

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
КАТЕДРА ЗА ПРОЦЕСНУ ТЕХНИКУ

МОДУЛ ЗА ПРОЦЕСНУ ТЕХНИКУ И ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

<http://mas.bg.ac.rs>

pt.mas.bg.ac.rs

САДРЖАЈ ПРЕЗЕНТАЦИЈЕ

- ▶ Област процесног инжењерства и дефиниције
- ▶ Основне технолошке операције, машине и апарати процесне технике
- ▶ Историјат Одсека за Процесну технику
- ▶ Основне и дипломске академске студије – Одсек процесна техника и заштита животне средине
- ▶ Примери процесних постројења



Област процесног инжењерства

- ▶ **Процесна техника – процесно инжењерство** је област технике и технологије која обухвата процесе и поступке, постројења, машине и апарате који се користе у производњи и преради полазних материјала у циљу израде широког спектра финалних производа у различитим гранама индустрије.



Област процесног инжењерства

- ▶ Студије на **Модулу за процесну технику и заштиту животне средине** организоване су да припремају инжењере процесне технике да у пракси раде:
 - ▶ на развоју, пројектовању и изградњи производних и помоћних постројења,
 - ▶ пројектовању, конструисању, изради и монтажи машина и апарата,
 - ▶ вођењу производње у постројењима у којима сировине пролазе кроз различите физичке и хемијске процесе обраде у циљу добијања финалних производа у широким областима индустријских процеса и производњи.



Област процесног инжењерства

У првом реду то су гране тзв. процесне индустрије:	У другим гранама као што су:
✓ производња и прерада нафте и гаса,	✓ текстилна индустрија, ✓ индустрија гуме
✓ црна и обојена металургија,	✓ индустрија коже и обуће итд.
✓ производња и прерада хемијских производа – базних и других хемикалија, фармацеутских производа, хемијских влакана, пластичне масе, боја и лакова, ђубрива, агрохемикалија и др.,	Као и у главним деловима других грана индустрије и привреде:
✓ производња и прерада неметала и грађевинских материјала,	
✓ све области прехранбене индустрије,	
✓ индустрија целулозе и папира,	
	✓ у енергетици, ✓ у рударству,
	✓ у пољопривреди, ✓ у биотехнологији,
	✓ у заштити животне средине.



Дефиниције основних појмова процесног инжењерства

- ▶ Производни процес се састоји од одређеног броја потпуно дефинисаних технолошких и других операција које се понављају у различитим комбинацијама.
- ▶ У стручно-инжењерском делу изучавају се научно-наставне дисциплине које се односе на знања о основним технолошким операцијама и односним машинама и апаратима којима се те операције физички реализују.



Дефиниције основних појмова процесног инжењерства

- ▶ **Производни процес** – процес производње добара је свеукупност процеса рада и природних процеса. Производни процес је скуп основних технолошких и помоћних операција који се изводе по одређеном редоследу у циљу израде производа одређене намене.
- ▶ **Технолошки процес** је скуп технолошких операција које се изводе машинама и апаратима у оквиру датог производног процеса.
- ▶ **Технолошке операције** су операције при чијем извођењу се на полазном материјалу изазивају промена облика, димензија, других физичких и хемијских својстава.
- ▶ **Помоћне операције** у оквиру датог производног процеса су углавном операције транспорта, складиштења и контроле.



Дефиниције основних појмова процесног инжењерства

- ▶ **Постројење** – скуп машина и апарата за извођење технолошких и помоћних операција, у којима се изводе сложени производни, енергетски и други радни процеси
- ▶ **Процесна опрема** – назив за технолошку опрему у процесној и другим гранама индустрије – технолошке машине и апарати.



Дефиниције основних појмова процесног инжењерства

- ▶ **Машине** – активни динамички системи, садрже радне механизме (и органе) којима се извршавају механичке операције обраде полазних материјала – сировина и полуфабриката. Служе углавном за обраду чврстих материјала.
- ▶ **Апарати** – уређаји у којима се остварују немеханичке операције обраде полазних материјала – сировина и полуфабриката; део хидромеханичких операција, топлотне и дифузионе операције и хемијске реакције. У апаратима се обрађују углавном течности и гасови.



Дефиниције основних појмова процесног инжењерства

- ▶ **Опрема за процесну индустрију** – обухвата поред процесне, другу опрему која се користи у процесним и другим гранама индустрије и служи за извођење помоћних и других операција у којима се не изазивају промене својстава полазних материјала, полупроизвода и/или финалних производа. То су углавном машине, уређаји и инсталације за транспорт и ускладиштење материјала - чврстих, течних, гасовитих, за контролу, мерења (количина), дозирање, додавање, затим за пуњење, паковање, прање и др. Ове машине и уређаји изучавају се у другим наставно-научним дисциплинама – предметима – нису специфичне за групу за процесну технику – већ су то тзв. машине и уређаји за опште намене (транспортне машине и уређаји, пумпе, компресори, цевоводи и арматуре и др.).



Основне технолошке операције

Основне - технолошке операције				
Механичке операције	Хидромеханичке операције	Топлотне операције	Дифузионе операције	Хемијске и биохемијске реакције
Уситњавање ✓ дробљење ✓ млевење ✓ сецкање Сортирање ✓ просејавање ✓ класирање Пресовање ✓ брикетирање ✓ таблетирање	Раздвајање хетерогених система ✓ таложење ✓ филтрирање ✓ центрифугирање Хидромеханичка класирања Отпрашивање Мешање	Загревање (кување, упаравање) Испаравање Кондензација Хлађење Топљење Очвршћавање	Дестилација и ректификација Адсорпција Апсорпција Кристализација Екстракција Сушење	Оксидација Редукција Биоконверзија Биотрансформација

Машине и апарати процесне технике

Машине и апарати процесне технике

Дробилице Млинови Сецкалице Сита Класификатори Пресе Мешалице Месилице	Таложници Филтри Центрифуге (центрифугални сепаратори) Класификатори Флотатори Циклони Мешалице	Размењивачи топлоте Упаривачи Испаривачи Дестилатори Кондензатори Пећи	Адсорбери Апсорбери Кристализатори Екстрактори Сушаре (судови, колоне и др.)	Хемијски реактори Аутоклави Биореактори Биофилтри
---	---	--	--	---



Историјат

- ▶ 1959. у оквиру Термотехничког смера формирана изборна група Б из области Процесне технике са два предмета: Технолошки поступци и Технолошка опрема
- ▶ 1962. први инжењер је дипломирао у области процесне технике
- ▶ 1968. формиран Одсек за процесну технику са наставом на додипломским и последипломским студијама
- ▶ 1973. први инжењери дипломирали на Одсеку за процесну технику
- ▶ 2005. Одсек променио назив у Одсек за процесну технику и заштиту животне средине



Наставници Катедре за процесну технику

▶ Редовни професори:

- ▶ Др Александар Петровић – шеф катедре
- ▶ Др Србислав Генић
- ▶ Др Александар Јововић
- ▶ Др Дејан Радић

▶ Ванредни професори:

- ▶ Др Ненад Митровић
- ▶ Др Мирјана Стаменић
- ▶ Др Марко Обрадовић
- ▶ Др Душан Тодоровић

▶ Доценти:

- ▶ Др Никола Карличић
- ▶ Др Милош Ивошевић

▶ Асистенти:

- ▶ Бранислав Гајић



Публиковање књига, уџбеника, монографија, објављивање резултата истраживања у часописима и конгресима

- ▶ више од 30 књига, уџбеника и монографија:
- ▶ монографија у сарадњи са Машинским факултетом из Темишвара: ***Developments Of Equipment In Process And Environmental Engineering,***
- ▶ монографија финансирана од стране Министарства иностраних послова Републике Финске: ***Граничне вредности емисија за ваздух,***
- ▶ ***Технички приручник за поступање са материјама загађеним полихлорбифенилима РСВ,*** у издању Министарства за заштиту природних богатстава и животне средине Републике Србије
- ▶ ***Приручник за побољшање енергетске ефикасности и рационалну употребу енергије у индустрији,*** у издању Машинског факултета, Иновациони центар, сектор Мрежа за енергетску ефикасност у индустрији Србије, 2009



Публиковање књига, уџбеника, монографија, објављивање резултата истраживања у часописима и конгресима

- ▶ Више чланака у водећим међународним часописима:
 - ▶ Chemical Engineering Progress
 - ▶ Chemical Engineering Science
 - ▶ Energy and Buildings
 - ▶ Chemical Engineering and Technology
 - ▶ International Journal of Heat and Mass Transfer
 - ▶ Geothermics
 - ▶ International Journal Of Pressure Vessels And Piping
 - ▶ Applied Thermal Engineering
 - ▶ Holzforschung
 - ▶ International Journal of Refrigeration
 - ▶ Desalination
 - ▶ Brazilian Journal of Chemical Engineering
 - ▶ Thermal Science
-



Одржавање курсева перманентног усавршавања инжењера

- ▶ Курс MSc и PhD студија у сарадњи са Норвешким универзитетом за науку и технологију (NTNU) "Sustainable Energy and Environment"
- ▶ Курс усавршавања инжењера: Анализа напрезања и флексибилности цевовода коришћењем програмског пакета CAESAR II – уз подршку COADE
- ▶ Курс усавршавања инжењера: Climate Change – под покровитељством Министарства за заштиту животне средине Италије и фондације Вили Брант
- ▶ Специјалистички курсеви из енергетске ефикасности у индустрији



Основне академске студије

- ▶ Након прве године студија, у току којих је настава базирана на опште образовним и опште стручним предметима, студент је стекао довољно знања да може да се посвети савладавању специфичних захтева образовања на Модулу за процесну технику и заштиту животне средине.
- ▶ Кроз предмет у четвртном семестру **„Увод у процесно инжењерство и заштиту животне средине“** се студентима предочава делокруг процесне технике.



Основне академске студије

- ▶ Поред израде завршног рада, предвиђена су четири предмета кроз које се студент упознаје са основним технолошким операцијама и опремом у процесној индустрији и прорачунима чврстоће процесних апарата и цевовода.
- ▶ Поред обавезних предмета модула студентима се нуде и четири изборна предмета везана за различите области процесног инжењерства и инжењерства заштите животне средине.



Master-Дипломирани машински инжењер процесне технике располаже формалним и високим стварним квалификацијама да успешно обавља послове и задатке:

- ▶ пројектовања и развоја процеса и сложених постројења процесне и друге индустрије;
 - ▶ конструисања машина, уређаја и апарата процесне технике;
 - ▶ припреме и вођења производње;
 - ▶ припреме и вођења монтаже опреме и индустријских постројења;
 - ▶ одржавања техничких система;
 - ▶ лабораторијских мерења, испитивања и атестирања материјала, производа, машина и апарата;
 - ▶ истраживања, развијања и освајања нових знања у областима теорије и праксе процесне технике;
 - ▶ наставе у вишим школама и на факултетима;
 - ▶ организације и управљања.
-



Дипломирани машински инжењер процесне технике налази запослења у:

- ▶ научноистраживачким и истраживачко-развојним организацијама;
- ▶ у пројектантским и инжењеринг организацијама;
- ▶ у машиноградњи – индустријској грани која се бави развојем и производњом машина и опреме за све гране материјалне производње;
- ▶ практично у свим другим гранама индустрије, посебно у процесној индустрији;
- ▶ у другим гранама привреде – енергетици, рударству, пољопривреди;
- ▶ у образовању, и др.



До данас на Одсеку завршило студије преко:

- ▶ **1300** дипломираних машинских инжењера;
- ▶ **130** машинских инжењера првог степена;
- ▶ **85** магистара техничких наука;
- ▶ **50** доктора техничких наука.

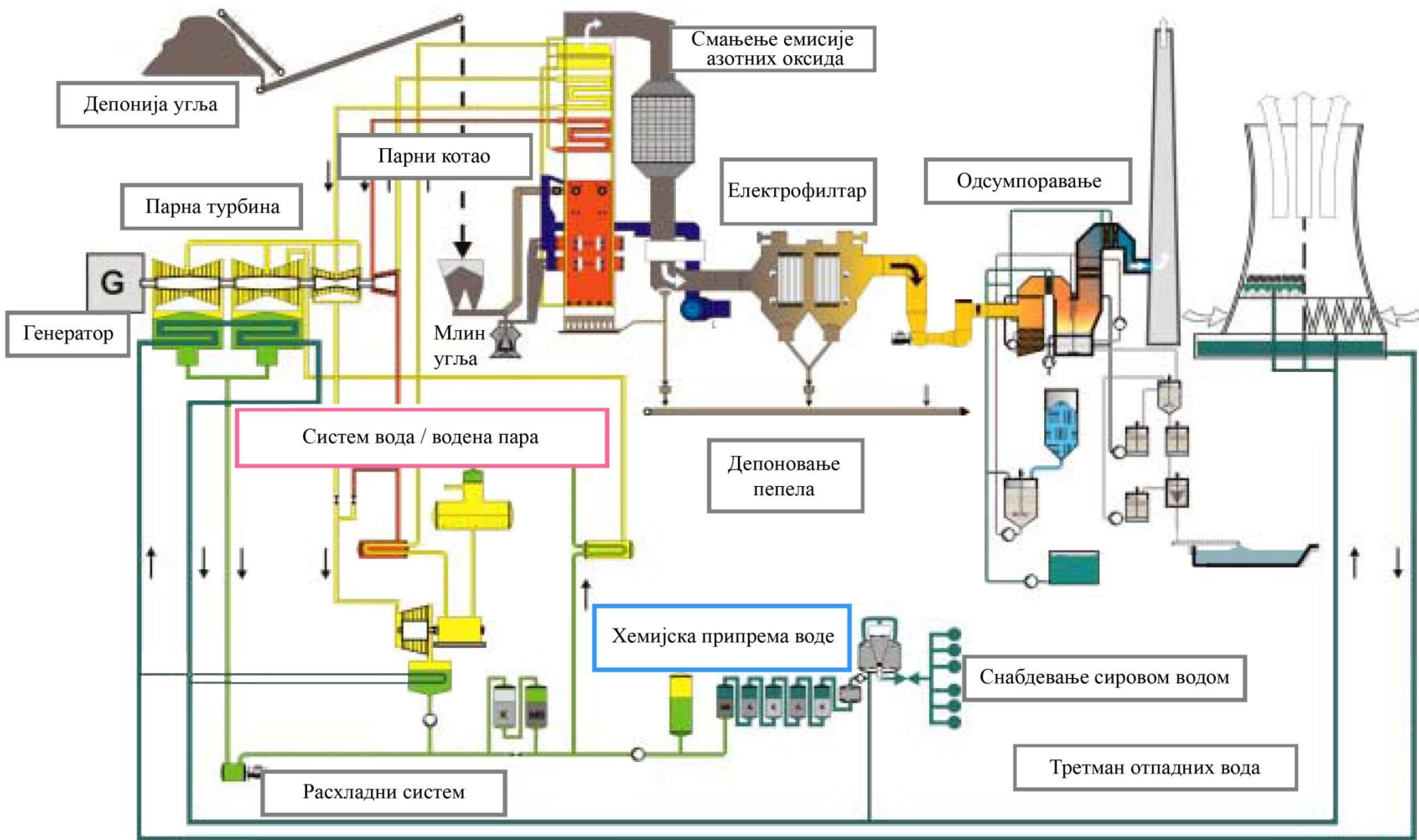


Примери процесних постројења

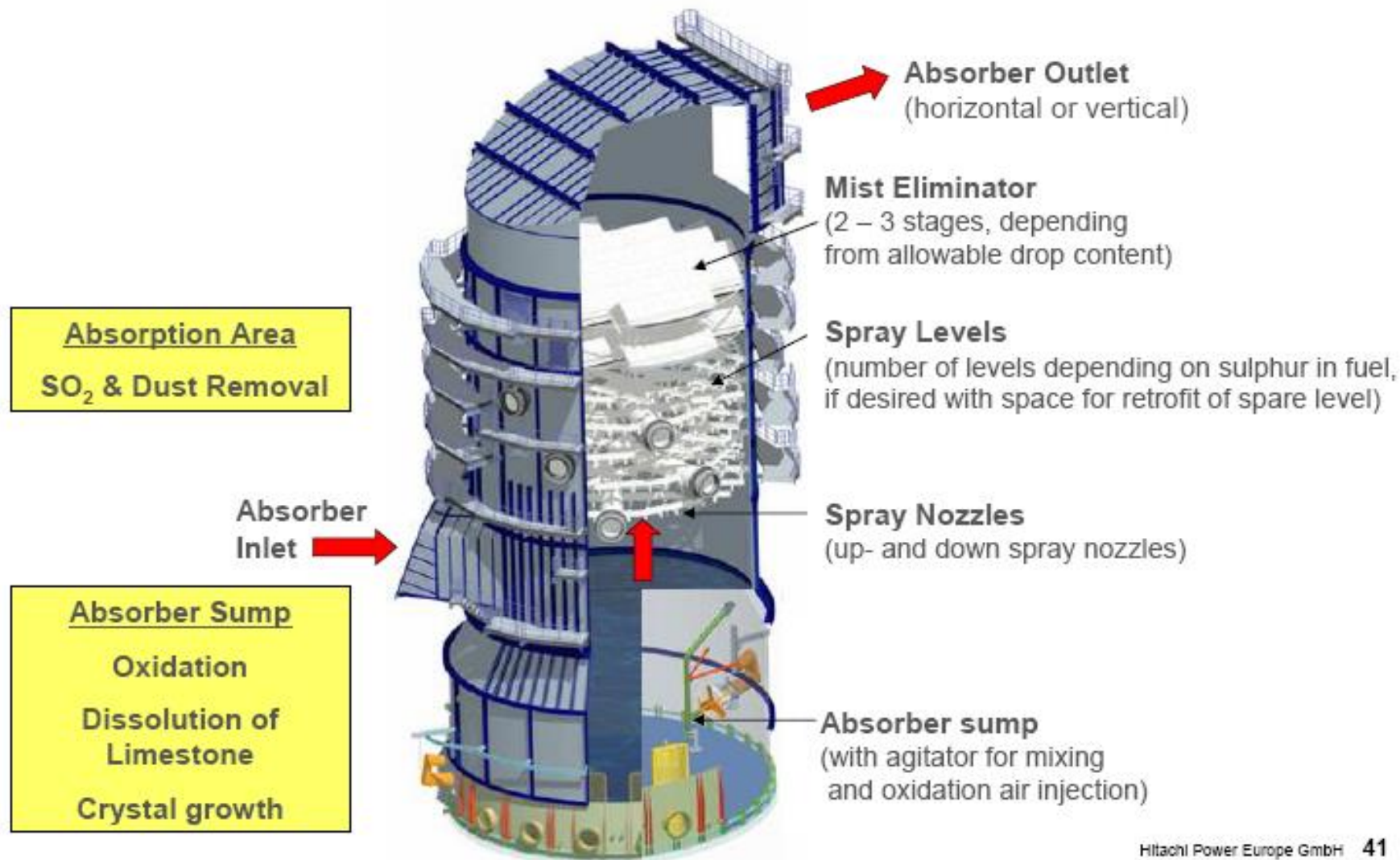
-
1. Енергетика - технолошка шема термоелектране
 2. Индустрија неметала (грађевински материјали-цемент) – шема ротационе пећи за производњу цемента
 3. Заштита животне средине (прерада отпадних вода) – шема постројења за добијање биогаса
 4. Индустрија неметала (грађевински материјали – опеке) – шема тунелске пећи
 5. Индустрија неметала (термоизолациони материјали) – шема постројења са куполном пећи
 6. Заштита животне средине (прерада чврстог отпада) – шема постројења за спаљивање чврстог отпада са ротационом пећи
 7. Шема постројења за припрему воде за допуну система даљинског грејања
 8. Хемијска индустрија - технолошка шема постројења за производњу биодизела капацитета 5 t/дан сировине
-



Технолошка шема термоелектране на угаљ

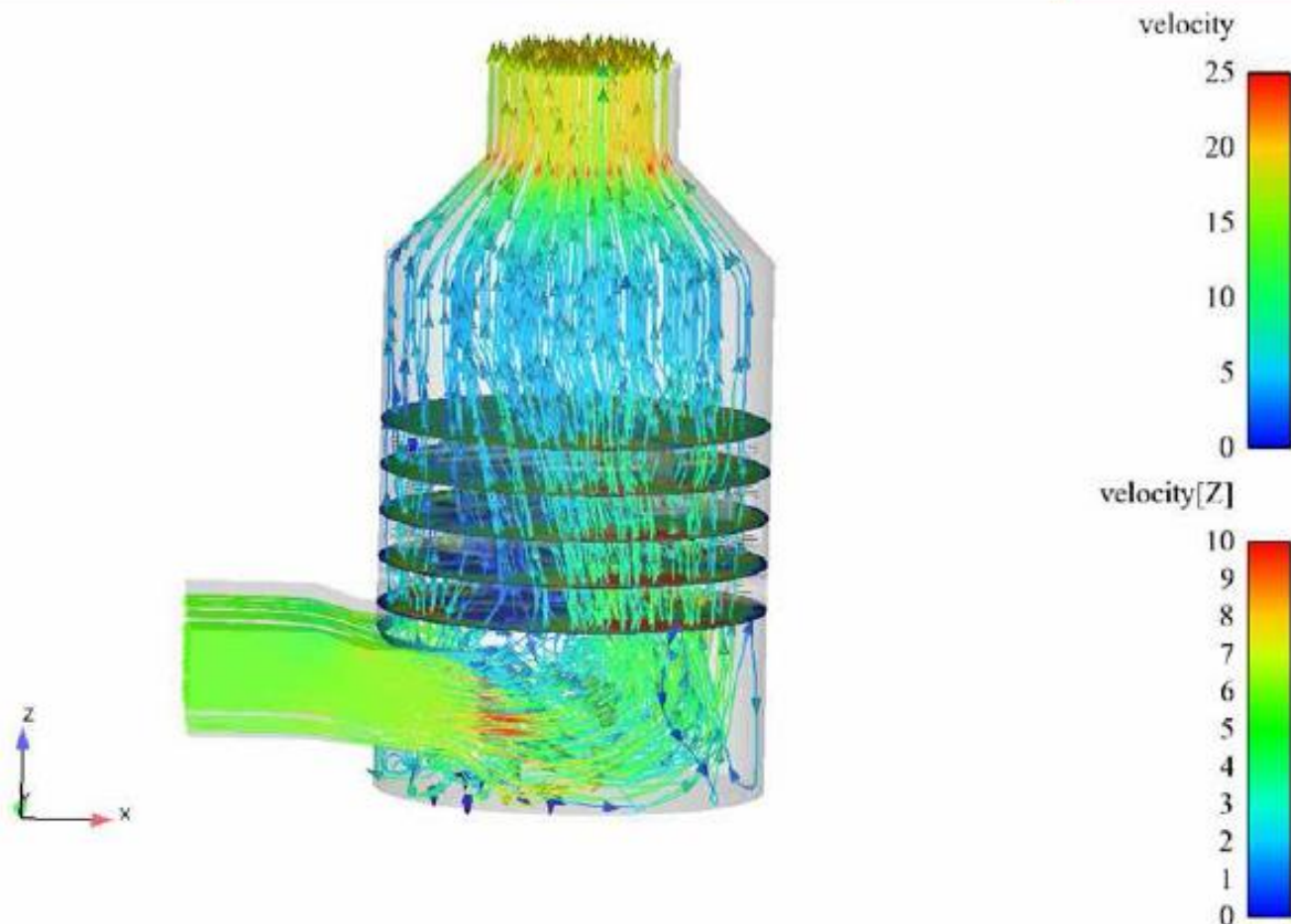


HPE Absorber Design

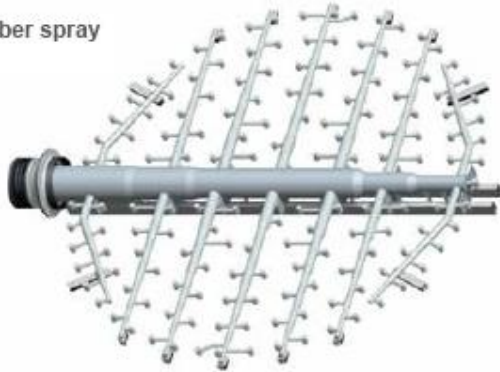


Simulation of flow distribution 5 pumps running

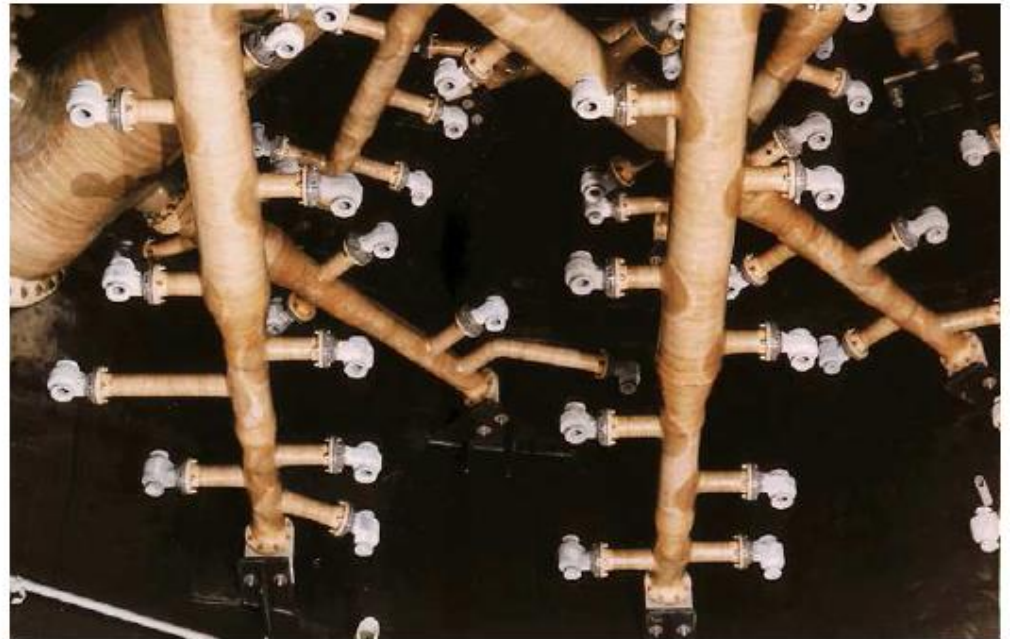
HITACHI
Inspire the Next



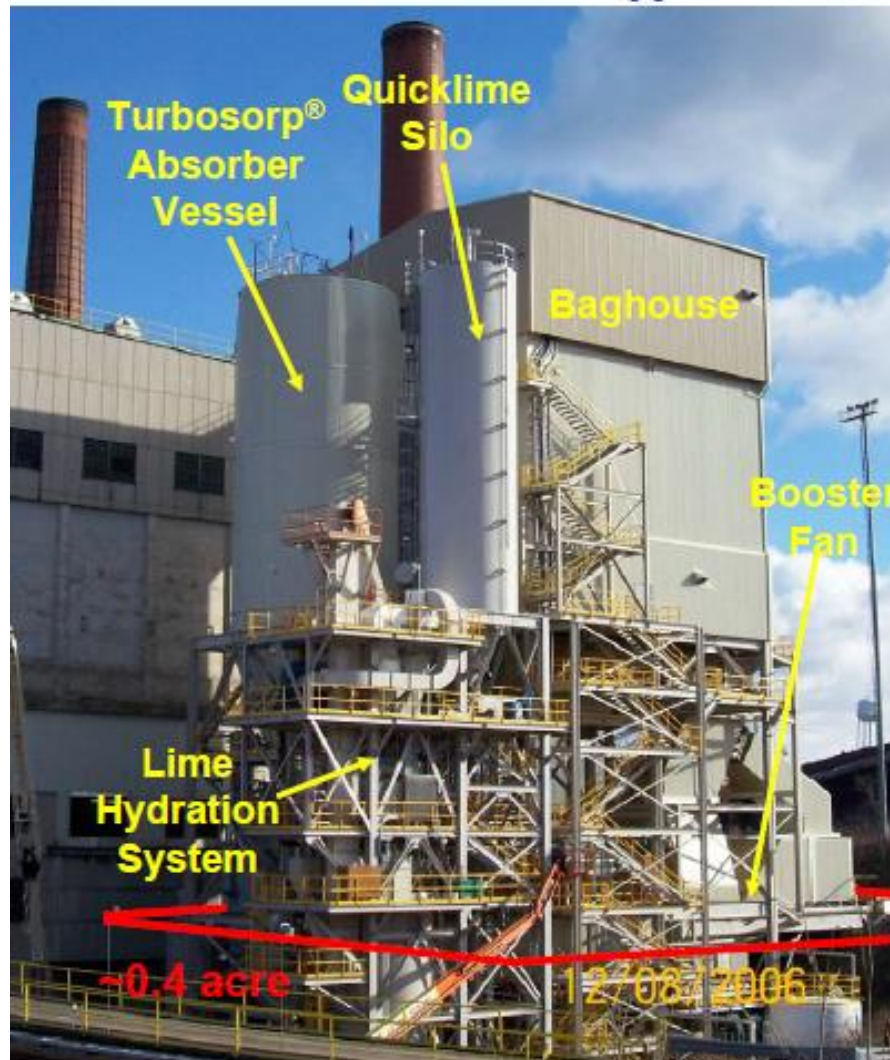
--- Absorber spray level



Absorber spray level system



Scope of Supply Turbosorp® SO_x Control System



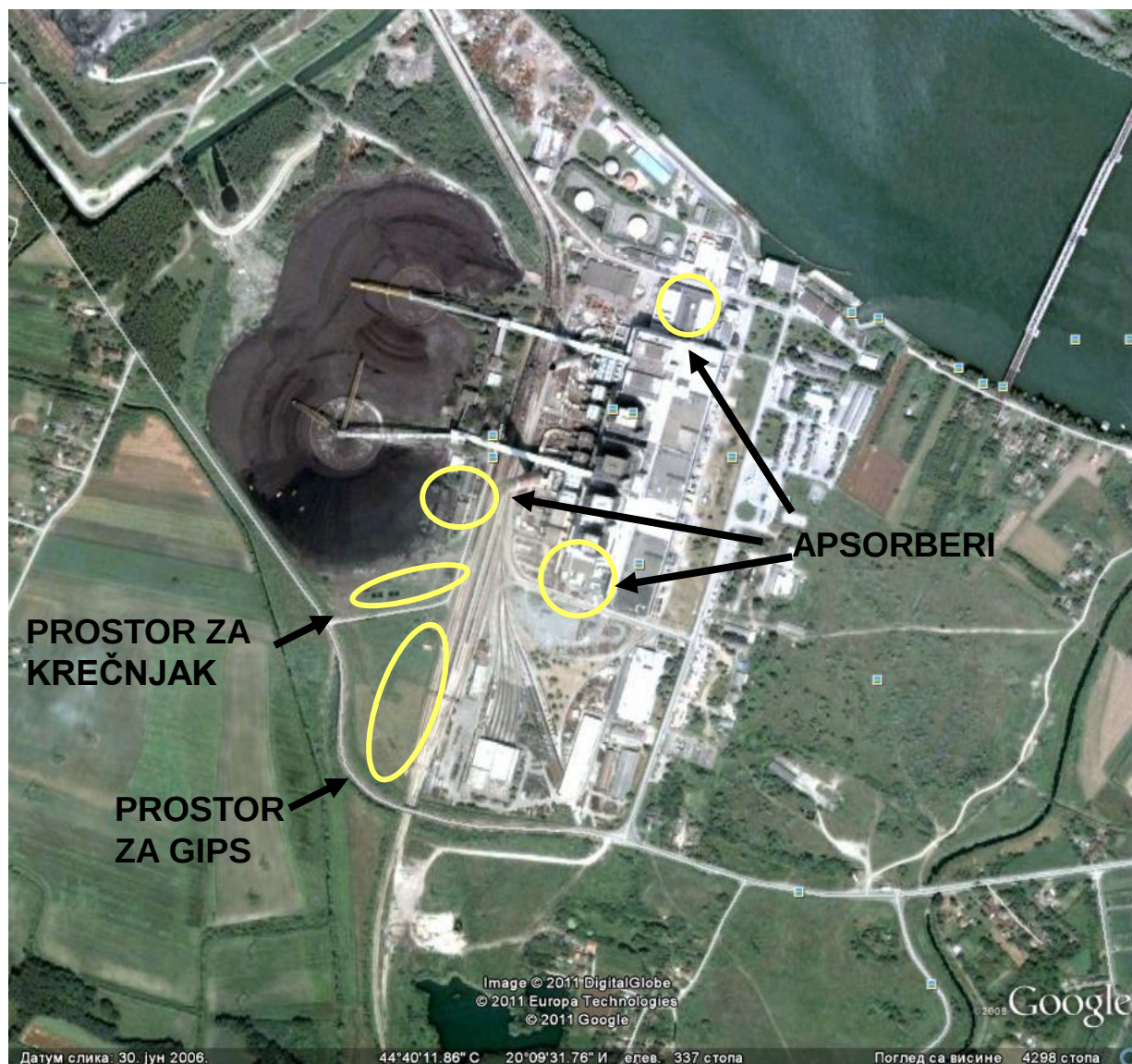
- Babcock Power Environmental Inc.
- Completely dry
- Separate control of hydrated lime, water, and recycled solids injection
- High solids recirculation
- Small footprint
- Carbon steel construction
- No wet stack
- Few moving parts
- Projected Ca/S is 1,6-1,7 mol/mol for design fuel



ОДСУМПОВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА НА ТЕ НИКОЛА ТЕСЛА А И Б ПРИЛАЗ И АНАЛИЗА МОГУЋИХ ТЕХНИЧКИХ РЕШЕЊА



RASPOLOŽIVI PROSTOR

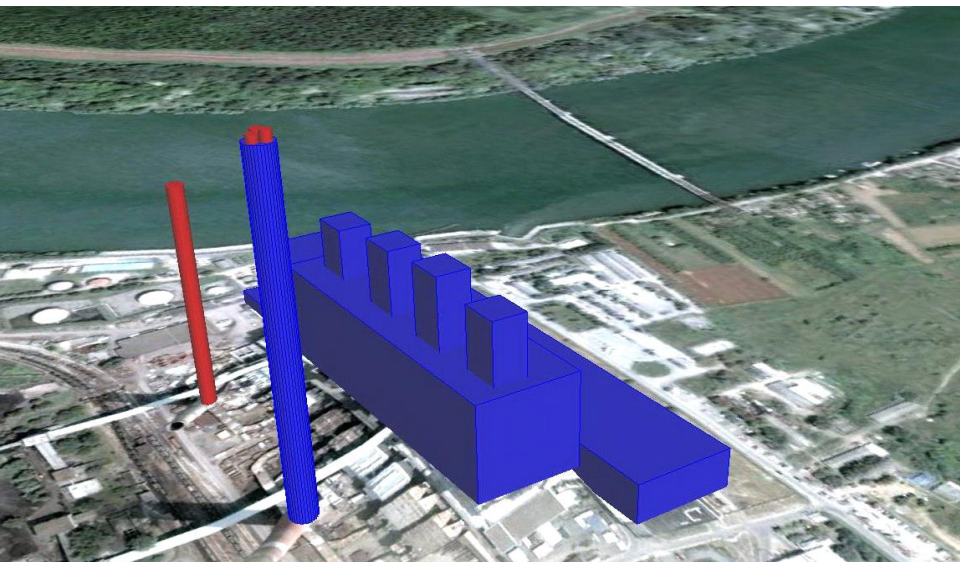


[illegible]

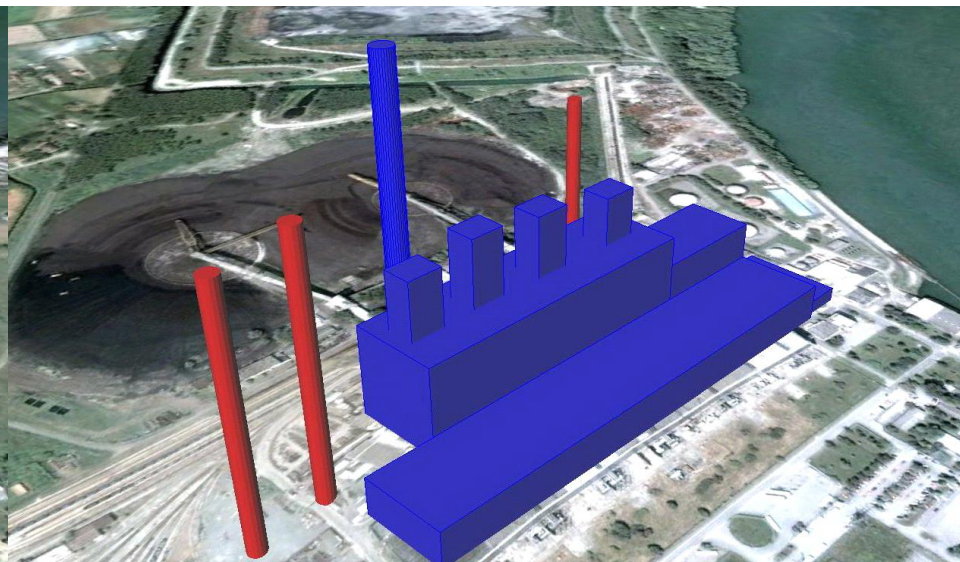
Zašto su ove dimne perjanice različite?



Моделовање расподеле емисије

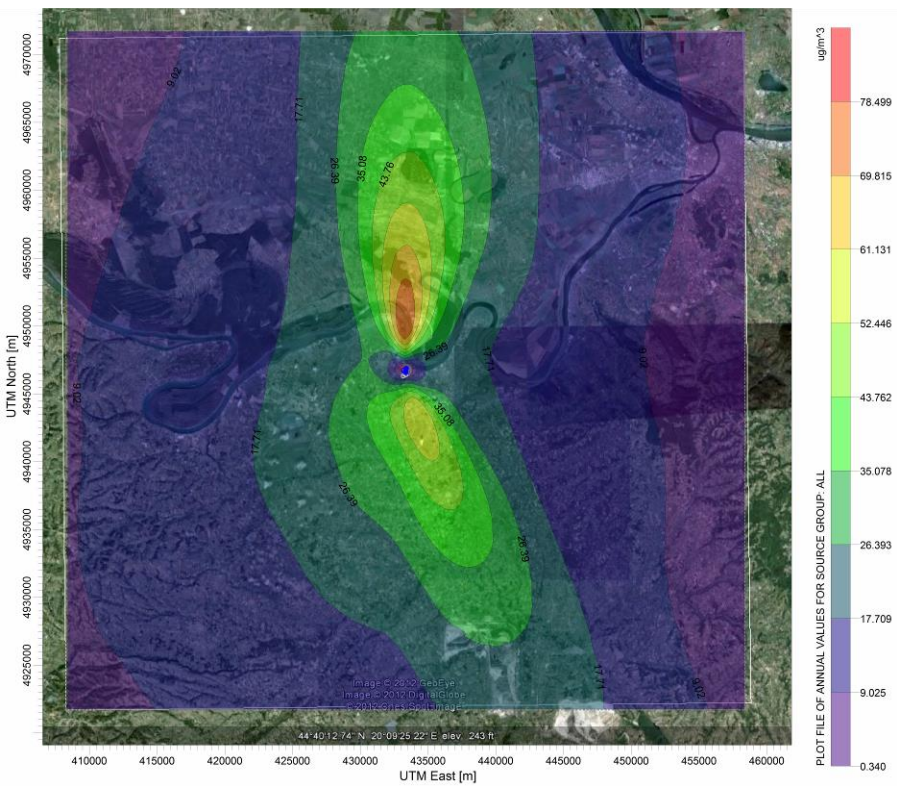


Без ОДГ

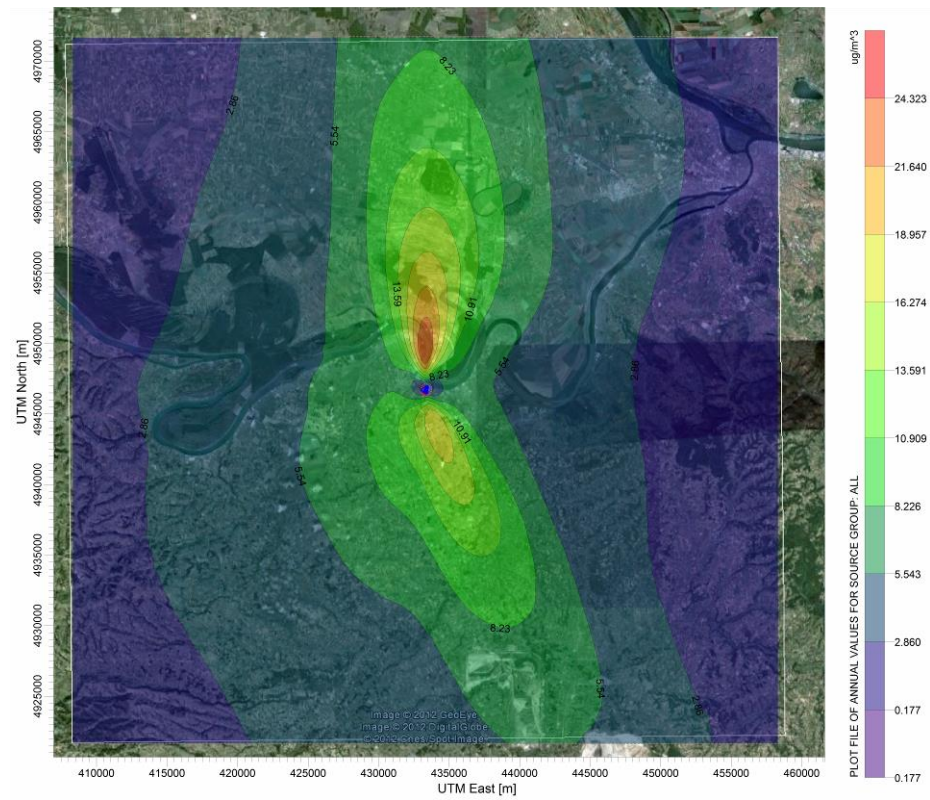


Са ОДГ





Без ОДГ



Са ОДГ



Photo Demonstration

Input Material

**“CombiTec” Combined Anaerobic
Digestion and Gasification Technology**



Photo Demonstration cont'd



Photo Demonstration cont'd



Photo Demonstration cont'd

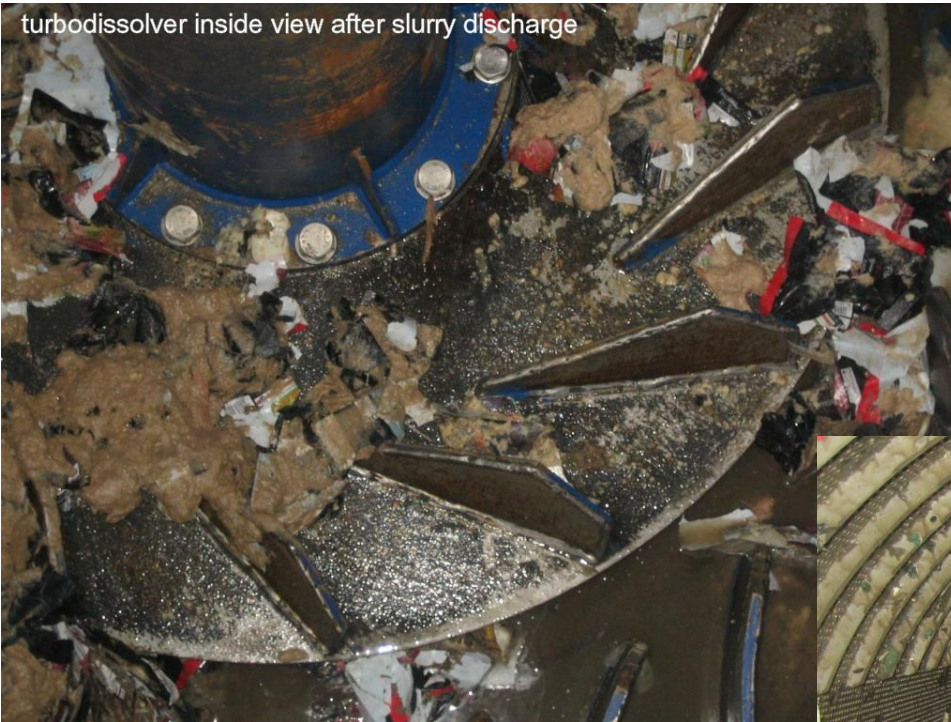


Photo Demonstration cont'd



Photo Demonstration cont'd



gasmotor-generator set

Photo Demonstration cont'd



Compost after anaerobic digestion



compost



heavy weight residual waste fraction

SOLVENTURE 

Inter 
Engineering

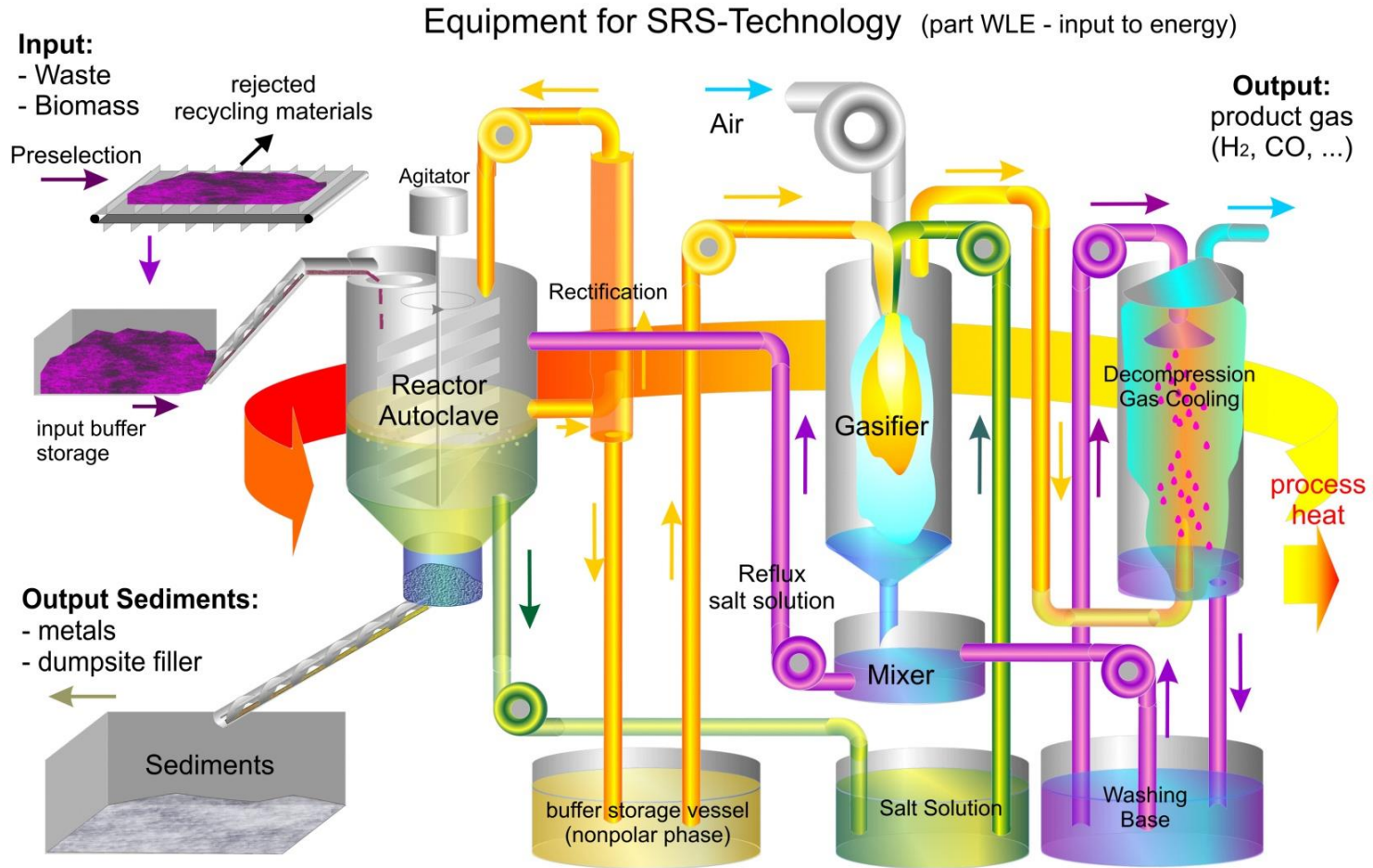
Photo Demonstration cont'd

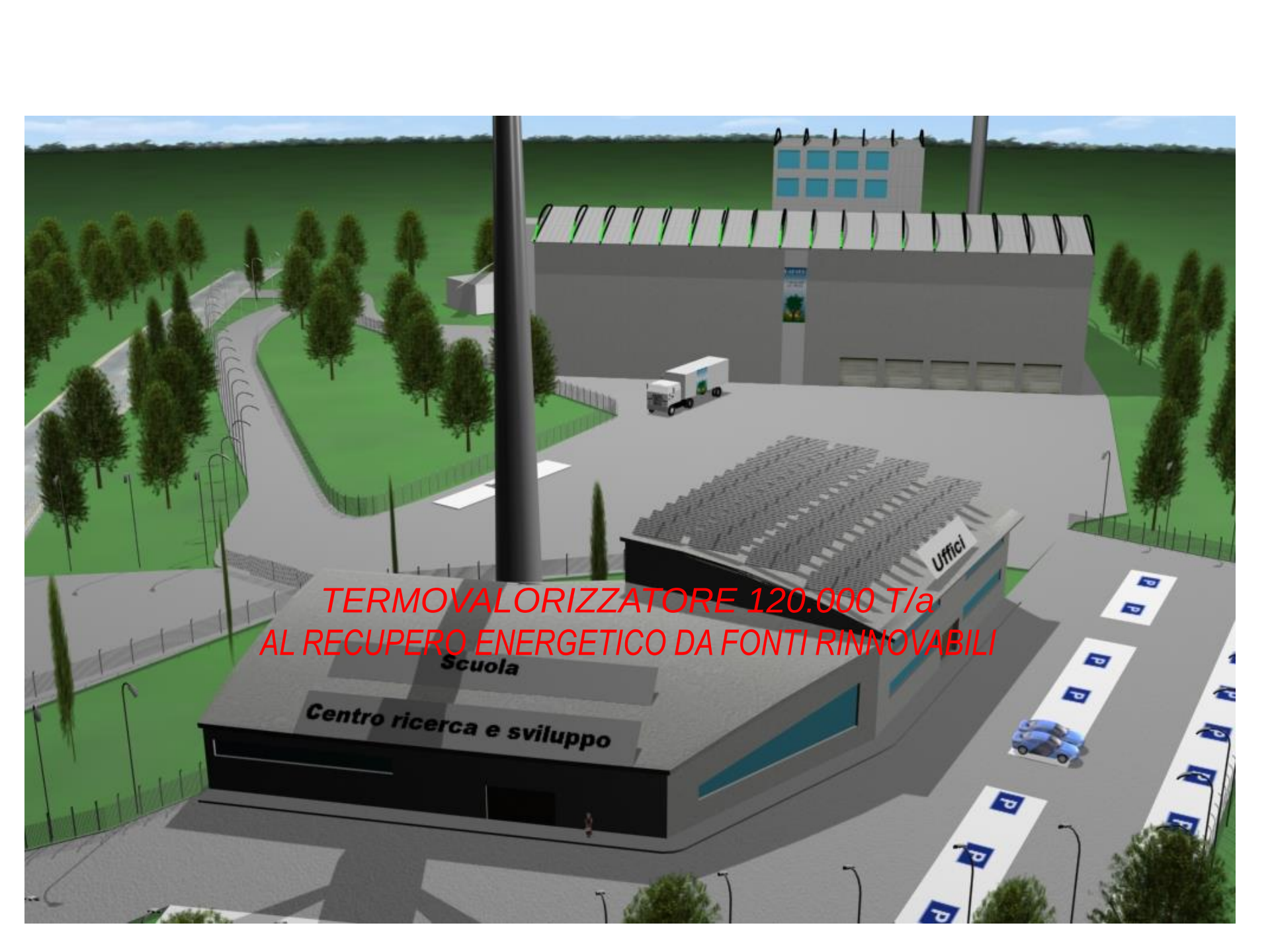
**Output from BioTec
First Stage
Anaerobic Digestion =**



**= Input into
Second Stage
SRS Gasification**

Process Description

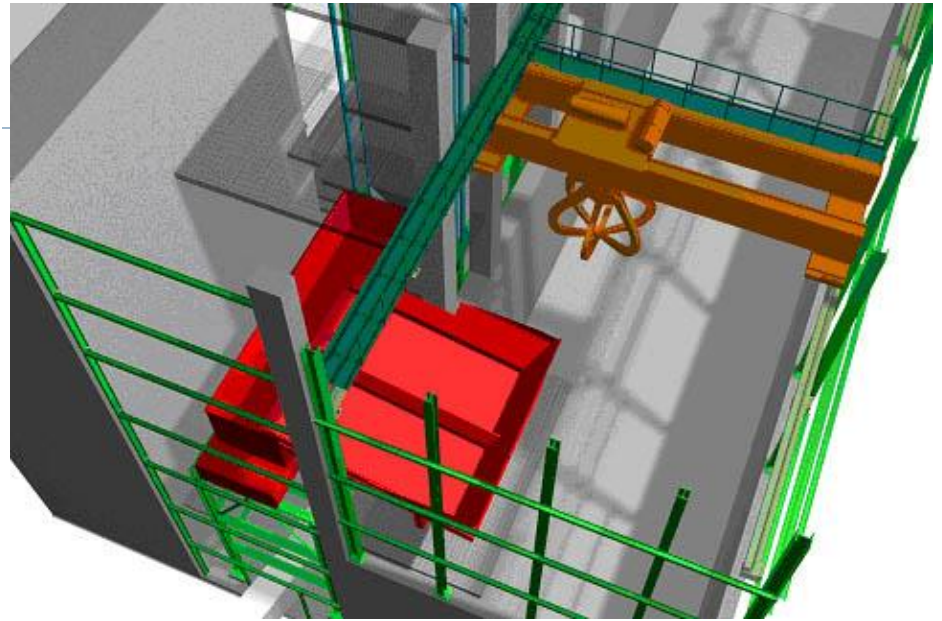




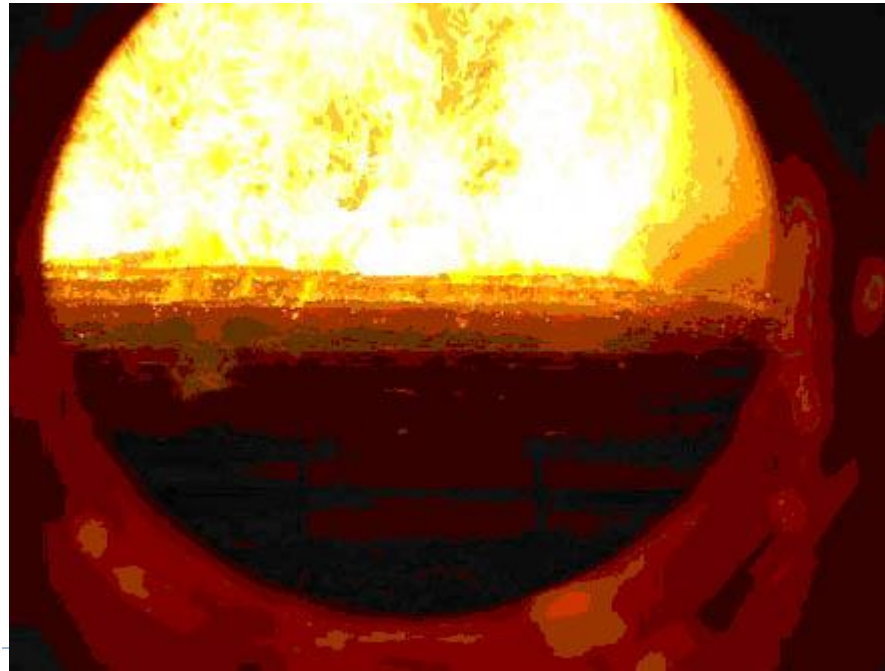
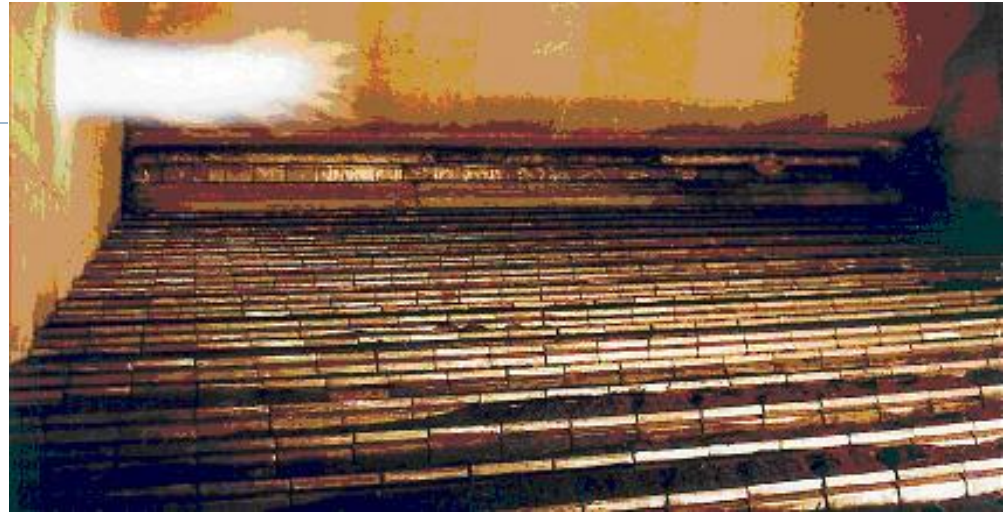
A 3D architectural rendering of a sustainable energy facility. The scene features a large, modern building with a grey roof and blue accents. The building is divided into sections labeled 'Centro ricerca e sviluppo' (Research and Development Center), 'Scuola' (School), and 'Uffici' (Offices). A large, white truck is parked in front of the building. To the right, there is a parking lot with several blue cars and a blue car. The building is surrounded by greenery, including trees and a grassy area. A tall, grey chimney is visible in the background. The sky is blue with some clouds.

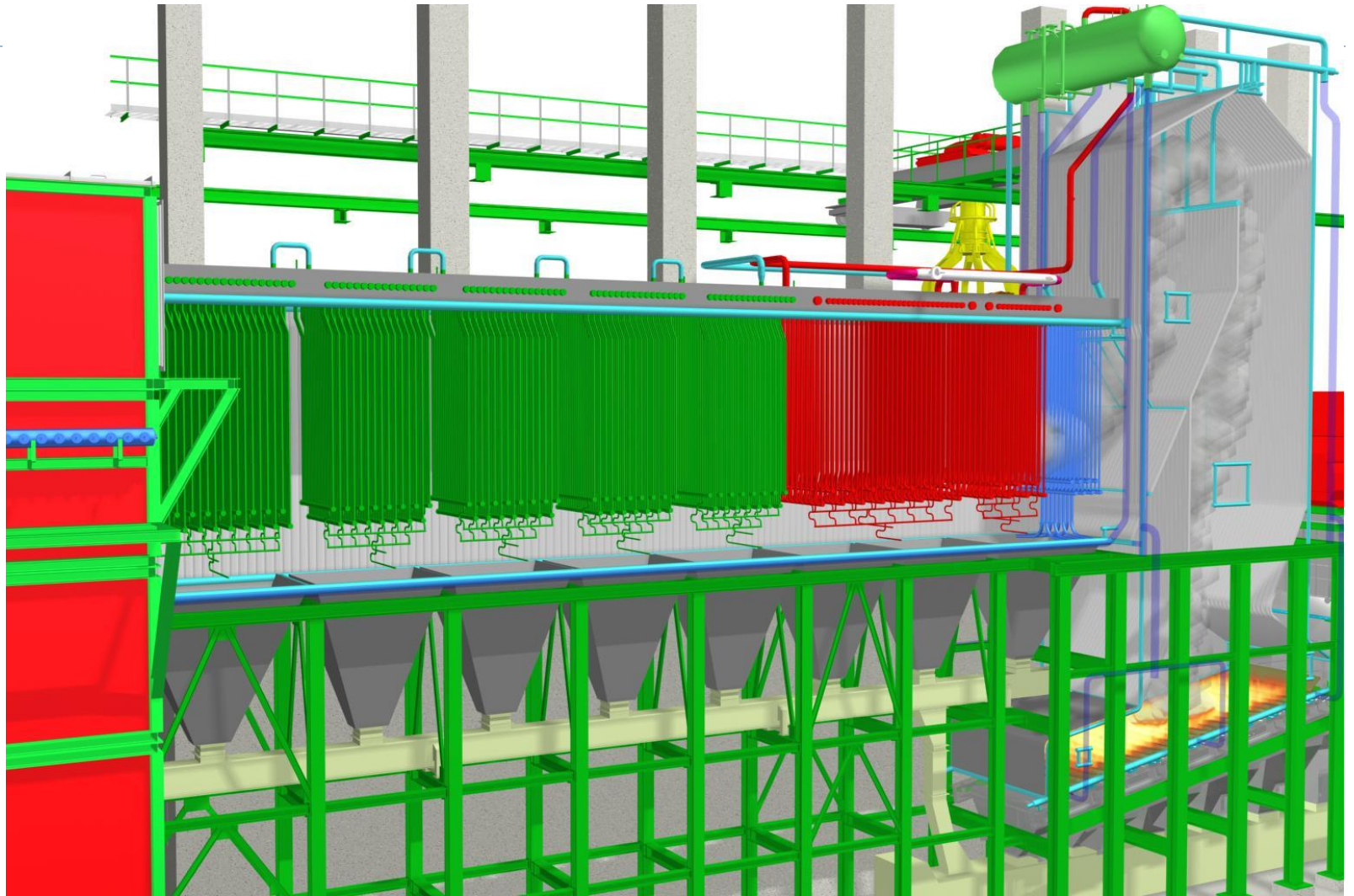
**TERMOVALORIZZATORE 120.000 T/a
AL RECUPERO ENERGETICO DA FONTI RINNOVABILI**



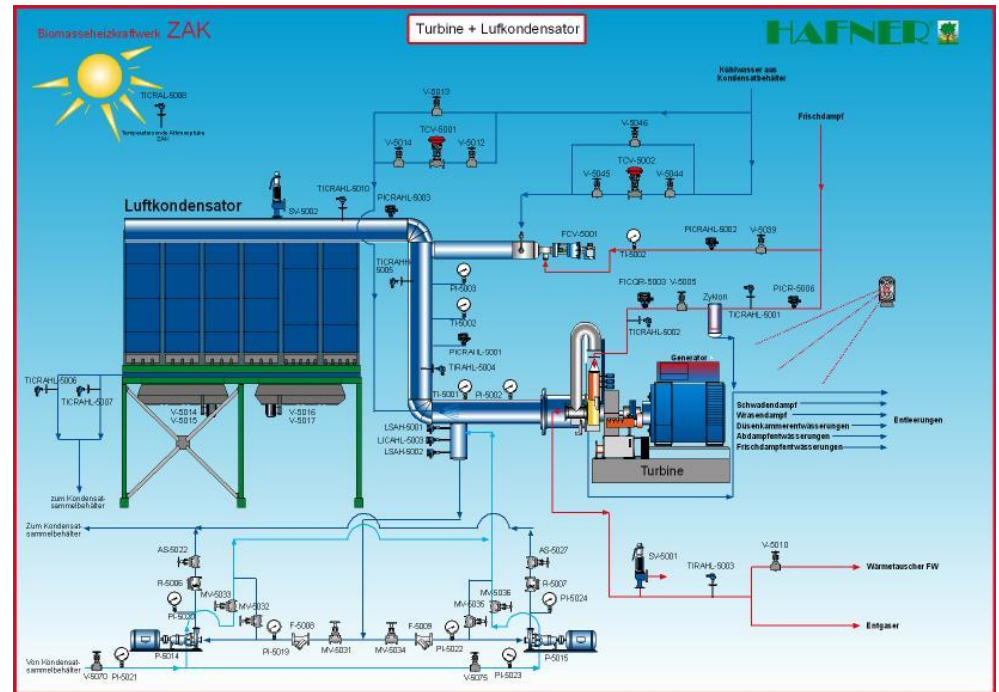


FORNO A GRIGLIA









Silo Filterstaub + Natriumbicarbonat + Aktivkohle

[illegible]

Rauchgasreinigung

E-3004 bis E-3028

VOM Kessel

AlB-Wäsche

Natriumcarbonat

TIC-3001

TIC-3002

PCSHAHLL-3001

KU-3012

Druckluft Filterreinigung

Rauchgas zum Kamin

E-3007

E-3008

Harnstoff

Air Schok

Air Schok

Rücklaufdrain

W-3011

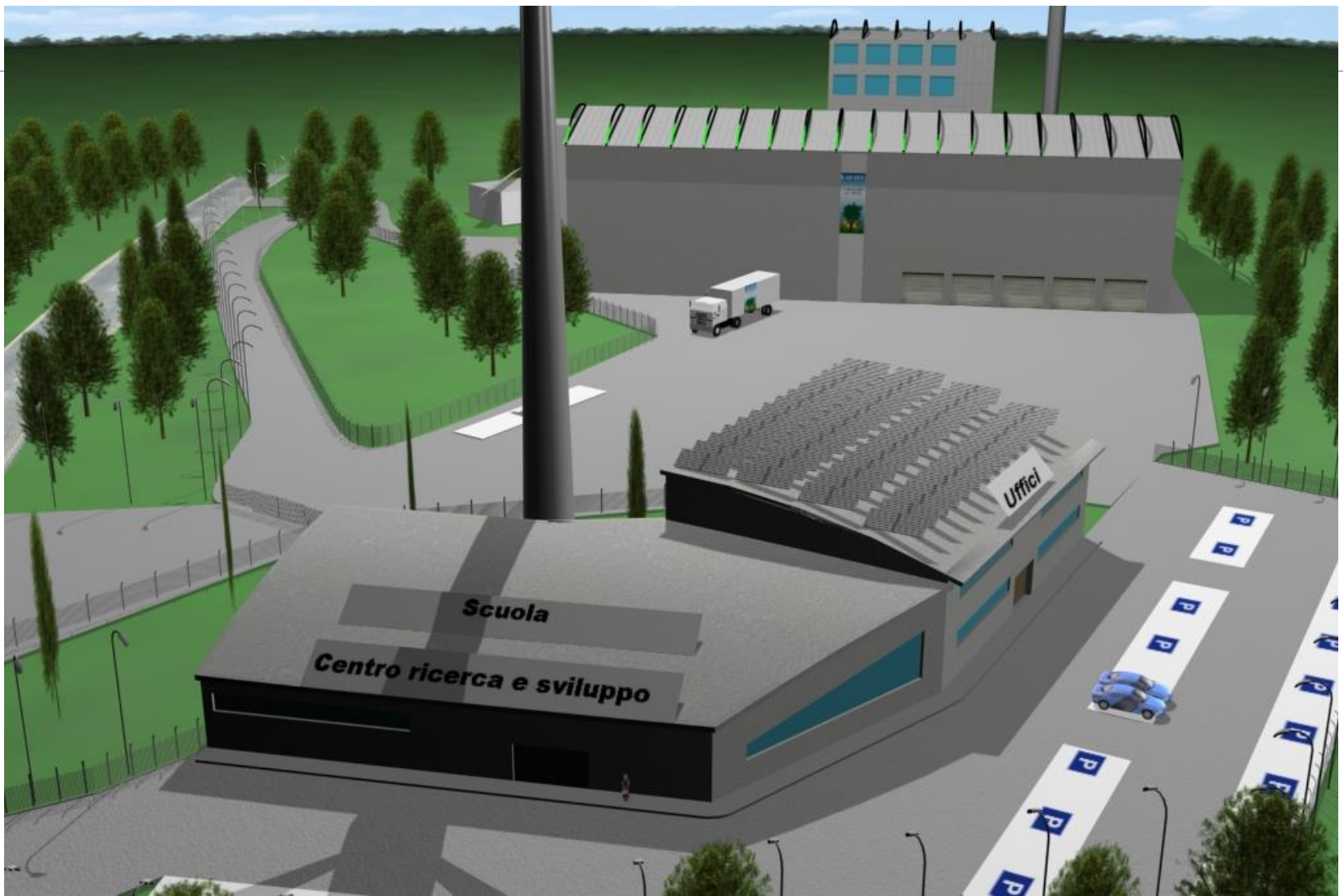
E-3009

ZR-3002

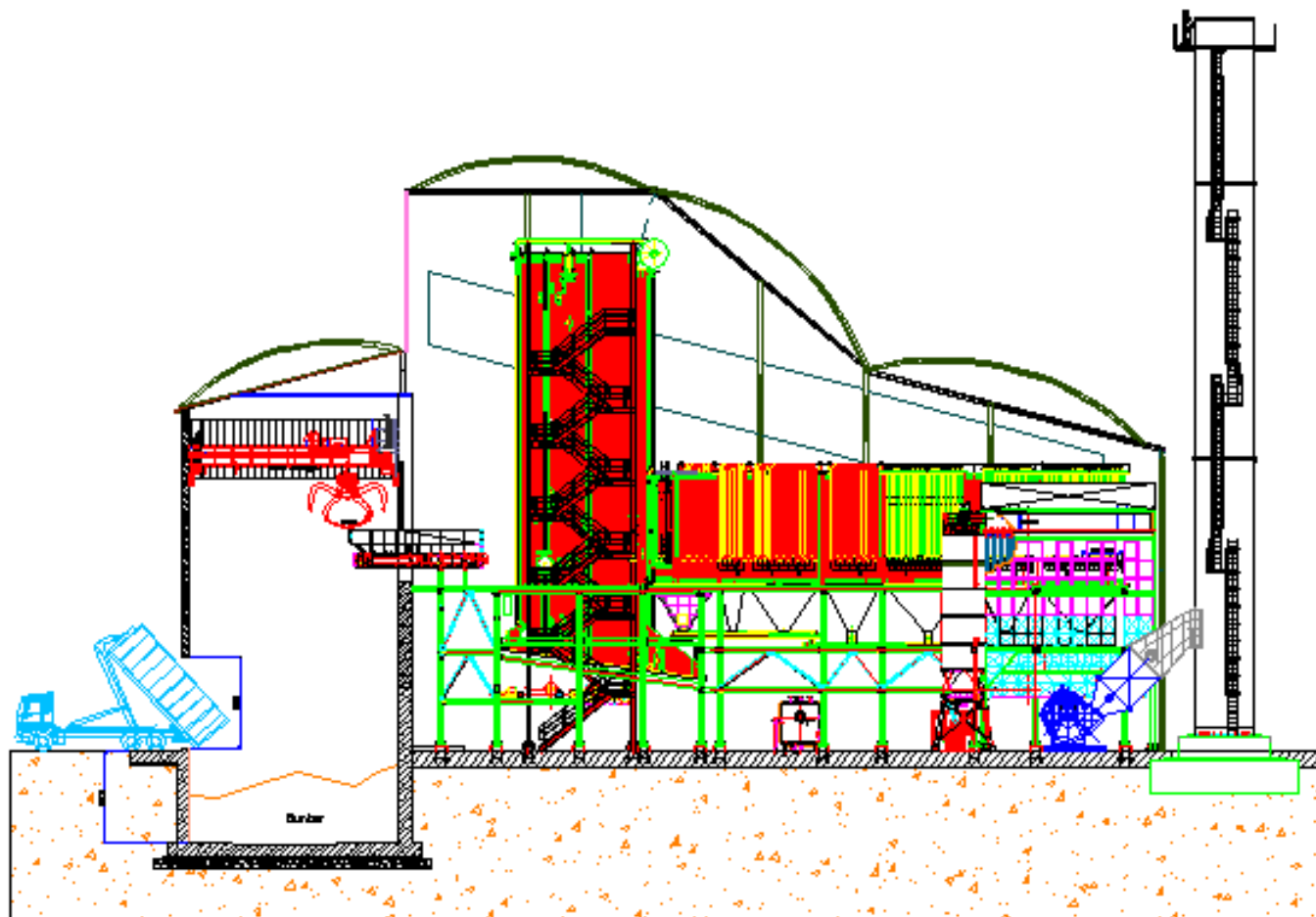
ZR-3001

big bag





SEZIONE LATERALE 1



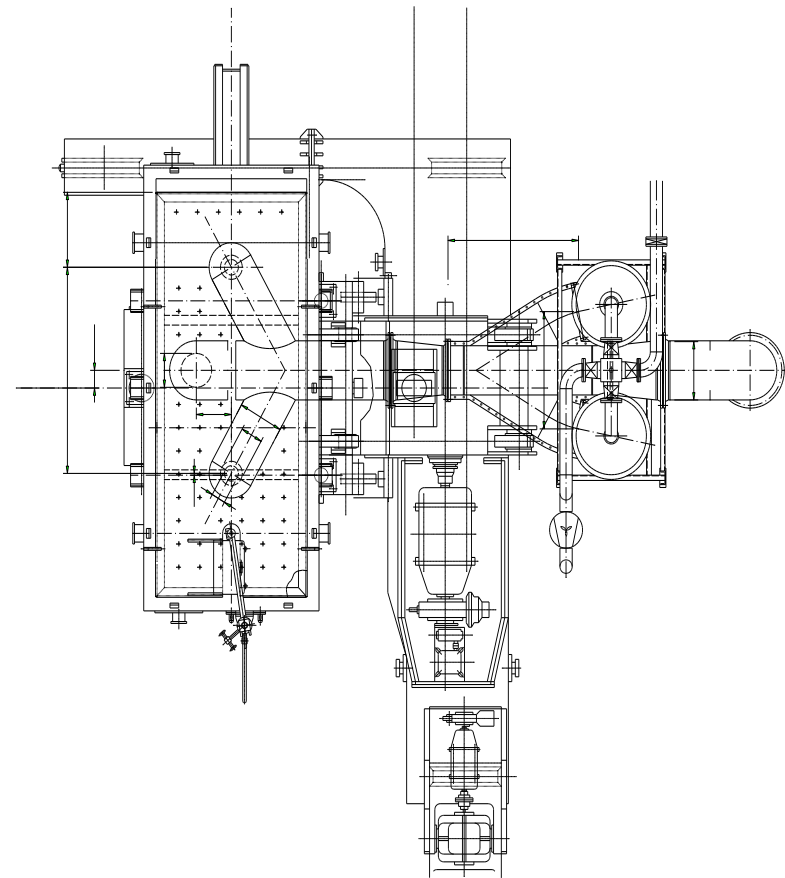
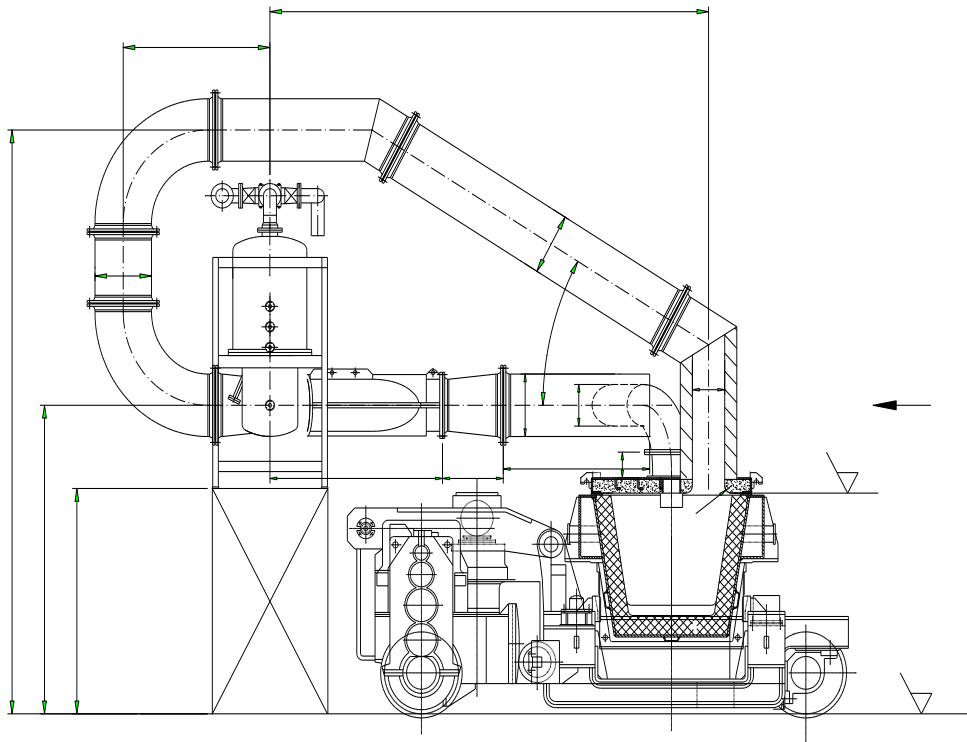
Problem definition

Present state in steel plant at the position for heating-up of tundishes:

- Fuel consumption $\approx 200 \text{ m}^3/\text{h}$ of natural gas ($\approx 1800 \text{ kW}$ of heat input)
- Cold combustion air consumption (not available data - irregular combustion process)
- Tundish has improvised top coverage

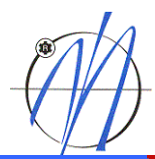


Position and layout of Pebble-Heaters with Fluid-Dynamical Valve, Tundish and Pipeline

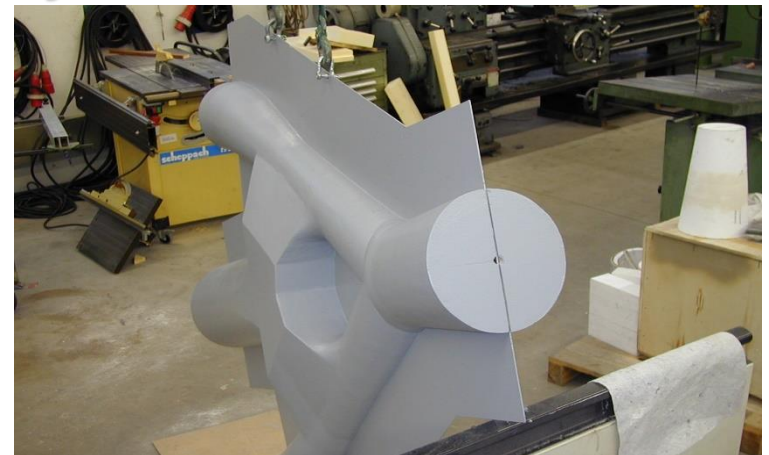
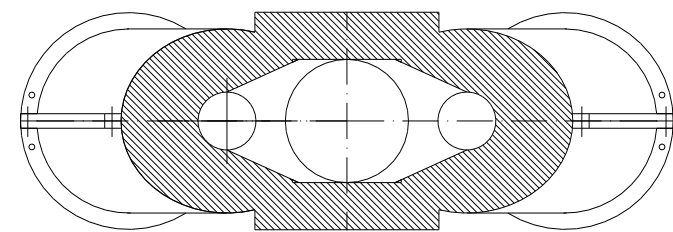
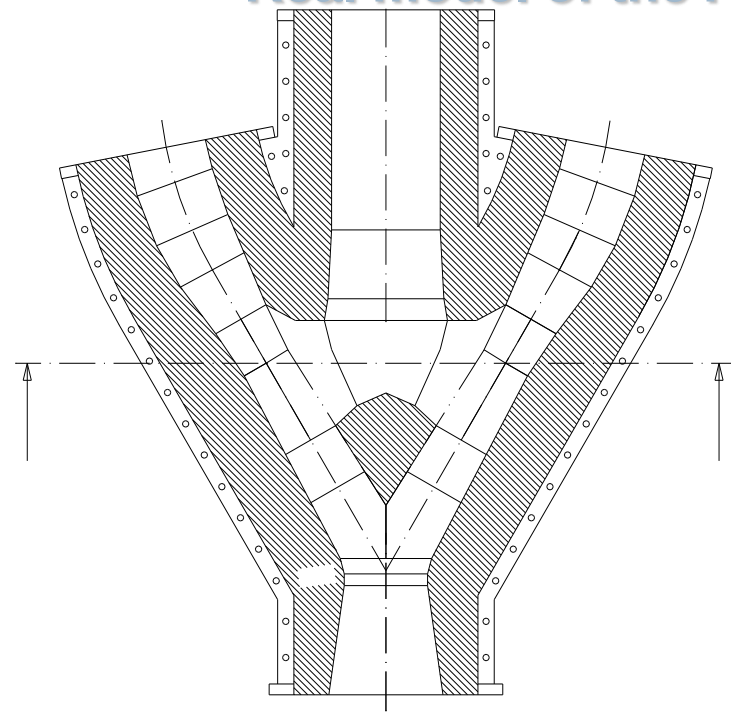


Pebble Bed Regenerative Heaters





Real model of the Fluid-Dynamical Valve



Confirming the International Role of Community Research

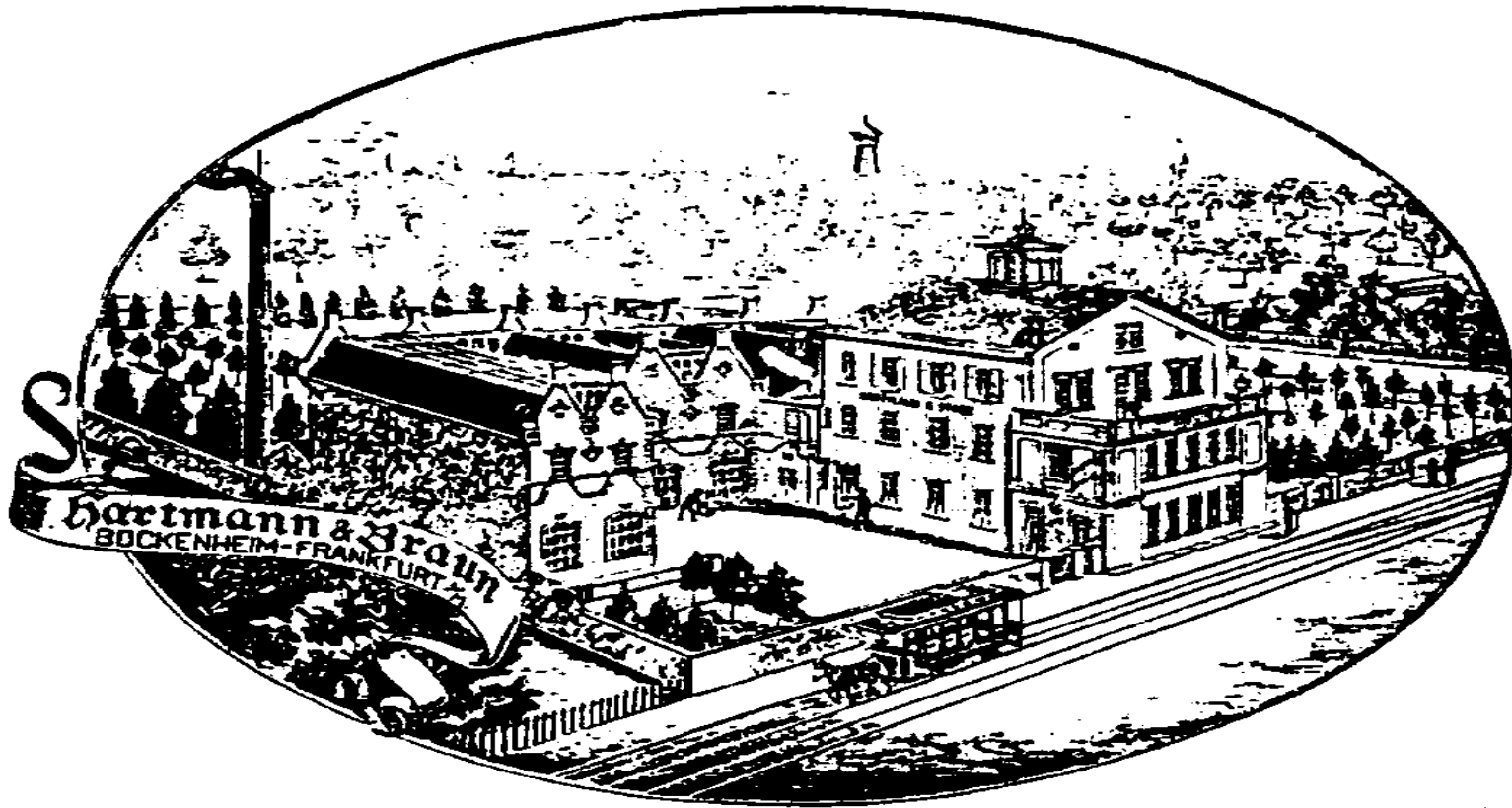


Finished Fluid-Dynamical Valve



History of Hartmann&Braun

Founded 1879



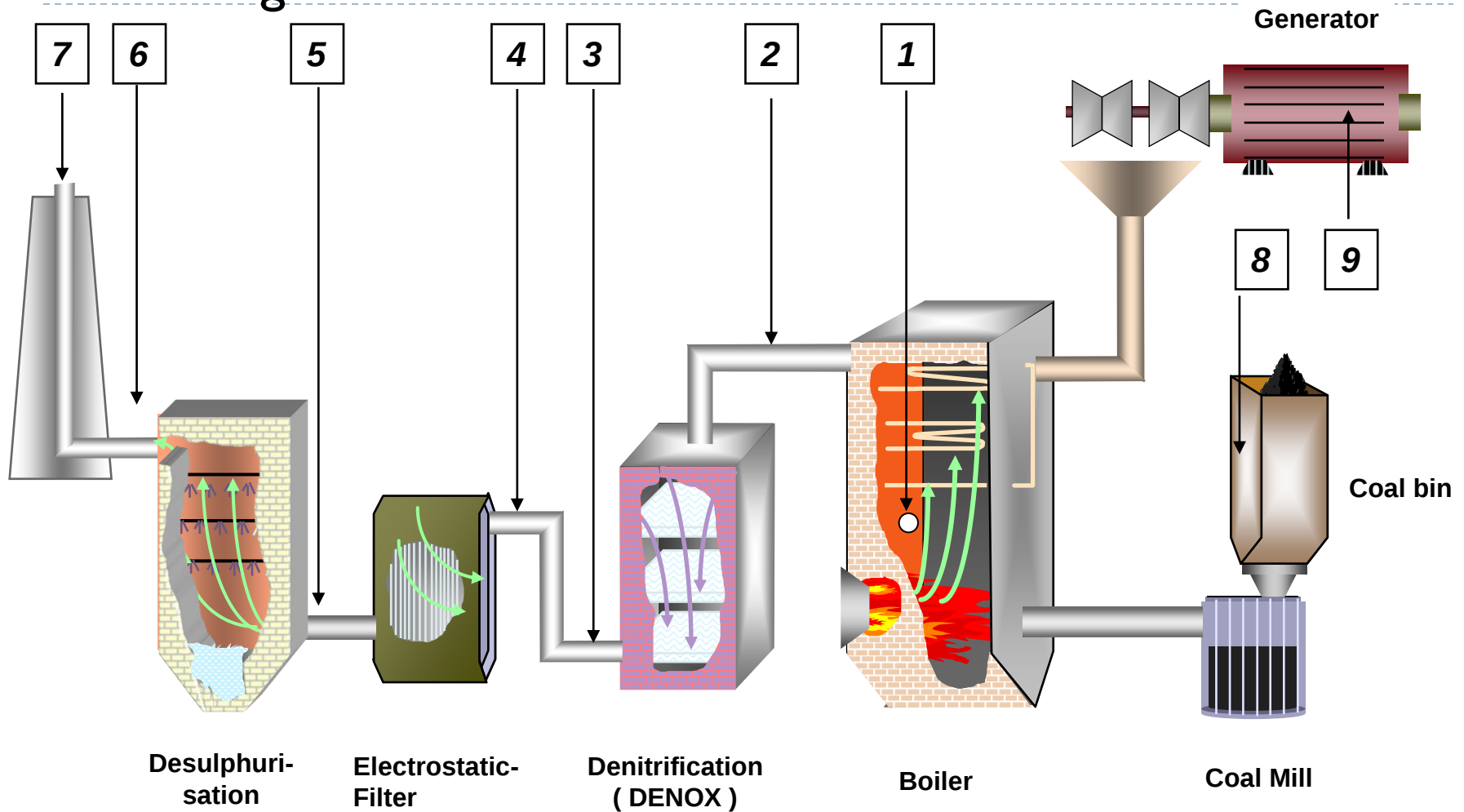
Bockenheim in Frankfurt am Main

Emission Monitoring in Power Plants



Coal-fired Power Plant

Measuring Points

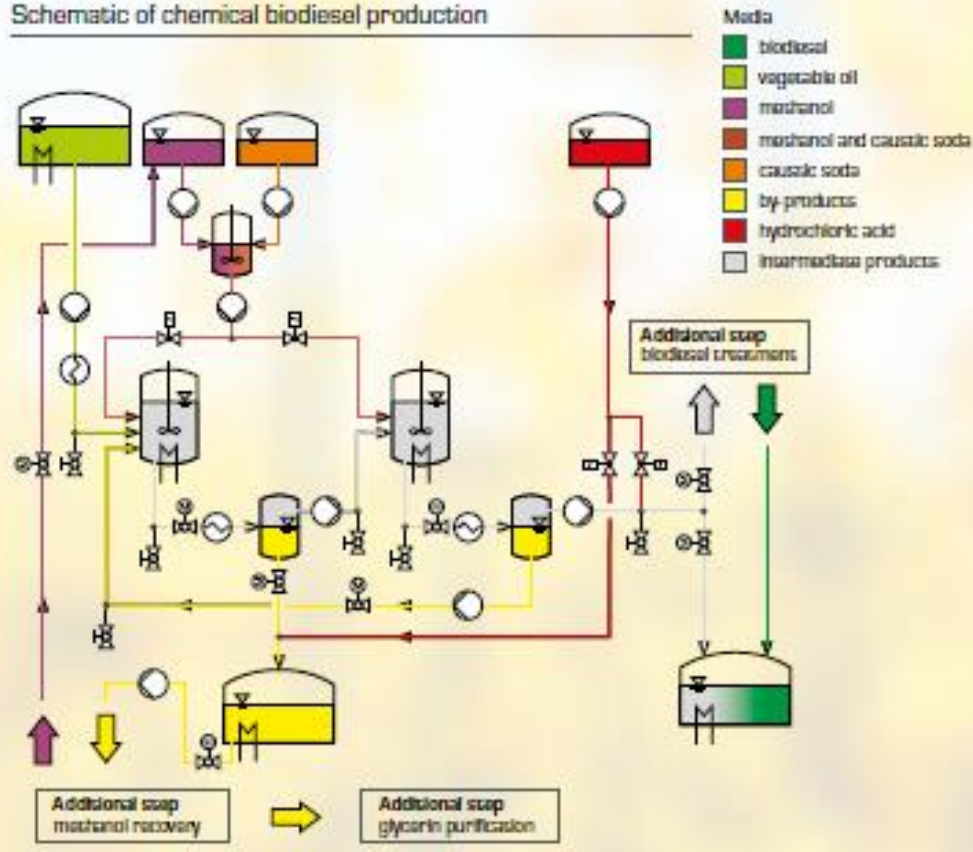


Biofuels for carbon neutral energy

In addition to the biotechnical production of ethanol (CE B40), an experimental plant for biodiesel production from vegetable oils is being developed. Biodiesel is produced with a chemical reaction, namely transesterification. With the added alcohol, e.g. methanol, the vegetable oil feedstock is separated into biodiesel

and the by-product glycerin. CE B50 offers you the traditional chemical production method for biodiesel and unwanted by-products can be removed by the optional treatment.

Schematic of chemical biodiesel production



**Understand the production process
of bioethanol in a laboratory experiment**

The experimental plant on the biotechnical production of ethanol is ideal for teaching professionals and students in the fields of chemical and bioprocess engineering. Bioethanol will be the world's leading biofuel in the future. Students learn the complete process from feedstock to end product.

Using the CE640 Biotechnical Production of Ethanol experimental plant, you can follow and investigate all necessary process steps from condensation and saccharification of the feedstocks, through to the conversion of sugar into ethanol and distillation.

**Satisfied customers****AGRICULTURAL
RESEARCH INSTITUTE**

Nicosia/Cyprus
Dr. Polycarpos Polycarpos
Agricultural Research
Officer Head of Soils and Water Use Department
Agricultural Engineering
Agricultural Research Institute



Fachhochschule
Münster University of
Applied Sciences

Chemical Engineering Department in
Steinfurt (Germany)

The production of ethanol with CE 640 is offered as a practical course in the laboratory for chemical process engineering at the Münster University of Applied Sciences. Two sessions are scheduled so that all participants can follow both the preparation of the mash and the results of fermentation in their own experiments.



An interesting film and a brochure for CE 640 can be found on our 25 website www.ges25.de



CE 642 Biogas Plant

In CE 642 we have developed a practical system for the production of biogas under laboratory conditions. CE 642 allows you to study all important factors that influence biogas production. The necessary process steps can be controlled and automated via the PLC. The plant is equipped with extensive measurement technology and data acquisition in order to capture all necessary process variables.

A suspension of comminuted organic solids is used as the substrate. Hydrolysis and acidification of the substrate takes place in the first stirred reactor. Here, anaerobic microorganisms convert the long-chain organic substances into short-chain organic substances. In the second stirred reactor, biogas is created in the final step of the anaerobic degradation. This biogas primarily contains methane and carbon dioxide. This two-stage mixed means you can adjust and optimise the ambient conditions in the two reactors independently of each other. The digestate is collected in a separate tank.



Industrial peristaltic pump



Gas analytic volumetric flow rate, methane concentration, CO₂ concentration

PLC with touch panel

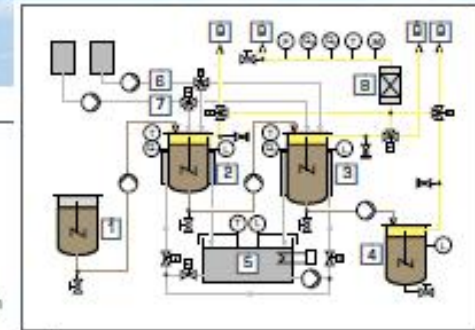
Supply unit

Trainer



Secondary measurement unit

- | | |
|----------------------|--|
| 1 substrate tank | F flow rate |
| 2 reactor 1 | L level |
| 3 reactor 2 | M humidity |
| 4 digester tank | Q pH value |
| 5 heating water tank | Q ₁ methane concentration |
| 6 acid dosing | Q ₂ CO ₂ concentration |
| 7 alkaline dosing | T temperature |
| 8 drying column | |
| 9 biogas | |



Learning objectives

- achieving a stable operating state
- influence of the following parameters on the biogas generation:
 - temperature
 - substrate
 - volumetric loading
 - pH value
- influence of the operation mode on the biogas yield:
 - single stage or dual stage
 - with and without post-fermentation
 - continuous and discontinuous
- determining the following parameters depending on the operating conditions:
 - biogas yield
 - biogas flow rate
 - biogas quality



Biogas gas in the drying column



Connectors for biogas with gas analysis

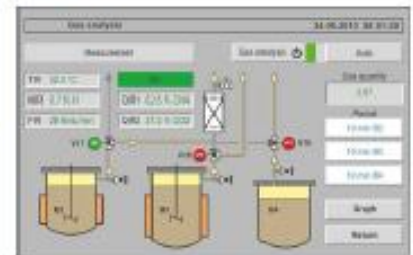
CE 642 Biogas Plant

Each reactor can measure fill level, pH value and temperature. Substrate and biomass are pumped by peristaltic pumps typical of biogas plants. Temperature is controlled via a double jacket with heating water. The biogas can be analysed or passed directly for consumption.



- 1 reactor 1
- 2 reactor 2
- 3 inlet
- 4 outlet
- 5 fill opening
- 8 biomass
- 7 connector for inert gas
- 9 level control
- 9 double jackets for heating
- 10 acid and alkaline dosing
- 11 stirring machine
- 12 safety valve

Software



In the gas analysis menu in the PLC user interface, you are given a summary of the current flow direction of the gas and the current measured values of the gas analysis. Furthermore, this menu is where you select the auto or manual measuring mode, with the measurement times for each tank. You can also retrieve saved measured values via this menu.

The software for CE 642 allows the most important variables to be captured:

- temperature
- pH value
- level
- speed of the stirring machines
- volumetric flow rate
- methane concentration
- carbon dioxide concentration
- temperature
- humidity
- volumetric flow rate and quantity

per reactor

gas analysis

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
КАТЕДРА ЗА ПРОЦЕСНУ ТЕХНИКУ

МОДУЛ ЗА ПРОЦЕСНУ ТЕХНИКУ И ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

<http://mas.bg.ac.rs>

Pt.mas.bg.ac.rs