

Regione autonoma della Sardegna
(Provincia di Nuoro)



Comune di Macomer

CONSORZIO PER LA ZONA INDUSTRIALE DI MACOMER

GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO

ATI: **AREAIMPIANTI** - **MONSUD S.p.A.**
 

Progettista incaricato:




PROGETTO DEFINITIVO DI GARA



DIMENSIONAMENTI DEGLI IMPIANTI

C 2

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	 
	Relazione dimensionamento impianti	PAG. II/78	

Sistema Qualità Certificato




UNI EN ISO 9001 (ISO 9001)
Certificato n° FS 587971



Gruppo di lavoro:

Professionista	Iscrizione	Ruolo
Dott. Ing. Francesco Martino	Ordine Ingegneri Grosseto n°195	Coordinatore progettazione, esperto progettazione impiantistica, elettromeccanica ed idraulica
Dott. Arch. David Bartalucci	Ordine Architetti Grosseto n° 465	Esperto in Studi Ambientali
Dott. Ing. Sandro Fiorentini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 801	Progettazione architettonica, civile-statica, igiene e sicurezza cantieri
Dott. Ing. Enzo Rosadini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 314	Esperto in progettazione impiantistica speciale

CODICE DESCRITTIVO: G117FMRC717.00			N° ALLEGATO: C.2		
0	12/09/2011	EMISSIONE	silenzi	martino	martino
1					
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione dimensionamento impianti	PAG. III/78	

INDICE

1.	CONTENUTI DELLA RELAZIONE	4
2.	CALCOLI TERMODINAMICI	6
2.1	SCENARIO 1_ CTN.....	6
2.2	SCENARIO 2_ PUNTO D ₂ DEL DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE	21
2.3	SCENARIO 3_ PUNTO D ₃ DEL DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE	37
2.4	SCENARIO 4_ PUNTO M ₁ DEL DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE	53
3.	VERIFICA SISTEMA ARIA PRIMARIA	68
3.1	DIMENSIONAMENTO CONDOTTE ESTRAZIONE ARIA PRIMARIA	68
4.	VERIFICA SISTEMA ARIA SECONDARIA.....	74
4.1	DIMENSIONAMENTO CONDOTTE ESTRAZIONE ARIA SECONDARIA	74



INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE DI PROGETTO.....	5
--	---

Simbologia



Argomento per il quale si richiede attenzione.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione dimensionamento impianti	PAG. 4/78	

1. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

IL presente Progetto definitivo è stato elaborato ai sensi del *d.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207* –“Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «*Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*». (G.U. n. 288 del 10 dicembre 2010)

Nella presente relazione vengono riportati i dimensionamenti impiantistici del ciclo termodinamico, della sezione di recupero energetico nonché della linea fumi, alle varie condizioni di funzionamento previste nel diagramma di combustione.

In particolare, oltre che al CTN, sono stati presi a riferimento i seguenti ulteriori scenari operativi corrispondenti a diversi punti del diagramma di combustione.

- Punto D₂ del diagramma di combustione
- Punto D₃ del diagramma di combustione
- Punto M₁ del diagramma di combustione

nello scenario CTN è stata considerata una temperatura uscita fumi dalla caldaia di 195 °C.

Inoltre il presente documento contiene le verifiche relative a:

- rete antincendio
- sistema aria primaria e secondaria

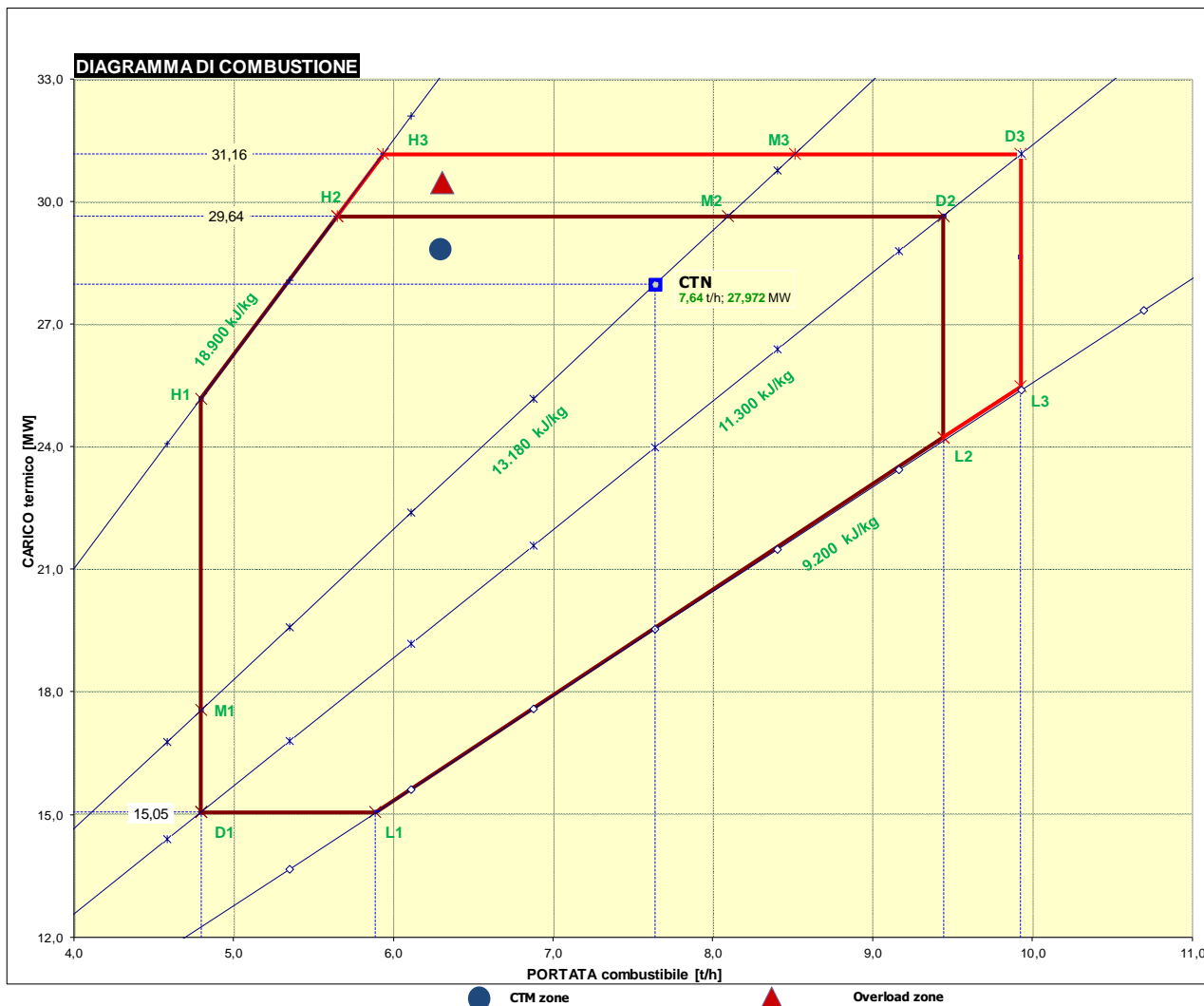


Figura 1 Diagramma di combustione di progetto

2.CALCOLI TERMODINAMICI

2.1 SCENARIO 1_ CTN

COMBUSTIBILI E DATI AMBIENTALI						
Combustibili e calcolo del potere calorifico						
Combustibile			L	D	M	H
	PM	U.M.	MISCELA COMBUSTIBILE			
C	12,011	kg/kg	0,27000	0,30000	0,33560	0,41100
H ₂	2,016	kg/kg	0,02000	0,03000	0,04880	0,06000
O ₂	32,000	kg/kg	0,15000	0,16000	0,25420	0,15000
N ₂	28,014	kg/kg	0,00684	0,00210	0,00001	0,01300
S	32,066	kg/kg	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100
Cl	35,457	kg/kg	0,00700	0,00700	0,00700	0,00700
F	19,000	kg/kg	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
H ₂ O	18,016	kg/kg	0,34110	0,30000	0,21780	0,18270
Ceneri	-	kg/kg	0,20405	0,19989	0,13560	0,17529
Σ	-	kg/kg	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PCI_calcolato		kJ/kg	9.091	11.212	13.296	18.935
PCI_set		kJ/kg	9.200	11.300	13.180	18.900

temperatura combustibile	20 °C
peso specifico apparente combustibile	200 kg/m ³

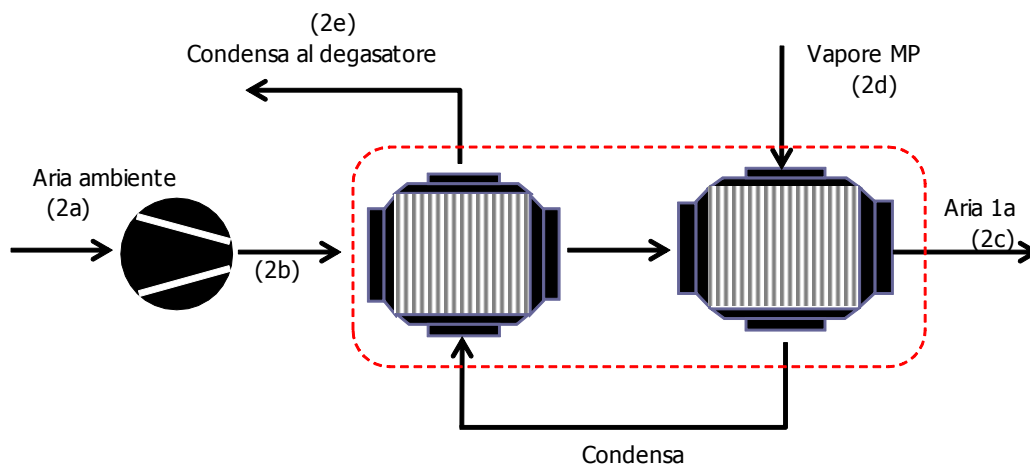
Dati di progetto della linea	
n° linee	1
capacità oraria di progetto della linea	7,64 t/h
tipo di combustibile	M
PCI di progetto	13.180 kJ/kg
Potenza termica corrispondente	27.972 kW
gg/y di funzionamento effettivo	333 n°
capacità giornaliera di combustione	183,36 t/d
capacità annua di combustione	61.120 t/a
h/y di funzionamento continuo	8.000 n°
disponibilità prevista d'impianto	91,3 %

Caratteristiche fisiche dell'aria a temperatura di riferimento e ambiente

Componenti Nome Formula		aria secca			parametri per il calcolo del calore specifico			
		PM kg/kmol	x _i Nm ³ /Nm ³	w _i kg/kg	A	B	C	D
Azoto	N ₂	28,0135	0,78085	0,75520	3,115E+01	-1,357E-02	2,680E-05	-1,168E-08
Ossigeno	O ₂	32,0000	0,20950	0,23145	2,811E+01	-3,680E-06	1,746E-05	-1,065E-08
Argon	Ar	39,9480	0,00934	0,01288	2,079E+01	-3,209E-05	5,163E-08	0,000E+00
Biossido di C	CO ₂	44,0110	0,00031	0,00047	1,980E+01	7,344E-02	-5,602E-05	1,715E-08
Acqua	H ₂ O	18,0160	0,00000	0,00000	3,224E+01	1,924E-03	1,055E-05	-3,596E-09
Sommatoria		28,9651	1,000	1,000				

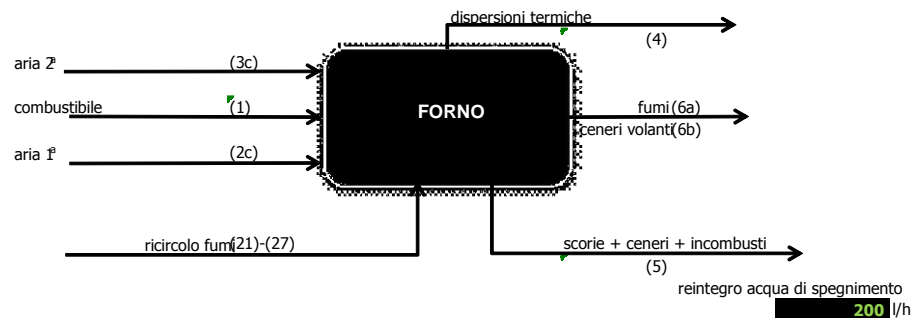
		aria a temperatura di RIFERIMENTO				aria a temperatura AMBIENTE				1a in HxA 1b	1a in HxA 2b	1a out HxA 3b	2a in HxA b	2a out HxA b
Temperatura		20 °C	293,15 K		20,0 °C	293,15 K				22,0	60,0	140,0	24,0	60,0
Pressione		1013 mbar	760 mmHg		1013 mbar	760 mmHg				295,18	333,15	413,15	297,17	333,15
Umidità relativa		30 %			30 %					1.038	1.035	1.032	1.063	1.057
Umidità Specifica		0,00441 kg di acqua/kg aria secca				0,00441 kg di acqua/kg aria secca								
		aria secca		aria umida		aria secca		aria umida		aria umida	aria umida	aria umida	aria umida	aria umida
Componenti		Cp,i	w _i	x _i	Cp,i	Cp,i	w _i	x _i	v _i	Cp,i	Cp,i	Cp,i	Cp,i	Cp,i
Nome	Formula	kJ/kg°C	kg/kg	Nm ³ /Nm ³	kJ/kg°C	kJ/kg°C	kg/kg	Nm ³ /Nm ³	Nm ³ /kg	kJ/kg°C	kJ/kg°C	kJ/kg°C	kJ/kg°C	kJ/kg°C
Azoto	N ₂	22,7858	0,7519	0,7753	22,6247	22,7858	0,7519	0,7753	0,6016	22,6234	22,6177	22,7128	22,6222	22,6177
Ossigeno	O ₂	6,1470	0,2304	0,2080	6,1035	6,1470	0,2304	0,2080	0,1614	6,1067	6,1683	6,3108	6,1098	6,1683
Argon	Ar	0,1941	0,0128	0,0093	0,1928	0,1941	0,0128	0,0093	0,0072	0,1928	0,1928	0,1928	0,1928	0,1928
Biossido di C	CO ₂	0,0115	0,0005	0,0003	0,0114	0,0115	0,0005	0,0003	0,0002	0,0114	0,0114	0,0119	0,0114	0,0119
Acqua	H ₂ O	0,0000	0,0044	0,0071	0,2377	0,0000	0,0044	0,0071	0,0055	0,2377	0,2378	0,2398	0,2445	0,2379
Sommatoria		1,0060	1,0000	1,0000	1,0098	1,0060	1,0000	1,0000	0,7759	1,0098	1,0119	1,0203	1,0099	1,0119
peso molecolare	kg/kmol	28,965	28,888		28,965	28,888								
densità	kg/m ³	1,2009	1,2009		1,2009	1,2009				1,2221	1,0797	0,8681	1,2431	1,1026
calore specifico	kJ/kg°C	1,0060	1,0098		1,0060	1,0098								
delta entalpia	kJ/kg	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000								

PRERISCALDATORE ARIA PRIMARIA



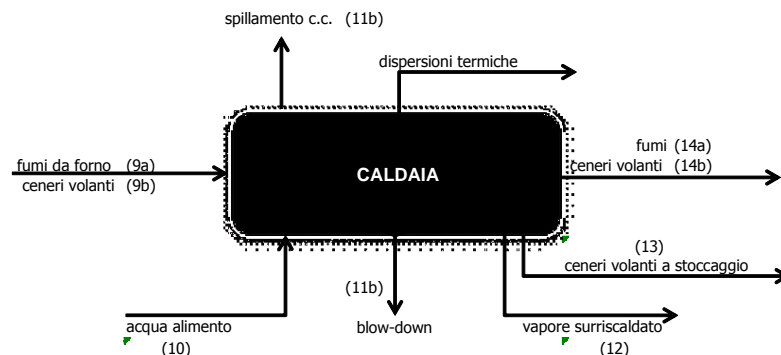
Descrizione	U.M.	Aria	Aria	Vapore MP	Aria 1a	Condensa
		(2a)	(2b)	(2d)	(2c)	(2e)
Portata ponderale						
secca	kg/h					
umida	kg/h	38.347	38.347	2084,22	38.347	2084,22
Portata volumetrica						
secca	Nm ³ /h					
umida	Nm ³ /h	29.754	29.754		29.754	
Densità						
secca	kg/Nm ³					
umida	kg/Nm ³	1,201	1,222			
Temperatura	°C	20,0	22,0	165,0	140,0	136,8
Pressione	bar	1,013	1,038	5,000	1,032	4,5
Calore specifico	kJ/kg°C	1,0098	1,0098		1,0203	
Entalpia specifica	kJ/kg	0,000	2,049	2.778,87	121,8	575,66
Energia	MW	0,000	0,022		1,297	

FORNO DI COMBUSTIONE



Descrizione	U.M.	Combustibile	Aria 1 ^o combustione	Aria 2 ^o combustione	Aria totale (cond amb)	Residui di fondo	Fumi	Ceneri volanti con fumi	Dispersioni termiche	Ricircolo Fumi
		(1)	(2c)	(3c)		(5)	(6a)	(6b)	(4)	(21)-(27)
Portata ponderale										
secca	kg/h	5.976	38.179	20.558	58.736	912	80.835	148,53		20.439
umida	kg/h	7.640	38.347	20.648	58.995		87.764			22.141
Portata volumetrica										
secca	Nm ³ /h		29.544	15.908	45.452		60.023			15.208
umida	Nm ³ /h		29.754	16.021	45.775		68.644			17.324
Densità										
umida	kg/Nm ³	200,0	0,868	1,207	1,201		0,267			1,278
secca	kg/Nm ³		0,870	1,210			0,281			1,344
Temperatura	°C	20,0	140,0	24,0	20,0	300,0	1.050,0	1.050,0		180,1
Pressione	bar						1,025			
Calore specifico	kJ/kg°C	0,300	1,020	1,010	1,010	0,670	1,288	1,100		1,094
Potere calorifico	kJ/kg	13.180				5,83				
Entalpia specifica	kJ/kg	0,00	121,80	4,06	0,00		1.209,46	721,00		172,38
Energia	MW	27,972	1,297	0,023	0,000	0,047	29,485	0,030	0,140	1,060
Composizione										
Solidi		Fumi								
C	kg/kg	CO ₂	% vol				9,187			8,799
H	kg/kg	Ar	% vol				0,828			0,831
O	kg/kg	O ₂	% vol				8,102			8,670
N	kg/kg	N ₂	% vol				69,230			69,446
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³				227,547			
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³				781,698			
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³				1,523			
		NOx	mg/Nm ³				450,857			
H ₂ O	kg/kg	H ₂ O	% vol				12,558			12,219
		Ceneri	mg/Nm ³					1697,51		

CALDAIA - CALCOLO PRODUZIONE VAPORE



Descrizione	U.M.	Fumi da forno	Ceneri volanti entranti	Acqua alimento	Blow-down	Spillamento c.c.	Vapore surriscaldato	Ceneri volanti a stoccaggio	Fumi a trattamento	Ceneri volanti con fumi	Dispersioni termiche
		(9a)	(9b)	(10)	(11a)	(11b)	(12)	(13)	(14a)	(14b)	
Portata ponderale											
secca	kg/h	80.835							80.835		
umida	kg/h	87.764	148,53	32.467	161,53	0,00	32.305	44,56	87.764	103,97	
Portata volumetrica											
secca	Nm ³ /h	60.023							60.023		
umida	Nm ³ /h	68.644							68.644		
Densità											
secca	kg/Nm ³	1,347									
umida	kg/Nm ³	1,279									
Temperatura	°C	1.050,0	1.050,0	110,0	270,0	270,0	410,0	240,0	195,0	195,0	
Pressione	bar	1,025		60,0	55,0	55,0	50,0				
Calore specifico	kJ/kg°C	1,288	1,100					0,700		0,700	
Entalpia specifica	kJ/kg	1.209	721,0	465,7	1.185,1	1.185,1	3.221,2	154,0	189,0	122,5	
Energia	MW	29,485	0,030	4,199	0,053	0,000	28,900	0,002	4,607	0,004	0,148
Composizione											
solidi	gas	solidi	gas								
C	CO ₂	kg/kg	% vol	9,187					9,19		
H	Ar	kg/kg	% vol	0,828					0,83		
O	O ₂	kg/kg	% vol	8,102					8,10		
N	N ₂	kg/kg	% vol	69,230					69,23		
S	SO ₂	kg/kg	mg/Nm ³	227.547					195.547		
Cl	HCl	kg/kg	mg/Nm ³	781.698					781.698		
F	HF	kg/kg	mg/Nm ³	1.523					1.523		
-	NOx	kg/kg	mg/Nm ³	450.857					450.857		
H ₂ O	H ₂ O	kg/kg	% vol	12,558					12,56		
Ceneri	Ceneri	kg/kg	mg/Nm ³		1697,51					1697,51	

CALCOLO CICLO TERMICO

INPUT CICLO TERMICO			
	UM		UM
T aria raffredd. condensatore (progetto)	20,0 °C	293,15	K
T acqua reintegro ciclo (progetto)	20,0 °C	293,15	K
Pressione scarico turbina (condensatore)	10 kPa	0,100	bar.a
Pressione degasatore	143 kPa	1,43	bar.a
Pressione 1° spillamento	1.200 kPa	12,00	bar.a
Temperatura 1° spillamento	250,0 °C	523,15	K
Portata 1° spillamento	0 kg/h	0,00	t/h
Pressione 2° spillamento	600 kPa	6,00	bar.a
Temperatura 2° spillamento	175,0 °C	448,15	K
Portata 2° spillamento	4.000 kg/h	4,00	t/h
Efficienza termodinamica turbina (isoentropica)	0,80		
Efficienza meccanica turbina/riduttore	0,98		
Efficienza alternatore	0,98		

dati turbinista

OUT CALDAIA

Portata vapore surriscaldato	8,97 kg/s	32,31	t/h
Pressione vapore surriscaldato	5.000 kPa	50,0	bar.a
Temperatura vapore surriscaldato	410 °C	683,15	K
Entalpia vapore surriscaldato	3.221,16 kJ/kg	769,4	kcal/kg

BILANCIO TURBINA

Ingresso turbina			
Portata vapore surriscaldato	8,92 kg/s	32,11	t/h
Pressione vapore surriscaldato	4.850 kPa	48,5	bar.a
Temperatura vapore surriscaldato	405,0 °C	678,15	K
Temperatura vapore saturo corpo cilindrico	270,0 °C	543,12	K
Entalpia vapore surriscaldato	3.211,58 kJ/kg	767,07	kcal/kg
Entropia vapore surriscaldato	6,68 kJ/kg°C	1,60	kcal/kg°C

150 kPa dp linea sh
5 °C dT linea sh

Scarico turbina

Pressione	10,00 kPa	0,100	bar.a
Temperatura alla saturazione	45,8 °C	318,96	K
Entropia ingresso turbina	6,68 kJ/kg°C	1,60	kcal/kg°C
Entropia liquido saturo	0,65 kJ/kg°C	0,16	kcal/kg°C
Entropia vapore saturo	8,15 kJ/kg°C	1,95	kcal/kg°C
Titolo vapore allo scarico ideale	0,80		
Entalpia liquido saturo	191,81 kJ/kg	45,81	kcal/kg
Entalpia vapore saturo	2.583,86 kJ/kg	617,14	kcal/kg
Entalpia scarico turbina ideale	2.116,47 kJ/kg	505,51	kcal/kg
Entalpia scarico turbina reale	2.335,49 kJ/kg	557,82	kcal/kg
Calore latente di condensazione	2.392,05 kJ/kg	571,33	kcal/kg
Titolo vapore allo scarico reale	0,90		

EQUAZIONI DI BILANCIO CICLO TH

INPUT			
Portata vapore alle tenute (Q3')	200 kg/h	0,20	t/h
Portata vapore agli eiettori (Q3'')	200 kg/h	0,20	t/h
Reintegro % di portata acqua alimento	1 %		
Portata make up (Q2)	325 kg/h	0,32	t/h
Portata blow down (Q6)	162 kg/h	0,16	t/h
Portata a preriscaldatore aria 1a (Q7)	2.084 kg/h	2,08	t/h
Portata acqua alimento IN caldaia (Q5)	32.467 kg/h	32,47	t/h
Portata vapore OUT caldaia (Qc)	32.305 kg/h	32,31	t/h
Portata vapore IN turbina (Qv)	32.105 kg/h	32,11	t/h

1 - Bilancio di massa turbina

$Q_v = \text{portata vapore} = \text{portata condensatore (Q1)} + \text{TLR} + \text{portata 1° spill (Q1s)} + \text{portata 2° spill (Q2s)}$

Q1 28.105 kg/h 28,11 t/h

2 - Bilancio di massa pozzo caldo

$Q_1 + Q_3' + Q_3'' + Q_2 = \text{portata condensato (Q3)}$

Q3 28.830 kg/h 28,83 t/h

3 - Bilancio di massa collettore MP

$Q_{1s} = Q_7 + \text{portata di degasazione (Q4)} + Q_3'$

Q4 1.716 kg/h 1,72 t/h

4 - Input per preriscaldatore fumi/condensato

P condensato di rilancio al pozzo caldo	11,5 bar.a		
T condensato al pozzo caldo	44,8 °C	1,0	°C
dT condensato in scambiatore eiettori	2,0 °C		
dT condensato in gland condenser	0,5 °C		
T condensato IN preriscaldatore	47,3 °C		
Entalpia specifica	199,1 kJ/kg		

5 - Bilancio entalpico degasatore

Acqua alimento caldaia (Q5)

Portata OUT	32.467 kg/h
Temperatura	110,0 °C
Entalpia	461,42 kJ/kg

Blown down (Q6)

Portata IN	162 kg/h
Temperatura	270,0 °C
Entalpia	1.185,09 kJ/kg

Condensato (Q3)

Portata IN	28.830 kg/h	pressione all'ingresso
Temperatura	83,5 °C	2,5 bar.a
Entalpia	349,72 kJ/kg	

Condensa preriscaldatore aria 1a (Q7)

Portata IN	2.084 kg/h
Temperatura	136,8 °C
Entalpia	575,66 kJ/kg

Perdite = Make up (Q2)

Portata OUT	325 kg/h
Temperatura	110,0 °C
Entalpia	2.691,06 kJ/kg

Degasazione (Q4)

Portata IN	1.563 kg/h	dt all'ingresso	pressione all'ingresso
Temperatura	173,0 °C	2,0 °C	4,0 bar.a
Entalpia	2.803,57 kJ/kg	91,1 %	

Condensa preriscaldatore DeNOx

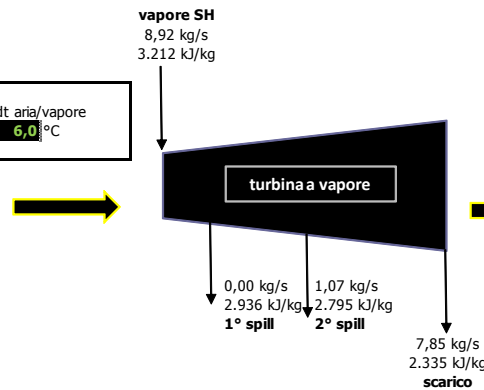
Portata IN	0,00 kg/h	pressione all'ingresso	
Temperatura	149,0 °C	5,0 bar.a	
Entalpia	627,67 kJ/kg	dt all'ingresso	
Equilibrio	2 kJ	60,0 °C	

6 - Bilancio preliminare condensatore

Portata vapore esausto (Q1)	7,8 kg/s	28,1 t/h
Temperatura vapore esausto	45,8 °C	318,96 K
Entalpia vapore esausto	2.116,47 kJ/kg	505,51 kcal/kg
Entalpia liquido saturo (condensato)	191,8 kJ/kg	45,8 kcal/kg
Calore di condensazione	15.026 kJ/s	15,0 MW
Portata aria di raffreddamento	751 kg/s	2.705 t/h
Portata volumetrica aria di raffreddamento	626 m ³ /s	2.252.194 m ³ /h
		dt aria/vapore 6,0 °C

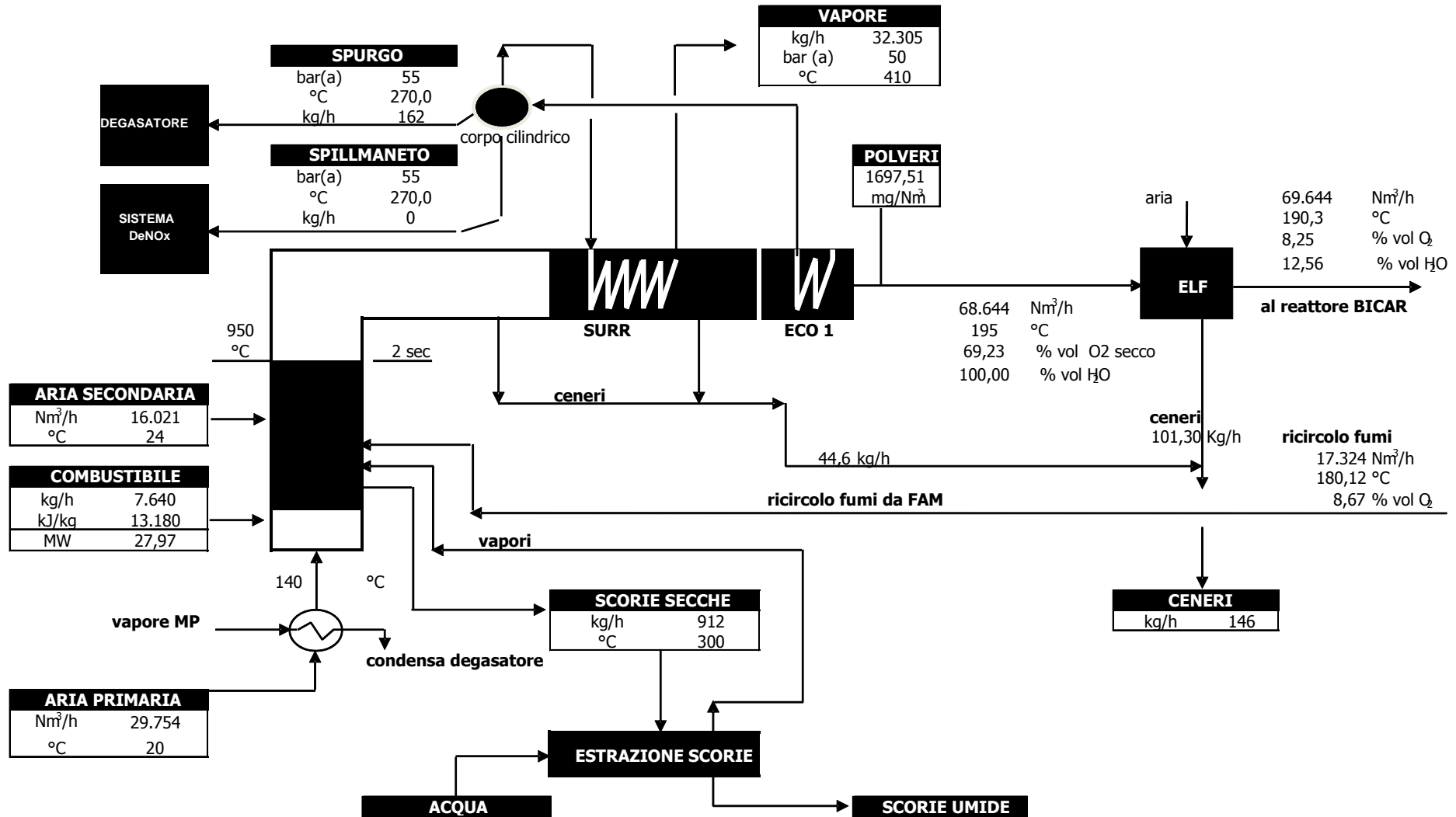
7 - Bilancio potenza turbina

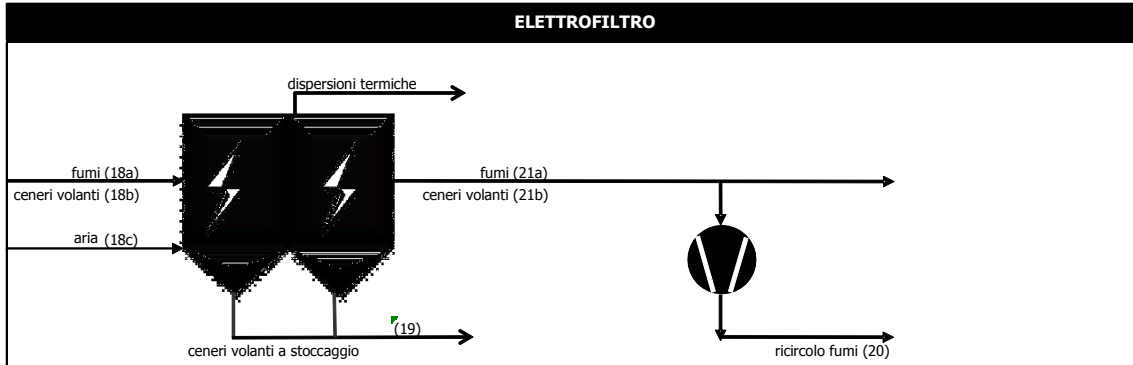
Potenza meccanica 1° salto	2.461 kW	2,5 MW
Potenza meccanica 2° salto	1.258 kW	1,3 MW
Potenza meccanica 3° salto	3.604 kW	3,6 MW
Potenza teorica turbina	7.322 kW	7,32 MW
Potenza effettiva turbina	7.191 kW	7,19 MW



POTENZA E RENDIMENTI		
Potenza in entrata al generatore	7.191 kW	7,19 MW
Potenza ai morsetti del generatore	7.061 kW	7,06 MW
Autoconsumo utenze impianto	1.000 kW	1,000 MW
Produzione netta energia elettrica	6.061 kW	6,06 MW
Potenza termica ingresso impianto	27.972 kW	27,97 MW
Rendimento di caldaia	83,87 %	
Rendimento combustore	81,56 %	
Rendimento lordo impianto	25,71 %	
Rendimento netto impianto	21,67 %	

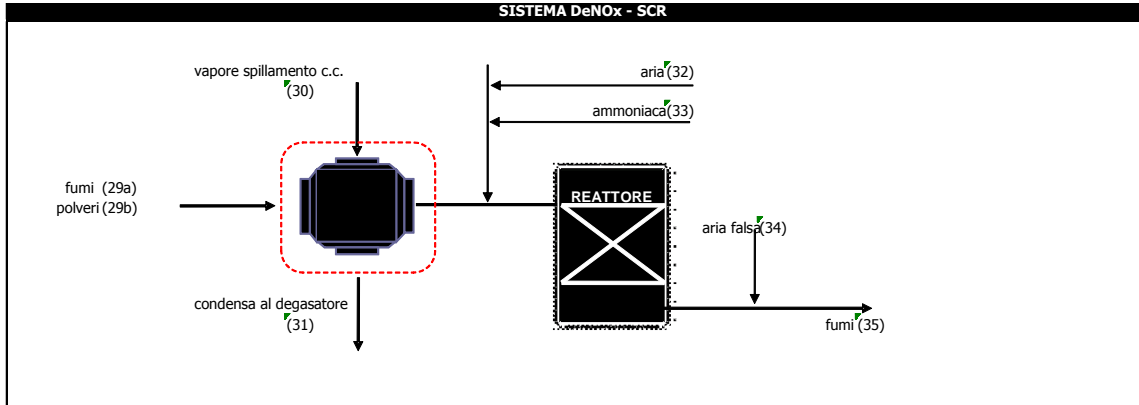
bilancio combustione al: CTN - caldaia pulita 13.180 kJ/kg 7,64 t/h 27,97 MWt





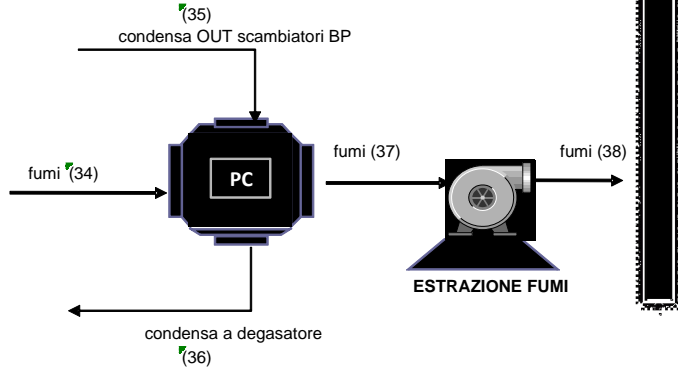
Descrizione	U.M.	Fumi OUT caldaia	Ceneri volanti con fumi	Aria flussaggio Aria falsa	Ceneri volanti a stoccaggio	Fumi OUT elettrofiltro	Ceneri volanti con fumi	Ricircolo fumi
		(18a)	(18b)	(18c)	(19)	(21a)	(21b)	(20)
Portata ponderale								
secca	kg/h	80.835	103,97		101,30	81.963	2,674	0
umida	kg/h	87.764		1.230		88.994		0
Portata volumetrica								
secca	Nm ³ /h	60.023				60.896		0
umida	Nm ³ /h	68.644		1.000		69.644		0
Densità								
secca	kg/Nm ³	1,347				1,347		1,347
umida	kg/Nm ³	1,279				1,279		1,279
Temperatura	°C	195,0	195,0	70,0	195,0	190,3	190,3	190,3
Pressione	bar	1,007				1,004		
Calore specifico	kJ/kg°C	1,100	0,700	1,082	0,70	1,099	0,70	1,099
Entalpia specifica	kJ/kg	189,0	122,5	52,3	122,5	183,9	119,2	183,9
Energia	MW	4,607	0,00354	0,01787	0,00345	4,546	0,00009	0,000
Composizione								
ceneri		fumi						
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,187		9,056		
H	kg/kg	Ar	% vol	0,828		0,828		
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,102		8,249		
N	kg/kg	N ₂	% vol	69,230		69,215		
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	195.547		195,728		
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	781,698		781,558		
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	1,523		1,523		
		NOx	mg/Nm ³	450.857		450.857		
		H ₂ O	% vol	12,558		12,561		
Ceneri	mg/Nm ³			1697,51			15.8	

FILTRO A MANICHE								
Descrizione	U.M.	Fumi IN FAM	Ceneri con fumi	Aria IN	PSR stoccaggio	Fumi OUT FAM	Polveri con fumi	Ricircolo
		(25a)	(25b)	(26)	(27)	(29a)	(29b)	(28)
Portata ponderale								
secca	kg/h	83.881	181,45		181,39	64.724	0,047	20.439
umida	kg/h	90.964		1.288,8		70.112		22.141
Portata volumetrica								
secca	Nm ³ /h	62.372		1.000		48.158		15.208
umida	Nm ³ /h	71.185				54.861		17.324
Densità								
secca	kg/Nm ³	1,345		1,292		1,344		1,344
umida	kg/Nm ³	1,278		1,289		1,278		1,278
Temperatura	°C	185,3	185,3	20,0	180,1	180,1	180,1	180,1
Pressione	mbar	0,998				0,987		0,987
Calore specifico	kcal/kg°C	1,096	1,00	1,010	1,00	1,094	1,00	1,094
Entalpia specifica	kcal/kg	178,1	165,3	0,00	160,1	172,4	160,1	172,4
Energia	MW	4,501	8,329E-03	0,000E+00	8,068E-03	3,357	2,108E-06	1,060
Composizione								
Solidi		fumi						
C	kg/kg	CO ₂	% vol			8,80		8,80
H	kg/kg	Ar	% vol			0,83		0,83
O	kg/kg	O ₂	% vol			8,67		8,67
N	kg/kg	N ₂	% vol			69,45		69,45
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³			2,9		2,9
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³			3		3
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³			0,02		0,02
		NOx	mg/Nm ³			450		450
H ₂ O		H ₂ O	% vol			12,22		
Ceneri/Polveri			mg/Nm ³				0,75	0,98



Descrizione	U.M.	Fumi OUT	Polveri con	Vapore	Condensa	Aria iniezione	Ammoniac	Aria falsa	Fumi OUT
		FAM	fumi	spillamento	al	ammoniac			DeNOx-SCR
		(29a)	(29b)	c.c.	degasatore	(32)	(33)	(34)	(35)
Portata ponderale									
secca	kg/h	64.724	0,047						65.647
umida	kg/h	70.112		0,0	0,0	0,0	52,9	954	71.120
Portata volumetrica									
secca	Nm ³ /h	48.158							48.873
umida	Nm ³ /h	54.861				0		750	55.682
Densità									
secca	kg/Nm ³	1,344							1,343
umida	kg/Nm ³	1,278							1,277
Temperatura	°C	180,1	180,1	240,0	209,0	20,0		50,0	176,1
Pressione	bar.a	0,987		25,00	24,00				0,981
Calore specifico	kJ/kg°C	1,094	1,000			1,010		1,030	1,093
Potere calorifico	kJ/kg								
Entalpia specifica	kJ/kg	172,4	160,1	2.852,2	893,0	0,0		30,6	168,1
Energia	MW	3,357	2,108E-06	0,000	0,000	0,00000		0,00811	3,320
Composizione									
solidi		gas							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	8,80					8,67
H	kg/kg	Ar	% vol	0,83					0,83
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,67					8,81
N	kg/kg	N ₂	% vol	69,45					69,46
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	2,9					2,9
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3					3
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,02					0,02
		NOx	mg/Nm ³	450					30
		NH ₃	mg/Nm ³	0,00					9,65
		H ₂ O	% vol	12,22					12,23
Polveri	mg/Nm ³			0,75					0,75

PRERISCALDATORE CONDENSE - CAMINO

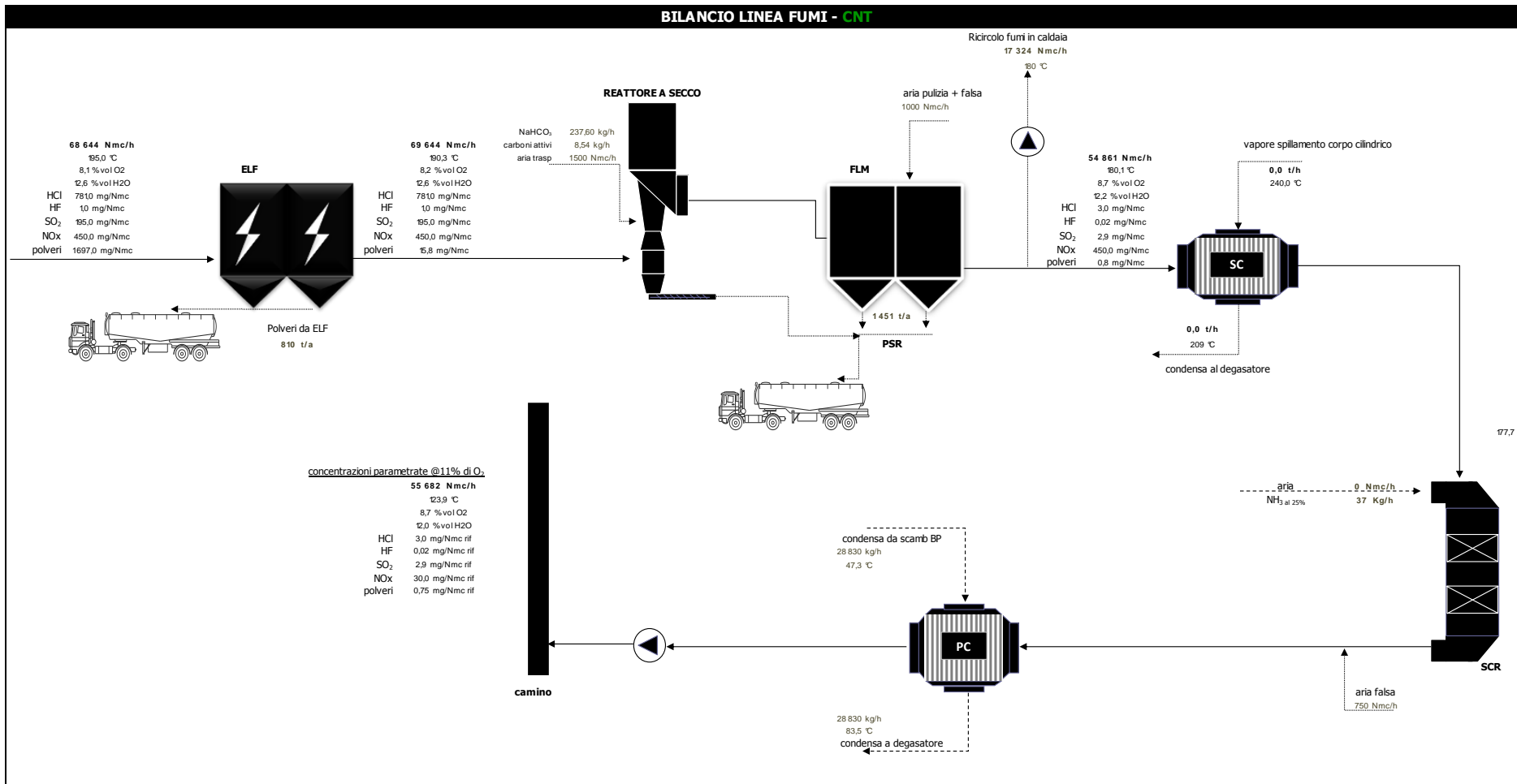


CAMINO EMISSIONI
riferite 11 % O₂
fumi anidri

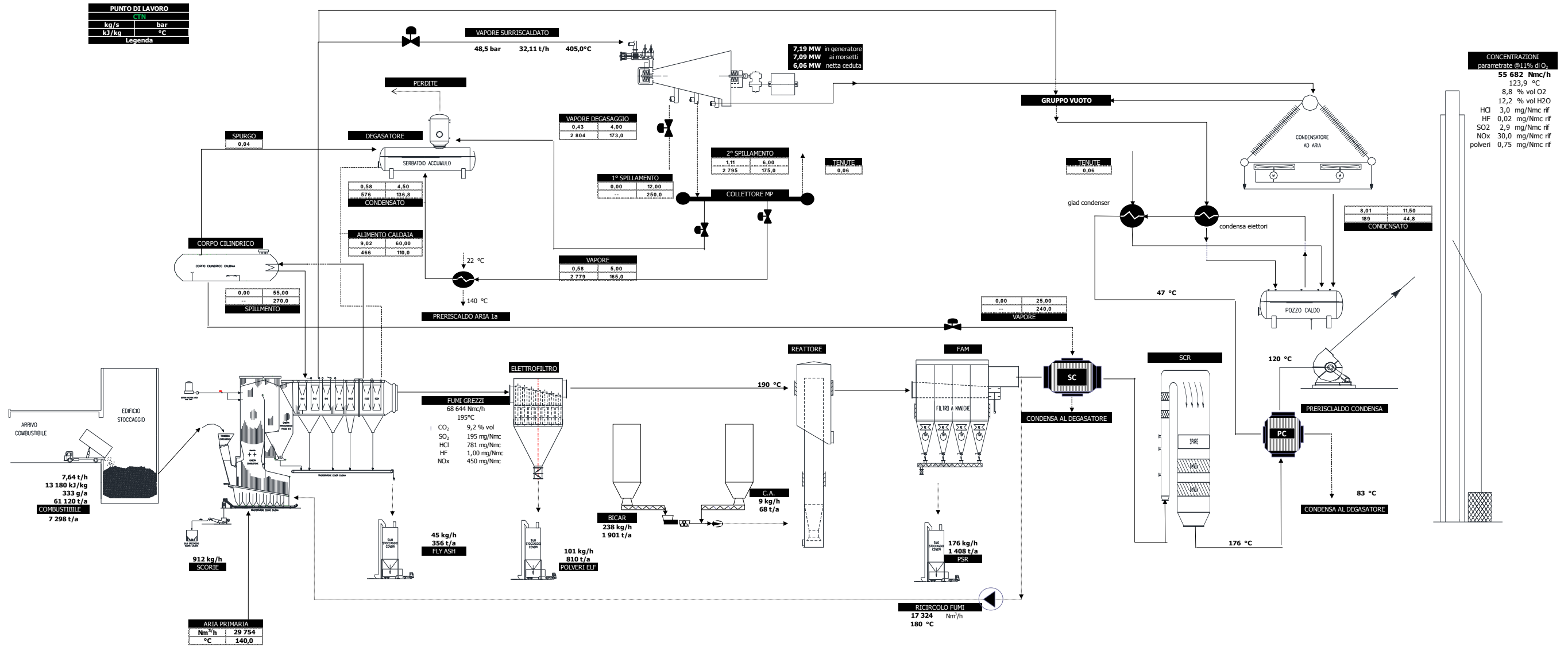
SO ₂	2,9	mg/Nmc
HCl	3	mg/Nmc
HF	0,02	mg/Nmc
NO _x	30,00	mg/Nmc
NH ₃	7,91	mg/Nmc
Polveri	0,75	mg/Nmc

Descrizione		U.M.	Fumi OUT DeNOx	Fumi OUT PC	Fumi al camino		Condensa scamb BP	Condensa a degasatore
			(34)	(37)	(38)		(35)	(36)
Portata ponderale								
secca		kg/h	65.647		secca	secca (11%)		
umida		kg/h	71.120				28.830	28.830
Portata volumetrica								
secca		Nm ³ /h	48.873					
umida		Nm ³ /h	55.682					
Densità								
secca		kg/Nm ³	1,343					
umida		kg/Nm ³	1,277					
Temperatura		°C	176,1	120,0	123,9		47,3	83,5
Pressione		bar	0,981	0,978	1,013			
Calore specifico		kJ/kg°C	1,093	1,080	1,081			
Entalpia specifica		kJ/kg	168,1	107,0	111,2		199,1	349,7
Energia		MW	3,320	2,113	2,197		1,594	2,801
Composizione								
solidi		gas						
C	kg/kg	CO ₂	% vol	8,67		9,88		
H	kg/kg	Ar	% vol	0,83		0,95		
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,81		10,03		
N	kg/kg	N ₂	% vol	69,46		79,14		
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	2,9		2,9		
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3		3		
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,02		0,02		
		NO _x	mg/Nm ³	30,00		30,00		
		NH ₃	mg/Nm ³	9,65		7,91		
		H ₂ O	% vol	12,23				
Polveri	mg/Nm ³			0,75		0,75		

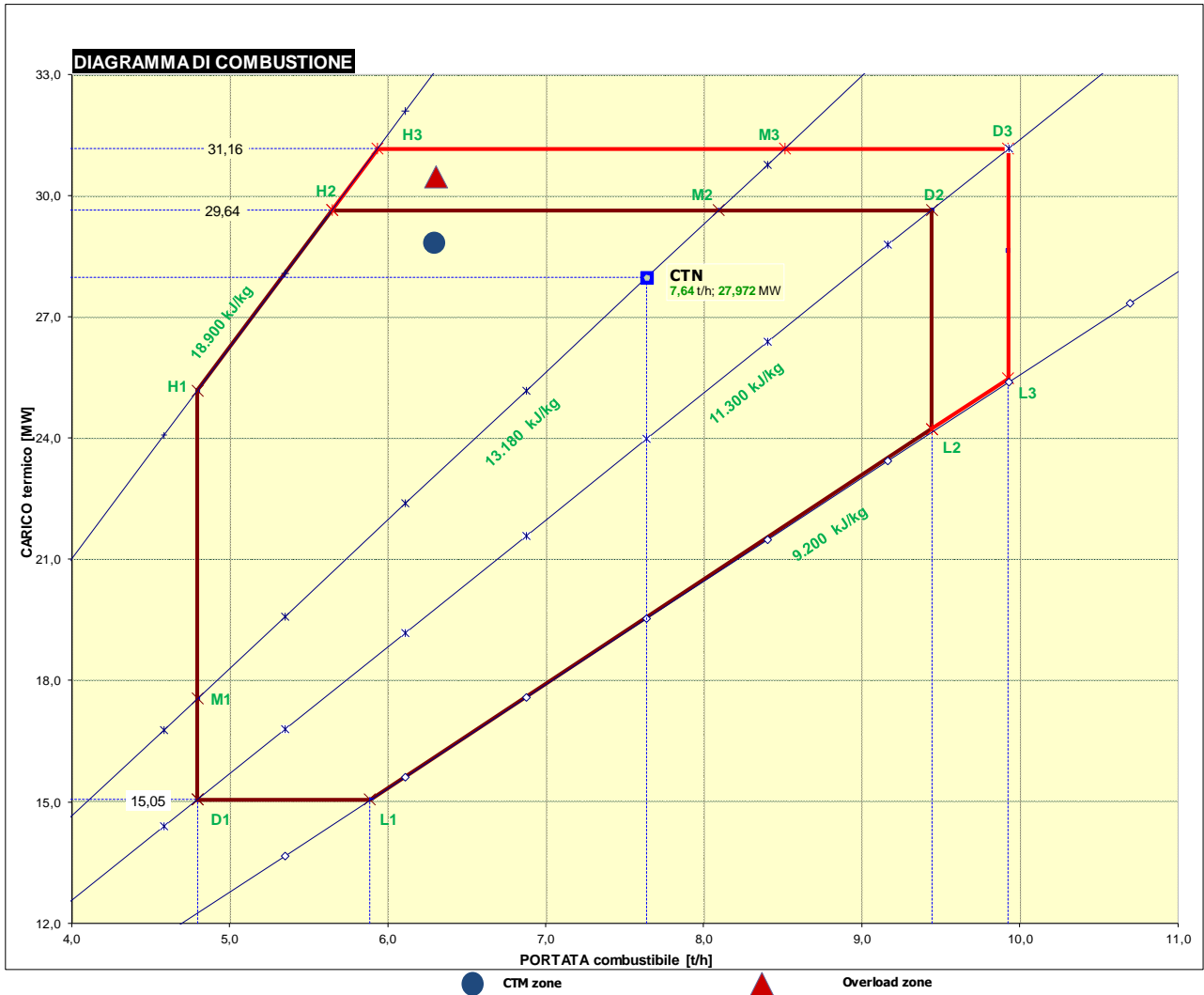
BILANCIO LINEA FUMI - CNT



BILANCIO ENERGETICO DI MASSA E AMBIENTALE DELL'IMPIANTO



2.2 SCENARIO 2_ PUNTO D₂ DEL DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE



COMBUSTIBILI E DATI AMBIENTALI

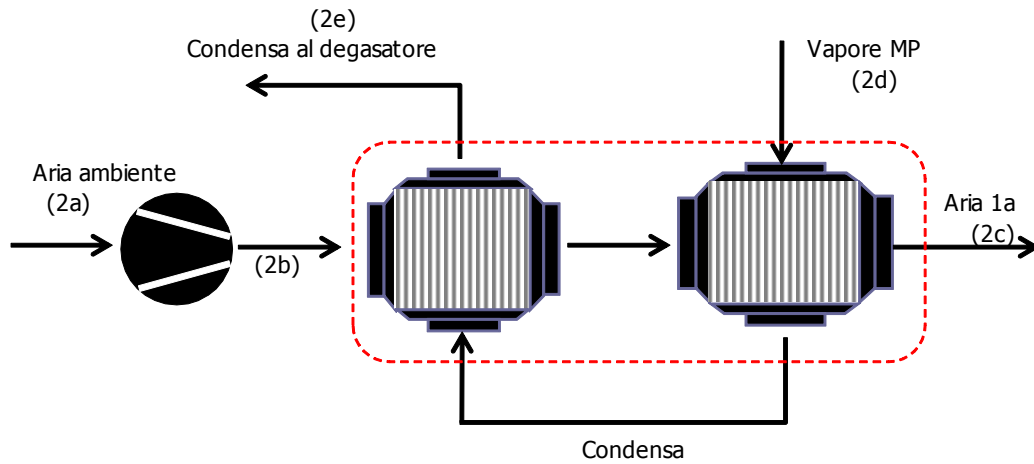
Combustibili e calcolo del potere calorifico

Combustibile			L	D	M	H
	PM	U.M.	MISCELA COMBUSTIBILE			
C	12,011	kg/kg	0,27000	0,30000	0,33560	0,41100
H ₂	2,016	kg/kg	0,02000	0,03000	0,04880	0,06000
O ₂	32,000	kg/kg	0,15000	0,16000	0,25420	0,15000
N ₂	28,014	kg/kg	0,00684	0,00210	0,00001	0,01300
S	32,066	kg/kg	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100
Cl	35,457	kg/kg	0,00700	0,00700	0,00700	0,00700
F	19,000	kg/kg	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
H ₂ O	18,016	kg/kg	0,34110	0,30000	0,21780	0,18270
Ceneri	-	kg/kg	0,20405	0,19989	0,13560	0,17529
Σ	-	kg/kg	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PCI_calcolato		kJ/kg	9.091	11.212	13.296	18.935
PCI_set		kJ/kg	9.200	11.300	13.180	18.900

temperatura combustibile	20 °C
peso specifico apparente combustibile	200 kg/m ³

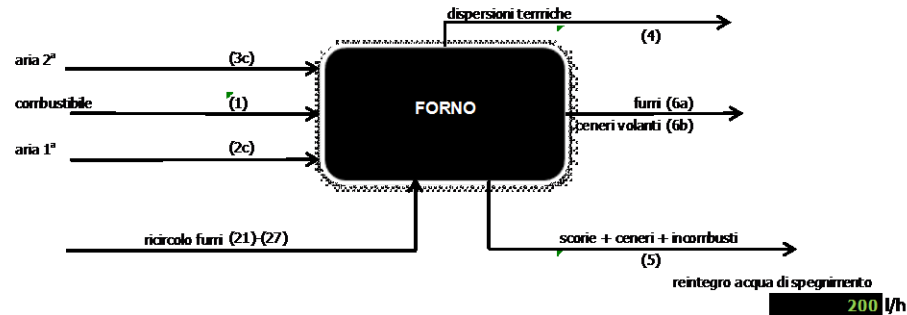
Dati di progetto della linea	
n° linee	1
capacità oraria di progetto della linea	9,36 t/h
tipo di combustibile	D
PCI di progetto	11.300 kJ/kg
Potenza termica corrispondente	29.380 kW
gg/y di funzionamento effettivo	333 n°
capacità giornaliera di combustione	224,64 t/d
capacità annua di combustione	74.880 t/a
h/y di funzionamento continuo	8.000 n°
disponibilità prevista d'impianto	91,3 %

PRERISCALDATORE ARIA PRIMARIA



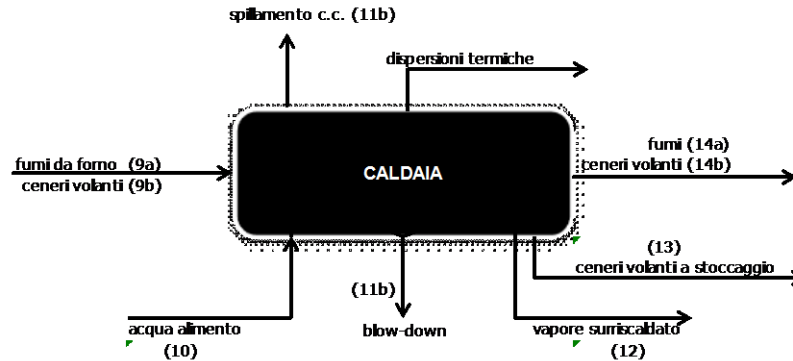
Descrizione	U.M.	Aria	Aria	Vapore MP	Aria 1a	Condensa
		(2a)	(2b)	(2d)	(2c)	(2e)
Portata ponderale						
secca	kg/h					
umida	kg/h	39.061	39.061	2123,04	39.061	2123,04
Portata volumetrica						
secca	Nm ³ /h					
umida	Nm ³ /h	30.308	30.308		30.308	
Densità						
secca	kg/Nm ³					
umida	kg/Nm ³	1,201	1,222			
Temperatura	°C	20,0	22,0	165,0	140,0	136,8
Pressione	bar	1,013	1,038	5,000	1,032	4,5
Calore specifico	kJ/kg°C	1,0098	1,0098		1,0203	
Entalpia specifica	kJ/kg	0,000	2,049	2.778,87	121,8	575,66
Energia	MW	0,000	0,022		1,322	

FORNO DI COMBUSTIONE



Descrizione	U.M.	Combustibile (1)	Aria 1° combustione (2c)	Aria 2° combustione (3c)	Aria totale (cond am b)	Residui di fondo (5)	Fumi (6a)	Ceneri volanti con fumi (6b)	Dispersioni termiche (4)	Riciccolo Fumi (21)-(27)
Portata ponderale										
secca	kg/h	6.552	38.890	20.941	59.830	1.629	83.032	265,24		20.967
umida	kg/h	9.360	39.061	21.033	60.094		90.385			22.772
Portata volumetrica										
secca	Nm³/h		30.094	16.204	46.298		61.443			15.549
umida	Nm³/h		30.308	16.320	46.627		70.591			17.794
Densità										
umida	kg/Nm³	200,0	0,868	1,207	1,201		0,267			1,280
secca	kg/Nm³		0,870	1,210			0,282			1,349
Temperatura	°C	20,0	140,0	24,0	20,0	300,0	1.050,0	1.050,0		180,3
Pressione	bar						1,025			
Calore specifico	kJ/kg°C	0,300	1,020	1,010	1,010	0,670	1,293	1,100		1,096
Potere calorifico	kJ/kg	11.300				7,60				
Entalpia specifica	kJ/kg	0,00	121,80	4,06	0,00		1.212,38	721,00		172,76
Energia	MW	29,380	1,322	0,024	0,000	0,081	30,439	0,053	0,147	1,093
Composizione										
Solidi		Fumi								
C	kg/kg	CO ₂	% vol				9,784			9,390
H	kg/kg	Ar	% vol				0,820			0,823
O	kg/kg	O ₂	% vol				7,750			8,318
N	kg/kg	N ₂	% vol				68,582			68,814
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm³				305,340			
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm³				1.096,660			
F	kg/kg	HF	mg/Nm³				1,700			
		NOx	mg/Nm³				566,247			
H ₂ O	kg/kg	H ₂ O	% vol				12,959			12,619
		Ceneri	mg/Nm³					4.316,90		

CALDAIA - CALCOLO PRODUZIONE VAPORE



Descrizione	U.M.	Fumi da forno	Ceneri volanti entranti	Acqua alimento	Blow-down	Spillamento c.c.	Vapore surriscaldato	Ceneri volanti a stoccaggio	Fumi a trattamento	Ceneri volanti con fumi	Dispersioni termiche
		(9a)	(9b)	(10)	(11a)	(11b)	(12)	(13)	(14a)	(14b)	
Portata ponderale											
secca	kg/h	83.032							83.032		
umida	kg/h	90.385	265,24	33.548	166,91	0,00	33.381	79,57	90.385	185,67	
Portata volumetrica											
secca	Nm ³ /h	61.443							61.443		
umida	Nm ³ /h	70.591							70.591		
Densità											
secca	kg/Nm ³	1,351									
umida	kg/Nm ³	1,280									
Temperatura	°C	1.050,0	1.050,0	110,0	270,0	270,0	410,0	240,0	195,0	195,0	
Pressione	bar	1,025		60,0	55,0	55,0	50,0				
Calore specifico	kJ/kg°C	1,293	1,100					0,700		0,700	
Entalpia specifica	kJ/kg	1.212	721,0	465,7	1.185,1	1.185,1	3.221,2	154,0	189,2	122,5	
Energia	MW	30,439	0,053	4,339	0,055	0,000	29,863	0,003	4,751	0,006	0,152
Composizione											
solidi	gas	solidi	gas								
C	CO ₂	kg/kg	% vol	9,784					9,78		
H	Ar	kg/kg	% vol	0,820					0,82		
O	O ₂	kg/kg	% vol	7,750					7,75		
N	N ₂	kg/kg	% vol	68,582					68,58		
S	SO ₂	kg/kg	mg/Nm ³	305,340					305,34		
Cl	HCl	kg/kg	mg/Nm ³	1096,660					1096,66		
F	HF	kg/kg	mg/Nm ³	1,700					1,70		
-	NO _x	kg/kg	mg/Nm ³	566,247					566,25		
H ₂ O	H ₂ O	kg/kg	% vol	12,959					12,96		
Ceneri	Ceneri	kg/kg	mg/Nm ³		4.316,90					3.021,83	

CALCOLO CICLO TERMICO			
INPUT CICLO TERMICO			
	UM	UM	
T aria raffredd. condensatore (progetto)	20,0 °C	293,15 K	
T acqua reintegro ciclo (progetto)	20,0 °C	293,15 K	
Pressione scarico turbina (condensatore)	10 kPa	0,100 bar.a	
Pressione degasatore	143 kPa	1,43 bar.a	
Pressione 1° spillamento	1.200 kPa	12,00 bar.a	
Temperatura 1° spillamento	250,0 °C	523,15 K	
Portata 1° spillamento	0 kg/h	0,00 t/h	
Pressione 2° spillamento	600 kPa	6,00 bar.a	
Temperatura 2° spillamento	175,0 °C	448,15 K	
Portata 2° spillamento	4.000 kg/h	4,00 t/h	
Efficienza termodinamica turbina (isoentropica)	0,80		
Efficienza meccanica turbina/riduttore	0,98		
Efficienza alternatore	0,98		
OUT CALDAIA			
Portata vapore surriscaldato	9,27 kg/s	33,38 t/h	
Pressione vapore surriscaldato	5.000 kPa	50,0 bar.a	
Temperatura vapore surriscaldato	410 °C	683,15 K	
Entalpia vapore surriscaldato	3.221,16 kJ/kg	769,4 kcal/kg	
BILANCIO TURBINA			
Ingresso turbina			
Portata vapore surriscaldato	9,22 kg/s	33,18 t/h	
Pressione vapore surriscaldato	4.850 kPa	48,5 bar.a	
Temperatura vapore surriscaldato	405,0 °C	678,15 K	
Temperatura vapore saturo corpo cilindrico	270,0 °C	543,12 K	
Entalpia vapore surriscaldato	3.211,58 kJ/kg	767,07 kcal/kg	
Entropia vapore surriscaldato	6,68 kJ/kg°C	1,60 kcal/kg°C	
Scarico turbina			
Pressione	10,00 kPa	0,100 bar.a	
Temperatura alla saturazione	45,8 °C	318,96 K	
Entropia ingresso turbina	6,68 kJ/kg°C	1,60 kcal/kg°C	
Entropia liquido saturo	0,65 kJ/kg°C	0,16 kcal/kg°C	
Entropia vapore saturo	8,15 kJ/kg°C	1,95 kcal/kg°C	
Titolo vapore allo scarico ideale	0,80		
Entalpia liquido saturo	191,81 kJ/kg	45,81 kcal/kg	
Entalpia vapore saturo	2.583,86 kJ/kg	617,14 kcal/kg	
Entalpia scarico turbina ideale	2.116,47 kJ/kg	505,51 kcal/kg	
Entalpia scarico turbina reale	2.335,49 kJ/kg	557,82 kcal/kg	
Calore latente di condensazione	2.392,05 kJ/kg	571,33 kcal/kg	
Titolo vapore allo scarico reale	0,90		
EQUAZIONI DI BILANCIO CICLO TH			
INPUT			
Portata vapore alle tenute (Q3')	200 kg/h	0,20 t/h	
Portata vapore agli eiettori (Q3'')	200 kg/h	0,20 t/h	
Reintegro % di portata acqua alimento	1 %		
Portata make up (Q2)	335 kg/h	0,34 t/h	
Portata blow down (Q6)	167 kg/h	0,17 t/h	
Portata a preriscaldatore aria 1a (Q7)	2.123 kg/h	2,12 t/h	
Portata acqua alimento IN caldaia (Q5)	33.548 kg/h	33,55 t/h	
Portata vapore OUT caldaia (Qc)	33.381 kg/h	33,38 t/h	
Portata vapore IN turbina (Qv)	33.181 kg/h	33,18 t/h	
1 - Bilancio di massa turbina			
$Q_v = \text{portata vapore} = \text{portata condensatore (Q1)} + \text{TLR} + \text{portata 1° spill (Q1s)} + \text{portata 2° spill (Q2s)}$			
	Q1	29.181 kg/h	29,18 t/h
2 - Bilancio di massa pozzo caldo			
$Q_1 + Q_3' + Q_3'' + Q_2 = \text{portata condensato (Q3)}$			
	Q3	29.917 kg/h	29,92 t/h
3 - Bilancio di massa collettore MP			
$Q_{1s} = Q_7 + \text{portata di degasazione (Q4)} + Q_3'$			
	Q4	1.677 kg/h	1,68 t/h
4 - Input per preriscaldatore fumi/condense			
P condensato di rilancio al pozzo caldo	11,5 bar.a		
T condensato al pozzo caldo	44,8 °C	1,0 °C	
dT condensato in scambiatore eiettori	2,0 °C		
dT condensato in gland condenser	0,5 °C		
T condensato IN preriscaldatore	47,3 °C		
Entalpia specifica	199,1 kJ/kg		

dati turbinista

150 kPa dp linea sh
5 °C dT linea sh

5 - Bilancio entalpico degasatore

Acqua alimento caldaia (Q5)

Portata OUT	33.548 kg/h
Temperatura	110,0 °C
Entalpia	461,42 kJ/kg

Blown down (Q6)

Portata IN	167 kg/h
Temperatura	270,0 °C
Entalpia	1.185,09 kJ/kg

Condensato (Q3)

Portata IN	29.917 kg/h	pressione all'ingresso
Temperatura	83,3 °C	2,5 bar.a
Entalpia	349,03 kJ/kg	

Condensa preriscaldatore aria 1a (Q7)

Portata IN	2.123 kg/h
Temperatura	136,8 °C
Entalpia	575,66 kJ/kg

Perdite = Make up (Q2)

Portata OUT	335 kg/h
Temperatura	110,0 °C
Entalpia	2.691,06 kJ/kg

Degasazione (Q4)

Portata IN	1.613 kg/h	dt all'ingresso	pressione all'ingresso
Temperatura	173,0 °C	2,0 °C	4,0 bar.a
Entalpia	2.803,57 kJ/kg	96,2 %	

Condensa preriscaldatore DeNOx

Portata IN	0,00 kg/h	pressione all'ingresso	
Temperatura	149,0 °C	5,0 bar.a	
Entalpia	627,67 kJ/kg	dt all'ingresso	
Equilibrio	13 kJ	60,0 °C	

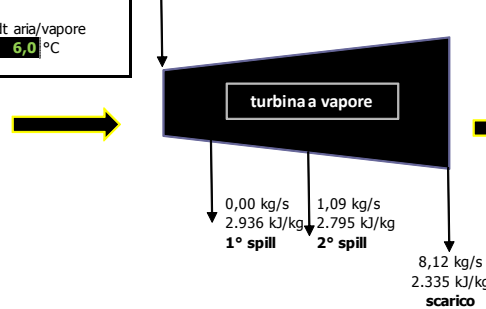
6 - Bilancio preliminare condensatore

Portata vapore esausto (Q1)	8,1 kg/s	29,2 t/h
Temperatura vapore esausto	45,8 °C	318,96 K
Entalpia vapore esausto	2.116,47 kJ/kg	505,51 kcal/kg
Entalpia liquido saturo (condensatao)	191,8 kJ/kg	45,8 kcal/kg
Calore di condensazione	15.601 kJ/s	15,6 MW
Portata aria di raffreddamento	780 kg/s	2.808 t/h
Portata volumetrica aria di raffreddamento	650 m ³ /s	2.338.449 m ³ /h
dt aria/vapore	6,0 °C	

7 - Bilancio potenza turbina

Potenza meccanica 1° salto	2.544 kW	2,5 MW
Potenza meccanica 2° salto	1.300 kW	1,3 MW
Potenza meccanica 3° salto	3.730 kW	3,7 MW
Potenza teorica turbina	7.573 kW	7,57 MW
Potenza effettiva turbina	7.437 kW	7,44 MW

vapore SH
9,22 kg/s
3.212 kJ/kg



POTENZA E RENDIMENTI		
Potenza in entrata al generatore	7.437 kW	7,44 MW
Potenza ai morsetti del generatore	7.303 kW	7,30 MW
Autoconsumo utenze impianto	1.000 kW	1,000 MW
Produzione netta energia elettrica	6.303 kW	6,30 MW
Potenza termica ingresso impianto	29.380 kW	29,38 MW
Rendimento di caldaia	83,89 %	
Rendimento combustore	80,39 %	
Rendimento lordo impianto	25,31 %	
Rendimento netto impianto	21,45 %	

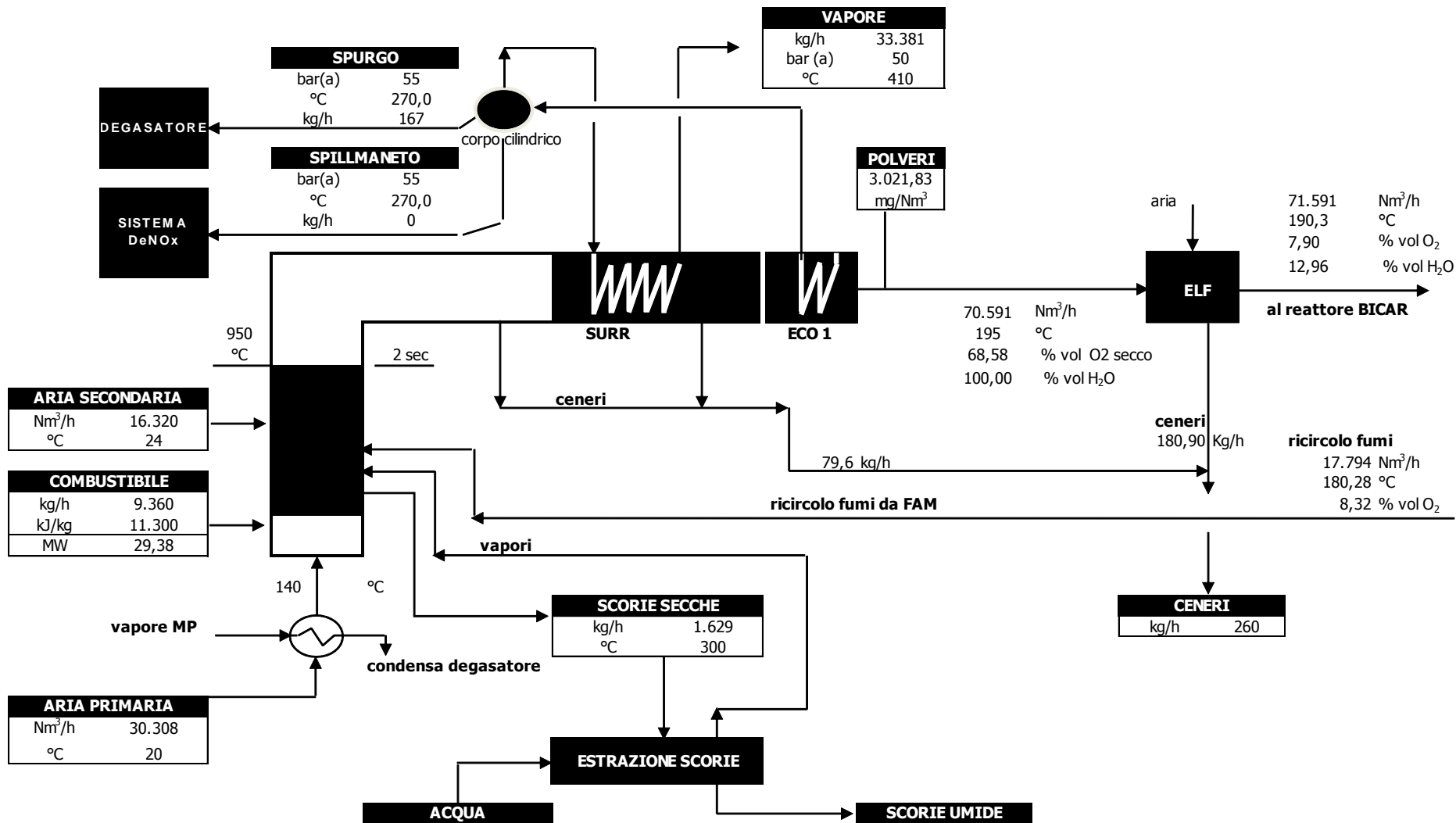
bilancio combustione al:

D₂

11.300 kJ/kg

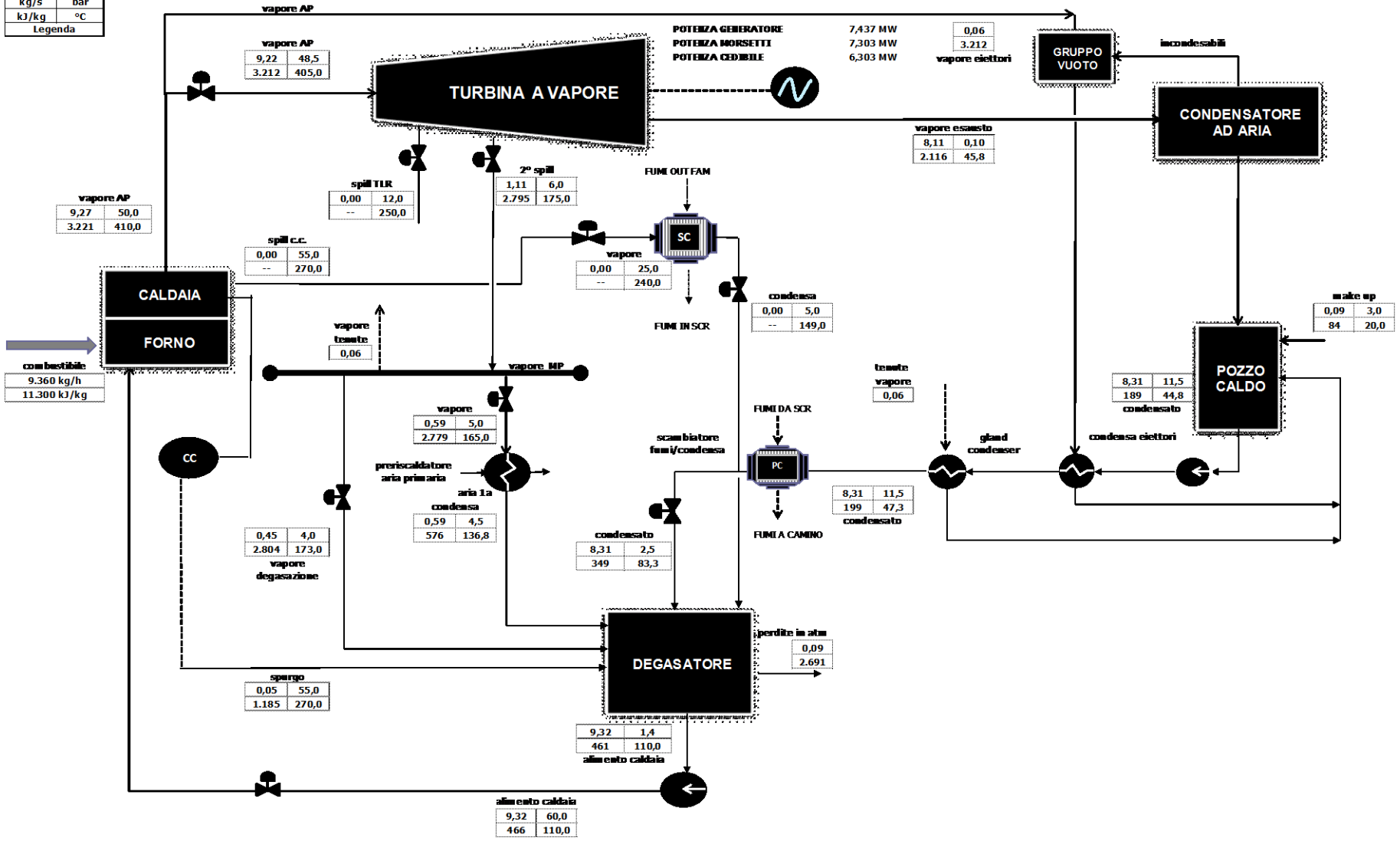
9,36 t/h

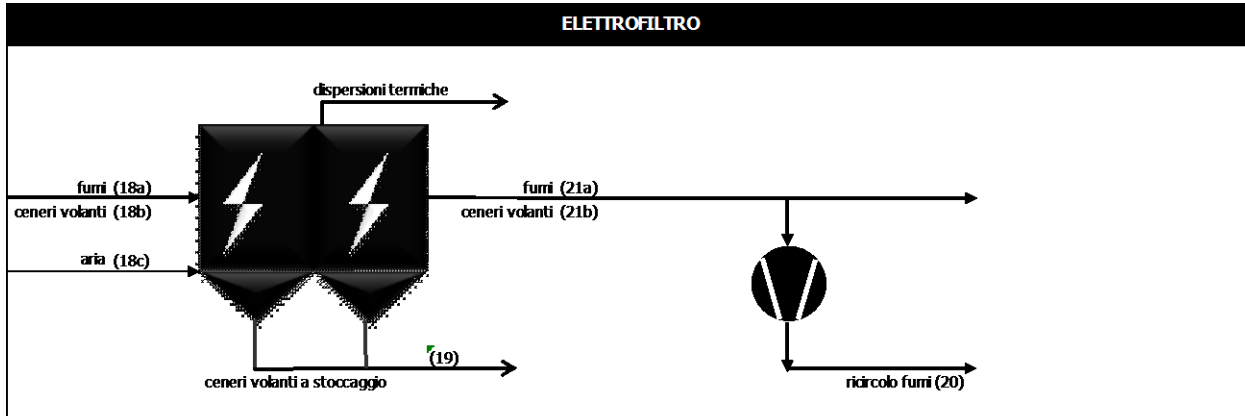
29,38 MWt



D2 SCHEMA CICLO TERMICO 33,38 t/h 48,5 bar.a 410,0 °C

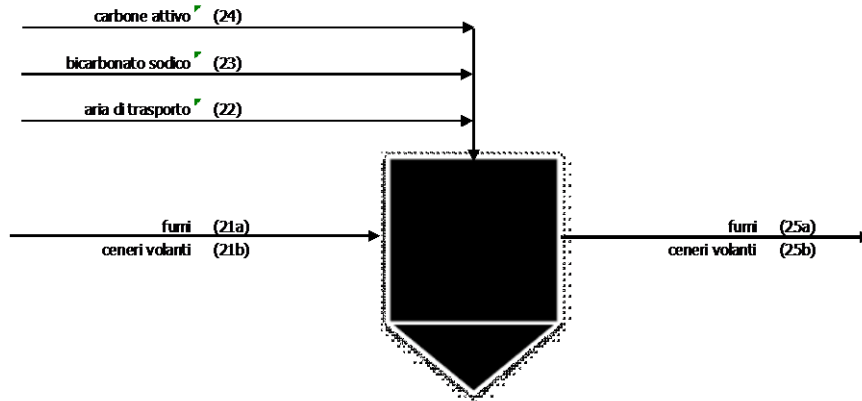
kg/s	bar
kJ/kg	°C
Legenda	





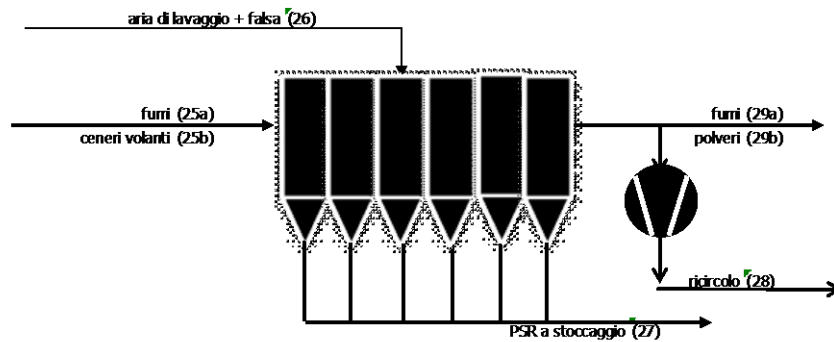
Descrizione	U.M.	Fumi OUT caldaia (18a)	Ceneri volanti con fumi (18b)	Aria flussaggio Aria falsa (18c)	Ceneri volanti a stoccaggio (19)	Fumi OUT elettrofiltro (21a)	Ceneri volanti con fumi (21b)	Ricircolo fumi (20)
Portata ponderale								
secca	kg/h	83.032	185,67		180,90	84.161	4,775	0
umida	kg/h	90.385		1.230		91.615		0
Portata volumetrica								
secca	Nm ³ /h	61.443				62.316		0
umida	Nm ³ /h	70.591		1.000		71.591		0
Densità								
secca	kg/Nm ³	1,351				1,351		1,351
umida	kg/Nm ³	1,280				1,280		1,280
Temperatura	°C	195,0	195,0	70,0	195,0	190,3	190,3	190,3
Pressione	bar	1,007				1,004		
Calore specifico	kJ/kg°C	1,102	0,700	1,082	0,70	1,101	0,70	1,101
Entalpia specifica	kJ/kg	189,2	122,5	52,3	122,5	184,1	119,2	184,1
Energia	MW	4,751	0,00632	0,01787	0,00616	4,686	0,00016	0,000
Composizione								
ceneri		fumi						
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,784		9,648		
H	kg/kg	Ar	% vol	0,820		0,820		
O	kg/kg	O ₂	% vol	7,750		7,897		
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,582		68,576		
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	305,340		301,062		
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	1096,660		1081,298		
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	1,700		1,676		
		NO _x	mg/Nm ³	566,247		558,315		
		H ₂ O	% vol	12,959		12,955		
Ceneri	mg/Nm ³			3.021,83			76,62	

REATTORE DI NEUTRALIZZAZIONE GAS A CIDI

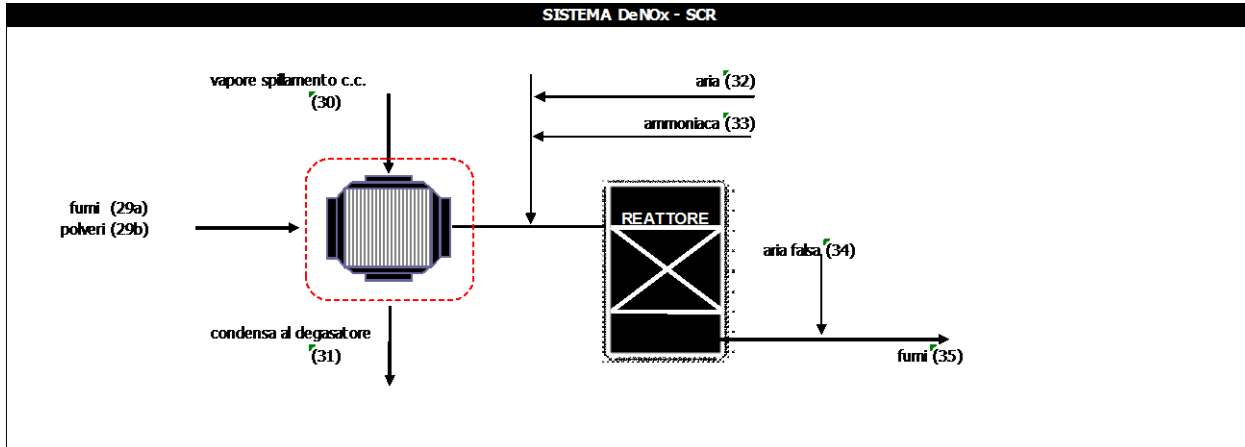


Descrizione		U.M.	Fumi INreattore	Ceneri volanti con fumi IN	Aria di trasporto	Bicarbonato sodico	Carbone attivo	Fumi OUT reattore	Ceneri volanti fumi OUT
			(21a)	(21b)	(22)	(23)	(24)	(25a)	(25b)
Portata ponderale									
secca		kg/h	84.161	4,775		264,40	10,74	86.081	220,43
umida		kg/h	91.615		1.926			93.595	
Portata volumetrica									
secca		Nm ³ /h	62.316					63.793	
umida		Nm ³ /h	71.591		1.500			73.142	
Densità									
secca		kg/Nm ³	1,351		1,292			1,349	
umida		kg/Nm ³	1,280		1,284			1,280	
Temperatura		°C	190,3	190,3	35,0	20,0	20,0	185,3	185,3
Pressione		bar	1,004					0,998	
Calore specifico		kcal/kg°C	1,101	0,700	1,016	1,000	1,000	1,098	1,000
Entalpia specifica		kcal/kg	184,1	119,2	15,2	0,0	0,0	178,5	165,3
Energia		MW	4,686	1,581E-04	0,00813	0,0000	0,0000	4,640	1,012E-02
Composizione									
ceneri		fumi							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,65				9,52	
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82				0,82	
O	kg/kg	O ₂	% vol	7,90				8,15	
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,58				68,70	
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	301,06				4,88	
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	1081,30				3,91	
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	1,68				0,39	
		NO _x	mg/Nm ³	558,32				545,39	
		H ₂ O	% vol	12,96				12,78	
Ceneri	mg/Nm ³			76,62					3.455,4

FILTRO A MANICHE

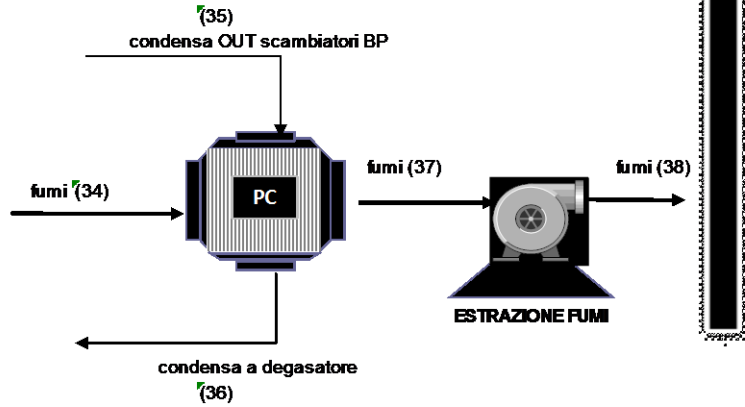


Descrizione		U.M.	Fumi IN FAM (25a)	Ceneri con fumi (25b)	Aria IN (26)	PSR stoccaggio (27)	Fumi OUT FAM (29a)	Polveri con fumi (29b)	Ricircolo (28)
Portata ponderale									
secca	kg/h		86.081	220,43		220,36	66.397	0,048	20.967
umida	kg/h		93.595		1.288,8		72.112		22.772
Portata volumetrica									
secca	Nm ³ /h		63.793		1.000		49.237		15.549
umida	Nm ³ /h		73.142				56.348		17.794
Densità									
secca	kg/Nm ³		1,349		1,292		1,349		1,349
umida	kg/Nm ³		1,280		1,289		1,280		1,280
Temperatura	°C		185,3	185,3	20,0	180,3	180,3	180,3	180,3
Pressione	mbar		0,998				0,987		0,987
Calore specifico	kcal/kg°C		1,098	1,00	1,010	1,00	1,096	1,00	1,096
Entalpia specifica	kcal/kg		178,5	165,3	0,00	160,3	172,8	160,3	172,8
Energia	MW		4,640	1,012E-02	0,000E+00	9,811E-03	3,461	2,159E-06	1,093
Composizione									
Solidi		fumi							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,52			9,39		9,39
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82			0,82		0,82
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,15			8,32		8,32
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,70			68,81		68,81
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,88			4,81		4,81
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,91			3,85		3,85
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,39			0,38		0,38
		NOx	mg/Nm ³	545,39			537,03		537,03
H ₂ O		H ₂ O	% vol	12,78			12,62		
Ceneri/Polveri			mg/Nm ³		3.455,35			0,98	0,98



Descrizione	U.M.	Fumi OUT FAM	Polveri con fumi	Vapore spillamento c.c.	Condensa al degasatore	Aria iniezione ammoniaca	Ammoniaca	Aria falsa	Fumi OUT DeNOx-SCR
		(29a)	(29b)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)
Portata ponderale									
secca	kg/h	66.397	0,048						67.319
umida	kg/h	72.112		0,0	0,0	0,0	55,7	954	73.122
Portata volumetrica									
secca	Nm ³ /h	49.237							49.953
umida	Nm ³ /h	56.348				0		750	57.173
Densità									
secca	kg/Nm ³	1,349							1,348
umida	kg/Nm ³	1,280							1,279
Temperatura	°C	180,3	180,3	240,0	209,0	20,0		50,0	176,3
Pressione	bar.a	0,987		25,00	24,00				0,981
Calore specifico	kJ/kg°C	1,096	1,000			1,010		1,030	1,095
Potere calorifico	kJ/kg								
Entalpia specifica	kJ/kg	172,8	160,3	2.852,2	893,0	0,0		30,6	168,5
Energia	MW	3,461	2,159E-06	0,000	0,000	0,00000		0,00811	3,422
Composizione									
solidi		gas							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,39					9,26
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82					0,82
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,32					8,45
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,81					68,83
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,81					4,74
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,85					3,79
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,38					0,38
		NOx	mg/Nm ³	537,03					50,00
		NH ₃	mg/Nm ³	0,00					9,94
		H ₂ O	% vol	12,62					12,63
Polveri	mg/Nm ³			0,98					0,97

PRERISCA LDATORE CONDENSE - CAMINO

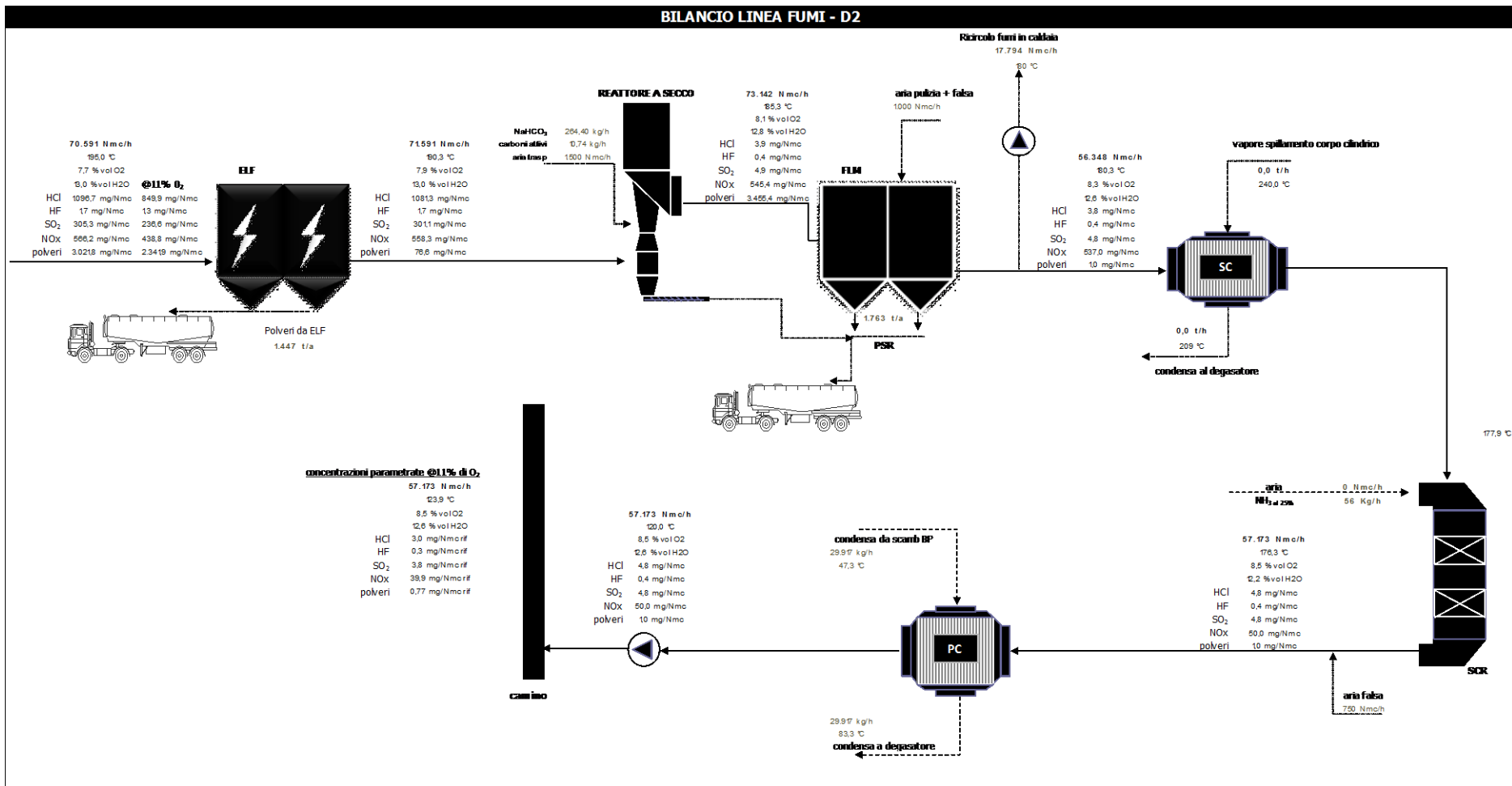


CAMINO EMISSIONI
riferite 11 % O₂
fumi anidri

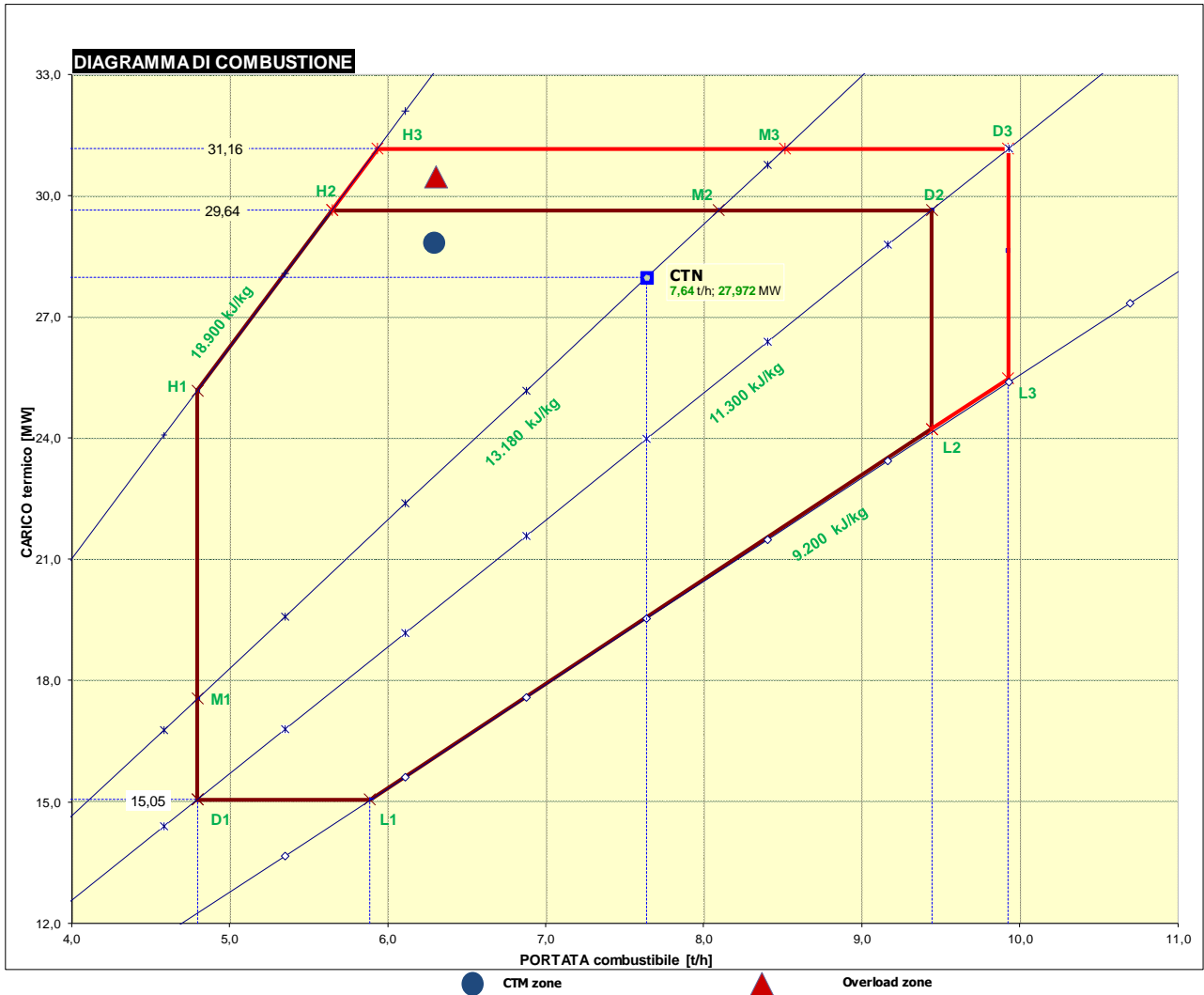
SO ₂	3,78	mg/Nmc
HCl	3,02	mg/Nmc
HF	0,30	mg/Nmc
NO _x	39,85	mg/Nmc
NH ₃	7,93	mg/Nmc
Polveri	0,77	mg/Nmc

Descrizione		U.M.	Fumi OUT DeNO _x	Fumi OUT PC	Fumi al camino		Condensa scamb BP	Condensa a degasatore
			(34)	(37)	(38)	(38)	(35)	(36)
Portata ponderale								
secca		kg/h	67.319		secca	secca (11%)		
umida		kg/h	73.122				29.917	29.917
Portata volumetrica								
secca		Nm ³ /h	49.953					
umida		Nm ³ /h	57.173					
Densità								
secca		kg/Nm ³	1,348					
umida		kg/Nm ³	1,279					
Temperatura		°C	176,3	120,0	123,9		47,3	83,3
Pressione		bar	0,981	0,978	1,013			
Calore specifico		kJ/kg°C	1,095	1,081	1,082			
Entalpia specifica		kJ/kg	168,5	107,1	111,4		199,1	349,0
Energia		MW	3,422	2,175	2,262		1,654	2,900
Composizione								
solidi		gas						
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,26		10,59		
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82		0,94		
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,45		9,68		
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,83		78,78		
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,74			3,78	
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,79			3,02	
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,38			0,30	
		NO _x	mg/Nm ³	50,00			39,85	
		NH ₃	mg/Nm ³	9,94			7,93	
		H ₂ O	% vol	12,63				
Polveri	mg/Nm ³			1,0			0,77	

BILANCIO LINEA FUMI - D2



2.3 SCENARIO 3_ PUNTO D₃ DEL DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE



COMBUSTIBILI E DATI AMBIENTALI

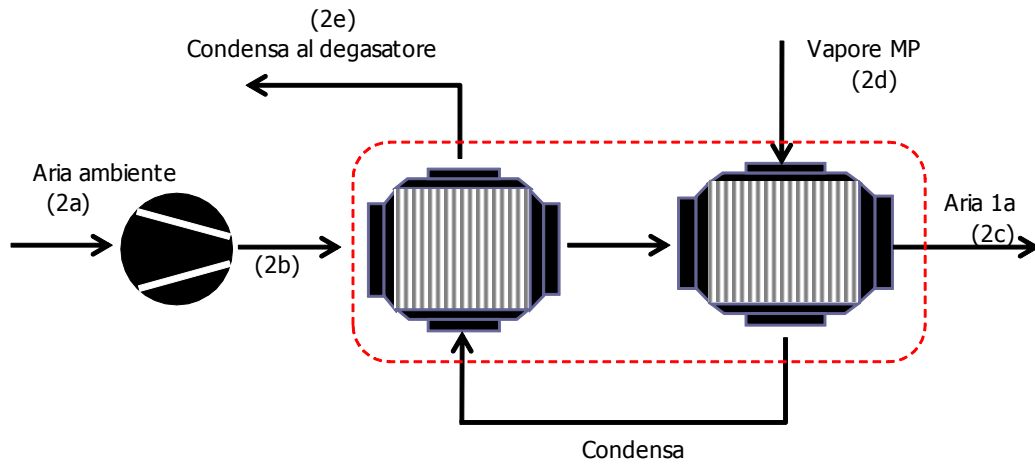
Combustibili e calcolo del potere calorifico

Combustibile	PM	U.M.	L	D	M	H
			MISCELA COMBUSTIBILE			
C	12,011	kg/kg	0,27000	0,30000	0,33560	0,41100
H ₂	2,016	kg/kg	0,02000	0,03000	0,04880	0,06000
O ₂	32,000	kg/kg	0,15000	0,16000	0,25420	0,15000
N ₂	28,014	kg/kg	0,00684	0,00210	0,00001	0,01300
S	32,066	kg/kg	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100
Cl	35,457	kg/kg	0,00700	0,00700	0,00700	0,00700
F	19,000	kg/kg	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
H ₂ O	18,016	kg/kg	0,34110	0,30000	0,21780	0,18270
Ceneri	-	kg/kg	0,20405	0,19989	0,13560	0,17529
Σ	-	kg/kg	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PCI_calcolato		kJ/kg	9.091	11.212	13.296	18.935
PCI_set		kJ/kg	9.200	11.300	13.180	18.900

temperatura combustibile	20 °C
peso specifico apparente combustibile	200 kg/m ³

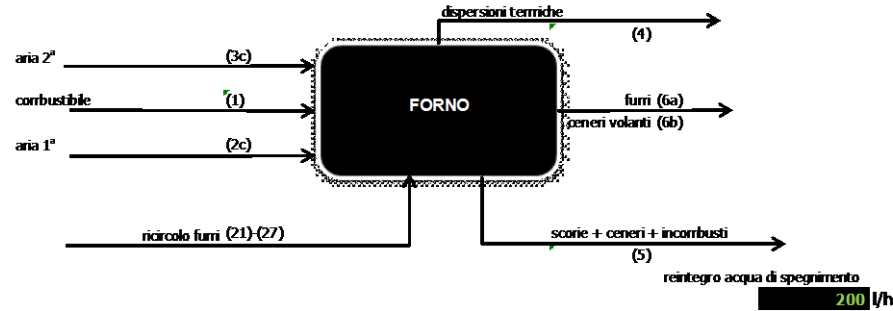
Dati di progetto della linea	
n° linee	1
capacità oraria di progetto della linea	9,87 t/h
tipo di combustibile	D
PCI di progetto	11.300 kJ/kg
Potenza termica corrispondente	30.981 kW
gg/y di funzionamento effettivo	333 n°
capacità giornaliera di combustione	236,88 t/d
capacità annua di combustione	78.960 t/a
h/y di funzionamento continuo	8.000 n°
disponibilità prevista d'impianto	91,3 %

PRERISCALDATORE ARIA PRIMARIA



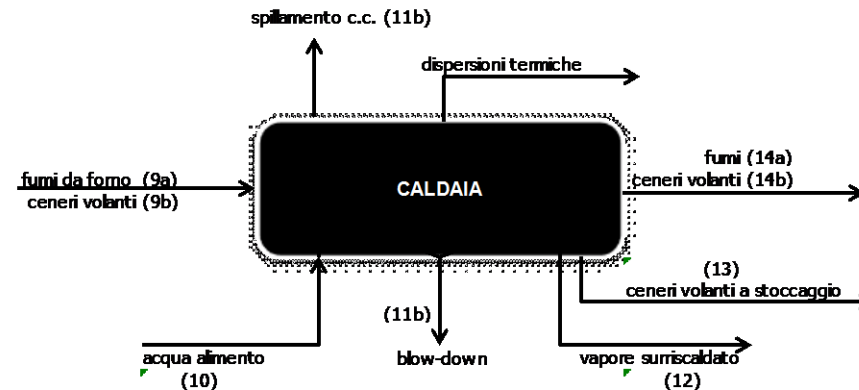
Descrizione	U.M.	Aria	Aria	Vapore MP	Aria 1a	Condensa
		(2a)	(2b)	(2d)	(2c)	(2e)
Portata ponderale						
secca	kg/h					
umida	kg/h	41.233	41.233	2241,06	41.233	2241,06
Portata volumetrica						
secca	Nm ³ /h					
umida	Nm ³ /h	31.992	31.992		31.992	
Densità						
secca	kg/Nm ³					
umida	kg/Nm ³	1,201	1,222			
Temperatura	°C	20,0	22,0	165,0	140,0	136,8
Pressione	bar	1,013	1,038	5,000	1,032	4,5
Calore specifico	kJ/kg°C	1,0098	1,0098		1,0203	
Entalpia specifica	kJ/kg	0,000	2,049	2.778,87	121,8	575,66
Energia	MW	0,000	0,023		1,395	

FORNO DI COMBUSTIONE



Descrizione	U.M.	Combustibile	Aria 1° combustione	Aria 2° combustione	Aria totale (cond amb)	Residui di fondo	Fumi	Ceneri volanti con fumi	Dispersioni termiche	Ricircolo Fumi
		(1)	(2c)	(3c)		(5)	(6a)	(6b)	(4)	(21)-(27)
Portata ponderale										
secca	kg/h	6.909	41.052	22.105	63.156	1.718	87.569	279,70		22.056
umida	kg/h	9.870	41.233	22.202	63.435		95.320			23.957
Portata volumetrica										
secca	Nm ³ /h		31.767	17.105	48.872		64.801			16.355
umida	Nm ³ /h		31.992	17.227	49.219		74.445			18.720
Densità										
umida	kg/Nm ³	200,0	0,868	1,207	1,201		0,267			1,280
secca	kg/Nm ³		0,870	1,210			0,282			1,349
Temperatura	°C	20,0	140,0	24,0	20,0	300,0	1.050,0	1.050,0		190,2
Pressione	bar						1,025			
Calore specifico	kJ/kg°C	0,300	1,020	1,010	1,010	0,670	1,293	1,100		1,099
Potere calorifico	kJ/kg	11.300				7,60				
Entalpia specifica	kJ/kg	0,00	121,80	4,06	0,00		1.212,29	721,00		183,74
Energia	MW	30,981	1,395	0,025	0,000	0,086	32,099	0,056	0,155	1,223
Composizione										
Soldi		Fumi								
C	kg/kg	CO ₂	% vol				9,783			9,412
H	kg/kg	Ar	% vol				0,820			0,823
O	kg/kg	O ₂	% vol				7,752			8,291
N	kg/kg	N ₂	% vol				68,585			68,804
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³				305,293			
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³				1.096,496			
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³				1,700			
		NOx	mg/Nm ³				566,163			
H ₂ O	kg/kg	H ₂ O	% vol				12,954			12,635
		Ceneri	mg/Nm ³					4.316,25		

CALDAIA - CALCOLO PRODUZIONE VAPORE



Descrizione	U.M.	Fumi da forno	Ceneri volanti entranti	Acqua alimento	Blow-down	Spillamento c.c.	Vapore surriscaldato	Ceneri volanti a stoccaggio	Fumi a trattamento	Ceneri volanti con fumi	Dispersioni termiche
		(9a)	(9b)	(10)	(11a)	(11b)	(12)	(13)	(14a)	(14b)	
Portata ponderale											
secca	kg/h	87.569							87.569		
umida	kg/h	95.320	279,70	34.992	174,09	0,00	34.818	83,91	95.320	195,79	
Portata volumetrica											
secca	Nm ³ /h	64.801							64.801		
umida	Nm ³ /h	74.445							74.445		
Densità											
secca	kg/Nm ³	1,351									
umida	kg/Nm ³	1,280									
Temperatura	°C	1.050,0	1.050,0	110,0	270,0	270,0	410,0	250,0	205,0	205,0	
Pressione	bar	1,025		60,0	55,0	55,0	50,0				
Calore specifico	kJ/kg°C	1,293	1,100					0,700		0,700	
Entalpia specifica	kJ/kg	1.212	721,0	465,7	1.185,1	1.185,1	3.221,2	161,0	200,3	129,5	
Energia	MW	32,099	0,056	4,526	0,057	0,000	31,149	0,004	5,303	0,007	0,161
Composizione											
solidi	gas	solidi	gas								
C	CO ₂	kg/kg	% vol	9,783					9,78		
H	Ar	kg/kg	% vol	0,820					0,82		
O	O ₂	kg/kg	% vol	7,752					7,75		
N	N ₂	kg/kg	% vol	68,585					68,59		
S	SO ₂	kg/kg	mg/Nm ³	305,293					305,29		
Cl	HCl	kg/kg	mg/Nm ³	1096,496					1096,50		
F	HF	kg/kg	mg/Nm ³	1,700					1,70		
-	NOx	kg/kg	mg/Nm ³	566,163					566,16		
H ₂ O	H ₂ O	kg/kg	% vol	12,954					12,95		
Ceneri	Ceneri	kg/kg	mg/Nm ³		4.316,25					3.021,38	

CALCOLO CICLO TERMICO			
INPUT CICLO TERMICO		UM	UM
T aria raffredd. condensatore (progetto)	20,0	°C	293,15 K
T acqua reintegro ciclo (progetto)	20,0	°C	293,15 K
Pressione scarico turbina (condensatore)	10	kPa	0,100 bar.a
Pressione degasatore	143	kPa	1,43 bar.a
Pressione 1° spillamento	1.200	kPa	12,00 bar.a
Temperatura 1° spillamento	250,0	°C	523,15 K
Portata 1° spillamento	0	kg/h	0,00 t/h
Pressione 2° spillamento	600	kPa	6,00 bar.a
Temperatura 2° spillamento	175,0	°C	448,15 K
Portata 2° spillamento	4.000	kg/h	4,00 t/h
Efficienza termodinamica turbina (isoentropica)	0,80		
Efficienza meccanica turbina/riduttore	0,98		
Efficienza alternatore	0,98		
OUT CALDAIA			
Portata vapore surriscaldato	9,67	kg/s	34,82 t/h
Pressione vapore surriscaldato	5.000	kPa	50,0 bar.a
Temperatura vapore surriscaldato	410	°C	683,15 K
Entalpia vapore surriscaldato	3.221,16	kJ/kg	769,4 kcal/kg
BILANCIO TURBINA			
Ingresso turbina			
Portata vapore surriscaldato	9,62	kg/s	34,62 t/h
Pressione vapore surriscaldato	4.850	kPa	48,5 bar.a
Temperatura vapore surriscaldato	405,0	°C	678,15 K
Temperatura vapore saturo corpo cilindrico	270,0	°C	543,12 K
Entalpia vapore surriscaldato	3.211,58	kJ/kg	767,07 kcal/kg
Entropia vapore surriscaldato	6,68	kJ/kg°C	1,60 kcal/kg°C
Scarico turbina			
Pressione	10,00	kPa	0,100 bar.a
Temperatura alla saturazione	45,8	°C	318,96 K
Entropia ingresso turbina	6,68	kJ/kg°C	1,60 kcal/kg°C
Entropia liquido saturo	0,65	kJ/kg°C	0,16 kcal/kg°C
Entropia vapore saturo	8,15	kJ/kg°C	1,95 kcal/kg°C
Titolo vapore allo scarico ideale	0,80		
Entalpia liquido saturo	191,81	kJ/kg	45,81 kcal/kg
Entalpia vapore saturo	2.583,86	kJ/kg	617,14 kcal/kg
Entalpia scarico turbina ideale	2.116,47	kJ/kg	505,51 kcal/kg
Entalpia scarico turbina reale	2.335,49	kJ/kg	557,82 kcal/kg
Calore latente di condensazione	2.392,05	kJ/kg	571,33 kcal/kg
Titolo vapore allo scarico reale	0,90		
EQUAZIONI DI BILANCIO CICLO TH			
INPUT			
Portata vapore alle tenute (Q3')	200	kg/h	0,20 t/h
Portata vapore agli eiettori (Q3'')	200	kg/h	0,20 t/h
Reintegro % di portata acqua alimento	1	%	
Portata make up (Q2)	350	kg/h	0,35 t/h
Portata blow down (Q6)	174	kg/h	0,17 t/h
Portata a preriscaldatore aria 1a (Q7)	2.241	kg/h	2,24 t/h
Portata acqua alimento IN caldaia (Q5)	34.992	kg/h	34,99 t/h
Portata vapore OUT caldaia (Qc)	34.818	kg/h	34,82 t/h
Portata vapore IN turbina (Qv)	34.618	kg/h	34,62 t/h
1 - Bilancio di massa turbina			
Qv = portata vapore = portata condensatore (Q1) + TLR + portata 1° spill (Q1s) + portata 2° spill (Q2s)			
	Q1	30.618 kg/h	30,62 t/h
2 - Bilancio di massa pozzo caldo			
Q1 + Q3' + Q3'' + Q2 = portata condensato (Q3)			
	Q3	31.368 kg/h	31,37 t/h
3 - Bilancio di massa collettore MP			
Q1s = Q7 + portata di degasazione (Q4) + Q3'			
	Q4	1.559 kg/h	1,56 t/h
4 - Input per preriscaldatore fumi/condense			
P condensato di rilancio al pozzo caldo	11,5	bar.a	
T condensato al pozzo caldo	44,8	°C	1,0 °C
dT condensato in scambiatore eiettori	2,0	°C	
dT condensato in gland condenser	0,5	°C	
T condensato IN preriscaldatore	47,3	°C	
Entalpia specifica	199,1	kJ/kg	

dati turbinista

150 kPa dp linea sh
5 °C dT linea sh

5 - Bilancio entalpico degasatore

Acqua alimento caldaia (Q5)

Portata OUT	34.992 kg/h
Temperatura	110,0 °C
Entalpia	461,42 kJ/kg

Blown down (Q6)

Portata IN	174 kg/h
Temperatura	270,0 °C
Entalpia	1.185,09 kJ/kg

Condensato (Q3)

Portata IN	31.368 kg/h	pressione all'ingresso
Temperatura	89,8 °C	2,5 bar.a
Entalpia	376,34 kJ/kg	

Condensa preriscaldatore aria 1a (Q7)

Portata IN	2.241 kg/h
Temperatura	136,8 °C
Entalpia	575,66 kJ/kg

Perdite = Make up (Q2)

Portata OUT	350 kg/h
Temperatura	110,0 °C
Entalpia	2.691,06 kJ/kg

Degasazione (Q4)

Portata IN	1.351 kg/h	dt all'ingresso	pressione all'ingresso
Temperatura	173,0 °C	2,0 °C	4,0 bar.a
Entalpia	2.803,57 kJ/kg	86,6 %	

Condensa preriscaldatore DeNOx

Portata IN	0,00 kg/h	pressione all'ingresso
Temperatura	149,0 °C	5,0 bar.a
Entalpia	627,67 kJ/kg	dt all'ingresso
Equilibrio	27 kJ	60,0 °C

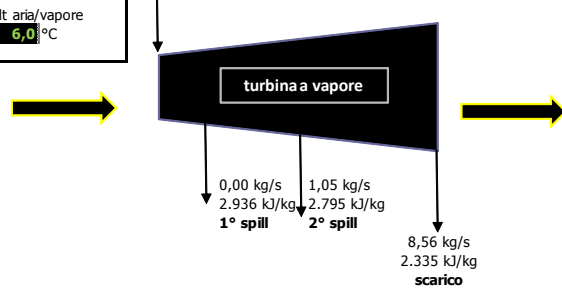
6 - Bilancio preliminare condensatore

Portata vapore esausto (Q1)	8,5 kg/s	30,6 t/h
Temperatura vapore esausto	45,8 °C	318,96 K
Entalpia vapore esausto	2.116,47 kJ/kg	505,51 kcal/kg
Entalpia liquido saturo (condensatao)	191,8 kJ/kg	45,8 kcal/kg
Calore di condensazione	16.369 kJ/s	16,4 MW
Portata aria di raffreddamento	818 kg/s	2.946 t/h
Portata volumetrica aria di raffreddamento	682 m ³ /s	2.453.580 m ³ /h
		dt aria/vapore 6,0 °C

7 - Bilancio potenza turbina

Potenza meccanica 1° salto	2.654 kW	2,7 MW
Potenza meccanica 2° salto	1.356 kW	1,4 MW
Potenza meccanica 3° salto	3.931 kW	3,9 MW
Potenza teorica turbina	7.941 kW	7,94 MW
Potenza effettiva turbina	7.798 kW	7,80 MW

vapore SH
9,62 kg/s
3.212 kJ/kg



POTENZA E RENDIMENTI		
Potenza in entrata al generatore	7.798 kW	7,80 MW
Potenza ai morsetti del generatore	7.658 kW	7,66 MW
Autoconsumo utenze impianto	1.000 kW	1,000 MW
Produzione netta energia elettrica	6.658 kW	6,66 MW
Potenza termica ingresso impianto	30.981 kW	30,98 MW
Rendimento di caldaia	82,97 %	
Rendimento combustore	79,35 %	
Rendimento lordo impianto	25,17 %	
Rendimento netto impianto	21,49 %	

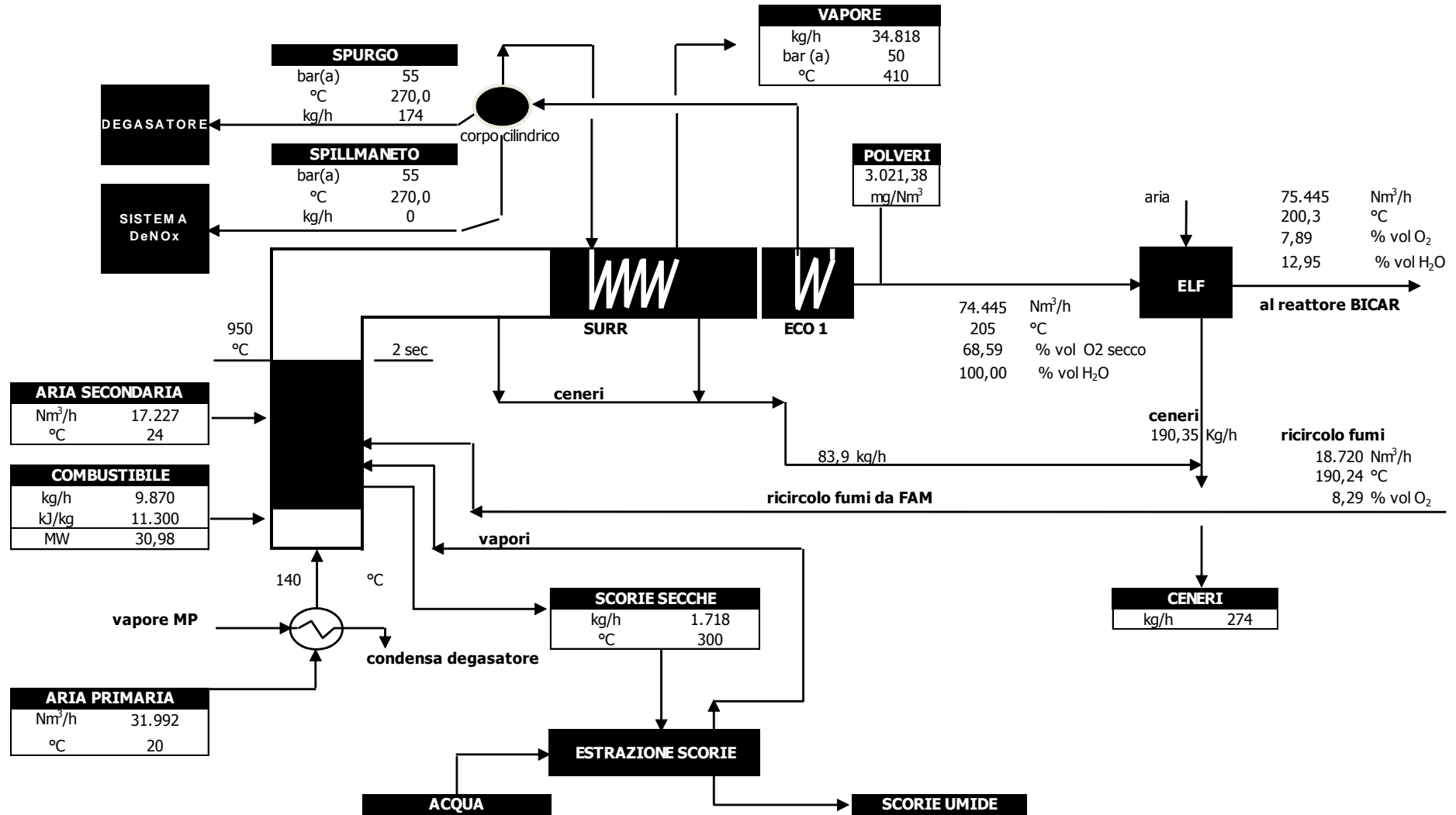
bilancio combustione al:

D₃

11.300 kJ/kg

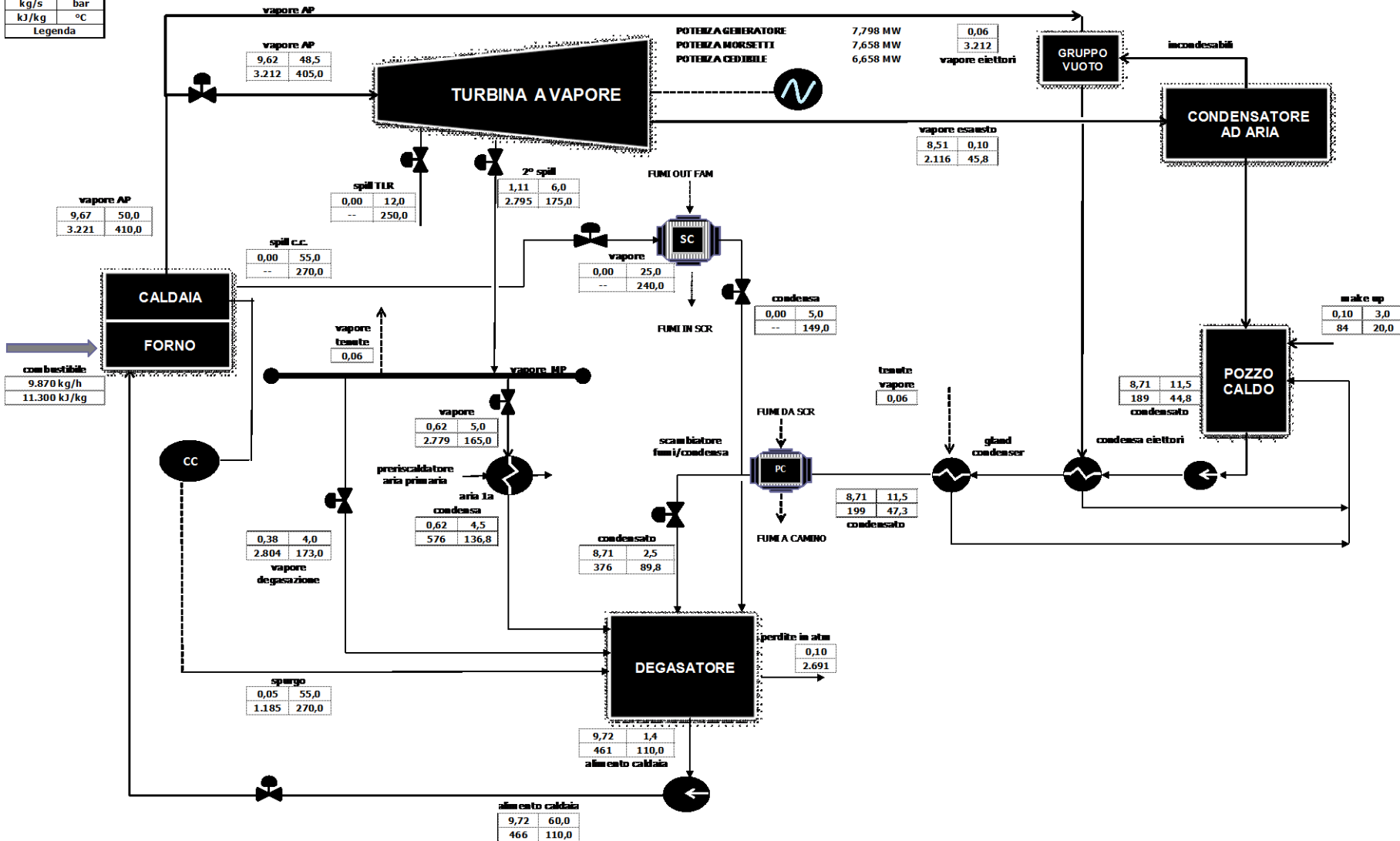
9,87 t/h

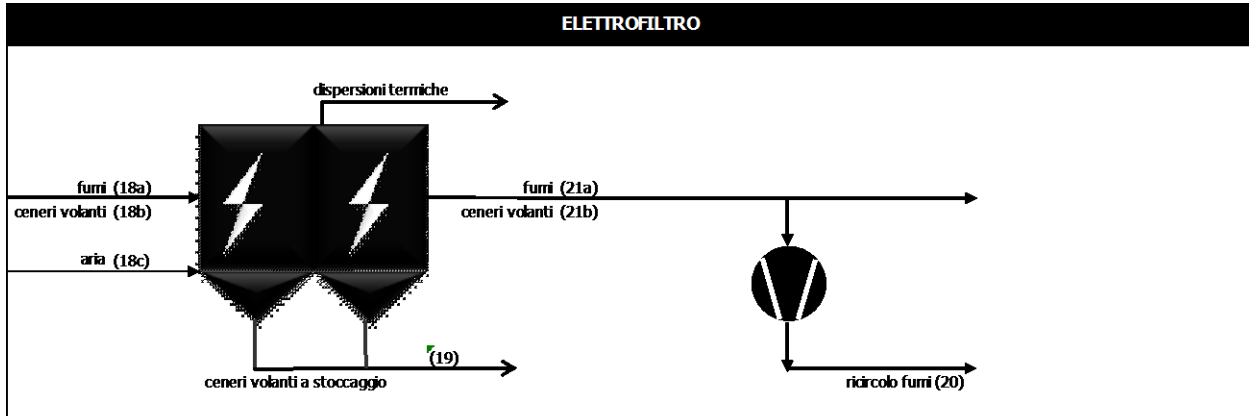
30,98 MWt



D3 SCHEMA CICLO TERMICO 34,82 t/h 48,5 bar.a 410,0 °C

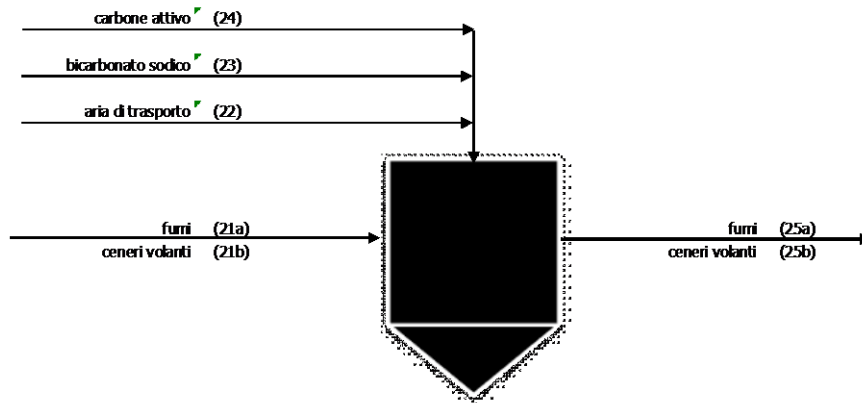
kg/s	bar
kj/kg	°C
Legenda	





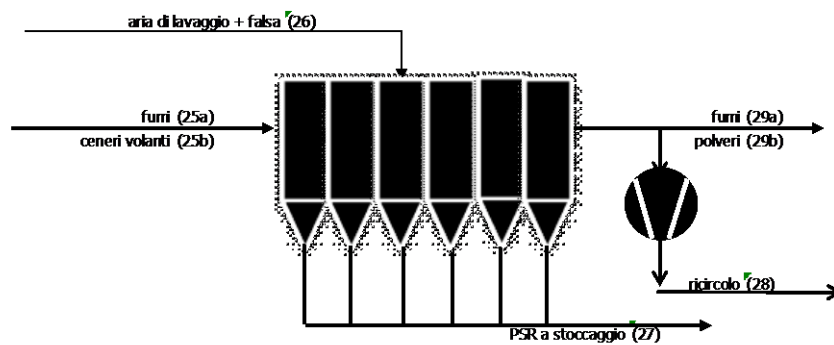
Descrizione	U.M.	Fumi OUT caldaia (18a)	Ceneri volanti con fumi (18b)	Aria flussaggio Aria falsa (18c)	Ceneri volanti a stoccaggio (19)	Fumi OUT elettrofiltro (21a)	Ceneri volanti con fumi (21b)	Ricircolo fumi (20)
Portata ponderale								
secca	kg/h	87.569	195,79		190,35	88.697	5,435	0
umida	kg/h	95.320		1.230		96.551		0
Portata volumetrica								
secca	Nm ³ /h	64.801				65.674		0
umida	Nm ³ /h	74.445		1.000		75.445		0
Densità								
secca	kg/Nm ³	1,351				1,351		1,351
umida	kg/Nm ³	1,280				1,280		1,280
Temperatura	°C	205,0	205,0	70,0	205,0	200,3	200,3	200,3
Pressione	bar	1,007				1,004		
Calore specifico	kJ/kg°C	1,104	0,700	1,082	0,70	1,104	0,70	1,104
Entalpia specifica	kJ/kg	200,3	129,5	52,3	129,5	195,2	126,2	195,2
Energia	MW	5,303	0,00704	0,01787	0,00685	5,235	0,00019	0,000
Composizione								
ceneri		fumi						
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,783		9,654		
H	kg/kg	Ar	% vol	0,820		0,820		
O	kg/kg	O ₂	% vol	7,752		7,891		
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,585		68,580		
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	305,293		301,236		
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	1096,496		1081,921		
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	1,700		1,677		
		NOx	mg/Nm ³	566,163		558,638		
		H ₂ O	% vol	12,954		12,951		
Ceneri	mg/Nm ³			3.021,38			82,77	

REATTORE DI NEUTRALIZZAZIONE GAS A CIDI

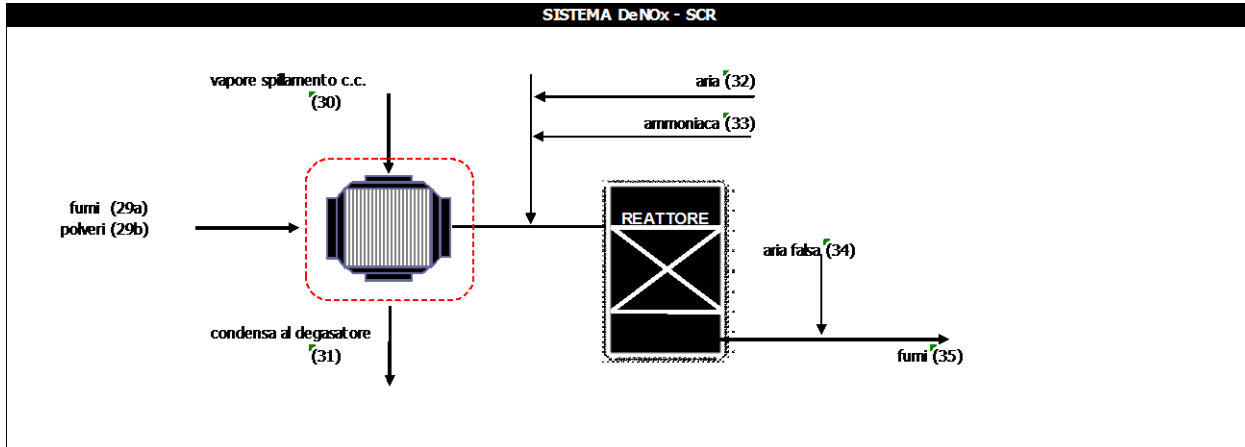


Descrizione		U.M.	Fumi INreattore	Ceneri volanti con fumi IN	Aria di trasporto	Bicarbonato sodico	Carbone attivo	Fumi OUT reattore	Ceneri volanti fumi OUT
			(21a)	(21b)	(22)	(23)	(24)	(25a)	(25b)
Portata ponderale									
secca	kg/h		88.697	5,435		278,80	11,32	90.619	232,43
umida	kg/h		96.551		1.926			98.534	
Portata volumetrica									
secca	Nm ³ /h		65.674					67.151	
umida	Nm ³ /h		75.445		1.500			76.999	
Densità									
secca	kg/Nm ³		1,351		1,292			1,349	
umida	kg/Nm ³		1,280		1,284			1,280	
Temperatura	°C		200,3	200,3	35,0	20,0	20,0	195,3	195,3
Pressione	bar		1,004					0,998	
Calore specifico	kcal/kg°C		1,104	0,700	1,016	1,000	1,000	1,101	1,000
Entalpia specifica	kcal/kg		195,2	126,2	15,2	0,0	0,0	189,5	175,3
Energia	MW		5,235	1,906E-04	0,00813	0,0000	0,0000	5,186	1,132E-02
Composizione									
ceneri		fumi							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,65				9,53	
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82				0,82	
O	kg/kg	O ₂	% vol	7,89				8,13	
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,58				68,69	
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	301,24				4,89	
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	1081,92				3,91	
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	1,68				0,39	
		NO _x	mg/Nm ³	558,64				546,35	
		H ₂ O	% vol	12,95				12,79	
Ceneri	mg/Nm ³			82,77					3.461,3

FILTRO A MANICHE

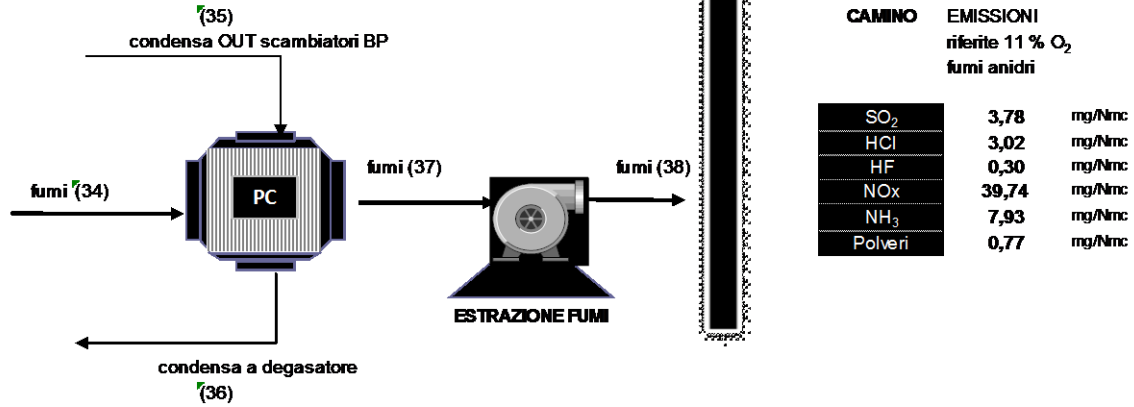


Descrizione		U.M.	Fumi IN FAM (25a)	Ceneri con fumi (25b)	Aria IN (26)	PSR stoccaggio (27)	Fumi OUT FAM (29a)	Polveri con fumi (29b)	Ricircolo (28)
Portata ponderale									
secca		kg/h	90.619	232,43		232,37	69.846	0,051	22.056
umida		kg/h	98.534		1.288,8		75.865		23.957
Portata volumetrica									
secca		Nm ³ /h	67.151		1.000		51.789		16.355
umida		Nm ³ /h	76.999				59.279		18.720
Densità									
secca		kg/Nm ³	1,349		1,292		1,349		1,349
umida		kg/Nm ³	1,280		1,289		1,280		1,280
Temperatura		°C	195,3	195,3	20,0	190,2	190,2	190,2	190,2
Pressione		mbar	0,998				0,987		0,987
Calore specifico		kcal/kg°C	1,101	1,00	1,010	1,00	1,099	1,00	1,099
Entalpia specifica		kcal/kg	189,5	175,3	0,00	170,2	183,7	170,2	183,7
Energia		MW	5,186	1,132E-02	0,000E+00	1,099E-02	3,872	2,413E-06	1,223
Composizione									
Solidi		fumi							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,53			9,41		9,41
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82			0,82		0,82
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,13			8,29		8,29
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,69			68,80		68,80
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,89			4,82		4,82
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,91			3,86		3,86
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,39			0,39		0,39
		NOx	mg/Nm ³	546,35			538,39		538,39
H ₂ O		H ₂ O	% vol	12,79			12,63		
Ceneri/Polveri			mg/Nm ³		3.461,34			0,99	0,99



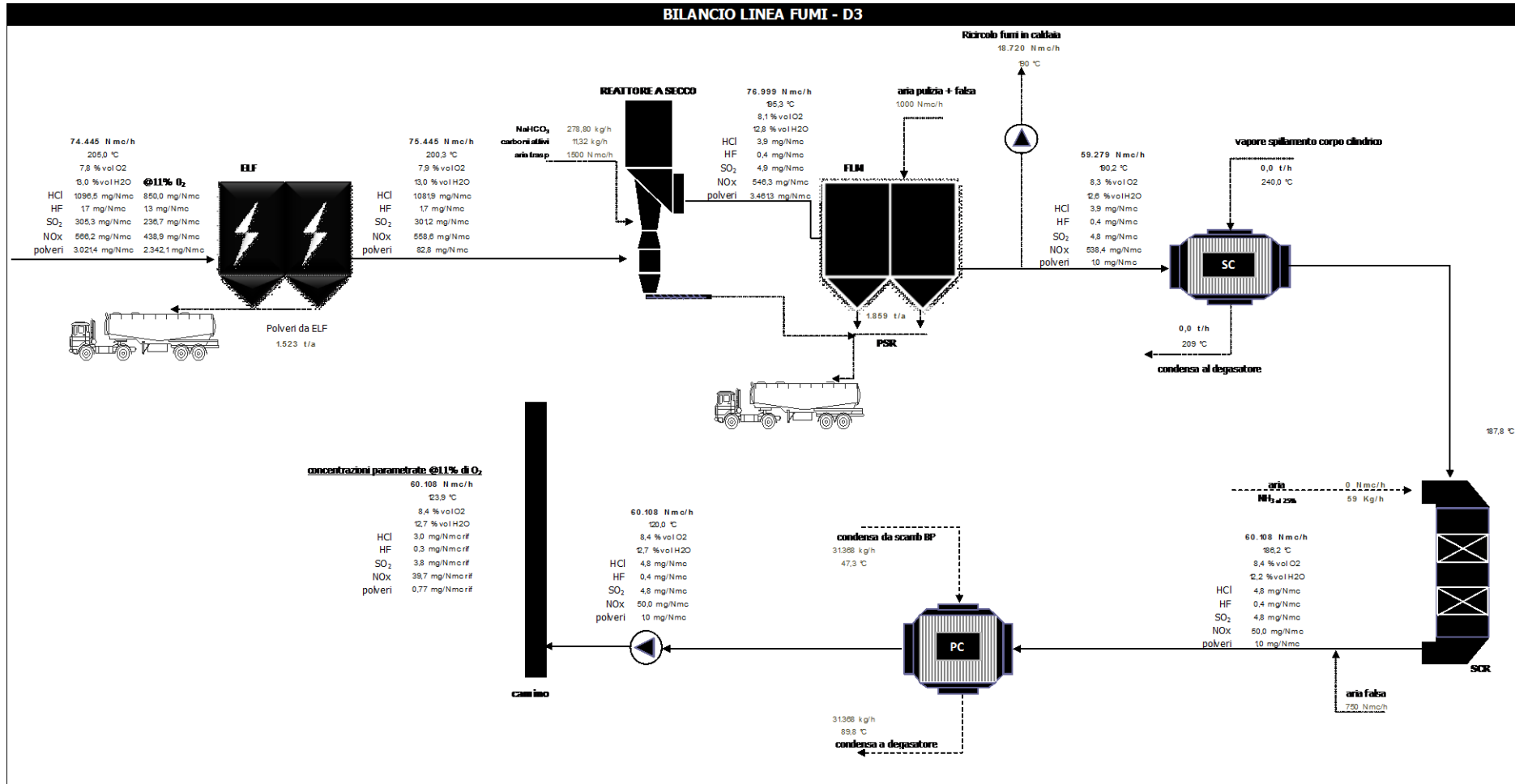
Descrizione	U.M.	Fumi OUT FAM	Polveri con fumi	Vapore spillamento c.c.	Condensa al degasatore	Aria iniezione ammoniacca	Ammoniaca	Aria falsa	Fumi OUT DeNOx-SCR
		(29a)	(29b)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)
Portata ponderale									
secca	kg/h	68.286	0,050						69.207
umida	kg/h	74.299		0,0	0,0	0,0	58,9	954	75.312
Portata volumetrica									
secca	Nm ³ /h	50.582							51.297
umida	Nm ³ /h	58.063				0		750	58.893
Densità									
secca	kg/Nm ³	1,350							1,349
umida	kg/Nm ³	1,280							1,279
Temperatura	°C	190,1	190,1	240,0	209,0	20,0		50,0	186,1
Pressione	bar.a	0,987		25,00	24,00				0,981
Calore specifico	kJ/kg°C	1,100	1,000			1,010		1,030	1,099
Potere calorifico	kJ/kg								
Entalpia specifica	kJ/kg	183,8	170,1	2.852,2	893,0	0,0		30,6	179,5
Energia	MW	3,794	2,355E-06	0,000	0,000	0,00000		0,00811	3,756
Composizione									
solidi		gas							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,61					9,47
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82					0,82
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,03					8,16
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,62					68,64
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,81					4,75
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,85					3,80
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,39					0,38
		NOx	mg/Nm ³	551,24					50,00
		NH ₃	mg/Nm ³	0,00					10,24
		H ₂ O	% vol	12,88					12,90
Polveri	mg/Nm ³			0,99					0,97

PRERISCALDATORE CONDENSE - CAMINO

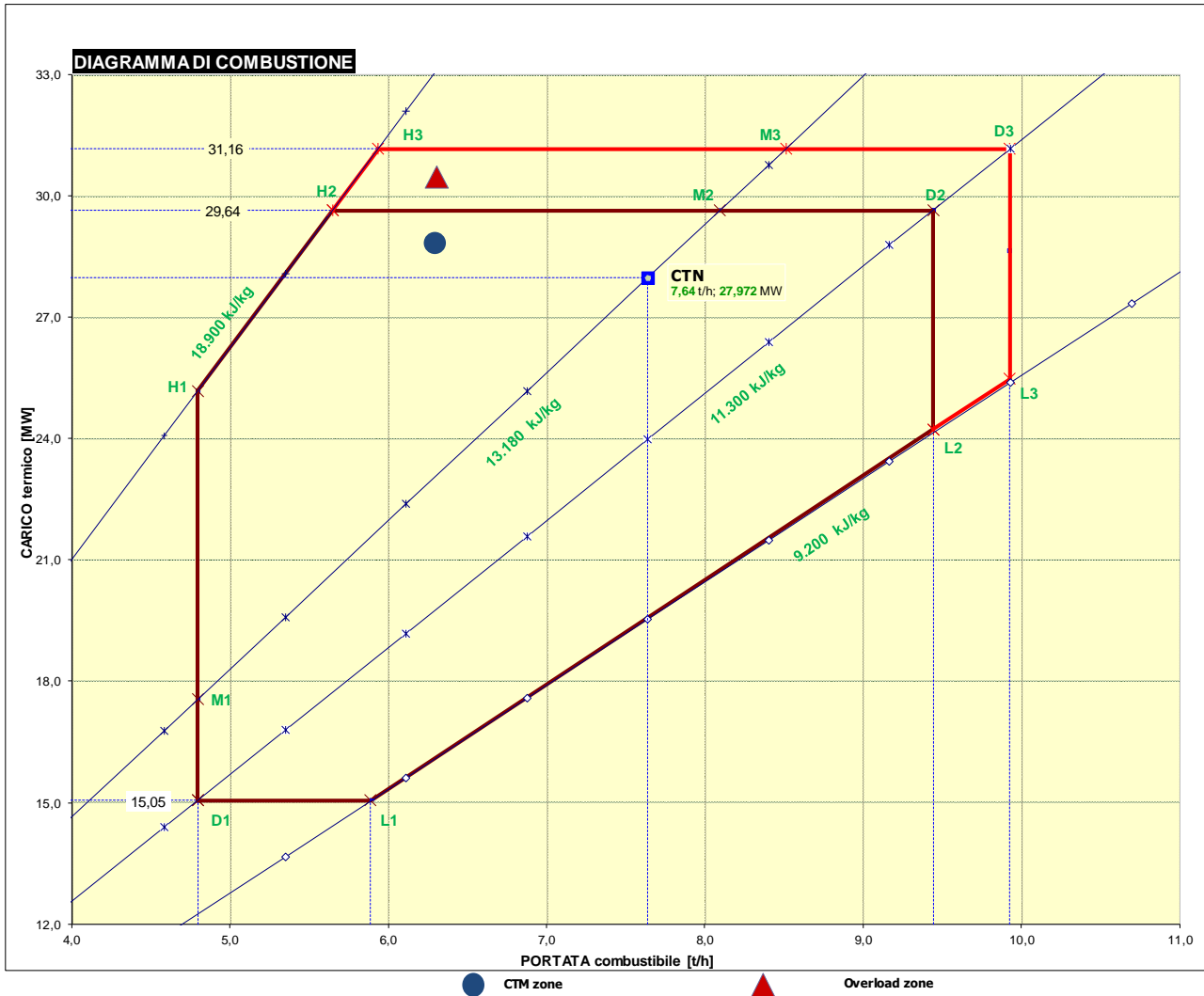


Descrizione		U.M.	Fumi OUT DeNO _x	Fumi OUT PC	Fumi al camino		Condensa scamb BP	Condensa a degasatore
			(34)	(37)	(38)	(38)	(35)	(36)
Portata ponderale					secca	secca (11%)		
secca		kg/h	70.767					
umida		kg/h	76.879				31.368	31.368
Portata volumetrica								
secca		Nm ³ /h	52.504					
umida		Nm ³ /h	60.108					
Densità								
secca		kg/Nm ³	1,348					
umida		kg/Nm ³	1,279					
Temperatura		°C	186,2	120,0	123,9		47,3	89,8
Pressione		bar	0,981	0,978	1,013			
Calore specifico		kJ/kg°C	1,098	1,081	1,082			
Entalpia specifica		kJ/kg	179,4	107,1	111,4		199,1	376,3
Energia		MW	3,832	2,287	2,378		1,735	3,279
Composizione								
solidi		gas						
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,28		10,63		
H	kg/kg	Ar	% vol	0,82		0,94		
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,42		9,64		
N	kg/kg	N ₂	% vol	68,82		78,79		
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,75			3,78	
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,80			3,02	
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,38			0,30	
		NO _x	mg/Nm ³	50,00			39,74	
		NH ₃	mg/Nm ³	9,98			7,93	
		H ₂ O	% vol	12,65				
Polveri	mg/Nm ³			1,0			0,77	

BILANCIO LINEA FUMI - D3



2.4 SCENARIO 4_ PUNTO M₁ DEL DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE



COMBUSTIBILI E DATI AMBIENTALI

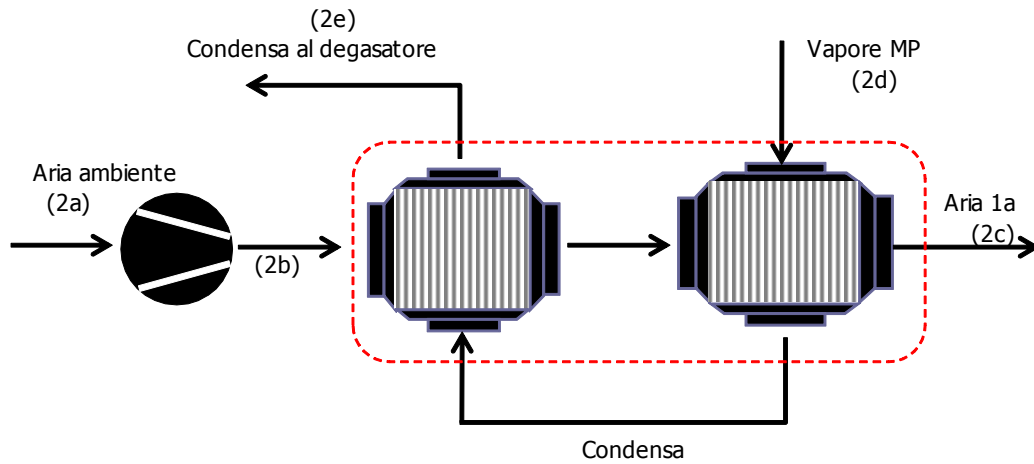
Combustibili e calcolo del potere calorifico

Combustibile	PM	U.M.	L	D	M	H
			MISCELA COMBUSTIBILE			
C	12,011	kg/kg	0,27000	0,30000	0,33560	0,41100
H ₂	2,016	kg/kg	0,02000	0,03000	0,04880	0,06000
O ₂	32,000	kg/kg	0,15000	0,16000	0,25420	0,15000
N ₂	28,014	kg/kg	0,00684	0,00210	0,00001	0,01300
S	32,066	kg/kg	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100
Cl	35,457	kg/kg	0,00700	0,00700	0,00700	0,00700
F	19,000	kg/kg	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
H ₂ O	18,016	kg/kg	0,34110	0,30000	0,21780	0,18270
Ceneri	-	kg/kg	0,20405	0,19989	0,13560	0,17529
Σ	-	kg/kg	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PCI_calcolato		kJ/kg	9.091	11.212	13.296	18.935
PCI_set		kJ/kg	9.200	11.300	13.180	18.900

temperatura combustibile	20 °C
peso specifico apparente combustibile	200 kg/m ³

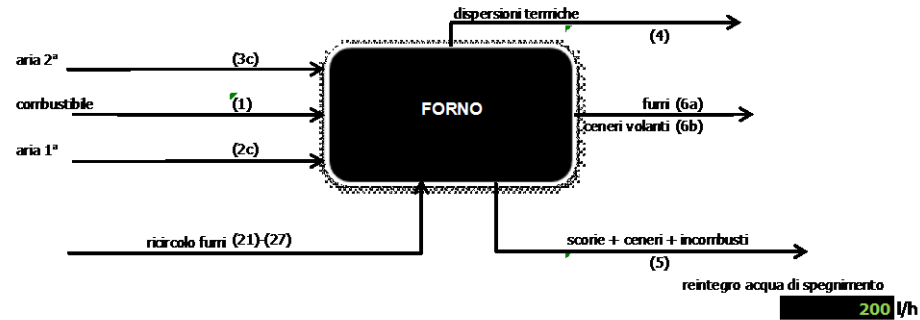
Dati di progetto della linea	
n° linee	1
capacità oraria di progetto della linea	9,87 t/h
tipo di combustibile	D
PCI di progetto	11.300 kJ/kg
Potenza termica corrispondente	30.981 kW
gg/y di funzionamento effettivo	333 n°
capacità giornaliera di combustione	236,88 t/d
capacità annua di combustione	78.960 t/a
h/y di funzionamento continuo	8.000 n°
disponibilità prevista d'impianto	91,3 %

PRERISCALDATORE ARIA PRIMARIA



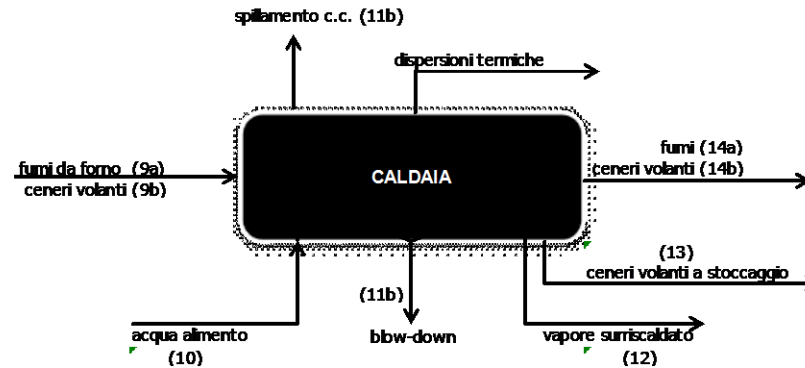
Descrizione	U.M.	Aria	Aria	Vapore MP	Aria 1a	Condensa
		(2a)	(2b)	(2d)	(2c)	(2e)
Portata ponderale						
secca	kg/h					
umida	kg/h	25.417	25.417	1381,43	25.417	1381,43
Portata volumetrica						
secca	Nm ³ /h					
umida	Nm ³ /h	19.721	19.721		19.721	
Densità						
secca	kg/Nm ³					
umida	kg/Nm ³	1,201	1,222			
Temperatura	°C	20,0	22,0	165,0	140,0	136,8
Pressione	bar	1,013	1,038	5,000	1,032	4,5
Calore specifico	kJ/kg°C	1,0098	1,0098		1,0203	
Entalpia specifica	kJ/kg	0,000	2,049	2.778,87	121,8	575,66
Energia	MW	0,000	0,014		0,860	

FORNO DI COMBUSTIONE



Descrizione	U.M.	Combustibile (1)	Aria 1° combustione (2c)	Aria 2° combustione (3c)	Aria totale (cond amb)	Residui di fondo (5)	Fumi (6a)	Ceneri volanti con fumi (6b)	Dispersioni termiche (4)	Riciclo Fumi (21)-(27)
Portata ponderale										
secca	kg/h	4.013	25.305	13.626	38.931	613	54.057	99,73		14.011
umida	kg/h	5.130	25.417	13.686	39.103		58.720			15.167
Portata volumetrica										
secca	Nm ³ /h		19.582	10.544	30.126		40.132			10.434
umida	Nm ³ /h		19.721	10.619	30.340		45.934			11.871
Densità										
umida	kg/Nm ³	200,0	0,868	1,207	1,201		0,267			1,278
secca	kg/Nm ³		0,870	1,210			0,281			1,343
Temperatura	°C	20,0	140,0	24,0	20,0	300,0	1.050,0	1.050,0		168,2
Pressione	bar						1,025			
Calore specifico	kJ/kg°C	0,300	1,020	1,010	1,010	0,670	1,289	1,100		1,090
Potere calorifico	kJ/kg	13.180				5,83				
Entalpia specifica	kJ/kg	0,00	121,80	4,06	0,00		1.210,59	721,00		159,24
Energia	MW	18,782	0,860	0,015	0,000	0,031	19,746	0,020	0,094	0,671
Composizione										
Solidi		Fumi								
C	kg/kg	CO ₂	% vol				9,219			8,624
H	kg/kg	Ar	% vol				0,827			0,831
O	kg/kg	O ₂	% vol				8,052			8,889
N	kg/kg	N ₂	% vol				69,178			69,516
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³				256,483			
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³				920,614			
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³				1,443			
		NOx	mg/Nm ³				554,212			
H ₂ O	kg/kg	H ₂ O	% vol				12,630			12,106
		Ceneri	mg/Nm ³					2.485,08		

CALDAIA - CALCOLO PRODUZIONE VAPORE



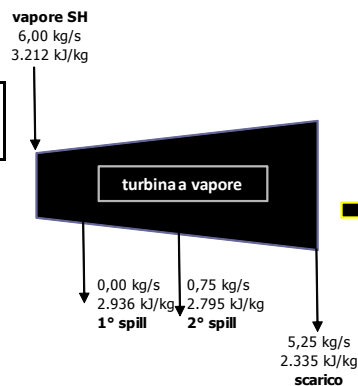
Descrizione	U.M.	Fumi da forno	Ceneri volanti entranti	Acqua alimento	Blow-down	Spillamento c.c.	Vapore surriscaldato	Ceneri volanti a stoccaggio	Fumi a trattamento	Ceneri volanti con fumi	Dispersioni termiche
		(9a)	(9b)	(10)	(11a)	(11b)	(12)	(13)	(14a)	(14b)	
Portata ponderale											
secca	kg/h	54.057							54.057		
umida	kg/h	58.720	99,73	22.175	109,02	262,72	21.803	29,92	58.720	69,81	
Portata volumetrica											
secca	Nm ³ /h	40.132							40.132		
umida	Nm ³ /h	45.934							45.934		
Densità											
secca	kg/Nm ³	1,347									
umida	kg/Nm ³	1,278									
Temperatura	°C	1.050,0	1.050,0	110,0	270,0	270,0	410,0	230,0	185,0	185,0	
Pressione	bar	1,025		60,0	55,0	55,0	50,0				
Calore specifico	kJ/kg°C	1,289	1,100					0,700		0,700	
Entalpia specifica	kJ/kg	1.211	721,0	465,7	1.185,1	1.185,1	3.221,2	147,0	178,0	115,5	
Energia	MW	19,746	0,020	2,868	0,036	0,086	19,505	0,001	2,904	0,002	0,099
Composizione											
solidi	gas	solidi	gas								
C	CO ₂	kg/kg	% vol	9,219					9,22		
H	Ar	kg/kg	% vol	0,827					0,83		
O	O ₂	kg/kg	% vol	8,052					8,05		
N	N ₂	kg/kg	% vol	69,178					69,18		
S	SO ₂	kg/kg	mg/Nm ³	256,483					256,48		
Cl	HCl	kg/kg	mg/Nm ³	920,614					920,61		
F	HF	kg/kg	mg/Nm ³	1,443					1,44		
-	NOx	kg/kg	mg/Nm ³	554,212					554,21		
H ₂ O	H ₂ O	kg/kg	% vol	12,630					12,63		
Ceneri	Ceneri	kg/kg	mg/Nm ³		2.485,08					1.739,56	

CALCOLO CICLO TERMICO			
INPUT CICLO TERMICO		UM	UM
T aria raffredd. condensatore (progetto)	20,0	°C	293,15 K
T acqua reintegro ciclo (progetto)	20,0	°C	293,15 K
Pressione scarico turbina (condensatore)	10	kPa	0,100 bar.a
Pressione degasatore	143	kPa	1,43 bar.a
Pressione 1° spillamento	1.200	kPa	12,00 bar.a
Temperatura 1° spillamento	250,0	°C	523,15 K
Portata 1° spillamento	0	kg/h	0,00 t/h
Pressione 2° spillamento	600	kPa	6,00 bar.a
Temperatura 2° spillamento	175,0	°C	448,15 K
Portata 2° spillamento	4.000	kg/h	4,00 t/h
Efficienza termodinamica turbina (isoentropica)	0,80		
Efficienza meccanica turbina/riduttore	0,98		
Efficienza alternatore	0,98		
OUT CALDAIA			
Portata vapore surriscaldato	6,06	kg/s	21,80 t/h
Pressione vapore surriscaldato	5.000	kPa	50,0 bar.a
Temperatura vapore surriscaldato	410	°C	683,15 K
Entalpia vapore surriscaldato	3.221,16	kJ/kg	769,4 kcal/kg
BILANCIO TURBINA			
Ingresso turbina			
Portata vapore surriscaldato	6,00	kg/s	21,60 t/h
Pressione vapore surriscaldato	4.850	kPa	48,5 bar.a
Temperatura vapore surriscaldato	405,0	°C	678,15 K
Temperatura vapore saturo corpo cilindrico	270,0	°C	543,12 K
Entalpia vapore surriscaldato	3.211,58	kJ/kg	767,07 kcal/kg
Entropia vapore surriscaldato	6,68	kJ/kg°C	1,60 kcal/kg°C
Scarico turbina			
Pressione	10,00	kPa	0,100 bar.a
Temperatura alla saturazione	45,8	°C	318,96 K
Entropia ingresso turbina	6,68	kJ/kg°C	1,60 kcal/kg°C
Entropia liquido saturo	0,65	kJ/kg°C	0,16 kcal/kg°C
Entropia vapore saturo	8,15	kJ/kg°C	1,95 kcal/kg°C
Titolo vapore allo scarico ideale	0,80		
Entalpia liquido saturo	191,81	kJ/kg	45,81 kcal/kg
Entalpia vapore saturo	2.583,86	kJ/kg	617,14 kcal/kg
Entalpia scarico turbina ideale	2.116,47	kJ/kg	505,51 kcal/kg
Entalpia scarico turbina reale	2.335,49	kJ/kg	557,82 kcal/kg
Calore latente di condensazione	2.392,05	kJ/kg	571,33 kcal/kg
Titolo vapore allo scarico reale	0,90		
EQUAZIONI DI BILANCIO CICLO TH			
INPUT			
Portata vapore alle tenute (Q3')	200	kg/h	0,20 t/h
Portata vapore agli eiettori (Q3'')	200	kg/h	0,20 t/h
Reintegro % di portata acqua alimento	1	%	
Portata make up (Q2)	222	kg/h	0,22 t/h
Portata blow down (Q6)	109	kg/h	0,11 t/h
Portata a preriscaldatore aria 1a (Q7)	1.381	kg/h	1,38 t/h
Portata acqua alimento IN caldaia (Q5)	22.175	kg/h	22,17 t/h
Portata vapore OUT caldaia (Qc)	21.803	kg/h	21,80 t/h
Portata vapore IN turbina (Qv)	21.603	kg/h	21,60 t/h
1 - Bilancio di massa turbina			
Qv = portata vapore = portata condensatore (Q1) + TLR + portata 1° spill (Q1s) + portata 2° spill (Q2s)			
	Q1	17.603 kg/h	17,60 t/h
2 - Bilancio di massa pozzo caldo			
Q1 + Q3' + Q3'' + Q2 = portata condensato (Q3)			
	Q3	18.225 kg/h	18,22 t/h
3 - Bilancio di massa collettore MP			
Q1s = Q7 + portata di degasazione (Q4) + Q3'			
	Q4	2.419 kg/h	2,42 t/h
4 - Input per preriscaldatore fumi/condense			
P condensato di rilancio al pozzo caldo	11,5	bar.a	
T condensato al pozzo caldo	44,8	°C	1,0 °C
dT condensato in scambiatore eiettori	2,0	°C	
dT condensato in gland condenser	0,5	°C	
T condensato IN preriscaldatore	47,3	°C	
Entalpia specifica	199,1	kJ/kg	

dati turbinista

150 kPa dp linea sh
5 °C dT linea sh

5 - Bilancio entalpico degasatore			
Acqua alimento caldaia (Q5)			
Portata OUT	22.175 kg/h		
Temperatura	110,0 °C		
Entalpia	461,42 kJ/kg		
Blown down (Q6)			
Portata IN	109 kg/h		
Temperatura	270,0 °C		
Entalpia	1.185,09 kJ/kg		
Condensato (Q3)			
Portata IN	18.225 kg/h	pressione all'ingresso	
Temperatura	86,6 °C	2,5 bar.a	
Entalpia	362,89 kJ/kg		
Condensa preriscaldatore aria 1a (Q7)			
Portata IN	1.381 kg/h		
Temperatura	136,8 °C		
Entalpia	575,66 kJ/kg		
Perdite = Make up (Q2)			
Portata OUT	222 kg/h		
Temperatura	110,0 °C		
Entalpia	2.691,06 kJ/kg		
Degasazione (Q4)			
Portata IN	1.115 kg/h	dt all'ingresso	pressione all'ingresso
Temperatura	173,0 °C	2,0 °C	4,0 bar.a
Entalpia	2.803,57 kJ/kg	46,1 %	
Condensa preriscaldatore DeNOx			
Portata IN	262,72 kg/h	pressione all'ingresso	
Temperatura	149,0 °C	5,0 bar.a	
Entalpia	627,67 kJ/kg	dt all'ingresso	
Equilibrio	-25 kJ	60,0 °C	
6 - Bilancio preliminare condensatore			
Portata vapore esausto (Q1)	4,9 kg/s	17,6 t/h	
Temperatura vapore esausto	45,8 °C	318,96 K	
Entalpia vapore esausto	2.116,47 kJ/kg	505,51 kcal/kg	
Entalpia liquido saturo (condensatao)	191,8 kJ/kg	45,8 kcal/kg	
Calore di condensazione	9.411 kJ/s	9,4 MW	
Portata aria di raffreddamento	471 kg/s	1.694 t/h	
Portata volumetrica aria di raffreddamento	392 m ³ /s	1.410.628 m ³ /h	
7 - Bilancio potenza turbina			
Potenza meccanica 1° salto	1.656 kW	1,7 MW	
Potenza meccanica 2° salto	846 kW	0,8 MW	
Potenza meccanica 3° salto	2.411 kW	2,4 MW	
Potenza teorica turbina	4.913 kW	4,91 MW	
Potenza effettiva turbina	4.825 kW	4,83 MW	



POTENZA E RENDIMENTI		
Potenza in entrata al generatore	4.825 kW	4,83 MW
Potenza ai morsetti del generatore	4.738 kW	4,74 MW
Autoconsumo utenze impianto	1.000 kW	1,000 MW
Produzione netta energia elettrica	3.738 kW	3,74 MW
<hr/>		
Potenza termica ingresso impianto	18.782 kW	18,78 MW
Rendimento di caldaia	84,79 %	
Rendimento combustore	82,45 %	
Rendimento lordo impianto	25,69 %	
Rendimento netto impianto	19,90 %	

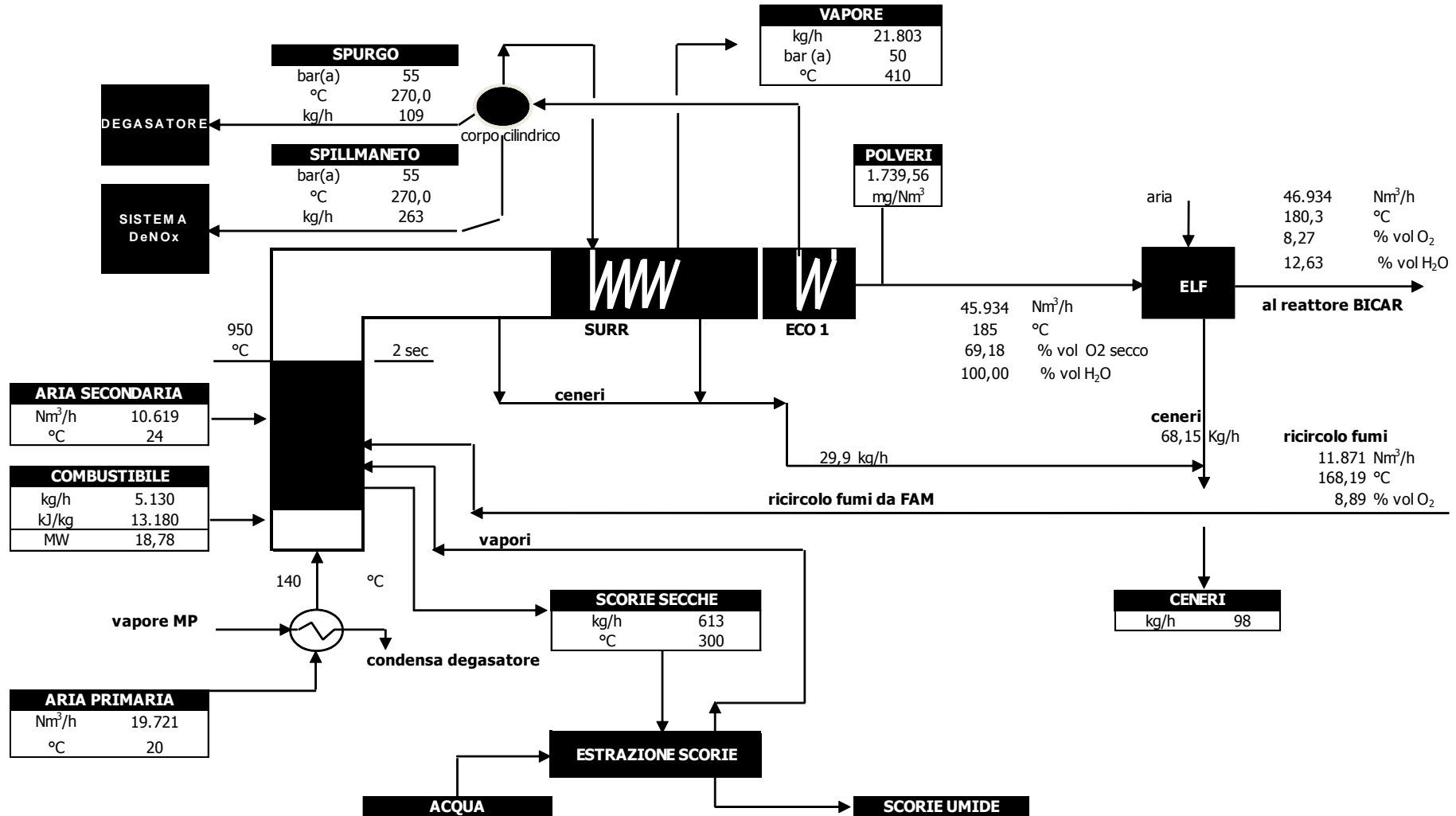
bilancio combustione al:

M_1

13.180 kJ/kg

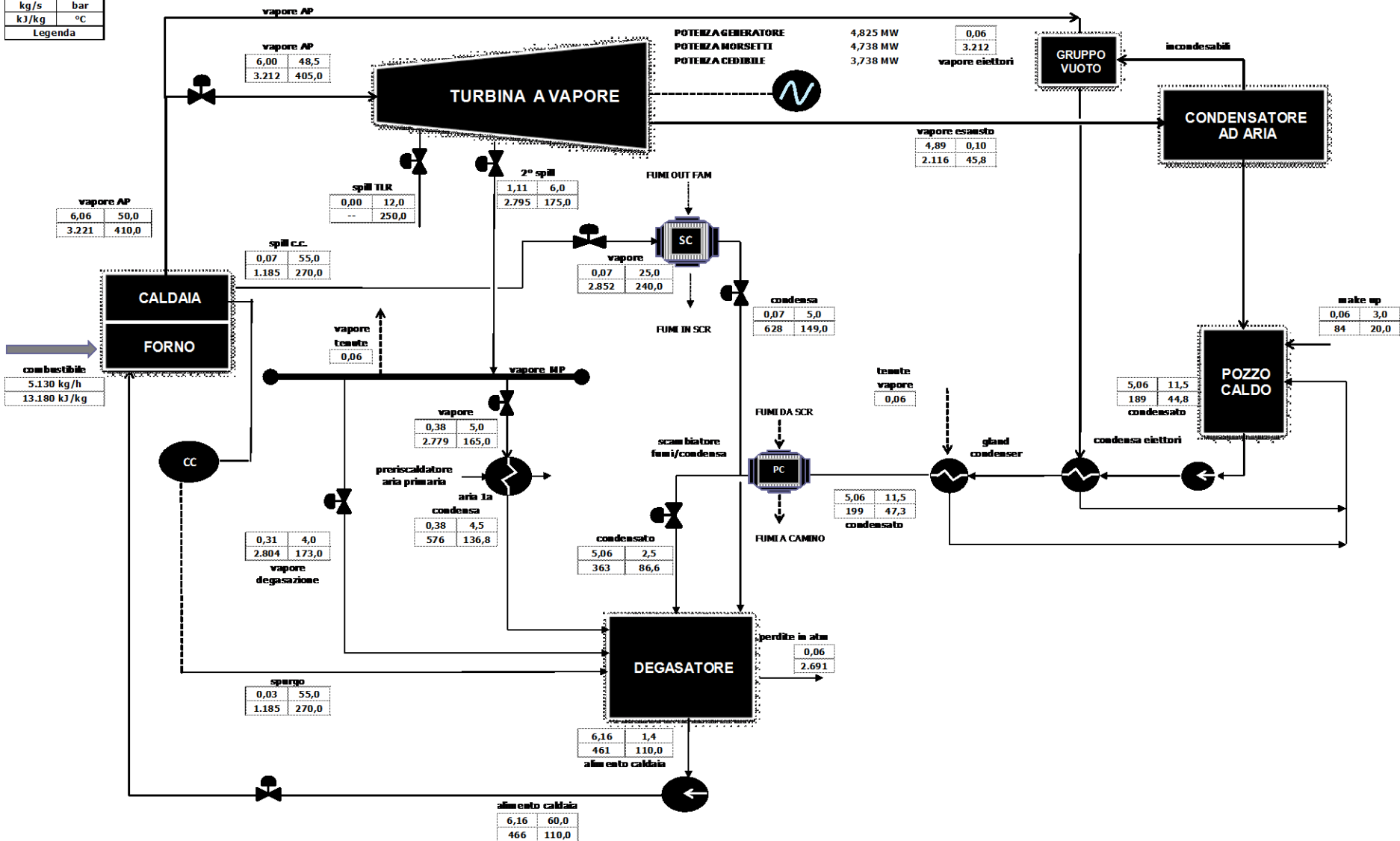
5,13 t/h

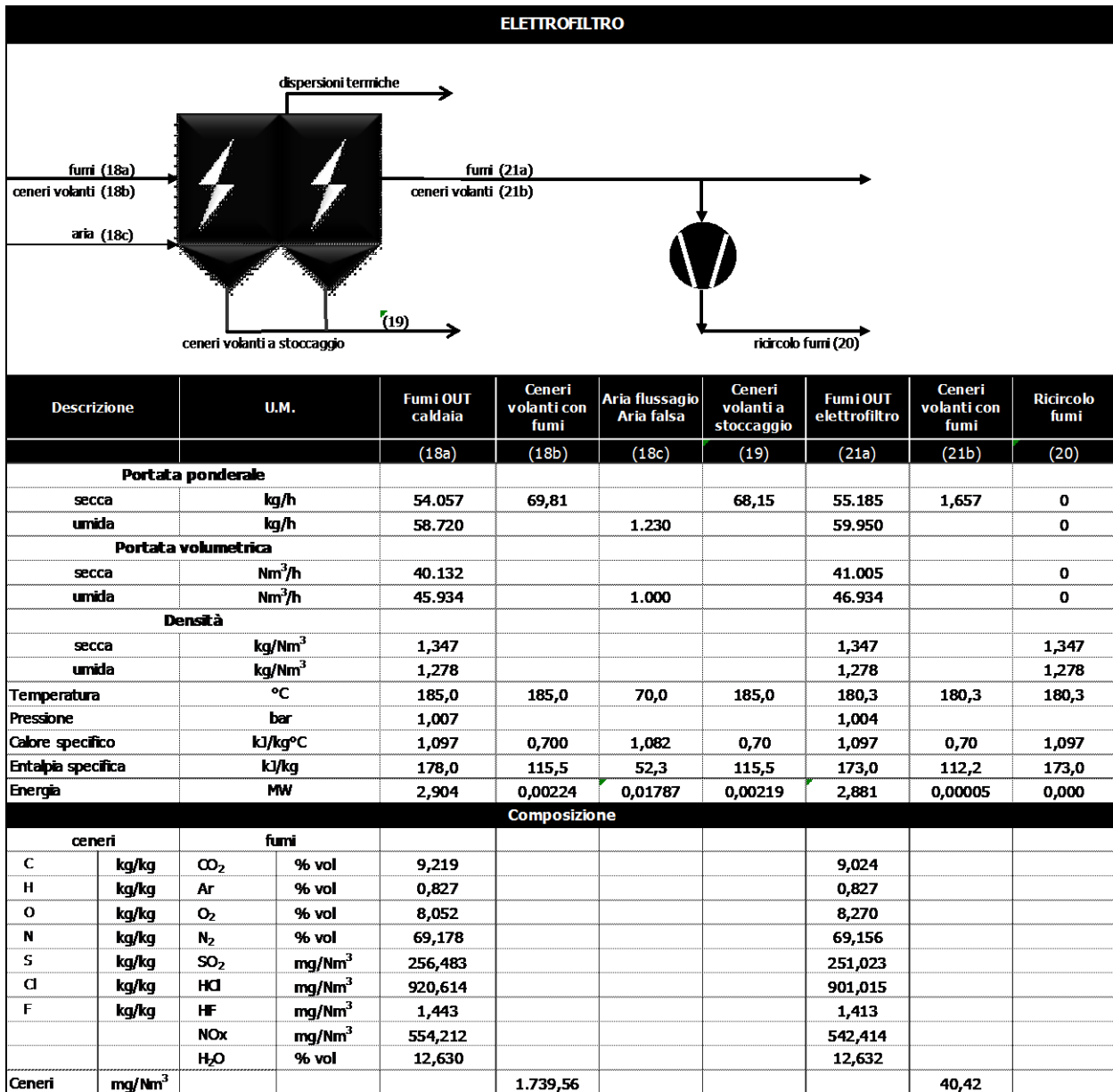
18,78 MWt



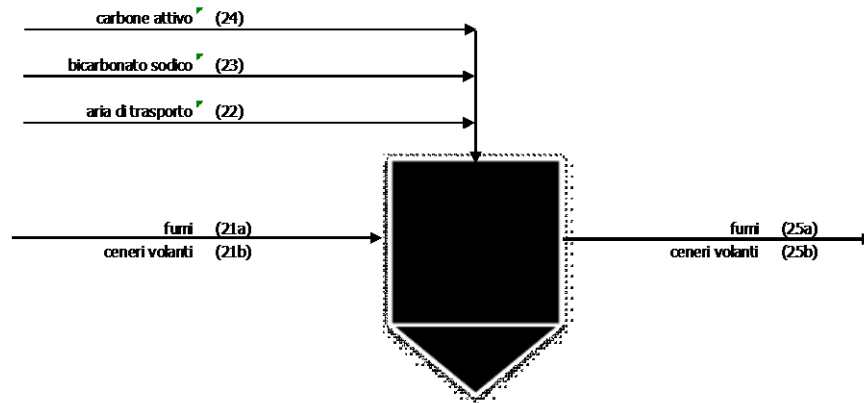
M1 SCHEMA CICLO TERMICO 21,80 t/h 48,5 bar.a 410,0 °C

kg/s	bar
kJ/kg	°C
Legenda	



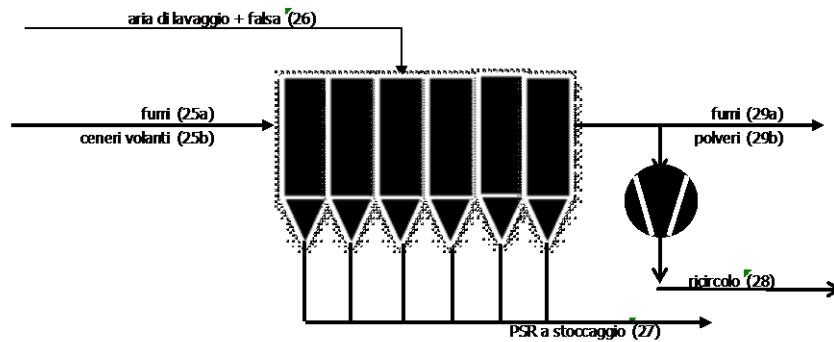


REATTORE DI NEUTRALIZZAZIONE GAS ACIDI

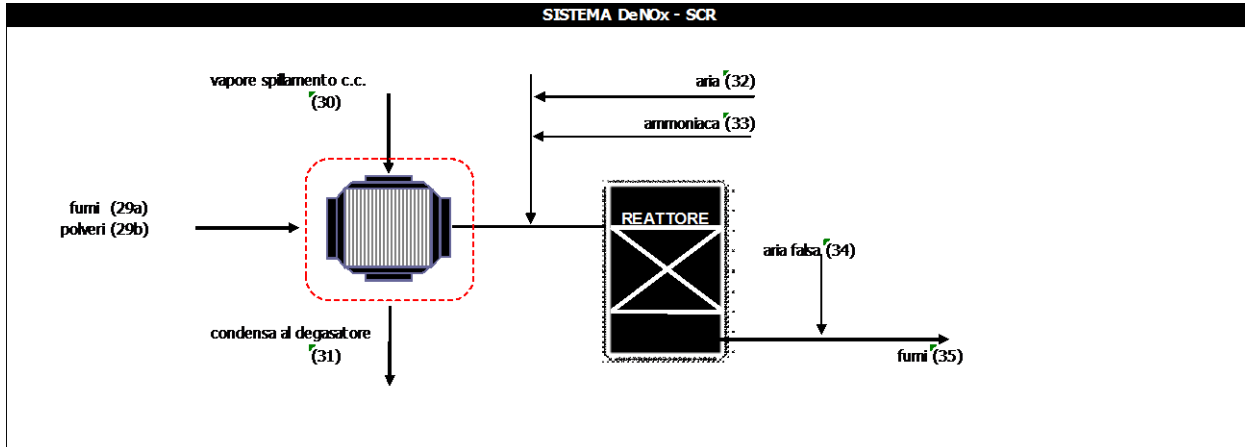


Descrizione		U.M.	Fumi INreattore	Ceneri volanti con fumi IN	Aria di trasporto	Bicarbonato sodico	Carbone attivo	Fumi OUT reattore	Ceneri volanti fumi OUT
			(21a)	(21b)	(22)	(23)	(24)	(25a)	(25b)
Portata ponderale									
secca		kg/h	55.185	1,657		144,78	7,04	57.098	121,86
umida		kg/h	59.950		1.926			61.905	
Portata volumetrica									
secca		Nm ³ /h	41.005					42.481	
umida		Nm ³ /h	46.934		1.500			48.462	
Densità									
secca		kg/Nm ³	1,347		1,292			1,344	
umida		kg/Nm ³	1,278		1,284			1,277	
Temperatura		°C	180,3	180,3	35,0	20,0	20,0	174,1	174,1
Pressione		bar	1,004					0,998	
Calore specifico		kcal/kg°C	1,097	0,700	1,016	1,000	1,000	1,093	1,000
Entalpia specifica		kcal/kg	173,0	112,2	15,2	0,0	0,0	165,9	154,1
Energia		MW	2,881	5,166E-05	0,00813	0,0000	0,0000	2,853	5,216E-03
Composizione									
ceneri		fumi							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	9,02				8,80	
H	kg/kg	Ar	% vol	0,83				0,83	
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,27				8,64	
N	kg/kg	N ₂	% vol	69,16				69,35	
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	251,02				4,83	
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	901,02				3,86	
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	1,41				0,39	
		NOx	mg/Nm ³	542,41				523,57	
		H ₂ O	% vol	12,63				12,34	
Ceneri	mg/Nm ³			40,42					2.868,6

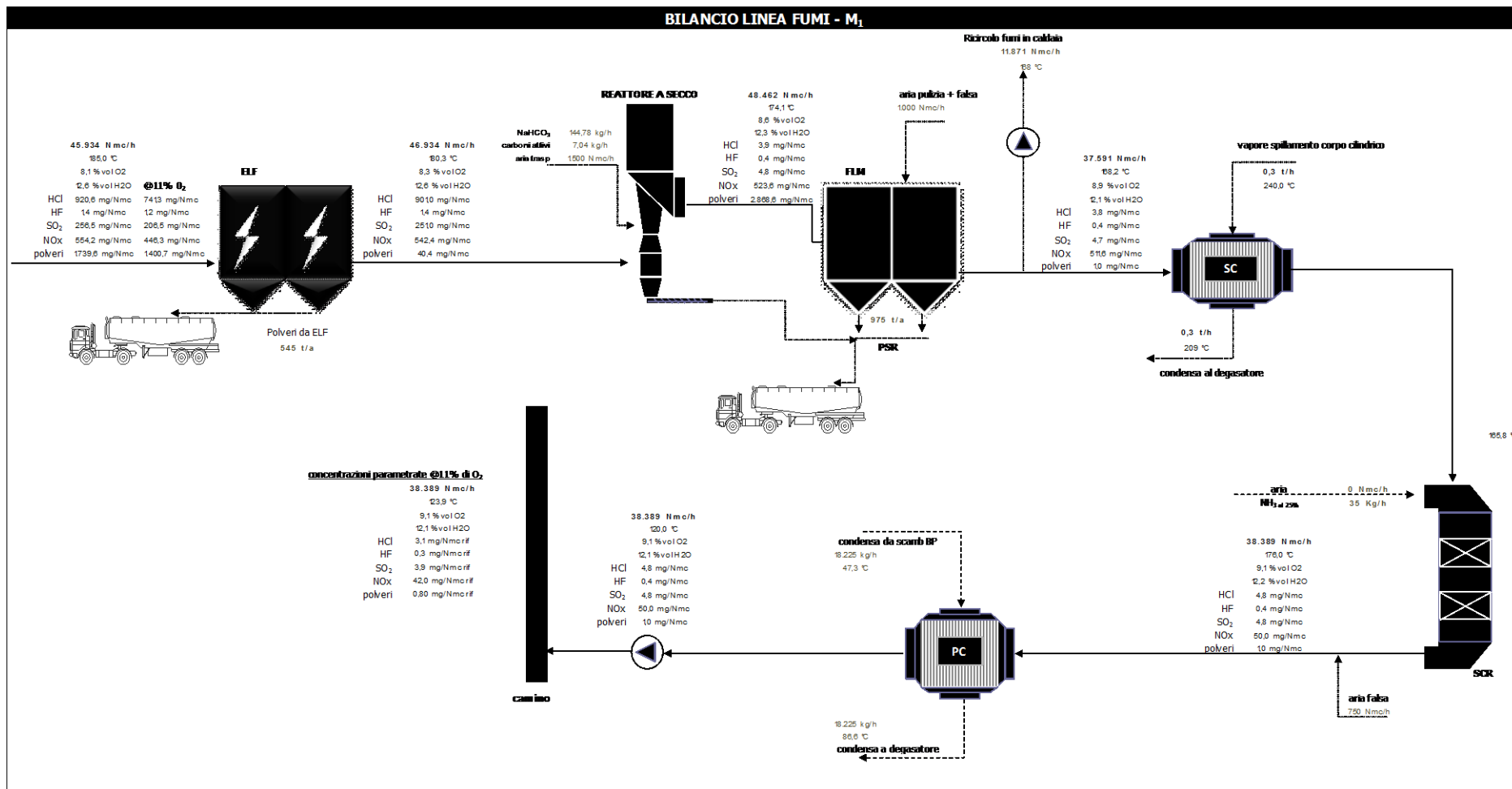
FILTRO A MANICHE



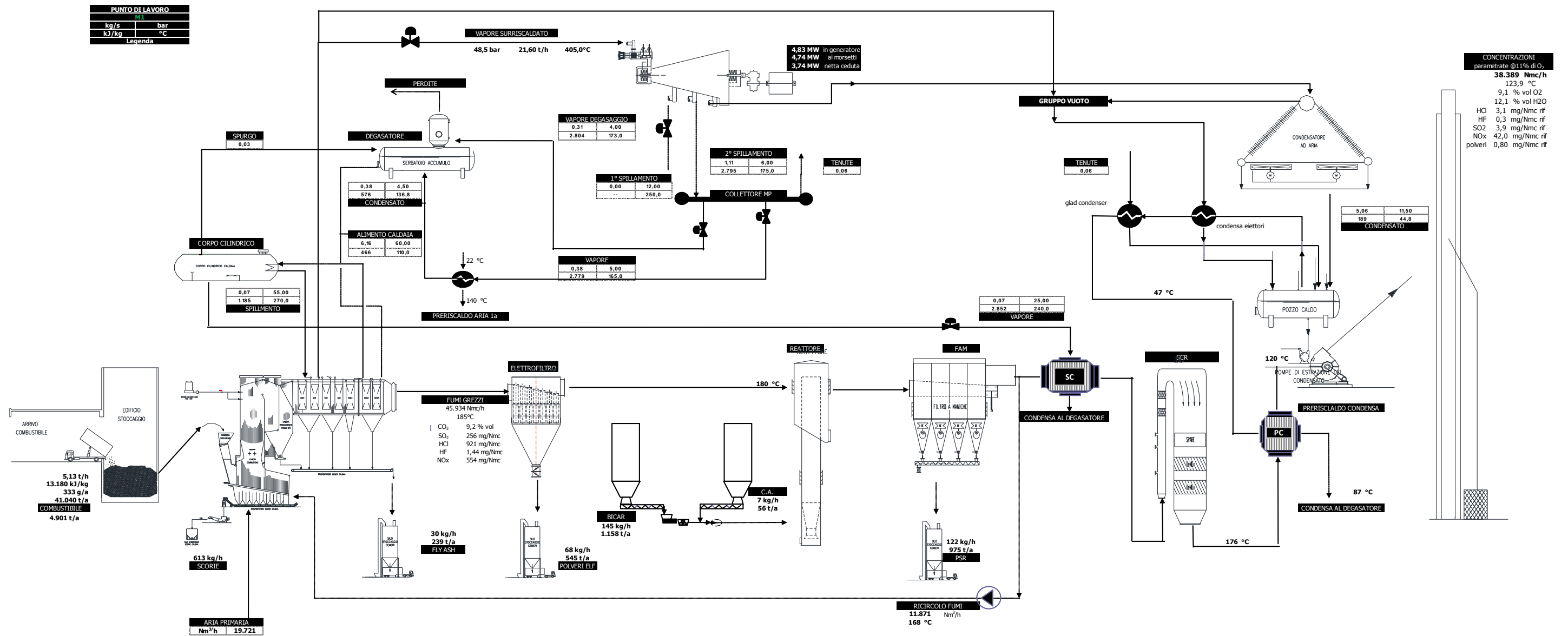
Descrizione	U.M.	Fumi IN FAM	Ceneri con fumi	Aria IN	PSR stoccaggio	Fumi OUT FAM	Polveri con fumi	Ricircolo
		(25a)	(25b)	(26)	(27)	(29a)	(29b)	(28)
Portata ponderale								
secca	kg/h	57.098	121,86		121,82	44.370	0,032	14.011
umida	kg/h	61.905		1.288,8		48.027		15.167
Portata volumetrica								
secca	Nm ³ /h	42.481		1.000		33.040		10.434
umida	Nm ³ /h	48.462				37.591		11.871
Densità								
secca	kg/Nm ³	1,344		1,292		1,343		1,343
umida	kg/Nm ³	1,277		1,289		1,278		1,278
Temperatura	°C	174,1	174,1	20,0	168,2	168,2	168,2	168,2
Pressione	mbar	0,998				0,987		0,987
Calore specifico	kcal/kg°C	1,093	1,00	1,010	1,00	1,090	1,00	1,090
Entalpia specifica	kcal/kg	165,9	154,1	0,00	148,2	159,2	148,2	159,2
Energia	MW	2,853	5,216E-03	0,000E+00	5,015E-03	2,124	1,329E-06	0,671
Composizione								
Solidi		fumi						
C	kg/kg	CO ₂	% vol	8,80		8,62		8,62
H	kg/kg	Ar	% vol	0,83		0,83		0,83
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,64		8,89		8,89
N	kg/kg	N ₂	% vol	69,35		69,52		69,52
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,83		4,72		4,72
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,86		3,77		3,77
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,39		0,38		0,38
		NOx	mg/Nm ³	523,57		511,62		511,62
H ₂ O		H ₂ O	% vol	12,34		12,11		
Ceneri/Polveri			mg/Nm ³		2.868,63		0,98	0,98



Descrizione	U.M.	Fumi OUT FAM	Polveri con fumi	Vapore spillamento c.c.	Condensa al degasatore	Aria iniezione ammoniaca	Ammoniaca	Aria falsa	Fumi OUT DeNOx-SCR
		(29a)	(29b)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)
Portata ponderale									
secca	kg/h	44.370	0,032						45.294
umida	kg/h	48.027		262,7	262,7	0,0	35,4	954	49.017
Portata volumetrica									
secca	Nm ³ /h	33.040							33.757
umida	Nm ³ /h	37.591				0		750	38.389
Densità									
secca	kg/Nm ³	1,343							1,342
umida	kg/Nm ³	1,278							1,277
Temperatura	°C	168,2	168,2	240,0	209,0	20,0		50,0	176,0
Pressione	bar.a	0,987		25,00	24,00				0,981
Calore specifico	kJ/kg°C	1,090	1,000			1,010		1,030	1,092
Potere calorifico	kJ/kg								
Entalpia specifica	kJ/kg	159,2	148,2	2.852,2	893,0	0,0		30,6	167,8
Energia	MW	2,124	1,329E-06	0,208	0,065	0,00000		0,00811	2,285
Composizione									
solidi		gas							
C	kg/kg	CO ₂	% vol	8,62					8,45
H	kg/kg	Ar	% vol	0,83					0,83
O	kg/kg	O ₂	% vol	8,89					9,09
N	kg/kg	N ₂	% vol	69,52					69,56
S	kg/kg	SO ₂	mg/Nm ³	4,72					4,62
Cl	kg/kg	HCl	mg/Nm ³	3,77					3,69
F	kg/kg	HF	mg/Nm ³	0,38					0,37
		NOx	mg/Nm ³	511,62					50,00
		NH ₃	mg/Nm ³	0,00					9,35
		H ₂ O	% vol	12,11					12,07
Polveri	mg/Nm ³			0,98					0,96



BILANCIO ENERGETICO DI MASSA E AMBIENTALE DELL'IMPIANTO

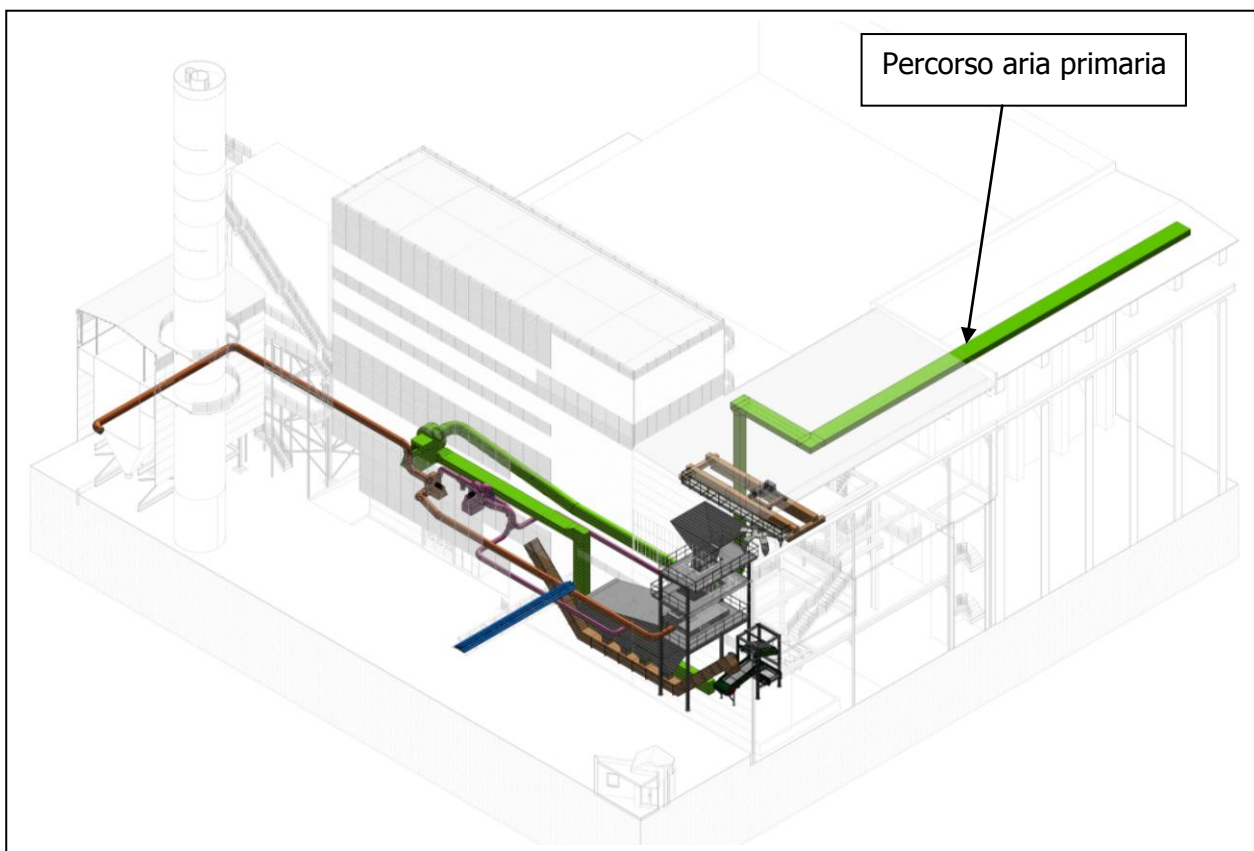


3. VERIFICA SISTEMA ARIA PRIMARIA

L'aria di combustione primaria fornisce l'ossigeno per il processo di combustione primario. L'aria viene spinta attraverso la griglia di combustione ed il letto di combustibile, immettendo ossigeno comburente nel letto di combustibile e nel forno.

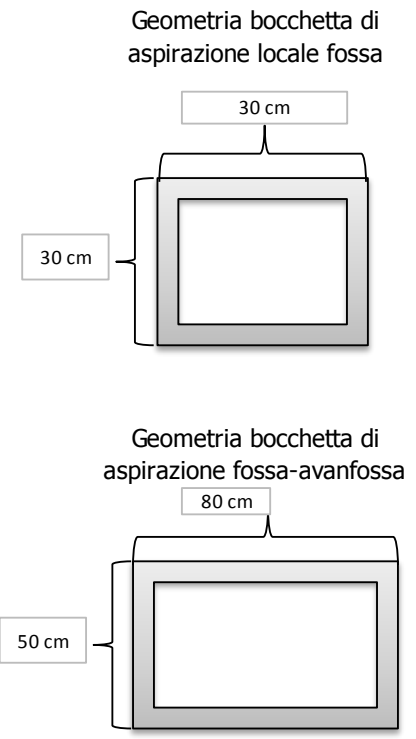
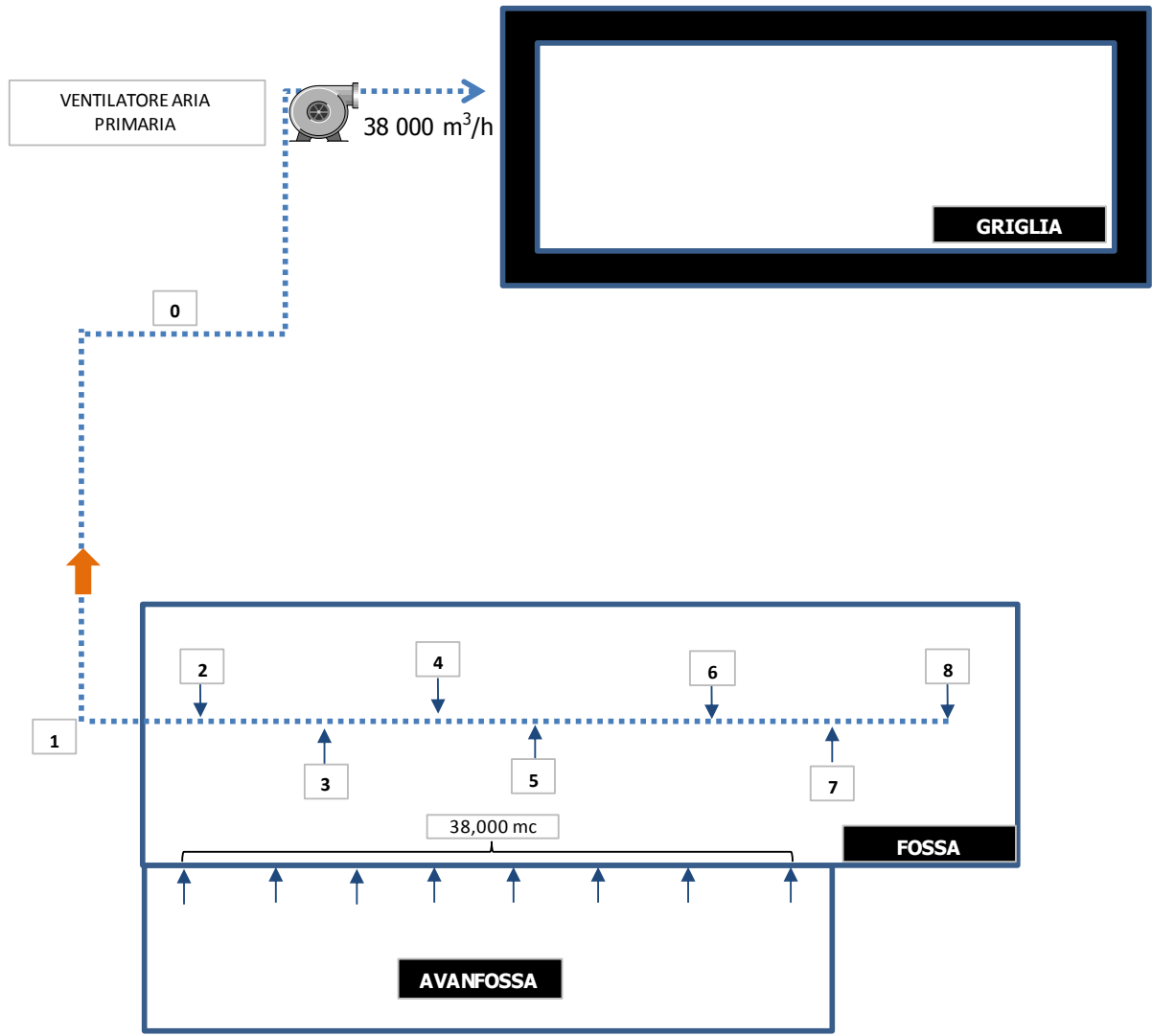
L'aria viene aspirata dall'edificio fossa combustibile tramite una condotta principale asservita da bocchette di aspirazione mediante l'utilizzo di un ventilatore con comando a velocità variabile posto in copertura all'edificio dei ROT.

Il sistema di distribuzione dell'aria primaria convoglia l'aria dal deposito del combustibile al forno per mezzo del ventilatore, come già anticipato, assicurando così il completo e continuo rinnovo dell'aria ambientale.

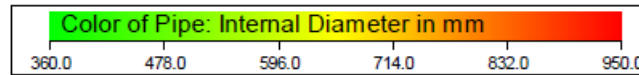


3.1 DIMENSIONAMENTO CONDOTTE ESTRAZIONE ARIA PRIMARIA

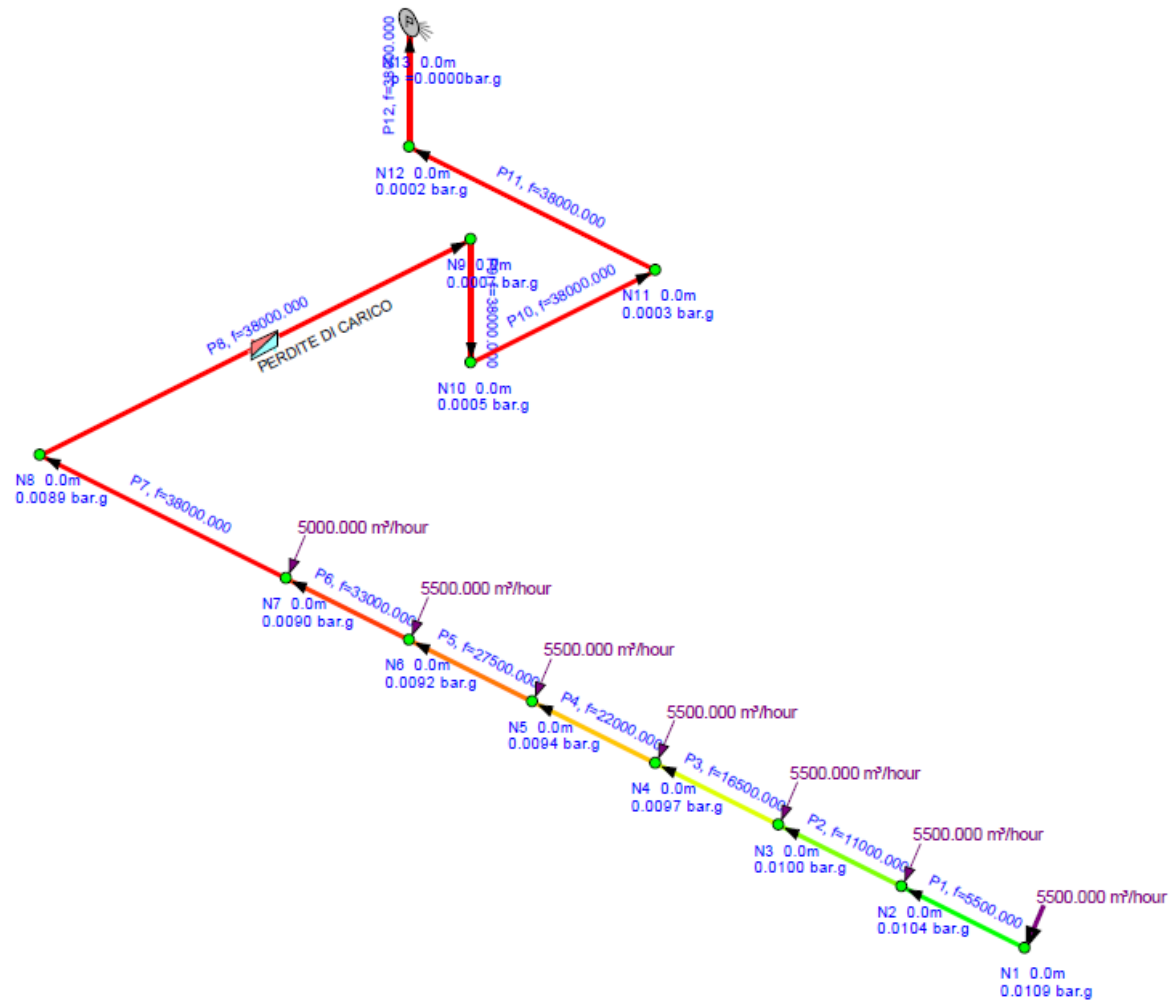
Nella tabella seguente sono riportati i dimensionamenti delle condotte di estrazione dell'aria primaria dall'edificio fossa. Le dimensioni dei condotti principali sono scelte in modo che la velocità dell'aria non superi i 15 m/s e garantire l'apporto di aria necessaria alla combustione come da bilanci precedentemente esposti



Descrizione	TRATTO DI ASPIRAZIONE	V ARIA PRIMARIA	Q	Q	T _{aria} (T)	V _{max}	A _{min} tubo (A)	D _{min} (D)	Densità aria (ρ)	Q (Pt)
			m ³	m ³ /h			m ³ /s			
			$Vh = V \cdot Ric$	$Vs = Vh/3600$	°C	m/s	$A = Vs/vmax$	$D = 2 \cdot ((A/n)^{0,5})$	kg/m ³	kg/s
1 Aspirazione Aria Primaria da Edificio Fossa		38 000	38 000						da tabella	Pt= Ric*ρ
	Tratto 1-2		38 000	10,6	25	15	0,70	0,95	1,169	12,3
	Tratto 2-3		33 000	9,2	25	15	0,61	0,88	1,169	10,7
	Tratto 3-4		27 500	7,6	25	15	0,51	0,81	1,169	8,9
	Tratto 4-5		22 000	6,1	25	15	0,41	0,72	1,169	7,1
	Tratto 5-6		16 500	4,6	25	15	0,31	0,62	1,169	5,4
	Tratto 6-7		11 000	3,1	25	15	0,20	0,51	1,169	3,6
	Tratto 7-8		5 500	1,5	25	15	0,10	0,36	1,169	1,8
2 Aspirazione da edificio Avanfossa		35 000	Q m ³ /h	Q m ³ /s	T _{aria} (T) °C	V _{max} m/s	A _{min} bocchetta m ²			
	Bocchetta 1		4 375	1,2	25	3	0,41			
	Bocchetta 2		4 375	1,2	25	3	0,41			
	Bocchetta 3		4 375	1,2	25	3	0,41			
	Bocchetta 4		4 375	1,2	25	3	0,41			
	Bocchetta 5		4 375	1,2	25	3	0,41			
	Bocchetta 6		4 375	1,2	25	3	0,41			
	Bocchetta 7		4 375	1,2	25	3	0,41			
	Bocchetta 8		4 375	1,2	25	3	0,41			
							3,24 sup totale			



Pipe Flow Expert Results Key
f = flow in m³/hour



Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /hour	Demand Out m ³ /hour	Total Flow In m ³ /hour	Total Flow Out m ³ /hour
1	Join Point	N1	0.000	N/A	N/A	0.0109	94.216	5500.000	0.000	5500.000	5500.000
2	Join Point	N2	0.000	N/A	N/A	0.0104	89.210	5500.000	0.000	11000.000	11000.000
3	Join Point	N3	0.000	N/A	N/A	0.0100	85.984	5500.000	0.000	16500.000	16500.000
4	Join Point	N4	0.000	N/A	N/A	0.0097	83.374	5500.000	0.000	22000.000	22000.000
5	Join Point	N5	0.000	N/A	N/A	0.0094	81.250	5500.000	0.000	27500.000	27500.000
6	Join Point	N6	0.000	N/A	N/A	0.0092	79.456	5500.000	0.000	33000.000	33000.000
7	Join Point	N7	0.000	N/A	N/A	0.0090	77.781	5000.000	0.000	38000.000	38000.000
8	Join Point	N8	0.000	N/A	N/A	0.0089	76.292	0.000	0.000	38000.000	38000.000
9	Join Point	N9	0.000	N/A	N/A	0.0007	5.958	0.000	0.000	38000.000	38000.000
10	Join Point	N10	0.000	N/A	N/A	0.0005	4.469	0.000	0.000	38000.000	38000.000
11	Join Point	N11	0.000	N/A	N/A	0.0003	2.979	0.000	0.000	38000.000	38000.000
12	Join Point	N12	0.000	N/A	N/A	0.0002	1.490	0.000	0.000	38000.000	38000.000
13	Demand Pressure	N13	0.000	N/A	0.0000	0.0000	0.000	N/A	N/A	38000.000	0.000

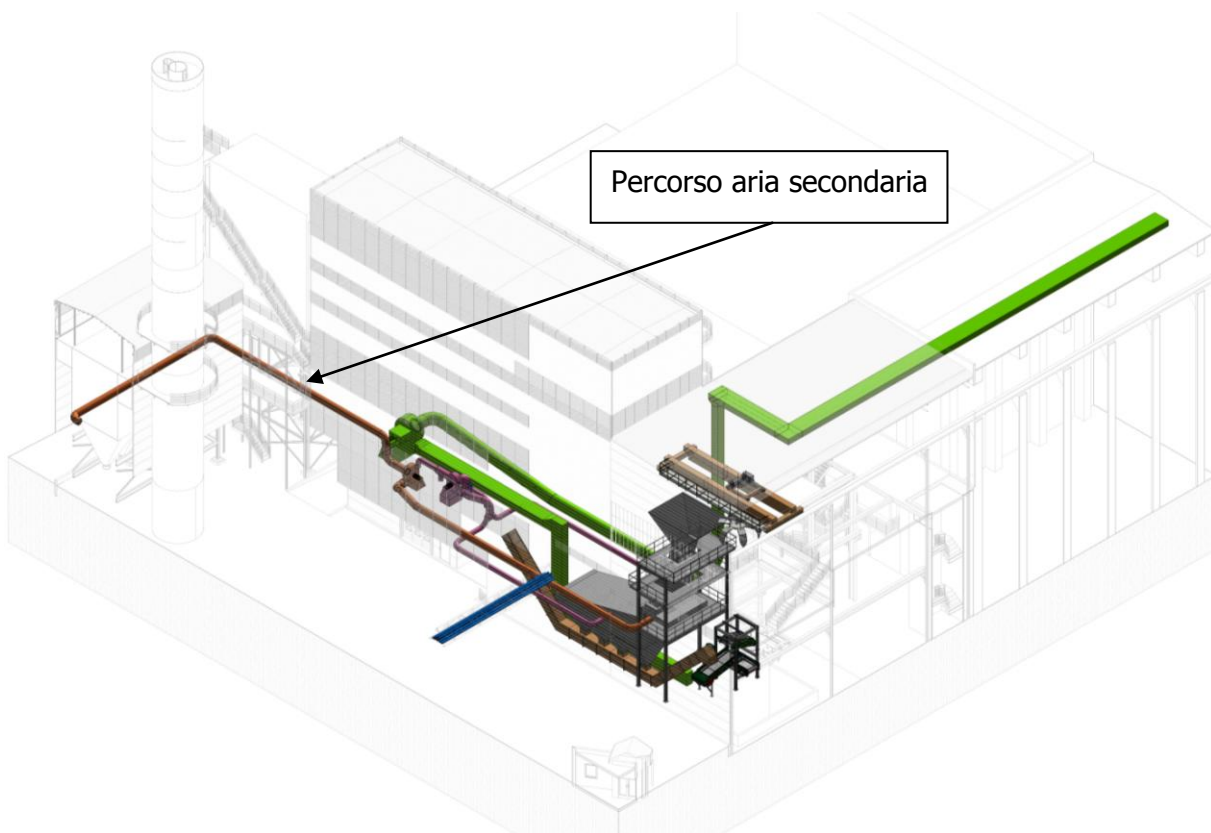
Energy Data

Pipe Id	Pipe Name	Energy Loss To Pipe Friction	Energy Loss To Pipe Fittings	Energy Loss To Pipe Components	Energy Loss To Pipe Control Valves	Energy Loss To Pump Inefficiency	SUBTOTAL Loss Pipe Items + Pump	Energy Loss To Discharge Pressure	Energy Loss To Change in Elevation	TOTAL USED Sum of All Items
		Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts
1	P1	0.088870	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.088870	0.000000	0.000000	0.088870
2	P2	0.114552	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.114552	0.000000	0.000000	0.114552
3	P3	0.139027	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.139027	0.000000	0.000000	0.139027
4	P4	0.150830	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.150830	0.000000	0.000000	0.150830
5	P5	0.159254	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.159254	0.000000	0.000000	0.159254
6	P6	0.178383	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.178383	0.000000	0.000000	0.178383
7	P7	0.182717	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.182717	0.000000	0.000000	0.182717
8	P8	0.182717	0.000000	8.444724	0.000000	N/A	8.627441	0.000000	0.000000	8.627441
9	P9	0.182717	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.182717	0.000000	0.000000	0.182717
10	P10	0.182717	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.182717	0.000000	0.000000	0.182717
11	P11	0.182717	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.182717	0.000000	0.000000	0.182717
12	P12	0.182717	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	0.182717	0.000000	0.000000	0.182717

4. VERIFICA SISTEMA ARIA SECONDARIA

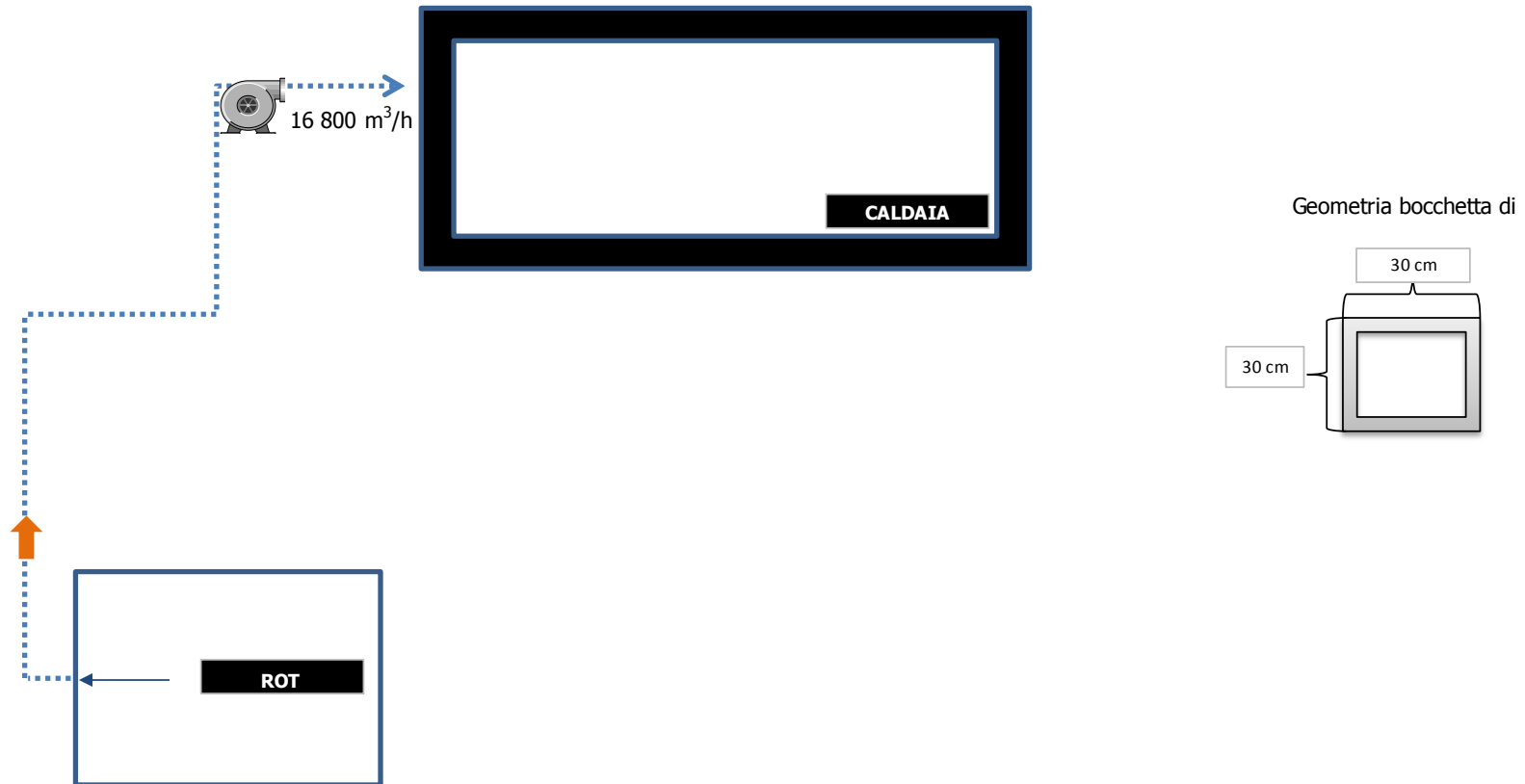
L'aria secondaria è necessaria per fornire l'ossigeno necessario al completamento del processo di combustione e per raggiungere il valore minimo di O₂ nei fumi, fissato dalla normativa al 6%; il tenore di O₂ durante l'esercizio risulta essere del 7÷9%. Un ventilatore a velocità variabile insuffla aria, attraverso più file di ugelli, nella sezione Venturi che collega la camera di combustione con quella di postcombustione.

L'aria viene aspirata dall'edificio ROT tramite una serie di cappe di aspirazione che si innestano su di una condotta principale asservita da un ventilatore a velocità variabile posto sopra il locale ROT stesso. Il sistema di distribuzione dell'aria secondaria convoglia l'aria dall'edificio al forno per mezzo del ventilatore, come già anticipato, assicurando così il completo e continuo rinnovo dell'aria ambientale.

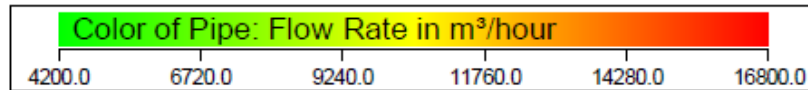


4.1 DIMENSIONAMENTO CONDOTTE ESTRAZIONE ARIA SECONDARIA

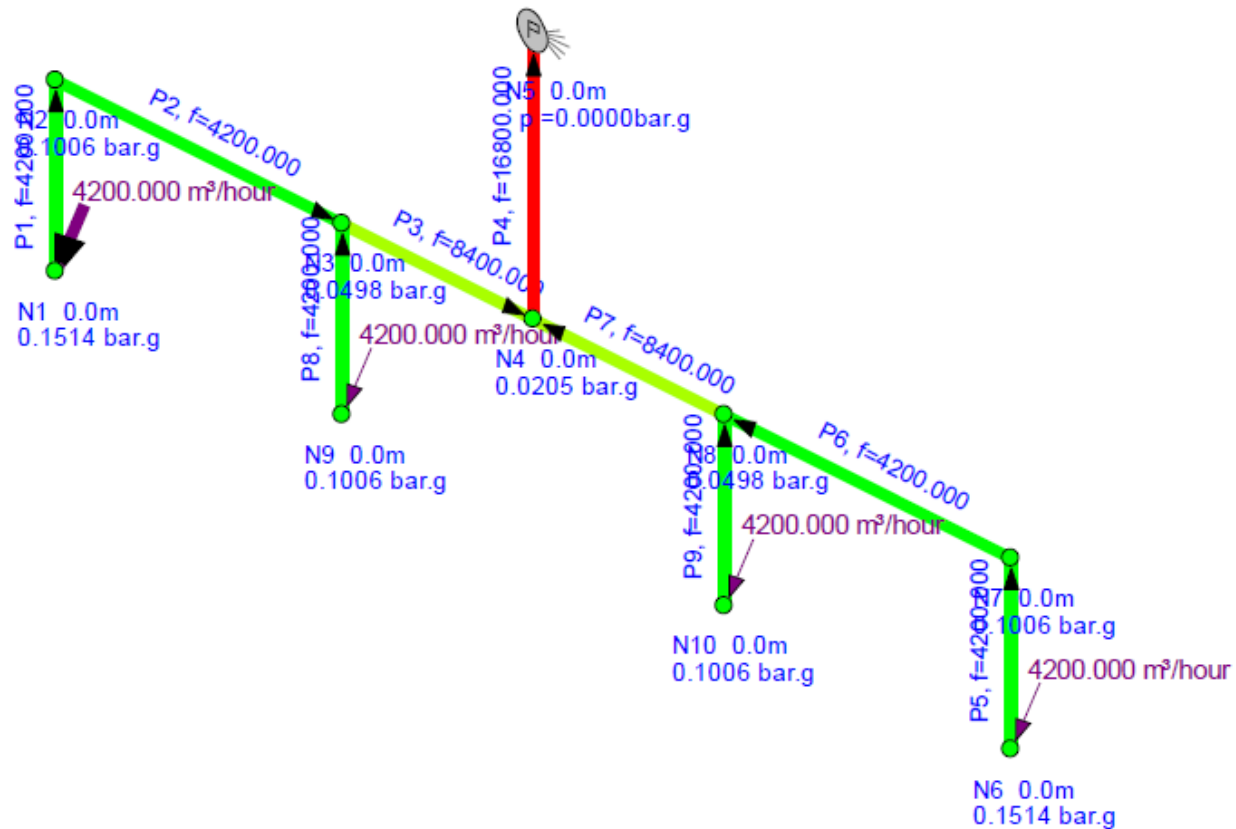
Nella tabella seguente sono riportati i dimensionamenti delle condotte di estrazione dell'aria primaria dall'edificio fossa. Le dimensioni dei condotti principali sono scelte in modo che la velocità dell'aria non superi i 15 m/s e garantire l'apporto di aria necessaria alla combustione come da bilanci precedentemente esposti



Descrizione	TRATTO DI ASPIRAZIONE	V LOCALE	h	Q	Q	T _{aria} (T)	V _{max}	A _{min tubo} (A)	D _{min} (D)	Densità aria (ρ)	Q (Pt)
		m³	h	m³/h	m³/s	°C	m/s	m²	m	kg/m³	kg/s
				$Vh = V \cdot Ric$	$Vs = Vh/3600$			$A = Vs/v_{max}$	$D = 2 \cdot ((A/n)^{0,5})$	da tabella	$Pt = Ric \cdot \rho$
1 Aspirazione Aria Secondaria da Edificio ROT		3 360	5	16 800							
Bocchetta aspirante 1 + 2 + 3 + 4				16 800	4,7	25	15	0,31	0,63	1,169	5,5
Bocchetta aspirante 1 + 2 + 3				12 600	3,5	25	15	0,23	0,55	1,169	4,1
Bocchetta aspirante 1 + 2				8 400	2,3	25	15	0,16	0,45	1,169	2,7
Bocchetta aspirante 1				4 200	1,2	25	15	0,08	0,31	1,169	1,4



Pipe Flow Expert Results Key
f = flow in m³/hour



Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /hour	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	4" Steel Sch. 40	310.000	0.046	1.000	0.0000	1164.3333	4200.000	* 15.457 (Flow Velocity is high)	0.1514	0.1006
2	P2	4" Steel Sch. 40	310.000	0.046	1.000	0.0000	1164.3333	4200.000	* 15.457 (Flow Velocity is high)	0.1006	0.0498
3	P3	4" Steel Sch. 40	450.000	0.046	1.000	0.0000	2328.6667	8400.000	* 14.671 (Flow Velocity is high)	0.0498	0.0205
4	P4	4" Steel Sch. 40	630.000	0.046	1.000	0.0000	4657.3333	16800.000	* 14.970 (Flow Velocity is high)	0.0205	0.0000
5	P5	4" Steel Sch. 40	310.000	0.046	1.000	0.0000	1164.3333	4200.000	* 15.457 (Flow Velocity is high)	0.1514	0.1006
6	P6	4" Steel Sch. 40	310.000	0.046	1.000	0.0000	1164.3333	4200.000	* 15.457 (Flow Velocity is high)	0.1006	0.0498
7	P7	4" Steel Sch. 40	450.000	0.046	1.000	0.0000	2328.6667	8400.000	* 14.671 (Flow Velocity is high)	0.0498	0.0205
8	P8	4" Steel Sch. 40	310.000	0.046	1.000	0.0000	1164.3333	4200.000	* 15.457 (Flow Velocity is high)	0.1006	0.0498
9	P9	4" Steel Sch. 40	310.000	0.046	1.000	0.0000	1164.3333	4200.000	* 15.457 (Flow Velocity is high)	0.1006	0.0498

Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /hour	Demand Out m ³ /hour	Total Flow In m ³ /hour	Total Flow Out m ³ /hour
1	Join Point	N1	0.000	N/A	N/A	0.1514	1.547	4200.000	0.000	4200.000	4200.000
2	Join Point	N2	0.000	N/A	N/A	0.1006	1.028	0.000	0.000	4200.000	4200.000
3	Join Point	N3	0.000	N/A	N/A	0.0498	0.509	0.000	0.000	8400.000	8400.000
4	Join Point	N4	0.000	N/A	N/A	0.0205	0.209	0.000	0.000	16800.000	16800.000
5	Demand Pressure	N5	0.000	N/A	0.0000	0.0000	0.000	N/A	N/A	16800.000	0.000
6	Join Point	N6	0.000	N/A	N/A	0.1514	1.547	4200.000	0.000	4200.000	4200.000
7	Join Point	N7	0.000	N/A	N/A	0.1006	1.028	0.000	0.000	4200.000	4200.000
8	Join Point	N8	0.000	N/A	N/A	0.0498	0.509	0.000	0.000	8400.000	8400.000
9	Join Point	N9	0.000	N/A	N/A	0.1006	1.028	4200.000	0.000	4200.000	4200.000
10	Join Point	N10	0.000	N/A	N/A	0.1006	1.028	4200.000	0.000	4200.000	4200.000

Energy Data

Pipe Id	Pipe Name	Energy Loss To Pipe Friction	Energy Loss To Pipe Fittings	Energy Loss To Pipe Components	Energy Loss To Pipe Control Valves	Energy Loss To Pump Inefficiency	SUBTOTAL Loss Pipe Items + Pump	Energy Loss To Discharge Pressure	Energy Loss To Change in Elevation	TOTAL USED Sum of All Items
		Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts
1	P1	5.924309	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	5.924309	0.000000	0.000000	5.924309
2	P2	5.924309	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	5.924309	0.000000	0.000000	5.924309
3	P3	6.847597	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	6.847597	0.000000	0.000000	6.847597
4	P4	9.558593	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	9.558593	0.000000	0.000000	9.558593
5	P5	5.924309	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	5.924309	0.000000	0.000000	5.924309
6	P6	5.924309	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	5.924309	0.000000	0.000000	5.924309
7	P7	6.847597	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	6.847597	0.000000	0.000000	6.847597
8	P8	5.924309	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	5.924309	0.000000	0.000000	5.924309
9	P9	5.924309	0.000000	0.000000	0.000000	N/A	5.924309	0.000000	0.000000	5.924309