravare meno sulla discarica

Approfondimenti futuri:

- indagare ulteriormente sul potenziale di biometanazione del fango di Napoli Nord
- implementare un ulteriore scenario in cui si alimenta il cogeneratore col biogas e si utilizza il solare termico per sopperire alle eventuali integrazioni termiche

GRAZIE PER L'ATTENZIONE