



ESPERIENZE DI UTILIZZAZIONE DELLE MEDIE ENTALPIE

Roberto PARRI

Enel Green Power

Firenze, 23 settembre 2011

Le quattro fonti rinnovabili utilizzate da Enel Green Power: Calore della terra, Vento, Sole, Acqua

Uso: inserire classificazione



Enel Green Power

31.12.2010	Capacità installata netta MW	Produzione netta TWh
Generazione/Generation	6.102	22,4
<i>Idroelettrica/Hydroelectric</i>	<i>2.539</i>	<i>11,1</i>
<i>Geotermica/Geothermal</i>	<i>775</i>	<i>5,3</i>
<i>Eolica/Wind</i>	<i>2.654</i>	<i>5,4</i>
<i>Altre rinnovabili/Other renewables</i>	<i>134</i>	<i>0,6</i>

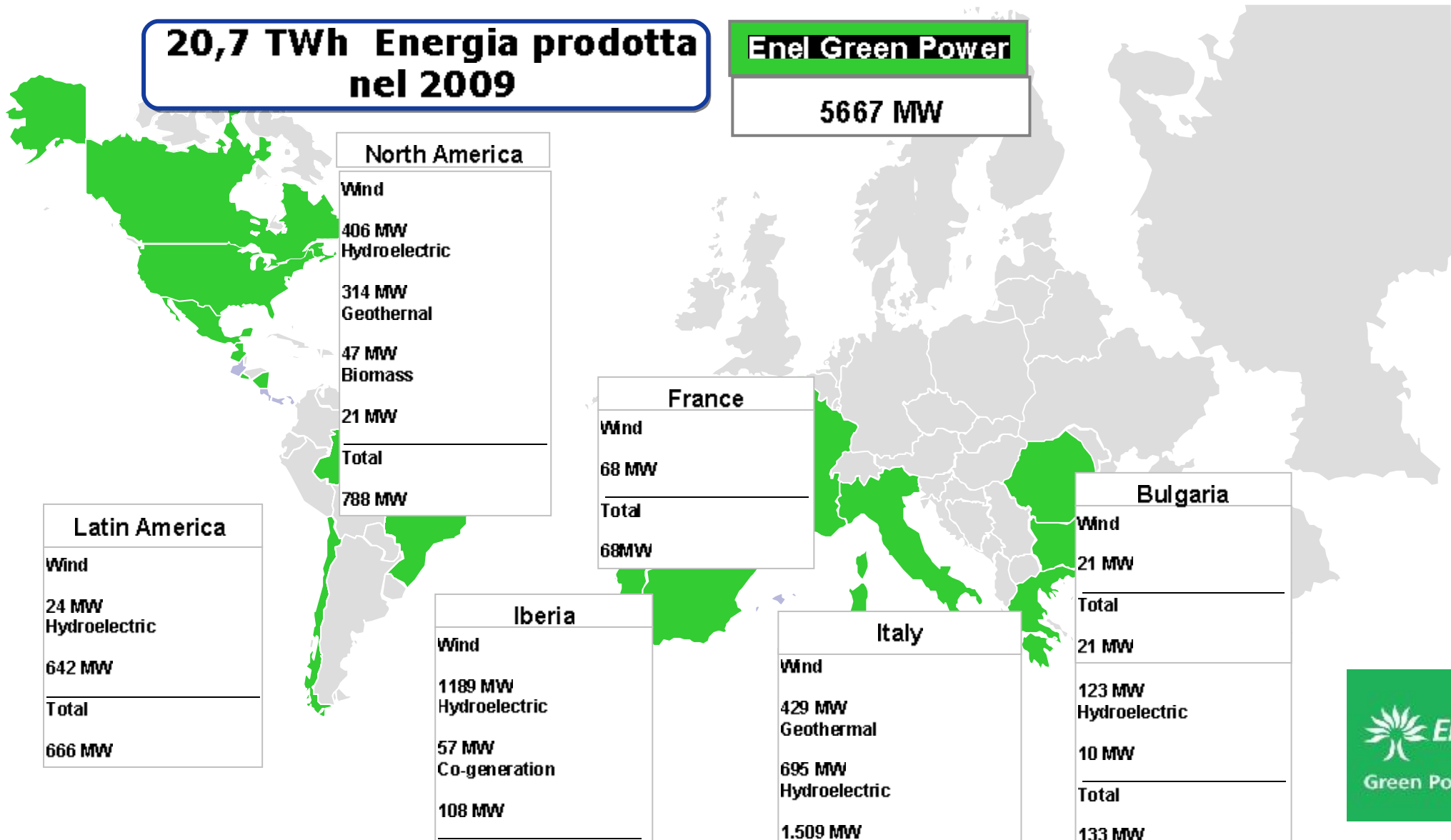
Uso: inserire classificazione

 **Enel Green Power presenza**

20,7 TWh Energia prodotta nel 2009

Enel Green Power

5667 MW



Enel's Worldwide Geothermal Activities

North America

2 plants in operations in Nevada (binary)

Other binary projects on going in California, Nevada, Utah

Latin America

NICARAGUA

1 greenfield project under exploration (flash)

GUATEMALA

2 greenfield projects under exploration (flash)

EL SALVADOR

Partnership with LaGeo for project in operations (200 MW flash)

CHILE

JV with ENAP (Empresa Nacional del Petroleo) 2 geothermal exploration and additional permits (flash), more than 100 MW

Drilling on going (two deep productive wells completed) in the Apacheta area, in the Chilean Andes

Europe

Valuation of binary and flash opportunities in Greece, Slovak, Hungary, France. Preliminary agreements for Turkey and Spain greenfield explorations

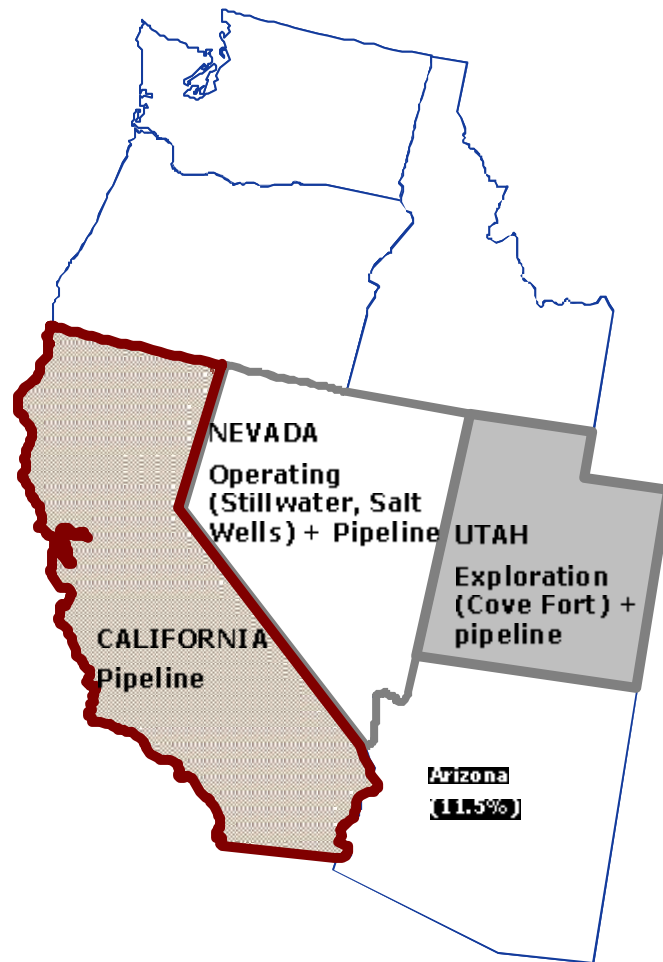
Italy

33 plants in operation (steam and flash)

New steam and flash plants planned



Geo pipelines in North America



65 MW new construction in 2009

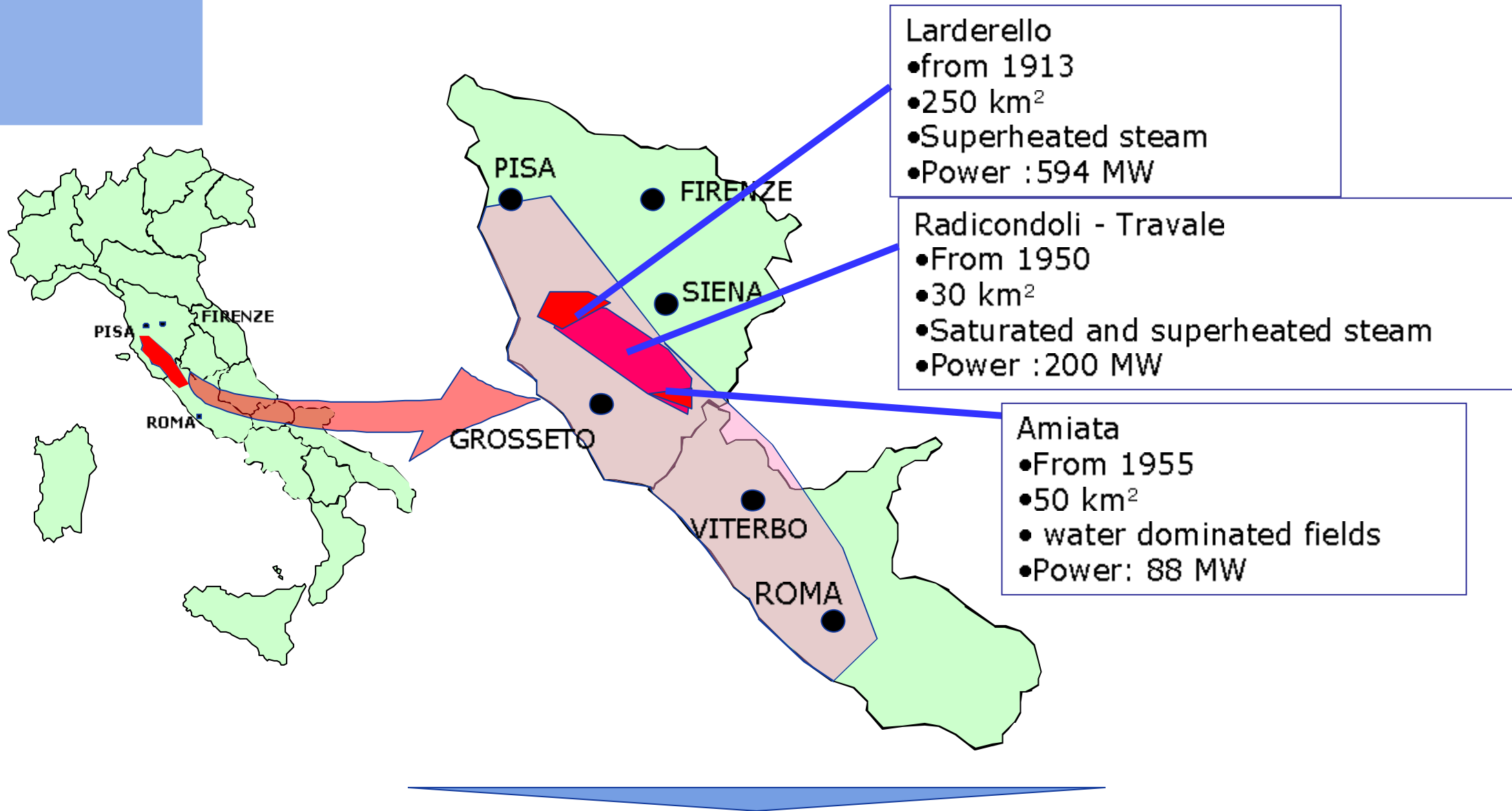
- **Stillwater and Salt Wells (NV)**, project construction completed in first quarter 2009

Other projects in advanced stage of development (2011-2015):

- **Utah** – Cove Fort: Redevelopment of pre-existing power plant now de-commissioned with binary technology. Greenfield prospects
- **California** – Development of a geothermal field in CA with one existing production well
- **Nevada** – Close to Fallon, green field prospect.

Enel Green Power: ubicazione impianti italiani

Uso: inserire classificazione



882 MW Potenza installata, 728 MW potenza netta

I "numeri del GEO"

- **Produzione tot. GEO (TWh) 5.0**
- **Calore fornito (Tcal) 299**
- **CO₂ evitata (Mt) 3.6**
- **TEP risparmiati (MTEP) 1.2**



In Italia

1.7 % della produz. totale

5.0 % della produz. ENEL

10.0 % della produz. da Rinnov.

**Circa il 25% dei consumi della
Regione Toscana coperti da
produzione Geotermica**

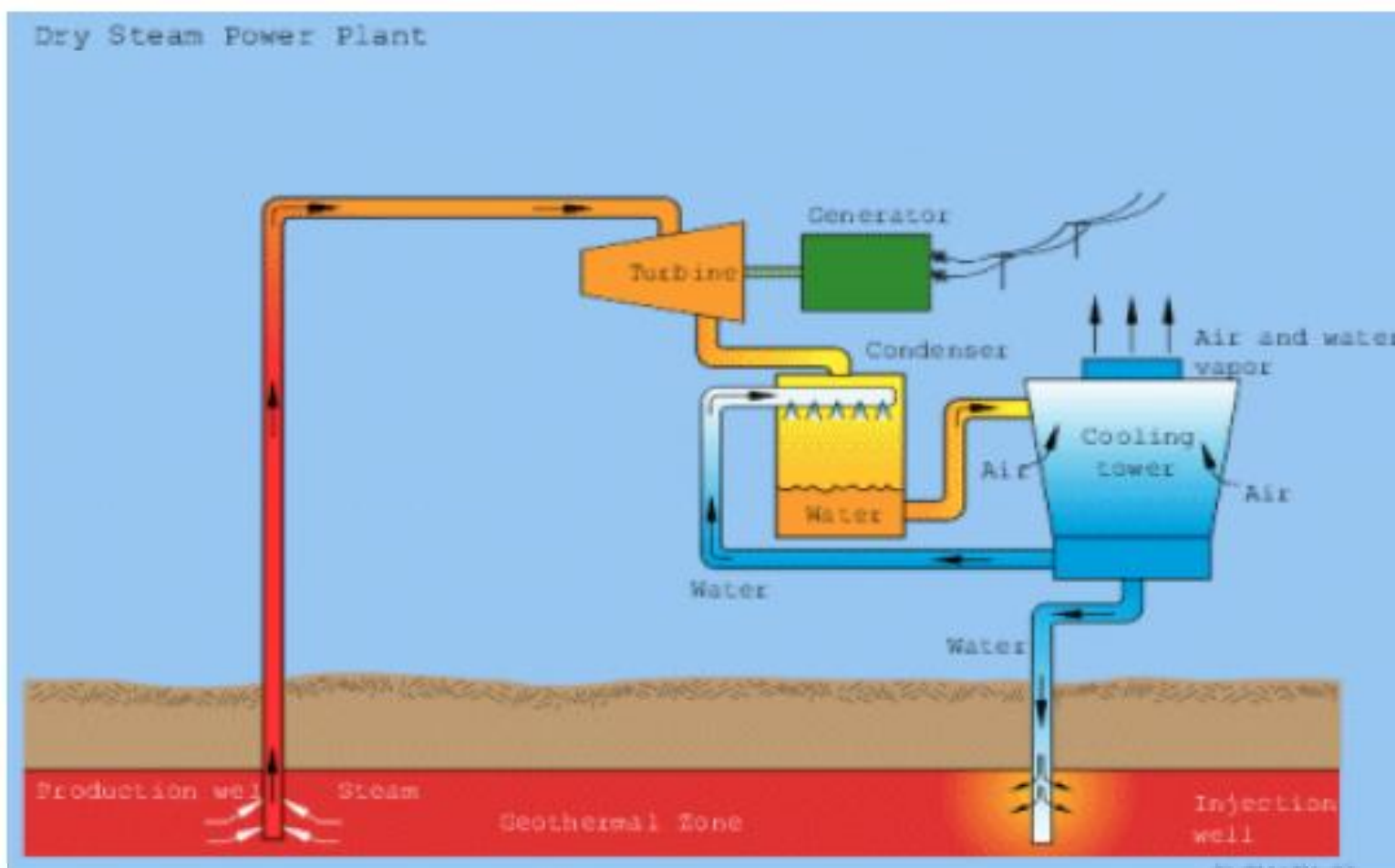
Dati 2005

Temperature vapore ingresso centrale

Centrale	Potenza Attiva Lorda	Press Vap	Temp Vap
Nuova Lago	10,7	1,9	133,6
Lagoni Rossi	9,7	1,5	147,0
Farinello	39,2	3,5	147,7
Cornia 2	12,3	4,0	150,4
Nuova Sasso	10,7	4,2	153,6
N. Serrazzano	45,7	4,0	153,7
Carboli 1	12,8	4,7	153,8
Le Prata	11,8	4,1	156,7
Sesta	7,3	5,1	158,9

Centrale	Potenza Attiva Lorda	Press Vap	Temp Vap
Carboli 2	11,8	6,1	162,2
Sasso 2	14,6	5,5	164,8
Piancastagnaio 2	5,9	6,8	169,5
Nuova S.Martino	33,3	7,1	169,6
Nuova Molinetto	12,9	3,5	169,7
Nuova Monterotondo	3,6	1,1	174,9
Nuova Castelnuovo	15,5	1,9	179,8
Monteverdi 1	18,0	10,2	185,1
Piancastagnaio 4	14,4	12,0	185,6
Rancia 2	15,2	13,0	187,1
Nuova Larderello	12,4	4,8	190,9
Selva	14,9	12,5	191,1
Valle Secolo 2	58,3	3,9	191,2
Piancastagnaio 5	15,1	12,9	193,0
Rancia 1	19,4	13,0	194,7
Pianacce	17,9	13,2	195,8
Nuova Radicondoli	35,7	8,1	196,6
Nuova Radicondoli 2	18,5	14,8	200,0
Monteverdi 2	16,6	14,6	200,3
Travale 3	14,1	12,9	202,1
Travale 4	40,6	14,7	202,9
Piancastagnaio 3	17,3	18,3	204,3
Chiusdino	19,4	16,1	205,0
Valle Secolo 1	58,7	3,8	206,0
Bagnore 3	19,2	18,1	208,5
Nuova Gabbro	18,9	6,1	231,5

Schema semplificato di un impianto a vapore secco (per vapore saturo secco o surriscaldato)



Se il fluido e' bifase (acqua vapore)

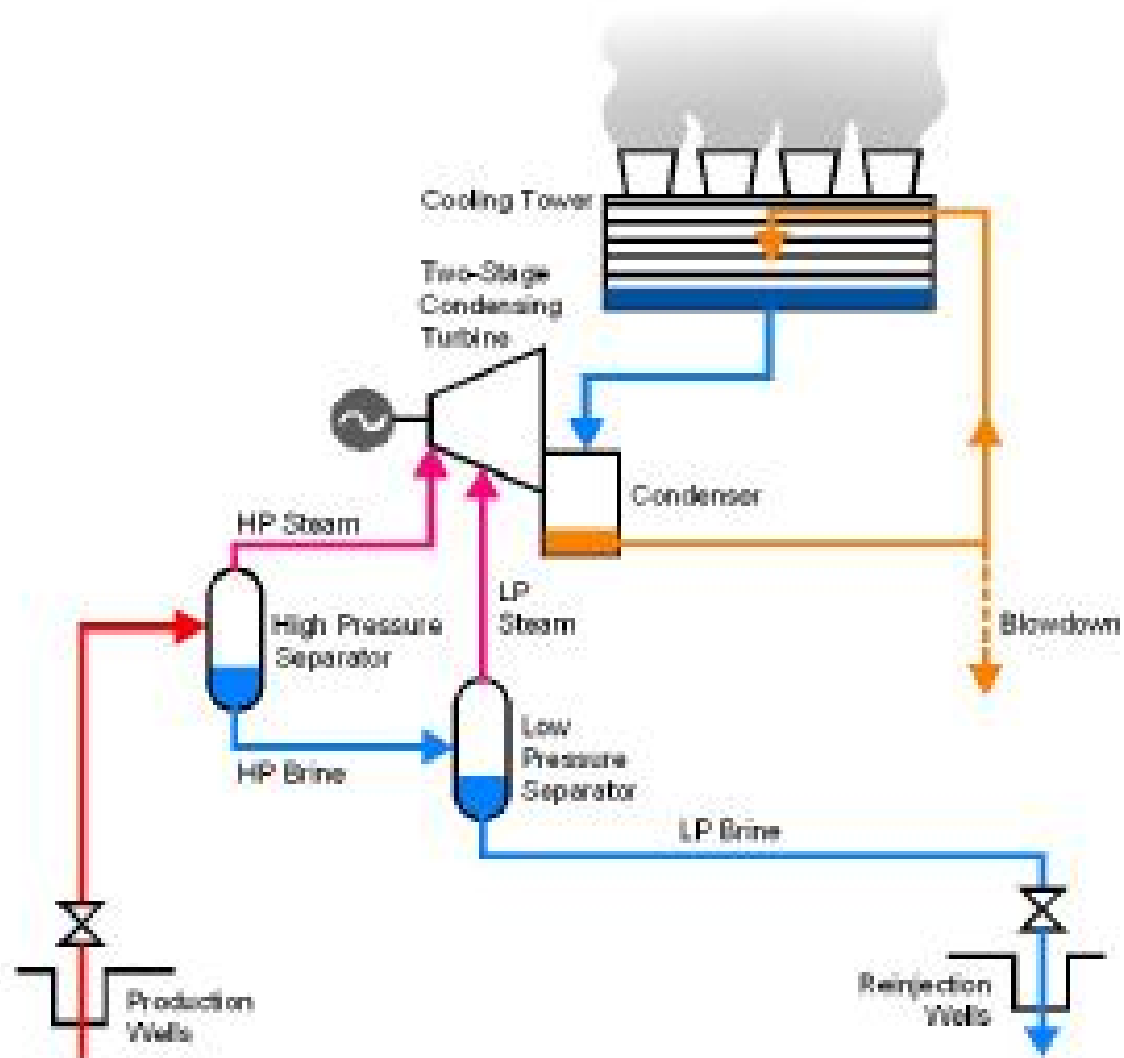
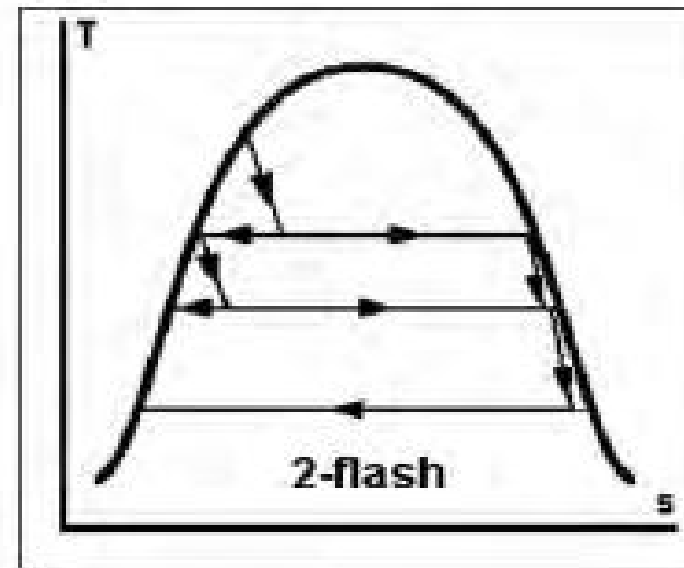
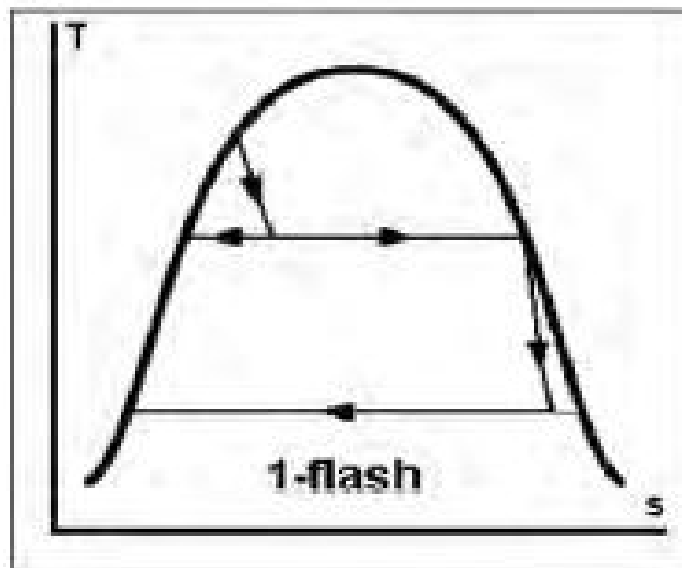
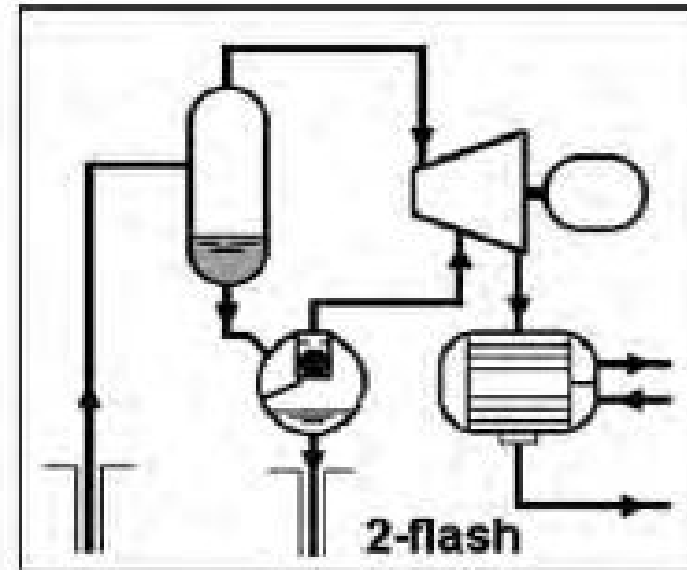
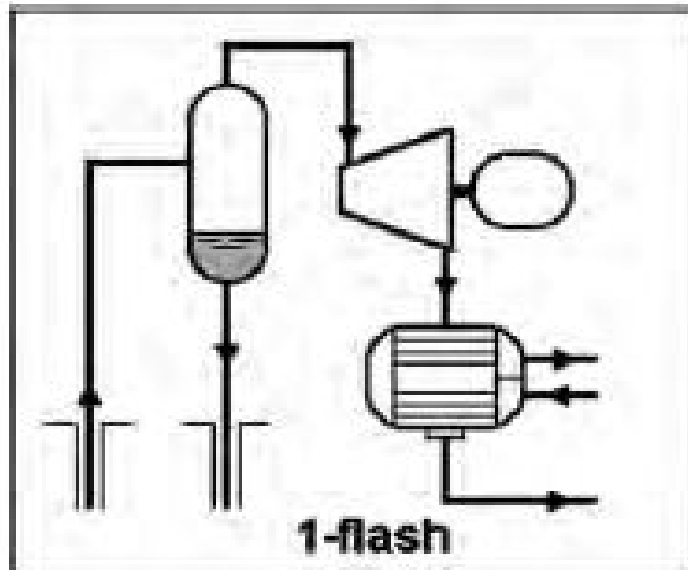
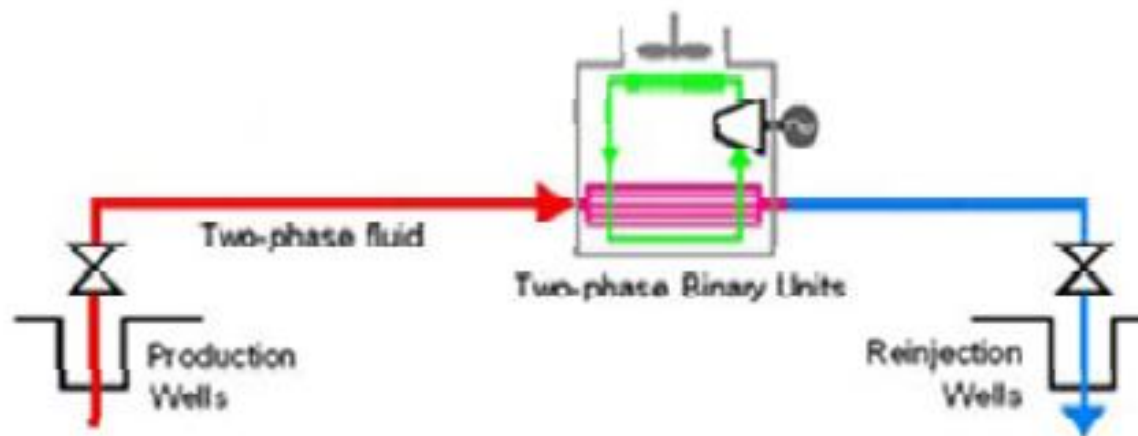


Figure B-2 Double pressure (double flash), condensing steam turbine plant

Ottimizzazione ciclo termodinamico

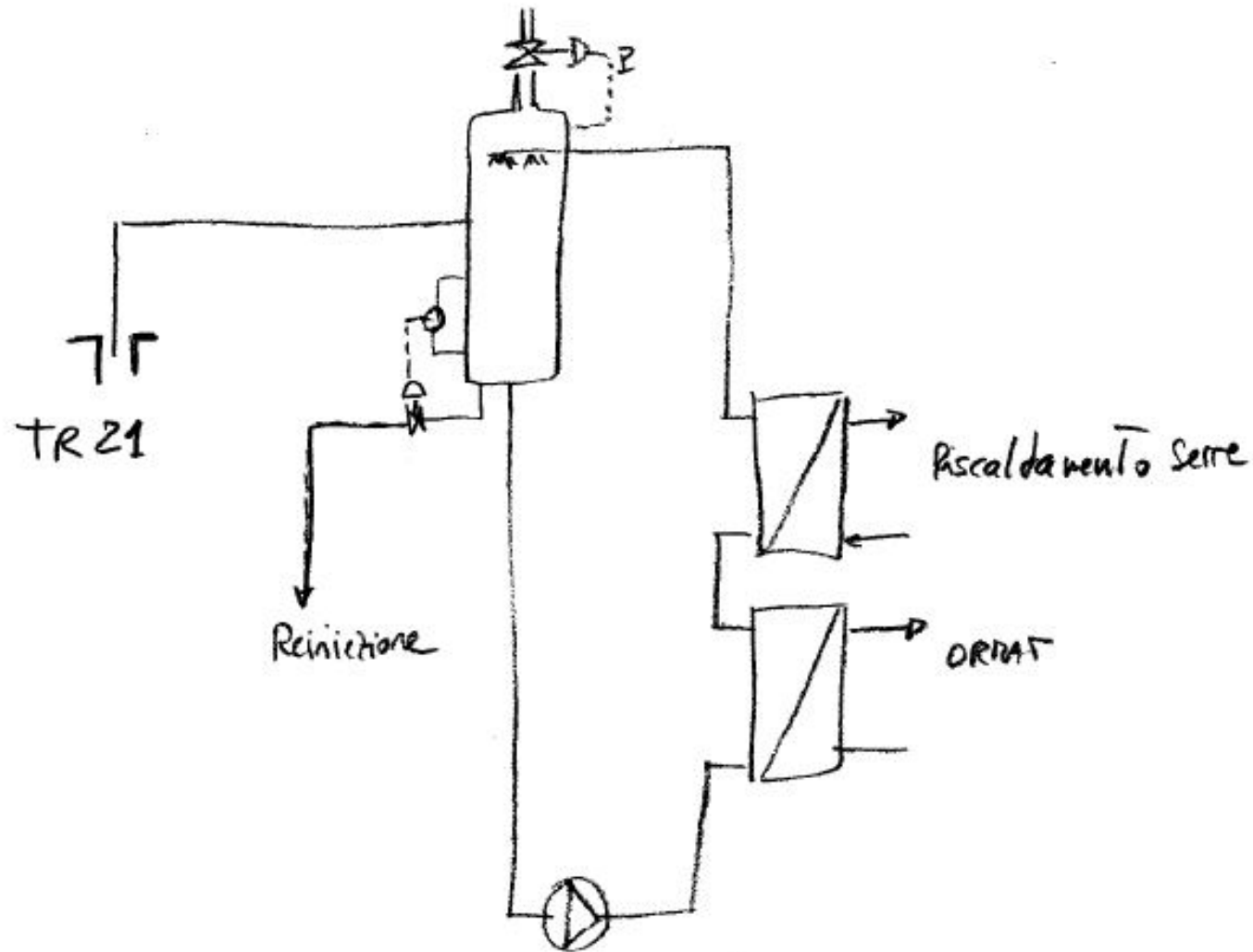


Se e' solo acqua



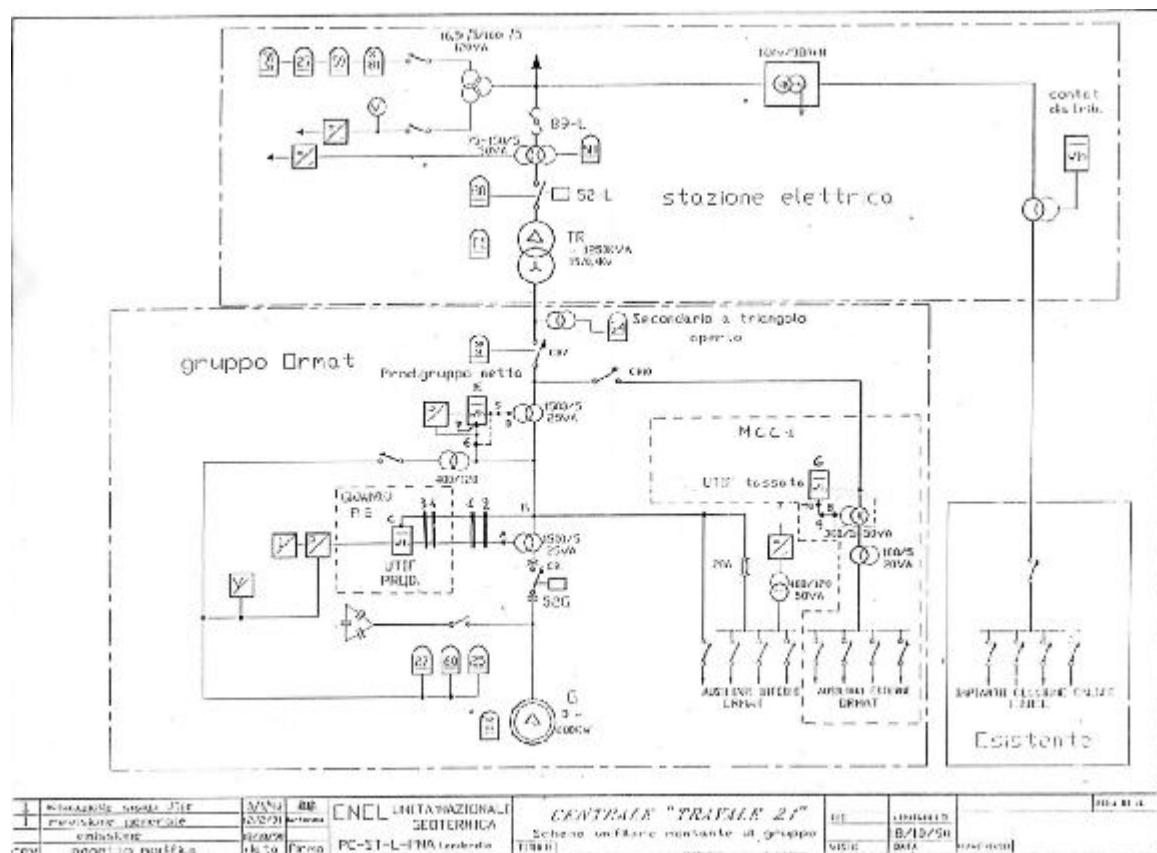
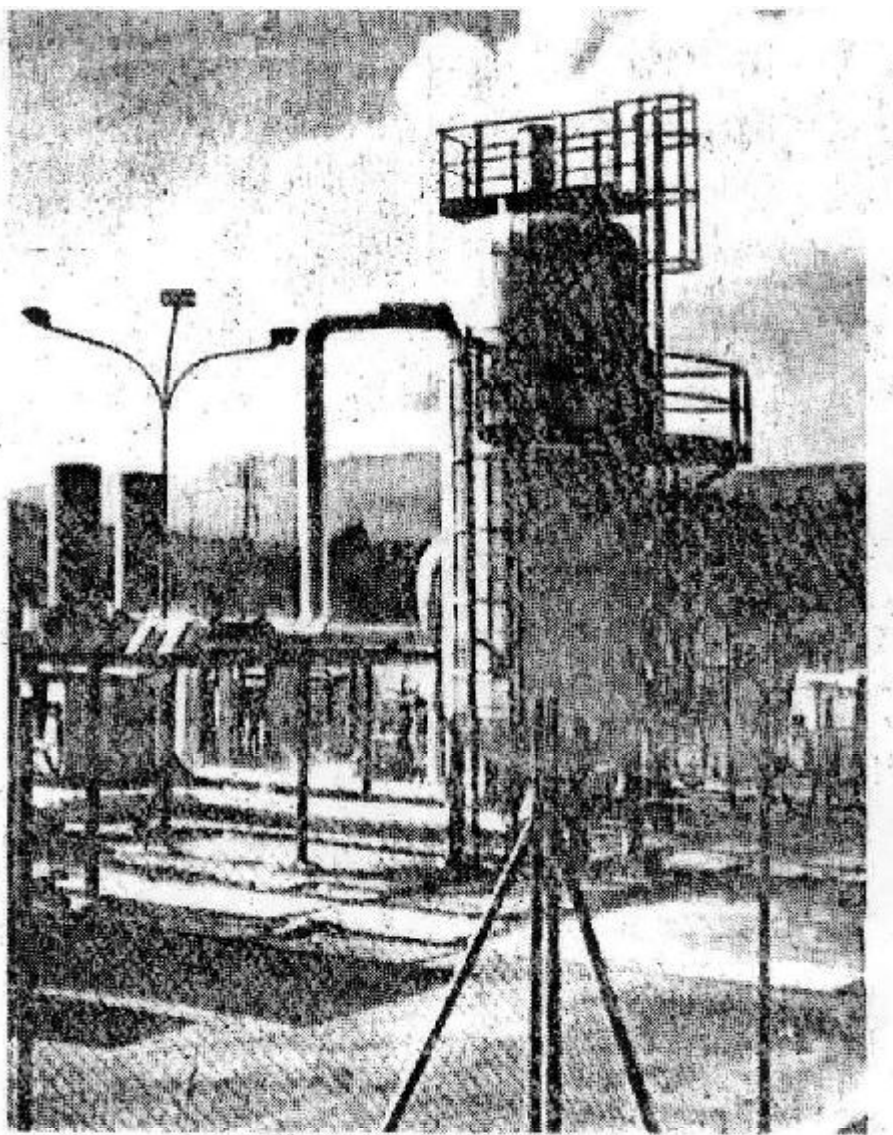
- **Figure B-3 Binary cycle (organic Rankine cycle) power plant, without separation of steam (if any) and brine**

Impianto Travale 21



Prime esperienze metà anni '80: Travale 21 Ormat 800 KW

Uso: inserire classificazione



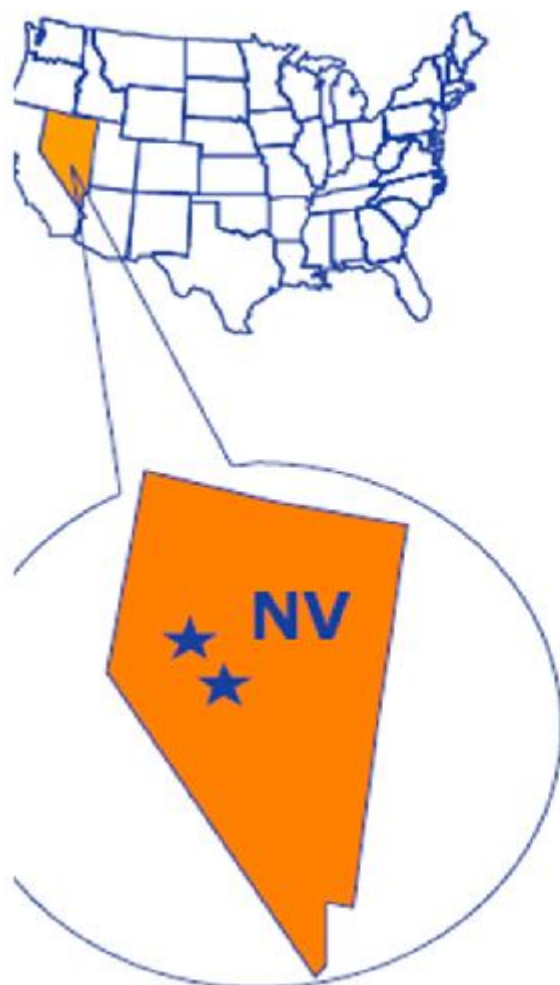
Overview

Two ENA Binary Cycle Projects in Construction Phase

Stillwater

&

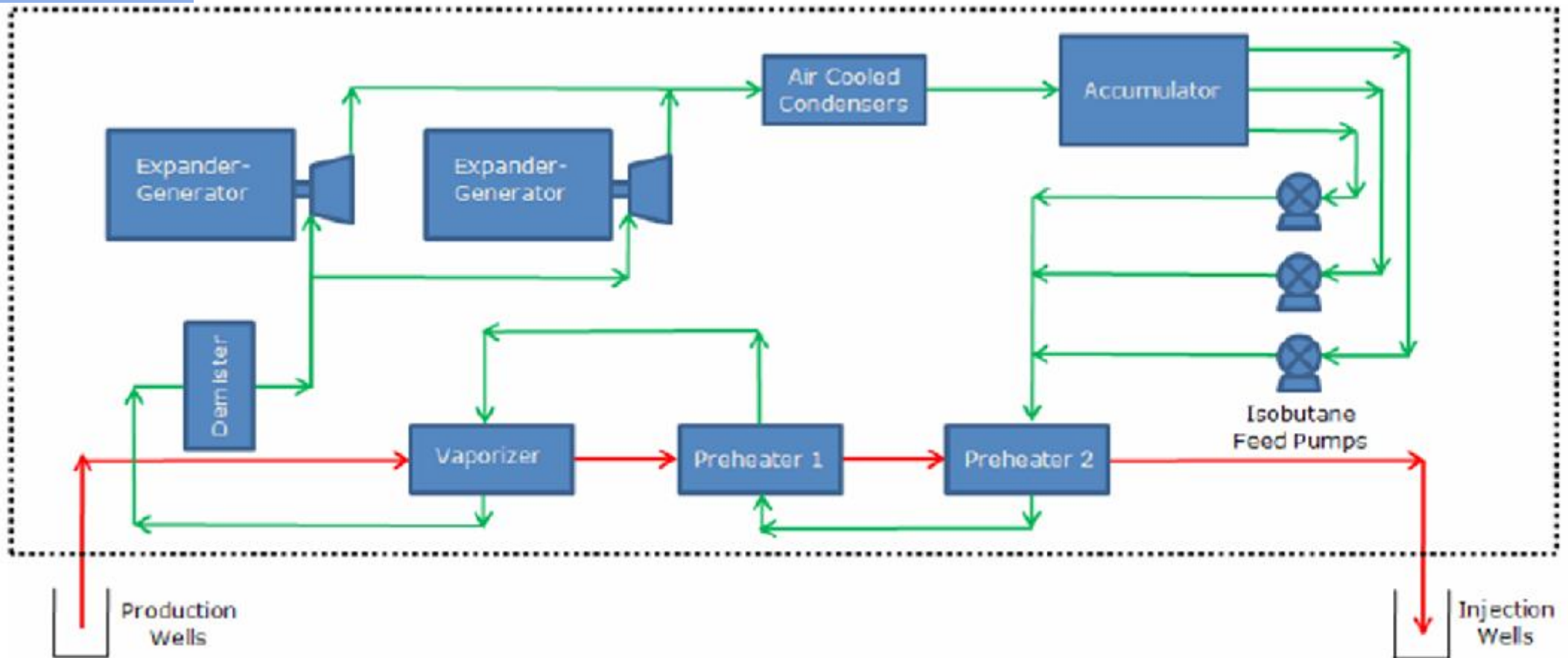
Salt Wells



- 48 MW Gross, 34 MW Net
- 7 Production, 7 Injection wells
- 310°F (154°C) Brine flowing at 15,900 GPM (914 kg/s)
- Isobutane working fluid

- 19 MW Gross, 14 MW Net
- 5 Production, 6 Injection Wells
- 275°F (135°C) Brine flowing at 10,700 GPM (624 kg/s)
- Isobutane working fluid

Process Schematic



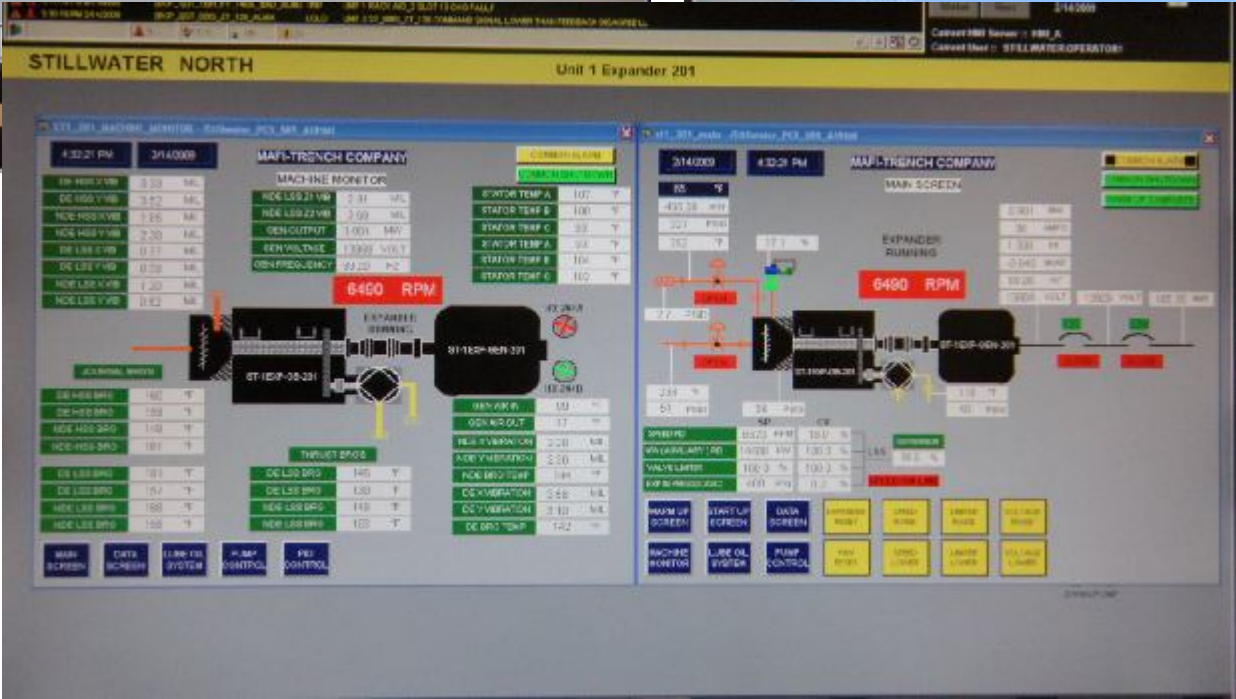
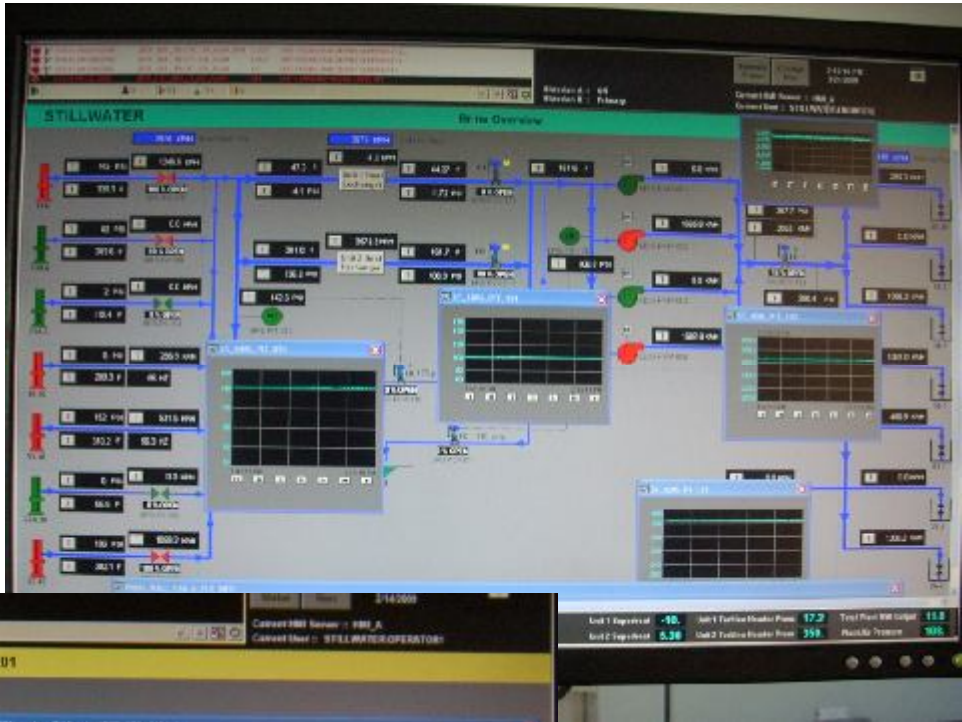
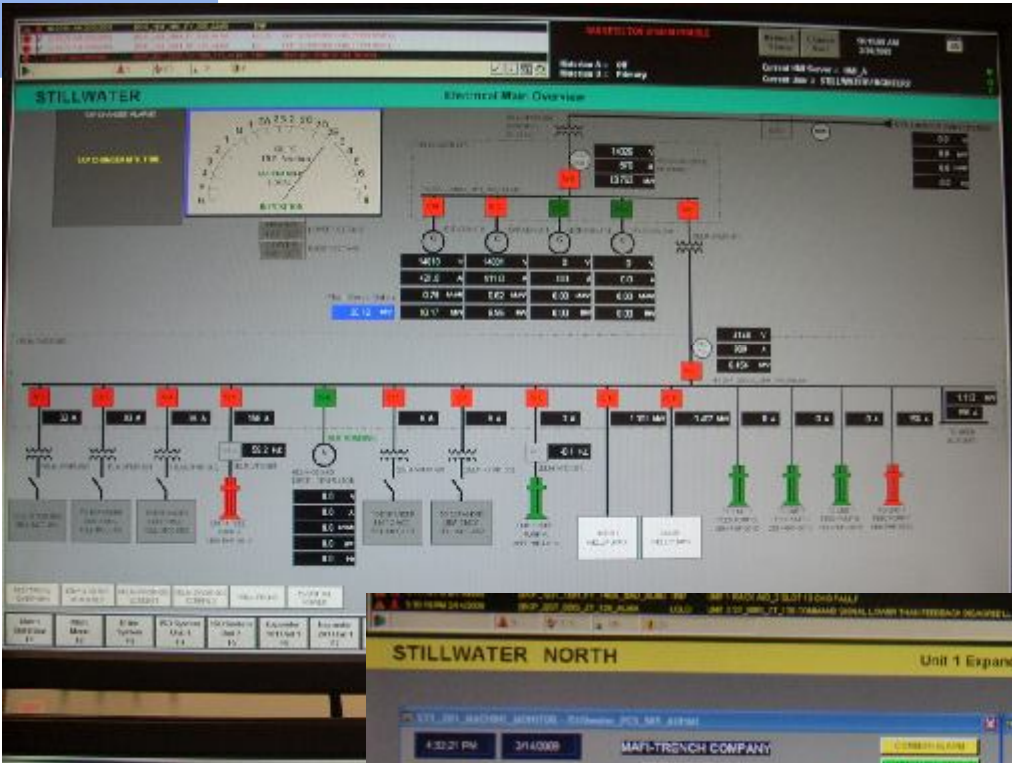
Salt Wells



Power Characteristics

	Stillwater	Salt Wells
Plant Gross	47,262 kW	18,634 kW
Generator Gross	11,815 kW	9,317 kW
Parasitic Load		
i-C4 Feed Pumps	5,619 kW	1,650 kW
Well Pumps	5,286 kW	1,457 kW
ACC Fans	2,138 kW	1,203 kW
All Other Loads	622 kW	380 kW
Total Parasitic	13,665 kW	4,690 kW
Net Power	33,596 kW	13,943 kW

Still Water

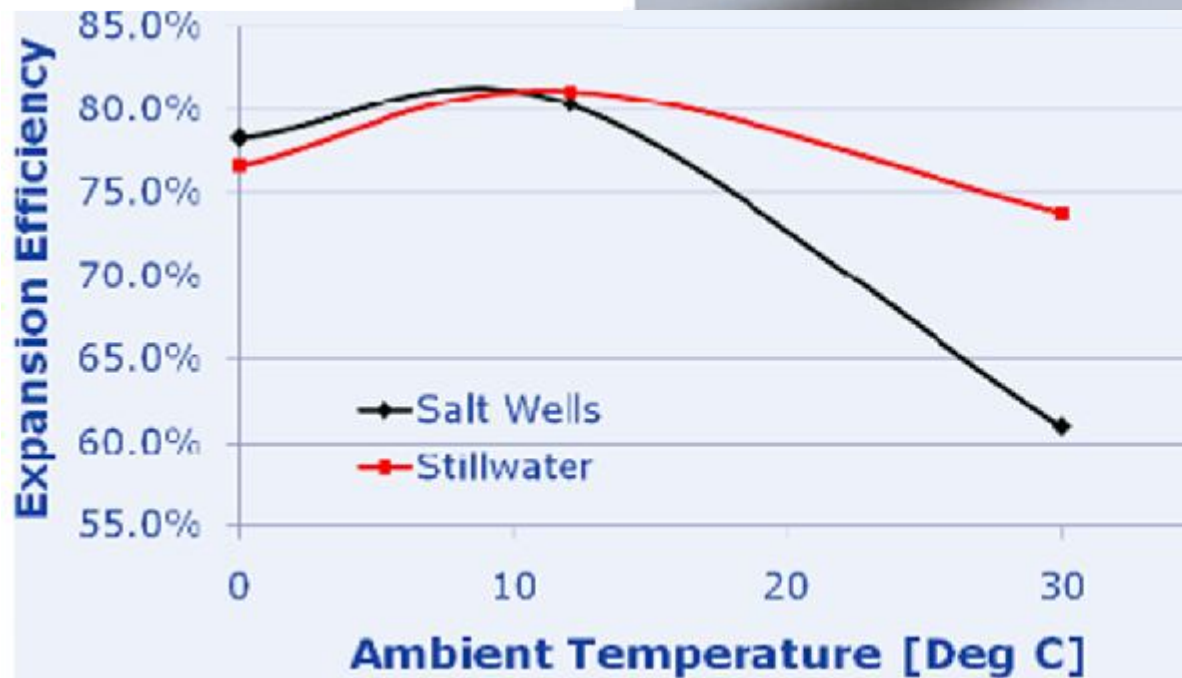
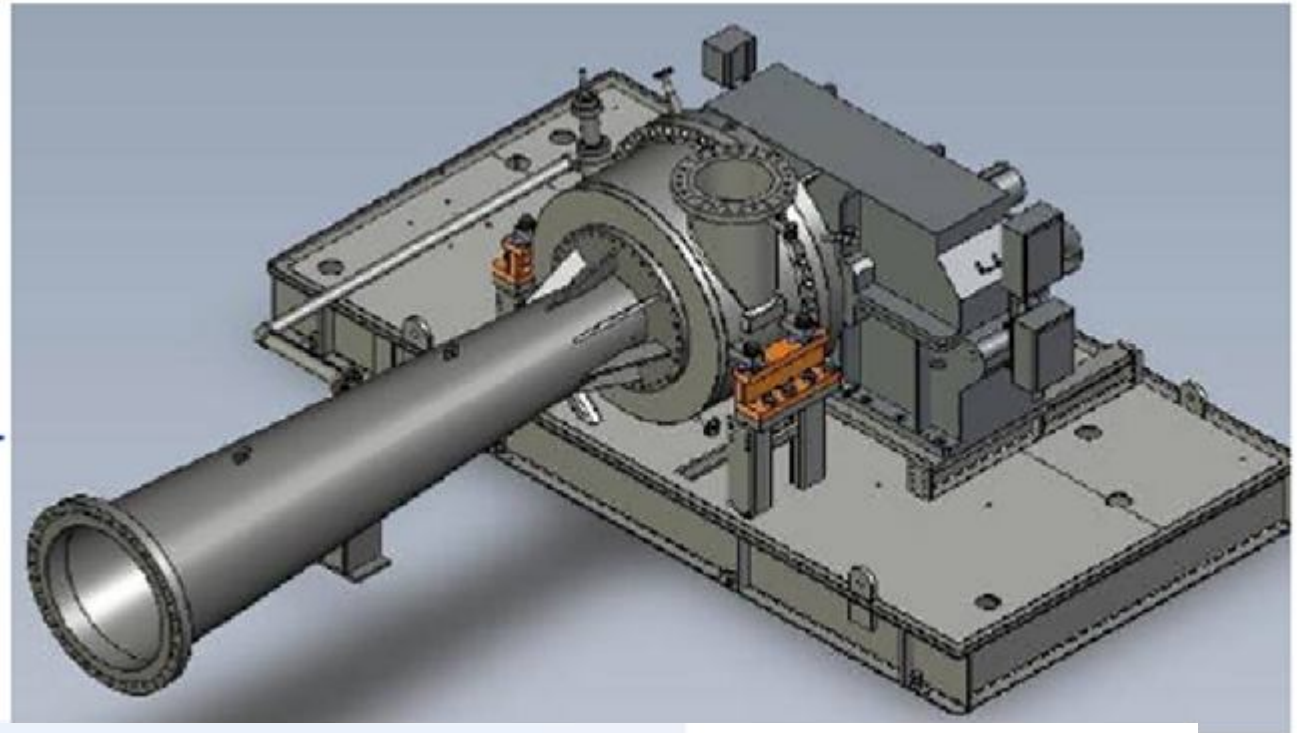


Torri refrigeranti Still Water



Expansion Process

Mafi-Trench Turbo-Expander



**Expansion
Efficiency as a
Function of
Ambient
Temperature**

Still Water: turboespansore



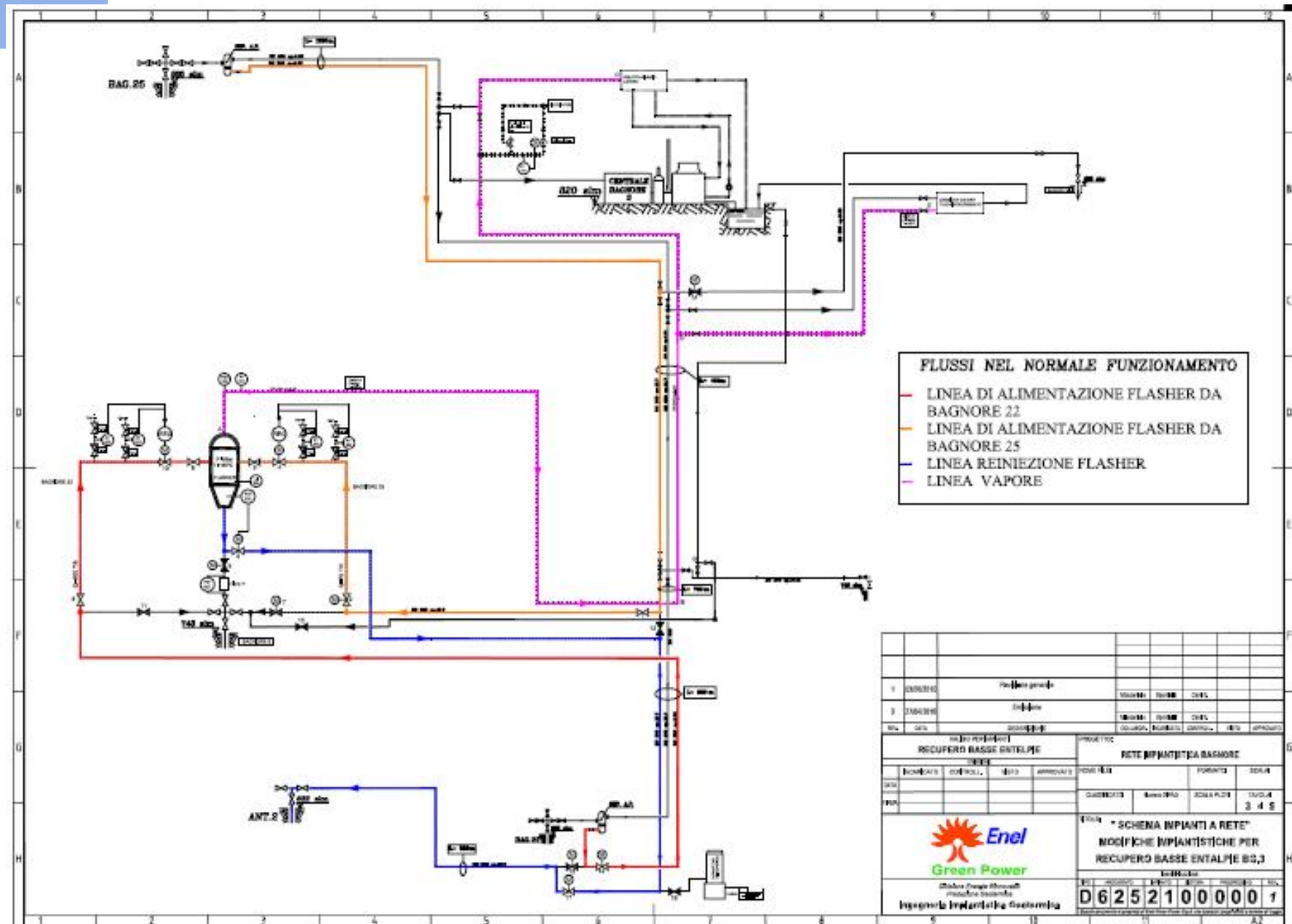
Scambiatori



Componentistica



Progetto recupero potenza acqua di flash



Impianto binario: scelta del fluido migliore

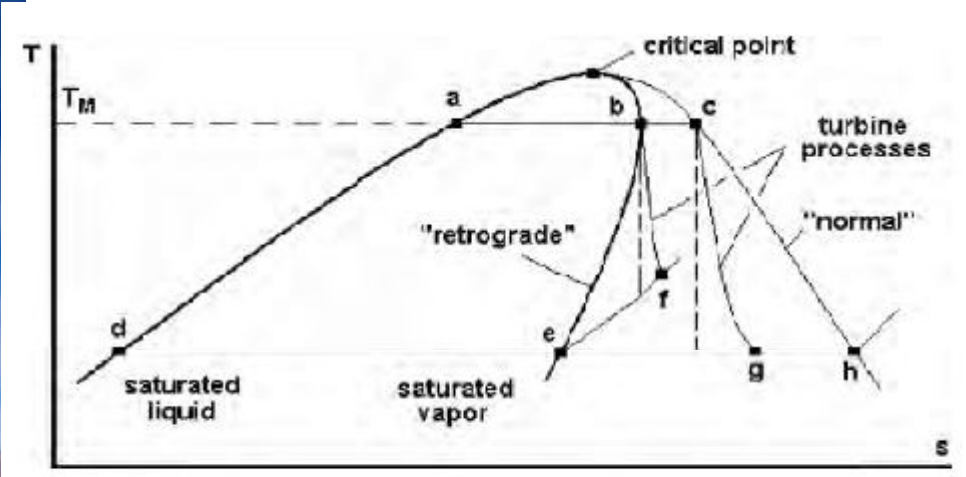
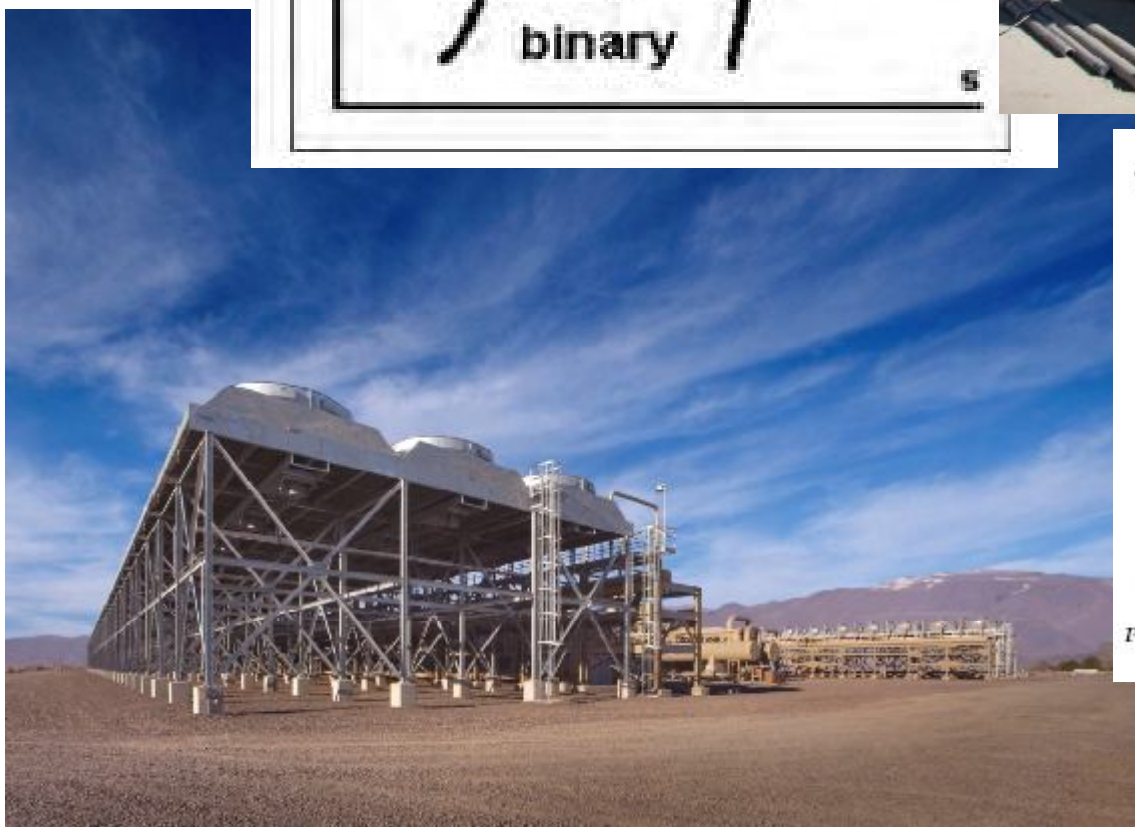
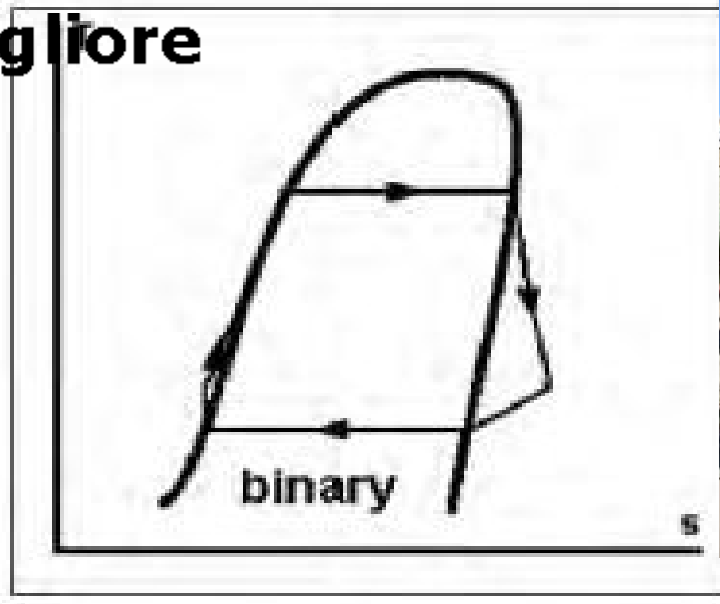


Fig. 8.8 Temperature-entropy diagram contrasting normal and retrograde saturated vapor curves

Ottimizzare il ciclo

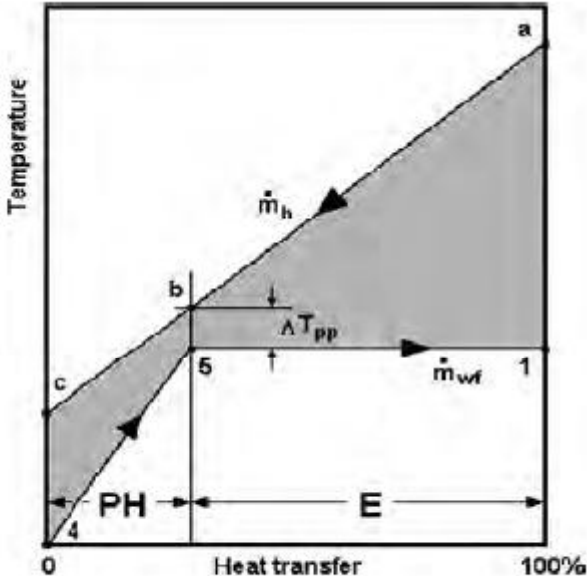


Fig. 8.7 Temperature-heat transfer diagram for preheater and evaporator.

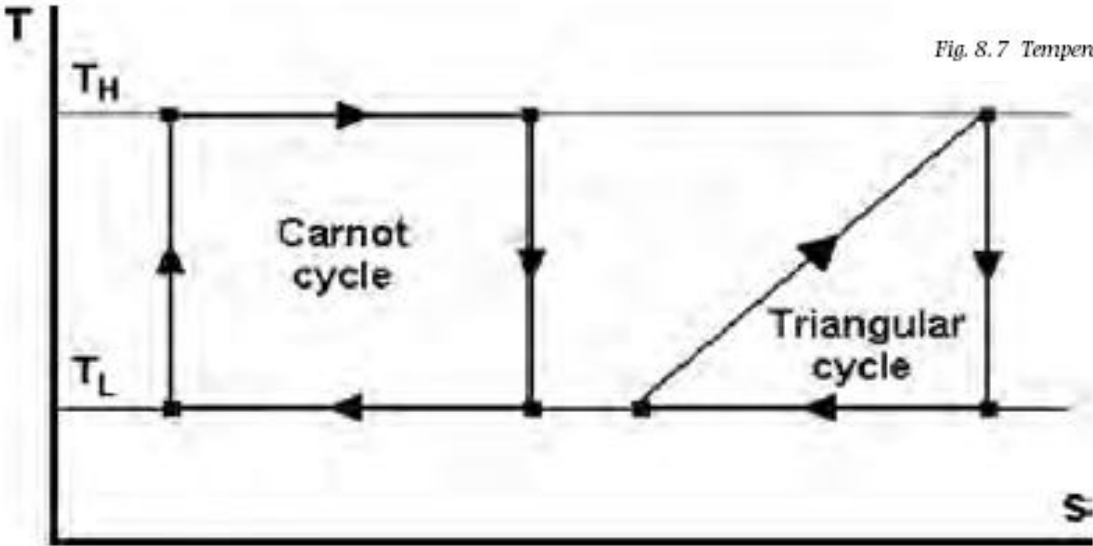
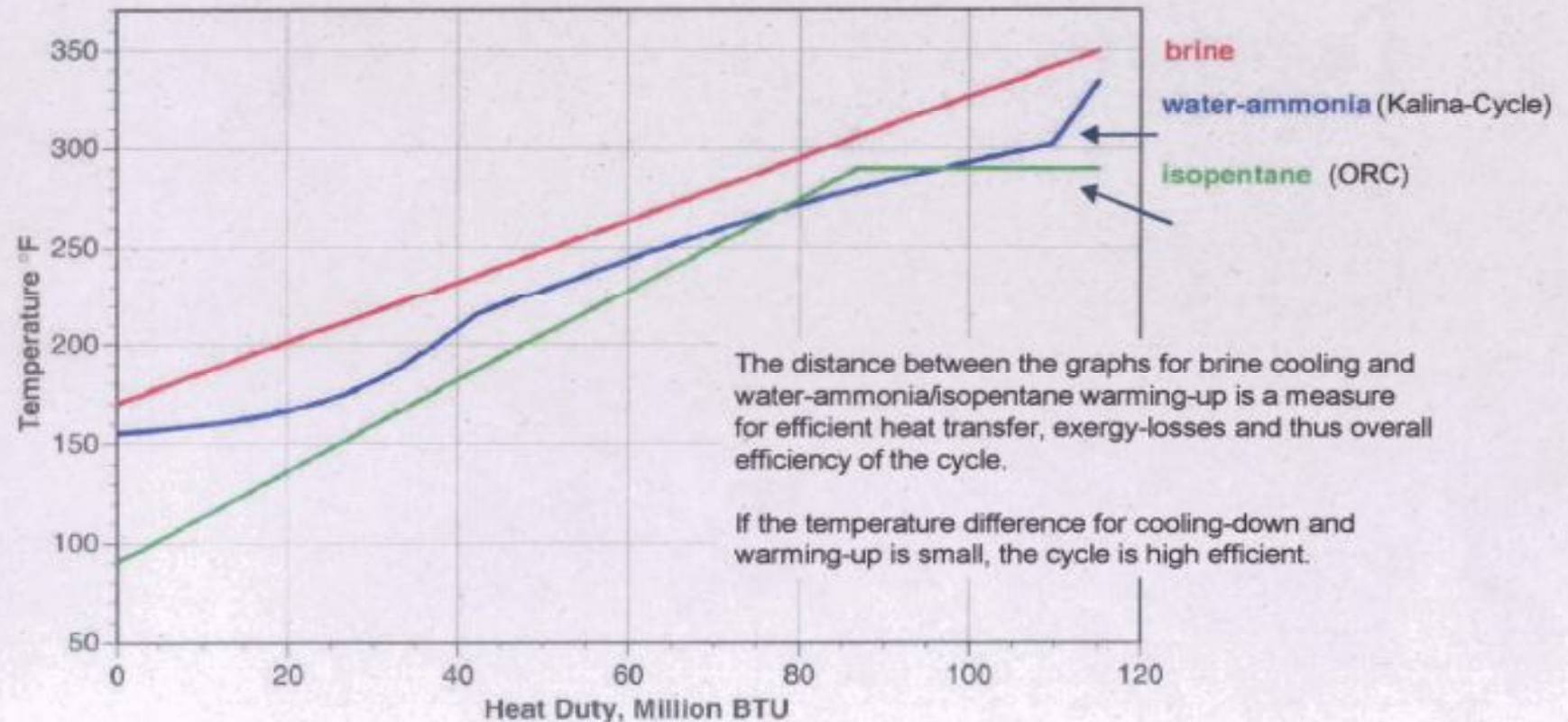


Fig. 8.9 Two ideal thermodynamic cycles.

Geothermal Heat Acquisition Comparison Kalina vs. O.R.C.



Geothermal power plants based on Kalina™ cycle

Power Generation 10
PG 151

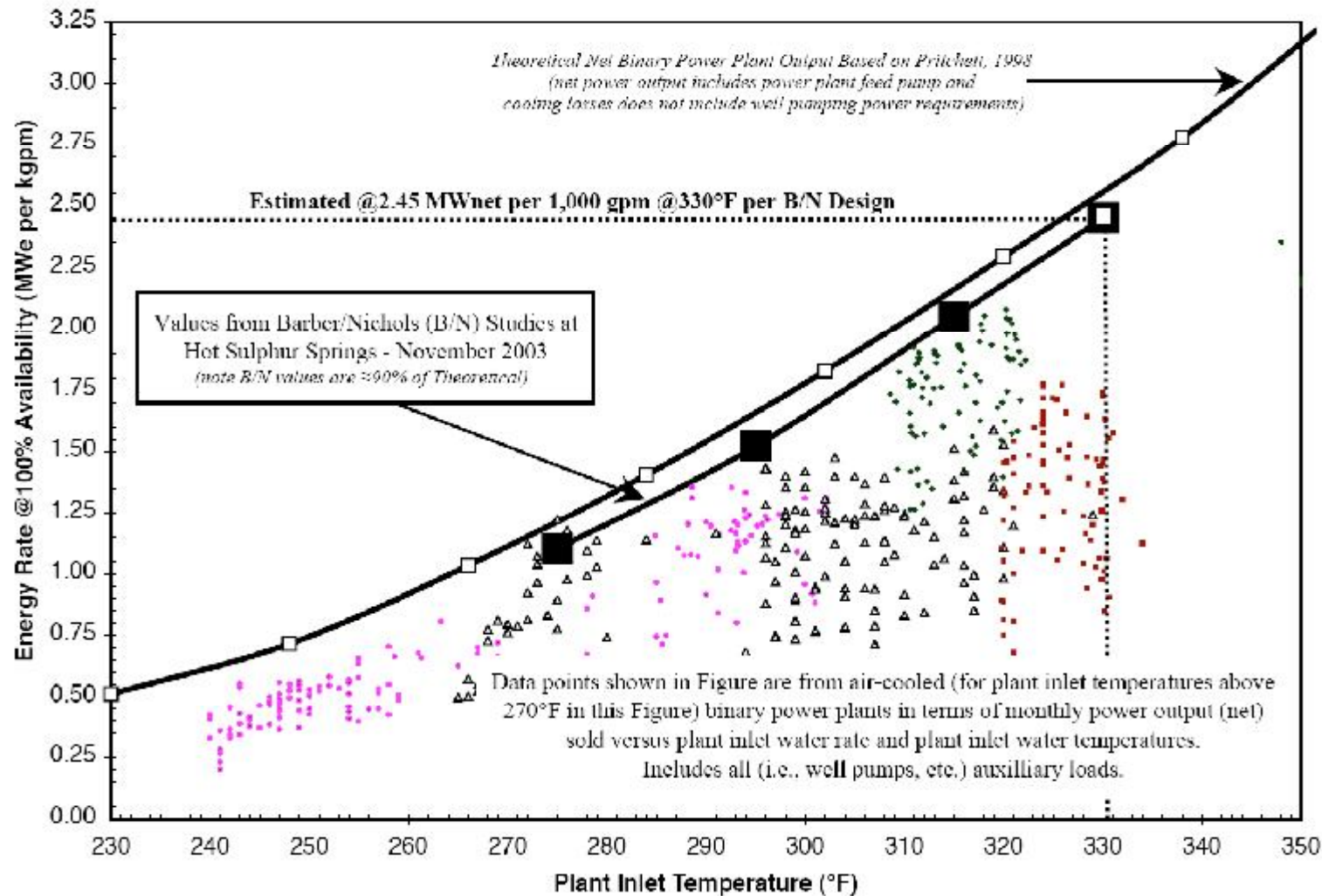
Ideal Carnot Efficiency: $(T_H - T_L) / (T_H)$

Ideal Triangular Efficiency: $(T_H - T_L) / (T_H + T_L)$

Where T_H = absolute temperature of the heat source and T_L = absolute temperature of the heat sink.

Ideal Triangular cycle efficiencies will always be lower than ideal Carnot cycle efficiencies for the same temperature limits.⁸⁰

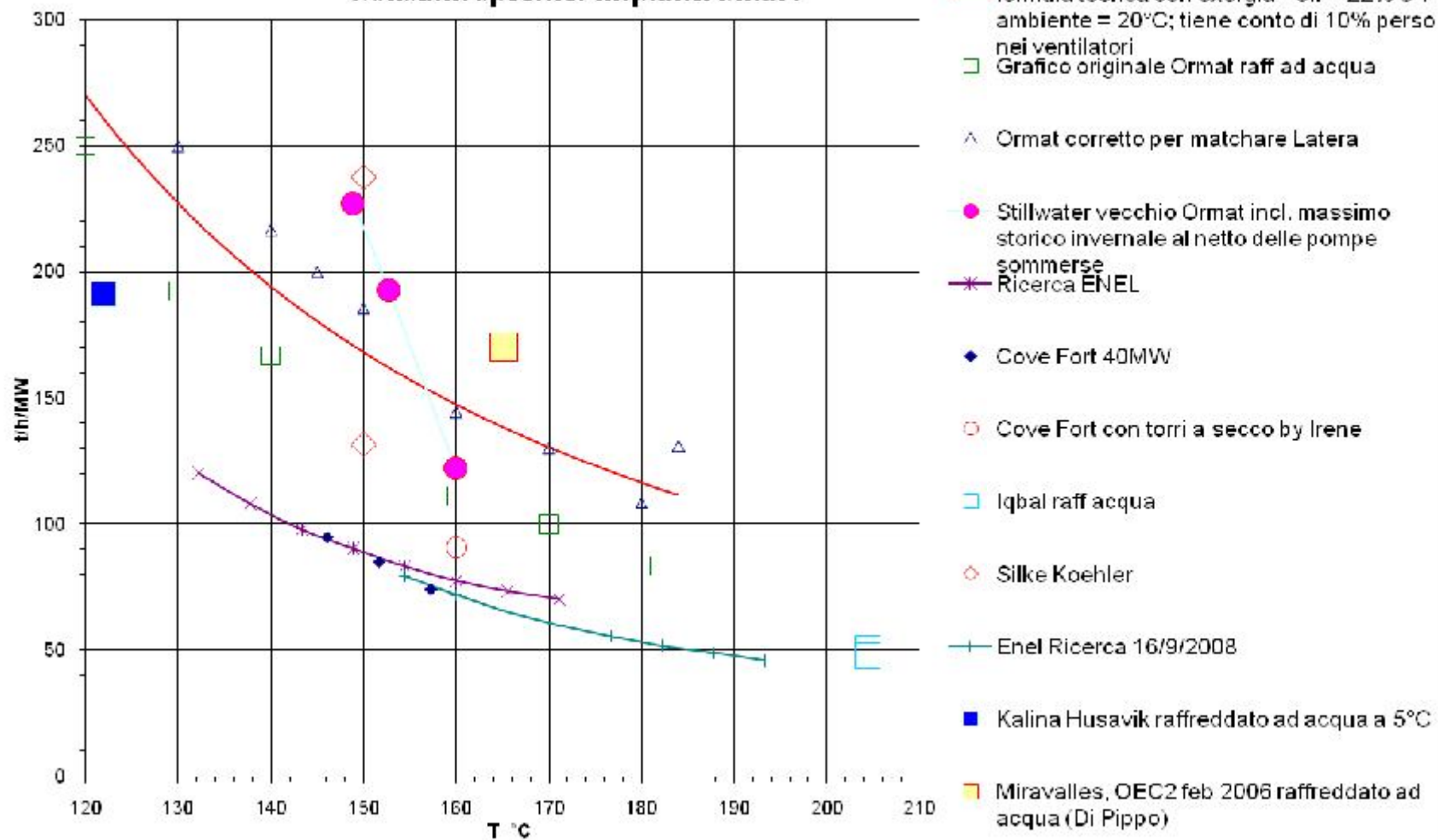
Performances of binary units



Consumi specifici impianti binari

Passando da raffreddamento ad acqua a quello ad aria il rendimento peggiora del 10% solo per il consumo dei

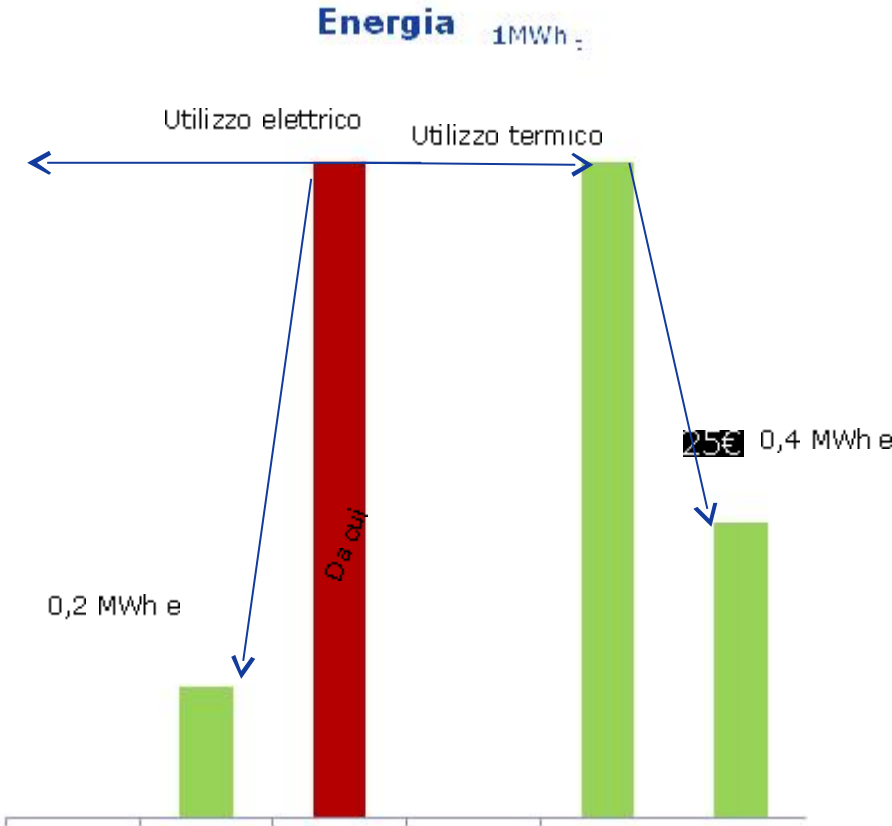
Consumi specifici impianti binari



Direttive di sviluppo

Ricerca di maggiore efficienza nell'utilizzazione del fluido geotermico

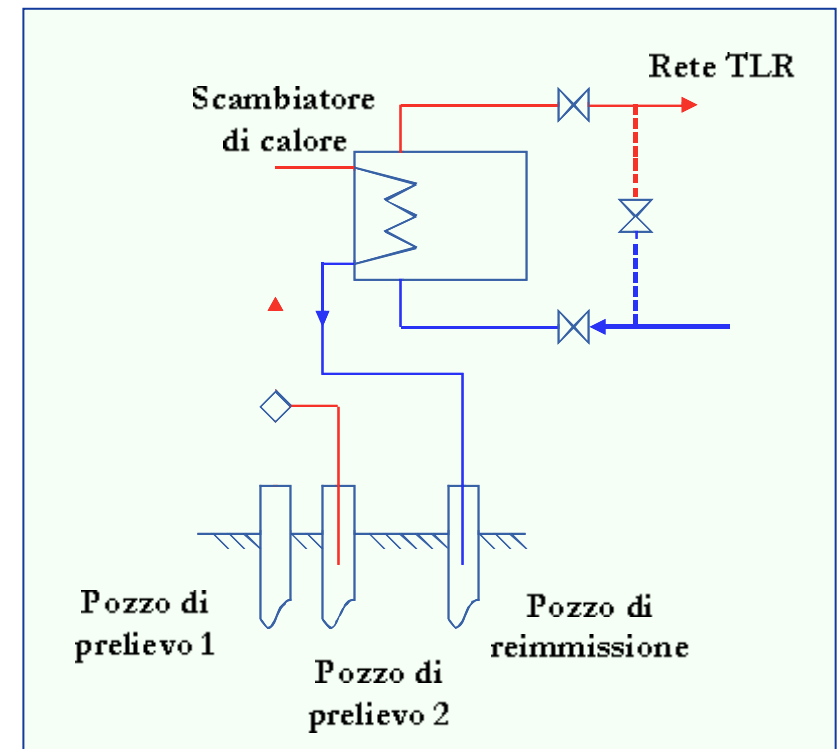
Confronto con utilizzo metano



La Fonte Geotermica - Caratteristiche

Il fluido geotermico è costituito da acqua calda a forte contenuto salino e alla temperatura di 100°C circa.

Il fluido viene pompato verso la superficie dalla profondità di circa 1.000 m attraverso due pozzi di prelievo, e poi, ceduta l'energia termica al fluido della rete TLR attraverso uno scambiatore, re-iniettato tramite un pozzo di immissione, onde garantire la stabilità geotecnica del sottosuolo.



La Fonte Geotermica - Potenzialità Attuale

Oggi, con una portata di circa **400 mc/h** di acqua alla temperatura di circa **100-105 °C**, la fonte geotermica contribuisce per una potenza di **14 MWt** alla potenza totale erogabile attraverso la rete TLR.

Dati di esercizio:

- Portata complessiva 400 mc/h
- Temperatura fluido geotermico 100-105 °C
- Temperatura fluido TLR in mandata 90-95 °C
- Temperatura fluido TLR in ritorno 60-65 °C
- Potenza termica nominale 14 MWt
- Energia prodotta: ca. 75.000 MWht/anno



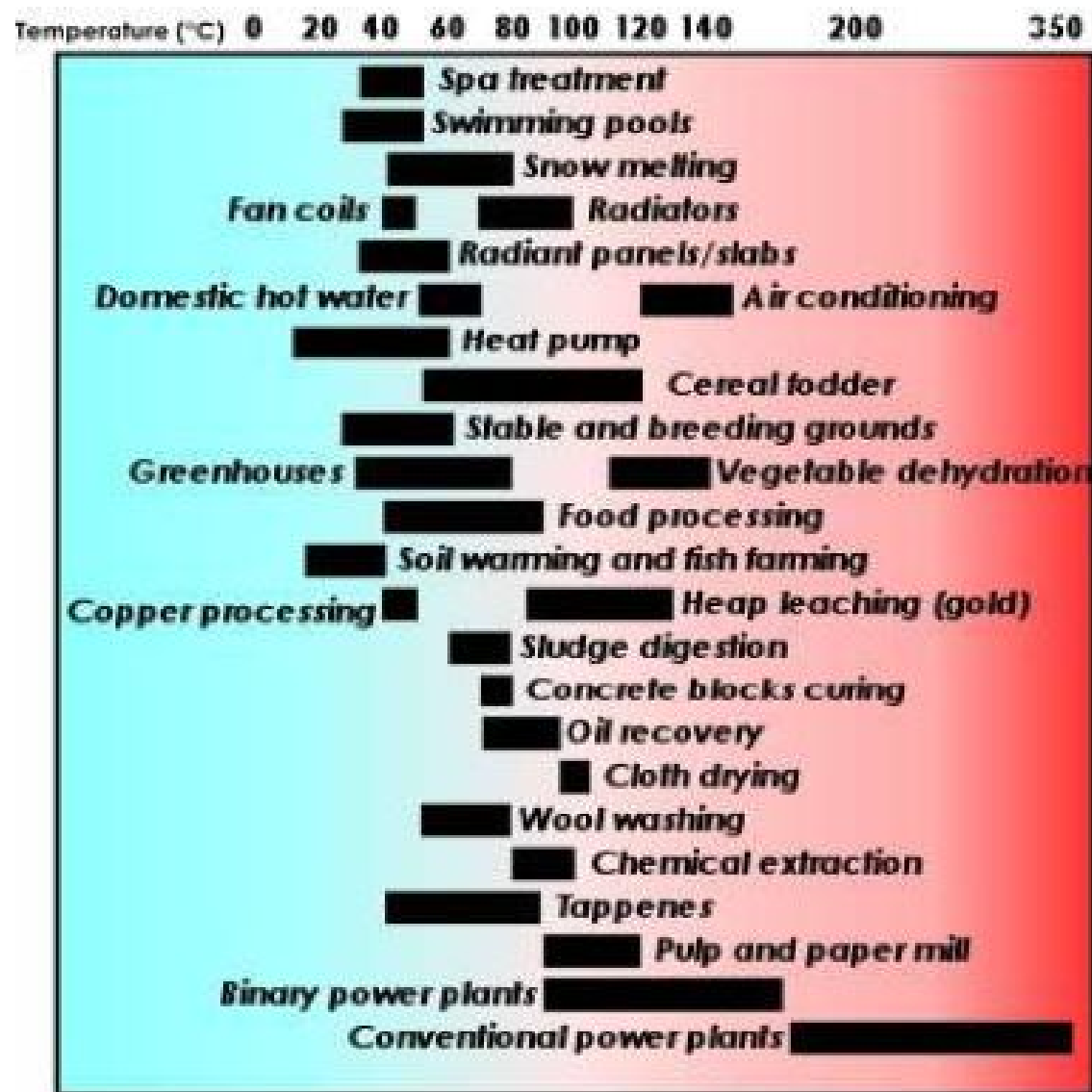


Figure 10

Diagram showing the utilization of geothermal fluids (derived from Lindal, 1973)

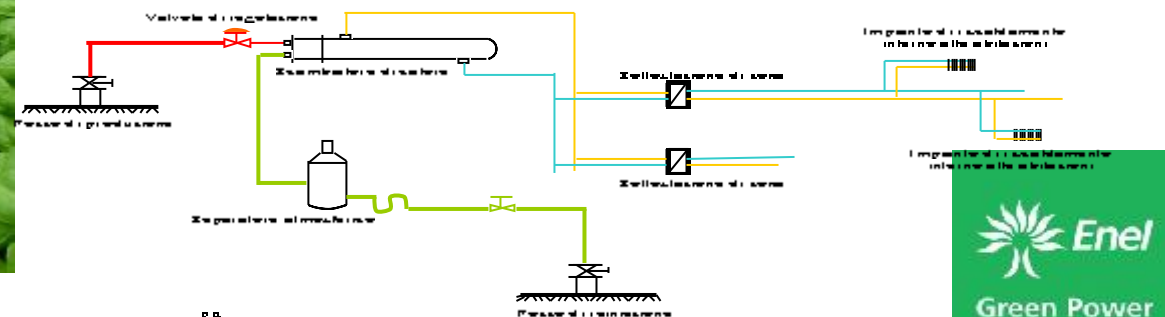
Usi diretti dell'Energia Geotermica

oltre che la più antica, l'utilizzazione diretta dell'energia contenuta nei fluidi geotermici è anche quella più efficiente in particolare se raffrontata al consumo di combustibili fossili come il metano

A seconda della temperatura del fluido geotermico, sono possibili svariati impieghi: teleriscaldamento, serricoltura, usi industriali e acquacoltura

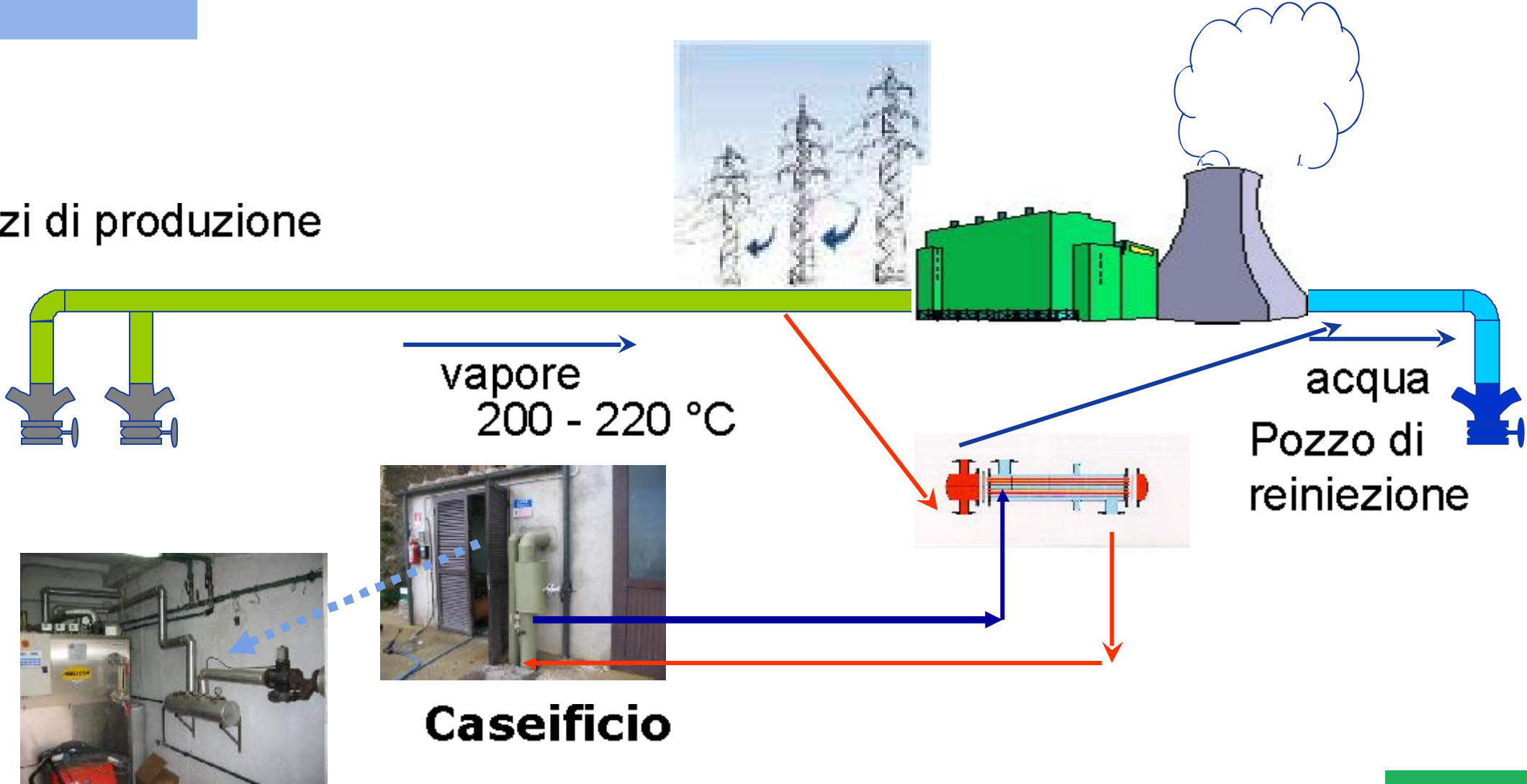


VAPOR SATURO	180°C	Evaporazione di soluzioni concentrate Processi dell'industria della carta
	160°C	Essiccazione di farina di pesce Essiccazione di legname da costruzione
ACQUA	140°C	Produzione agro industriale Estrazione di sali per evaporazione
	120°C	Acqua potabile per distillazione Essiccazione di cemento armato /PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
	100°C	Disidratazione materiali organici ecc. Lavaggio ed essiccazione tessuti
	80°C	Riscaldamento di ambienti Riscaldamento di serre
	60°C	Coltivazioni di funghi Bagni termali
	40°C	Piscine, fermentazione, biodegradazione
	20°C	Colture ittiche



Come viene utilizzato il calore del vapore

mezzi di produzione



Come calore di processo: caseifici

Uso: inserire classificazione



Regolazione pressione all'impianto interno

Arrivo del vapore secondario

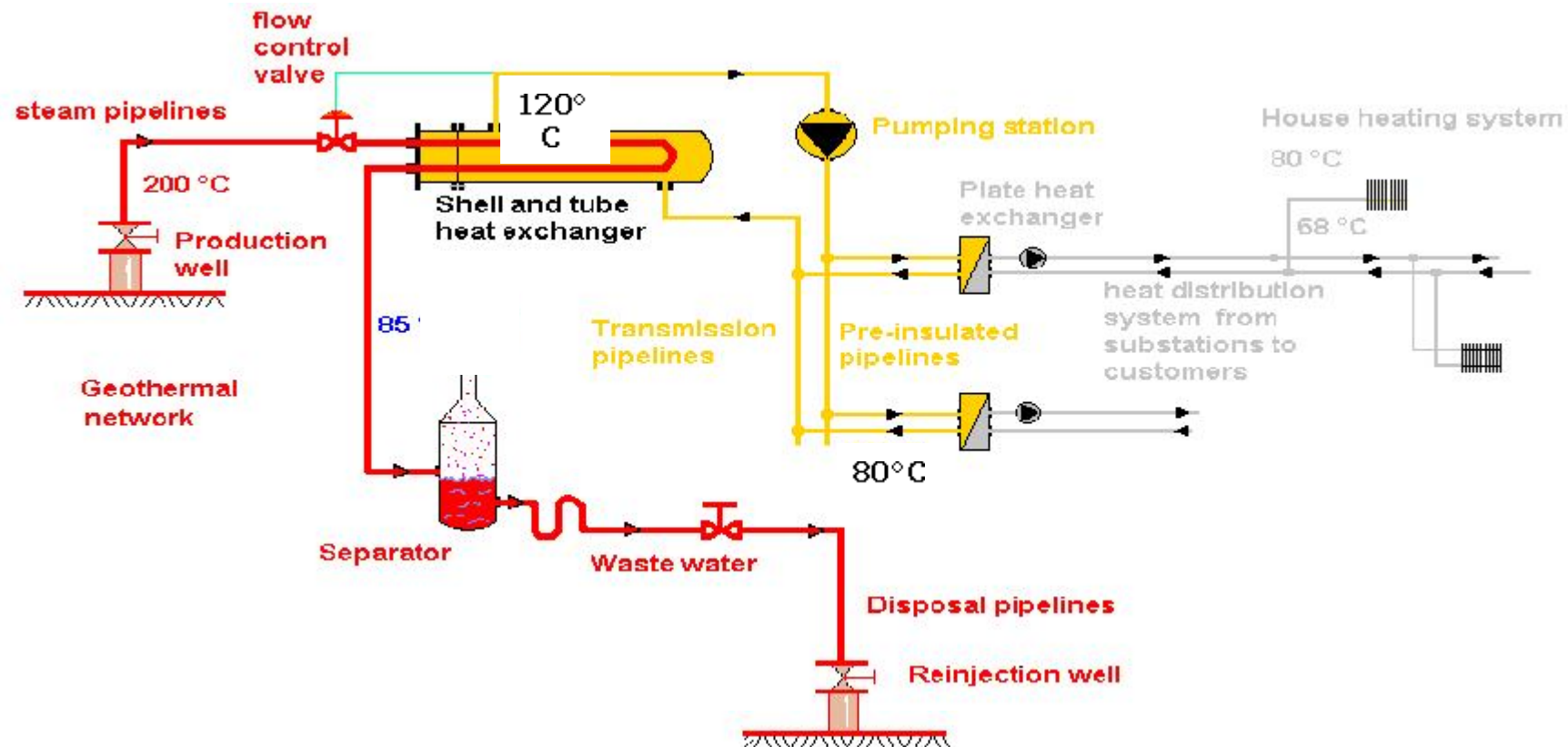


Stagionatura insaccati

Uso: inserire classificazione



Utilizzi civili: Teleriscaldamento centri abitati



**Impianto di
produzione di
energia elettrica**

**Centrale di
scambio termico**

vapordotto

Principali forniture calore usi civili

Forniture	PRO VIN CIA	uso	utenze servite		Consumo		risparmio annuo		CO ₂ evitata
			n°	m ³	Gcal/anno	Mwh/anno	TEP	CH ₄ [m ³]	t
TOT. COMUNE CASTELNUOVO V.C.	PI		1099	292.581	19.320	22.466	1.932	2.576.048	5.989
CASTELNUOVO V.C.(capoluogo)		TR	827	223.000	14.718	17.114	1472	1.962.451	4.563
SASSO PISANO		TR	173	42.500	3.806	4.426	381	507.477	1.180
SEI - TR villaggi aziendali		TR	93	23.031	623	724	62	83.007	193
ALTRE UTENZE ISOLATE		TR	6	4.050	173	202	17	23.113	54
TOT. COMUNE POMARANCE	PI		2278	785.774	42.120	48.977	4.212	5.615.986	13.057
POM. (Ina casa)		TR	78	19.865	1.070	1.244	107	142.702	332
POM. (Montecerboli)		TR	400	108.232	5.669	6.592	567	755.841	1.757
POM. (Serrazzano)		TR	223	54.321	2.811	3.269	281	374.791	871
POM. (Lustignano)		TR	94	20.056	885	1.029	88	117.963	274
POM. (San Dalmazio)		TR	96	22.763	977	1.137	98	130.325	303
POM. (Capoluogo)		TR	1100	473.323	29.254	34.016	2.925	3.900.533	9.069
SEI - TR villaggi aziendali		TR	283	83.784	1.156	1.344	116	154.138	358
ALTRE UTENZE ISOLATE		TR	4	3.430	298	346	30	39.693	92
TOT. COMUNE MONTEROTONDO M.mo	GR	TR	399	102.524	8.917	10.369	892	1.188.967	2.764
COMUNE MONTEROTONDO M.mo		TR	350	92.000	8.246	9.588	825	1.099.447	2.556
SEI - TR villaggi aziendali		TR	49	10.524	671	781	67	89.520	208
ALTRE UTENZE ISOLATE		TR	1	924	51	59	5	6.776	16
ZUCHELLI (pod S. Edoardo)		TR	1	924	51	59	5	6.776	16
COMUNE S.FIORA (Amiata Energia)	GR	TR	800	240.000	25.400	29.535	2.540	3.386.667	7.874
totali Toscana			4.576	1.420.879	95.758	111.346	9.576	12.767.667	29.685

Principali forniture calore usi industriali

Forniture	PROVIN CIA	uso	utenze servite		Consumo		risparmio annuo		CO ₂ evitata t
			n°	m ³	Gcal/anno	Mwh/anno	TEP	CH ₄ [m ³]	
ARCADIA S.r.l.	GR	AA	1		7	8	1	867	2
COSVIG ACQUACOLTURA	PI	IC	1		1.532	1.781	153	204.200	475
ISOLVER	PI	UI	1		150	174	15	20.000	47
SOLEMME S.p.a.	GR	UI	1		151	176	15	20.167	47
SOCIETA' CHIMICA LARDERELLO	PI	UI	1		15.004	17.447	1.500	2.000.533	4.651
FLORAMIATA S.p.a.	SI	SE	1		113.296	131.740	11.330	15.106.133	35.122
SERRE Lago-Castelnuovo	PI/GR	SE	1		8.659	10.068	866	1.154.504	2.684
LE SERRE (Parvus Flos)	SI	SE	1		7.513	8.736	751	1.001.728	2.329
totali altri usi			8		146.311	170.129	14.631	19.508.132	45.356

Teleriscaldamenti in fase di progettazione e/o realizzazione

Forniture Calore	PRO VIN CIA	uso	utenze servite		Consumo		risparmio annuo		CO ₂ evitata t
			n°	m ³	Gcal/anno	Mwh/anno	TEP	CH ₄ [m ³]	
COMUNE MONTIERI	GR	TR	300	90.000	5.940	6.907	594	792.000	1.841
COMUNE RADICONDOLI	SI	TR	800	240.000	15.840	18.419	1.584	2.112.000	4.910
COMUNE CHIUSDINO	SI	TR	500	150.000	9.900	11.512	990	1.320.000	3.069
COMUNE MONTEVERDI	PI	TR	800	240.000	15.840	18.419	1.584	2.112.000	4.910
MONTECASTELLI CASTELNUOVO	PI	TR	300	90.000	5.940	6.907	594	792.000	1.841
Totale Estensione			2.400	720.000	47.520	55.256	4.752	6.336.000	14.731

Cosa implica da un punto di vista energetico utilizzare il vapore geotermico per il teleriscaldamento

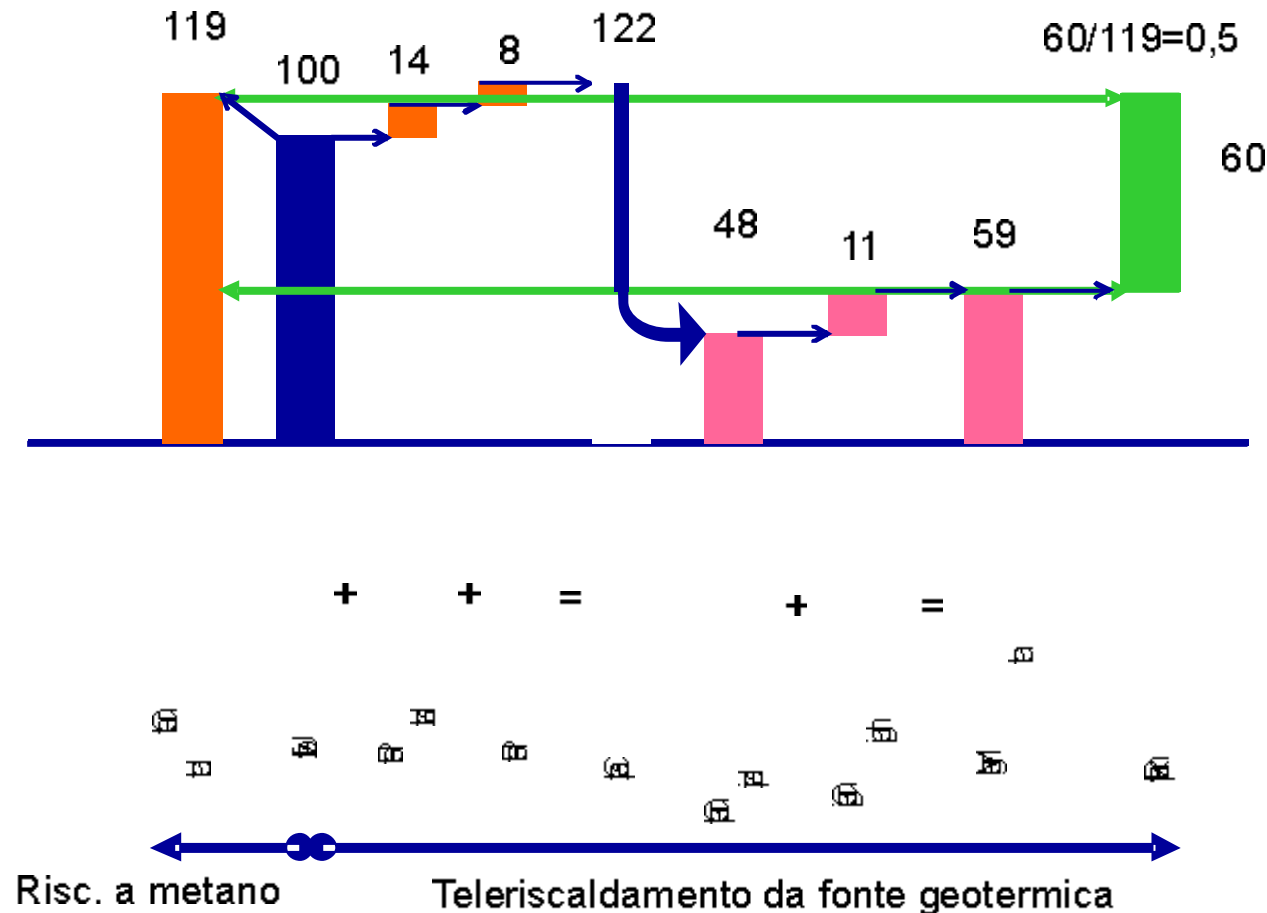


Figura 1: confronto fra il consumo di combustibili fossili di un riscaldamento a metano e un teleriscaldamento da fonte geotermica che utilizza fluido idoneo alla produzione elettrica senza fare cogenerazione (valori puramente indicativi)

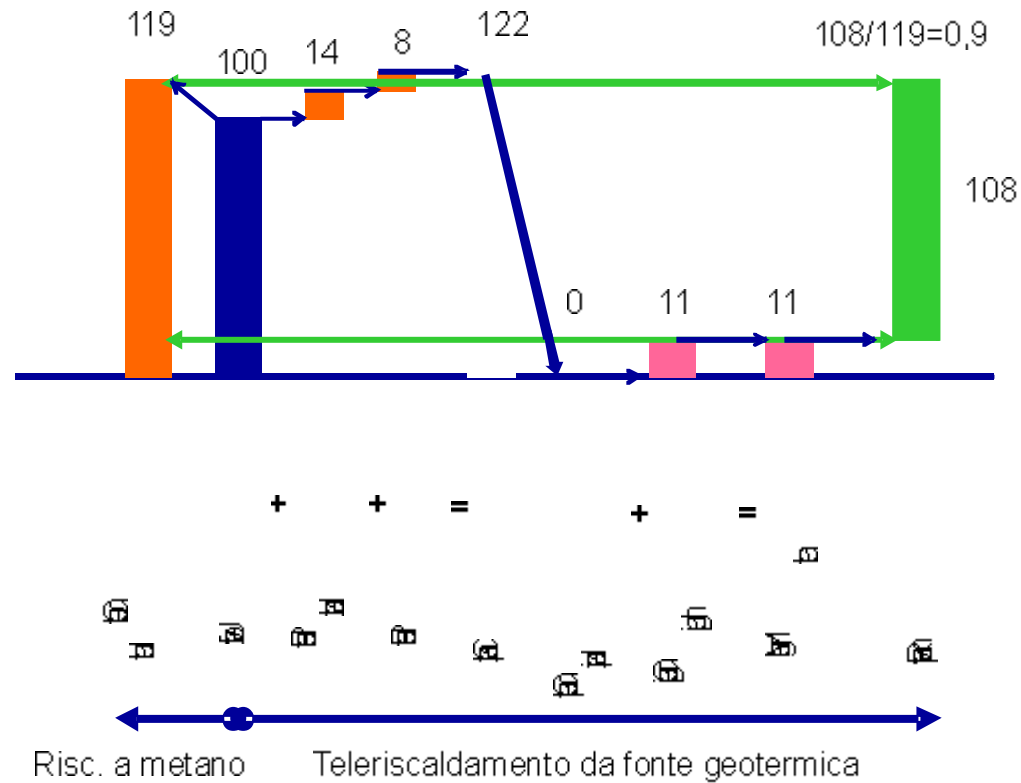


Figura 2: confronto fra il consumo di combustibili fossili di un riscaldamento a metano e un teleriscaldamento da fonte geotermica che utilizza fluido non idoneo alla produzione elettrica (valori puramente indicativi)

Cicli ad assorbimento per la produzione del freddo

Uso: inserire classificazione

• Diagramma P&I

Calore da geotermia



Acqua refrigerata

