

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжињерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Енергија и животна средина

Број индекса: 2014/2017

Никола Г. Тизманов

**Уклањање SO_2 из димних гасова термоелектране
Костолац Б**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Небојша Лукић - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада обрађен је утицај сумпор диоксида из продуката сагоревања угља у термоелектранама и методе за смањење емисије истих.

Имајући у виду да је прво постројење за одсумпоравање у нашој земљи недавно изграђено у Термоелектрани Костолац, главни део овог рада детаљно описује и објашњава примењену технологију влажног одсумпоравања методом кречњак-гипс и детаљно описује све фазе овог поступка и све делове постројења.

Препоручена литература:

- [1].. Конзорцијум Машински Факултет Београд, Рударско Геолошки Факултет, Worley Parsons, Енергопројект Ентел, Идејни пројекат: Одсумпоравање димних гасова ТЕ Костолац Б, 2010.
- [2] . BOQI/NEPDI- Beijing , NR Kina: Glavni projekat sistema odsumporavanja u TE Kostolac B, 2014.
- [3] Скрипта: Енергија и окружење, превод са енглеског проф. др Н. Лукић редовни професор, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу.

Крагујевац, 2018 година.

ментор:
Др. Небојша Лукић

с а д р ж а ј

Увод	5
1. Технике за смањење емисије сумпорних оксида-теоријске основе.....	8
1.1. Примарне мере за смањење емисије сумпорних оксида.....	8
1.2. Секундарне мере за смањење емисије сумпорних оксида.....	12
1.3. Општи приказ технологије одсумпоравања влажним поступком.....	13
1.4. Остале значајне методе одсумпоравања димних гасова.....	14
1.4.1.Регенеративни процеси	14
1.4.2.Не-регенеративни процеси.....	16
2. Законска регулатива.....	22
3. Пројекат одсумпоравања у термоелектрани Костолац Б.....	24
3.1. Уводне напомене.....	24
3.2. Технички подаци о перформансама система.....	24
3.3. Диспозиција објеката новог постројења за одсумпоравање.....	25
3.4. Пројектовани технолошки поступак у термоелектрани Костолац Б.....	26
3.4.1.Допрема и складиштење кречњака.....	27
3.4.2.Млевање дробљеног кречњака.....	28
3.4.3.Допрема суспензије кречњака.....	29
3.4.4.Апсорбер.....	29
3.4.5.Додавање суспензије кречњака у апсорбер.....	34
3.4.6.Дехидрација гипса.....	35
3.4.7.Систем димног гаса.....	38
3.4.8.Нови влажни димњак.....	40
3.4.9.Сервисни системи.....	41
3.4.10.Транспорт и депоновање гипса.....	42
3.5. Сировине и продукти.....	42
3.5.1.Кречњак.....	43
3.5.2.Карактеристике димног гаса.....	43
3.5.3.Вода.....	44
3.5.4.Гипс добијен процесом одсумпоравања - ОДГ гипс.....	44
3.6. Потрошња електричне енергије.....	45
3.7. Поузданост рада система за одсумпоравање димних гасова.....	45
4. Утицај на животну средину изграђеног постројења за одсумпоравање.....	45
5. Закључак.....	46
6. Литература.....	47

Резиме:

Приоритетни циљ заштите животне средине у енергетици Републике Србије је смањење емисије сумпорних оксида из великих ложишта котлова термоелектрана. У складу са важећом законском регулативом у Републици Србији (Закон о заштити животне средине – Сл. гласник РС.бр.135/04) и у циљу усаглашавања са захтевима регулативе ЕУ за велика ложишта (Директива ЕУ број 2001/80/ЕЦ), у Термоелектрани "Костолас-Б", снаге 2x348,5 MW, изграђено је и пуштено у пробни погон прво постројење за одсумпоравање димних гасова из котлова који сагоревају лигнит из костолачког угљеног басена.

У раду се даје приказ пројектно техничких решења, изведених радова и уграђене опреме

Кључне речи: заштита животне средине, оксиди сумпора, кречњак, гипс

Abstract:

The primary goal of environmental protection in the field of energetics in the Republic of Serbia is the reduction of sulphur oxide emission from the large boilers of the thermal power plants. Pursuant to the valid legislation in the Republic of Serbia (Environmental Protection Law – Official Gazzette of RS, no 135/04) and with the purpose of complying with the requirements of the EU directive for large combustion plants (EU Directive no. 2001/80/EC), the first flue gas desulphurization plant, which burns lignite from the Kostolac mine, was built and put into trial operation at TPP Kostolac B (2x350MW).

This paper shows the design and technical solutions, realized works and installed equipment.

Key words: environmental protection, sulphur oxide, limestone, gypsum

УВОД

Како живи организми садрже сумпор у њиховој ћелијској грађи, тај исти сумпор је највећим делом складиштен у фосилизованим остацима тих организама. Угаљ може садржати до 6 % сумпора по маси, а нафта до 3 %. Међутим већи део угљева и сирове нафте садржи значајно мање количине сумпора. Генерално, камени угаљ, мрки и лигнит се користе у термоелектранама. Они садрже у просеку 0,7-3% сумпора (по маси).

Оксиди сумпора се емитују при сагоревању већине фосилних горива кроз оксидацију сумпора садржаног у гориву при чему настаје сумпор диоксид (SO_2), док сумпор триоксида (SO_3) и сумпорне киселине H_2SO_4 има у количини од неколико процената створеног SO_2 . Остали оксиди сумпора немају значаја јер се јављају само као међупродукти у реакцијама оксидације.

Ови оксиди, заједно са осталим продуктима сагоревања, избацују се у атмосферу у којој, реагујући са чврстим честицама и влагом, врше штетан утицај на жива бића, биљни свет, материјале и видљивост. Дејство сумпор диоксида и осталих једињења на човека није довољно испитано због њиховог симултаног дејства са осталим штетним материјама које се налазе у атмосфери. Због високог садржаја SO_2 у ваздуху долази до сметњи у раду респираторних органа. Код животиња долази такође до реакције респираторних органа, али су патолошке промене на плућима и смртност извесне само при веома високим концентрацијама које нису реално могуће.

Биљке апсорбују сумпор диоксид при чему долази до акутног и хроничног оштећења листа. При акутним оштећењима долази до сушења и промене боје, док се хронична јављају после дуготрајног дејства ниских концентрација и огледају се у постепеној промени боје лишћа. Атмосфера у којој се налазе сумпорни оксиди врши директно или индиректно дејство на метале, грађевинске објекте и боје. Појава честица сулфата у градском ваздуху доводи до значајног смањења видљивости због апсорпције и расипања светлости, што доводи до појаве измаглице. Оксиди сумпора су основа за стварање киселине, киселе магле и њено таложење.

Таложење киселих једињења (киселина) се популарно назива **киселе кише**. Таложење киселина је прикладнији термин, јер кисели материјал може бити наталожен на земљишту, не само преко кише, већ такође другим врстама падавина, на пример снегом, градом, маглом, као и у сувом облику.

Таложење падавина се назива мокро таложење, а директни контакт земљишта и воде са киселим гасовитим молекулима и киселим честицама се назива суво таложење. Таложење киселих једињења је секундарни загађивач, зато што је резултат трансформације примарно емитованих загађивача.

У касном седамнаестом веку, Robert Boyle је препознао присуство "нитрозних и сумпорних духова" у ваздуху и киши, у околини индустријских градова у Енглеској. Године 1853., Robert Angus Smith, енглески хемичар, публиковао је извештај о хемији кише у и око града Манчестера. Он је касније сковао термин "киселе кише". Шездесетих и седамдесетих година прошлог века, први пут је примећено у Скандинавији, потом на северу САД и југоистоку Канаде, да су нека језера са веома малим капацитетом разблаживања (на пример језера са ниском алкалношћу), повећала своју киселост, достижући ниске рН вредности од 5,5-6. Како већина водених

организама не може преживети у таквој киселој води, ова језера су постала беживотна. Зато што је киселост кишних падавина у Европи и Северној Америци, мерењима достигала чак рН вредност 3, а често имала рН вредност 4-5, убрзо је закључено да закисељавање језера мора бити последица киселих киша. Језеро делује као благо алкални раствор у чаши. Када је раствор мешан са таложним киселинама, током година, постао је кисео. Термоелектране, индустријски, комерцијални, резидентални и мобилни извори емитују перкурсорне (претходнике) таложња киселина, а то су сумпорни и азотни оксиди(SO_x и NO_x). Перкурсор се преносе ветром и шире турбулентном дифузијом. Током транспорта у ваздух, перкурсорни реагују са различитим оксидантима, присутним у ваздуху у молекулима воде, формирајући сумпорну и азотну киселину (H_2SO_4 и HNO_3). Киселине се таложје на земљи и води у сувој и мокрој форми. Ово изазива штетне ефекте по животну средину.

Тачан механизам трансформације перкурсора у киселе продукте се још увек разматра. Евидентно је да постоје два пута трансформације: "гасна фаза" и "течна фаза" механизми. У механизму гасне фазе, чини се да се догађају следеће реакције:



Мере за смањење оксида сумпора (углавном SO_2) из димних гасова за време или након сагоревања су коришћене од раних '70, прво у Америци и Јапану, а затим у раним '80 и у Европи. Данас постоје више различитих начина за редуковање емисије SO_2 која настаје сагоревањем фосилних горива. Усвајањем закона из области заштите животне средине и у Србији је интензивирао рад на увођењу мера заштите ваздуха смањивањем емисије загађујућих материја на извору загађења. С обзиром да је утицај термоелектрана на укупну емисију загађујућих материја у ваздуху доминантан, очекује се да ће се први захтеви ЕУ у овом домену односити на објекте Електропривреде Србије. Због тога је један од приоритетних циљева заштите животне средине у сектору енергетике, смањење емисије сумпорних оксида у великим постројењима за сагоревање. Сходно томе, прво постројење за одсумпоровање димних гасова у Србији изграђено је у Термоелектрани Костолац Б .

Термоелектрана "Костолац Б" налази се на десној обали реке Млаве и на око 5 км од десне обале реке Дунав. Лоцирана је на територији града Пожаревца, који је и највеће место у њеној околини (око 50.000 становника), а најближа је Костолцу (око 15000 становника). Састоји од два блока Б1 и Б2, сваки инсталисане снаге по 348,5MW. Парни котлови су типа "Sulzer" са продукцијом прегрејане паре од 1000t/h, притиском од 186bar и температуром паре од 540°C. Југоисточно од термоелектране на удаљености од око 1 км налази се површински коп "Дрмно" који електране снабдева угљем. То је лигнит доње топлотне моћи од око 8000kJ/kg, са релативно високим садржајем пепела и садржајем укупног сумпора око 1,3%.

У следећој табели приказане су пројектне карактеристике угља (лигнита) са површинског копа "Дрмно":

Топлотна моћ – доња	7673	kJ/kg
Садржај воде	43,93	%
Садржај пепела	22,5	%
Садржај укупног сумпора	1,16	%
Несагорљиви сумпор	0,52	%
Сагорљиви сумпор	0,64	%
Садржај кокса	34,68	%
Садржај чврстог угљеника C	12,43	%
Садржај испарљивих делова	21,39	%
Садржај чистог угља	33,82	%
Температура синтеровања	950	°C
Температура омекшавања пепела	1170	°C
Температура топљења пепела	1395	°C
Температура течења пепела	1410	°C

Табела 1. Пројектне карактеристике косточаког лигнита

У циљу заштите ваздуха на овим блоковима уграђени су нови електрофилтери за пречишћавање димних гасова од прашкастих честица (остатак $<50\text{mg/Nm}^3$), смањена је емисија азотних оксида (NO_x) на једном блоку, а сада су предузете мере и за смањење емисије сумпорних оксида (SO_2).

Имајући у виду да овакве технологије до сада нису коришћене у нашој земљи, циљ овог рада је да опише технике које се у свету користе за смањење емисије SO_2 , као и да се детаљније објасни пројекат одсумпоровања у Термoeлектрани Костолац Б.

1. Технике за смањење емисије сумпорних оксида –теоријске основе

1.1 Примарне мере за смањење емисије сумпорних оксида

- Смањење емисије сумпорних оксида *пре почетка процеса сагоревања*:

Прање угља: Када се угаљ ископа у подземним или површинским коповима, он увек садржи одређену количину минералних материја, помешаних са угљем. Највећи део ових минерала је састављен од силиката, оксида и карбоната, познатих хемијских елемената, као што су калцијум, магнезијум, алуминијум и гвожђе али неки од минерала садрже пирите, који су сулфати гвожђа, никла, бакра, цинка, олова и других метала. Зато што је густина минералних материја, укључујући пирите, већа од угља, део минералних материја може бити уклоњен "прањем" угља. Прање угља не редукује само садржај сумпора у њему, већ и садржај пепела, увећавајући тиме топлотну моћ угља (J/Kg) и смањујући оптерећење система за уклањање честица из димних гасова. Прање угља се уобичајно ради на коповима и поред рудника. Типично, комадни сиров угаљ се потапа у водену струју. Лакши угаљ испливава на површину, а минерали као

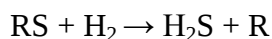
тежи падају на дно. Влажан угаљ се потом шаље у уређај за уклањање воде, најчешће вакум филтер, центрифугу или циклон. Угаљ може бити додатно сушен у струји топлог ваздуха.

Проблем са прањем угља је што водена струја која носи минералну материју, може садржати растворене токсичне метале и може бити кисела. Строге уредбе су уведене у САД и другим државама, да би спречиле избацивање токсичних, киселих токова у околину, без обавезног одговарајућег третмана.

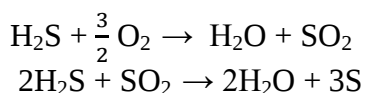
У САД око 50% угља који је испоручен термоелектранама је опрано. То је углавном угаљ из источних и рудника средњег запада (који поседују тракасте транспортере). Угаљ из западних рудника генерално садржи мало минералних материја и сумпора, тако да његово прање није неопходно. Прањем угља је могуће уклонити до 50% пиритног сумпора, што представља 10-25% укупног садржаја сумпора у угљу.

Гасификација угља: Угаљ може бити конвертован хемијским процесом у гас, назван синтетички гас или син-гас. У процесу гасификације угља, потребно је сумпор елиминисати пре финалне фазе гасификације. Чист, десумпоризован гас може бити коришћен као гориво у гасној или комбинованој термоелектрани.

Десумпоризација нафте: Рафинерије могу редуковати садржај сумпора у сировој нафти, до скоро жељеног нивоа. Овај процес се уобичајно врши у каталитичком редукционо-оксидационом процесу, названом Claus-ov процес. Прво се сумпор у нафти редукује у водониксулфид, удувавањем гасовитог водоника кроз сирову нафту, уз присуство катализатора.



где је R органски радикал. Даље, водониксулфид (H_2S) се оксидише у SO_2 , коришћењем атмосферског кисеоника и истовремено се SO_2 редукује са H_2S до елементарног сумпора, такође уз присуство катализатора:



Елементарни сумпор је важан нуспродукт рафинације нафте и може бити често виђен у виду жутих брегова у оквиру рафинеријског комплекса. То је основни материјал за производњу сумпорне киселине.

Иако је сумпор важан нуспродукт прераде нафте, рафинерије наплаћују у виду веће цене за нафтне деривате са сниженим процентом сумпора. Тако корисници (термоелектране) плаћају вишу цену за мазут са ниским процентом сумпора, што уграђују у вишу цену електричне енергије, произведене из ових постројења. Међутим, најчешће је јефтиније купити скупље уље са ниским садржајем сумпора, него га уклањати као SO_2 из димних гасова.

Смањење емисије сумпорних оксида *за време процеса сагоревања:*

Сагоревање у флуидизованом слоју: Сагоревање у флуидизованом слоју (FBC) је сагоревање угља (или било ког чврстог горива) помешаног са зрнастим материјалом, најчешће кречњаком, заједно подигнутих струјом ваздуха. Примарни циљ развоја FBC-а није био смањење емисије SO_2 , већ да омогући сагоревање свих врста горива,

укључујући неспрашен угаљ, комунални чврсти отпад, индустријски и медицински отпад, дрво, катран и асфалтен (чврсти остаци прераде нафте). Присутни помешани кречњак делује као сорбент, који издваја сумпор и друге нечистоће из горива. Шематски приказ сагоревања у флуидизованом слоју са истовременим убризгавањем угља и сорбента је приказан на слици 1.

FBC ложиште представља цилиндричну комору са решетком на дну. Мрвљени угаљ, гранулице 6-20mm, заједно са кречњаком (CaCO_3) се пнеуматски удувава преко решетке. Ваздух потребан за сагоревање се удувава испод решетке. После паљења, горућа мешавина угља и кречњака струји преко решетке, "јашући" на јастуку од ваздуха. Горућа мешавина делује динамично, баш као турбулентни флуид, па је цео систем назван сагоревање у флуидизованом слоју. Котловске цеви су потопљене у флуидизовани слој где се обавља интезиван прелаз топлоте са горућег слоја на цеви. Други сет котловских цеви је смештен изнад слоја (лежаја), где се размена топлоте обавља конвекцијом и зрачењем са димних гасова.

Сумпор се из угља уклања реаговањем са сорбентом у виду честица калцијумсулфида (CaSO_3) и калцијумсулфата (CaSO_4). Ове честице, заједно са честицама нереагованог CaCO_3 и несагорелог угља, заједно са димним гасовима, одводе се у циклон. Веће честице се одвајају у циклону и враћају у флуидизовани слој на поновно сагоревање. Мање честице мапуштају циклон и уклањају се електростатичким или врећастим филтером.

Ефикасност издвајања SO_2 у FBC-у зависи од квалитета мешања угља и кречњака и такође од њиховог квалитета. Пешчани кречњак садржи CaO , који је бољи сорбант од сировог кречњака. У просеку, FBC са убризгавањем кречњака издваја око 40-60% сумпора из угља.

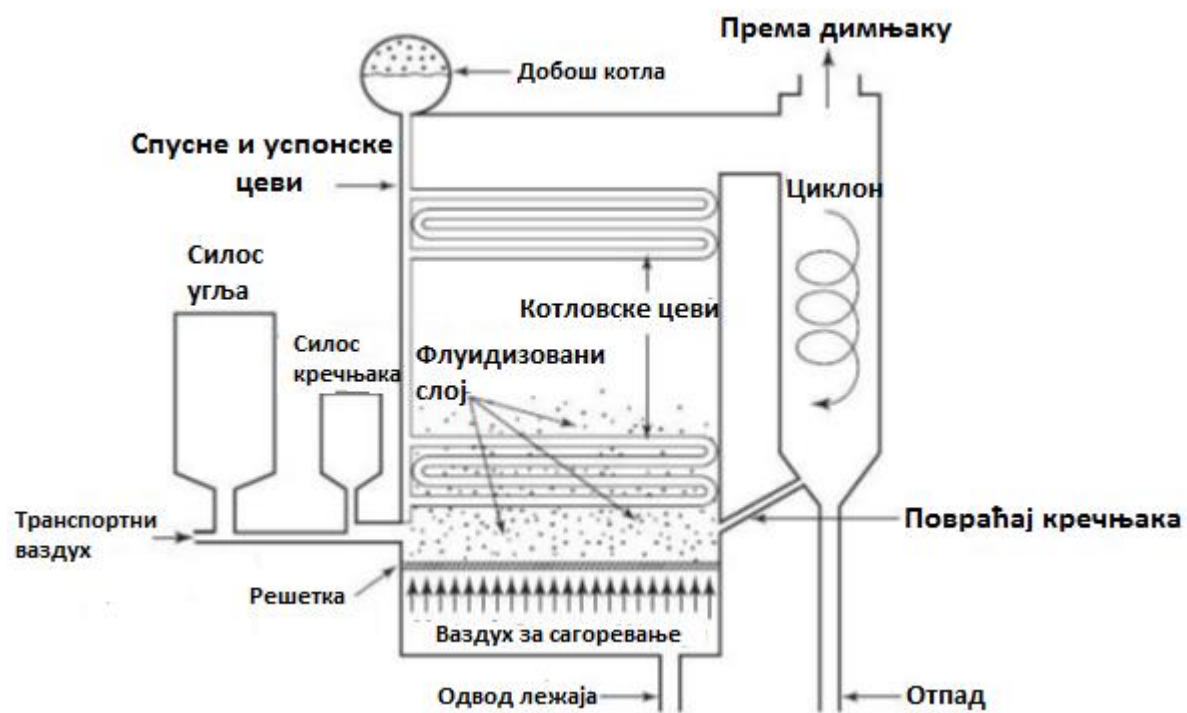
Предности сагоревања у флуидизованом слоју су:

- могућност сагоревања угља лошег квалитета или сличних чврстих горива,
- остваривање термичке ефикасности сличне оној при сагоревању спрашеног угља уз контролу емисије загађивача,
- доступност и ниска цена сорбента (кречњак),
- температуре сагоревања су ниске ($800-900^\circ\text{C}$) , што у односу на сагоревање спрашеног угља ($1900-2000^\circ\text{C}$), смањује формирање NO_x .

Недостаци сагоревања у флуидизованом слоју су:

- ефикасност издвајања сумпора је око 40-60% што може бити недовољно за важеће стандарде емисије SO_2 ,
- систем има константни капацитет и не може пратити оптерећење,
- постоје проблеми са стартовањем система,
- присутна је појава корозије и таложења на котловским цевима,
- због строгих захтева за квалитет мешањем горива, кречњака и ваздуха, систем није могуће применити за термоелектране великих снага, најпогоднији је за котлове капацитета 10-100 MW.

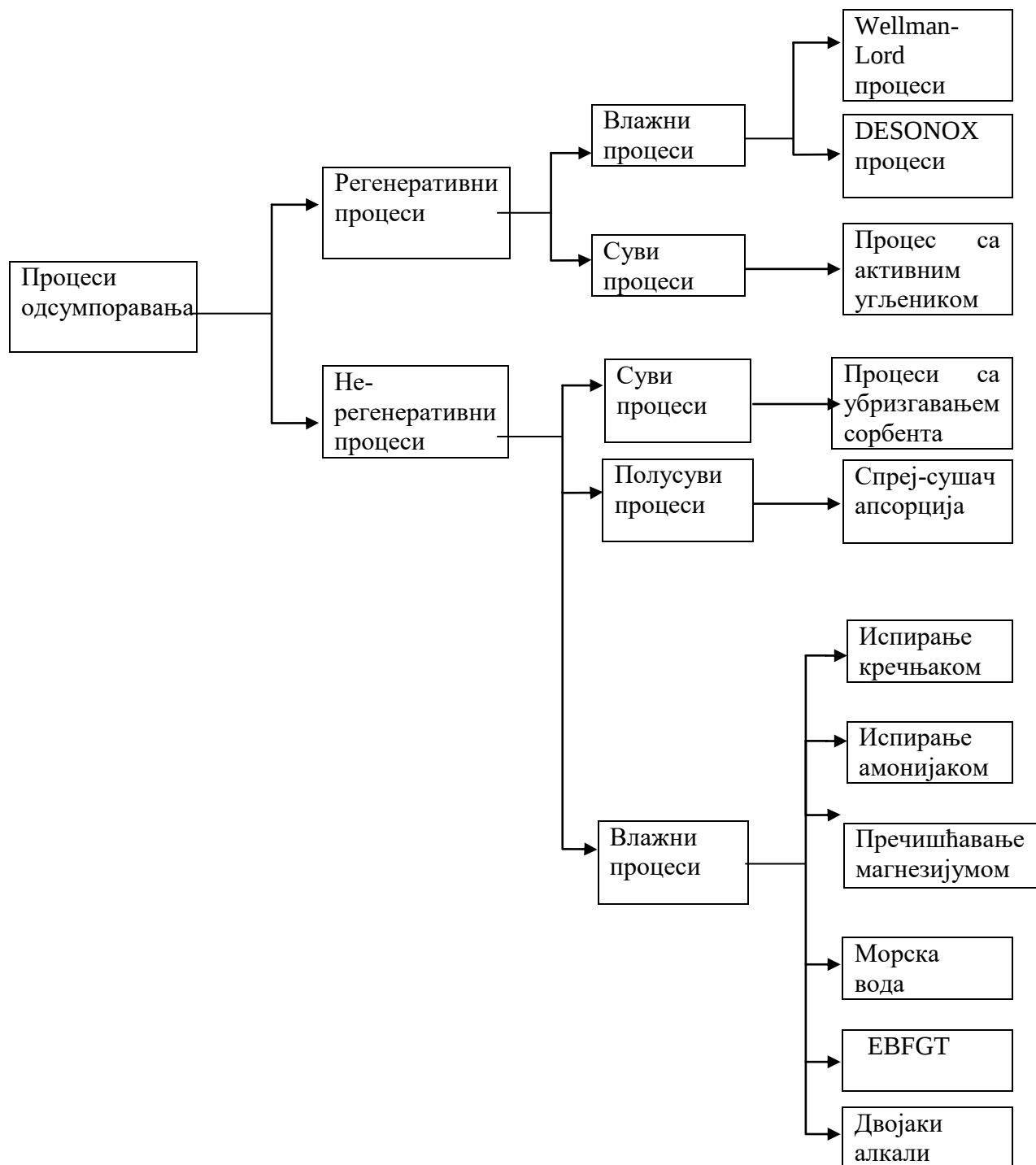
Као закључак, FBC је најбоље применити за сагоревање горива ниског квалитета, каква су неспрашени угаљ, чврсти остаци сирове нафте, дрво, комунални и индустријски отпад. Могућност редукције емисије сумпора је ограничена. Веома је компликовано применити FBC за велике снаге централизованих термоелектрана.



Слика 1. Шематски приказ сагоревања у флуидизованом слоју

1.2 Секундарне мере за смањење емисије сумпорних оксида

Опште технологије одсумпоравања могу бити класификоване према шеми на слици 2.



Слика 2. Класификација технологија одсумпоравања

Сви поступци за смањење емисије сумпорних оксида после сагоревања могу се, са гледишта агрегатног стања једињења које се добија реакцијом активне материје и сумпор-диоксида, поделити на **мокре и суве**.

С обзиром на могућност обнављања активне супстанце поменути поступци могу бити **регенеративни и нерегенеративни**. Такође, постоје поступци код којих се добија нус производ који се може користити (гипс, вештачко ђубриво) и они код којих се коначни продукти бацају.

У косточачким термоелектранама је усвојен предлог за коришћење **нерегенеративног процеса одсумпоравања влажним поступком, кречњак-гипс**. Овај поступак ће бити детаљно описан у даљем раду, а остале значајније методе објасниће се у кратком цртама.

1.3 Значајне методе одсумпоравања димних гасова

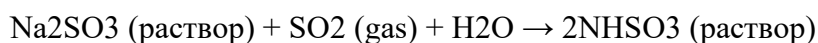
1.3.1 Регенеративни процеси

Регенеративни процеси могу бити влажни (мокри) и суви

1.3.1.1 Влажни процеси

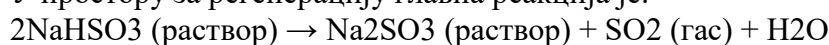
1.3.1.1.1 Натријум сулфитни-бисулфитни процеси (Wellman – Lord процеси)

Овај процес је најшире примењивани регенеративни процес. До 2006 године било је инсталирано 38 постројења, углавном у Немачкој, Јапану и Америци али се број смањује јер је скупо оперативно одржавање постројења. Процес је базиран на равнотежи натријум сулфита/бисулфита. Димни гас прво пролази кроз пре-скрубер који засити и охлади гас и уклони халогене соли и неке честице које су заостале. Различити пре-скрубер системи се користе, али сваки од њих укључује водени ток рецикулације да би се осигурао добар контакт као и систем за пречишћавање да би се контролисао ниво хлорида и концентрација чврстих елемената. Следећа реакција се одиграва у апсорберу



Апсорпција је супротносмерна и како течност путује надоле више сулфита се конвертује у бисулфат све док не напусти апсорбер. Мала количина летећег пепела која пролази кроз пре-скрубер се такође зауставља у раствору и уклања филтрацијом пре него што чиста течност прође кроз један средњи складишни простор и затим дође до регенерације.

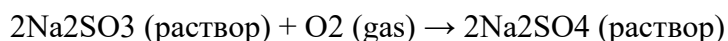
У простору за регенерацију главна реакција је:



Раствор који генерише апсорбер се регенерише у принудној циркулацији испаривача. Натријум сулфит постепено кристалише из раствора и поново раствара у кондезат да би произвео напојну течност за апсорбер.

Две одвојене реакције се јављају у процесу, једна у апсорпционој јединици

а друга током регенерације. У апсорберу, мала количина натријум сулфата која смањује капацитет раствора за апсорпцију CO₂ се продукује због садржаја кисеоника у димном гасу:



Током регенерације, мала количина натријум тиосулфата се формира због реакције диспропорције:



Ова реакција је аутокаталитичка тако да се концентрација тиосулфата одржава на ниском нивоу путем пречишћавања. Натријум хидроксид се додаје да замени ишчезли натријум – углавном кроз оксидацију натријум сулфита у сулфат у апсорберу. EDTA киселина се додаје да спречи оксидацију (edta – ethylenediamine tetraacetic acid).

1.3.1.1.2 DESONOX процеси

Процес DESONOX је комбиновани каталитички процес којим се оксиди азота и сумпор диоксид одвајају од димних гасова. Коначни производ је сумпорна киселина са концентрацијом од 70% која се може користити у хемијској индустрији, на примјер за производњу ђубрива. Хлориди и флуориди, остатак прашине и аеросоли се такође сакупљају из димних гасова.

1.3.1.2 Суви процеси

1.3.1.2.1 Процес са активним угљем

Активни угаљ је погодан адсорбент за уклањање водоник-сулфида из природних, синтезних или других гасова. Процес претежно зависи од физичке адсорпције*, иако је укључена и каталитичка оксидација. Током каталитичке оксидације H₂S се претвара у присуству кисеоника до елементарног сумпора, који се адсорбује на унутрашњу површину активiranог угља, што доводи до оптерећења сумпора до 120% (тежински). Стопа оксидације зависи од парцијалног притиска оба реактаната, H₂S и O₂ и углавном је контролисана карактеристикама активног угља. Активност катализатора може се побољшати импрегнацијом активног угља промотерима попут гвожђа и јода. Обнављање потрошеног угља тренутно се врши методама десорпције врућег гаса на температурама око 450 ° C.

*Адсорпција представља довођење гаса или течности у контакт са површином чврсте фазе (адсорбентом) у циљу да једна или више компоненти из гасне или течне фазе пређу у чврсту фазу. Адсорпција представља пренос маса из гасне или течне фазе у чврсту.

*Апсорпција представља довод гаса у контакт са течном фазом (апсорбентом) у циљу да једна или више компоненти из гасне фазе пређе у течну (раствори се). Дакле,

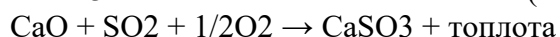
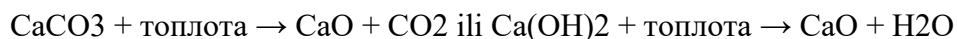
абсорпција представља пренос масе из гасне у течну фазу. Обрнути процес се назива десорпција.

1.3.2 Не-регенеративни процеси

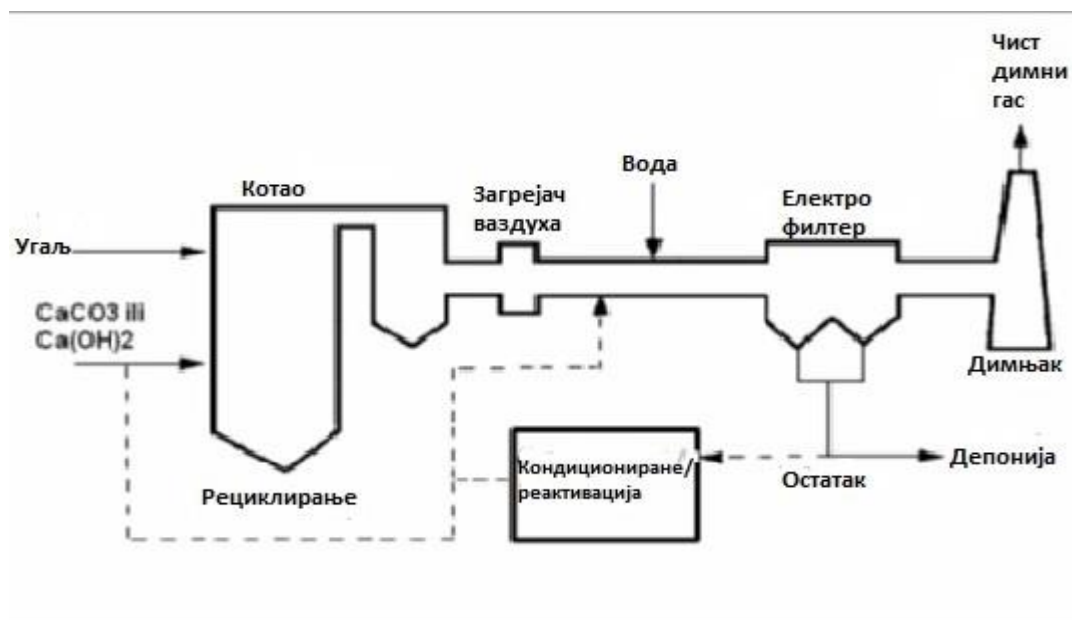
1.3.2.1 Суви процеси

1.3.2.1.1 Процес са убризгавањем сорбента

Ово је поступак директног убризгавања сувог сорбента (упијача) у тракт димног гаса котла. Типични сорбенти су кречњак у праху и доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). У котлу, с'обзиром на топлоту, долази до калцинације сорбента када се стварају реактивне честице CaO . Површина ових честица реагује са сумпор диоксидом и формира калцијум сулфит (CaSO_3) и калцијум сулфат (CaSO_4). Ови продукти реакција се касније прикупљају у електрофилтеру. Процес трансформације SO_2 се наставља и у електрофилтеру. Продукти реакције се одлажу на депонију, али је пажљива контрола неопходна због активног креча и калцијум сулфита. Могуће коришћење ових остатака се истражује. Ово је метода смањења сумпор диоксида у току процеса сагоревања.



Шематски приказ убризгавања сорбената у котао приказан је на слици 4.



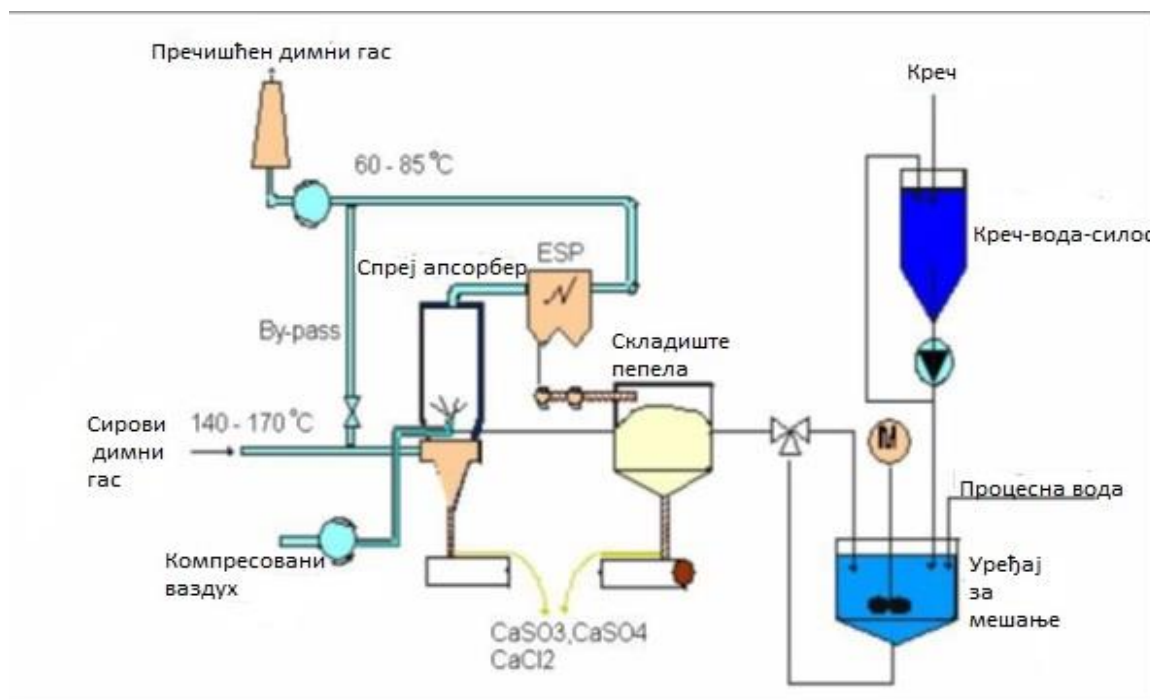
Слика 4. Шема убризгавања сорбента у котао

1.3.2.2 Полусуви процеси

1.3.2.2.1 Суво пречишћавање распршивачем

Ово је друга метода по коришћењу у светској хијерархији (након влажних пречишћивача-скрабера). У овој методи обично се користи креч да би се уклонио сумпор диоксид из димног гаса.

Сорбент (упијач) је обично креч, односно калцијум оксид – CaO. Креч се меша са вишком воде или се гаси да би се добио талог креча, који се зове и кречно млеко. Такав креч се атомизује у облак финих капљица у апсорберу где сумпор диоксид бива уклоњен из димног гаса. Вода испарава због топлоте димног гаса, обично са довољним временом боравка у апсорберу (10 сек) дајући време SO₂, и другим киселим гасовима као што су SO₃ и HCl да реагују симултано са хидратисаним кречом да би створили калцијум сулфит/сулфат и калцијум хлорид. Третман отпадних вода у овом поступку не постоји јер комплетна вода испари у апсорберу. Иако се овај поступак некада зове и полу-сув поступак због тога што користи талог креча (мешавина воде и креча), остатак је сув прах који се скупља у електрофилтерима (овде је електрофилтер након постројења за одсумпоровање мада се увек користи и већ постојећи електрофилтер као претходни филтер а затим се након постројења за одсумпоровање летећи пепео од процеса одсумпоровања скупља у некој врсти фабричког филтера). Процесне реакције су следеће:

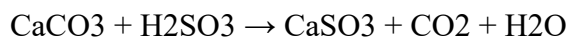
$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad ; \quad \text{CaSO}_3 + 1/2\text{O}_2 + 1/2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$$


Слика 5. Суво пречишћавање распршивачем

1.3.2.3 Влажни процеси

1.3.2.3.1 Општи приказ технологије одсумпоравања влажним поступком кречњак - гипс

Процес се базира на једноставном принципу: након што је пепео у највећој мери одстрањен из излазне струје димних гасова (остаје $< 50\text{mg/Nm}^3$), сорбент киселог карактера који углавном представља водени раствор кречњака (калцијум карбонат – CaCO_3) бива распршен у излазну струју димних гасова. Поступак је приказан на слици 3. Сорбент реагује са SO_2 у струји гаса формирајући нуспродукт који је сулфитног или сулфатног карактера. Калцијум сулфит или сулфат пада у реакциони базен у доњем делу апсорбера, где се рецикулационим пумпама настала суспензија поново враћа у апсорбер и распршује супротно смерно од струје димних гасова. У зависности од врсте оксидације која је примењена у поступку одсумпоравања процес ће резултирати добијањем сулфитног или сулфатног нус производа.



У влажном поступку са принудном оксидацијом користе се вентилатори којима се доводи додатна количина кисеоника у цео процес, тако да је добијени производ калцијум сулфат, односно гипс:

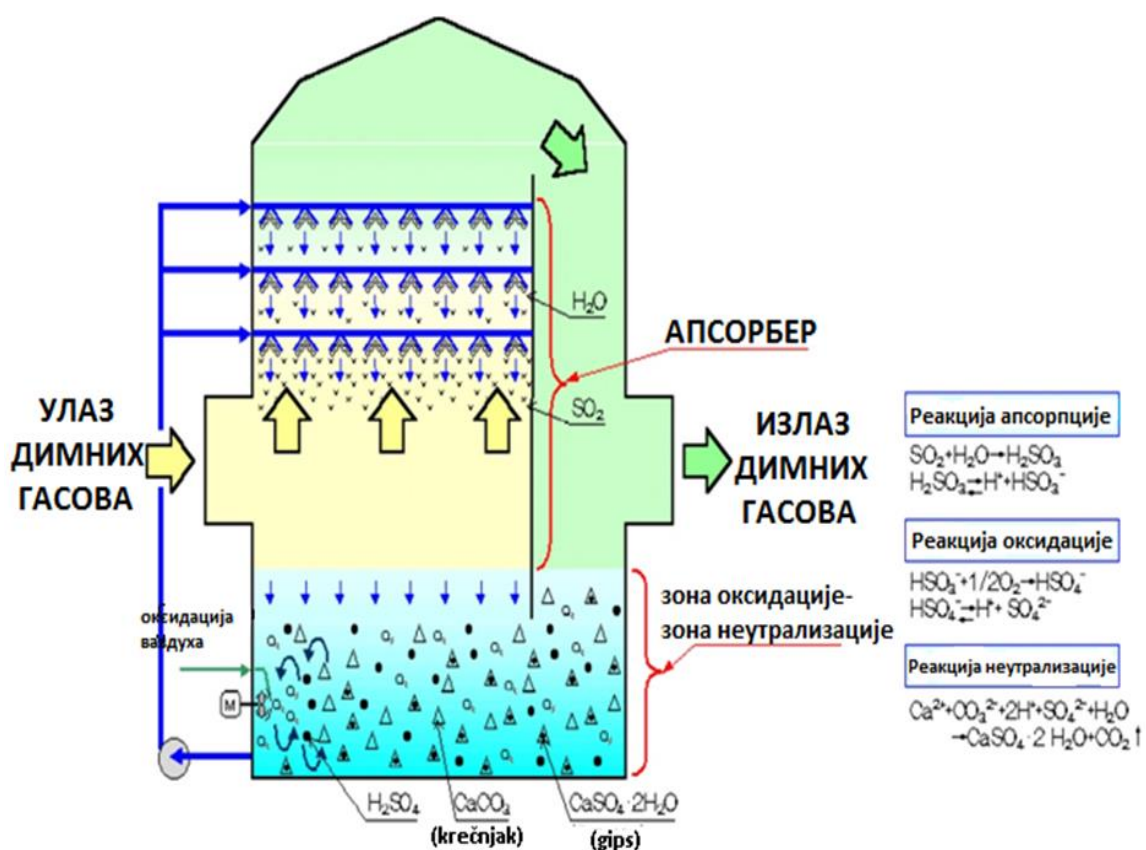


CaSO_3 – калцијум сулфит

CaSO_4 – калцијум сулфат (гипс)

Процес резултује оксидацијом калцијум сулфита у калцијум сулфат.

Одстрањивање воде се најчешће постиже хидроциклонима и филтер тракама, након чега се као крајњи продукт добија гипс са $< 10\%$ влаге. Кречњак, који се добија у комадима величине око 20mm, меље се у кугличним млиновима где се додаје и вода и као суспензија се убацује у апсорбер. Преливна вода из хидроциклона се враћа натраг у процес одсумпоравања, а само један мали део се баца, односно одводи у фабрику за прераду одпадне воде.

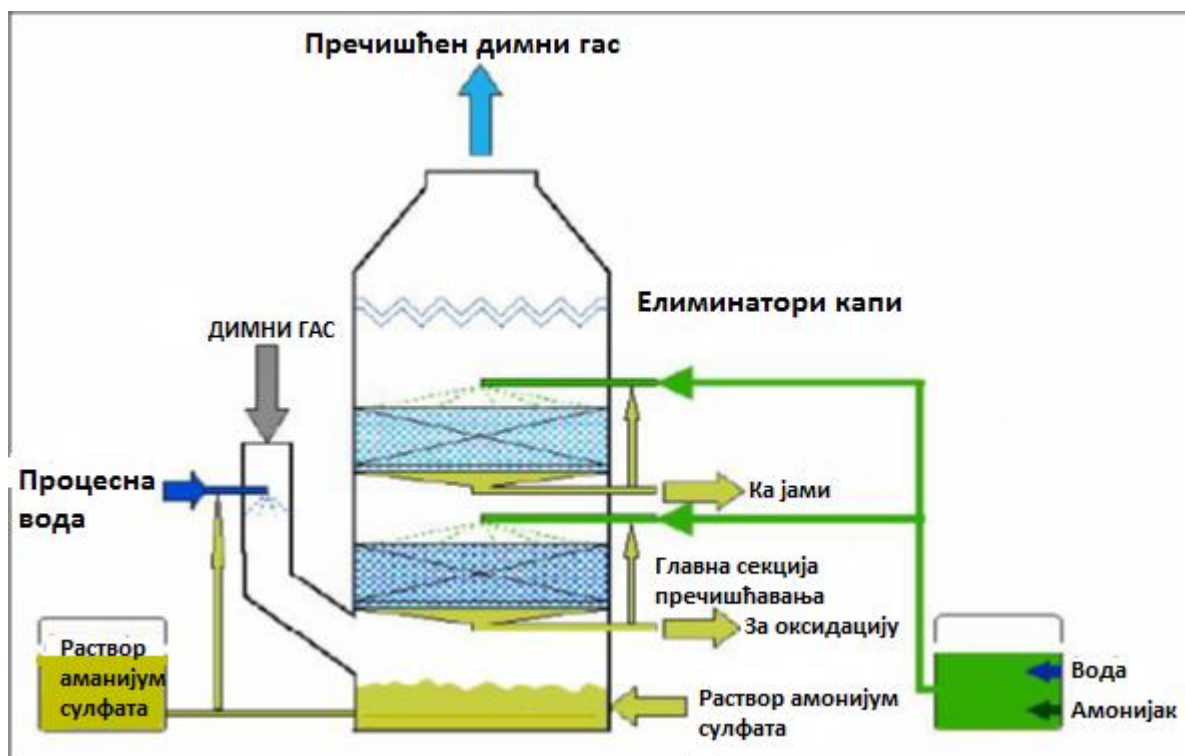


Слика 3. Технологија одсумпоровања влажним поступком

1.3.2.3.2 Испирање амонијаком

У овом поступку сумпор диоксид се апсорбује помоћу воденог раствора амонијака стварајући амонијум сулфат (ђубриво) као нус продукт. Постоји вишак овог ђубрива из других извора у индустријски развијеним земљама па се овај поступак ретко користи.

Шематски приказ процеса одсумпоровања испирањем амонијаком приказан је на слици бр.6.



Слика 6. Пречишћавање димног гаса амонијаком

1.3.2.3.3 Влажно пречишћавање магнезијумом

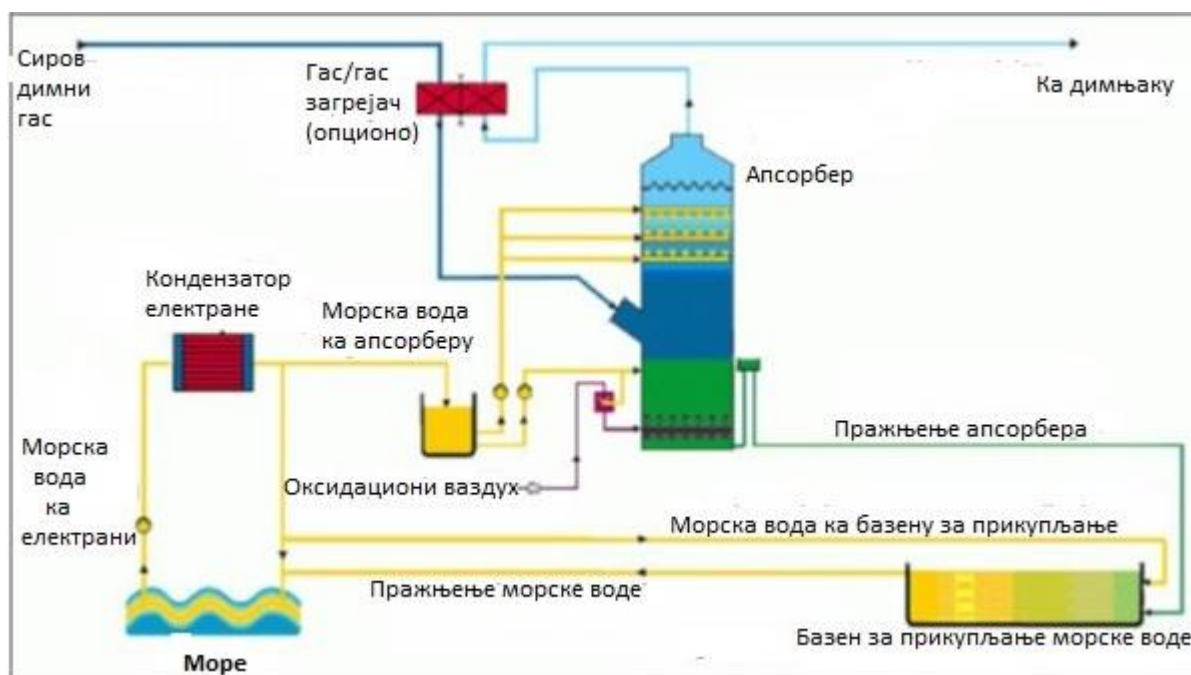
Реагенс у овом поступку је магнезијум хидроксид, који се добија додавањем гашеног креча у морску воду како би се побољшала алкалност. Магнезијум сулфат се као оток избацује у море али нема утицаја на животну средину јер и сама морска вода садржи управо магнезијум сулфат. Ова метода се углавном примењује за мања постројења (до 50 MW) па неће даље бити описивана.

1.3.2.3.4 Пречишћавање морском водом

Скрубер са морском водом користи природна својства морске воде да апсорбује и неутрализује сумпор диоксид у димним гасовима. Обично се морска вода користи за хлађење кондензатора, а након кондензатора се користи за постројење за одсумпоравање.

Принцип рада постројења је следећи: димни гас након електрофилтера иде у апсорбер где долази у контакт са контролисаном количином морске воде, узетом након хлађења кондензатора. Захваљујући присуству бикарбоната и карбоната у морској води, сумпор диоксид из димног гаса се апсорбује. Такав кисели оток из апсорбера се меша са додатном морском водом да би се осигурао оптимални рН ниво за оксидациони процес. Уведени ваздух убрзава оксидацију апсорбованог сумпор диоксида из бисулфита у

бисулфат и уклања растворен CO_2 . Морска вода ће бити у великој мери засићена кисеоником а рН вредност ће бити враћена на неутралну вредност (рН 6) пре него се избаци у море. Овај поступак не укључује ни унос ни износ реагената или чврстих нус производа. Користи се само морска вода која је већ прошла кроз процес производње (хлађење кондензатора). Процес је базиран на следећој хемијској реакцији:



Слика 7. Шема пречишћавања морском водом

1.3.2.3.5 Третман димног гаса електронским снопом (Electron Beam Flue Gas Treatment – EBFGT)

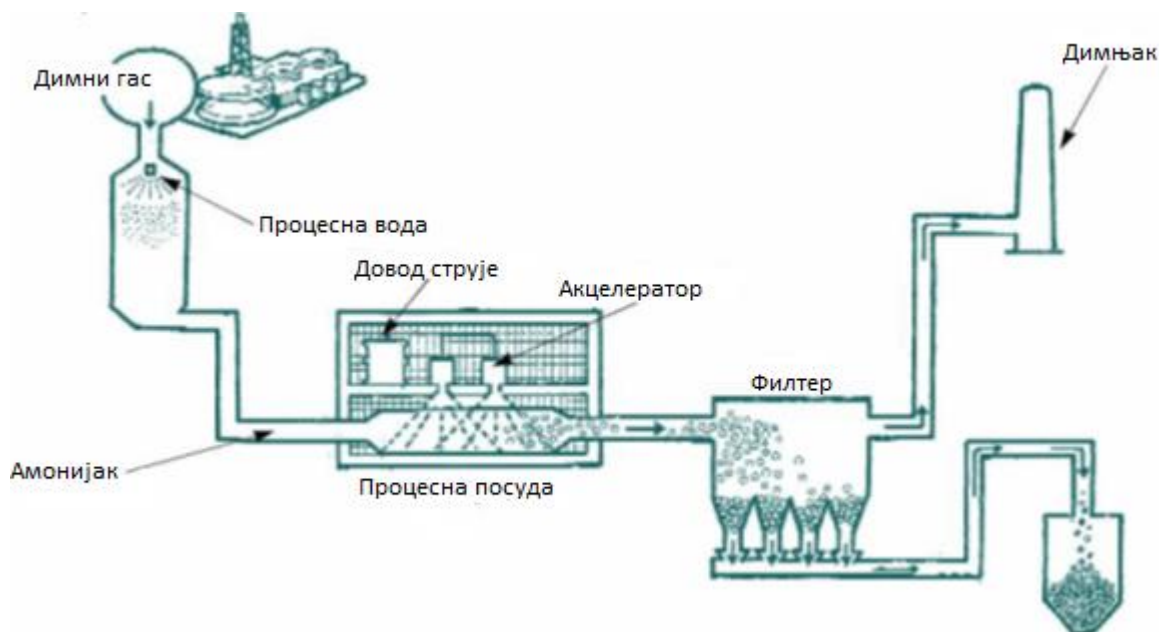
Годинама су развијане одвојене методе за редуковање SO_2 и NO_x из димног гаса. SO_2 се обично уклања влажним скраберима, док се NO_x обично уклања каталитичком реакцијом, али ниједна метода се не може адаптирати за уклањање оба загађивача. Штавише, ово су скупи процеси у смислу инсталирања и рада и производе велике количине отпадне воде која такође мора бити третирана.

Процес EBFGT симултано и ефектно уклања оба загађивача. Овај процес ствара мање отпада него конвенционалне методе, сигурна је и проверена технологија и има додатну корист јер се произукује користан нус производ – вештачко ђубриво.

Процес није нов, развијен је у Јапану и Америци '90 година, у међувремену је скалиран до индустријских размера али није у широкој употреби јер су развијене земље већ имале уграђена постројења за одсумпоравање.

Процес је приказан на слици 8 и састоји се у следећем: димни гасови се прво охладе распршивањем воде у каналу димног гаса и то на температуру од 70 – 90 °C. Амонијак

се додаје сада већ влажном димном гасу који се затим излаже нискоенергетској радијацији електрона из акцелератора. У зони зрачења, азот, кисеоник и водена једињења димног гаса се засићују помоћу електрона који поседују високу енергију да би формирали радикале и јоне. Ове честице су у стању да започну оксидационе реакције са сумпор диоксидом и оксидима азота и на тај начин стварају сумпорну и азотну киселину. Ове киселине се неутралишу раствором амонијака и тако се стварају честице амонијачне соли које се затим сакупљају у филтеру. Овај нус производ је пољопривредно ђубриво. Ово је јединствена комбинована метода где се оба загађивача – SO_2 и NO_x конвертују у корисне нус производе. Иако је EBFGT процес који користи радијацију, нема радиоактивности при раду нити има остатака радијације.



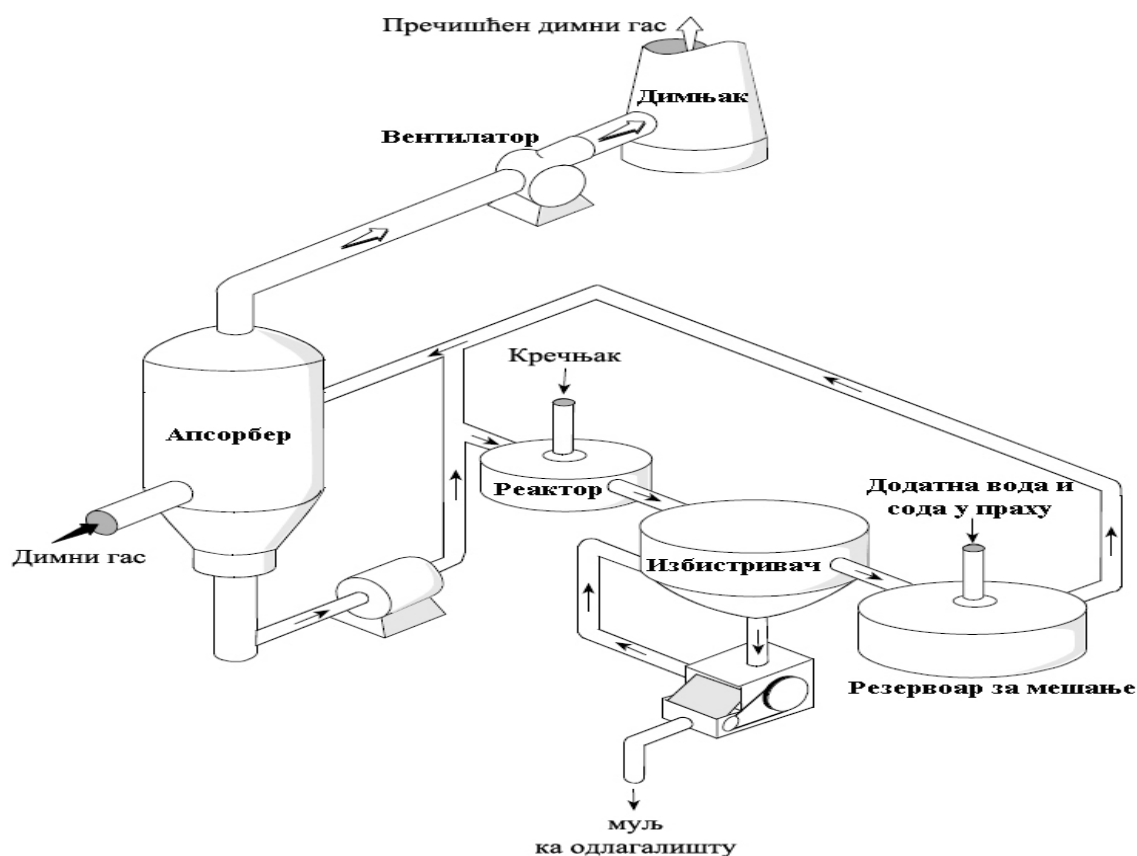
Слика 8. Шема третмана димног гаса електронским снопом

1.3.2.3.6 Двојаки алкали

Име поступка проистиче због присуства два типа компоненти током апсорпције. Дуални алкални поступак користи алкални раствор на бази натријума као сорбент. Поступак такође садржи фазу (корак) регенерације сорбента у коме се користи кречњак. Формирани у овој фази, Калцијум сулфит и сулфат одвајају се као муљ, док се регенерисани раствор натријума поново користи у фази апсорпције (слика 9). Хемијске реакције процеса су веома сличне кречњачком поступку.

Раствор на бази натријума (NaOH , Na_2CO_3 и Na_2SO_3) доводи се у контакт са димним гасовима у апсорберу. Коришћени течни раствор транспортује се у реактор у оквиру корака регенерације, где се одиграва мешање са кречњаком, формирање соли калцијума и регенерација сорбента. Муљ из реактора усмерава се ка разбистривачу или

на згушњавање где се филтрира, пере водом и празни. Регенерисани раствор натријума шаље се у резервоар за мешање, где се додају хемијска једињења на бази натријума (сода у праху или каустична сода) и вода, и враћају назад у апсорбер. Алкални раствор натријума ефикаснији је од кречног раствора. Захтевани однос течне и гасне фазе (L/G) је много нижи у односу на процес са кречом/кречњаком, ефикасност процеса је око 95%. Као резултат добре растворљивости сумпорних оксида у натријумовом алкалном раствору, избегнути су проблеми као што је корозија, ерозија и формирање наслага унутар опреме и инсталација. Поступак је приказан на слици 9.



Слика 9. Пречишћавање двојаком алкалима

2. Законска регулатива

Влада Србије је у циљу усаглашавања са захтевима регулативе Европске Уније (Директива 2001/80/ЕС) ,током 2010 године, донела две уредбе којима се допуњује Закон о заштити ваздуха (Службени гласник РС, број 36/09). Уредбом од 16.септембра 2010.године прописују се:

- граничне вредности емисије загађујућих материја у ваздуху из стационарних извора
- начин, поступак, учесталост и методологија мерења емисије загађујућих материја
- критеријуми за успостављање мерних места за мерење емисије
- поступак вредновања резултата мерења емисије и усклађеност са прописаним нормативима

- садржај извештаја о извршеним мерењима емисије и билансу емисије
- начин достављања података о емисијама за потребе информационог система и рокове достављања података
- дозвољена прекорачења граничних вредности емисија загађујућих материја за одређени период
- поступање у испуњавању обавеза које произилазе из утврђених националних емисија

Степен одсумпоравања се дефинише као однос количине сумпора која се не емитује у ваздух из постројења за сагоревање у одређеном периоду и количине сумпора садржаног у гориву, која је унета у постројење за сагоревање, у истом посматраном периоду.

Збирни приказ граничних вредности емисија за сумпор диоксид, оксиде азота, суспендоване честице и угљен моноксид, дат је у следећој табели (за угаљ, за велика постројења, сведено на 6 % O₂):

супстанца	гранична вредност емисије (mg/Nm ³)
SO ₂	400*
NO _x	200
suspendovane čestice – RM	50
CO	250

Табела 2. Граничне вредности емисија

* - За постројења са топлотном снагом већом од 500 MW мора се постићи степен одсумпоравања од најмање 94 %.

За нова постројења вредност емисије за сумпор диоксид је 200 mg/Nm³, односно 400 mg/Nm³ уз степен одсумпоравања од 95 % ако се наведена вредност од 200 не може постићи због карактеристика горива (за постројења изнад 300 MW).

- Европска Комисија је 24. новембра 2010.усвојила Директиву 2010/75/EU (IED) која је на снази од 6. јануара 2011. и где је вредност SO₂ ограничена на 200 mg/Nm³ за постројења >300 MW. У табели 3 црвеном бојом је означена гранична вредност сумпордиоксида за сагоревање лигнита на основу ове директиве.

**гранична вредност емисије SO₂ (mg/Nm³) за постројења за сагоревања чврстих или течних горива са изузетком гасних турбина и плинских мотора.*

Укупни номинални термички улаз (MW)	Угаљ, лигнит и друга чврста горива	Биомаса	Тресет	Течна горива
50-100	400	200	300	350
100-300	250	200	300	250
≥300	200	200	200	200

Табела 3. Граничне вредности емисије SO₂ према директиви EU (IED)

3. Пројекат одсумпоровања у Термоелектрани Костолац Б

3.1 Уводне напомене

Релативно висок садржај сумпора у угљу костолачког угљеног басена (око 1,3%) и прекомерна емисија сумпорних оксида у димник гасовима ТЕ Костолац (5000-7000 mg/m³), условили су да се прво постројење за одсумпоровање димних гасова у термоелектранама Србије, пројектује и изгради баш у "ТЕ Костолац-Б".

Усвојен је предлог за коришћење нерегенеративног процеса влажним поступком, кречњак-гипс. Влажни поступак кречњак-гипс представља најшире примењивану технологију одсумпоровања димних гасова са око 80 % светског тржишног учешћа. Као сорбент (упијач) користи се кречњак и представља повољно решење са аспекта доступности и цене (мање од 7 €/т) у односу на друге сорбенте. Планирано је да се кречњак довози из оближњих рудника (Деспотовац, Аранђеловац, Голубац) друмским превозом камионима, а касније, по завршетку изградњи пруге која је у току и железницом.

У оквиру ТЕКО-Б изграђено је наткривено складиште кречњака. За пречишћавање димних гасова из сваког блока предвиђен је посебан апсорбер, који је супротнострујни, са рецикулацијом суспензије кречњака на више нивоа. Одлагање дехидриране суспензије гипса врши се на предвиђеној депонији копа Дрмно, уколико се не обезбеди сталан откуп гипса. Интересовање грађевинске индустрије за овај материјал постоји и у току су анализе и пробна употреба у неколико цемента и фабрика гипсаног материјала.

Постројење је предвиђено да ради у свим режимима рада котла (стартовање, заустављање, вршно оптерећење, континуалан рад итд.), уз сагоревање угља доње топлотне моћи од минимум 6285 kJ/kg.

Основни задатак постројења за одсумпоровање је смањење емисије SO₂ за 97,5 %, постижући на тај начин излазне концентрације SO₂ ниже од 200mg/Nm³ (6% O₂, сув гас) и то при пуном оптерећењу блока и при сагоревању угља најлошијег квалитета. Садашње излазне концентрације сумпор диоксида достижу 5000 mg/Nm³ па чак и до 7000 mg/Nm³.

3.2 Технички подаци о перформансама система

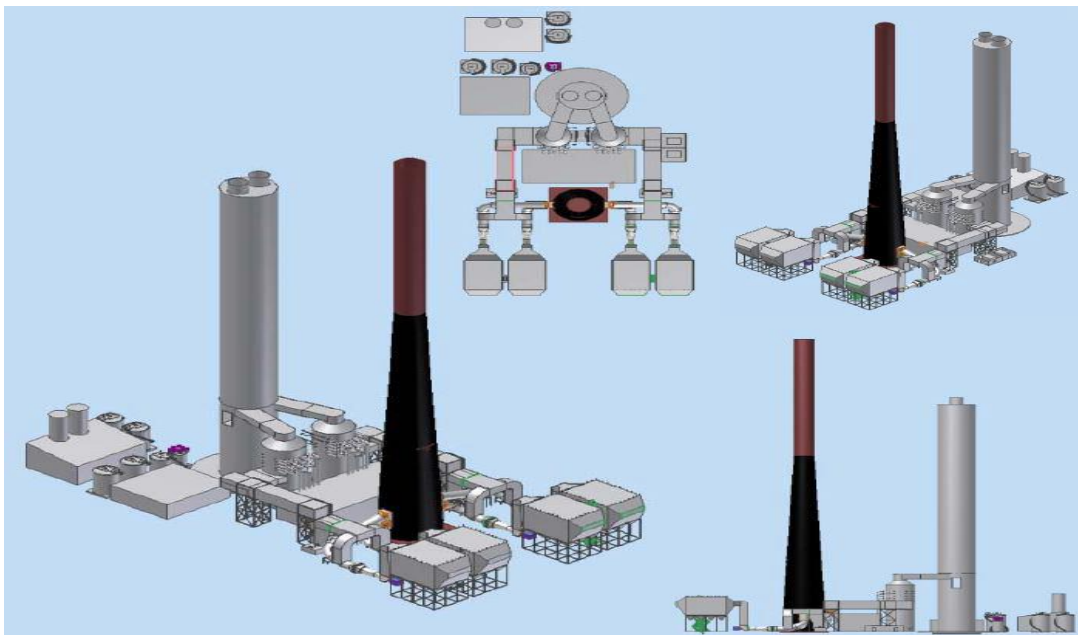
- | | |
|---|------------------------|
| (1) Коефицијент корисности система одсумпоравања | >97,5% |
| (2) Коефицијент корисности уклањања прашине | >40 % |
| концентрација сумпор диоксида на излазу | <200mg/Nm ³ |
| (3) Садржај капљица распршене магле | <200mg/Nm ³ |
| (4) Потрошња електричне енергије | <20380kW |
| (5) Бука | <85dBA |
| (6) Поузданост рада | 90% X 8760h |
| (7) Просечна потрошња кречњака није већа од 18 t/h за непрекидан рад сваке јединице . | |
| (8) Просечна потрошња воде није већа од 160 t/h за непрекидан рад сваке јединице. | |
| (9) Температура димног гаса на улазу у димњак није мања од 50°C | |
| (10) Захтев (услов) за квалитет гипса: | |
| • Влага мања од 10 % тежине | |
| • Чистоћа гипса треба да буде >95% ако је чистоћа CaCO ₃ у кречњаку >97%. | |
| • На основу пројектоване чистоће кречњака (CaCO ₃ =94%) чистоћа гипса сигурно неће бити < 93%. | |

3.3 Диспозиција објеката новог постројења за одсумпоравање

Постројење за влажно одсумпоравање димних гасова смештено је у правцу исток–североисток, у простору између постојећег електрофилтарског постројења, постојећих мостова за транспорт угља и транспорт пепела и будућег моста за транспорт угља блока 3. Део постројење за складиштење кречњака и припрему кречне суспензије налази се неколико стотина метара југоисточно од главне зграде, иза будућег блока 3. Површина простора потребног за постројење ОДГ (одсумпоравање димног гаса) износи приближно 16000 m² (нешто више од 2 фудбалска терена). Пројектом је предвиђена изградња следећих грађевинских објеката:

- зграда пумпне станице
- две зграде постројења за циркулационе пумпе и дистрибуцију оксидационог ваздуха (за блок 1 и блок 2)
- главна процесна зграда са електро постројењима, управљачким системима и главном командном собом.
- зграда постројења за дехидрацију (исушивање) гипса
- зграда транспорта гипса
- зграда постројења за млевење кречњака и припрему кречњачке суспензије
- нови влажни димњак

У згади за исушивање гипса на првом (најнижем) нивоу налази се складиште за привремено одлагање гипса. Апсорбери и бустер вентилатори (један по блоку), налазе се на отвореном близу новог димњака.



Слика 10. Диспозиција објекта новог постројења за одсумпоравање

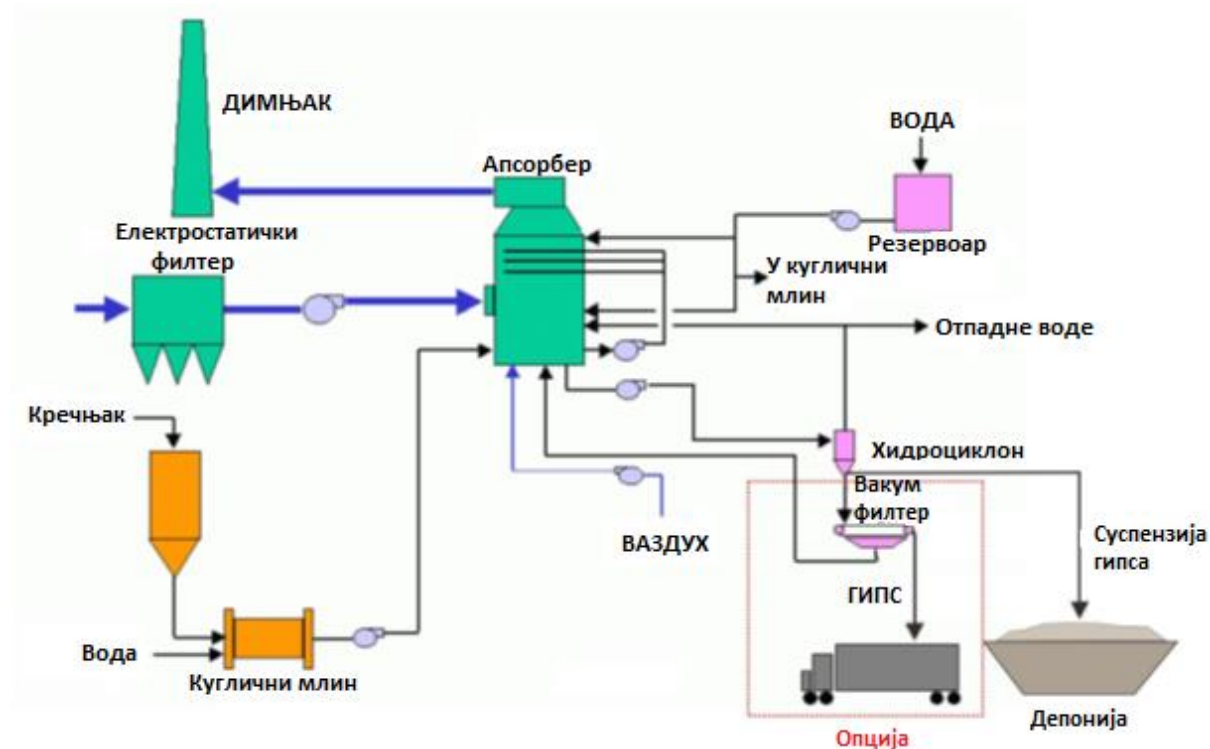


Слика 11. Положај постројења за одсумпоравање

3.4 Пројектовани технолошки поступак у Термоелектрани Костолац Б

За систем одсумпоровања димних гасова у термоелектрани Костолац-Б, усвојен је усвојен високоефикасан систем одсумпоровања влажним поступком, на бази кречњака –гипс, који производи фирма "*Beijing Bootes Electric Power Sci-Tech Co.Ltd.* – Н.Р. Кина. Систем је намењен за блокова Б1 и Б2 и састоји се из следечих подсистем, односно технолошких целина:

- допрема и складиштење кречњака
- припрема и транспорт суспензије кречњака
- систем апсорбера
- систем димног гаса
- систем дехидрације (исушивања) гипса
- систем транспорта гипса
- сервисни систем (процесна вода и компримовани ваздух)

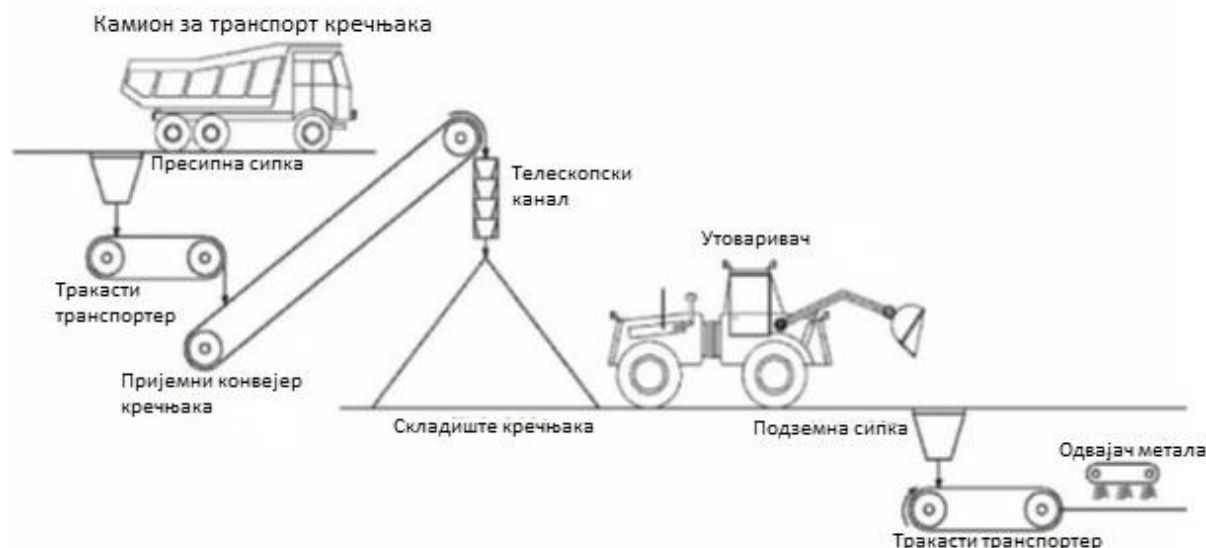


Слика 12. Шема одсумпоровања у Т.Е. Костолац-Б

3.4.1 Допрема и складиштење кречњака

Дробљени кречњак се на локацију термоелектране допрема камионима и одлаже се у наткривено складиште капацитета 12200 т. Величина дробљених комада је 19mm. Кречњак се утоварним машинама из складишта убацује у два пријемна бункера, левкастог облика, одакле се помоћу вибрациони додавача који су опремљени магнетним одвајачем метала, преко елеватора са кофицама, убацује у силос за кречњак. Силос за кречњак има капацитет да обезбеди снабдевање система одсумпоровања оба блока термоелектране при раду у номиналним условима. На дну се силос дели на два конусна излаза преко којих се кречњак доводи до два тракаста транспортера са вагама за мерење тежине кречњака.

Изнад пријемних бункера и на врху силоса за кречњак, инсталисани су врећасти отпрашивачи. Они прикупљају летећу прашину насталу приликом претовара кречњака и пуњења силоса,



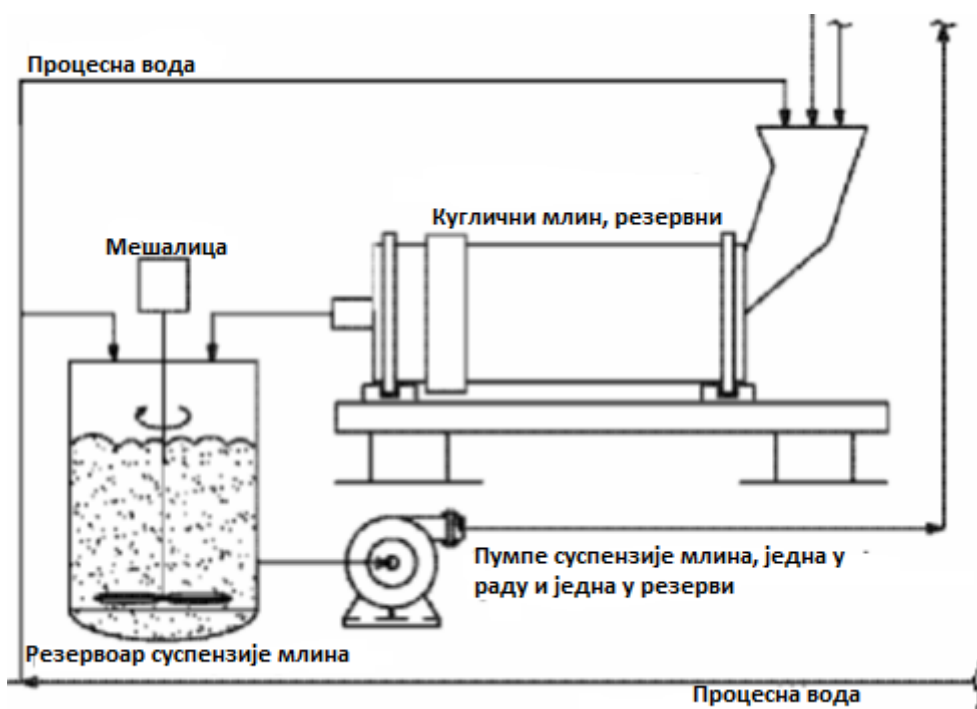
Слика 13. Скица допреме и складиштења кречњака

3.4.2 Млевење дробљеног кречњака

Кречњак се из два силоса доводи до тракастих транспор, који су опремљени инструментима за мерење количине кречњака. Постоје две паралелне гарнитуре припреме суспензије кречњака. Свака гарнитура система састоји се од следећих уређаја:

- (1) Доводна трака за мерење тежине кречњака
- (2) Влажни млин са челичним куглицама
- (3) Резервоар суспензије млина
- (4) Мешалица резервоара суспензије млина
- (5) Пумпа суспензије кречњака
- (6) Хидроциклон суспензије кречњака

Свака гарнитура има капацитет да обезбеди кречњак за два котла (2x348,5 MW) при пуном оптерећењу. Свака доводна трака са вагом за мерење тежине кречњака има 150% капацитета за једну котловску јединицу при пуном оптерећењу. Зависно од потребе, трака за мерење доводи кречњак у млин са челичним куглицама за влажно млевење. Системи млевења су пројектовани тако да производе млевени кречњак гранулације у којој најмање 90 % честица пролази кроз сито чији су отвори 44 μm), а да густина суспензије буде са 30 % удела чврсте материје. После млевења, кречњачка суспензија тече гравитационим путем у резервоар суспензије млина и онда се помоћу пумпе транспортује у хидроциклон за суспензију кречњака. У хидроциклону се суспензија раздваја на две фракције. Тежа фракција (веће честице кречњака), враћа се у млин на поновно млевење, док се лакша фракција (одговарајуће крупноће и садржаја чврстих материји) шаље у резервоар кречњачке суспензије.



Слика 14. Млевење дробљеног кречњака у кугличном млину

3.4.3 Допрема суспензије кречњака

У зависности од количине сумпор диоксида који треба уклонити, што зависи од садржаја сумпора у угљу и режима рада електране, мења се и потребна количина суспензије кречњака. Суспензија потребне густине (1200kg/m^3) и са садржајем 30% чврсте материје, транспортује се и складишти у резервоар кречњачке суспензије. Одатле се пумпом дозира у апсорбере, зависно од количине сумпор диоксида и квалитета гипса, односно од рН вредности у реакционом базену апсорбера. Инсталисане су по две пумпе за сваки од апсорбера.

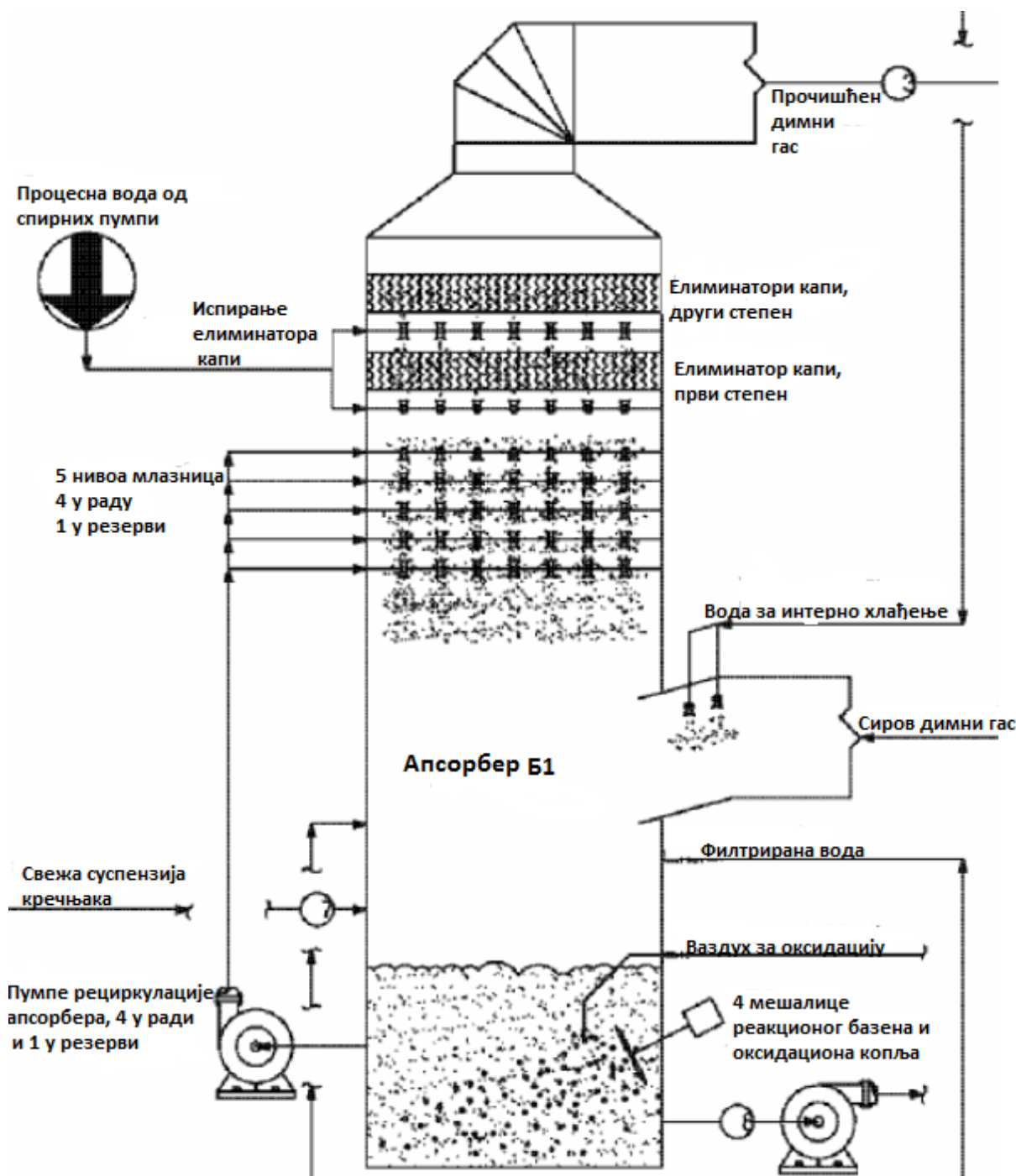
3.4.4 Апсорбер

Након проласка кроз електрофилтер, вентилаторе димног гаса и бустер вентилатор, струја димног гаса из сваког од блокова термоелектране улази у апсорбер и то непосредно изнад нивоа течне фазе у реакционом базену. Улазна зона апсорбера је израђена од угљеничног челика отпорног на корозију и обложена гумом. Корозија се може јавити као последица контакта улазне струје врелог, сувог димног гаса и влажне унутрашњости апсорбера. Након уласка у базен, струја димног гаса креће се у смеру на горе, ка врху апсорбера, при чему долази у контакт са финим капљицама кроз пет слојева распршене рециркулационе суспензије кречњака која апсорбује SO_2 из димног гаса. Сваки ниво распршивања рециркулационе суспензије садржи по једну разводну цев за довод суспензије на којој су постављене млазнице којима се суспензија распршује до захтеване величине капљица ($d < 2000 \mu\text{m}$) потребне за оптималну апсорпцију сумпор диоксида. Млазнице су на сваком нивоу распршивања распоређене тако да обезбеде равномерно распршивање по целој површини апсорбера, осигуравајући адекватни контакт капљица течности и струје димног гаса. Рециркулациона суспензија постепено постаје 20%-и раствор калцијум сулфата, калцијум сулфита, неизреагованих киселина, инертних материја, летећег пепела и различитих материја апсорбованих са сумпор диоксидом из струје димног гаса и затим пада у реакциони базен апсорбера. Дакле, апсорбован сумпор диоксид у суспензији реагује са раствореним калцијум карбонатом, образујући раствор калцијум сулфита – CaSO_3 .

Количина рециркулационе суспензије потребна за ефикасно уклањање дефинисане количине SO_2 утврђује се на основу односа течне и гасне фазе у апсорберу – однос Т/Г. Однос течне и гасне фазе, Т/Г, представља једну од процесних променљивих у моделу преноса масе. Однос Т/Г (количина течне фазе у литрима (Т) на 1000m^3 гаса на нормалним условима (Г)), представља количник вредности протока рециркулисане суспензије и протока димног гаса, односно количину рециркулисане суспензије која је потребна за ефикасно уклањање дефинисане количине SO_2 . Количина рециркулисане суспензије одређује потребну контактну површину расположиву за апсорпцију SO_2 . Код супротносмерног апсорберског торња, површина капљица распршене суспензије је приближно пропорционална степену распршивања и односу Т/Г при константном протоку димног гаса. Параметар Т/Г је најзначајнији пројектни параметар за израчунавање ефикасности одстрањивања SO_2 из димног гаса. Потребна вредност параметра Т/Г мења се и у зависности од осталих пројектних решења, као што је величина капљица распршене суспензије и сл. Усвојена вредност параметра Т/Г за термоелектрану Костолац Б износи 17.7, али ће ова вредност зависити од конкретног рада система и моћи ће да варира. Достицање усвојеног Т/Г односа обезбеђује се путем неколико нивоа распршивања суспензије, сваки формиран од одређеног броја млазнице постављених на конзолним носачима у апсорберу. Сваки ниво распршивања има засебну рециркулациону пумпу за довод суспензије. Носачи млазница израђени су од пластике ојачане стакленим влакнима или од полипропилена, материјала отпорног на абразију, док су млазнице израђене од силицијум карбида са силицијум нитрид везама. Пречишћен димни гас након тога пролази кроз двостепени елиминатор капљица који из истог уклања капљице суспензије и воде, а потом се кроз

димни канал на врху апсорбера усмерава у нови влажни димњак. Саставни део апсорбера је реакциони базен којим се отклања потреба постојања посебног базена за производњу гипса.

У реакционом базену се врши и принудна оксидација како би се обезбедио прелазак калцијум сулфита (CaSO_3) у калцијум сулфат (CaSO_4). За ту сврху су инсталиране посебне дуваљке (оксидациони вентилатори), помоћу којих се ваздух убацује у апсорбер.



Слика 15. Шематски приказ апсорбера

У табели 5 приказан је однос количине суспензије и димног гаса:

Распршивање суспензије у апсорберу		
Проток димног гаса (влажни гас 6%O ₂)	m ³ /h	2 149 560
Број нивоа распршивања		5
Број радних нивоа распршивања		4
Број резервних нивоа распршивања		1
Број млазница на сваком нивоу		124
Проток по млазници	l/min	1277
Укупан проток за 4 радна нивоа	l/min	633 392
Однос течне и гасне фазе		17,7

Табела 4. Однос количине суспензије и димног гаса

Током процеса влажног одсумпоровања димног гаса у апсорберу, стварају се капљице (магла) чије су честице величине 10-60µm. Осим воде, у магли се налази још и растворена сумпорна киселина, сулфати, SO₂ итд. Како би се спречило да оваква магла кроз димњак изађе у атмосферу, неопходно је да се током процеса одсумпоровања она уклони из апсорбера, т.ј. мора бити елиминисана из димног гаса пре него што он напусти апсорбер.

Пројектним решењем ОДГ постројења изабрана је примена **двостепеног елиминатора капи** израђеног од полипропилена. Систем рада елиминатора магле заснива се на ефекту гравитације и инерције. Када димни гас који садржи капљице пролази кроз елиминатор магле одређеном брзином, судариће се са унутрашњом конструкцијом елиминатора магле и оне ће остати на његовој површини. Капљице на површини унутрашње конструкције елиминатора акумулираће се захваљујући ефекту дифузије и гравитације, а када достигну одређену тежину одвојиће се од конструкције и пасти у реакциони базен.

Делови доњег степена елиминатора капи редовно се испирају како са предње (у смеру струјања димног гаса), тако и са задње стране (супротно од смера кретања гаса). Горњи степен редовно се испира само са предње стране. Притисак и проток воде за испирање елиминатора капи прорачунати су тако да обезбеде ефикасно уклањање чврстих наслага и хемијски активних течности. Предвиђена је инсталација две (2) пумпе за испирање елиминатора капи које ће транспортовати воду за испирање од резервоара процесне/сервисне воде до оба степена елиминатора капљица.

На слици 16. приказан је изглед елиминатора капљица када димни гас протиче кроз њега хоризонтално и вертикално. У нашем случају имамо вертикални проток.



Слика 16. Елиминатор магле



Слика 17 . Општи приказ апсорбера

Реакциони базен апсорбера је пројектован тако да обезбеди довољно време за одвијање свих процесних реакција у оквиру поступка одсумпоравања. На тај начин минимизује се опасност од образовања наслага на елиминатору капљица у апсорберу. Релативно ниска рН вредност суспензије у реакционом базену апсорбера резултује малом количином вишка кречњака и високом чистоћом добијеног гипса. Како би се рН вредност држала константном, суспензија кречњака се континуално уводи у реакциони базен, замењујући кречњак употребљен за апсорпцију SO₂. Осим рН вредности, важне процесне параметре представљају и садржај чврсте материје и концентрација хлорида. Одводом дела суспензије из апсорбера на угушћење, садржај чврсте материје у суспензији одржава се на ~20%. Чистоћа гипса мора се одржавати изнад 94 %, док се ниво хлорида мора контролисати како би се одржао испод 15000 ppm. Реакциони базен димензионисан је тако да обезбеди довољно време за одвијање свих процесних реакција у оквиру поступка одсумпоравања. Величина реакционог базена дефинисана је на основу два параметра:

- времена боравка течне фазе у реакционом базену и
- времена боравка чврсте фазе у реакционом базену.

Време боравка течне фазе у базену апсорбера утврђује се на основу односа запремине базена и протока суспензије која се рециркулише. Проток рецикулационе суспензије у ОДГ постројењу ТЕ Костолац Б износи 38000m³/h, док је запремина реакционог базена 2700 м³, чему одговара ниво суспензије у базену од 13,8 м и време задржавања течне фазе од око 4,3 минута.

Време боравка чврсте фазе у реакционом базену одређује се на основу односа добијеног чврстог продукта који се формира у базену апсорбера (гипс у чврстој фази) и нето производње гипса. За случај разматраног ОДГ постројења на ТЕ Костолац Б, време боравка чврсте фазе у реакционом базену износи око 12,1 h.

3.4.5 Додавање суспензије кречњака у апсорбер

Током одвијања процеса апсорпције SO₂ из димног гаса, постепено долази до снижавања рН вредности процесне суспензије. У циљу отклањања дефинисане количине SO₂ из димног гаса, али и одржавања константне рН вредности суспензије кречњака, као и потребе за поспешивањем процеса апсорпције, у реакциони базен апсорбера се кроз посебну цевну грану доводи свежа кречњачка суспензија из резервоара кречњачке суспензије. Количина свеже суспензије коју је потребно додати у апсорбер одређује се помоћу дистрибуираног управљачког система и то на основу остваривања директне контроле рН вредности. Код управљачког мода у ком се остварује директно управљање рН вредношћу, сигнал који носи захтев за додавање суспензије кречњака заснован је искључиво на предефинисаној рН вредности. Вентил за регулацију довода свеже суспензије отвара се и затвара у зависности од потребе, како би се одржала захтевана рН вредност суспензије која се одводи из апсорбера.

3.4.6 Дехидрација гипса

3.4.6.1 Одвод суспензије гипса из апсорбера

Током апсорпције сумпор диоксида из димног гаса рециркулационом суспензијом кречњака, постепено долази до пораста количине укупно растворених чврстих материја у суспензији тј. до пораста њене густине. Када густина у апсорберу достигне $1180 - 1200 \text{ kg/m}^3$ и концентрација чврстих материја (гипса) буде између 15-20%, суспензија се из базена апсорбера пумпама за одвод суспензије транспортује ка постројењу за дехидрацију (одводњавање) гипса. Одводњавање се врши у две фазе, па се постројење дели на примарно и секундарно.

3.4.6.2 Примарно одводњавање гипса

За примарно одводњавање користи се хидроциклонска станица за гипс.

У оквиру постројења за одсумпоравање инсталиране су две хидроциклонске станице, односно по једна хидроциклонска станица за сваку вакумску филтер траку. У свакој станици хидроциклона уграђено је по дванаест хидроциклона. Концентрација доведене суспензије у хидроциклонску станицу је око 20%.

После циклонирања, у горњи ток одлази суспензија концентрације 4,59%, док је у доњем току концентрација 47,77% чврсте материје т.ј. гипса.

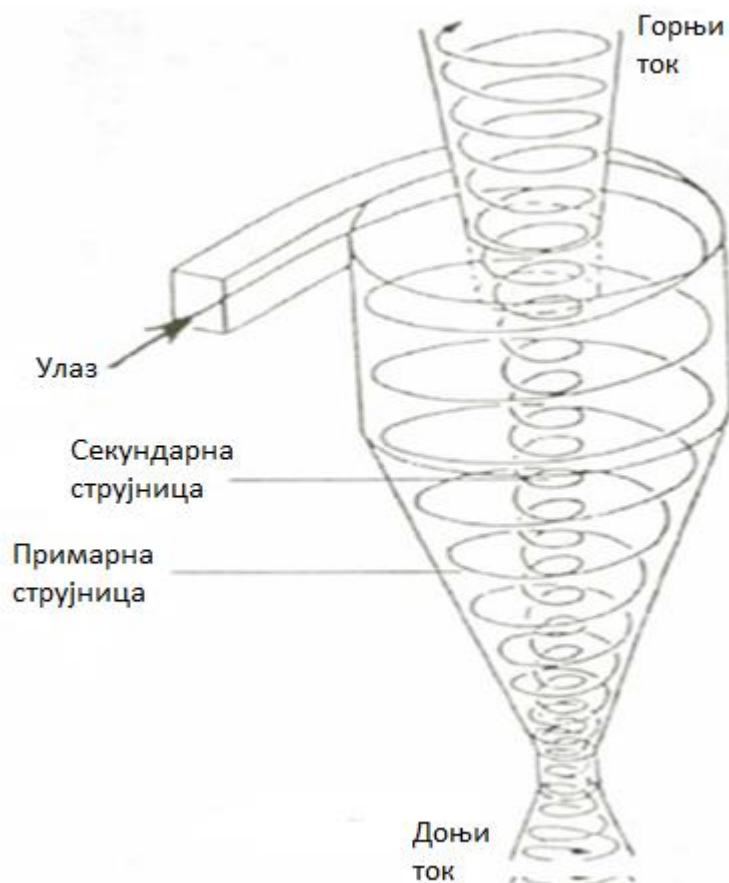
На сваком од 12 хидроциклона на станици, уграђен је по један електромоторни вентил. Њиховим отварањем регулише се оптерећење, које зависи од квалитета гипса и количине сумпордиоксида у апсорберу.

Суспензија из горњег, преливног тока (4,59%) шаље се у резервоар хидроциклона за отпадну воду, а суспензија из доњег, главног тока (47,77%) отиче ка вакумску филтер траку, т.ј. на секундарно одводњавање.



Слика 18. хидроциклон гипса

Нследећој слици приказан је настанак секундарне струјнице у хидроциклону и раздвајање лакших фракција у горњи а тежих у доњи ток.



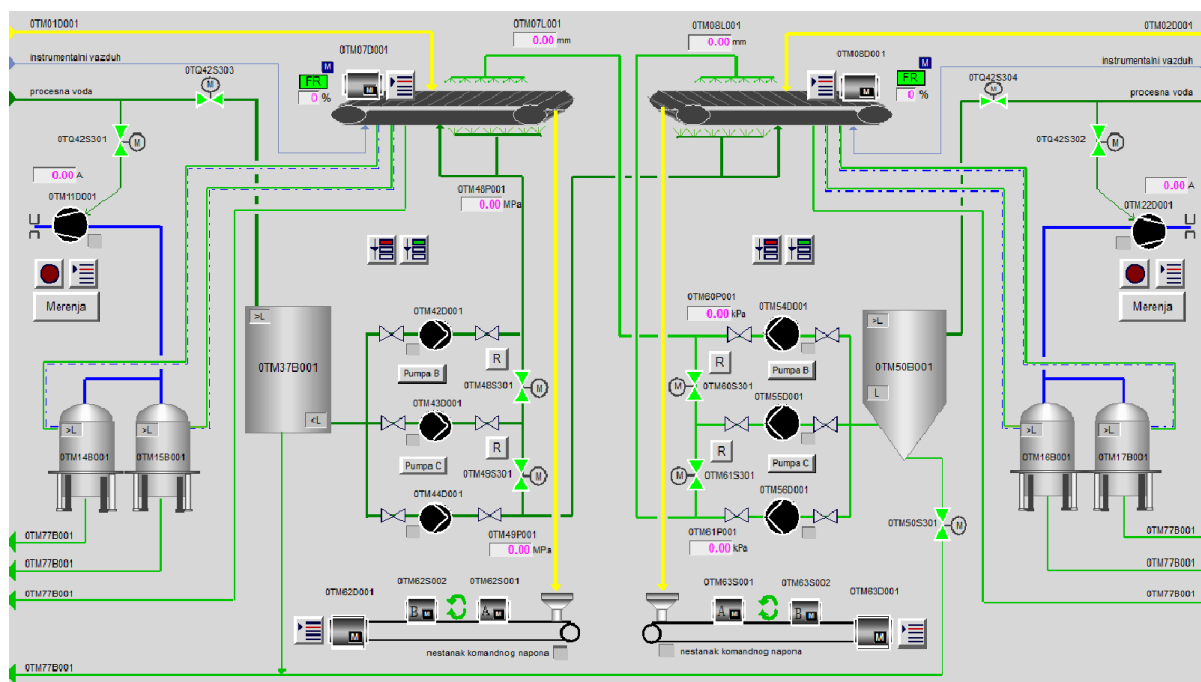
слика 19 . Принцип хидроциклонирања гипса

3.4.6.3 Секундарно одводњавање гипса

Други корак одводњавања гипса је секундарно одводњавање, односно издвајање воде из гипса на вакум филтерској траци. После одводњавања, садржај воде у гипсу је око 10%.

Пројектом су предвиђена два хоризонтална вакум тракаста транспортера за исушивање гипса. Сваки исушивач је у могућности да обради 75% гипса произведено из оба блока. На основу прорачунатог протока од 45t/h (гипс са садржајем воде 10%) , сваки вакум тракасти сушач има капацитет одводњавања од 48m². Дехидрирани гипс иде преко трачних транспортера у складиште гипса, затим се утоварном машином преноси у левак (бункер) и коначно се преноси системом транспортних трака на припремљену депонију у копу "Дрмно".

Вакум тракасти сушачи су главни уређаји у систему секундарног одводњавања гипса. Суспензија из доњег тока хидроциклона гипса са концентрацијом од 47,77% долази на вакум тракасти сушач. На крају одводњавања, садржај влаге у гипсу је око 10%. За остваривање вакума, инсталирана је по једна вакум пумпа за сваки вакум тракасти сушач. Пумпа је центрифугална и има улогу да створи вакум у колектору вакумске траке у циљу исушивања гипса. Вода издвојена из гипса током секундарног одводњавања се прикупља у један резервоар, одакле се поново користи у процесу одсумпоравања, тако што се враћа у апсорбер или у куглични млин за влажно млевење.



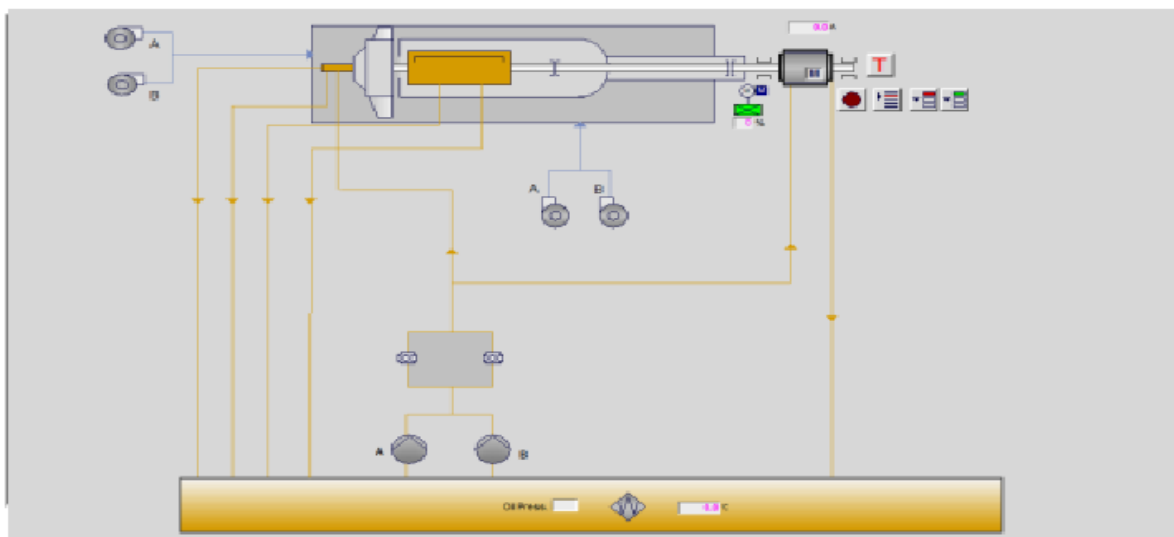
Слика 20. Секундарни систем одводњавања гипса

3.4.7 Систем димног гаса

Димни гас се помоћу два вентилатора извлачи из котла и после проласка кроз електрофилтере, где се издвајају прешкасте матерје, усмерава се на стари димњак или на нови систем одсумпоравања. Када димни гас иде на одсумпоравање, отвара се улазна ОДГ клапна и он улази у апсорбер. Након издвајања сумпордиоксида димни гас преко новог димњака излази у атмосферу. Главни делови овог система су: *систем бустер вентилатора, прегредни систем димних канала, инструменти за детекцију (анализатори) димног гаса и систем за хлађење димног гаса.*

3.4.7.1 Бустер вентилатор

Бустер вентилатор се користи да би савладао отпор који постоји током проласка димног гаса кроз апсорбер. Користи се аксијални вентилатор, укључујући ту и опрему као што је уљна станица и систем ваздушног заптивања.



Слика 21. Шема бустер вентилатора

3.4.7.2 Преградни систем димних канала

На систему димног гаса су уграђене следеће клапне: ОДГ улазна клапна на уписној страни бустер вентилатора и ОДГ бајпас клапна испред старог димњака. Улазним и бајпас клапнама управља се преко DCS система из главне командне соабе. Клапне су дводелне, са по два погона. Један део бајпас клапне се отвара и затвара по *on-off* систему, док је други део са подесивим положајем, што омогућава постепено затварање или отварање. Улазна ОДГ клапна поседује систем за ваздушно заптивање, који обезбеђује заптивеност када је клапна затворена.

3.4.7.3 Анализатори гаса

Анализатори димног гаса (CEMS) постављени су на улазу гасова у систем одсумпоравања и у димњаку, на излазу гасова у атмосферу. Ови анализатори обезбеђују континуално мерење емисије димних гасова (SO_2 , NO_x , CO, прашкасте матерје, влага).

3.4.7.4 Хлађење димног гаса процесном водом

Да би се, у случају повишене температуре димног гаса на улазу у ОДГ систем, заштитио улазни спроводни канал апсорбера и опрема која се налази у апсорберу, конструисан је један помоћни систем за распршивање процесне воде у улазни димни канал. Овај систем обухвата две пумпе, резервоар за хитну интервенцију (распршивање воде), као и договорачке вентиле и инструменте.

3.4.8 Нови влажни димњак

Оригинални (стари) димњак ТЕ Костолац Б пројектован је за рад са топлим, сувим димним гасом, а не за параметре димног гаса који се јављају као последица проласка гасне струје кроз постројење за одсумпоровање.

Након третирања у постројењу за одсумпоровање, zasiћени димни гас који садржи ситне капљице воде, пролази кроз двостепени елиминатор капи у апсорберу. Пречишћени димни гас такође садржи и SO_3 јер је постројење за одсумпоровање, иако веома ефикасно у уклањању SO_2 из димног гаса, релативно неефикасно у отклањању SO_3 . Ипак, садржај SO_3 је релативно мали у поређењу са количином емитованог SO_2 .

При проласку димног гаса кроз димњак, на унутрашњој страни димњака долази до акумулације влаге услед непосредног механичког деловања саме конструкције, али и услед одвијања кондензације. Ова влага високе киселости временом би продирала у постојећу облогу димњака израђену од цигала и разорно деловала на саму конструкцију димњака. Осим тога, влага која се нагомилава на унутрашњој површини димњака била би повучена струјом надоласећег димног гаса и испуштена кроз димњак у атмосферу. Поменуте капљице које на тај начин поново доспевају у струју гаса би, као појава која се назива “киша из димњака”, падала на објекте у околини димњака, изазивајући њихово значајно оштећење.

Као алтернатива постојећем димњаку, а у циљу избегавања претходно описаних појава, усвојена је опција изградње новог димњака који је предвиђен за рад са влажним гасом на изласку из постројења за одсумпоровање димних гасова ТЕ Костолац Б.

Нови влажни димњак пројектован је тако да има посебне димне цеви за сваки од блокова, око којих је заједнички бетонски омотач. Димне цеви су изграђене од челика, изнутра обложеног танким слојем титанијума. Током струјања гаса кроз нову димну цев долази до кондензовања влаге на унутрашњој површини цеви. Пречник димне цеви пројектован је тако да обезбеди одржавање довољно мале брзине димног гаса како би се спречило да капљице са зидова димне цеви поновно доспеју у струју димног гаса. Уместо тога, капљице влаге сливаће се низ зидове димне цеви и прикупљати како би се касније поново вратиле у апсорбер.

Како би се утврдила оптимална висина новог влажног димњака, током израде пројекта спроведена је анализа могућих висина димњака.

Разматране су три могуће висине димњака, 250, 180 и 150 m. Утврђено је да висина димњака од 150 m не може бити изабрана за разматрани случај јер рад електране са димњаком наведене висине не може испунити захтеве заштите животне средине у погледу приземних концентрација SO_2 и NO_x .

Анализом је утврђено да висине димњака од 200 и 250 m задовољавају услове заштите животне средине, не само у погледу имисија SO_2 , већ и са аспекта приземних концентрација NO_x . У крајњој одлуци изабрана је висина

димњака од 180 m, првенствено услед мањих трошкова изградње. Укупна висина димњака износи 180 m и у њу улази и део димних цеви који се пружа изнад бетонског крова димњака. Висина бетонског омотача износи 177 m. Пречник сваке димне цеви износи 7,6 m, тако да брзина димног гаса у цеви не прелази 18 m/s, чиме се смањује опасност од враћања капљица влаге у струју гаса.



Слика 22. стари и нови димњак

3.4.9 Сервисни системи

Сервисни системи обухватају, односно укључују систем процесне воде, систем инструменталног ваздуха и систем ваздуха за разне намене.

3.4.9.1 Систем процесне воде

Процесна вода се узима из једног унутрашњег (интерног) базена воде у багер станици главног погонског објекта, који добија воду из реке Дунав. Процесна вода се из овог интерног резервоара шаље помоћу три пумпе (две за рад и једна резервна) у резервоар процесне воде. Процесна вода која се користи за систем одсумпоровања се помоћу пумпи процесне воде (једна за рад и једна као резервна) шаље из резервоара процесне воде ка потрошачима ове воде, као што су апсорбери, заптивна вода вакум пумпи, вода за испирање и заптивање пумпи за суспензију, вода за припрему суспензије кречњака. Процесном водом се испира уређај за елиминацију магле. Вода за испирање се аутоматски шаље у уређај за елиминацију магле помоћу пумпи воде за испарење сваке јединице.

Такође, процесна вода се помоћу две пумпе шаље у резервоар за убризгавање у димни гас (у хитним случајевима).

3.4.9.2 Систем расхладне воде опреме

Расхладна вода за уређаје узима се из излаза пумпе процесне воде и враћа се у резервоар процесне воде. Главни потрошачи расхладне воде за уређаје су бустер вентилатори, вентилатори оксидације млинови са челичним куглицама, итд.

3.4.9.3 Систем компримованог ваздуха

Извор добијања ваздуха за систем компримованог ваздуха је компресор ваздуха система одсумпоровања са притиском од 0.6 до 0.8 МПа. Систем одсумпоровања има један резервоар инструменталног ваздуха, два компресора ваздуха и помоћну опрему као што су расхладни уређај и уређај за сушење.

Главни портошачи компримованог ваздуха јесу погонски механизам пнеуматских вентила, чишћење CEMS и чишћење инструмената за инспекцију и оправку, отресање прашине из одпрашивача и снабдевање ваздухом уређаја за подешавање филтер платна.

3.4.10 Транспорт и депоновање гипса

Гипс се из складишта у главној процесној згради, утоварном машином убацује у два подземна бункера, ширине по 4m. У доњем делу бункера уграђени су ваљци са зубима који ротирају и тиме спречавају скоревање гипса.

Испод сваког бункера уграђен је по један трачни транспортер, односно додавач. Са ова два додавача гипс се пресица на први од четири трачна транспортера, одакле се шаље ка спољном одлагалишту у копу Дрмно. На пресици последњег (четвртог) трачног транспортера, на самом одлагалишту, постављена је рударска машина – одлагач помоћу кога се гипс сипа у саму депонију.

На следећој фотографији приказан је транспорт гипса помоћу трачног транспортера.



Слика 23. Транспортер гипса

Одлагалиште гипса је смештено у делу копа из кога је угаљ већ извађен. Обложено је специјалном непропусном фолијом која спречава продор гипса у подземне воде. Одлагање гипса на специјално припремљену подлогу приказано је на слици 20.



Слика 24. Одлагање гипса

3.5 Сировине и продукти

Основни улазни материјали неопходни за влажни поступак кречњак-гипс су: кречњак, димни гас и вода. Главни продукт процеса ОДГ је гипс. (ОДГ – одсумпоравање димних гасова).

3.5.1 Кречњак

Довози се тренутно из најближег рудника кречњака "Јеленска Стена" код Голупца. Кречњак мора бити одређене чистоће (преко 94 % CaCO_3) како би нус производ – гипс могао бити комерцијално искоришћен. Потрошња кречњака зависиће од захтеваног нивоа одсумпоравања и оптерећења термоелектране. Потрошња кречњака током пробног рада у гаранцијском периоду се кретала око 13 t/h по блоку.

Пројектоване вредности су нешто веће и приказане су уследећој табели:

БЛОК ТЕ	Потрошња CaCO ₃	Потрошња кречњака		
	t/h	t/h	t/дан	t/год
Блок Б1	17,33	18,439	442.5	88.507
Блок Б2	17,33	18,439	442.5	88.507
Укупно/просечно	34,66	36.878	885	177.014

Табела 5. Пројектована потрошња кречњака у термоелектрани Костолац Б

3.5.2 Карактеристике димног гаса

Димни гас је продукт сагоревања угља и представља смешу гасова (сумпордиоксида – SO₂, азотних оксида – NO_x, угљенмоноксида – CO, флуорида, хлорида) чија концентрација зависи од карактеристика самог горива. Димни гас садржи и чврсте честице које су продукт непотпуног сагоревања угља (чађ) и присуства минералних компоненти у гориву (пепео). Сумпорни оксиди настају у процесу сагоревања када долази до оксидације сумпора присутног у гориву и формирања сумпордиоксида и сумпортриоксида. Више од 97 % сумпорних оксида у димном гасу чини сумпордиоксид. Следећа табела приказује основне карактеристике димног гаса пре и после процеса одсумпоравања:

Параметар	Јединица	Угаљ средње топлотне моћи	
		Пре апсорбера	Након апсорбера
Топлотна моћ угља	kJ/kg	7673	
Количина димног гаса (влажни, 1013 mbar, 0° C)	m ³ /h	2 010 600	2 192 392
Температура димног гаса	°C	170	64
Концентрација SO ₂ у димном гасу (суви, 1013 mbar, 0° C, 6 % O ₂)	mg/m ³	5619	200
Концентрација честица у димном гасу (суви, 1013 mbar, 0° C, 6% O ₂)	mg/m ³	50	25
Концентрација HCl у димном гасу (суви, 1013 mbar, 0 °C, 6 % O ₂)	mg/m ³	50	2
Концентрација HF у димном гасу (суви, 1013 mbar, 0 °C, 6 % O ₂)	mg/m ³	30	3
Емисија SO ₂	kg/h	7046 – 7500	90

Табела 6. Карактеристике димног гаса пре и након постројења ОДГ

3.5.3 Вода

Вода која се користи у процесу одсумпоровања је уствари вода из реке Дунав. Губици настали испаравањем у апсорберу и исушивањем гипса се надокнађује додавањем процесне воде и воде прикупљене током процеса одводњавања, односно воде филтрата. Највећи део воде се након издвајања из гипса враћа поново у процес одсумпоровања, а само се мали део (око $20\text{ m}^3/\text{h}$), шаље у постројење за третман отпадних вода и након тога поново у реку.

Пројектована потрошња процесне воде у процесу одсумпоровања износи $192.9\text{ m}^3/\text{h}$ по блоку.

3.5.4 Гипс добијен процесом одсумпоровања – ОДГ гипс

Гипс добијен процесом одсумпоровања димних гасова по технолошким карактеристикама одговара природном гипсу. ОДГ гипс обично има виши садржај калцијум сулфат дихидрата ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Боја ОДГ гипса је углавном жућкаста и потиче од нечистоћа и једињења гвожђа или мангана или су остаци сагоревања – пепео или угљеник.

Очекивана вредност концентрације хлорида у суспензији гипса је од 5280 до 7020 ppm. ОДГ гипс се не налази на листама отпада OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development – Организација за економску кооперацију и развој). Америчка агенција за заштиту животне средине (EPA – Environmental Protection Agency) такође класификује ОДГ гипс као нус производ за који је утврђено да није опасан.

3.6 Потрошња електричне енергије

Постојеће разводно постројење 110 kV проширено је за два нова трафо поља из којих се преко два 110 kV надземна вода напајају нови трансформатори за процес одсумпоровања. Процењена потрошња електричне енергије потребне за процес одсумпоровања (за оба блока) износи:

- 19 MW/h за угаљ средњег квалитета
- 18 MW/h за угаљ лошијег квалитета

.

3.7 Поузданост рада постројења за одсумпоровање димних гасова

Постројење за одсумпоровање биће интегрални део термоелектране, не само у погледу инсталисане опреме, већ и у функционалном смислу. Постројење за одсумпоровање пројектовано је са довољном резервом да гарантује сигуран рад термоелектране. Осим за апсорберски суд, за сву осталу опрему постројења предвиђено је обезбеђивање резервних делова кључне опреме.

Уколико постројење (апсорберска јединица) испадне из погона, рад термоелектране (блока) неће бити заустављен. Отвориће се аутоматски Ву-pass клапна до постојећег сувог димњака, којим се заобилази ОДГ постројење и блок наставља са радом. Када је ОДГ у раду Ву-pass клапна мора бити затворена како би се избегло увођење влажног димног гаса у стари димњак, што би врло брзо довело до његовог кородирања и пропадања.

Пројектована поузданос система износи 90% за 8600 часова рада.

4 Утицај на животну средину изграђеног постројења за одсумпоравања

Основна сврха постројења је смањење емисије SO₂, тако да ће допринос квалитету ваздуха несумњиво бити позитиван и за резултат ће имати побољшање квалитета ваздуха у погледу концентрације сумпорних оксида, што за последицу има читав низ позитивних ефеката по животну средину. Процес одсумпоравања оствариће позитиван утицај и кроз смањење количине емитованих чврстих честица и киселих гасовитих компонената – HCl и HF (хлороводонична киселина и флуороводонична киселина).

Процена смањења загађујућих материја дата је у следећој табели:

SO₂	NO_x	Сусп.честице	HCl и HF	CO₂	CO
Смањење од 97.03 %	Без промене	Смањење до 70 %	Смањење од 90 до 96 %	Повећање од 1.6 до 1.7 %	Без промене

Табела 7. Процена смањења загађујућих материја захваљујући постројењу за одсумпоравање

Међутим, употреба великих количина дробљеног кречњака имаће за резултат повећан обим транспорта и манипулације кречњаком што ће утицати на стварање новог дифузног извора емисије суспендованих честица у ваздуху.

С обзиром да је новим пројектом одсумпоравања предвиђена изградња новог димњака који ће бити 50 метара нижи од постојећег, постоји опасност да ће приземне концентрације SO₂ бити повећане. Пројектом је урађен модел расподеле (Гаусов модел) приземних концентрација са и без постројења за одсумпоравање где је константовано да ће концентерације бити испод граничних вредности од 50 µg/m³ на годишњем нивоу. Граничне вредности су у односу на Правилник из '92 (сл.гласник РС бр 54/92).

5. Закључак

Предложено постројење за одсумпоравање димних гасова у Термоелектрани Костолац Б је тип најчешће коришћене технологије, технологије која је зрела и проверена. Међутим, при пројектовању постројења за одсумпоравање пошло се од препоруке документа Европске Комисије за 'Најбоље могуће технологије за велика постројења' који је издат у јулу 2006. године а рад на овом документу је био у периоду од 2000. до 2003. године. Код одабира технологије пројектанти су се водили овим документом не водећи много рачуна о развоју технологија одсумпоравања у свету у последњих 20 година. Ове примедбе на пројекат су дала и два правна лица: представник фирме West Agency из САД-а и Физички Факултет Универзитета у Београду. У суштини, обе примедбе се односе на изабрану технологију, уз опаску да се размотре друге технологије.

Ипак, резултати извршених гаранцијских јиспитивања, која су извршиле независне и акредитоване лабораторије Рударског института – Земун и Електротехничког института "Никола Тесла"- Београд, показују исправност изабране технологије рада постројења (влажни поступак "од кречњака до гипса) и доказују да је постројење за ОДГ ТЕ "Костолац-Б" са примењеним пројектно техничким решењем и уграђеном опремом испунило гарантоване техничке параметре.

На основу потврђених гарантованих параметара рада постројења за ОДГ и уграђеног система за континуално мерење емисије гасова (CEMS), ТЕ "Костолац" стиче услове за добијање еколошке дозволе за рад.

Постројење за Одсумпоравање димних гасова у ТЕ "Костолац-Б", изграђено и пуштено у рад као прво такво постројење у термоелектранама Србије, може да послужи као пример искуству за развој, пројектовање и изградњу сличних постројења.

Несумњиво, постројење за одсумпоравање ће смањити садашњу концентрацију сумпор диоксида са 5000-7000 mg/Nm³ на испод 200 mg/Nm³ што ће бити изузетан допринос заштити животне средине. Оно о чему треба обратити посебну пажњу је развејавање кречњака у кругу термоелектране, превоз кречњака до термоелектране и концентрација хлорида након третмана отпадних вода.

6. Литература

1. Конзорцијум Машински Факултет Београд, Рударско Геолошки Факултет, Worley Parsons, Енергопројект Ентел, Идејни пројекат: Одсумпоравање димних гасова ТЕ Костолац Б, 2010.
2. BOQI/NEPDI- Beijing , NR Kina:Glavni projekat sistema odsumporavanja u TE Kostolac B, 2014.
3. Скрипта: Енергија и окружење, превод са енглеског проф. др Н. Лукић редовни професор,Факултет инжењерских наука у Крагујевцу.
4. Љ. Бркић, Т. Живановић, Д. Туцаковић, Термоелектране, Машински Факултет Београд, 2010.
5. Ralf Edinger, Reduction of SOx and NOx emissions by Electron Beam Flue Gas Treatment, Richmond(CA), 2010.
6. Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздуху, Службени гласник РС бр. 71. од 4. октобра 2010.
7. Уредба о изменама и допунама уредбе о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, Службени гласник РС бр. 75. од 20. октобра 2010.
8. Official Journal of the European Union, Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control), 2010.
9. Јеленко Б. Манић, Помоћни уређаји и постројења у термоелектранама -пречишћавање димних гасова, 2009, уџбеник за обуку погонског особља у термоелектранама, Термоелектране "Никола Тесла" Обреновац.
10. European Comission, Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, 2006.