



ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА СТРУКОВНИХ СТУДИЈА НИШ

МАСТЕР СТРУКОВНЕ СТУДИЈЕ

Студијски програм: УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ

Предмет: ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ ОТПАДА

Предметни наставник: Др БОБАН ЦВЕТАНОВИЋ

Предметни асистент: Мр БРАТИМИР НЕШИЋ

2. КАРАКТЕРИСТИКЕ **ГОРИВА ИЗ ОТПАДА**

КАТАЛОГ ОТПАДА – ОТПАДИ ПОГОДНИ ЗА ГОРИВО

| ИНДЕКСНИ БРОЈ | НАЗИВ ОТПАДА |
|---------------|---|
| 02 01 | Отпади из пољопривреде, хортикултуре, аквакултуре, шумарства, лова и риболова |
| 02 03 | Отпади од припреме и прераде воћа, поврћа, житарица, јестивих уља, какаоа, кафе, чаја и дувана; производње конзервисане хране; прерада дувана; производња квасца и екстракта квасца; припрема и ферментација меласе |
| 02 04 | Отпади од прераде шећера |
| 02 07 | Отпади од производње алкохолних и безалкохолних напитака (изузев кафе, чаја и какаоа) |
| 03 01 | Отпади од прераде дрвета и производње панела и намештаја |
| 03 03 | Отпади од производње и прераде пулпе, папира и картона |
| 04 02 | Отпади из текстилне индустрије |
| 07 02 | Отпади од производње, формулације, снабдевања и употребе пластике, синтетичке гуме и синтетичких влакана |
| 09 01 | Отпади из фотографске индустрије |
| 12 01 | Отпади од обликовања и физичке и механичке површинске обраде метала и пластике |
| 15 01 | Амбалажа (укључујући посебно сакупљену амбалажу у комуналном отпаду) |
| 15 02 | Апсорбенти, материјали за филтере, крпе за брисање и заштитна одећа |
| 17 02 | Дрво и пластика |
| 19 05 | Отпади од аеробног третмана чврстих отпада |
| 19 09 | Отпади од припреме воде за људску употребу или воде за индустријску употребу |
| 19 12 | Отпади од механичког третмана отпада (нпр. сортирања, дробљења, компактирања и пелетизовања) који нису другачије специфицирани |
| 20 01 | Одвојено сакупљене фракције (изузев 15 01) |
| 20 02 | Отпади од прераде и држења (укључујући и дробљени отпад) |

ДЕФИНИСАЊЕ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА

Гориво добијено из отпада се дефинише на различите начине. Из чврстог комуналног отпада или индустријског отпада издвојене компоненте високе топлотне моћи се најчешће називају гориво добијено из отпада или RDF (Refuse Derived Fuel).

Гориво које се добија из чврстог комуналног отпада или индустријског отпада је дефинисано одређеним спецификацијама квалитета и назива се чврсто обновљиво гориво, односно SRF (Solid Recovered Fuel).

Топлотна моћ, удео хлора и тешких метала у гориву су основни параметри помоћу којих се дефинише квалитет горива добијеног из отпада.

ОСНОВНА СВОЈСТВА ГОРИВА ИЗ ОТПАДА

Гориво добијено из отпада представља квалитетан енергент који се користи у градским топланама, термо-електранама и различитим типовима индустријских постројења.

Примена горива добијеног из отпада има релативно дугу традицију и широко је прихваћена у већини европских земаља, а посебно у Немачкој, Аустрији и Пољској.

У цементној индустрији у Европи просечна стопа замене фосилних горива применом горива добијеног из отпада износи око 35 %, у појединим земљама и до 60 %, а у неколико фабрика цемента и преко 90 %.

ОСНОВНА СВОЈСТВА ГОРИВА ИЗ ОТПАДА

Гориво добијено из отпада је по својим хемијским својствима слично фосилним горивима, као што је камени угаљ.

Ако се упореде ове две врсте горива, онда је видљиво да 1 тона горива из отпада енергетски замењује око 0,7 тона каменог угља.

Гориво добијено из отпада је енергент који се користи за производњу енергије и који задовољава критеријуме квалитета прописане европским стандардима.

Примена горива из отпада поред економске има и значајну улогу у смањењу количина отпада за депоновање. У свету је присутан тренд коришћења чврстог горива из нерециклабилног неопасног отпада као додатног горива и зато се ради на интензивној анализи његовог утицаја на квалитет животне средине и производа.

ОСНОВНА СВОЈСТВА ГОРИВА ИЗ ОТПАДА

За прераду у гориво отпадне материје морају задовољити следеће критеријуме:

- Емисија загађујућих материја се не сме повећати;
- По карактеру отпадне материје морају бити неопасне;
- Не могу се рециклирати ни на који други начин;
- Имају потребну вредност топлотне моћи;
- Не утичу на смањење квалитета производа (нпр. цемента);
- Њихово коришћење не повећава трошкове производње.

Додатни захтеви који се односе на техничке аспекте коришћења горива из отпада у цементарама односе се на:

- Припрему и складиштење алтернативних горива;
- Правне оквире државе којима се регулише сагоревање;
- Модификовање система за допремање горива;
- Прилагођавање горионика новој врсти горива.

ОСНОВНЕ КЛАСЕ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА

ТАБЕЛА 1. ОСНОВНЕ КЛАСЕ ГОРИВА ДОБИЈЕНОГ ИЗ ОТПАДА
ПРЕМА СТАНДАРДУ СН/ТС 15359:2006.

| ПАРАМЕТАР | ЈЕДИНИЦА | КЛАСЕ | | | | |
|------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ТОПЛОТНА МОЋ | MJ/kg | ≥ 25 | ≥ 20 | ≥ 15 | ≥ 10 | ≥ 3 |
| САДРЖАЈ ХЛОРА | % | $\leq 0,2$ | $0,6 \leq$ | $\leq 1,0$ | $\leq 1,5$ | $\leq 3,0$ |
| САДРЖАЈ ЖИВЕ | mg/MJ | $\leq 0,02$ | $\leq 0,03$ | $\leq 0,08$ | $\leq 0,15$ | $\leq 0,5$ |
| | | $\leq 0,04$ | $\leq 0,06$ | $\leq 0,16$ | $\leq 0,30$ | $\leq 1,0$ |

ПАРАМЕТРИ ЗА ДЕФИНИСАЊЕ КАРАКТЕРИСТИКА ГОРИВА ДОБИЈЕНОГ ИЗ ОТПАДА

Утврђено је шест група параметара помоћу којих се дефинишу карактеристике горива добијеног из отпада:

1. топлотна моћ и карактеристике процеса сагоревања;
2. начин дозирања у ложиште и услови складиштења;
3. изазивање корозије;
4. својства отпада која утичу на финансијски подстицај за употребу;
5. својства отпада која делују на животну средину у току коришћења;
6. својства отпада која доводе до стварања нуспроизвода у процеса.

ОСНОВНЕ КОМПОНЕНТЕ И САСТАВ ГОРИВА ДОБИЈЕНОГ ИЗ ОТПАДА

Основне компоненте горива из отпада су: папир, картон, дрво, текстил, пластика и други гориви материјали. Карактеристично за ово гориво је релативно мало присуство влаге, хемијска стабилност и одсуство непријатних мириса.

У табели 2. приказан је типични састав горива добијеног из отпада (RDF/SRF) као и масени удео појединих компоненти у овом гориву.

ТАБЕЛА 2. ТИПИЧНИ САСТАВ ГОРИВА ДОБИЈЕНОГ ИЗ ОТПАДА

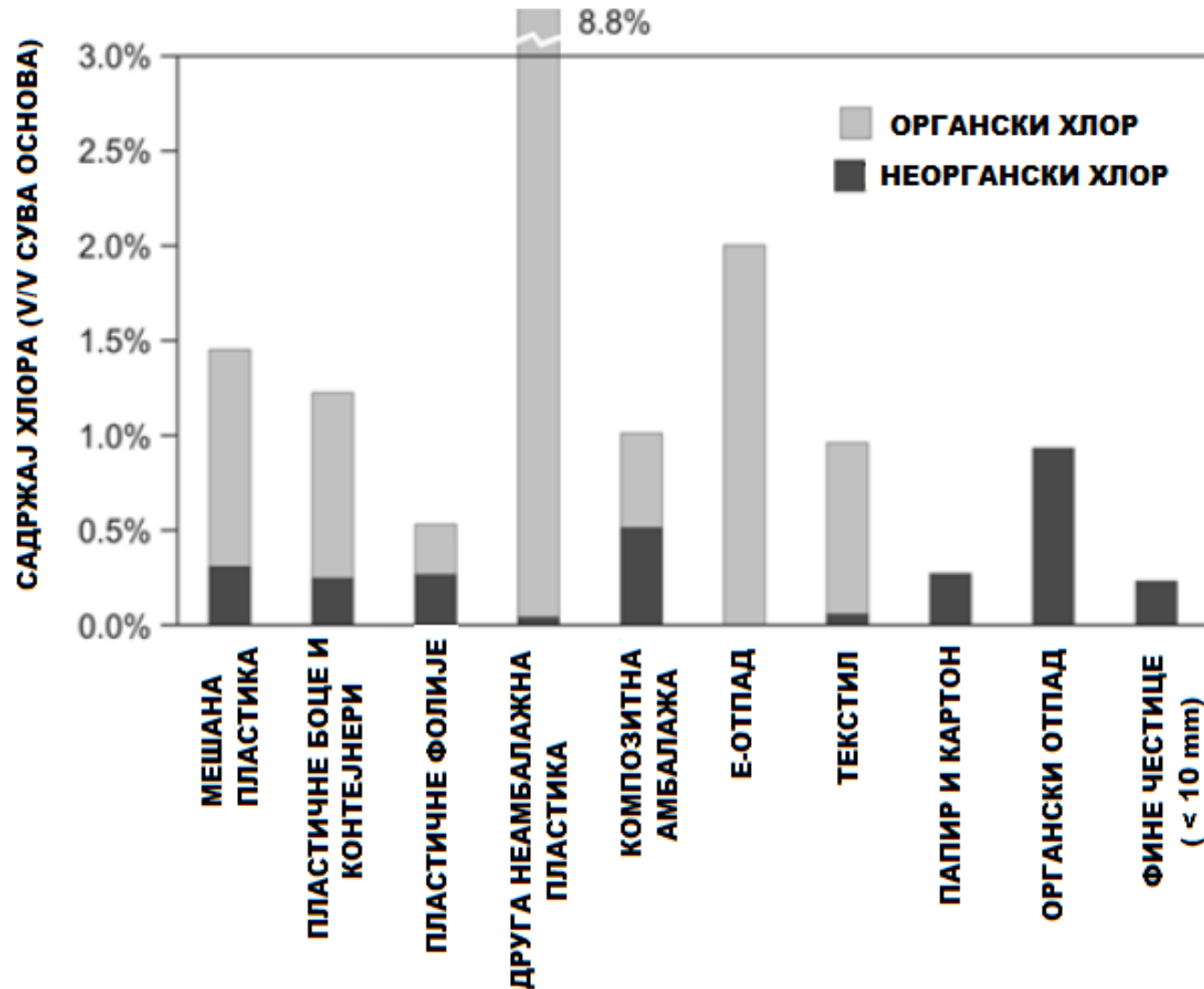
| САСТАВ RDF/SRF | ПАПИР И КАРТОН | МЕКА ПЛАСТИКА | ТВРДА ПЛАСТИКА | ТЕКСТИЛ | ГУМА | ДРВО |
|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|---------|------|------|
| МАСЕНИ УДЕО (%) | 56 | 17,5 | 7,5 | 7,8 | 3,1 | 5,5 |

ПАРАМЕТРИ КВАЛИТЕТА ГОРИВА ИЗ ОТПАДА

Гориво из отпада се углавном производи из неопасног отпада, тј. сировине су: чврсти комунални отпад, посебан отпад из производње, индустријски отпад, отпад из трговина, муљ из постројења за третман отпадних вода итд. Најважнији параметри који дефинишу квалитет горива из отпада и утичу на његову тржишну цену су топлотна моћ, удео хлора и удео тешких метала.

Удео хлора је ограничавајући фактор за примену и тржишни пласман горива из отпада. У комуналном и комерцијалном отпаду налази се релативно велика количина компоненте која садржи хлор. Удео хлора у RDF/SRF гориву је ограничен законским прописима због техничких проблема на опреми при сагоревању хлора. На слици 1. приказан је садржај хлора у компонентама чврстог комуналног отпада који се генерише у индустријски развијеним земљама.

САДРЖАЈ ХЛОРА У КОМПОНЕНТАМА ЧВРСТОГ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА



ТЕХНИЧКИ И ЕКОЛОШКИ АСПЕКТИ ПРИМЕНЕ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА

Одлагањем отпада на депоније неповратно се губе драгоцене материјалне и енергетске вредности отпада. Због тога је добијање горива из отпада од посебног значаја како са еколошког тако и са економског аспекта.

Примена горива добијеног из отпада доноси следеће користи:

- смањење потребе за фосилним горивима јер представљају необновљив природни ресурс;
- смањење количине отпада за одлагање на депоније;
- смањење трошкова за добијање енергије;
- смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште;
- отварање нових могућности за развој локалне заједнице.

КОЛИЧИНА ПРОИЗВЕДЕНОГ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА У ИНДУСТРИЈСКИ РАЗВИЈЕНИМ ЗЕМЉАМА

У индустријски развијеним земљама гориво из отпада најчешће се користи у индустрији цемента, енергетским постројењима на угаљ, у системима за когенерацију и спалионицама чврстог комуналног отпада. Количина произведеног горива (у хиљадама тона годишње) из отпада и начин коришћења приказани су у табели 3.

| ТАБЕЛА 3. | АУСТРИЈА | БЕЛГИЈА | ФИНСКА | НЕМАЧКА | ИТАЛИЈА | ХОЛАНДИЈА |
|---|----------|---------|--------|----------|---------|-----------|
| МАСА ПРОИЗВЕДЕНОГ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА | 780 | 100 | 500 | 3100 | 750 | 300-400 |
| СУСПАЉИВАЊЕ У ЦЕМЕНТАРАМА | 150 | 100 | / | 1500 | 180 | / |
| СПАЉИВАЊЕ У ПОСТРОЈЕЊИМА НА УГАЉ | / | / | / | 600 | 50 | / |
| КОГЕНЕРАЦИЈА | 510 | / | 500 | 300 | 40 | / |
| СПАЛИОНИЦЕ ЧВРСТОГ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА | 20 | / | / | / | 400 | / |
| ИЗВОЗ | 80-100 | / | / | 500-1000 | / | 300-400 |

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА У СРБИЈИ

Србија као и већина земаља у транзицији у управљању чврстим комуналним отпадом знатно заостаје за индустријски развијеним земљама. У Србији је системом организованог сакупљања чврстог комуналног отпада обухваћено око 60% становништва.

Према анализама које су урађене за потребе Стратегије управљања отпадом за период 2010-2019 година, сваки грађанин Србије у просеку годишње произведе око 318 kg комуналног отпада или 0,87 kg комуналног отпада дневно.

У табели 4. приказани су процентуални удели и топлотна моћ основних компонената у структури чврстог комуналног отпада у Србији а које представљају компоненте горива из отпада.

**ТАБЕЛА 4. МАСЕНИ ПРОЦЕНТУАЛНИ УДЕЛИ И ПРИБЛИЖНА
ТОПЛОТНА МОЋ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНАТА У СТРУКТУРИ
ЧВРСТОГ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА У СРБИЈИ А КОЈЕ
ПРЕДСТАВЉАЈУ КОМПОНЕНТЕ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА**

| Р/Б | КОМПОНЕНТА | МАСЕНИ УДЕО (%) | ДОЊА ТОПЛОТНА МОЋ (MJ/kg) |
|------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| 1 | ПАПИР И КАРТОН | 16,73 | 17,7 |
| 2 | ПЛАСТИКА | 15,01 | 35 |
| 3 | ГУМА И КОЖА | 0,60 | 23,5 |
| 4 | ТЕКСТИЛ | 5,04 | 19 |
| 5 | ОТПАД ОД ХРАНЕ | 30,96 | 15,1 |
| 6 | ДВОРИШНИ ОТПАД | 11,88 | 17,0 |

ПОТЕНЦИЈАЛИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ SRF-A У СРБИЈИ

Према студији о морфолошком саставу и количини реализованој на Факултету технолошких наука Универзитета у Новом Саду у Србији се генерише преко два милиона тона комуналног отпада годишње. Део овог отпада је погодан за рециклажу, док се остатак може користити у енергетске сврхе.

Неопходна је детаљна анализа о количини отпада који се може рециклирати, како би се увидео стварни потенцијал за производњу SRF-а. Међутим оправдано је претпоставити да се може генерисати 20000 тона SRF-а и 7000 тона отпадних пнеуматика годишње.

ПРИМЕНА SRF-A У ЦЕМЕНТНОЈ ИНДУСТРИЈИ У СРБИЈИ

У процесу производње цемента енергетски трошкови чине преко 30% укупних производних трошкова па се интензивно разматрају могућности коришћења енергената из отпада. Услед високих енергетских трошкова цементна индустрија се све више окреће експлоатацији горива из отпада. Међутим, коришћење необазриво одабраних горива из отпада може довести до контаминације производа и повећања емисије загађујућих материја у атмосферу.

Примена SRF-а у цементној индустрији је значајан потенцијал за смањење потрошње необновљивих енергената, негативног утицаја процеса на животну средину и економско и еколошко унапређење процеса производње. Препознајући потенцијал за смањење енергетских трошкова у цементарама се све чешће примењују горива из отпада и суспаљивање.

ПРИМЕНА SRF-A У ЦЕМЕНТНОЈ ИНДУСТРИЈИ У СРБИЈИ

Цементаре у Србији су разврстане на основу тога коју врсту горива из отпада користе у свом производном процесу као што је приказано у табели 5.

ТАБЕЛА 5. ПРЕГЛЕД УПОТРЕБЕ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА У ЦЕМЕНТАРАМА У СРБИЈИ

| Р/Б | ЦЕМЕНТАРА | ГОРИВО ИЗ ОТПАДА |
|-----|---------------------|--------------------------|
| 1 | LAFARGE BFC, БЕОЧИН | ГУМЕ |
| 2 | HOLCIM, ПОПОВАЦ | SRF И ОТПАДНИ ПНЕУМАТИЦИ |
| 3 | TITAN, КОСЈЕРИЋ | НИШТА. ПЛАНИРА СЕ SRF. |

ПРИМЕНА SRF-A У ЦЕМЕНТНОЈ ИНДУСТРИЈИ У СРБИЈИ

Примена SRF-а и пнеуматика посебно је изазовна са аспекта оптимизације емисије тешких метала у парној фази у атмосферу и задржавању истих у пепелу који улази у састав цемента.

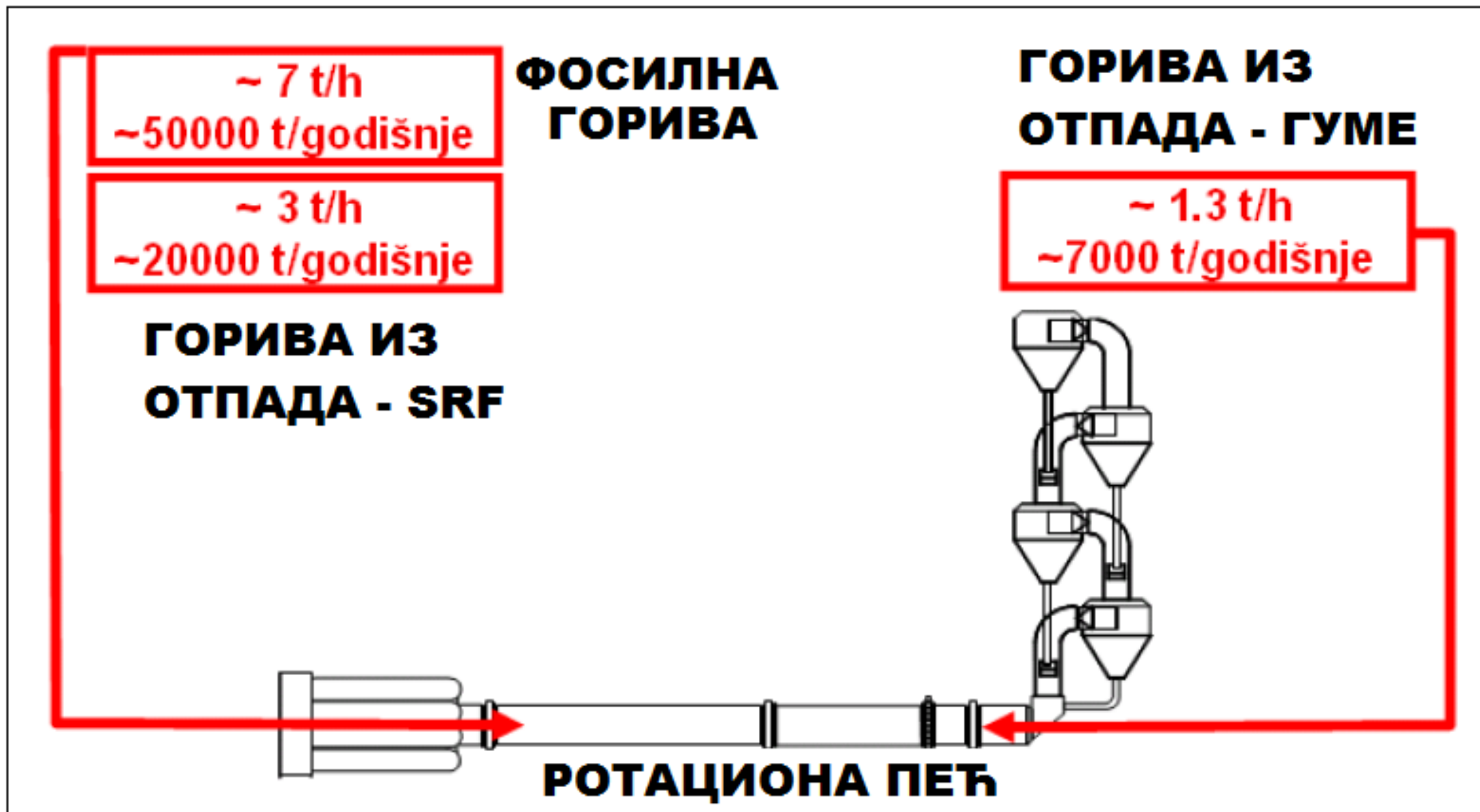
Сагоревање SRF-а заједно са фосилним горивом врши се у специјалним вишеканалним горионцима са подешавајућим пламеном који омогућава оптимално сагоревање. Подешавање сагоревања је изузетно значајно у циљу оптимизације искоришћења горива и квалитета клинкера.

Пример једног горионика дат је на слици 2. Дозирање SRF-а врши се кроз канал који се налази у средишњем делу горионика док се дозирање основног горива врши у прстенастом каналу на ободу горионика. Тиме се омогућава да SRF уђе у средиште пламена где се постижу температуре реда величине $\sim 1900^{\circ}\text{C}$. Процес сагоревања мора бити аутоматизован у циљу оптимизације.

ГОРИОНИК ЗА КОМБИНОВАНО САГОРЕВАЊЕ ГОРИВА ИЗ ОТПАДА И ОСНОВНОГ ФОСИЛНОГ ГОРИВА



ПРИМЕР МАСЕНОГ БИЛАНСА ПОТРОШЊЕ ГОРИВА У РОТАЦИОНОЈ ПЕЋИ



ГОРЊА ТОПЛОТНА МОЋ И ФАКТОР ОЦЕНЕ КВАЛИТЕТА ГОРИВА

За валоризацију квалитета горива коришћен је однос произведене количине угљен-диоксида и горње топлотне моћи горива:

$$f = \frac{V_{CO_2}}{H_g}, \left[\frac{m^3}{kJ} \right]$$

Горња топлотна моћ горива се израчунава по формули:

$$H_g = 350 \cdot C + 1425 \cdot \left(H - \frac{O}{8} \right) + 105 \cdot S$$

ГОРЊА ТОПЛОТНА МОЋ И ФАКТОР ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ТЈ. ОЦЕНЕ КВАЛИТЕТА ГОРИВА

Израчунате вредности фактора валоризације/оцене квалитета горива у односу на запремину угљен-диоксида и горње топлотне моћи горива приказане су у табели 6.

Табела 6. Вредности фактора валоризације/оцене квалитета горива и горње топлотне моћи

| ГОРИВО | SRF | ГУМЕ | УГАЉ | ПЕТРОЛ-КОКС |
|--|-----------|------------|-----------|-------------|
| $f \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kJ}} \right]$ | 0,0000469 | 0,00004055 | 0,0000403 | 0,0000478 |
| $H_g \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$ | 22.505,75 | 39.522,94 | 28.166,13 | 35.041,28 |

ГОРЊА ТОПЛОТНА МОЋ И ФАКТОР ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ТЈ. ОЦЕНЕ КВАЛИТЕТА ГОРИВА

На основу приказаних података закључује се да по 1 kJ горива најмање продуката сагоревања настаје сагоревањем угља а највише сагоревањем петрол-кокса. Поредећи алтернативна горива гуме су у предности у односу на SRF. Највише угљен-диоксида се генерише сагоревањем петрол-кокса а најмање сагоревањем угља.

Извршена је само анализа основних продуката сагоревања, који су најважнији за енергетски прорачун сагоревања горива, док није разматран удео хлора и тешких метала у ослобођеним гасовима и пепелу, као ни проблем излуживања тешких метала из цемента за чију се производњу користе наведена горива. Овакав приступ предложеној проблематици је знатно већег обима што значи да је потребна дубља и детаљнија анализа продуката сагоревања.

ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



ГОРИВО ИЗ ОТПАДА



**КОМУНАЛНИ
ЧВРСТИ ОТПАД**



**ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА
ПРОИЗВОДЊУ RDF-а**



БРИКЕТИ RDF-а



БРИКЕТИРАЊЕ RDF-а

ГОРИВО ИЗ ОТПАДА

