



# Od ideja do realizacije - razvojni put od eksperimentalnog ispitivanja biomase do projektovanja i izgradnje realnog postrojenja - iskustva LTE

Dragoljub Dakić



This project received funding from the EU's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N°784966. The sole responsibility for the content of this document lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the EU.

This project receives co-funding from the German Federal Ministry of Economic Cooperation and Development.

**Šta je najbolje ulaganje neke  
države?**

**Ulaganje u nauku i razvoj**

# **Od ideje do realizacije**

## **Razvojni put do novog energetskog postrojenja ili uređaja**

Dr Dragoljub Dakić, naučni savetnik,

# Koraci u razvoju:

1. Ideja
2. Realnost ideje – pregled dostupnog znanja iz predmetne oblasti
3. Formiranje tima za razvoj i plan razvoja
4. Preliminarno sagledavanje cene razvoja
5. Nalaženje subjekata za saradnju i realizaciju rezultata razvoja
6. Razvoj
  - analize i lab. eksperimenti
  - matematičke simulacije
  - opiti na malim lab. Instalacijama
  - izrada prototipova i njihovo testiranje
  - izrada eksp./demo./exploatacionog postrojenja
  - ovladavanje proizvodnjom industrijskog uređaja i nastup na tržištu

# Ideja

Ideja obično potiče od nekog predhodnog znanja  
i stečenog iskustva

# Realnost ideje – pregled dostupnog znanja iz predmetne oblasti

Jedna od oblasti u čiji se razvoj se najviše ulaže je oblast energetike.

Primer, koji volim da dajem u vezi toga, je razvoj motora sa unutrašnjim sagorevanjem. I ako su principi rada tih motora otkriveni pre više od 150 godina i dalje se ulažu milijarde \$ ili Evra u njihov dalji razvoj.

Mora se biti realan i prihvatići činjenicu da ima jako malo problema iz ove oblasti koji do sada nisu bili proučavani, bar do pojave nekog novog Tesle.

Zbog toga je potrebno, nakon dobijanja ideje, proveriti postojeća znanja iz te oblasti i na osnovu toga doneti zaključak o realnosti ideje. Pored toga pregled znanja može u mnogome skratiti realizaciju same ideje i sniziti troškove realizacije.

Ovaj korak je posebno važan za mlade saradnike koju se uključuju u ovu problematiku jer je to najbolji put za njihov razvoj kao istraživača.

# Formiranje tima za razvoj i plan razvoja

Nakon sagledavanja realnosti ideje prvi korak u njenoj realizaciji je formiranje tima za razvoj. U oblasti energetike takoreći je nemoguće da pojedinac ostvari realizaciju neke ideje ma koliko ona bila izvesna. Da bi se dobra ideja realizovala mora se stvoriti tim za njenu realizaciju. Tim mora biti sačinjen od istraživača različitih sklonosti (eksperiment, modeliranje, organizacija, komuniciranje itd.). Pred iskusnih istraživača u tim moraju biti uključeni i mlađi istraživači jer su oni obično nosioci većeg dela predviđenog posla, bilo kroz svoje stručno usavršavanje ili izrade doktorskih radova.

Samo dobro ukomponovan razvojni tim može napraviti realan plan razvoja.

# Preliminarno sagledavanje cene razvoja

Kad se u okviru formiranog tima za razvoj definiše plan razvoja može se formirati preliminarna cena razvoja. Ona zavisi od mnogo faktora i to:

- Predviđen broj angažovanja istraživač meseci
- Sagledavanje potrebih materijalnih i drugih troškova
- Eventualno angažovanje spoljnih saradnika i institucija
- Procena mogućih nepredviđenih troškova itd.

# Nalaženje subjekata za saradnju i realizaciju rezultata razvoja

U našem slučaju, osnovna podrška u finansiranju realizacije jasno definisane ideje je **Ministarstvo prosvete nauke i tehnološkog razvoja**. Realizacija definisanog programa razvoja se obično (do sada) odvijala kroz projektno finansiranje projekata koji učestvuju u konkursanju za predviđena sredstva. Projekte za finansiranje su odabirale stručne komisije Ministarstva.

Ukoliko se radi o razvoju konkretnog proizvoda, koji može biti uključen u proizvodni program nekog privrednog subjekta, Ministarstvo obično postavlja i uslov direktnе saradnje istraživačkog tima sa privrednim subjektom. Obaveza privrednog subjekta je da u najmanju ruku pomogne u izgradnji prototipnog rešenja. Za istraživače koji rade u okviru projektnog finansiranja ovaj korak je najteži. Osnovni razlog tome je loše stanje domaće mašinogradnje. Pokušaji uključivanja stranih kompanija u saradnju do sada nisu urodili plodom.

# Razvoj

- analize i lab. eksperimenti
- matematičke simulacije
- opiti na malim lab. Instalacijama
- izrada prototipova i njihovo testiranje
- izrada eksp./demo./exploatacionog postrojenja
- ovladavanje proizvodnjom industrijskog uređaja i
- nastup na tržištu

# Tri primera razvoja različitih energetskih postrojenja

Jedan neuspešan i dva uspešna (po našim merilima)

1. Primer: Razvoj termoakumulacione peći na čvrsta goriva.  
Projekat MPNTR (NPEE 605-90B). Neuspešan
2. Primer: Razvoj ložišta i kotlova sa sagorevanjem u fluidizovanom sloju.  
Projekat MPNTR (TR33042). Svojevremeno ocenjen kao najbolji od 320 projekata Programa tehnološkog razvoja. Uspešan
3. Primer: Razvoj sistema za cigaretno sagorevanje baliranih ostataka poljoprivredne proizvodnje. Projekat MPNTR (III42011).  
Svojevremeno ocenjen kao najbolji u oblasti energetike u okviru 120 projekata Programa integralnih i interdisciplinarnih istraživanja.  
Uspešan

# 1. Primer: Razvoj termoakumulacione peći na čvrsta goriva. Projekat (NPEE 605-90B). Neuspešan

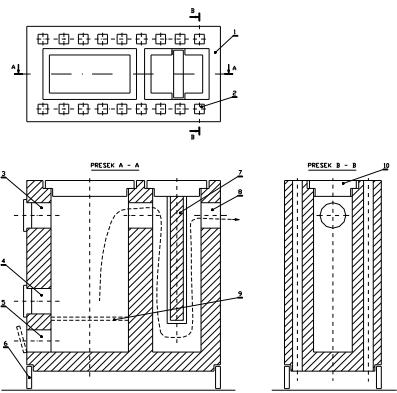
## Podloge projekta:

U Republici Srbiji ima više stotina hiljada el. TA peći. Ukoliko bi se napravio program za njihovu delimičnu supstituciju TA pećima na čvrsto gorivo (biomasu) ne bi bilo tolike potrebe za izgradnjom novih termoelektrana.

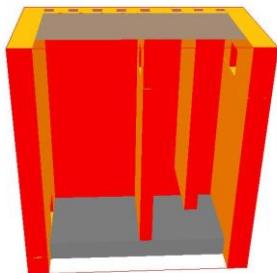
## Ideja je bila:

Ponuditi zamenu postojećih el. TA peći TA pećima na biomasu. Postojeće el. TA peći reciklirati i iskoristiti taj materijal za izradu TA peći na biomasu. Državu bi jedna nova TA peć snage 4 kW koštala do 400 Evra. 100.000 takvih peći bi koštalo Oko 40. 000.000 Evra. Termoelektrana od 400 MWel. košta višestruko više.

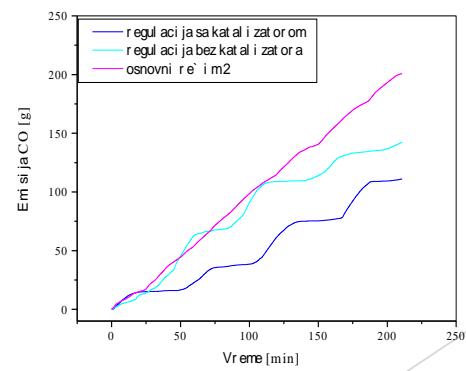
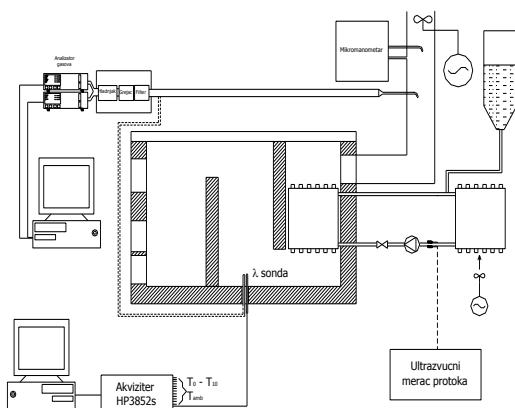
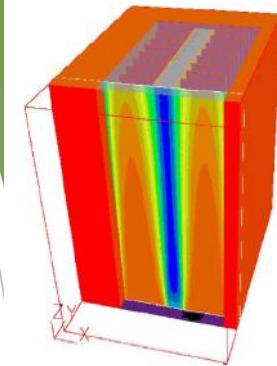
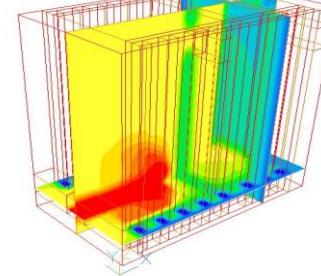
Rezultati razvoja prikazani su na sledećem slajdu.



Pregled kroz 3D model male peći na čvrsto gorivo



Temperaturna polje za proizvode sagorevanja u 3D modelu male peći na čvrsto gorivo



# I pored dobrih rezultata razvoja projekat je bio neuspešan iz sledećih razloga:

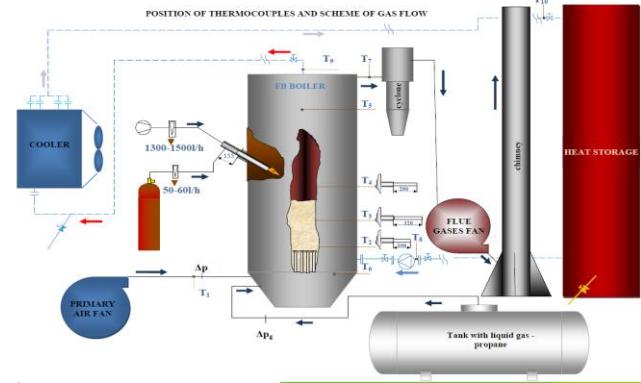
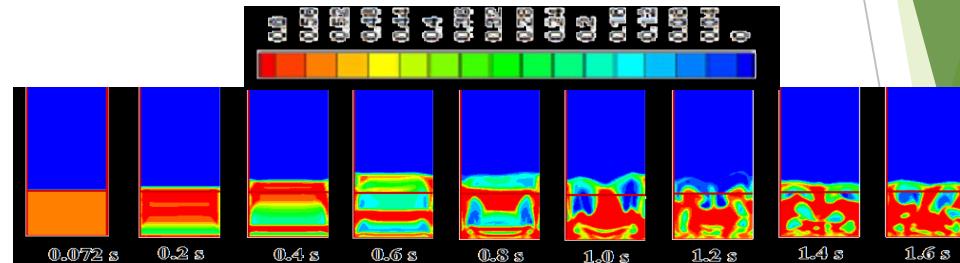
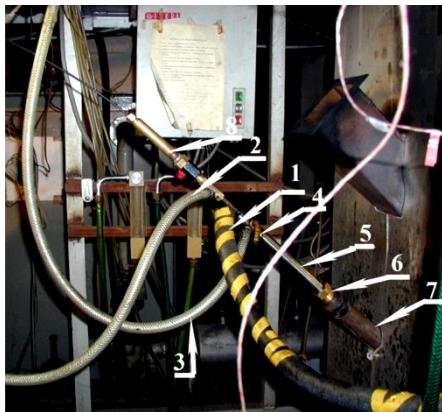
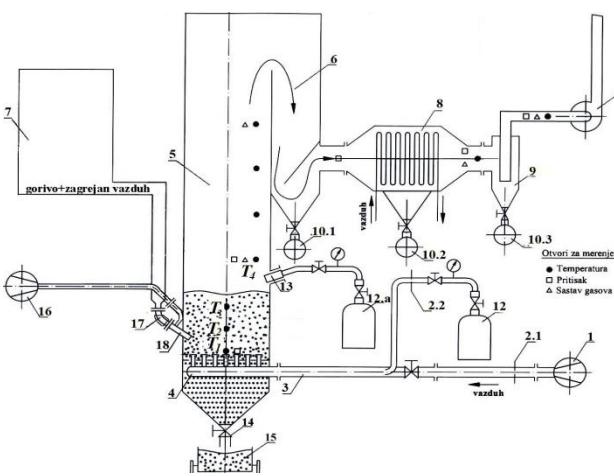
1. Realizacija projekta je bila uslovljena kordiniranom akcijom sledećih Ministarstava:
  - Poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede
  - Rudarstva i energetike
  - Privrede,
  - Saobraćaja ...
2. Akcija je morala biti praćena dobro osmišljenim marketingom
3. Mi nismo obezbedili adekvatnog privrednog subjekta

Ovaj projekat je pokazao da svi projekti ovog tipa nose određen rizik i da dobri rezultati projekta ne mogu uveg garantovati i njegov uspeh.

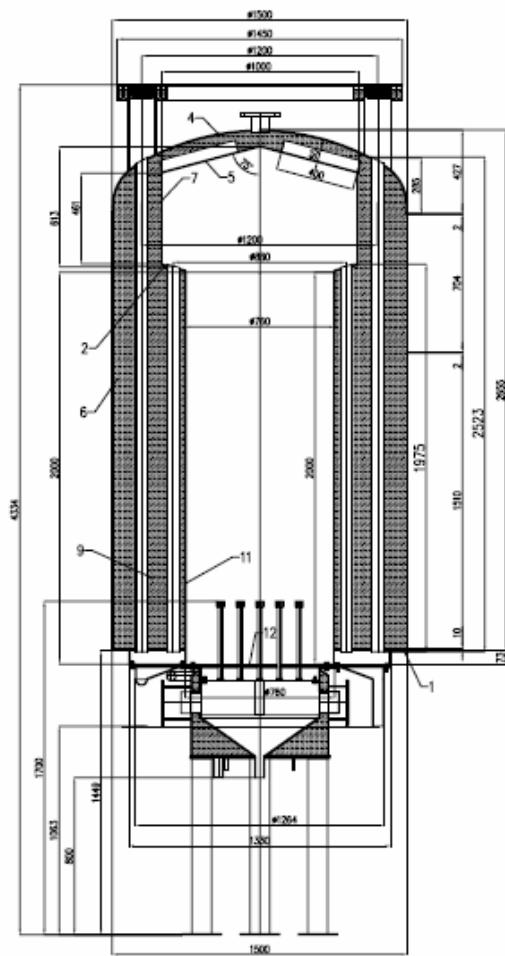
2. Primer: Razvoj ložišta i kotlova sa sagorevanjem u fluidizovanom sloju.  
 Projekat MPNTR (TR33042). Svojevremeno ocenjen kao najbolji od 320 projekata Programa tehnološkog razvoja. Uspešan

Сагоревање	комад	чипс	прах	пелет	брикет	слама
Отворена ватра	0	-	-	-	0	-
Кућне пећи	+	-	-	-	+	-
Аутоматски горионици	--	+	-	++	--	+
Сагоревање у порцијама	0	--	--	--	-	+
Коса решетка	--	+	-	+	-	-
Путујућа решетка	--	++	-	++	-	+
Вибрационна решетка	--	+	-	+	-	+
Извируће ложиште	--	+	-	+	--	-
Горионици за прашину	--	--	+	--	--	-
Цигаретно сагоревање	--	--	--	--	--	++
Флуидизована ложишта	--	++	++	++	--	0

# Razvojni put industrijskog kotla sa sagorevanjem u FS



# Faze izrade experimentalno demonstracionog kotla sa fluidizovanim slojem snage do 500 kW



# ПРЕГЛЕД ИСПИТИВАНИХ ГОРИВА



**Дозирање у слој**

**Дозирање на слој**



Гориво [%]	Сунц. уље		Глицерин	Уља и масти из ваљаонице		Нафтни муљ	Ситни угаль	Папирни муљ	Кукуруз у зрну
	I <sup>[1]</sup>	II <sup>[2]</sup>		I	II				
Влага	0,1	23,04	-	13,21	50,01	78,31	30,81	46,09	11,9
Пепео	0	0	-	2,27	1,31	9,35	16,16	13,94	1,9
Испарљиво	99,17	76,13	99	84,01	49,6	10	28,87	39,35	76,7
C	77,52	59,72	39,1	74,58	42,95	10,64	36,58	15,99	38,52
H	11,49	8,85	8,7	8,94	5,15	1,28	2,48	2,68	6,32
O	10,89	8,39	52,17	0,09	0,05	0,01	11,79	20,46	40,28
N	0	0	0	0,27	0,16	0,04	0,97	0,73	1,07
S	0	0	0	0,64	0,37	0,37	1,20	0,12	0,01
Hd[MJ/kg]	37	27,9	17	29,8	18,7	11,3	13,6	4,8	17,3

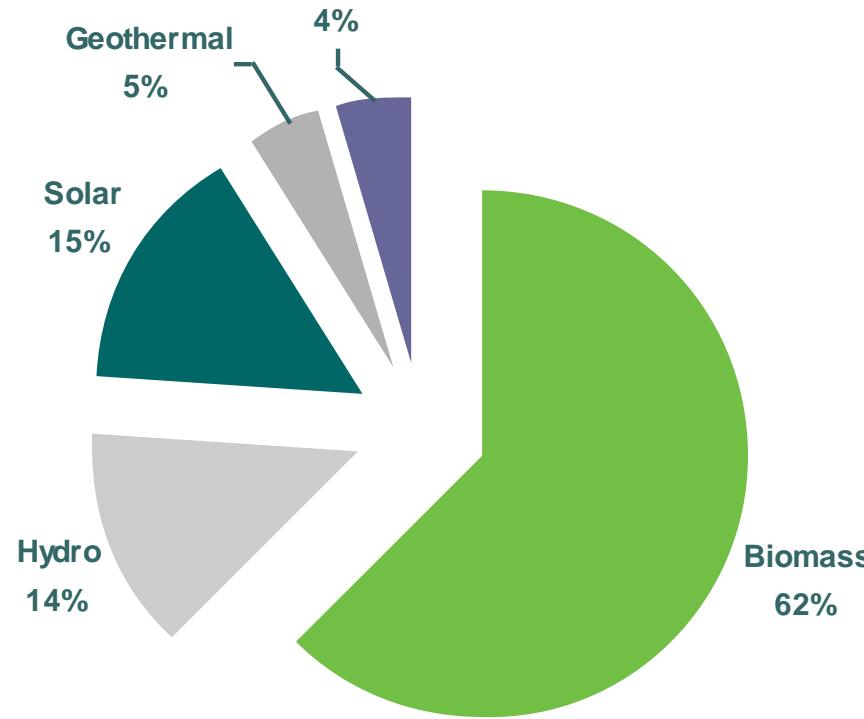
I-Гориво сагоревано у доставном стању

II-Доставно гориво са додатком воде

III-Сагоревање уз подршку гаса

3. Primer: Razvoj sistema za cigaretno sagorevanje baliranih ostataka poljoprivredne proizvodnje. Projekat MPNTR (III42011). Svojevremeno ocenjen kao najbolji u oblasti energetike u okviru 120 projekata Programa integralnih i interdisciplinarnih istraživanja. Uspešan

# Potencijal obnovljive energije u Srbiji, Vojvodini



U okviru potencijala biomase oko 60% je poljoprivredna, a 40% šumska. U okviru poljoprivredne ubedljivo najveći potencijal je u onoj koja se sakuplja u formi bala. Zbog toga su, pojedinačno gledano, balirani žetveni ostaci najveći potencijal obnovljive energije u Srbiji, a pogotovo Vojvodini.

# **Preporuke za iskorišćenje baliranih žetvenih ostataka u energetske svrhe**

- 1. Očuvanje plodnosti zemljišta.**
- 2. Obezbediti sigurnost snabdevanja.**
- 3. Primeniti odgovarajući način sakupljanja.**
- 4. Obezbediti kvalitet sakupljene biomase.**
- 5. Primeniti odgovarajući transport i skladištenje.**
- 6. Obezbediti povoljnu cenu.**

# Koje su moguće tehnologije za primenu biomase u energetske svrhe

Sagorevanje	komad	Čips	prah	pelet	briket	slama
Otvorena vatra	0	-	-	-	0	-
Kućne peći	+	-	-	-	+	-
Automatski gorionici	--	+	-	++	--	+
Sagorevanje u porcijama	0	--	--	--	-	+
Kosa rešetka	--	+	-	+	-	-
Putujuća rešetka	--	++	-	++	-	+
Vibraciona rešetka	--	+	-	+	-	+
Izvируće ložište	--	+	-	+	--	-
Gorionici za prašinu	--	--	+	--	--	-
<b>Cigaretno sagorevanje</b>	--	--	--	--	--	++

Oznake prihvatljivosti tehnika sagorevanja iz tabele: (--) krajnje nepovoljna, (-) nepovoljna, (0) moguća, (+) povoljna, (++) veoma povoljna.

**Pod slamom** se podrazumeva sva biomasa sakupljena u formi bala. Navedena tabela je iz izveštaja:

European Commission Joint Research Center, Petten the Netherlands, B.Kavalov amd S.D. Peteves, Bioheat applications in the European Union: An Analysis and Perspective for 2010. ISBN 92-894-8730-5

# Šta od navedenih tehnologija ima primenu u Srbiji i koja su iskustva u njihovoj primeni

Ovom prilikom razmatrane su samo tehnologije primenjene na industrijskim postrojenjima većih snaga (preko 1 MW)

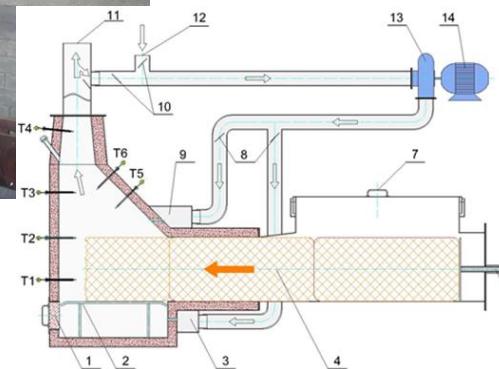
Izgrađeno je više postrojenja sa sagorevanjem usitnjene biomase i peleta primenom sagorevanja na nekoj od navedenih rešetaka  
**i jedno postrojenje sa cigaretnim sagorevanjem baliranih žetvenih ostataka**

Osnovna razlika navedenih tehnologija je u tome što samo cigaretno sagorevanja ne zahteva nikakvu dodatnu pripremu biomase u smislu: rasturanja bala, seckanje biomase, međutransport i međuskladištenje itd.

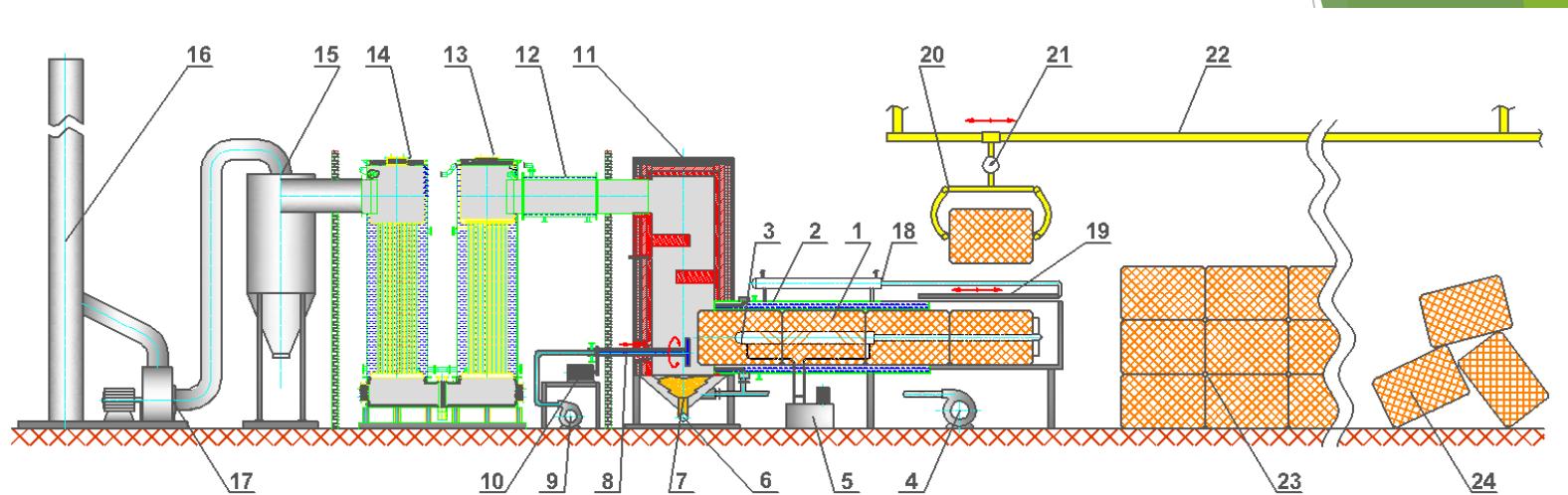
Dodatna priprema biomase znači:

- Znatno veća investiciona ulaganja.
- Enormno povećanje utroška el. energije (veća sopstvena potrošnja).
- Povećane troškove tekućeg održavanja.
- Teže kontrolisanje procesa sagorevanja.

# Faze razvoja cigaretnog sagorevanja balirane biomase



# Tehnologija cigaretnog sagorevanja (patent 51771-10.10.11.)



Legenda: 1- bale, 2- vodom hlađeni uvodnik bala, 3- hidraulični dozator bala, 4- ventilator primarnog vazduha, 5- pogon hidrauličnog dozatora, 6- pužni izvlakač pepela, 7- fluidizovan sloj za dogorevanje koksнog ostatka, 8- vodom hlađeni uvodnik sekundarnog vazduha, 9- ventilator sekundarnog vazduha, 10- mehanizam za translatorno i obrtno kretanje pozicije 9, 11- adjijabatsko ložište sa skretanjem struje gasovitih produkata sagorevanja, 12- vodena plameno-dimna cev, 13,14- cevni razmenjivač toplove voda-gas, 15- multiklon i vrećasti filter, 16- dimnjak, 17- ventilator dimnog gasa, 18- hidraulični pogon poklopca pozicije 2, 19- poklopac pozicije 2, 20- kran za transport bala, 21- merač težine bala, 22- transportna linija pozicije 20, 23- skladište bala za dnevnu potrošnju, 24- odlagalište škart bala (bale veće ili manje težine od zadatog okvira težine)

Na slici je prikazana tehnološka šema izgrađenog vodogrejnog kotla snage 1,5-2MW. Kotao se nalazi u korporaciji PKB i njime se greje 1ha plastenika. U upotrebi je 9 grejnih sezona. Kotao je plod domaćeg razvoja koji se odvijao kroz realizaciju projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. Izgradnja kotla je finansirana sredstvima resornog Ministarstva, Ministarstva poljoprivrede i PKB-a. Svakim danom svoga rada štedi od 1.000-3.000€. Do danas nije imao ni jedan dan prekida u radu usled funkcionalnih nedostataka.

# Izgrađeni vodogrejni koto u PKB-u sa cigaretnim sagorevanje balirane sojine slame



Pogled na kotlarnicu i plastenik



Vodom hlađeni uvodnik bala  
sa hidrauličnim potiskivačem

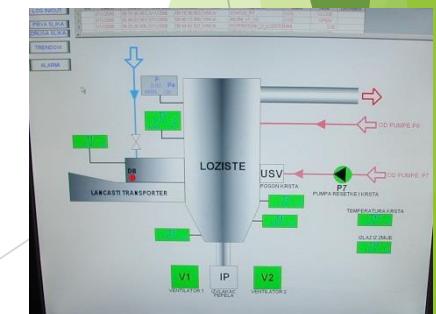


Akumulator toplote  
100m<sup>3</sup>



Dvopromajni vertikalni razmenjivač topline

Kotao je razvijen u institutu  
Vinča, a u saradnji sa više  
fakulteta i drugih instituta



Kontrolni panel automatskog  
upravljanja

# Komparativne prednosti tehnologije cigaretног sagorevanja u odnosu na tehnologije sagorevanja na reшetci

1.

Snaga hidrauličnog pogona za doziranje bala za kotao u PKB-u je 1,5 kW. Snaga sistema za pripremu biomase u u kotlu, istog kapaciteta, sa sagorevanjem na reшетci bi morala biti između 40 i 70 kW.

2.

Kotao sa cigaretним sagorevanjem nema pokretnih delova sem hidrauličnog pogona za doziranje (potiskivanje) bala. Hidraulični pogoni su najnedostavniji za održavanje i ujedno jedni od najpouzdanijih.

Kotlovi sa reшetkom imaju niz pogona i to za:

„čerupaljke bala“, seckalice, transportere, izvlakače, dozatore, pokretne reшetke, .... Sve navedeno zahteva stalno servisiranje kao i oštrenje noževa. U trenucima kad se noževi oštре kotao mora stati ili da se ugradi paralelna seckalica.

3.  
Kotao sa cigaretnim sagorevanjem nema delova od skupih vatrostalnih materijala.  
**Pokretne rešetke, rostovi, moraju biti od veoma skupih vatrostalnih materijala.**
4.  
Kotlovi sa cigaretnim sagorevanjem se isplate za manje od deset godina u odnosu na kotlove sa rešetkom samo na osnovu smanjenih troškova za utrošenu el. energiju.
5.  
Regulacija snage kotlova sa cigaretnim sagorevanjem je jednostavnija.
6.  
Investicija u sistem pripreme biomase za kotlove sa rešetkom je istog reda veličine kao kotao sa cigaretnim sagorevanjem.

Napomena: prednosti ima još, ali su ovde navedene samo najvažnije.

# Ilustrativni primer navedenih prednosti



Slika seckalice preuzeta iz prospektog materijala danske firme „straTEK“

**Napomena:** Seckalica inače ima još „giljotinu“ za sečenje bala na slojeve. Seckalicu mora opsluživati, između ostalog, jedan radnik samo za sečenje i izvlačenje kanapa kojima su bale uvezane.

# Isplativost ulaganja i povraćaj uloženih sredstava

	Poređenje za toplovodno postrojenje snage 4MW					
	BM-gas grejanje	BM-gas tehnol.	BM-mazut Grejanje	BM mazut tehnol.	BM I.I. ulje grejanje	BM I.I. ulje tehnol.
Razlika u investiciji (€)	220.000	290.000	160.000	230.000	190.000	260.000
Godišnja ušteda (€)	28.000	127.000	29.200	126.600	100.800	454.000
Prosto vreme otplate (godina)	7,9	2,28	5,5	1,9	1,88	0,57

- **Grejanje** Kotao radi 18 h/dan, 6 meseci u godini sa prosečnim kapacitetom ≈50%.
- **Tehnologija** Kotao radi u industriji, 24 h/dan, ≈300 dana/god. prosečnim kapacitetom 80%.

# Šta mi nudimo potencijalnim korisnicima tehnologije cigaretnog sagorevanja koju smo razvili?

1. Prikazivanje i demonstracija rada, kao i ispitivanje sagorevanja potencijalnog goriva.
2. Lokalnim samoupravama i drugim mogućim investitorima:
  - Definisanje potencijala resursa biomase.
  - Analizu gde je najpogodnije koristiti biomasu kao gorivo.
  - Pomoć u aplikaciji za domaće i međunarodna finansijska sredstva, donacije i bankarske kredite kroz izradu biznis planova po međunarodnim standardima.
  - Pomoć oko regulisanja tržišta biomasom itd.
3. Proizvođačima mašinske opreme pomoć u ovladavanju proizvodnjom opreme za razvijenu tehnologiju sagorevanja.
4. Potencijalnim investitorima oko definisanja optimalnih kapaciteta željenih postrojenja, što je veoma važno radi sagledavanja nivoa investicionih ulaganja.
5. Isporučiocima sirovina: koje tehnike primeniti radi sakupljanja, skladištenja, transporta i plasmana.

**Ukratko, kompletan inženjering, ukoliko je potrebno.**

# Zaključci

Razvili smo, do industrijske primene, tehnologiju sagorevanja u fluidizovanom sloju i cigaretног sagorevanja baliranih žetvenih ostataka.

**Treba imati više vere u sopstvene sposobnosti!**

Zahvaljujemo Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije koje je pomoglo u razvoju tehnologije cigaretног sagorevanja baliranih žetvenih ostataka i Ministarstvu poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede koje je sufinansiralo izgradnju kotla u PKB-u i Korporaciji PKB na ukazanom poverenju u naše znanje i naše mogućnosti.