A Evolução do Gerenciamento Sustentável de Resíduos no Brasil e no Mundo

APRESENTAÇÃO NA COPPE/UFRJ

Sergio Guerreiro Ribeiro
www.wtert.com.br
WTERT-BRASIL
23-08-2013

WTERT Waste-to-Energy Research and Technology Council

Advancing Sustainable Waste Management

Prof. Nickolas J. Themelis
EARTH ENGINEERING CENTER (EEC)
COLUMBIA UNIVERSITY EM NY-2003

PESQUISA E TECNOLOGIA GERAÇÃO DE ENERGIA COM RESÍDUOS

PRINCIPAL MISSÃO → INFORMAÇÃO IMPARCIAL → CREDIBILIDADE

12 PAÍSES

WtERT Germany
Waste-to-Energy Research and Technology Council

ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ WTERT Greece - Ελλάς

WTERT China

WTERT Canada

CANADIAN ENERGY-FROM-WASTE COALITION

WTERT Japan

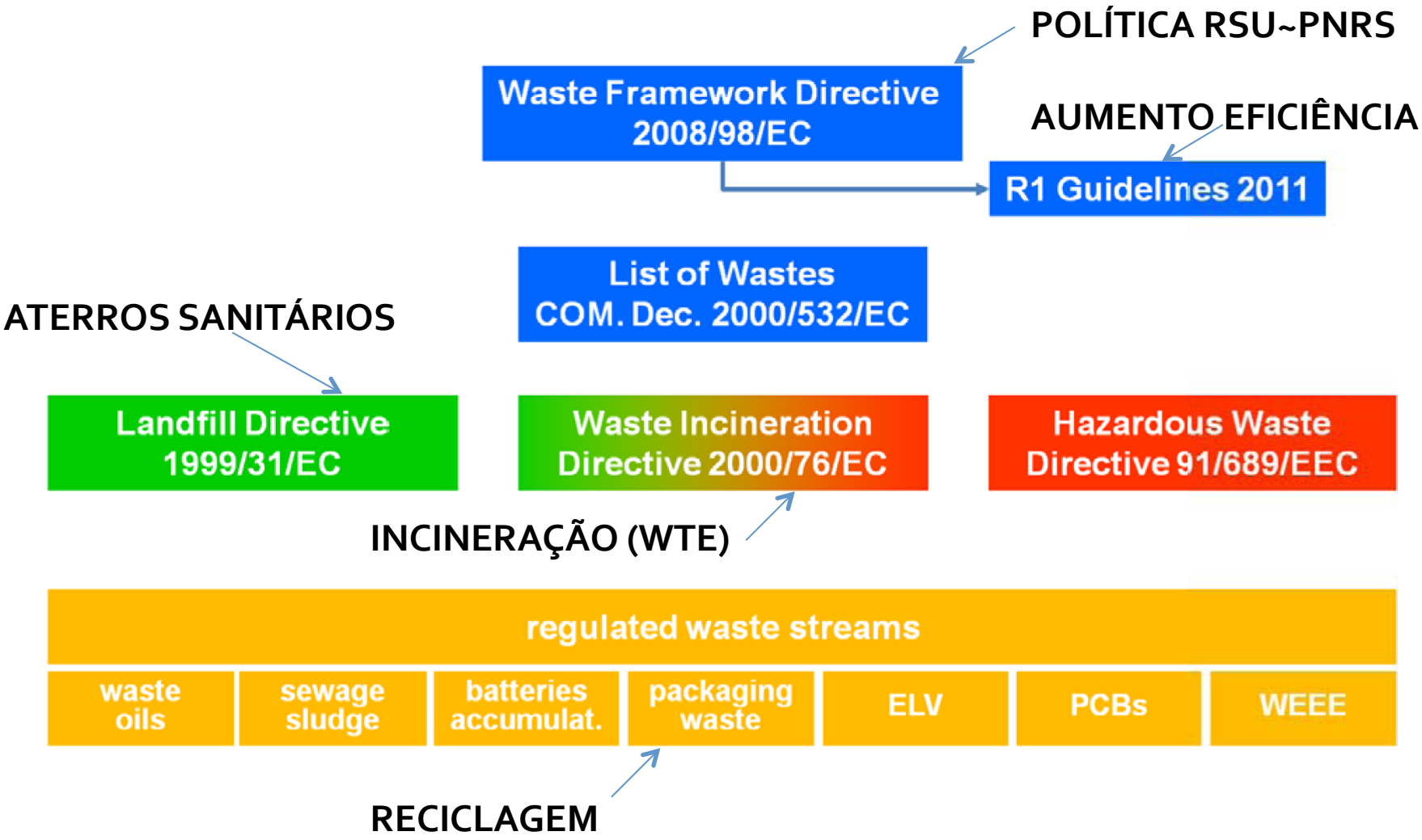
WTERT Brasil

2010

REINO UNIDO, FRANÇA, ITÁLIA, ÍNDIA e MÉXICO

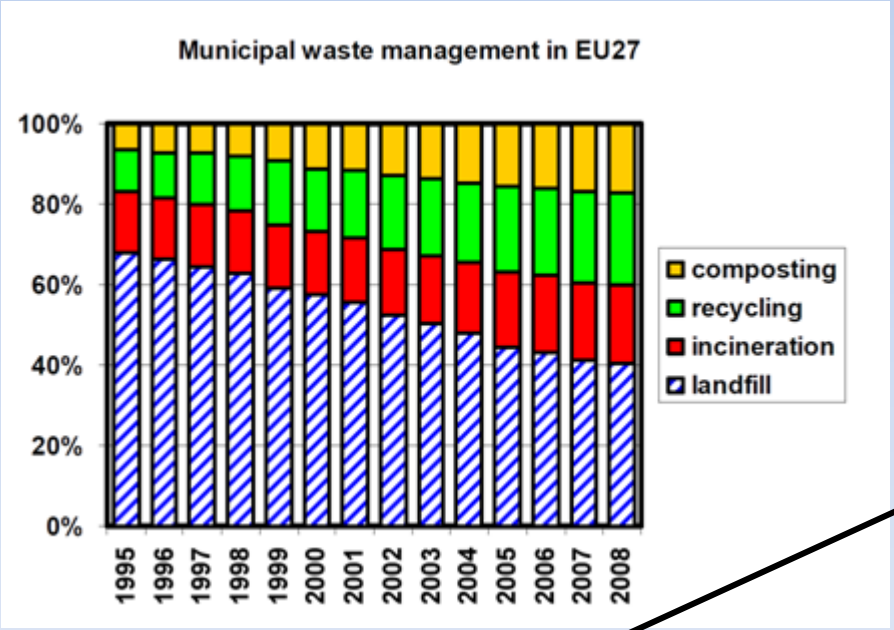
2011

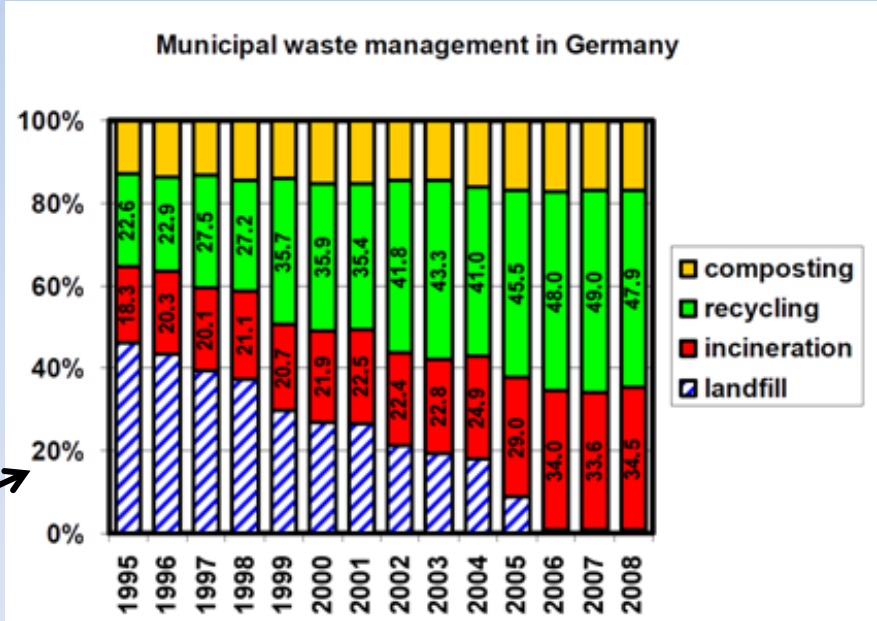
EU Legislative Framework on Waste



Strategy of waste management in EU27 and Germany

- Avoidance of land filling of untreated waste
- Increase of recycling and material recovery
- Environmentally sound and high efficient energetic utilization of the residual waste





ATERROS ACABARAM
WTE e RECICLAGEM AUMENTARAM

Germany: Landfill ban: 1st of June 2005

Landfill limit: TOC <1%

→ no landfill of untreated waste

Data source: eurostat

DIRECTIVA 2008/98/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO

de 19 de Novembro de 2008

relativa aos resíduos e que revoga certas directivas

Importa, em conformidade com a hierarquia dos resíduos e para efeitos de redução das emissões de gases com efeito de estufa provenientes da eliminação de resíduos em aterros, facilitar a recolha selectiva dos bio-resíduos e o seu tratamento adequado a fim de produzir composto e outros materiais ambientalmente seguros. A Comissão, após ter efectuado uma avaliação da gestão dos bio-resíduos, apresentará propostas de medidas legislativas, se necessário.

«Bio-resíduos», os resíduos de jardim biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos restaurantes, das unidades de catering e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos;

WTERT Brasil

DIRECTIVA 1999/31/CE DO CONSELHO

de 26 de Abril de 1999

relativa à deposição de resíduos em aterros

Artigo 5.º

Resíduos e tratamentos não admissíveis em aterro

1. No prazo máximo de dois anos a contar da data prevista no n.º 1 do artigo 18.º, os Estados-membros definirão uma estratégia nacional para a redução dos resíduos biodegradáveis destinados aos aterros e notificarão a Comissão dessa estratégia. Essa estratégia deverá incluir medidas destinadas a alcançar os objectivos estabelecidos no n.º 2, através, designadamente, de reciclagem, compostagem, produção de biogás ou valorização de materiais/energia. No prazo de 30 meses a contar da data mencionada no n.º 1 do artigo 18.º, a Comissão enviará ao Parlamento Europeu e ao Conselho um relatório do qual constará uma síntese de todas as estratégias nacionais.

a) No prazo máximo de cinco anos a contar da data prevista no n.º 1 do artigo 18.º, os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterros devem ser reduzidos para 75% da quantidade total (por peso) de resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995 ou no ano mais recente antes de 1995 para o qual existam dados normalizados do Eurostat;

b) No prazo máximo de oito anos a contar da data prevista no n.º 1 do artigo 18.º, os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterros devem ser reduzidos para 50% da quantidade total (por peso) de resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995 ou no ano mais recente antes de 1995 para o qual existam dados normalizados do Eurostat;

c) No prazo máximo de 15 anos a contar da data prevista no n.º 1 do artigo 18.º, os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterros devem ser reduzidos para 35% da quantidade total (em peso) de resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995 ou no ano mais recente antes de 1995 para o qual existam dados normalizados do Eurostat;

Artigo 13.º

Processo de encerramento e de manutenção após encerramento

Artigo 15.º

Obrigação de apresentação de relatórios

ANEXO I

CONDIÇÕES GERAIS PARA TODAS AS CLASSES DE ATERROS

WTERT Brasil

HIRIA

HIERARQUIA PARA GERENCIAMENTO DOS RSU (ECC, COLUMBIA UNIV. 2008)

WTERT Brasil

LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010.

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

A PNRS NÃO TOCA NO PROBLEMA FUNDAMENTAL QUE É A DISPOSICÃO DOS BIO-RESÍDUOS NOS ATERROS.

SE AS PREFEITURAS NÃO TIVEREM RECURSOS DEPOSITAM OS BIO-RESÍDUOS EM ATERROS E, COM O APOIO DA PNRS, CHAMAM ISTO DE "AMBIENTALMENTE ADEQUADO".

SEM MENCIONAR O PROBLEMA DA IMPOSSIBILIDADE DA RECICLAGEM DA MAIOR PARTE DOS PLÁSTICOS (COMBUSTÍVEIS) QUE AO SEREM DISPOSTOS EM ATERROS REPRESENTAM UM ENORME DESPERDÍCIO DE ENERGIA.

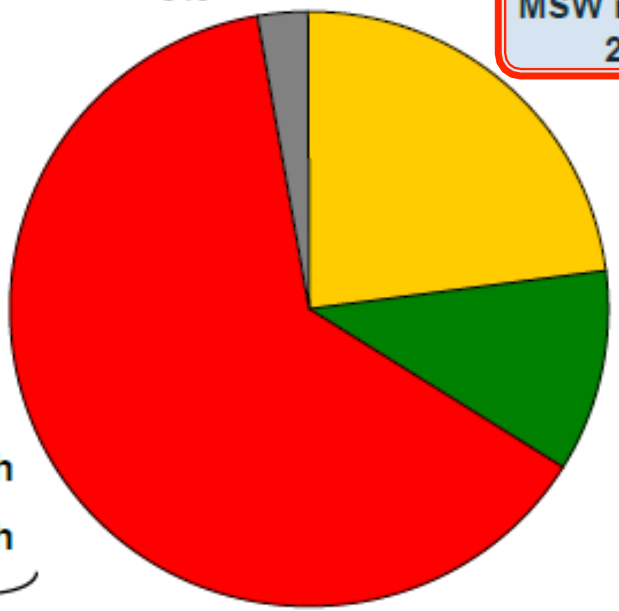
RESUMO→ "AMBIENTALMENTE ADEQUADO" DEPENDE DO CUSTO!

WTERT Brasil

VIENA ELEITA EM 2010 PELO WTERT A QUE MELHOR GERENCIA SEUS RSU. EXEMPLO A SER COPIADO

Vienna (capital of Austria)		
area	[km²]	415
inhabitants		1,687,271
density	[Inh/km²]	4,010
Number of houses		167,554
Number of households		780,000

waste collected by MD 48 (2009): 1,057,000 tons (624 kg/inh)



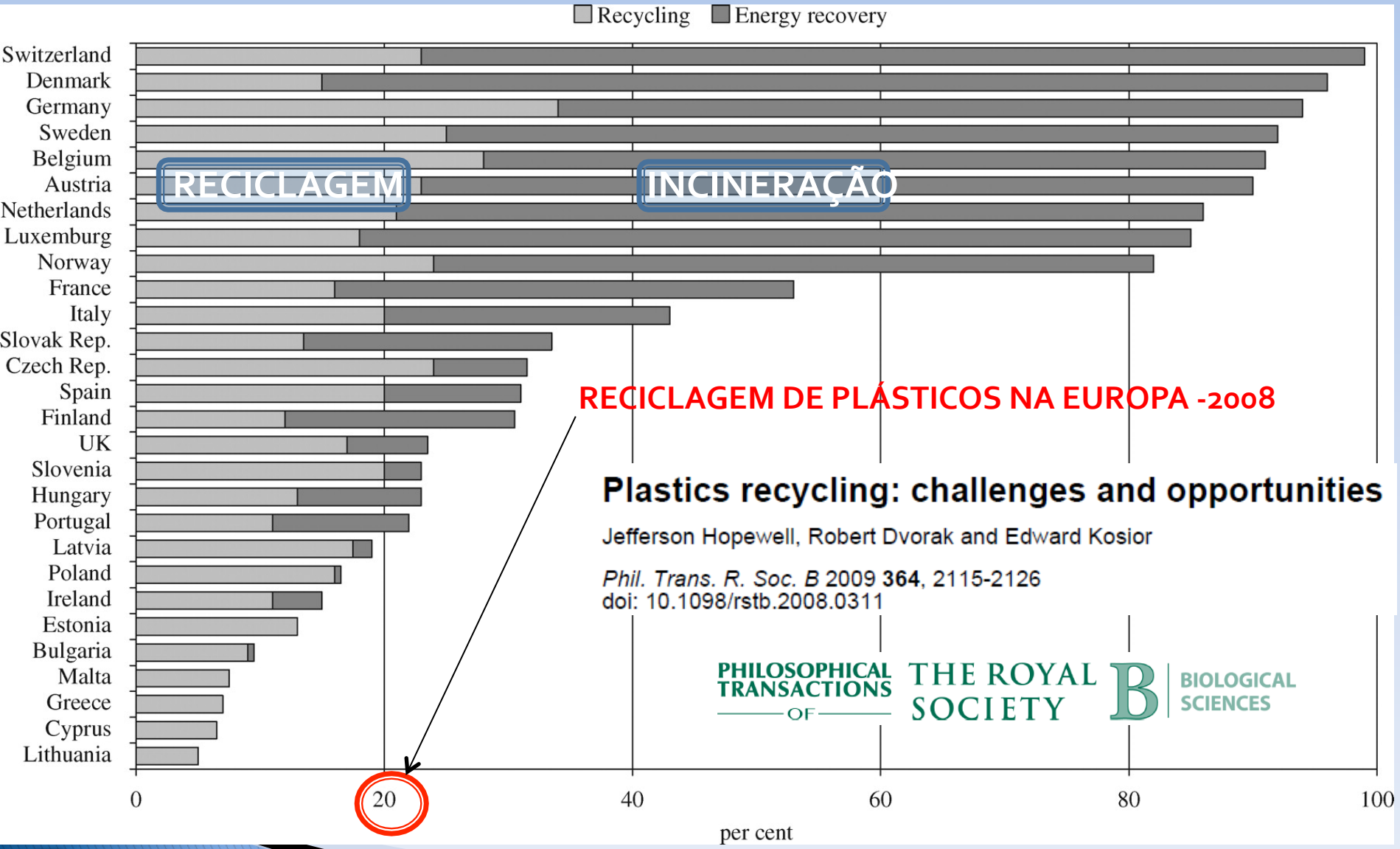
electricity: 109,000 MWh

district heating: 1,151,600 MWh

energy efficiency: > 75%

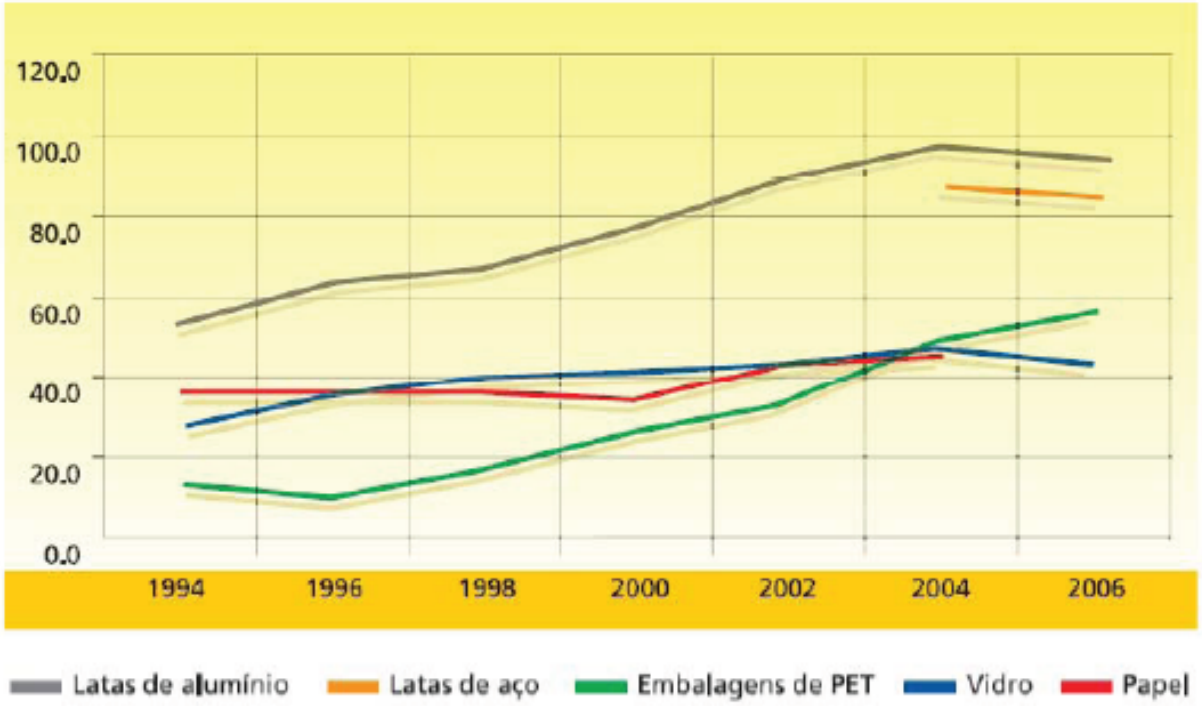
WTERT Brasil

RECICLAGEM MECÂNICA E RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DOS PLÁSTICOS NA EUROPA (2008)



WTERT Brasil

EVOLUÇÃO DOS ÍNDICES DE RECICLAGEM



PAPEL/PAPELÃO

METAIS → INDÚSTRIA

VIDRO

PETS ← $ (SEPARAÇÃO NA ORIGEM MELHORA)

PROBLEMA→ ORGÂNICOS (POLUIÇÃO)

PLÁSTICOS NÃO RECICLÁVEIS (DESPERDÍCIO)

LIXO RESIDUAL (ATERROS)

WTERT Brasil

LIXO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (COMLURB)

Tabela 3 – Contribuição por AP

DIRETORIA TÉCNICA E INDUSTRIAL - DIN
GERÊNCIA DE PESQUISAS APLICADAS - IGP

2009

COMPONENTES (%)	AP 1	AP 2.1	AP 2.2	AP 3.1	AP 3.2	AP 3.3	AP 4	AP 5.1	AP 5.2	AP 5.3	Mp	PESO TOTAL EM Kg POR COMPONENTE
PAPEL	11,04	16,46	12,06	11,56	12,76	11,95	10,53	11,51	9,23	8,01	11,65	1.752,98
PAPELÃO	3,62	3,79	2,78	2,84	3,13	3,01	2,60	2,91	2,43	3,45	3,02	454,46
TETRA PACK	1,29	1,18	1,54	1,48	1,64	1,45	1,36	1,37	1,38	1,35	1,41	211,65
TOTAL (PAPEL)	**15,95**	**21,43**	**16,38**	**15,88**	[illegible]	[illegible]	**14,50**	**15,79**	**13,04**	**12,80**	**16,08**	**2.419,09**
PLÁSTICO DURO	4,37	4,38	3,41	5,43	3,45	3,85	3,66	3,41	3,40	3,63	3,85	579,73
PLÁSTICO FILME	13,08	15,73	15,71	16,[illegible]3	3,98	1[illegible],25	1[illegible],27	15,12	14,48	16,42	14,97	2.251,84
PET	1,41	1,74	1,50	1,2[illegible]	1,6[illegible]	[illegible]	1,62	1,41	1,24	1,38	1,49	223,54
TOTAL (PLASTICO)	**18,86**	**21,84**	**20,61**	**23,47**	**18,69**	**19,74**	**20,55**	**19,94**	**19,12**	**21,42**	**20,31**	**3.055,12**
VIDRO INCOLOR	1,52	2,11	1,52	1,29	[illegible]	[illegible]	1,74	1,43	1,08	1,92	1,62	243,58
VIDRO COLORIDO	1,06	2,78	1,70	1,06	0,59	1,01	1,87	0,97	0,32	0,35	1,22	184,14
TOTAL (VIDRO)	**2,58**	**4,89**	**3,22**	**2,34**	**2,16**	**2,72**	**3,61**	**2,40**	**1,40**	**2,28**	**2,84**	**427,72**
MATERIA ORGÂNICA PUTRESCÍVEL	52,67	41,01	51,54	49,21	52,11	50,62	51,18	52,02	57,54	55,06	51,00	7.673,61
AGREGADO FINO ORGÂNICO	2,79	2,45	2,68	2,70	2,46	2,94	2,96	1,91	2,30	2,44	2,63	394,95
TOTAL (ORGÂNICO)	**55,47**	**43,46**	**54,21**	**51,91**	**54,57**	**53,56**	**54,14**	**53,93**	**59,84**	**57,50**	**53,63**	**8.068,55**
METAL FERROSO	1,19	1,36	1,46	1,31	1,23	1,51	1,11	1,29	1,30	1,28	1,32	198,74
METAL NÃO FERROSO	0,37	0,49	0,43	0,40	0,40	0,32	0,59	0,42	0,39	0,37	0,42	63,02
TOTAL (METAL)	**1,56**	**1,85**	**1,88**	**1,71**	**1,64**	**1,84**	**1,70**	**1,71**	**1,69**	**1,65**	**1,74**	**261,76**
PEDRA	1,22	1,54	1,11	0,30	0,58	0,80	0,96	0,55	0,00	0,42	0,78	117,67
LOUÇA / CERÂMICA	0,33	0,38	0,27	0,44	0,68	0,32	0,29	0,20	0,09	0,03	0,31	46,68
TOTAL (INERTE)	**1,56**	**1,92**	**1,38**	**0,75**	**1,26**	**1,12**	**1,25**	**0,74**	**0,09**	**0,45**	**1,09**	**164,35**
FOLHA / FLORES	0,73	2,09	0,65	0,76	0,55	1,39	1,24	1,50	2,00	1,24	1,26	189,07
MADEIRA	0,41	0,22	0,11	0,58	0,41	0,32	0,36	0,55	0,28	0,21	0,34	51,72
BORRACHA	0,11	0,12	0,03	0,28	0,26	0,22	0,33	0,22	0,24	0,51	0,23	34,68
PANO / TRAPO	1,98	1,75	0,91	1,88	1,94	1,93	1,54	2,48	1,49	1,11	1,75	262,58
COURO	0,41	0,17	0,00	0,23	0,22	0,20	0,18	0,07	0,22	0,15	0,18	27,56
OSSO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,26
COCO	0,21	0,15	0,44	0,13	0,65	0,39	0,49	0,47	0,56	0,43	0,40	60,50
VELA / PARAFINA	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	1,52
ELETRO/ ELETRÔNICO	0,18	0,12	0,10	0,09	0,12	0,13	0,13	0,18	0,05	0,24	0,13	19,71
TOTAL (OUTROS)	**4,03**	**4,62**	**2,31**	**3,94**	**4,16**	**4,62**	**4,26**	**5,48**	**4,83**	**3,90**	**4,31**	**648,60**
TOTAL GERAL	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	
TEOR DE UMIDADE (%)	**43,63**	**40,24**	**32,63**	**43,74**	**43,00**	**38,72**	**39,10**	**44,31**	**36,04**	**44,95**	**40,26**	
PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	**123,79**	**123,53**	**119,30**	**117,25**	**125,21**	**122,62**	**122,57**	**128,13**	**121,69**	**139,56**	**123,96**	**15.045,19**
PESO DA AMOSTRA (kg)	**1.039,85**	**1.393,38**	**1.145,31**	**989,70**	**1.352,30**	**3.237,42**	**2.147,39**	**1.537,62**	**1.096,89**	**1.105,33**	**15.045,19**	
CONTAINERES	**35**	**47**	**40**	**35**	**45**	**110**	**73**	**50**	**38**	**33**	**506**	

* Valor correspondente ao somatório de lixo amostrado no Município do Rio de Janeiro.

SÓ NO RIO DE JANEIRO 2.000 TPD DE PLÁSTICOS VÃO PARA ATERROS. ISTO CORRESPONDE A APROX 13.000 BEP/DIA OU (US$ 90/BARRIL) US$ 427 MILHOES/ANO

SE A CADA 20 ANOS UM NOVO ATERRO PRECISA SER CRIADO (VEJA EXEMPLO DO RIO DE JANEIRO) COMO ALGUEM PODE AFIRMAR QUE SÃO SUSTENTÁVEIS?

WTERT Brasil

A MISTURA DOS PLÁSTICOS NÃO RECICLÁVEIS COM ELEVADO PODER CALORÍFICO COM OS ORGÂNICOS (70% DE ÁGUA) RESULTA NO LIXO APROPRIADO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA PELA INCINERAÇÃO COM VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA (COM ELEVAÇÃO DA EFICIÊNCIA) SEM NENHUMA NECESSIDADE DE PRÉ-PROCESSAMENTO PARA PRODUZIR CDR.

OU SEJA OS PLÁSTICOS QUE ACABAM POLUINDO DE UM JEITO OU DE OUTRO RESOLVEM O PROBLEMA MAIOR CAUSADO PELOS ORGÂNICOS QUANDO DESCARTADOS EM ATERROS. PODEMOS REPRESENTAR ISTO PELA EQUAÇÃO:

PROBLEMA + PROBLEMA = SOLUÇÃO

WTERT Brasil

Confederation of European Waste-to-Energy Plants

Developments on Waste to Energy across Europe

Jan Manders
Deputy President CEWEP

WTERT, Columbia
8 October 2010

27.08.2008

Power Plants Around the World

Power Plants Around the World

Power Plants Around the World

05/05/2004

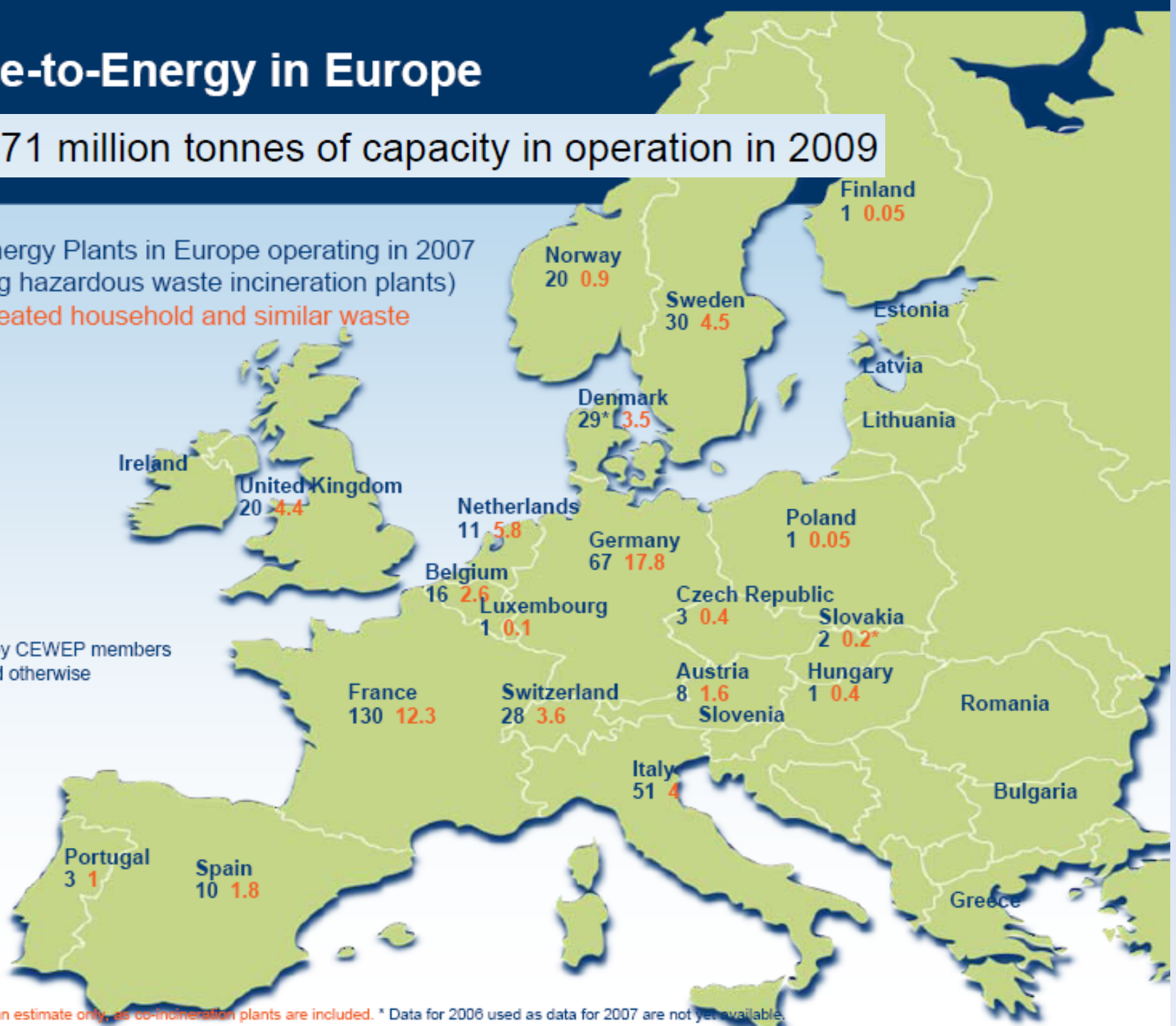
Power Plants Around the World

industcards "Power Plants Around the World"

Waste-to-Energy in Europe

About 71 million tonnes of capacity in operation in 2009

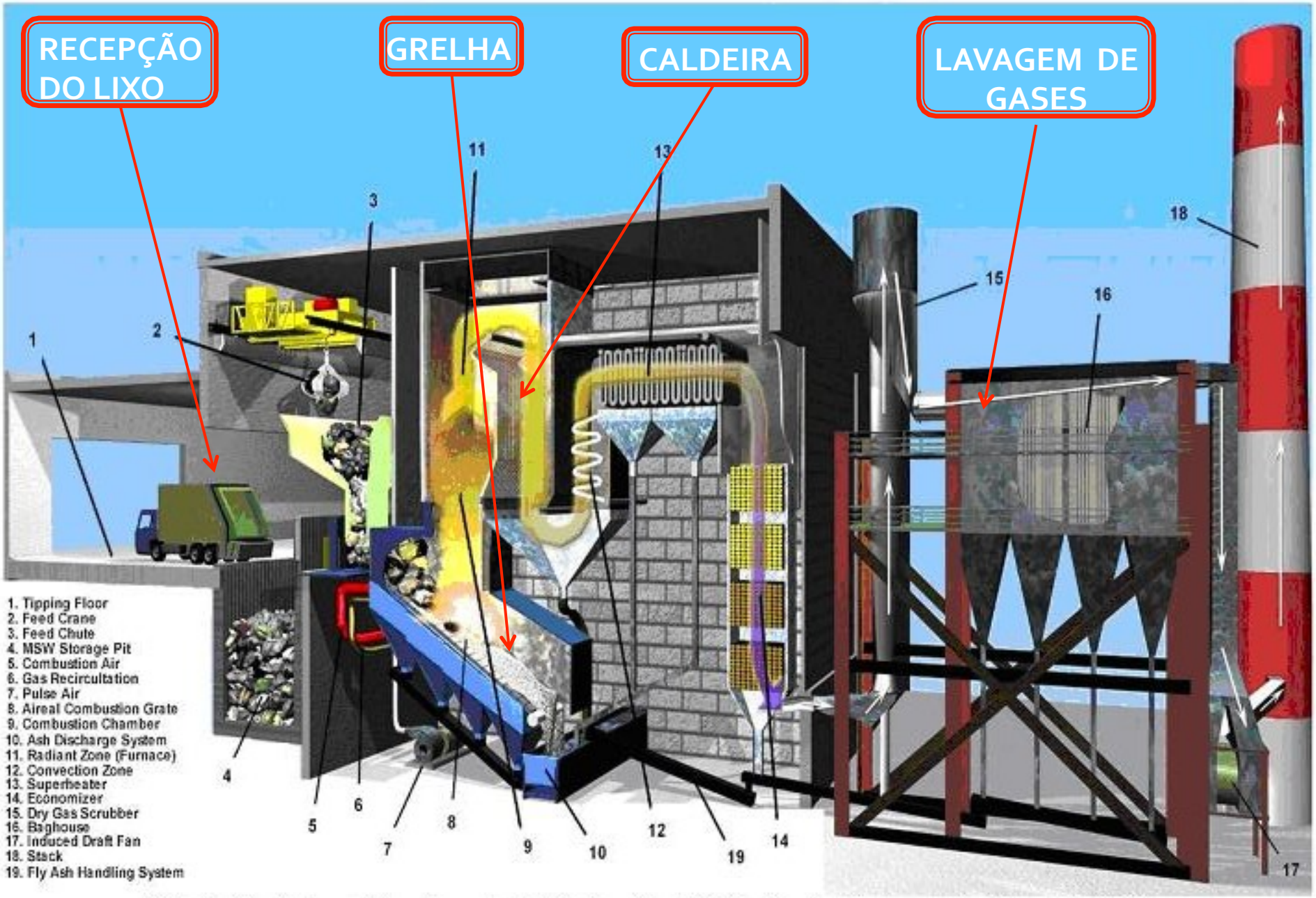
- Waste-to-Energy Plants in Europe operating in 2007 (not including hazardous waste incineration plants)
- Thermally treated household and similar waste



Data supplied by CEWEP members unless specified otherwise

* From Eurostat to give an estimate only, as co-incineration plants are included. * Data for 2006 used as data for 2007 are not yet available.

USINA LIXO-ENERGIA CONVENCIONAL (“MASS BURNING”)

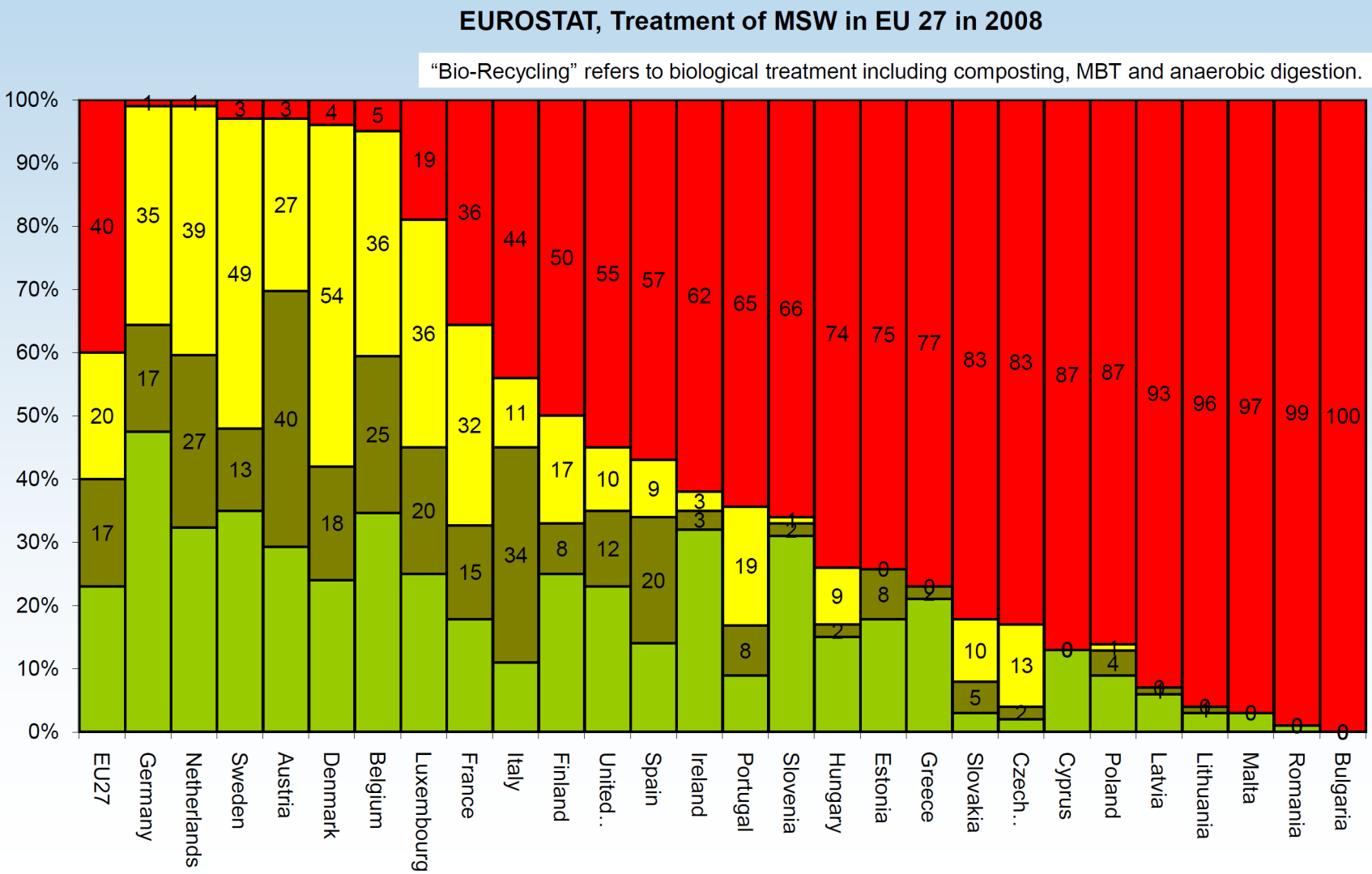


This facility design utilizes the patented Barlow Aireal™ Combustion System and a Water-Wall Boiler

Treatment of MSW in the EU 27 in 2008

Source: EUROSTAT

Recycling | „Bio-Recyling“ | Thermal Treatment | Landfilling



Agreed formulae within the WFD for the R1 Efficiency criterion

Treatment of waste in a WtE plant is **recovery** if:

An existing plant meets efficiency factor > 0,6
New plant (from 2009) meets efficiency factor > 0,65

Energy efficiency formulae:

$$\frac{\text{Energy produced} - (\text{Energy in added fuel} + \text{Energy import})}{0{,}97^{*} \times (\text{Energy in the waste} + \text{Energy in added fuel})}$$

Equivalency factor electricity production x 2,6
Equivalency factor heat exported x 1,1

* factor accounting for energy losses due to bottom ash and radiation

VIABILIDADE ECONOMICA DE WTE PASSA PELO AUMENTO DA EFICIENCIA ELÉTRICA

Electrical Efficiency of Power Plants

Depends on fuel quality:

- Natural Gas 55 %
- Oil 50 %
- Coal 45 %
- Lignite 40 %
- Biomass 35 %
- Waste 15…22 %....30%

Current Average

Current: State-of-the-Art

New: Best Available Technology

Gemeente Amsterdam
Afval Energie Bedrijf

WTERT Brasil

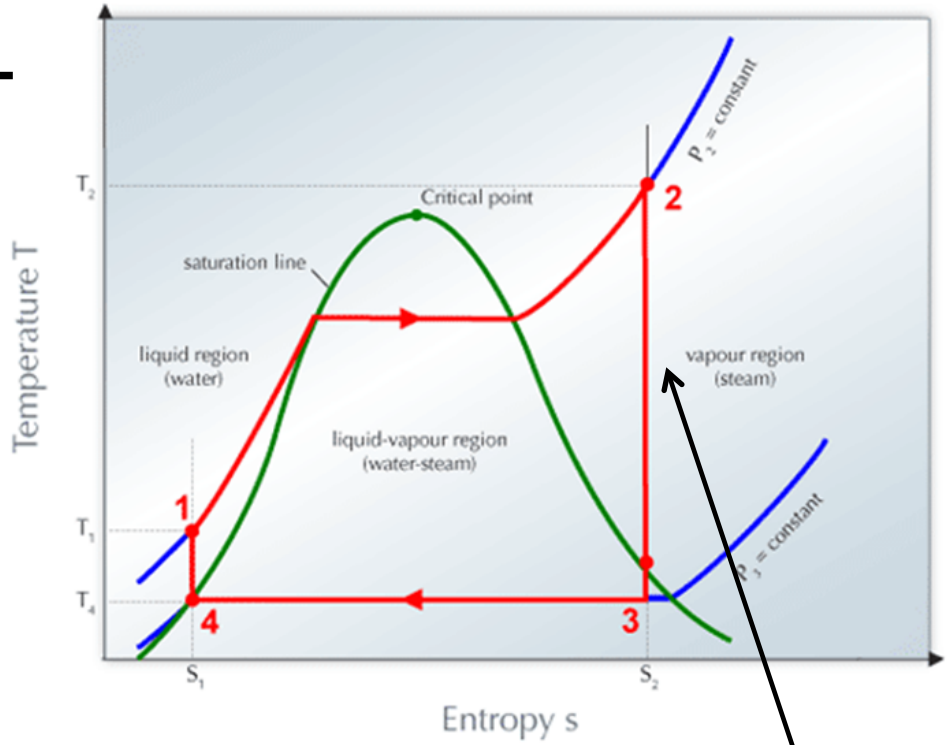
Baixa Eficiência Usinas WTE devido a Corrosão (Cloro)

Limita Condições de Vapor
40 bar / 400 C

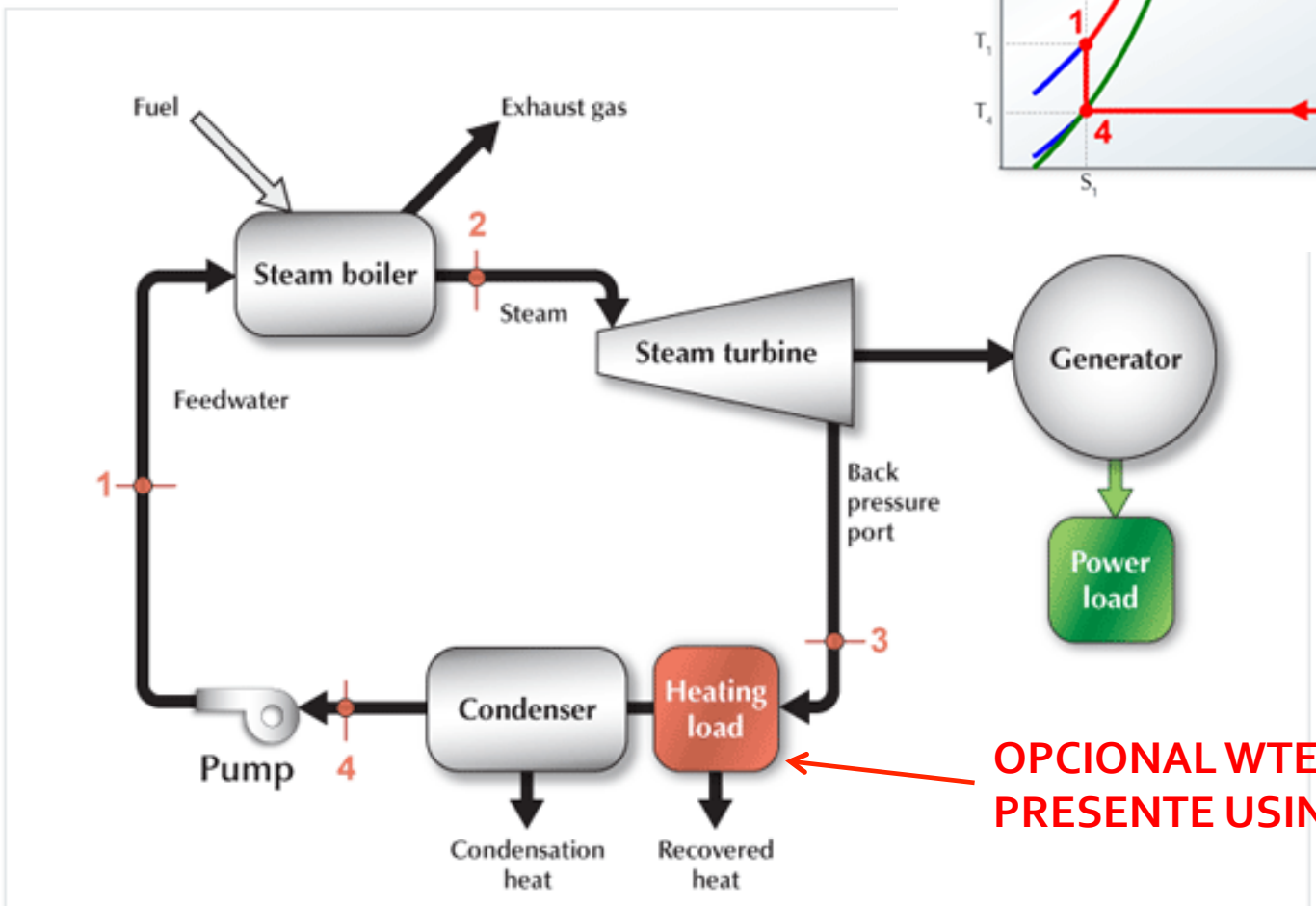
MAX EFICIÊNCIA LÍQUIDA ~ 22%

WTERT Brasil

CICLO RANKINE REVERSÍVEL (ISENTRÓPICO)



RETScreen



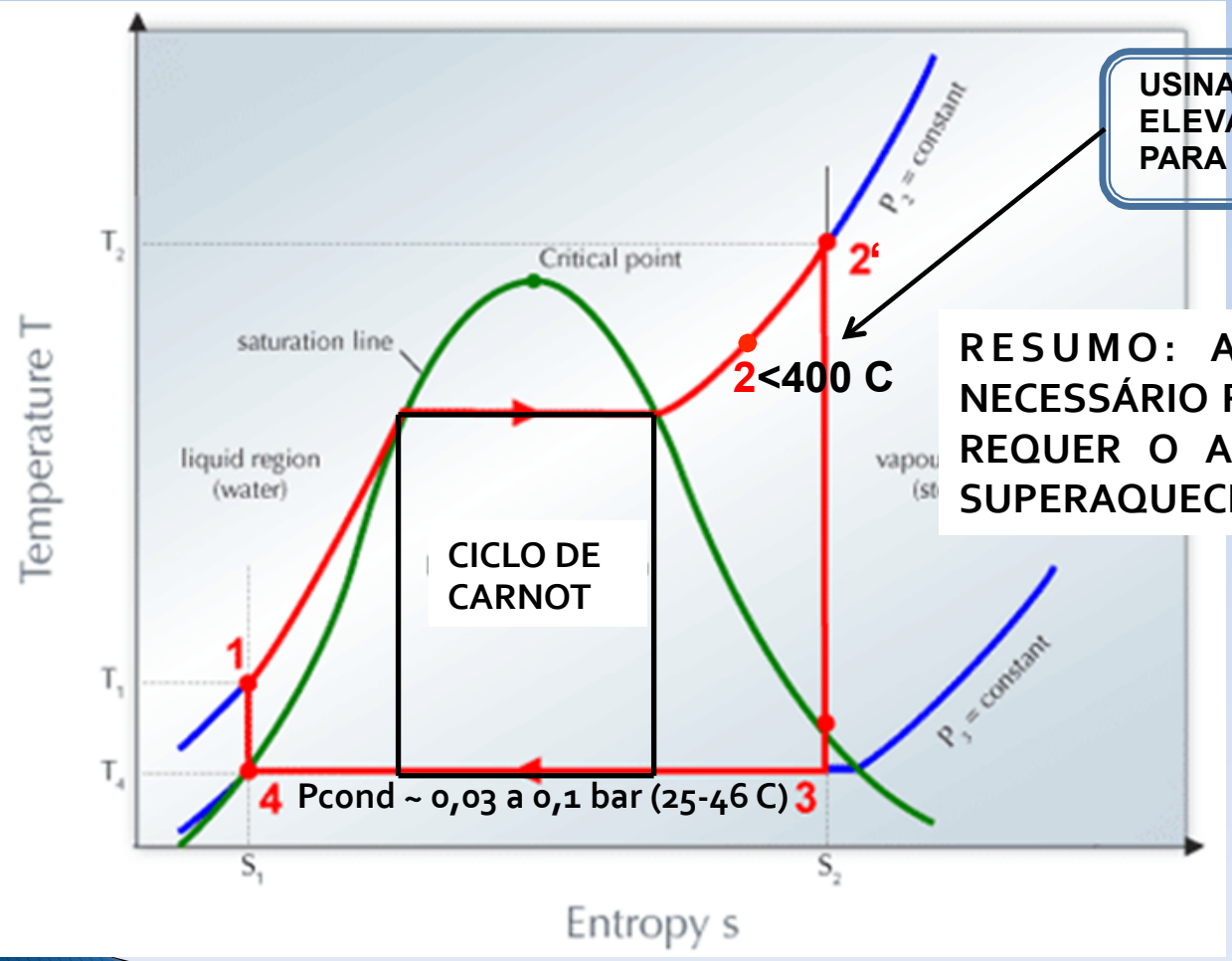
E X P A N S Ã O ISENTRÓPICA NA TV (IDEAL SEM PERDAS)

OPCIONAL WTE
PRESENTE USINAS BAGAÇO

EFICIÊNCIA DO CICLO DE CARNOT → **Qin @ TEMP ELEVADA (MAIOR Pmax)**

EF= (Qin – Qout)/Qin = (1- T_f / T_q) **Qout @ TEMP MAIS BAIXA (MENOR Pcond)**

RANKINE → $EF=1-T_{mf}/T_{mq}=1-[(\int T.ds)_{34}/(s_3-s_4)/(\int T.ds)_{12'}/(s_{2'}-s_1)]$



USINAS WTE APRESENTAM CORROSÃO ELEVADA NOS SUPER-AQUECEDORES PARA TEMP > 400 C (CLORO e POTÁSSIO)

RESUMO: A ELEVAÇÃO DA PRESSÃO, NECESSÁRIO PARA O AUMENTO DA EFICIENCIA, REQUER O AUMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERAQUECIMENTO

SOLUÇÃO → SUPERAQUECIMENTO EXTERNO (de 2 a 2') PARA EVITAR CORROSÃO→ ATRAVÉS DO GN, BIOGAS, SYNGAS,ETC

WTERT Brasil

TERMODINÂMICA & OUTRAS DISCIPLINAS

ENGENHARIA, ECONOMIA, MEIO AMBIENTE, CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE CADA CIDADE

PROJETO (NÃO HÁ 2 PROJETOS IGUAIS)

TECNOLOGIA ROBUSTA ("MASS-BURNING")

CONSTRUÇÃO USINA

(NO BRASIL USINAS WTE CONVENCIONAIS - 40bar/400C - NÃO SÃO VIÁVEIS)

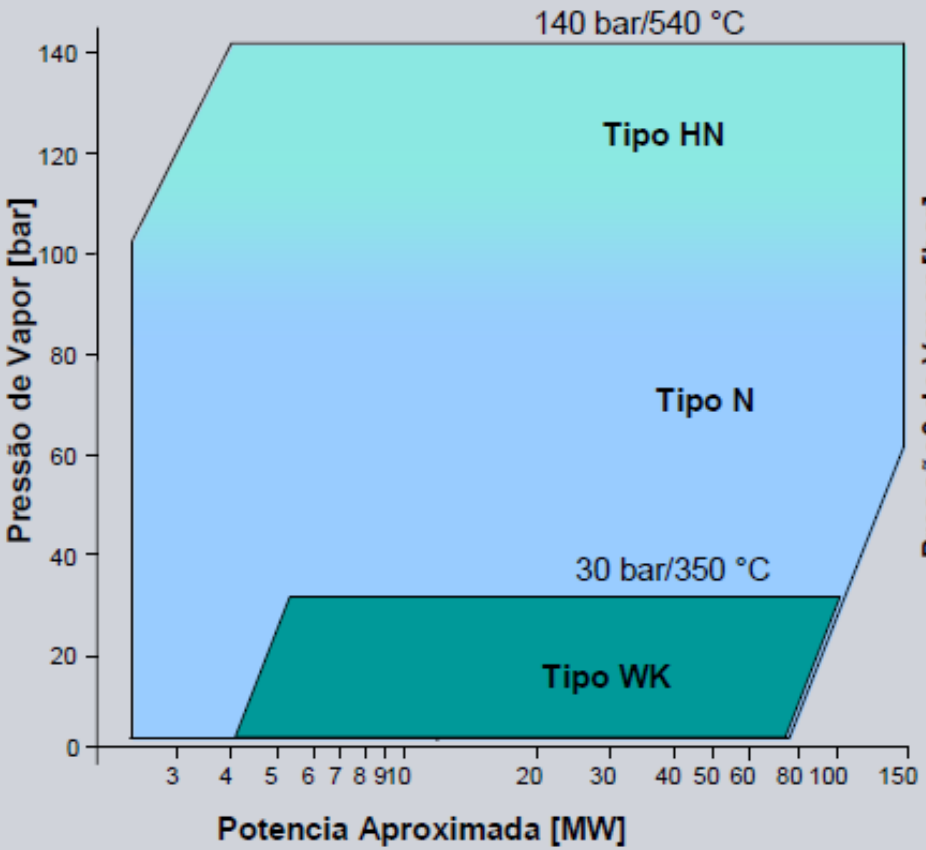
WTERT Brasil

Turbinas a Vapor Siemens
Origem da Linha de Produtos

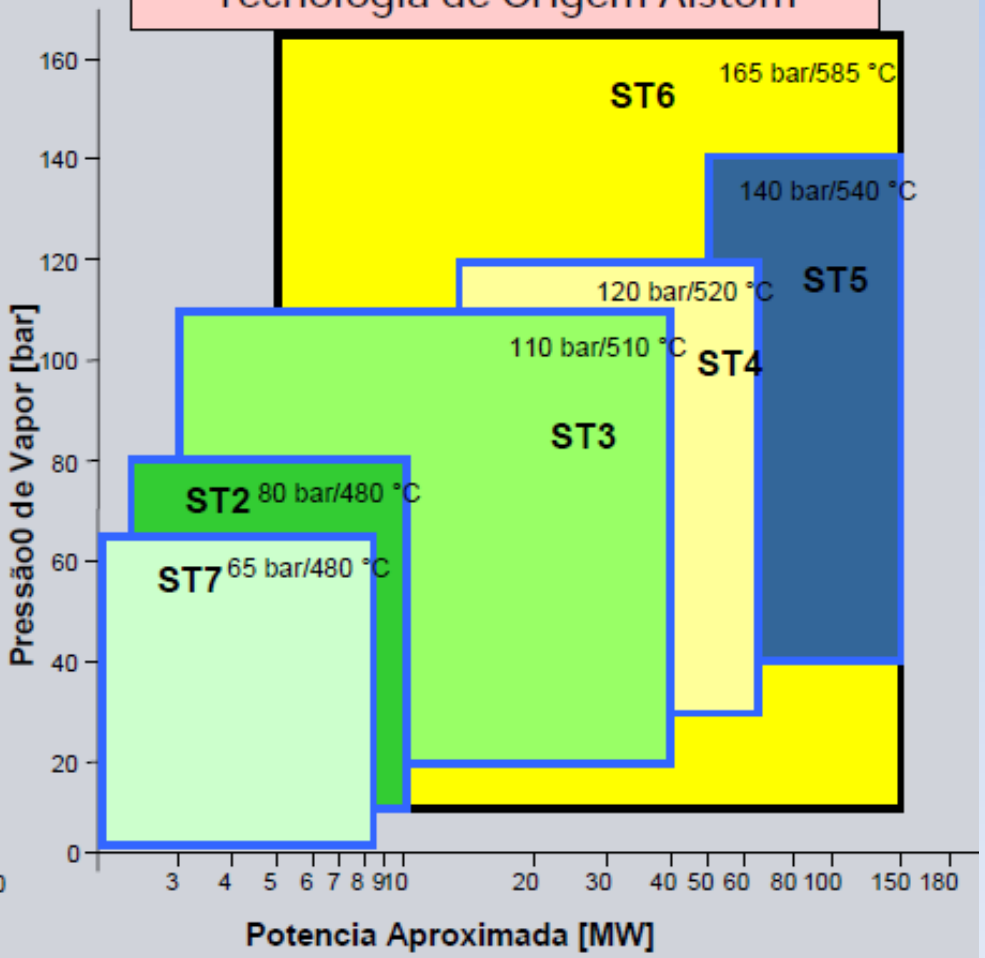
Usina de Inovações

SIEMENS

Tecnologia de Origem Siemens



Tecnologia de Origem Alstom



SOLUÇÕES APENAS COM SUPERAQUECIMENTO EXTERNO (PERMITE ELEVAR PRESSÃO)

1. ELEVAM A EFICIENCIA DO CICLO DE VAPOR

2. COMBUSTIVEL AUXILIAR USADO NO SUPERAQUECEDOR EXTERNO PODE SER: GN, SINGAS, BIOGAS, LIGNITA, ETC

3. EFICIENCIA DO COMBUSTÍVEL AUXILIAR É A MESMA DO CICLO DE VAPOR, NO MÁXIMO 35%

4. EM GERAL O CUSTO DO SUPERAQUECIMENTO EXTERNO NÃO COMPENSA

WTERT Brasil

WASTE TO ENERGY – HIGHER EFFICIENCY WITH EXTERNAL SUPERHEATING

R. SCHU* AND R. LEITHNER**

** EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH, Walkenried, Germany*
*** Technische Universität Braunschweig, Institut für Wärme- und Brennstofftechnik, Walkenried, Germany*

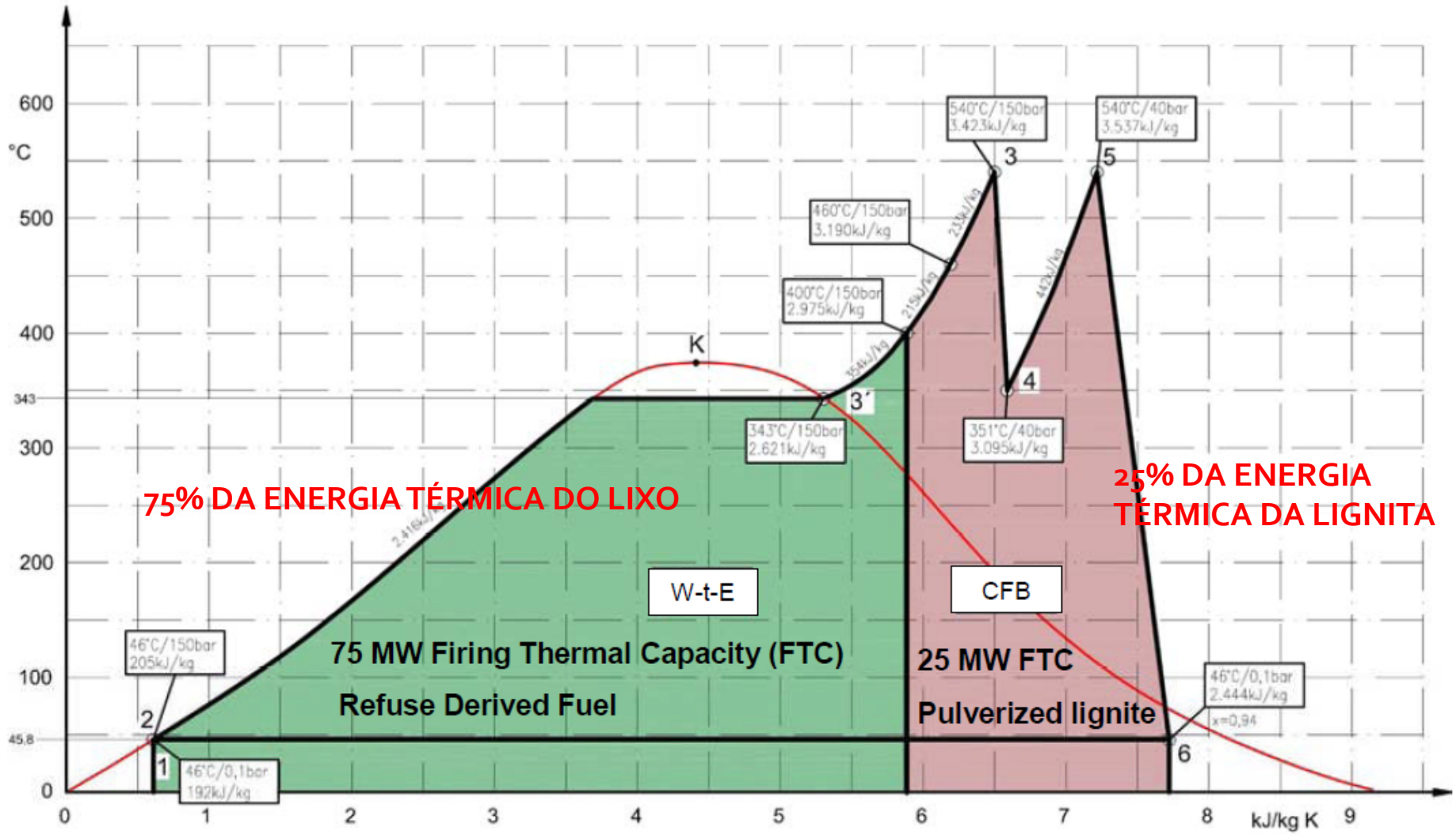


Figure 6. T,s-diagram BiFuel Cycle

4. WATER-STEAM-CYCLE BIFUELCYCLE

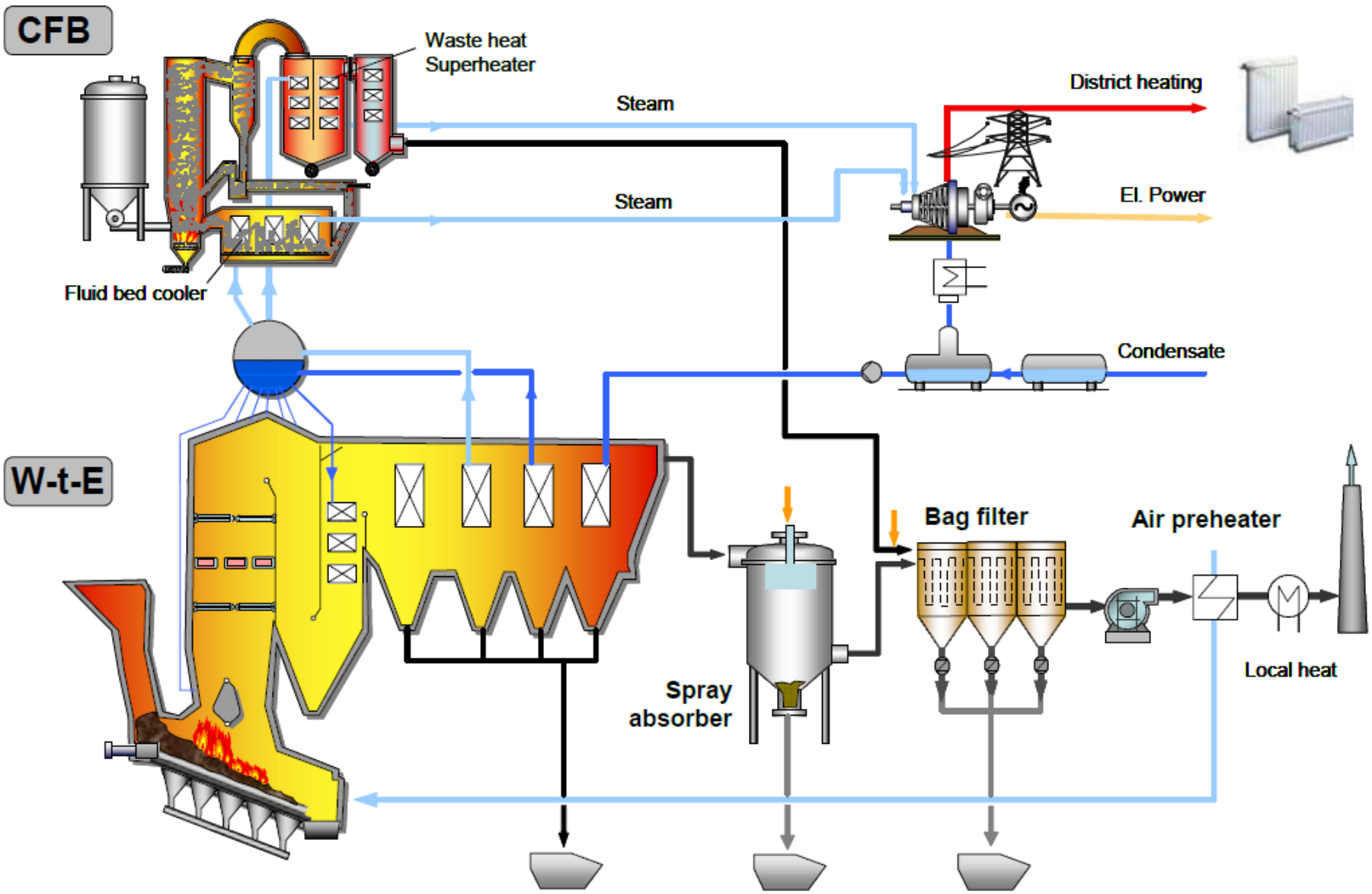


Figure 5. Process Flow Diagram BiFuelCycle

3. HIGHER STEAM PARAMETERS

4. DEVELOPMENT OF A SUITABLE SUPERHEATER

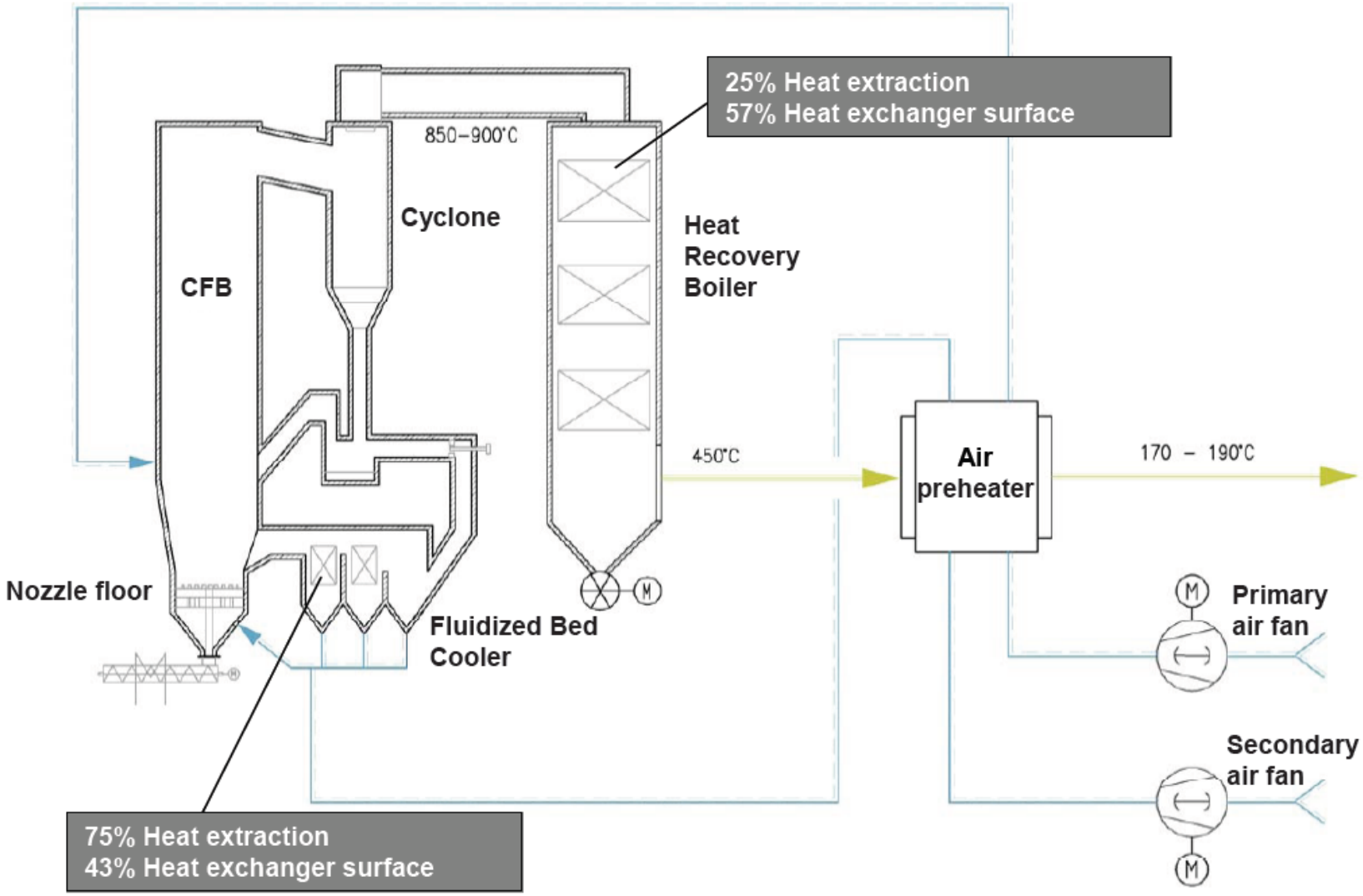


Figure 4. Ratio of heat exchanger surfaces and heat extraction

PLANTA WTE CONVENCIONAL 40 bar / 400 °C

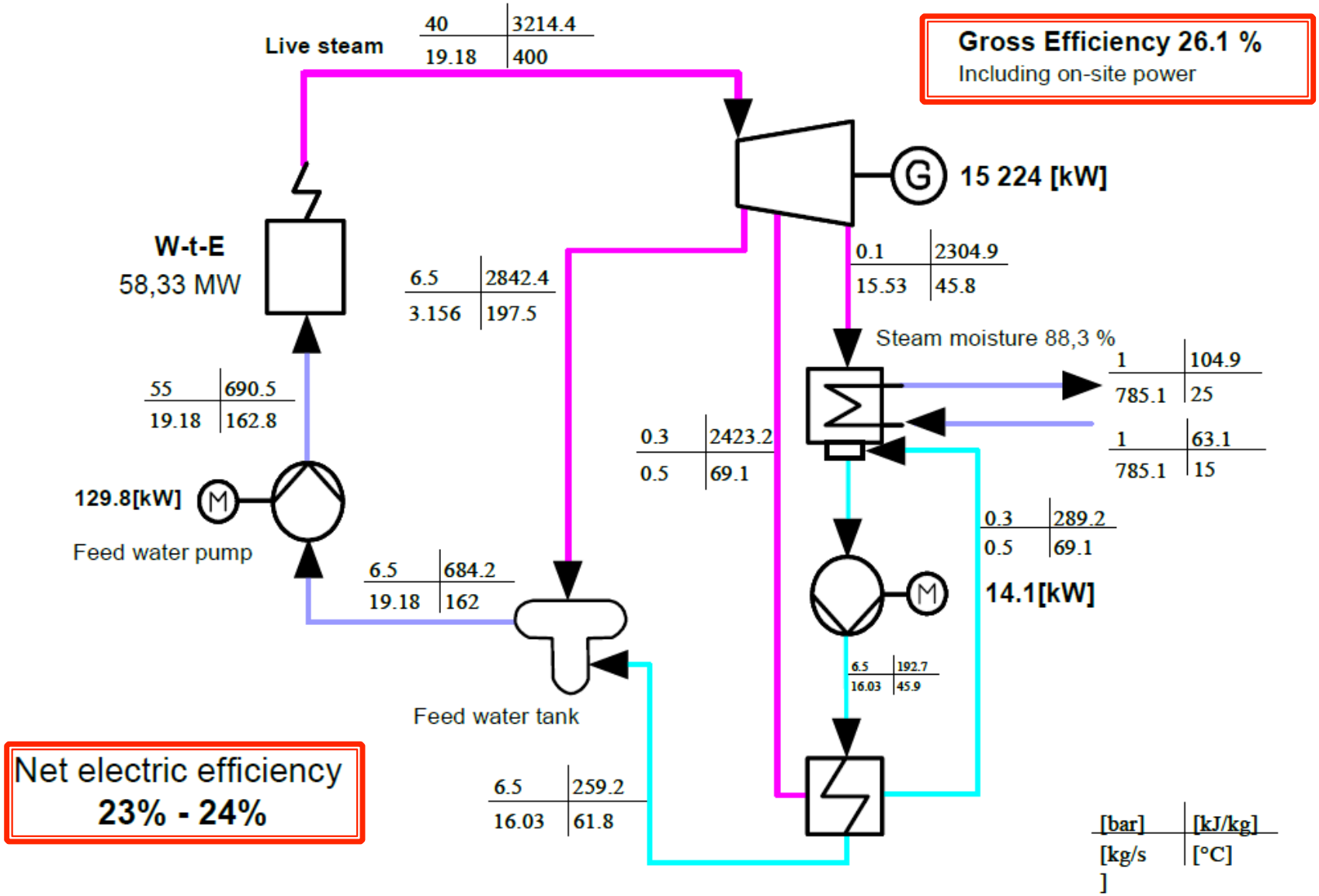


Figure 8. KPRO circuit-diagram standard W-t-E plant

EFICIENCIA BRUTA ~ 39% COM CICLO DE REAQUECIMENTO DE 150-40 bar/ 540

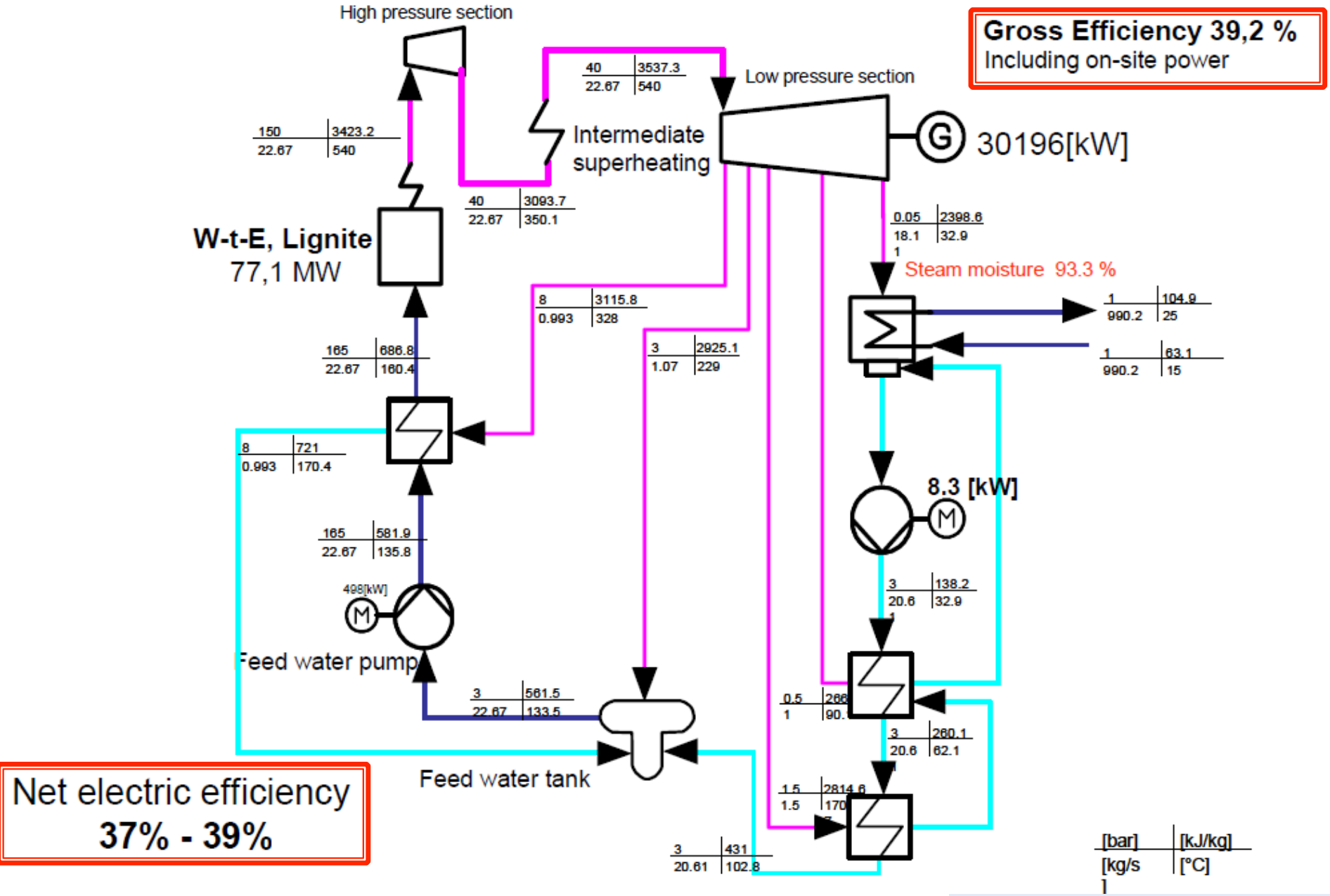


Figure 9. KPRO circuit-diagram standard BifuelCycle plant

Biomass Fired Superheater for more Efficient Electricity Generation from Waste Incineration Plants

The plant was commissioned in May 1996. The demonstration plant is located at Haslev, 65 km south-west of Copenhagen, at the Haslev Combined Heat and Power (CHP) plant which

The operational experience from monitoring more than 1000 hours of operation is very positive. The results of testing show an output well above the design value and a stable operation after the commissioning period. The operation safety and availability figures under gas operation have now reached a stage comparable to conventional biomass fired plants. The monitoring period has given all the basic data for validation of the plant and design of the single components for further commercial plants.

Photo 1: General view of the carbonisation unit

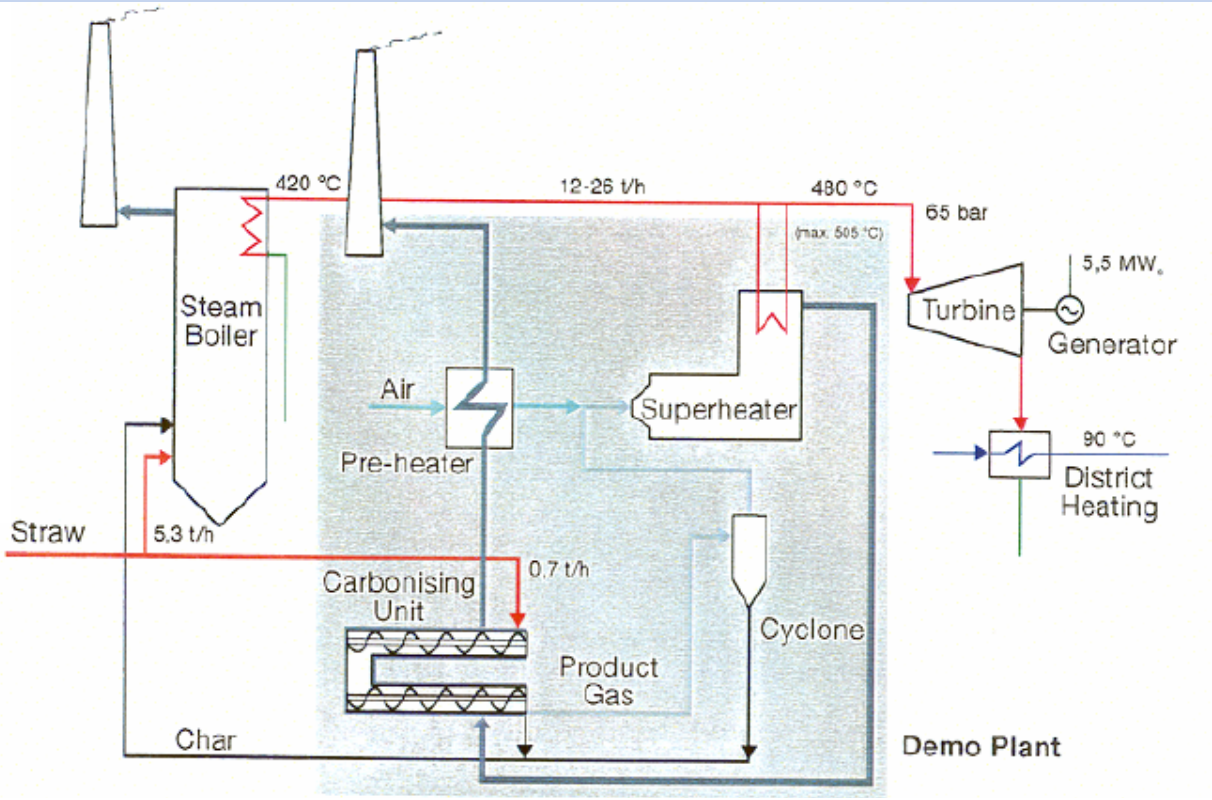


Figure 1: Simplified diagram of the concept to use product gas to boost steam data

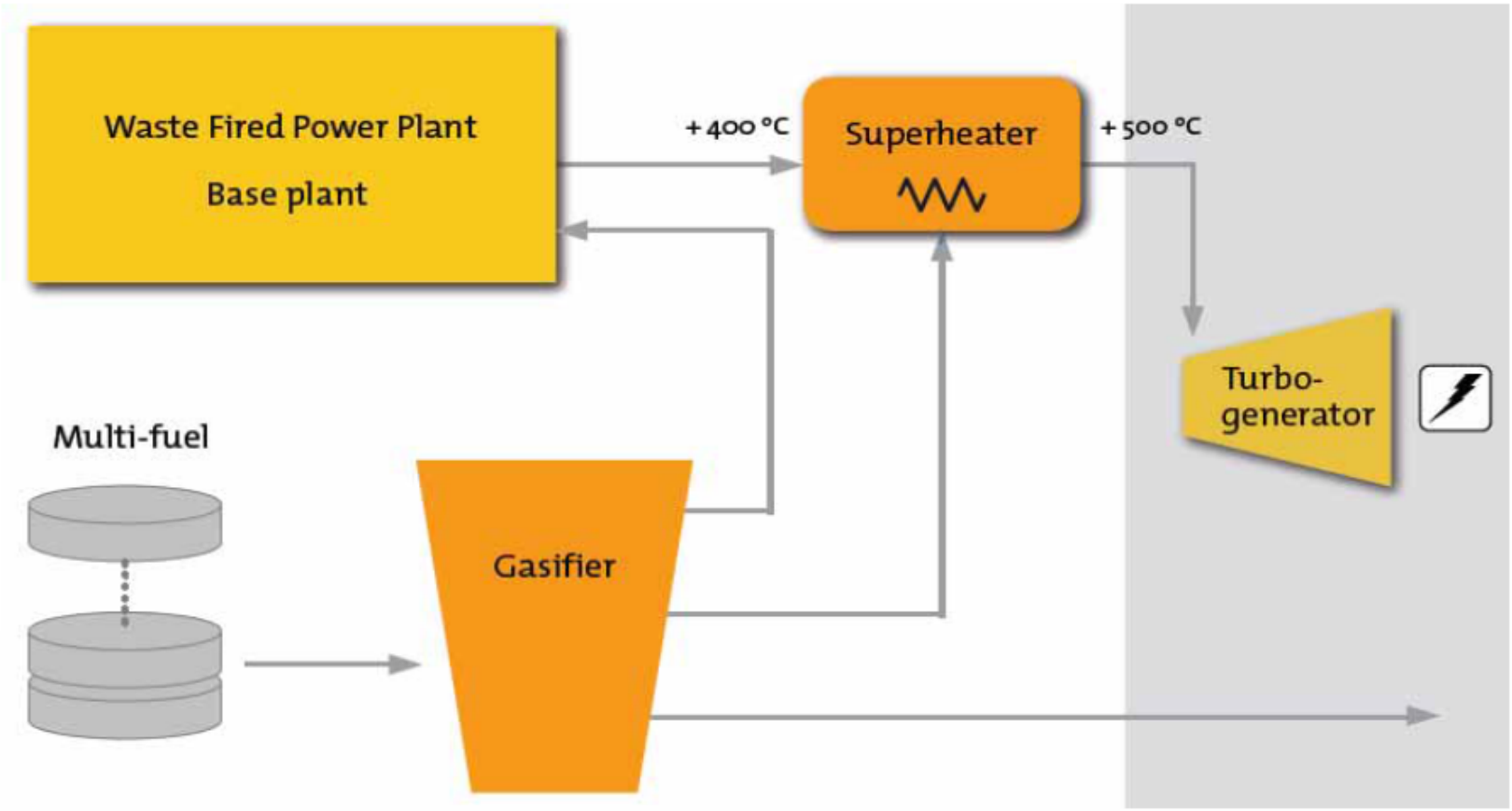
The Waste Fired Power Plant Gärstad, Sweden

© 2005 Babcock & Wilcox Vølund ApS. All rights reserved.

WasteBoost™
Superheating Supplied by Gasification

Babcock & Wilcox Vølund
Generating Powerful Solutions™

WasteBoost™ - superheating of the steam parameters with a VølundSystems™ biomass gasifier.



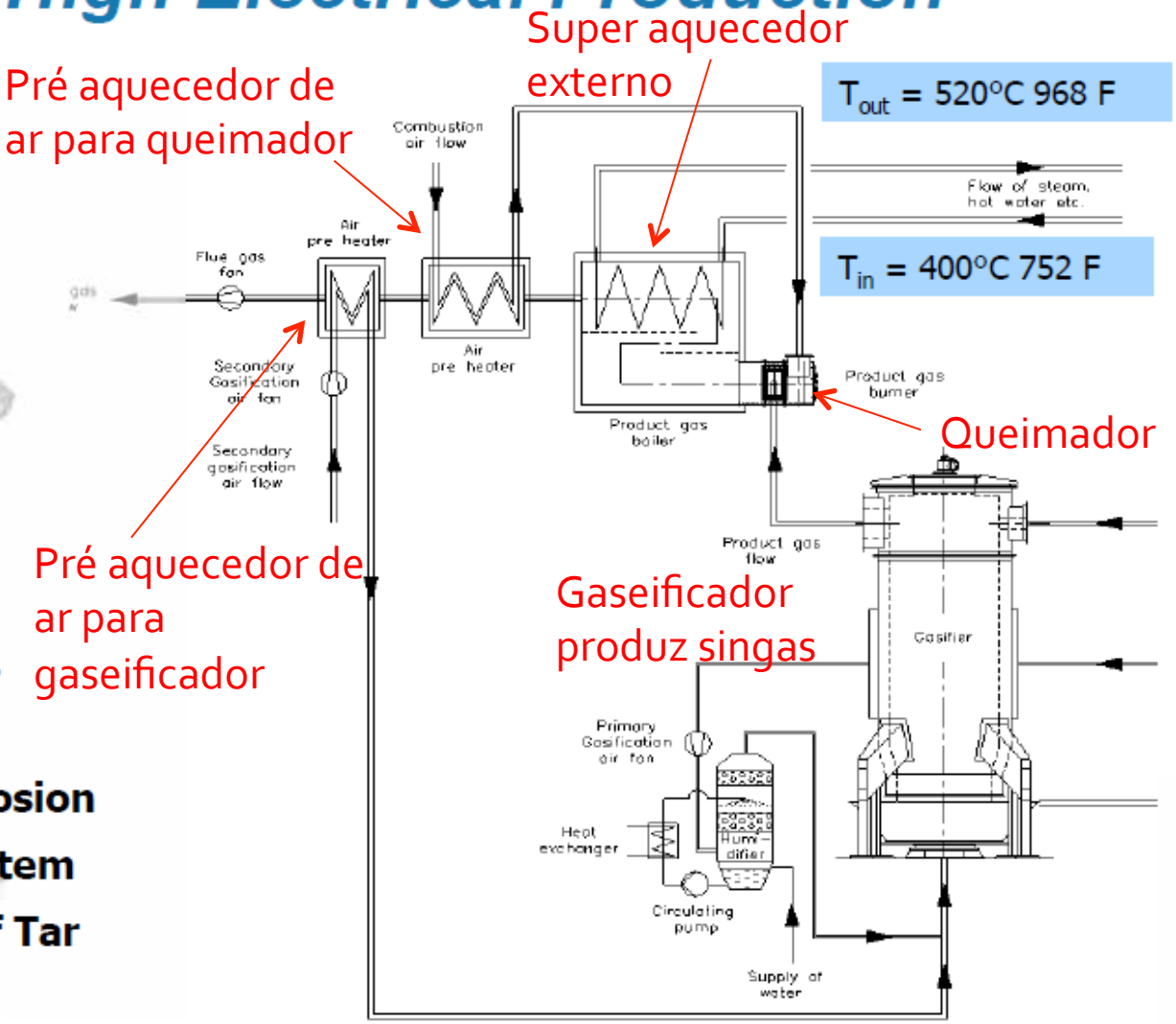
© 2005 Babcock & Wilcox Volund ApS. All rights reserved.

SUPER AQUECIMENTO EXTERNO USANDO GAS LIMPO (SINGAS)

WasteBoost™ = High Electrical Production

Basic principle

- Gasification
  - Syn gas
  - HF Oil = tar
  - Waste Wood
  - Excellent ash
- Syn gas
  - External Super Heating
  - No risk of corrosion
  - Integrated system
  - Incineration of Tar Water



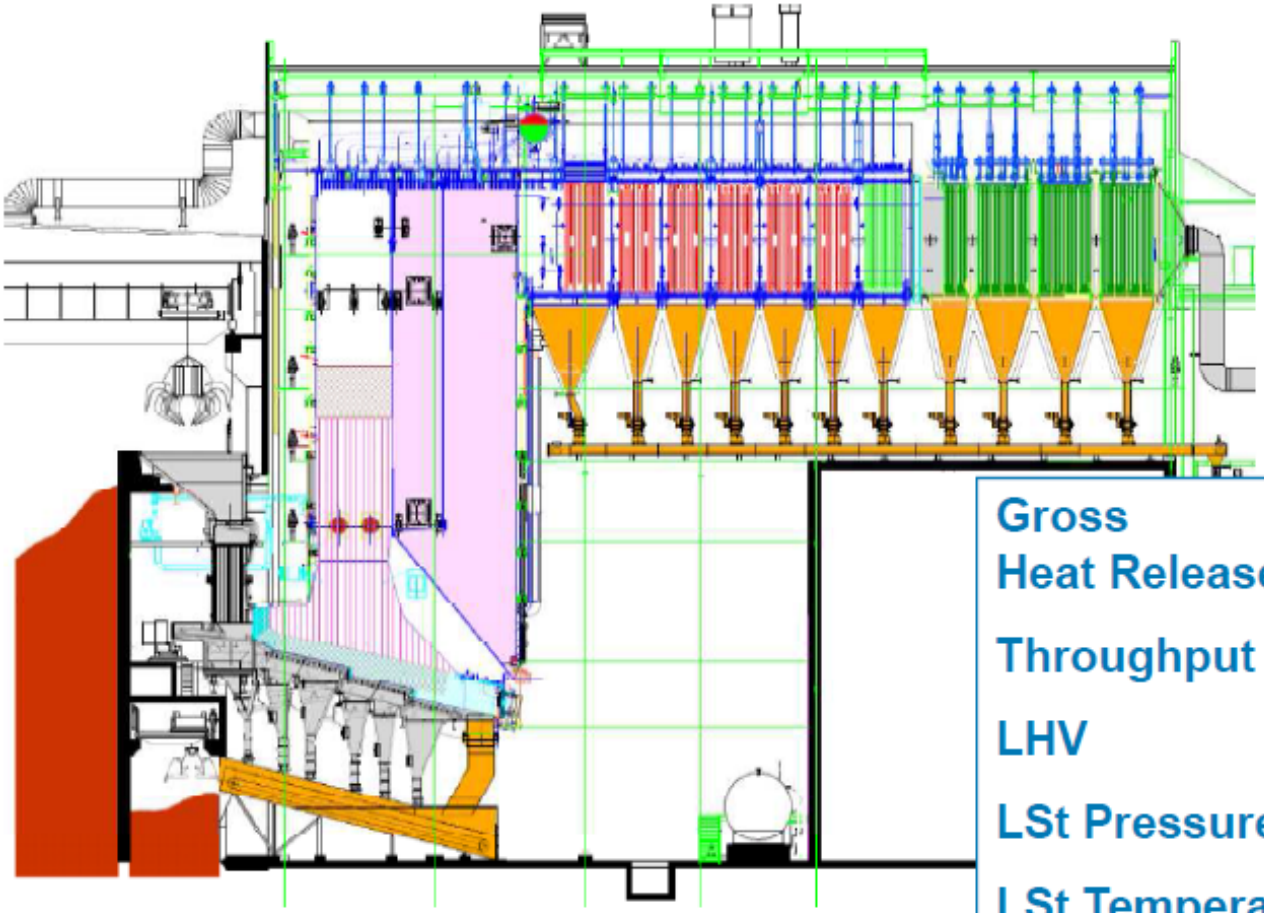
© 2005 Babcock & Wilcox Volund ApS. All rights reserved.

Variant 3 : EfW Plant Heringen /Germany

External Superheater

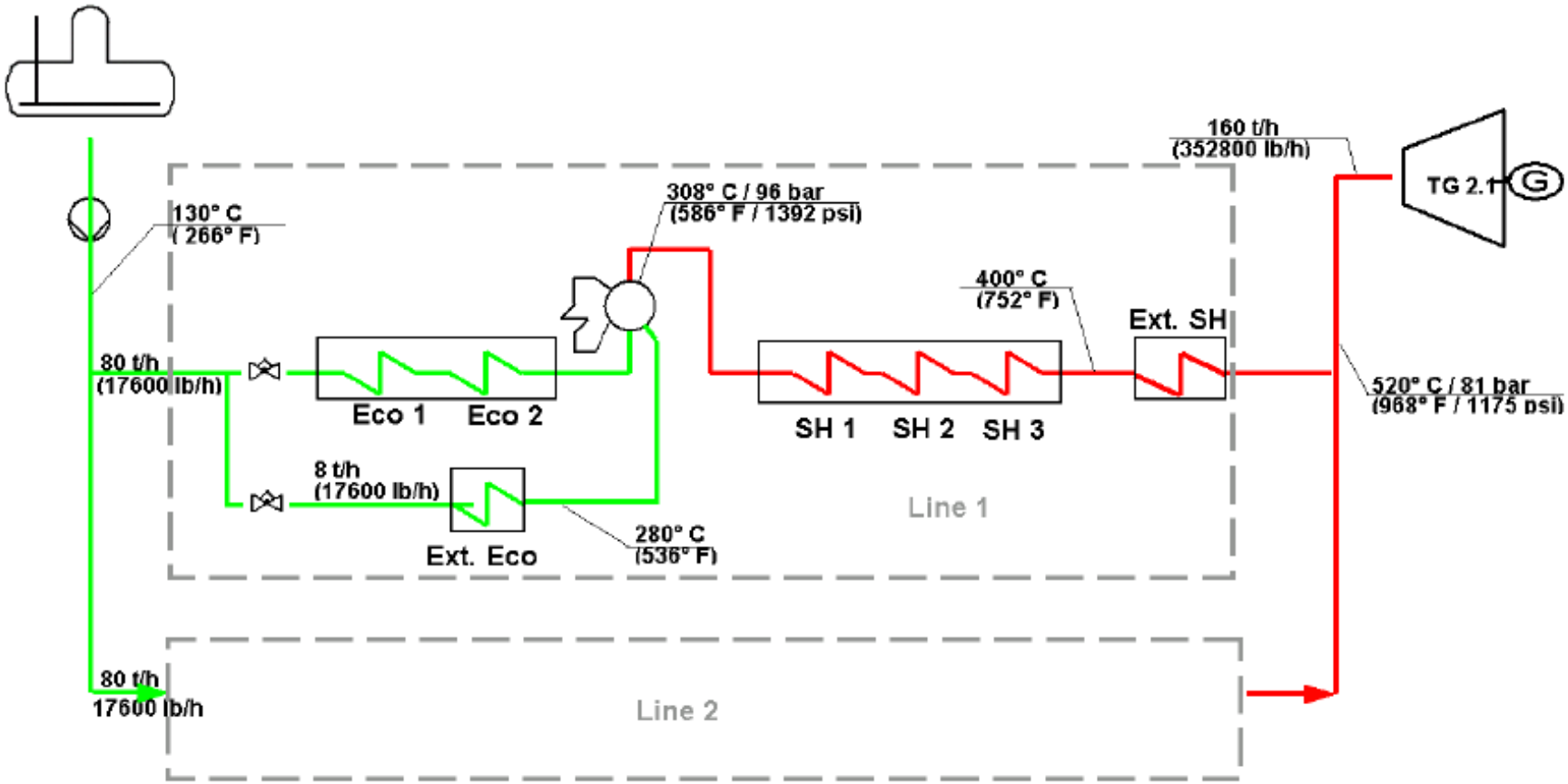
Variant 3 : External superheater

EfW Heringen / Germany



Gross		
Heat Release	MW	58,3
Throughput	Mg/h	17,5
LHV	MJ/kg	12
LSt Pressure	bar	81
LSt Temperature	° C	520

Variant 3 : External Superheater Heat Flow Diagram



boiler efficiency 87,65 %
gross power production 29,68 %

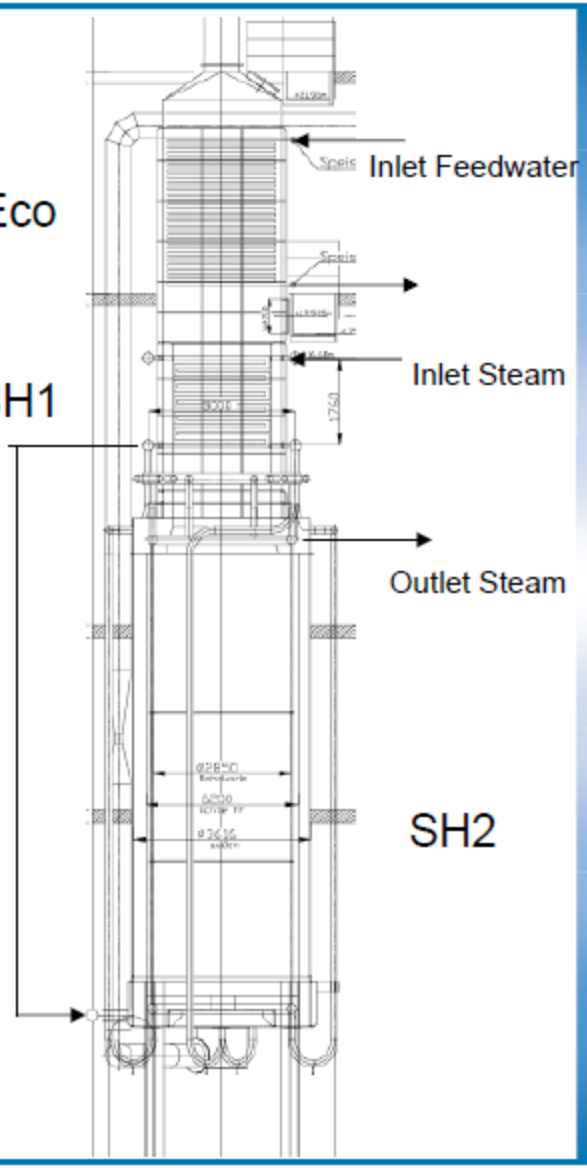
CONSUMO DE GN ELEVADO – MESMO USANDO SUPERAQUECEDOR RADIANTE

FISIA BABCOCK ENVIRONMENT GmbH
IMPREGILO Group

Variant 3 : External Superheater 2/2

Technical Data

Thermal capacity	10 MW
Natural gas consumption	720 kg/h
Temperature steam inlet	400 ° C
Temperature steam outlet	520 ° C
Steam pressure at outlet	83 bar
Pressure loss superheater	5 bar
Temperature feedwater inlet	122 ° C
Temperature feedwater outlet	280 ° C
Excess air ratio	1.1



SOLUÇÕES COM CICLOS COMBINADOS COM TURBINA A GAS

1. ELEVAM A EFICIENCIA DO CICLO DE VAPOR E DO GAS

2. COMBUSTIVEL AUXILIAR USADO NO SUPERAQUECEDOR EXTERNO PODE SER: GN, QUEROSENE, ÓLEO

3. EFICIENCIA DO COMBUSTÍVEL AUXILIAR É MUITO MAIOR DO QUE DO CICLO DE VAPOR, EM TORNO DE 50%

4. A VIABILIDADE DEPENDE DO CUSTO DO COMBUSTÍVEL AUXILIAR POIS CONSUMO É ELEVADO

WTERT Brasil

NEW AND ADVANCED ENERGY CONVERSION TECHNOLOGIES. ANALYSIS OF COGENERATION, COMBINED AND INTEGRATED CYCLES

M.A. Korobitsyn

Amsterdam, © 1998

Chapter 6
Integration of a Gas Turbine and a Municipal Solid Waste Incinerator

EXISTEM INÚMERAS CONFIGURAÇÕES POSSÍVEIS DE CICLOS COMBINADOS QUE RESULTAM EM ENORMES GANHOS DE EFICIÊNCIA→ TODAS SE BASEIAM NO SUPERAQUECIMENTO EXTERNO

WTERT Brasil

JAPÃO → CICLO COMBINADO GÁS/LIXO MAIS SIMPLES. FUNCIONANDO DESDE 1997

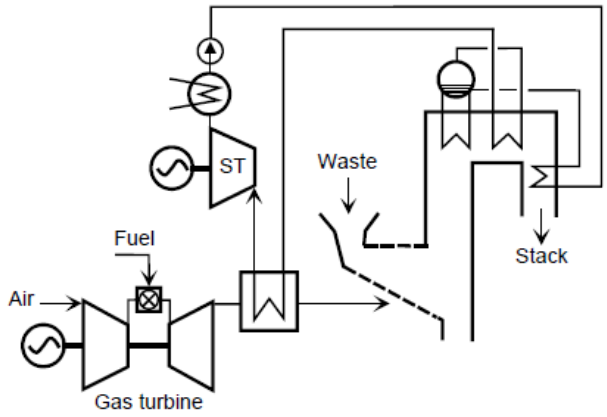
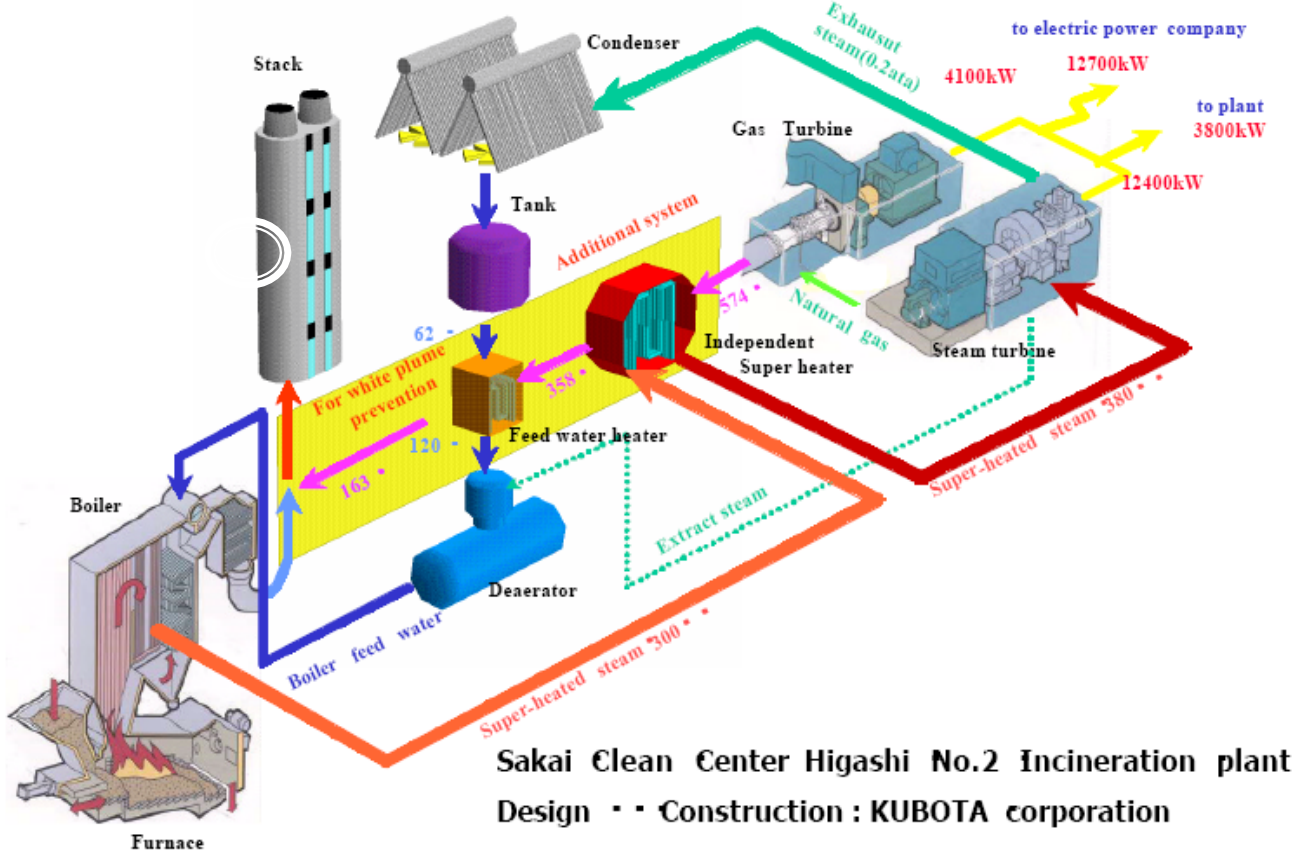


Fig. 6.3. The hot windbox configuration with superheating (Case 3).



WTERT Brasil

USINA ZABALGARBI, BILBAO – CICLO COMBINADO - 78% DA ENERGIA TOTAL PROVENIENTE DO GN.

EFICIÊNCIA RSU = 31% (71 MWt)

EFICIÊNCIA GN = 51,3% (152 MWt)

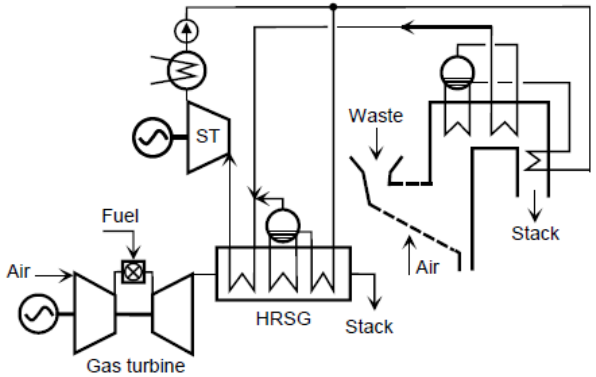
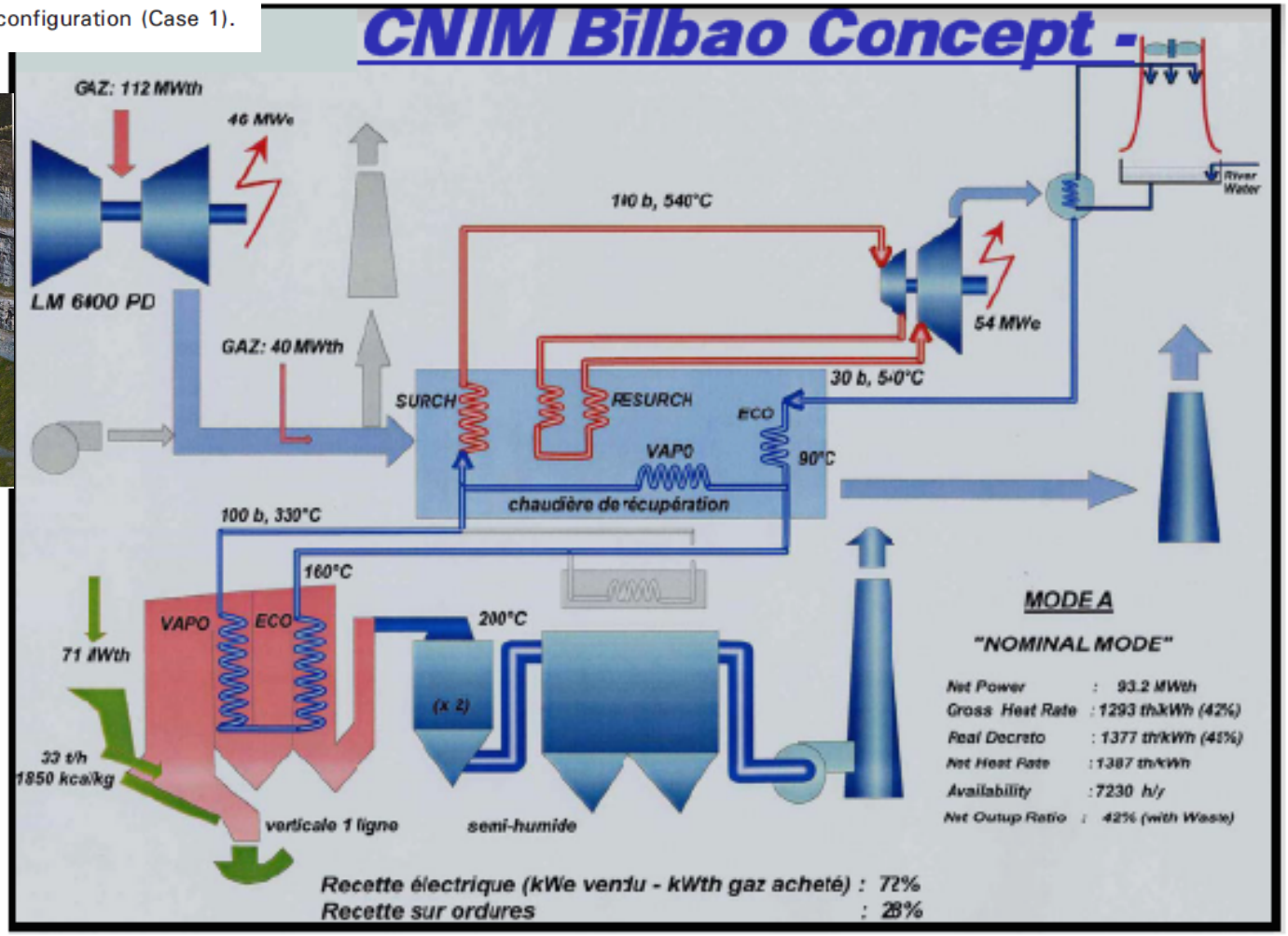


Fig. 6.2. HRSG-Incineration boiler parallel configuration (Case 1).



WTERT Brasil

PÖYRY
Engineering balanced sustainability™

Vantaan Energia Oy, JV1
Finland
Waste-to-energy plant

Steam turbine:
- Electrical output: 50 MW

Client
Vantaan Energia Oy

Project
New installation of a Waste-to-Energy plant (JV1)
Capacity: 320,000 t/a

Consultant
Pöyry Finland Oy, Energy

Services
- EIA
- Pre-engineering
- Full scope EPCM, including: project management, engineering, procurement, construction management

Services Period

EIA:	2006 – 2007
Pre-engineering:	2008
EPCM:	2009 – 2014

Project description
Vantaan Energia Oy is building a new WtE power plant in the city of Vantaa, Finland. The new plant will be completed in 2014.

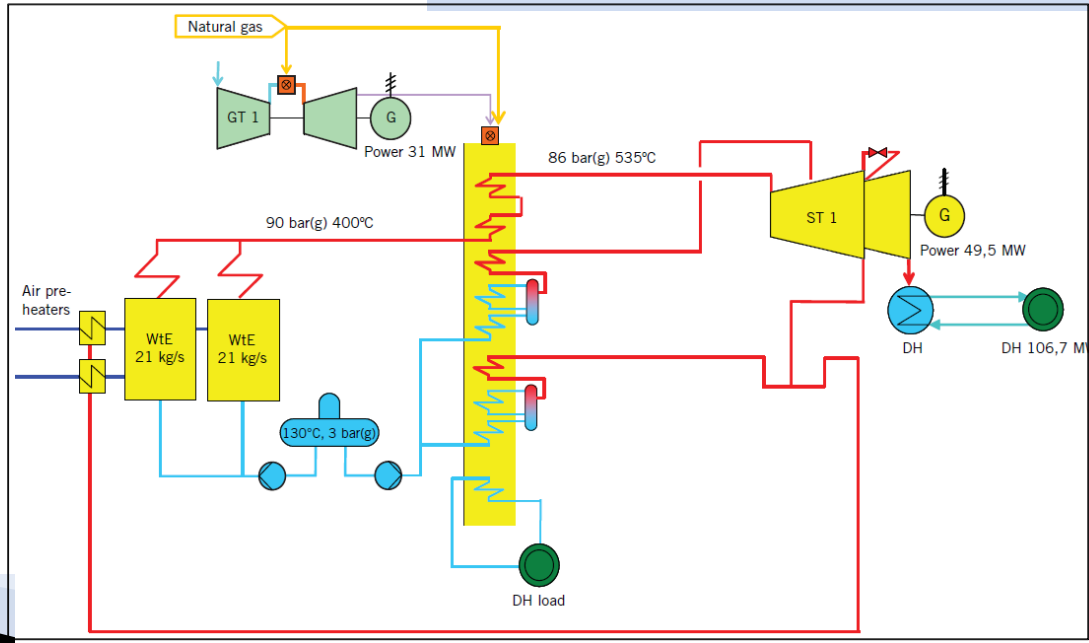
The power plant will consist of two combustion lines (with two independent grate boilers and associated systems such as flue gas cleaning) and an integrated GT+HRSG+ST. In order to increase the overall efficiency of the power plant, live steam produced in the grate boilers shall be superheated in the HRSG together with additional steam generated by the waste heat of GT exhaust gases.

Once completed, the new power plant will produce approx. 78 MW of electricity and 120 MW of district heat.

Technical data (preliminary)
Grate boilers:
- Capacity; 2 x 160,000 t/a
- Live steam: 90 bar / 400 °C

Gas turbine:
- Fuel: Natural gas, apprrox. 86 MW
- Electrical output: 31 MW

Heat Recovery Steam Generator:
- Grate boilers' live steam will be superheated to 535 °C
- Additional steam produced at 32 bar / 370 °C and 6 bar



EXISTE SOLUÇÃO, IDEAL PARA O BRASIL, QUE INCORPORA TODAS AS VANTAGENS DAS USINAS ANTERIORES E ELIMINA AS DESVANTAGENS

CICLO COMBINADO OTIMIZADO – CCO

1. ELEVADA EFICIENCIA NO GÁS (~ 50%) E NO LIXO (~ 30%)

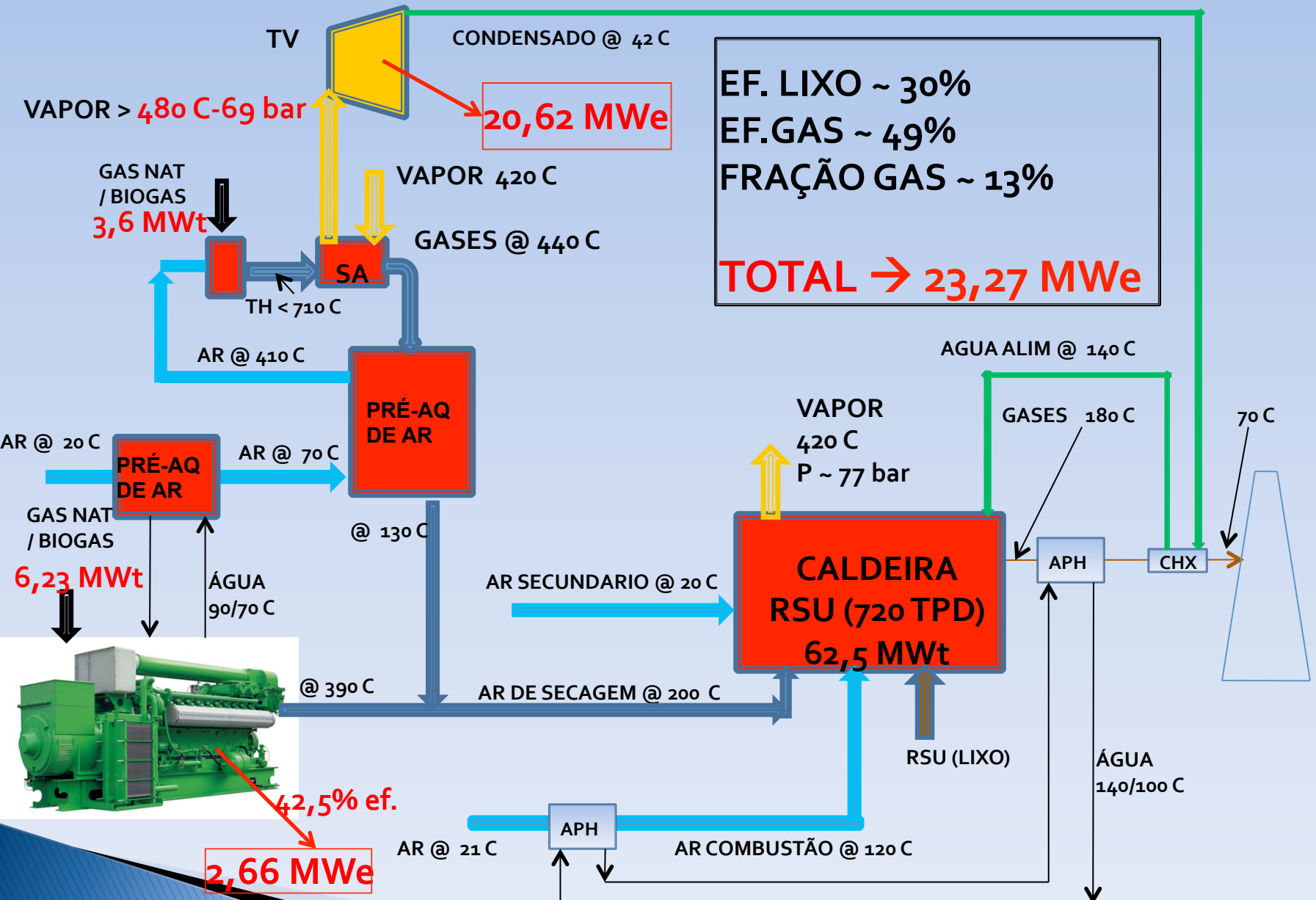
2. BAIXO CONSUMO DE GÁS → BIOGÁS

3. VIABILIDADE ECONOMICA MUITO BOA

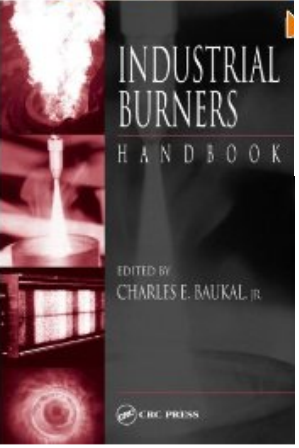
4. PATENTEADA NO BRASIL E NA EUROPA

WTERT Brasil

CICLO COMBINADO OTIMIZADO GAS/LIXO



WTERT Brasil



19 Duct Burners

Stephen L. Somers

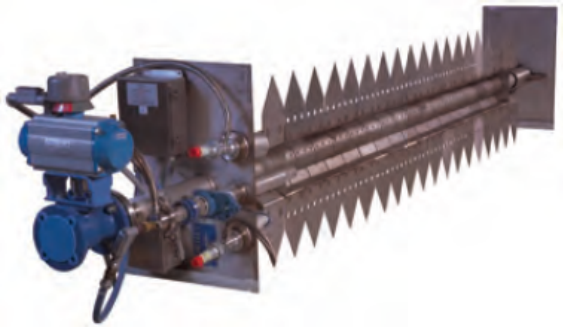
FIGURE 19.3 Schematic of HRSG.

FORNEY

A UTC Fire & Security Company

Forney Duct Burners

Forney duct burners offer reliable performance and dependability to meet the complex needs of the combined cycle and cogeneration industries.



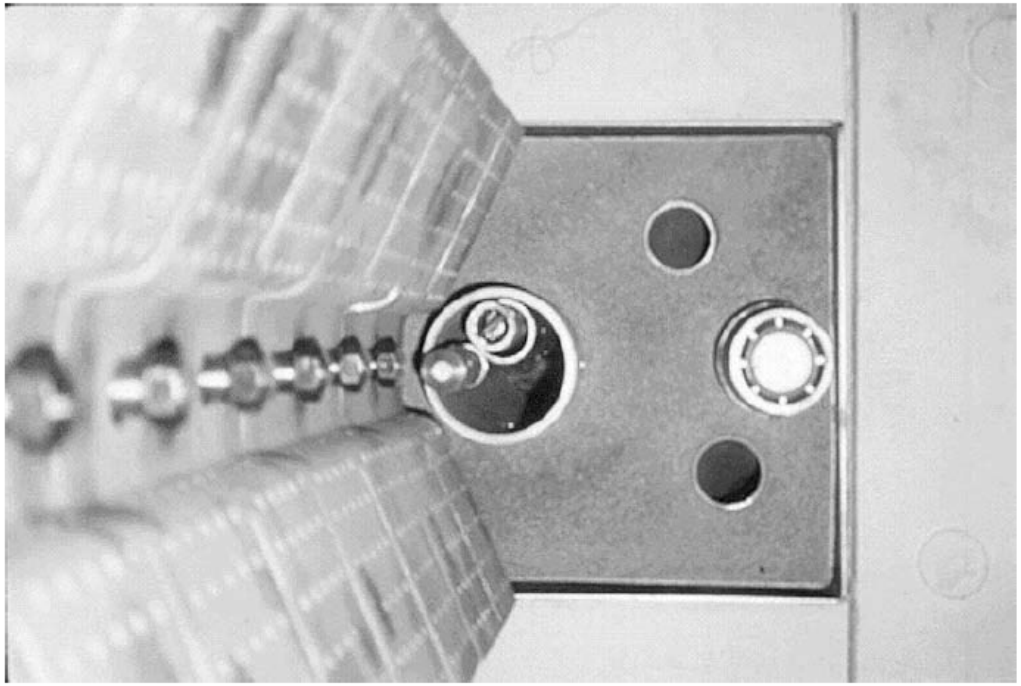


FIGURE 19.10 Low-emission duct burner.

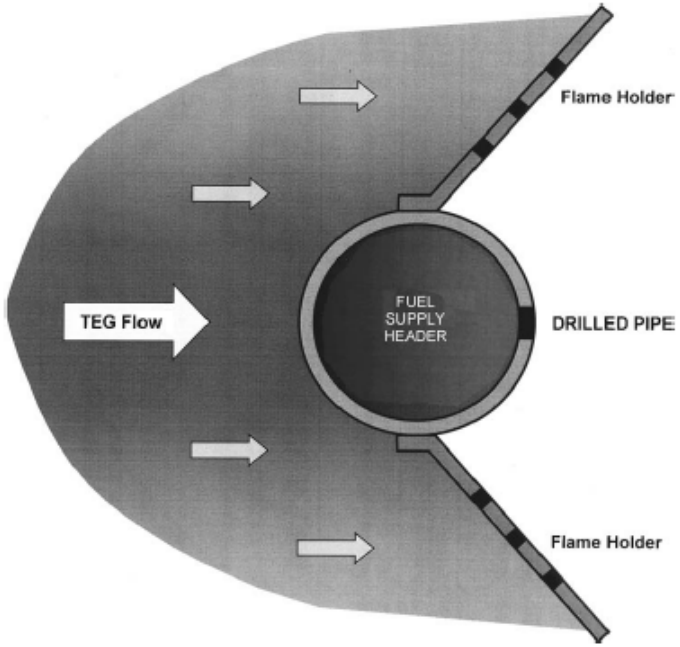


FIGURE 19.9 Drilled pipe duct burner.

Metodologia Viabilidade Economica

FATU BRUTO (FB) → TAXA DE LIXO (TL) ("GATE FEE") + VENDA ENERGIA ELÉTRICA

FATU LIQUIDO (FL) → FB- PIS/COFINS - ISS – O&M= FB – 9,25% FB – 2% TL - O&M

BASE TRIBUTÁVEL (BT) → BT = FL – DEPRECIAÇÃO – JUROS FINANCIAMENTO

CSSL (CS) → 9% BT

IR → 25% BT

FLUXO DE CAIXA LIVRE → - EQUITYi + (FL – CS – IR)i (i = 1, 20 ANOS)

TIR = TAXA INTERNA DE RETORNO QUE ZERA O FLUXO DE CAIXA ACIMA

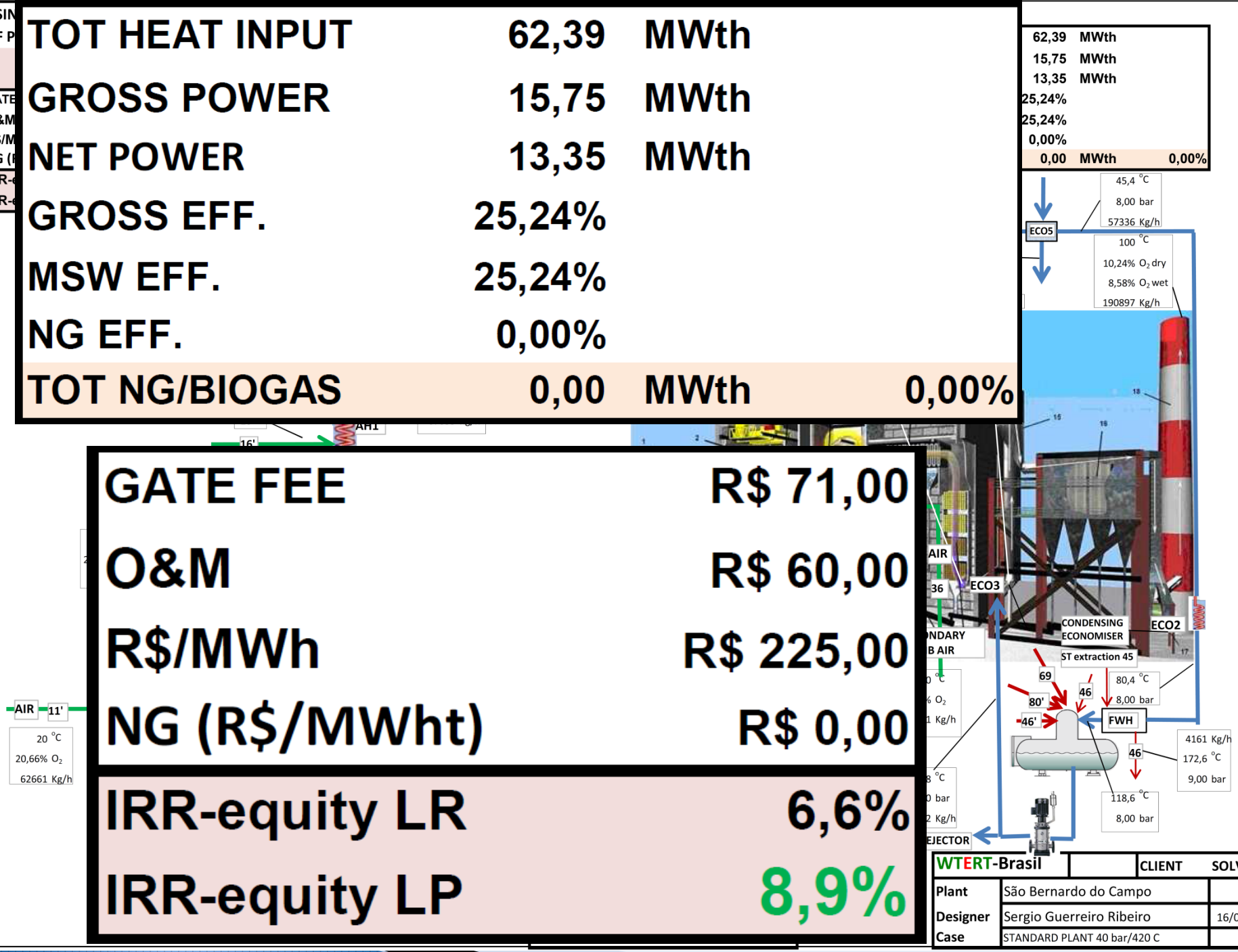
EM GERAL CONSIDERAMOS O FINANCIAMENTO DO BNDES EM 15 ANOS COM TAXA JUROS = TJLP + 2%

A DEPRECIAÇÃO PODE SER ACELERADA PARA MENOS DE 20 ANOS DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

WTERT Brasil

TOT HEAT INPUT	62,39	MWth	
GROSS POWER	15,75	MWth	
NET POWER	13,35	MWth	
GROSS EFF.	25,24%		
MSW EFF.	25,24%		
NG EFF.	0,00%		
TOT NG/BIOGAS	0,00	MWth	0,00%

GATE FEE	R$ 71,00	
O&M	R$ 60,00	
R$/MWh	R$ 225,00	
NG (R$/MWht)	R$ 0,00	
IRR-equity LR	6,6%	
IRR-equity LP	8,9%	



Termoelétricas

TABELA COMGAS A PARTIR 31/05/2013

Tarifas do Gás Natural Canalizado
Área de Concessão da Comgás
Tabela de Margens Máximas
Deliberação ARSESP nº 421, de 24/05/2013, com vigência a partir de 31/05/2013.
Segmento Termoelétricas

		Valores sem ICMS		Valores com ICMS	
		Variável - R$/m³		Variável - R$/m³	
Classe	Volume m³/mês	Geração de Energia Elétrica destinada ao consumo próprio ou à venda a consumidor final	Geração de Energia Elétrica destinada à revenda a distribuidor	Geração de Energia Elétrica destinada ao consumo próprio ou à venda a consumidor final	Geração de Energia Elétrica destinada à revenda a distribuidor
1	Único	0,041204	0,040634	0,046823	0,046175

Notas:

1) Ao valor das margens desta tabela, que já incluem os tributos PIS/PASEP e COFINS, deverá ser acrescido o valor do preço do gás (commodity + transporte) referido nas condições abaixo e destinado a esse segmento.

2) Valores para Gás Natural referidos nas seguintes condições:
Poder Calorífico Superior: 9.400 Kcal/m³ (39.348,400 kJ/m³ ou 10,932 kWh/m³)
Temperatura = 293,15ºK (20º C)
Pressão = 101.325 Pa (1 atm)

3) O custo do gás canalizado e do transporte destinados a este segmento, já considerados os valores dos tributos PIS/PASEP e COFINS incidentes no fornecimento pela Concessionária, vigentes nesta data, é de:
a. R$ 0,861498/m³, nos casos em que o gás canalizado é adquirido como insumo energético utilizado na geração de energia elétrica destinada ao consumo próprio ou à venda a consumidor final.
b. R$ 0,849595/m³, nos casos em que o gás canalizado é adquirido como insumo energético utilizado na geração de energia elétrica destinada à revenda a distribuidor.

4) Os valores obtidos em razão de alterações para mais ou menos dos custos indicados no item 3, serão contabilizados em separado por usuário e a estes repassados, nos termos da Cláusula 11ª do Contrato de Concessão.

PREÇO PETROBRAS

R$ 0,861498/m3

PREÇO COMGAS (C/ICMS)

R$ 0,046175/m3

PREÇO TOTAL

R$ 0,908702/m3

1.000 m3 = 10,932 MWht

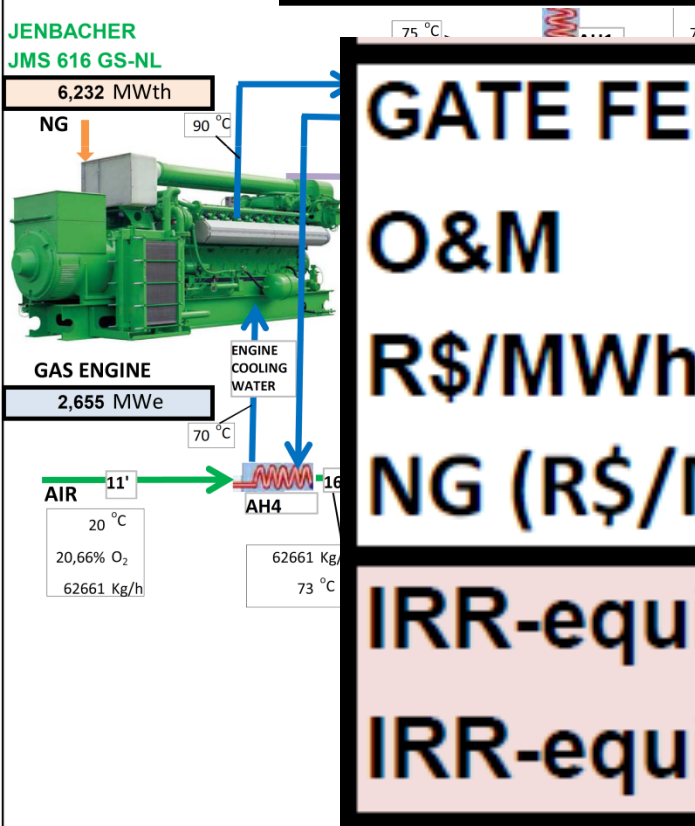
= R$ 908,702

1 MWht = R$ 83,09

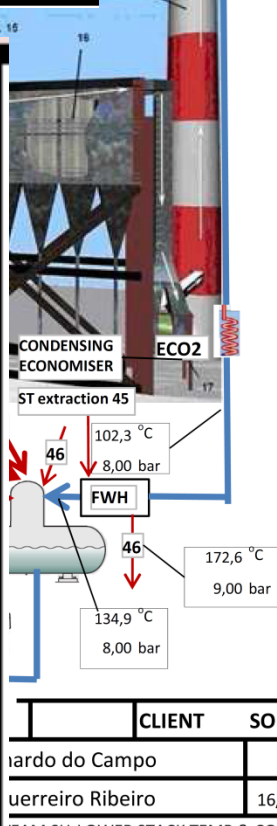
USING GE EXHAUST AND C
OF PRIMARY COMBUSTIO

HP	69,00 bar
LP	69,00 bar
GATE FEE	R$ 7
O&M	R$ 6
R$/MWh	R$ 22
NG (R$/MWht)	R$ 8
IRR-equity LR	12
IRR-equity LP	17,

TOT HEAT INPUT	72,24	MWth
GROSS POWER	23,27	MWth
NET POWER	20,87	MWth
GROSS EFF.	32,21%	
MSW EFF.	29,63%	
NG EFF.	48,60%	
TOT NG/BIOGAS	9,85	MWth 13,63%



GATE FEE	R$ 71,00
O&M	R$ 60,00
R$/MWh	R$ 225,00
NG (R$/MWht)	R$ 83,09
IRR-equity LR	12,5%
IRR-equity LP	17,8%



ECO2 (CHX)

Materials

Tubes	AISI 316L
Tube lining	FEP
Tube plate	Carbon steel
Tube plate lining	PFA
Water header	Carbon steel
Cleaning nozzle pipes	AISI 316L

AIR FRÖHLICH Engineering AG

Budget Price
Price per heat exchanger incl. cleaning system € 1'056'000.--
excl. erection / pressure tests by others

Delivery conditions

All prices are based on DDU Rotterdam, according to "INCOTERMS 2000", i.e. without any VAT and any other taxes outside of Switzerland.

Delivery time

At present approx. 6 months ex works after receipt of written order and after finalizing of all technical and commercial details.

As for the rest, our "Special Warranty Conditions for Flue Gas Heat Exchangers" apply.

We hope this quotation suits your requirements. For any additional information, please do not hesitate to contact us again.

Best regards,
AIR FRÖHLICH
Engineering AG

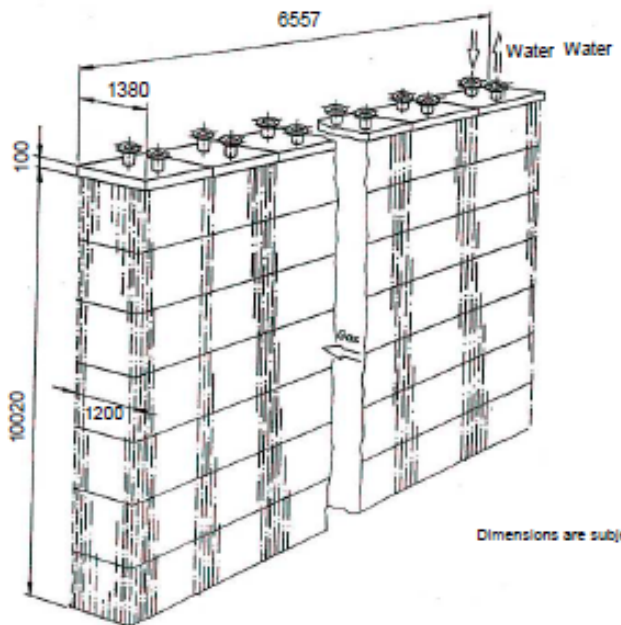
A. Storniolo

AIR FRÖHLICH Engineering AG

Operating Data

Load case		
Flue gas		
Mass flow	[kg/s]	109.65
Mass flow	[kg/h]	394'740
Inlet temp.	[°C]	137.0
Outlet temp.	[°C]	83.4
Pressure drop	[mbar]	1.45
Water		
Mass flow	[kg/s]	36.46
Mass flow	[kg/h]	131'245
Inlet temp.	[°C]	45.8
Outlet temp.	[°C]	100.0
Pressure drop	[mbar]	906
General		
Capacity	[kW]	8'285
MTD	[K]	32.9

Dimensions:

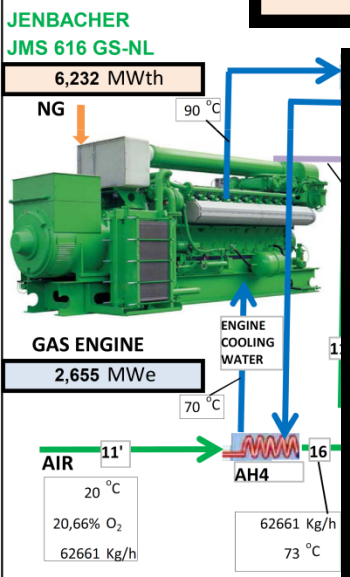


Dimensions are subject to alteration!

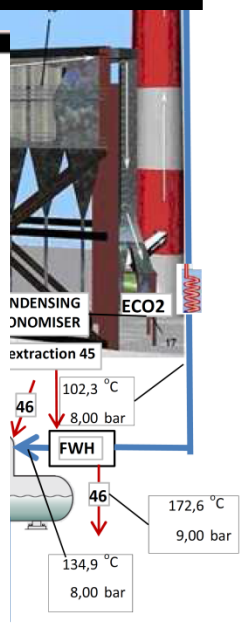
USING GE EXHAUST AND
OF PRIMARY COMBUSTI

HP	69,00 bar
LP	69,00 bar
GATE FEE	R$
O&M	R$
R$/MWh	R$ 2
NG (R$/MWht)	R$
IRR-equity LR	
IRR-equity LP	22

TOT HEAT INPUT	72,24	MWth	
GROSS POWER	23,27	MWth	
NET POWER	20,87	MWth	
GROSS EFF.	32,21%		
MSW EFF.	29,63%		
NG EFF.	48,60%		
TOT NG/BIOGAS	9,85	MWth	13,63%



GATE FEE		R$ 71,00
O&M	BIOGÁS	R$ 60,00
R$/MWh		R$ 225,00
NG (R$/MWht)		R$ 50,00
IRR-equity LR		15,5%
IRR-equity LP		22,0%



CLIENT	SOLVI
lo do Campo	
reiro Ribeiro	16/08/2013
SH-LOWER STACK TEMP & COND PRES	

O MOTOR A GAS (BIOGAS) PERMITE ELEVAR A EFICIENCIA DO GAS PARA 50% IDENTICA A DOS CICLOS COMBINADOS DE GRANDE PORTE ALEM DA GRANDE VANTAGEM DA PLANTA NUNCA PRECISAR DE ENERGIA EXTERNA (PARTIDA, TESTES)

DURANTE PERÍODOS DE MANUTENÇÃO OU AUSENCIA DO MOTOR POR OUTROS MOTIVOS A USINA PODE OPERAR SEM ELE, APENAS USANDO O QUEIMADOR PARA SUPERAQUECER O VAPOR

NESTE CASO O CONSUMO DE GN CAI A MENOS DA METADE MAS A EFICIENCIA DA TURBINA A VAPOR PERMANECE A MESMA

WTERT Brasil

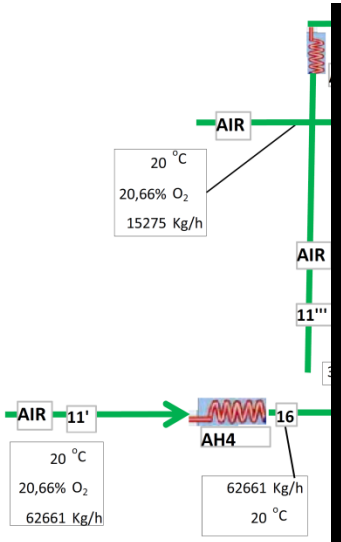
USING GE EXHAUST AND O
OF PRIMARY COMBUSTION

HP	69,00 bar
LP	69,00 bar
GATE FEE	R$ 71,
O&M	R$ 60,
R$/MWh	R$ 225,
NG (R$/MWht)	R$ 83,
IRR-equity LR	9,7
IRR-equity LP	13,6

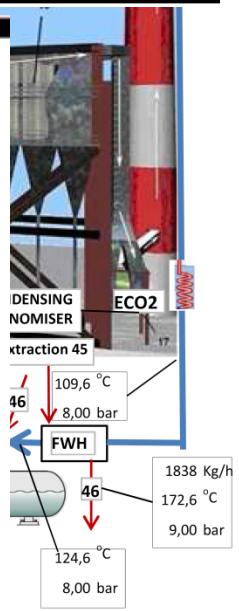
4,0

TOT HEAT INPUT	66,39	MWth
GROSS POWER	19,28	MWth
NET POWER	16,88	MWth
GROSS EFF.	29,04%	
MSW EFF.	29,04%	
NG EFF.	29,04%	
TOT NG/BIOGAS	4,00	MWth 6,03%

366 m3/h



GATE FEE	R$ 71,00
O&M	R$ 60,00
R$/MWh	R$ 225,00
NG (R$/MWht)	R$ 83,09
IRR-equity LR	9,7%
IRR-equity LP	13,6%



CLIENT	SOLVI
o do Campo	
eiro Ribeiro	16/08/2013

N STACK TEMP & COND PRES NO GE

USINAS TERMELÉTRICAS DE BAGAÇO DE CANA DE ALTA EFICIÊNCIA – CICLO COMBINADO OTIMIZADO (CCO)

1. USINAS TERMELÉTRICAS A BAGAÇO DE CANA PRODUZEM VAPOR ATRAVÉS DA QUEIMA DO BAGAÇO EM UMA CALDEIRA

2. PARTE DO VAPOR PRODUZIDO (SATURADO SECO A 2,5 bar) É USADO DA PRODUÇÃO DO ETANOL (VAPOR DE PROCESSO) E GERA ENERGIA EM TURBINA DE CONTRA-PRESSÃO

3. O VAPOR EXCEDENTE GERA ENERGIA EM TURBINA DE CONDENSAÇÃO

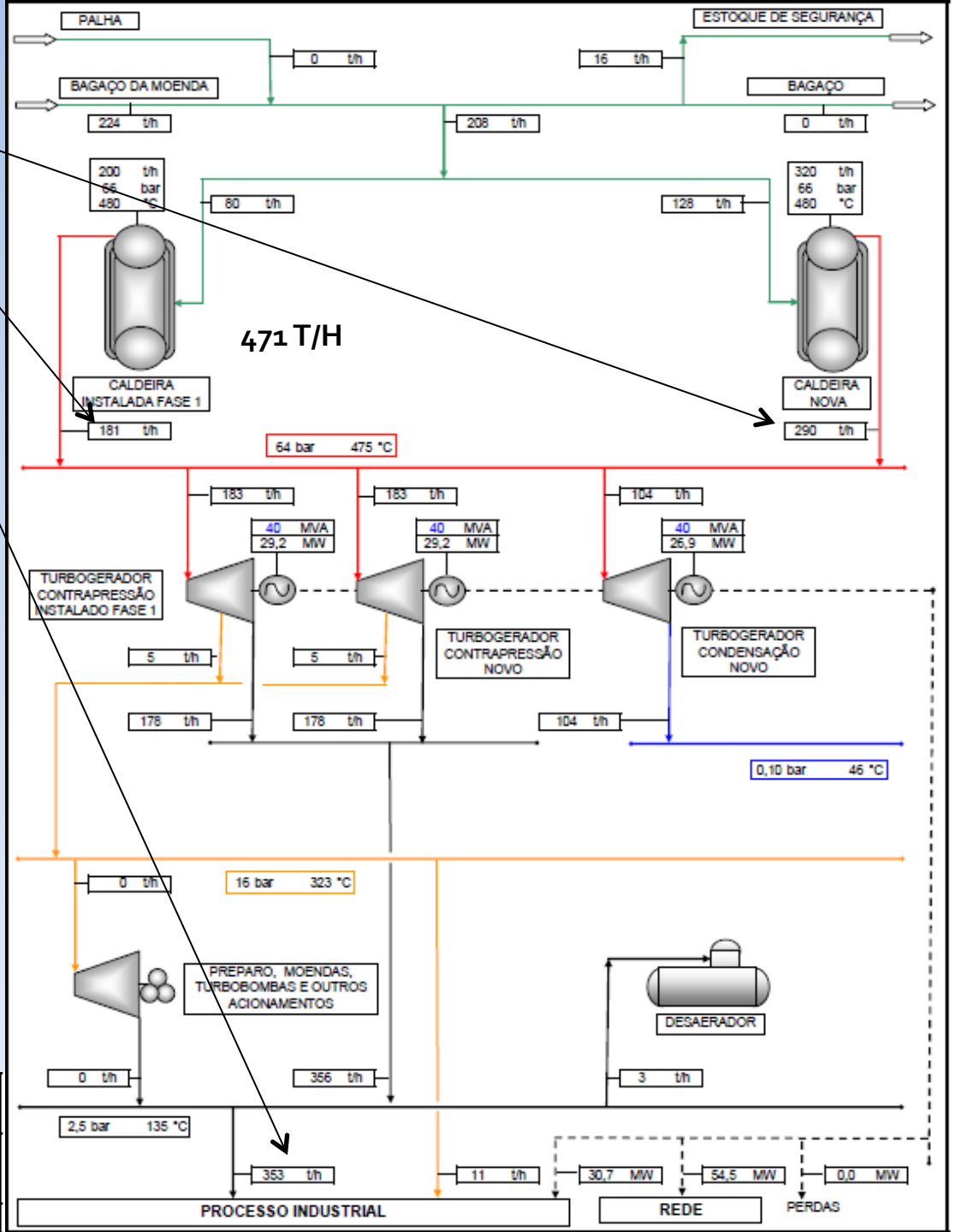
WTERT Brasil

NAS USINAS DE BAGAÇO O VAPOR DE PROCESSO ATÉ 75% DO VAPOR TOTAL PRODUZIDO NAS CALDEIRAS

353 T/H

471 T/H

GERAÇÃO DE ENERGIA:	85,2	MW
CONSUMO PRÓPRIO:	30,7	MW
ENERGIA EXCEDENTE:	54,5	MW
ENERGIA EXCEDENTE:	222.162	MWh



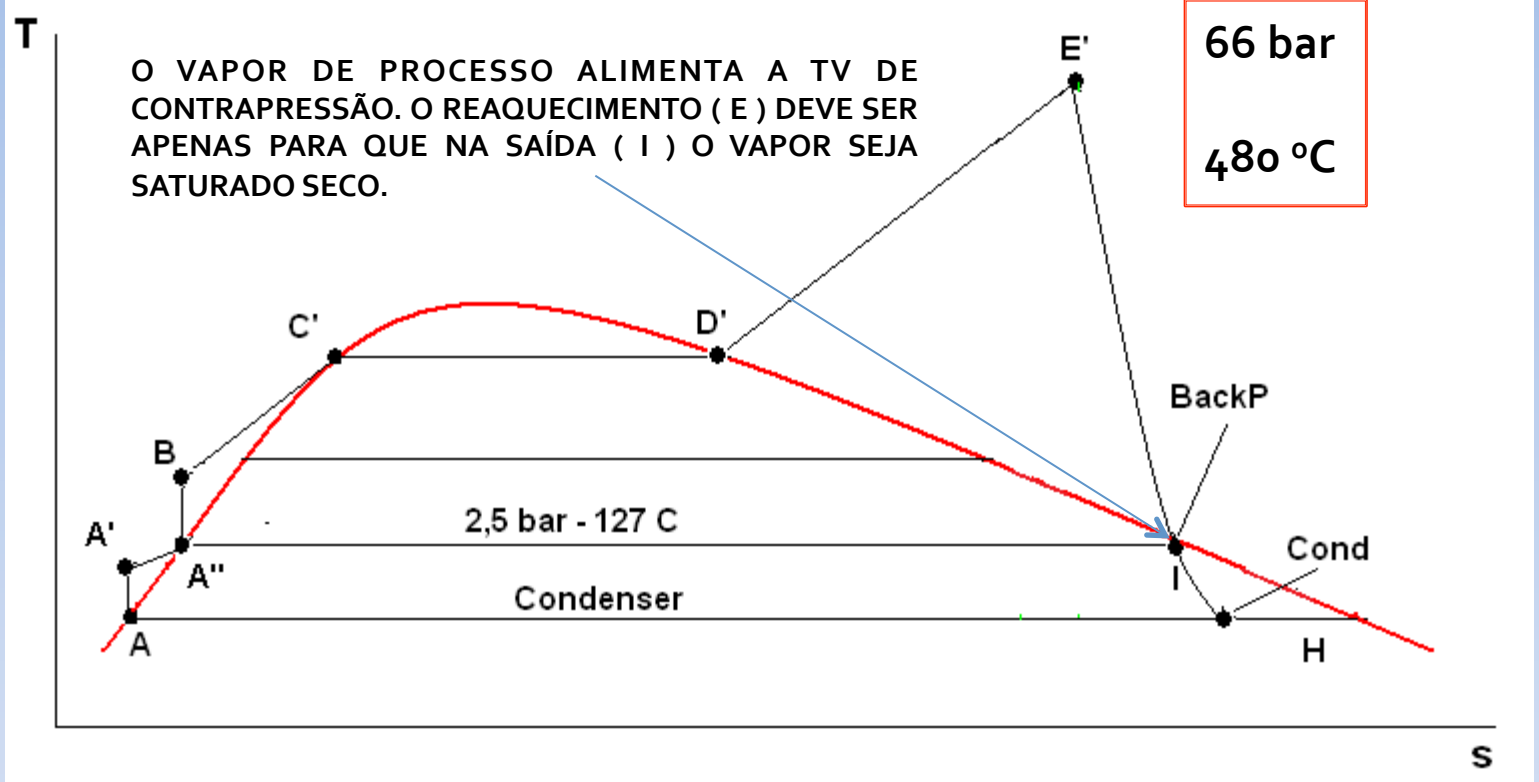
MOAGEM:	882	t / h	CONSUMO DE VAPOR:	40,0%	GERAÇÃO DE ENERGIA:	85,2	MW	☑ PRELIMINAR			
AÇÚCAR:	N.A.	s / d	BAGAÇO % CANA:	25,4%	CONSUMO PRÓPRIO:	30,7	MW	☐ P/ APROVAÇÃO			
ETANOL:	N.A.	m³ / d	PALHA % CANA:	0,0%	ENERGIA EXCEDENTE:	54,5	MW	☐ CERTIFICADO			
DIAS EFETIVOS:	170		BAGAÇO EXCEDENTE (t):	97	ENERGIA EXCEDENTE:	222.162	MWh				

procknor ENGENHARIA

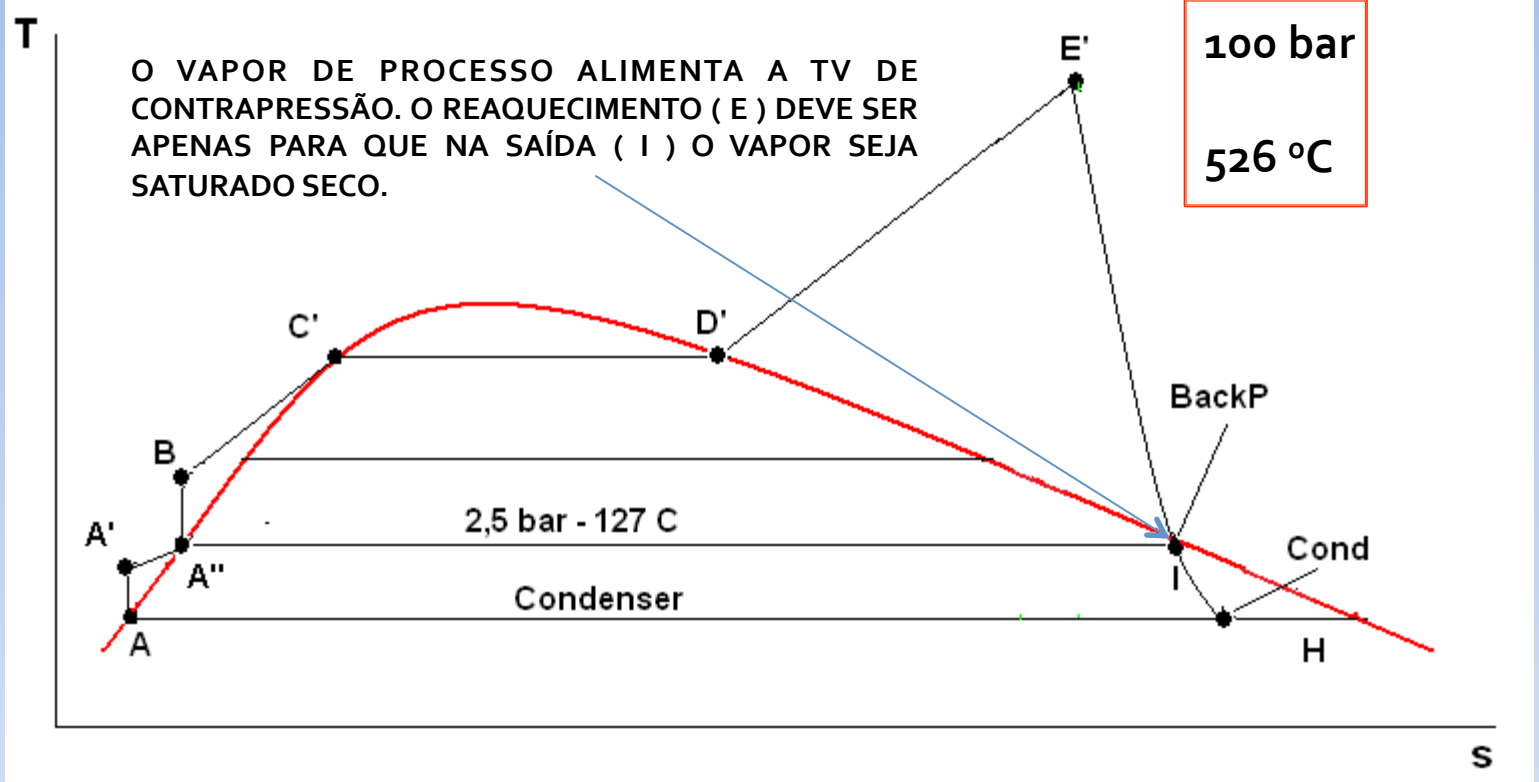
LOCAL: USINA ANGÉLICA
CLIENTE: ANGÉLICA AGRO ENERGIA LTDA
TÍTULO: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE VAPOR E ENERGIA ELÉTRICA
OPERAÇÃO NA SAFRA
ESTUDO PARA AVALIAÇÃO DE CICLO COMBINADO OTIMIZADO

PROJETO: AGL-11

PROJETADO	DESENHADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	NR.	REV.	FOLHA
PEL	SLF	SLF	CP	FEV/09	S/E	D4-00-PC3-001-1036	0	1 / 1



UMA PRESSÃO														t/h (vapor)=	471				ef. Gerador+	0,9361			
				P (bar)=	66	T (C) =	480							t/h (BAG)=	208	MWht=	434,20		EF. ISENT. CP	0,8250	Pcond(bar)	0,1	
Vapor Processo				P (bar)=	2,5	% total	77,71%	P (bar)=		16	3,00%								EF. ISENT. CO	0,8200			
							5												EF. ISENT. Ext	0,6750			
							2,3																
	A	**A'**	**A''**	**B**	**C'**	**D'**	**E'**	**J***	**J**	**I***	**I**	**H***	**H**	**Wcp(MW)**	**Wcon(MW)**	**Wtpt(MW)**	**Wb(MW)**	**Qin(MWt)**	**Ef. Cald**				
T (C)	45,82	45,83	127,44	128,01	281,91	281,91	475,00	272,09	327,88	127,44	136,04	45,82	45,82	58,20	27,17	85,37	0,92	368,35	84,83%				
P (bar)	0,10	2,50	2,50	66,00	66,00	66,00	63,70	16,00	16,00	2,50	2,50	0,10	0,10										
h(KJ.Kg)	191,83	192,08	535,49	542,25	1246,08	2776,90	3357,68	2970,45	3096,30	2603,28	2735,30	2143,95	2362,42	**Ef. Ciclo(W/Qin)**									
s(KJ/(Kg.C)	0,65	0,65	1,61	1,61	3,08	5,84	6,77	6,77	6,99	6,77	7,10	6,77	7,45	**22,93%**									
X=										0,95		0,82	0,91										
										1,00		1,00	1,00										

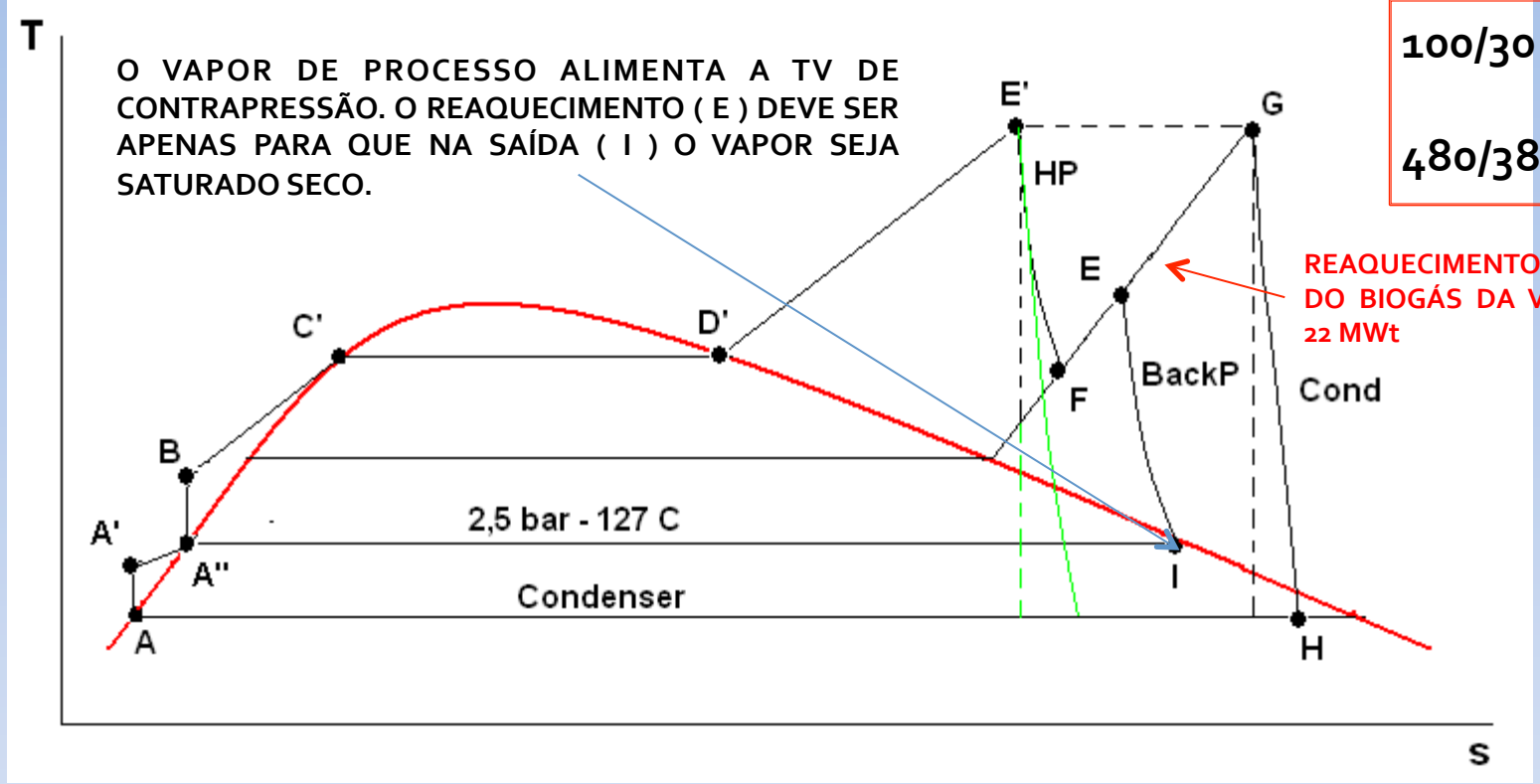


UMA PRESSÃO													t/h (vapor)=	459,71				ef. Gerador+	0,9361				
				P (bar)=	100	T (C) =	526						t/h (BAG)=	208	MWht=	434,20		EF. ISENT. CP	0,8250	Pcond(bar)	0,1		
Vapor Processo				P (bar)=	2,5	ml(t/h)	366,00	P (bar)=					16	mJ(t/h)	10,98			EF. ISENT. CON	0,8200				
							5											EF. ISENT. Ext	0,6750				
							2,3																
	A	**A'**	**A''**	**B**	**C'**	**D'**	**E'**	**J***	**J**	**I***	**I**	**H***	**H**	**Wcp(MW)**	**Wcon(MW)**	**Wtpt(MW)**	**Wb(MW)**	**Qin(MWt)**	**Ef. Cald**				
T (C)	45,82	45,83	127,44	128,31	311,03	311,03	521,00	251,56	323,82	127,44	128,05	45,82	45,82	66,73	26,28	93,01	1,36	368,35	84,83%				
P (bar)	0,10	2,50	2,50	100,00	100,00	100,00	97,70	16,00	16,00	2,50	2,50	0,10	0,10						84,83%				
h(KJ.Kg)	191,83	192,08	535,49	545,87	1407,28	2724,50	3430,42	2922,12	3087,32	2567,08	2718,17	2115,12	2351,88	**Ef. Ciclo(W/Qin)**									
s(KJ/(Kg.C)	0,65	0,65	1,61	1,61	3,36	5,61	6,68	6,68	6,97	6,68	7,06	6,68	7,42	**24,88%**									
X=										0,93		0,80	0,90										
										1,00		1,00	1,00										

O VAPOR DE PROCESSO ALIMENTA A TV DE CONTRAPRESSÃO. O REAQUECIMENTO (E) DEVE SER APENAS PARA QUE NA SAÍDA (I) O VAPOR SEJA SATURADO SECO.

100/30 bar

480/380 °C



REAQUECIMENTO ATRAVÉS DO BIOGÁS DA VINHAÇA ~ 22 MWt

REAQUECIMENTO EF. CALDEIRA = 95%								t/h (vapor)=	565,97	3,00%		ef. Gerador+	0,9361				
		P (bar)=	100	TE' (C) =	480			t/h (BAG)=	208	MWht=	434,20	EF. ISENT. CP-HP	0,8250	Pcond(bar)	0,1		
Vapor Processo		P (bar)=	2,5	mI(t/h)	366,00	P (bar)=	16	mJ(t/h)	10,98			EF. ISENT. CP-LP	0,8250				
		RH (bar)=	30	Tsat (C) =	233,89												
				TE=	380	TG=	380										
					5												22,35
					2,3												22,35
	A	A'	A''	B	C'	D'	E'	F*	F	E							/Wt)
T (C)	45,82	45,83	127,44	128,31	311,03	311,03	475,00	297,24	320,01								34,84
P (bar)	0,10	2,50	2,50	100,00	100,00	100,00	97,70	30,00	30,00								
h(KJ.Kg)	191,83	192,08	535,49	545,87	0,00	0,00	3311,80	2985,50	3042,60								ld
s(KJ/(Kg.C)	0,65	0,65	1,61	1,61	3,36	5,61	6,53	6,53	6,62								,00%
X=																	,00%

DELTA ENERGIA= 146,47%

DELTA ENERGIA= 39,67 MWe

BIOGAS = 22,35 MWt

SE HOUVER EXCEDENTE DE BIOGÁS DA VINHAÇA → QUEIMA EM MOTOR COM APROVEITAMENTO DO ESCAPE PARA PRÉ-AQUECIMENTO DO AR DE COMBUSTÃO DA CALDEIRA

MUITO OBRIGADO

www.wtert.com.br

WTERT Brasil