



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje



7. ZAGREBAČKI ENERGETSKI TJEDAN 2016

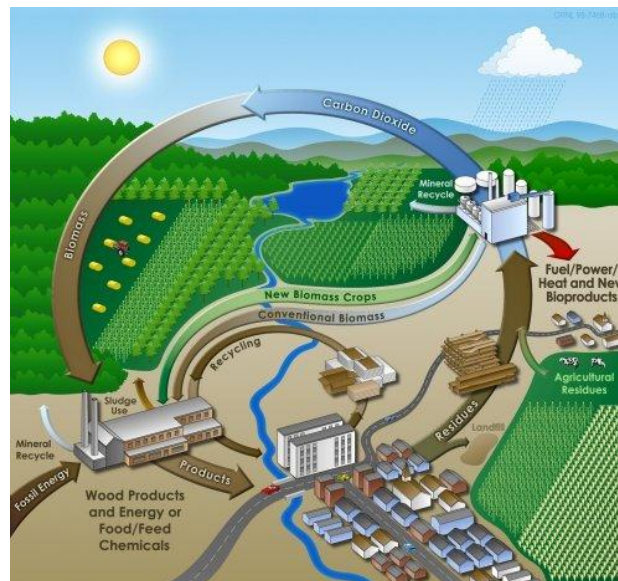
Utjecaj izgaranja biomase na okoliš

Ivan Horvat, mag. ing. mech.
prof. dr. sc. Damir Dović, dipl. ing. stroj.

Sadržaj

- ▶ Uvod
- ▶ Karakteristike biomase
- ▶ Uporaba
- ▶ Prednosti izgaranja klasične drvene biomase
- ▶ Nedostaci izgaranja klasične drvene biomase
- ▶ Istraživačke aktivnosti na FSB-u
- ▶ Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje LTTU-FSB

Uvod



Biomasa = obnovljiv izvor energije i CO₂ neutralna

- ▶ 2,5 kg drvene biomase (cca. 20% vlage) = 1 lit. EL loživa ulja
- ▶ 1 ha šume apsorbira količinu CO₂ koja nasraje izgaranjem 88 000 lit EL loživa ulja ili 135 Nm³ prirodnog plina

Karakteristike biomase

- ▶ Sadržaj vlage

- ▶ Sadržaj pepela

(drvo < 0,5%; slama žitarica = 5-10%; rižina slama = 30-40%)

- ▶ Sadržaj hlapivih sastojaka

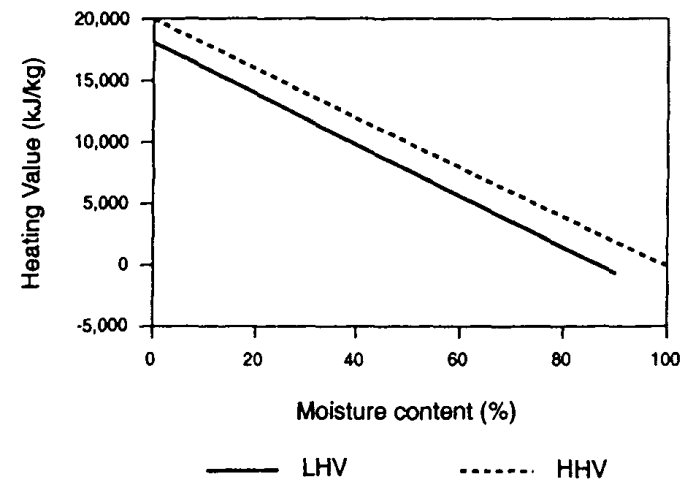
Na temperaturama 400-500 °C biomasa se raspada na hlapive tvari i drveni ugljen što stvara probleme kod regulacije izgaranja.

- ▶ Ogrjevna vrijednost

Sastav biomase je manje-više konstantan, ogrjevna vrijednost prvenstveno ovisi o sadržaju vlage.

- ▶ Gustoća

Energetska gustoća - energetski potencijal sadržan u jediničnom volumenu biomase.



Note: LHV=Lower heating value; HHV=higher heating value.
Source: BTG (1995).

Uporaba

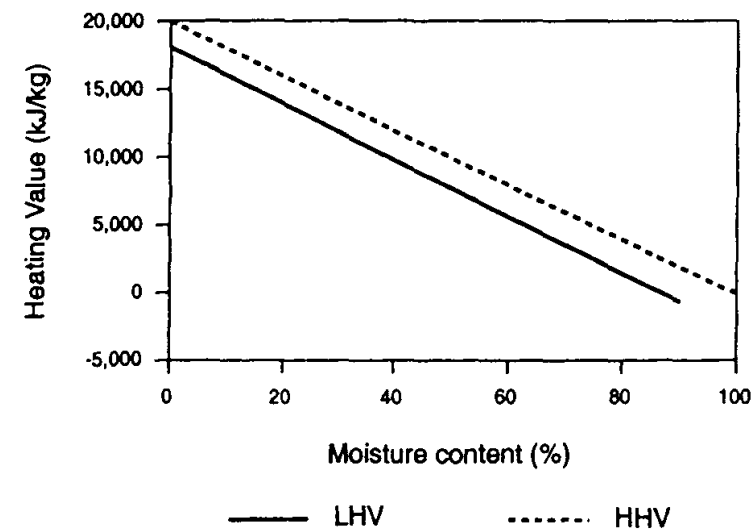
- ▶ Direktno izgaranje sirove biomase
- ▶ Izgaranje biomase nakon relativno jednostavnog procesa sortiranja, usitnjavanja, prešanja i prirodnog sušenja na zraku
- ▶ Termo-kemijski procesi dobivanja biogoriva (rasplinjavanje, piroliza i likvefakcija)
- ▶ Biološka razgradnja kojom se dobiva plinovito ili tekuće gorivo što uključuje anaerobnu razdvajanje i fermentaciju

Uporaba



Direktno izgaranje sirove biomase

- ▶ Kompleksan proces s relativno slabom iskoristivosti
- ▶ Visok sadržaj vlage - velik dio energije se troši na isparavanje vlage
- ▶ Visok sadržaj hlapivih spojeva - predstavlja $\frac{3}{4}$ potencijala, ostatak je drveni ugljen
- ▶ Malo akumulirane energije - skup transport, problem skladištenja



Note: LHV=Lower heating value; HHV=higher heating value.
Source: BTG (1995).

Uporaba

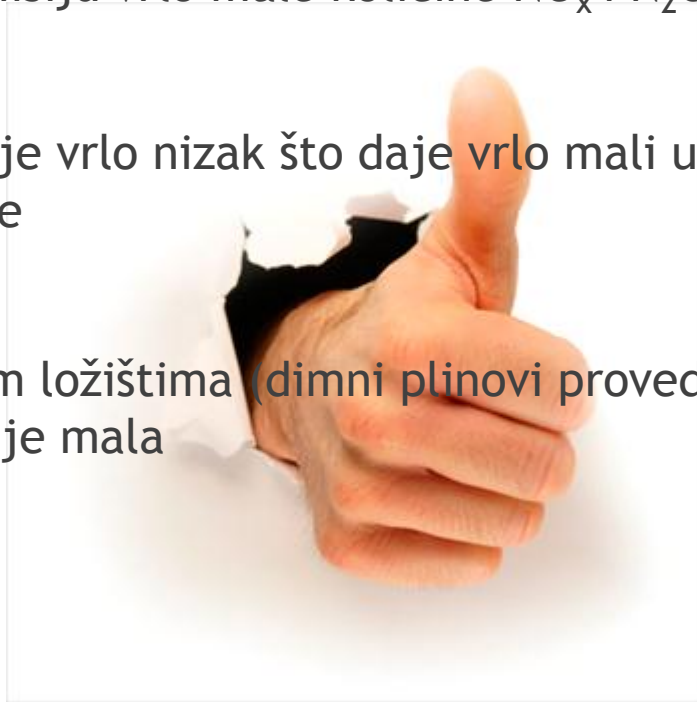
Izgaranje biomase nakon relativno jednostavnog procesa sortiranja, usitnjavanja, prešanja i prirodnog sušenja na zraku

- ▶ Obrada i priprema biomase u pogodniji oblik (npr. pelet, briket) - manji sadržaj vlage, više akumulirane energije u jedinici volumena



Prednosti izgaranja klasične drvene biomase

- ▶ Biomasa izgara uz emisiju vrlo male količine NO_x i N_2O
- ▶ Udio S i Cl u biomasi je vrlo nizak što daje vrlo mali udio SO_2 i HCl u dimnim plinovima - kisele kiše
- ▶ U dobro konstruiranim ložištima (dimni plinovi provede min 2 s u vrućoj zoni) emisije C_xH_y spojeva je mala

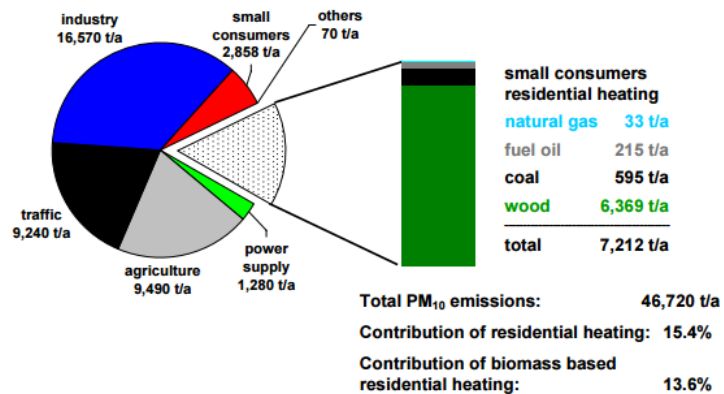


Nedostaci izgaranja klasične drvene biomase

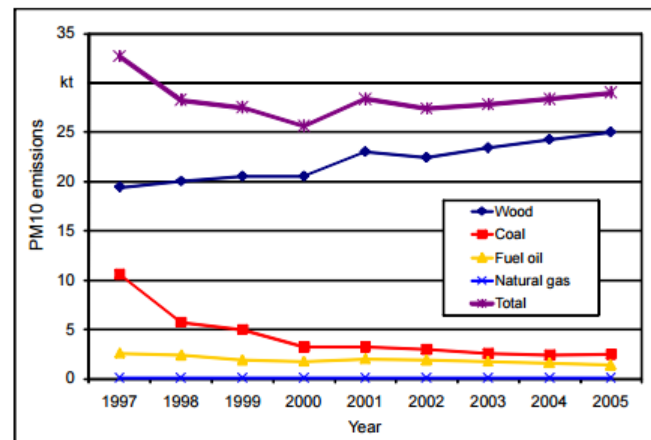
► Problem emisija prašine



Austrija



Njemačka



Nedostaci izgaranja klasične drvene biomase

- ▶ $N=100\ 000$ kotlova na drvene pelete
- ▶ $P= 25$ kW prosječna snaga kotla
- ▶ $\eta=86\%$ stupanj djelovanja kotla
- ▶ $H_d=17\ 500$ kJ/kg donja ogrjevna vrijednost goriva (peleti)
- ▶ $Dust= 60$ mg/m_n³

Za ove uvjete u jednoj sezoni grijanja emitira se otprilike **440 tona prašina**.

Istraživačke aktivnosti na FSB-u

| Stoking | Fuel | Nominal heat output kW | Emission limits | | | | | | | | |
|-----------|----------|---------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
| | | | CO | | | OGC | | | Dust | | |
| | | | mg/m ³ at 10% O ₂ ^a | | | | | | | | |
| | | | class 3 | class 4 | class 5 | class 3 | class 4 | class 5 | class 3 ^b | class 4 | class 5 |
| manual | biogenic | ≤ 50 | 5 000 | 1200 | 700 | 150 | 50 | 30 | 150 | 75 | 60 |
| | | > 50 ≤ 150 | 2 500 | | | 100 | | | 150 | | |
| | | >150 ≤ 500 | 1 200 | | | 100 | | | 150 | | |
| | fossil | ≤ 50 | 5 000 | | | 150 | | | 125 | | |
| | | > 50 ≤ 150 | 2 500 | | | 100 | | | 125 | | |
| | | >150 ≤ 500 | 1 200 | | | 100 | | | 125 | | |
| automatic | biogenic | ≤ 50 | 3 000 | 1000 | 500 | 100 | 30 | 20 | 150 | 60 | 40 |
| | | > 50 ≤ 150 | 2 500 | | | 80 | | | 150 | | |
| | | >150 ≤ 500 | 1 200 | | | 80 | | | 150 | | |
| | fossil | ≤ 50 | 3 000 | | | 100 | | | 125 | | |
| | | > 50 ≤ 150 | 2 500 | | | 80 | | | 125 | | |
| | | >150 ≤ 500 | 1 200 | | | 80 | | | 125 | | |

NOTE 1 The dust values in this Table are based on the experience of the gravimetric filter method. The method used needs to be referred to in the test report. The particulate matter emission measured according to this European Standard does not include condensable organic compounds which may form additional particulate matter when the flue gas is mixed with ambient air. The values are therefore not directly comparable with values measured by dilution tunnel methods. Neither can they be directly translated into ambient air particulate concentrations.

NOTE 2 Additional test methods and emission limits which apply in some countries are given in the A-Deviations in Annex C.

^a Referred to dry exit flue gas, 0 °C, 1013 mbar.

^b Boilers of class 3 for type E-fuels according to 1.2.1 or e-fuels according to 1.2.3 in this Table and marked with the classification E-fuels and e-fuels do not need to fulfil the requirements for the dust emissions. The actual value shall be stated in the technical documentation and shall not exceed 200 mg/m³ at 10 % O₂.

Austrija

Table C.4 — Small burners used for solid fuels automatically loaded

| Parameter | Emission limits mg/MJ | | | |
|-----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| | Wood pellets Room heaters | Wood pellets Central heaters | Other wooden fuels | Other standardised biogenous fuels |
| CO | 500 ^a | 250 ^a | 250 ^a | 500 ^a |
| NO _x | 150/100 ^b | 150/100 ^b | 150 / 100 ^b | 300 |
| OGC | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Dust | 50/25 ^b | 40/20 ^b | 50 / 30 ^b | 60 / 35 ^b |

^a The limit value can be exceeded by 50 % during partial load operation at 30 % of nominal output.

^b Values applying as from 1.1.2015.

Njemačka

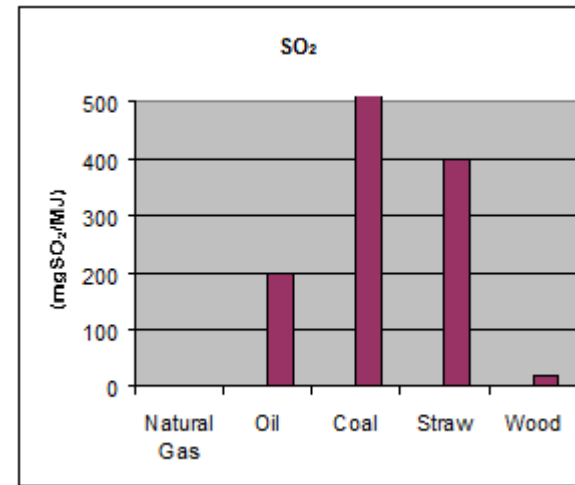
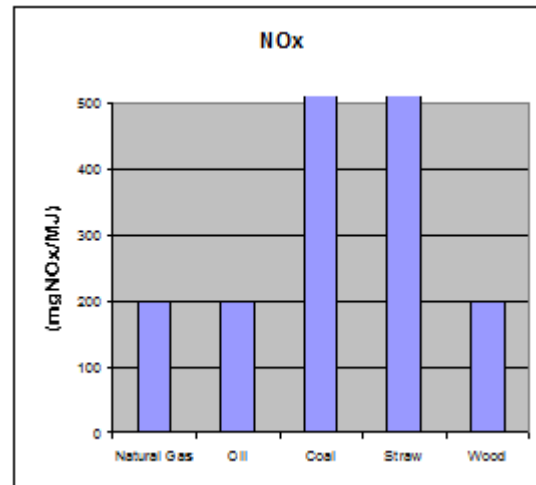
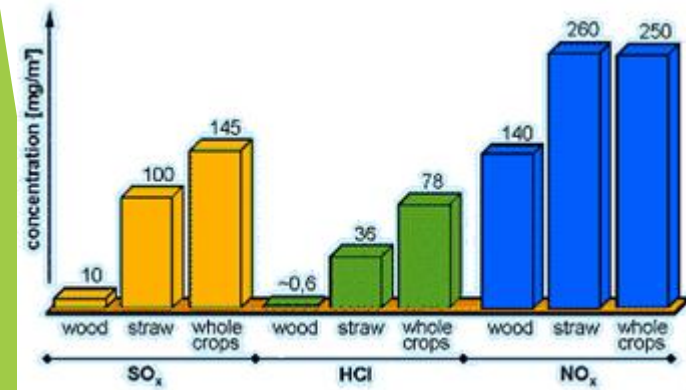
| | Fuel acc §3 article 1 | Nominal output range kW | Dust g/m ³ | CO g/m ³ |
|---|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Stage 1: appliances, which will be installed after the 22.03.2010 | Number 1 to 3a | ≥ 4 ≤ 500 | 0,09 | 1,0 |
| | | > 500 | 0,09 | 0,5 |
| | Number 4 to 5 | ≥ 4 ≤ 500 | 0,10 | 1,0 |
| | | > 500 | 0,10 | 0,5 |
| | Number 5a | ≥ 4 ≤ 500 | 0,06 | 0,5 |
| | | > 500 | 0,06 | 0,5 |
| Number 6 to 7 | ≥ 30 ≤ 100 | 0,10 | 0,8 | |
| | | > 100 ≤ 500 | 0,10 | 0,5 |
| | > 500 | 0,10 | 0,3 | |
| Stage 2: appliances, which will be installed after the 31.12.2014 | Number 1 to 5a | ≥ 4 | 0,02 | 0,4 |
| | | ≥ 30 ≤ 500 | 0,02 | 0,4 |
| | Number 6 to 7 | > 500 | 0,02 | 0,3 |
| | | Number 8 to 13 | ≥ 4 < 100 | 0,02 |

NOTE Differing from sentence 1 for firing systems (appliances) which will exclusively be fired by fuels according §3 article 1 Number 4 in the form of split logs, the limits according Stage 2 apply for firing systems (appliances) when they will be installed after the 31.12.2016.

Istraživačke aktivnosti na FSB-u



- Visoka cijena klasičnih drvenih peleta (na razini plina) - dugi izvori biomase - npr. razni ostaci u poljoprivrednoj proizvodnji



Istraživačke aktivnosti na FSB-u

Problemi kod izgaranja biomase iz raznih ostataka u poljoprivrednoj proizvodnji:

- ▶ Veći sadržaj pepela u gorivu - veće emisije prašine
- ▶ Veći sadržaj Ca, K, Si u gorivu - problem taljenja ostatka na rešetci kod visokih temperatura
- ▶ Kod nižih temperatura izgaranja potrebno je dulje vrijeme za odvijanje kemijskih reakcija - uzrokuje lošije izgaranja (povećanje emisija CO i C_xH_y)
- ▶ Veći sadržaj N u gorivu - nastanak N_2O (GWP=298)
- ▶ Veći sadržaj S u gorivu - nastanak SO_2
- ▶ Veći sadržaj Cl u gorivu - nastanak KCl i HCl - u uvjetima nepotpunog izgaranja uzrokuje povećani nastanak dioksina i furana

Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje LTTU-FSB



Potvrda o akreditaciji
Accreditation Certificate

Ovime se utvrđuje da je
This is to recognize that

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje
Ivana Lučića 5, HR-10000 Zagreb

isposložen prema zahtjevima norme
is competent according to
HRN EN ISO/IEC 17025:2007
(ISO/IEC 17025:2005+Cor.1:2006;
EN ISO/IEC 17025:2005+AC:2006)
za/to carry out

Ispitivanje grijalica prostora, kamina i štednjaka
Ispitivanje sustava ventilacije, klimatizacije i mikroklimne prostora
Testing of room heaters, inset appliances and residential cookers
Testing of air conditioning and ventilation systems and indoor climate

u području opisanom u prilogu koji je sastavni dio ove potvrde o akreditaciji.
for the scope described in the annex which is the constituent part of this accreditation certificate.

Bz./No.: 1510
Klasa/Ref.No.: 383-02/13-30/015
Urbroj/Jd.No.: 569-02/11-15-31
Zagreb, 2015-09-21

Akreditacija istječe-Accreditation expiry: 2020-09-20
Prva akreditacija-Initial accreditation: 2015-09-21

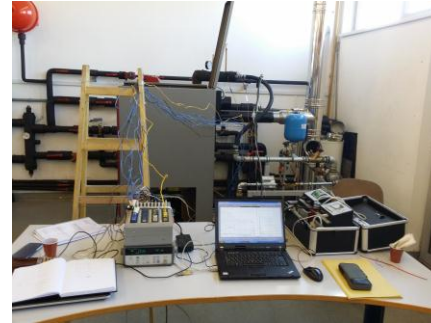
HAA je potpisnica multilateralnog sporazuma s Europskom organizacijom za akreditaciju (EA)
HAA is a signatory of the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement.

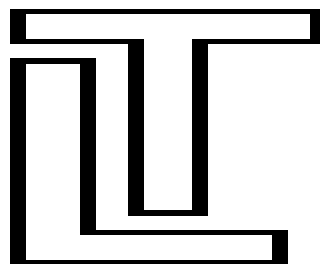
Ravnatelj
Director General:
Tihomir Babić, dipl. ing.

 **HAA** Hrvatska akreditacijska agencija
Croatian Accreditation Agency

HAA-Ob-7/7-1/ednopolje 6

Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje LTTU-FSB





Zahvaljujem na pažnji !

Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje

Fakultet strojarstva i brodogradnje

prof.dr.sc. Srečko Svaic

srecko.svaic@fsb.hr

prof.dr.sc. Damir Dovic

damir.dovic@fsb.hr

Ivan Horvat, mag.ing.mech.

ivan.horvat@fsb.hr