

KeepWarm

Biomasa – vrste, struktura, hemijski sastav, tehnička analiza i karakteristike pepela

„BIOMASA I NJENO KORIŠĆENJE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA – OPŠTI PRINCIPI“

Aleksandar Erić

30. Januar 2019, Vinča, Beograd

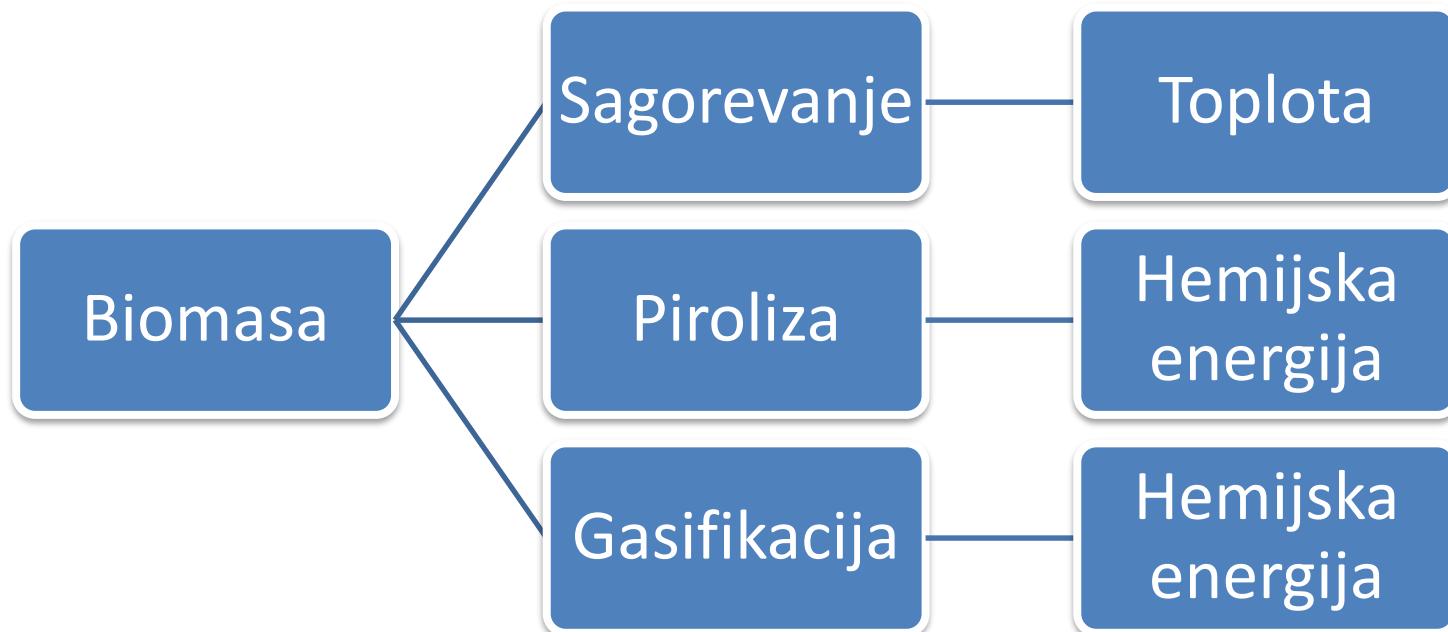


This project received funding from the EU's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N°784966. The sole responsibility for the content of this document lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the EU.

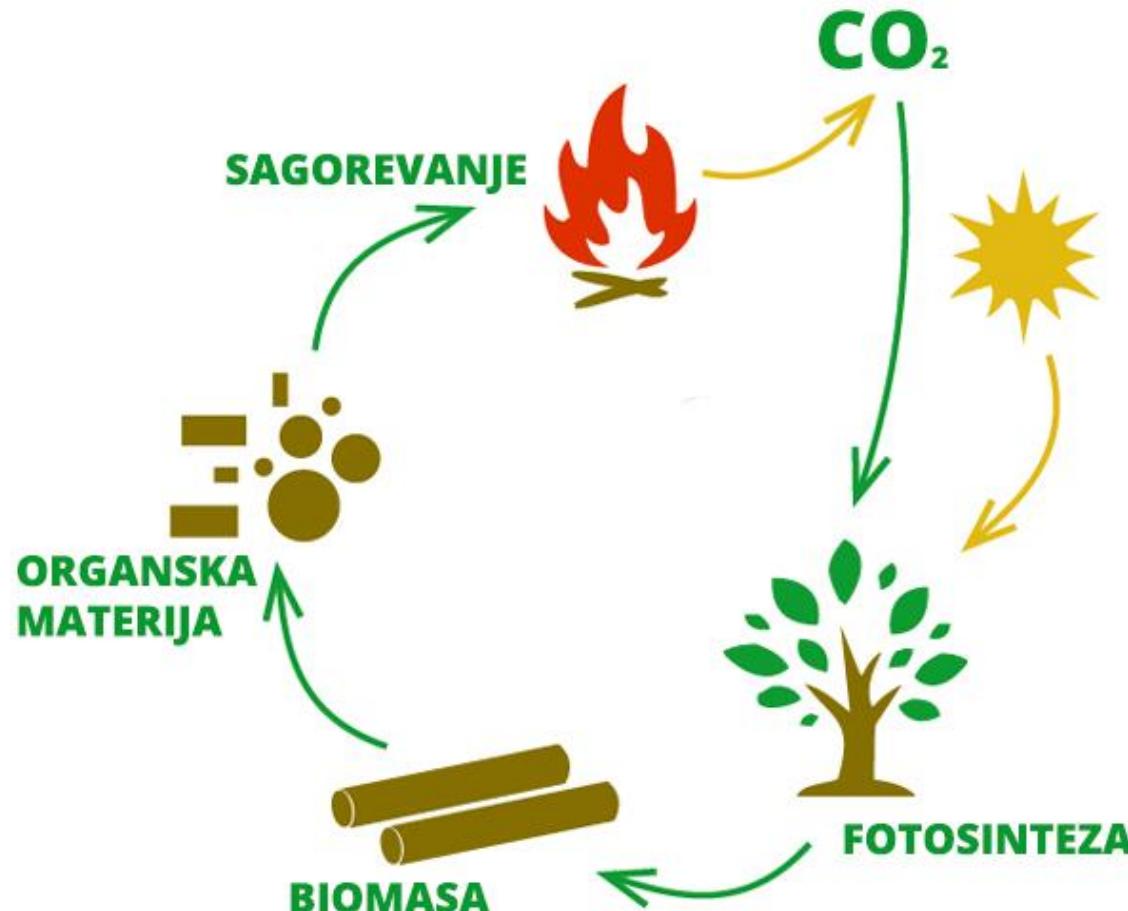
This project receives co-funding from the German Federal Ministry of Economic Cooperation and Development.

Definicija biomase

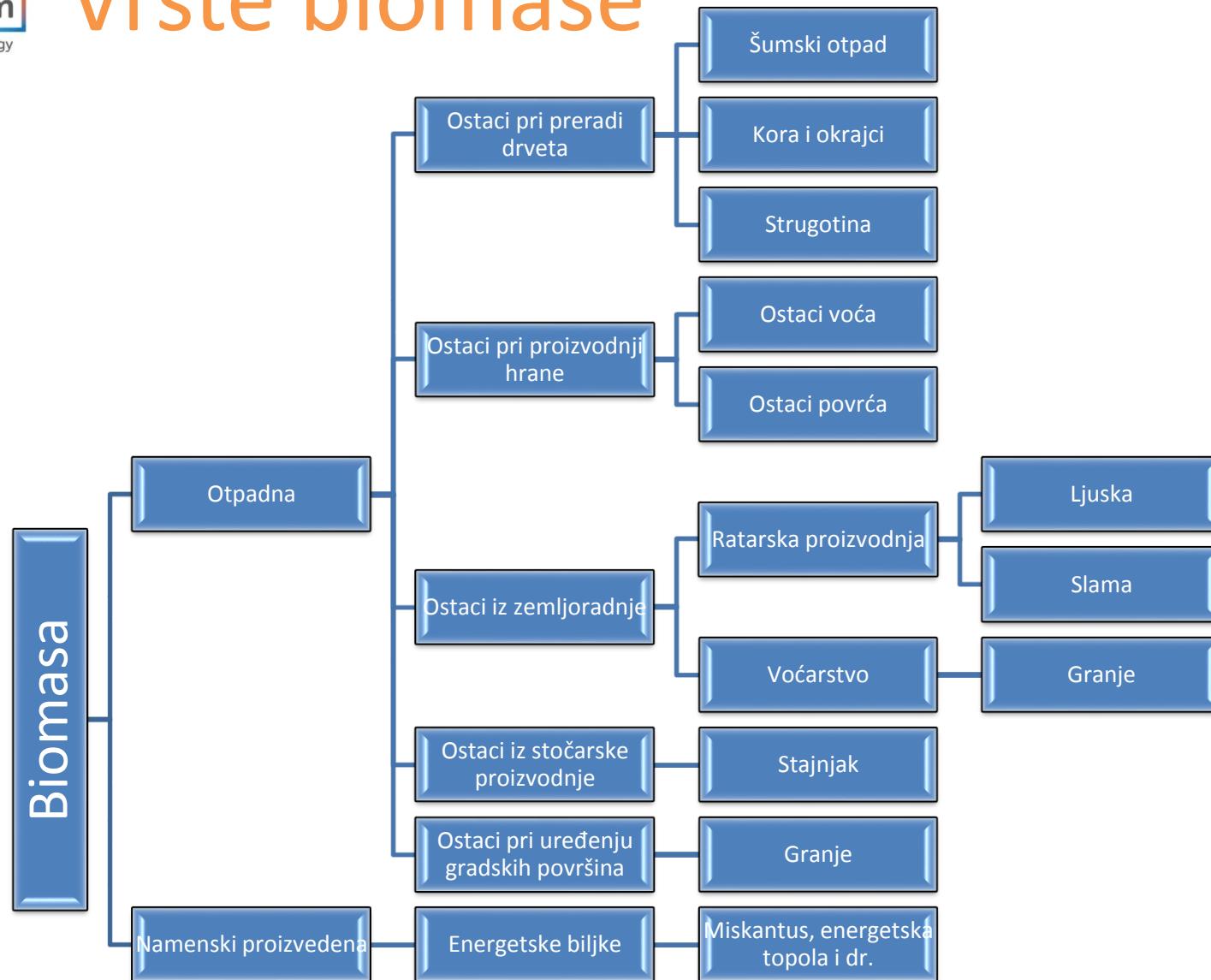
Biomasu u energetskom smislu čine sve organske materije biljnog i životinjskog porekla;



Biomasa i održivost



Vrste biomase



Vrste biomase

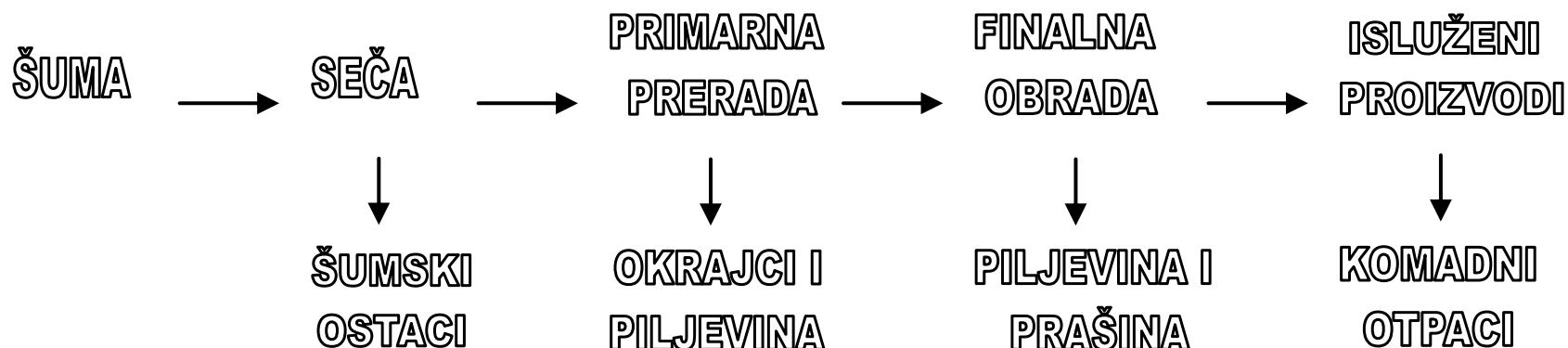
- Poljoprivredna biomasa
 - Ostaci poljoprivredne proizvodnje



Poljoprivredni ostatak	Prosečna količina ostataka, [t/ha]
Pšenična slama	3-6
Ostaci od drugih žitarica	3-5,5
Stabljike kukuruza	4,5-6
Kukuruzni oklasak i listovi	1,5-2,5
Ostaci pri rezanju vinove loze	3-4
Listovi i grančice pri rezanju maslinovog drveta	1-2,5
Ostaci od voća	2-3

Vrste biomase

- Šumska biomasa
 - Ostaci pri preradi drveta do finalnog proizvoda:



Vrste biomase

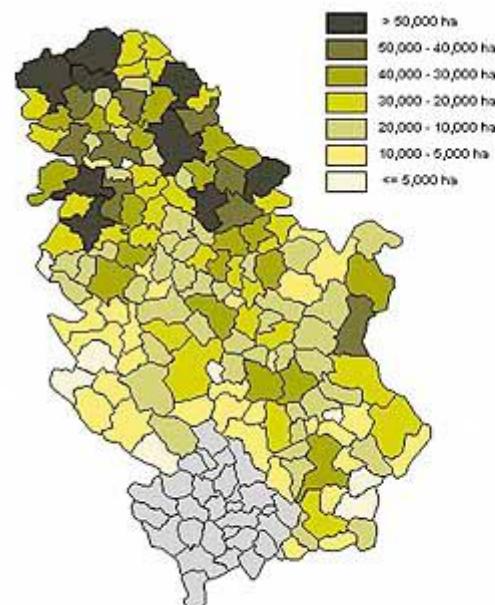
- Energetske biljke
 - Brzorastuće biljke sa visokim godišnjim prinosom



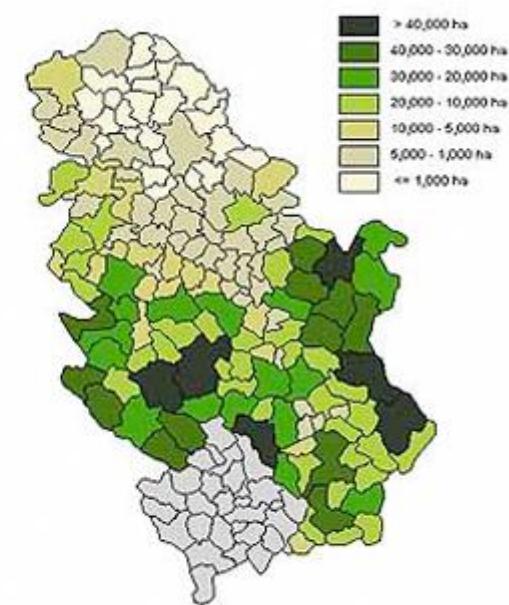
Energetska biljka	Prosečni godišnji prinos suve materije, [t/ha]
Kineska šećerna trska	15-30
Kenaf	10-20
Konoplja	5-15
Španska trska	15-35
Miskantus	15-25
Panicum virgatum	10-25
Topola	8-20
Breza	10-15
Bagrem	10-13

Hemijski sastav biomase

- Hemijski sastav biomase zavisi od:
 - Vrste biomase;
 - podneblja rasta;
 - zemljišnih uslova;
 - korišćenog đubriva
 - drugih faktora.



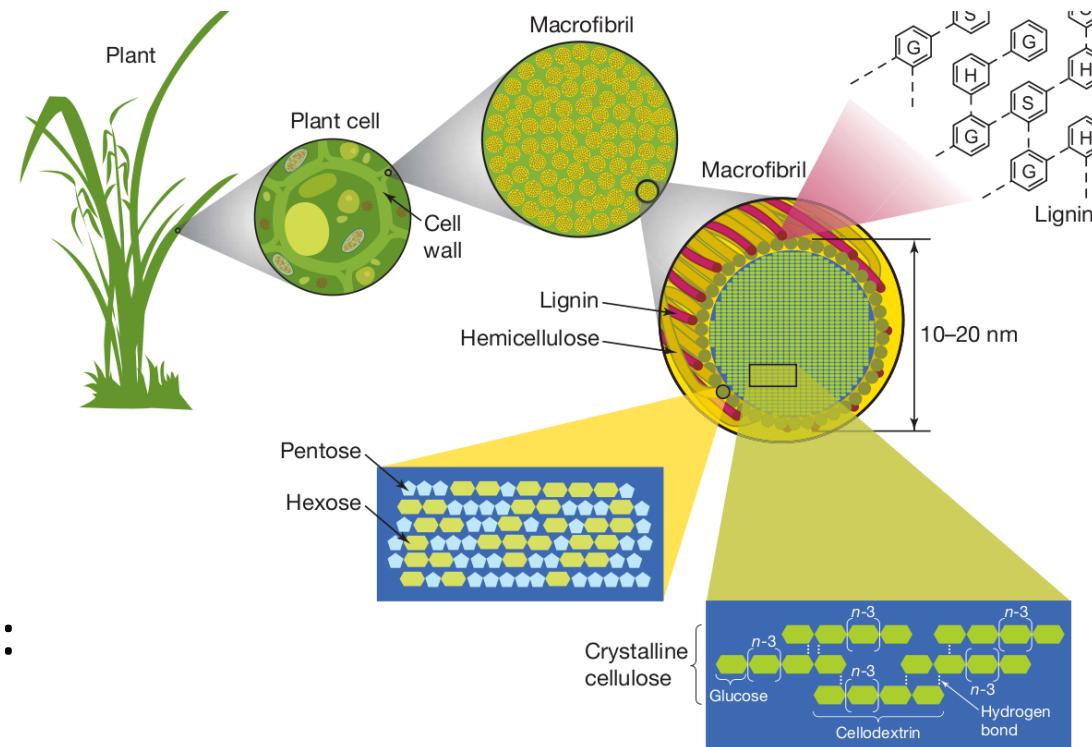
Obradivo zemljište u Srbiji



Površina pod šumom u Srbiji

Hemijski sastav biomase

- U sastav biomase ulaze:
 - organska i
 - neorganska jedinjenja.
- Organska jedinjenja:
 - celuloza,
 - hemiceluloza,
 - lignin,
 - masti,
 - skrob,
 - voskovi,
 - proteini i dr.
- Neorganska jedinjenja:
 - voda,
 - mineralne materije,
 - soli i dr.



Hemijski sastav biomase

- Maseni udeo organskih jedinjenja biomase

Vrsta biomase	Celuloza	Hemiceluloza	Lignin	Ostale materije
	Maseno, [%]			
Stabljika kukuruza	39,82	29,78	14,6	15,8
Oklasak kukuruza	44,56	29,89	14,35	11,20
Pšenična slama	39,89	28,19	16,74	15,18
Ljuspice pirinča	30,44	23,14	13,3	33,12
Drvo	41,5	26,5	28,0	6,0

Hemijski sastav biomase

- Tehnička analiza poljoprivredne biomase

Vrsta biomase	Volatili, [%]	Fiksni ugljenik, [%]	Vлага, [%]	Pepeo, [%]
Miskantus gigantus	71,9	14,0	11,4	2,7
Lucerka	71,6	14,3	9,3	4,8
Ječmena slama	67,4	16,4	11,5	4,7
Kukuruzovina (oklasak)	67,7	17,8	7,4	7,1
Ovsena slama	73,9	12,5	8,2	5,4
Uljana repica	70,7	16,3	8,7	4,3
Pšenična slama	67,2	16,3	10,1	6,4
Ljuska kafe	68,2	18,5	10,8	2,5
Ljuska kikirikija	68,1	20,9	7,9	3,1
Ljuska lešnika	71,5	19,9	7,2	1,4
Koštice masline	72,3	18,7	6,1	2,9
Koštice šljive	53,7	11,8	33,6	0,9
Ljuska soje	69,6	19,0	6,3	5,1
Ljuska oraha	55,3	35,3	6,8	2,6

Hemijski sastav biomase

- Tehnička analiza šumske biomase

Vrsta biomase	Volatili, [%]	Fiksni ugljenik, [%]	Vлага, [%]	Pepeo, [%]
Javorova kora	70,1	17,8	8,4	3,7
Hrastova strugotina	76,3	11,9	11,5	0,3
Hrast	73,0	20,0	6,5	0,5
Borova kora	70,2	23,3	4,7	1,8
Borov čips	66,9	20,0	7,6	5,5
Borova strugotina	70,4	14,2	15,3	0,1
Topola	79,7	11,5	6,8	2,0
Kora topole	73,6	16,0	8,4	2,0
Kora od omorike	67,3	21,4	8,4	2,9
Omorika	75,7	17,1	6,7	0,5
Vrba	74,2	14,3	10,1	1,4

Hemijski sastav biomase

- Elementarna analiza poljoprivredne biomase

Vrsta biomase	C, [%]	O, [%]	H, [%]	N, [%]	S, [%]
Miskantus gigantus	49,2	44,2	6,0	0,4	0,15
Lucerka	49,9	40,8	6,3	2,8	0,21
Ječmena slama	49,4	43,6	6,2	0,7	0,13
Kukuruzovina	48,7	44,1	6,4	0,7	0,08
Ovsena slama	48,8	44,6	6,0	0,5	0,08
Uljana repica	48,5	44,5	6,4	0,5	0,10
Pšenična slama	49,4	43,6	6,1	0,7	0,17
Ljuska kafe	45,4	48,3	4,9	1,1	0,35
Ljuska kikirikija	50,9	40,4	7,5	1,2	0,02
Ljuska lešnika	51,5	41,6	5,5	1,4	0,04
Koštice masline	52,8	39,4	6,6	1,1	0,07
Koštice šljive	49,9	42,4	6,7	0,9	0,08
Ljuska soje	45,4	46,9	6,7	0,9	0,10
Ljuska oraha	49,9	42,4	6,2	1,4	0,09

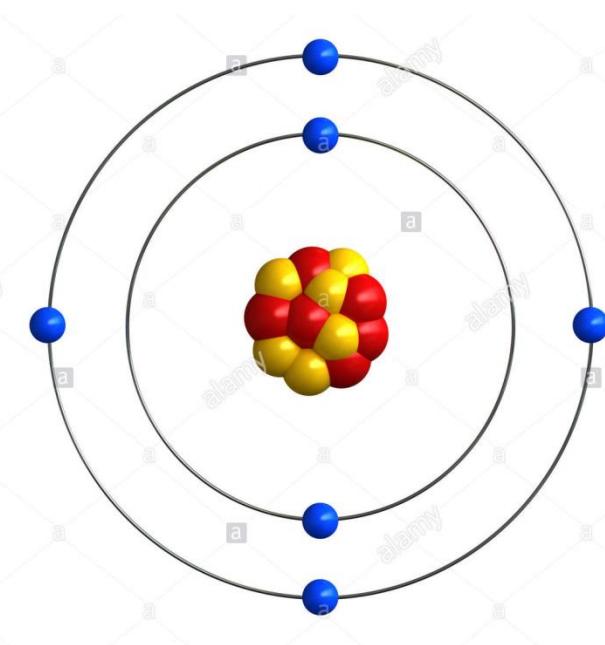
Hemijski sastav biomase

- Elementarna analiza šumske biomase

Vrsta biomase	C, [%]	O, [%]	H, [%]	N, [%]	S, [%]
Javorova kora	52,0	41,3	6,2	0,4	0,11
Hrastova strugotina	50,1	43,9	5,9	0,1	0,01
Hrast	50,6	42,9	6,1	0,3	0,10
Borova kora	53,8	39,9	5,9	0,3	0,07
Borov čips	52,8	40,5	6,1	0,5	0,09
Borova strugotina	51,0	42,9	6,0	0,1	0,01
Topola	51,6	41,7	6,1	0,6	0,02
Kora topole	53,6	39,3	6,7	0,3	0,10
Kora od omorike	53,6	40,0	6,2	0,1	0,10
Omorika	52,3	41,2	6,1	0,3	0,10
Vrba	49,8	43,4	6,1	0,6	0,06

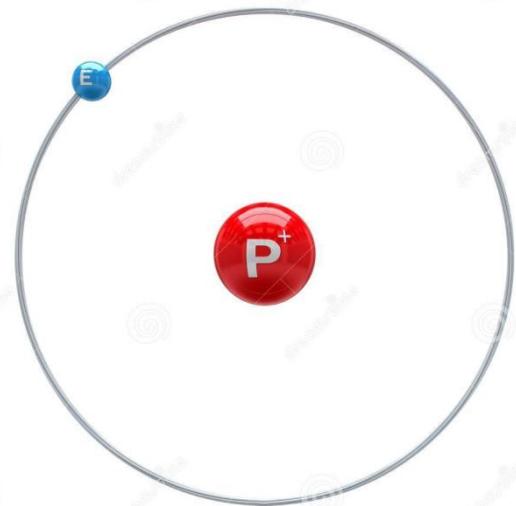
Ugljenik C

- Procentualni udeo:
 - 37-46 % kod polj. ostataka,
 - oko 50 % kod drveta.
- On se u biomasi nalazi u:
 - slobodnom i
 - u vezanom stanju (H, O, N i S)
- Toplotna moć čistog ugljenika
 - 33,829MJ/kg
- Adijabatska temperatura sagorevanja
 - oko 2240°C.



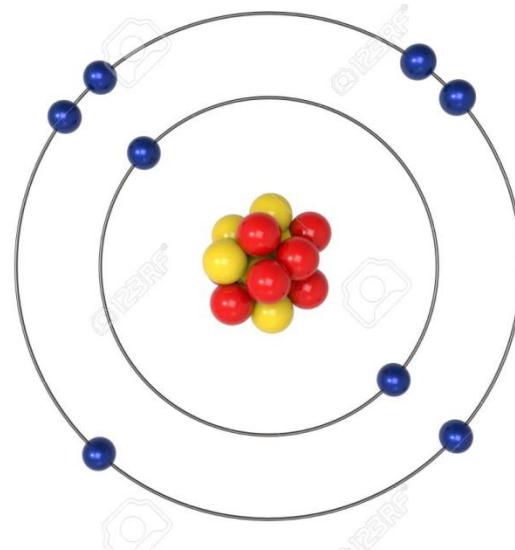
Vodonik H

- Procentualni udeo:
 - 5-8 %
- On se u biomasi nalazi u:
 - samo u vezanom stanju
- Toplotna moć čistog vodonika
 - 142,014MJ/kg
- Značajan udeo u energetskoj vrednosti biomase
- Adijabatska temperatura sagorevanja
 - oko 2235°C.



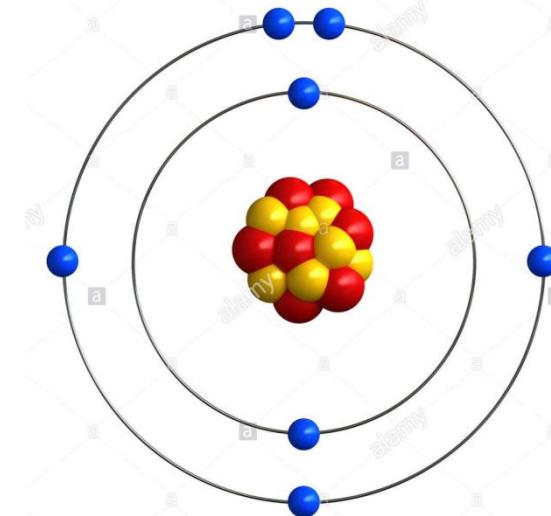
Kiseonik O

- Procentualni udeo:
 - 33-50 %
- Predstavlja unutrašnji balast
- Deo kiseonika učestvuje u procesu oksidacije
- Deo kiseonika ostaje vezan sa ostalim elementima, najčešće ugljenikom i u obliku CO ili CO₂ napušta gorivo u procesu devolatilizacije



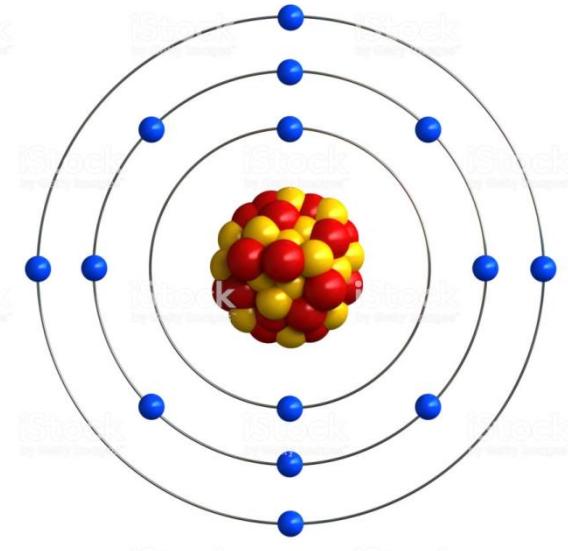
Azot N

- Procentualni udeo:
 - 0,5-2 %
- On se nalazi u obliku organskih jedinjenja
- Ekoliški nepoženjan
- U procesu sagorevanja uzrokuje stvaranje azotnih oksida (NO i NO_2).



Sumpor S

- Procentualni udeo:
 - U tragovima;
- Toplotna moć:
 - $9,295 \text{ MJ/kg}$
- Prilikom njegovog sagorevanja stvara se sumpor dioksid
- Na nižim temperaturama vлага sa sumpor dioksidom gradi veoma agresivnu sumpornu i sumporastu kiselinu
- Osim toga sumpor dioksid je u atmosferi nepovoljan i sa ekološkog stanovišta (troatomni gas).



Mineralne materije

- Procentualni udeo:
 - Oko 2% kod šumske biomase
 - Oko 6% kod poljoprivredne biomase
- Mineralne materije predstavljaju balast;
- U procesu sagorevanja mineralne materije trpe niz promena koje dovode do njihovog razlaganja i oksidacije;
- Materija koja nastaje nakon toga naziva se pepeo;
- Pepeo stvara problem zašljakivanja razmenjivačkih i drugih površina, kao i problem njegovog uklanjanja;
- U sastav pepela ulazi niz oksida: Ca, Mg, Na, K, P, Si i Ti.

Mineralne materije

- Hemijiski sastav pepela poljoprivredne biomase

Vrsta biomase	SiO ₂	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	TiO ₂
Miskantus gigantus	56,42	10,77	19,75	5,54	0,79	3,01	0,94	2,28	0,47	0,03
Lucerka	7,87	24,87	38,14	10,38	0,10	14,10	0,41	2,62	1,49	0,02
Ječmena slama	50,78	9,89	28,18	2,97	0,67	2,87	0,95	2,22	1,39	0,08
Kukuruzovina	49,95	14,73	18,53	2,42	5,06	4,49	2,53	1,84	0,16	0,29
Ovsena slama	37,79	12,03	26,84	6,14	4,69	4,45	2,17	4,93	0,72	0,24
Uljana repica	40,80	30,68	13,45	2,22	5,45	2,00	2,00	2,67	0,44	0,29
Pšenična slama	50,35	8,21	24,89	3,54	1,54	2,74	0,88	4,24	3,52	0,09
Ljuska kafe	14,65	13,05	52,45	4,94	7,07	4,32	2,06	0,53	0,66	0,27
Ljuska kikirikija	27,70	24,80	8,50	3,70	8,30	5,40	10,30	10,40	0,80	0,10
Ljuska lešnika	33,70	15,40	30,40	3,20	3,10	7,90	3,80	1,10	1,30	0,10
Koštice masline	21,48	19,97	16,44	9,71	5,95	3,84	4,25	2,30	15,77	0,29
Koštice šljive	3,64	14,86	45,51	20,40	0,11	11,79	0,69	2,51	0,47	0,02
Ljuska soje	2,01	25,26	36,00	5,79	8,74	8,38	2,95	4,37	6,26	0,24
Ljuska oraha	23,32	16,72	33,03	6,21	2,40	13,51	1,50	2,20	1,00	0,10

Mineralne materije

- Hemijiski sastav pepela šumske biomase

Vrsta biomase	SiO ₂	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	TiO ₂
Javorova kora	8,95	67,36	7,03	0,79	3,98	6,59	1,43	1,99	1,76	0,12
Hrastova strugotina	29,93	15,56	31,99	1,90	4,27	5,92	4,20	3,84	2,00	0,39
Hrast	48,95	17,48	9,49	1,80	9,49	1,10	8,49	2,60	0,50	0,10
Borova kora	9,20	56,83	7,78	5,02	7,20	6,19	2,79	2,83	1,97	0,19
Borov čips	68,18	7,89	4,51	1,56	7,04	2,43	5,45	1,19	1,20	0,55
Borova strugotina	9,71	48,88	14,38	6,08	2,34	13,80	2,10	2,22	0,35	0,14
Topola	3,87	57,33	18,73	0,85	0,68	13,11	1,16	3,77	0,22	0,28
Kora topole	1,86	77,31	8,93	2,48	0,62	2,36	0,74	0,74	4,84	0,12
Kora od omorike	6,13	72,39	7,22	2,69	0,68	4,97	1,90	1,88	2,02	0,12
Omorika	49,30	17,20	9,60	1,90	9,40	1,10	8,30	2,60	0,50	0,10
Vrba	6,10	46,09	23,40	13,01	1,96	4,03	0,74	3,00	1,61	0,06

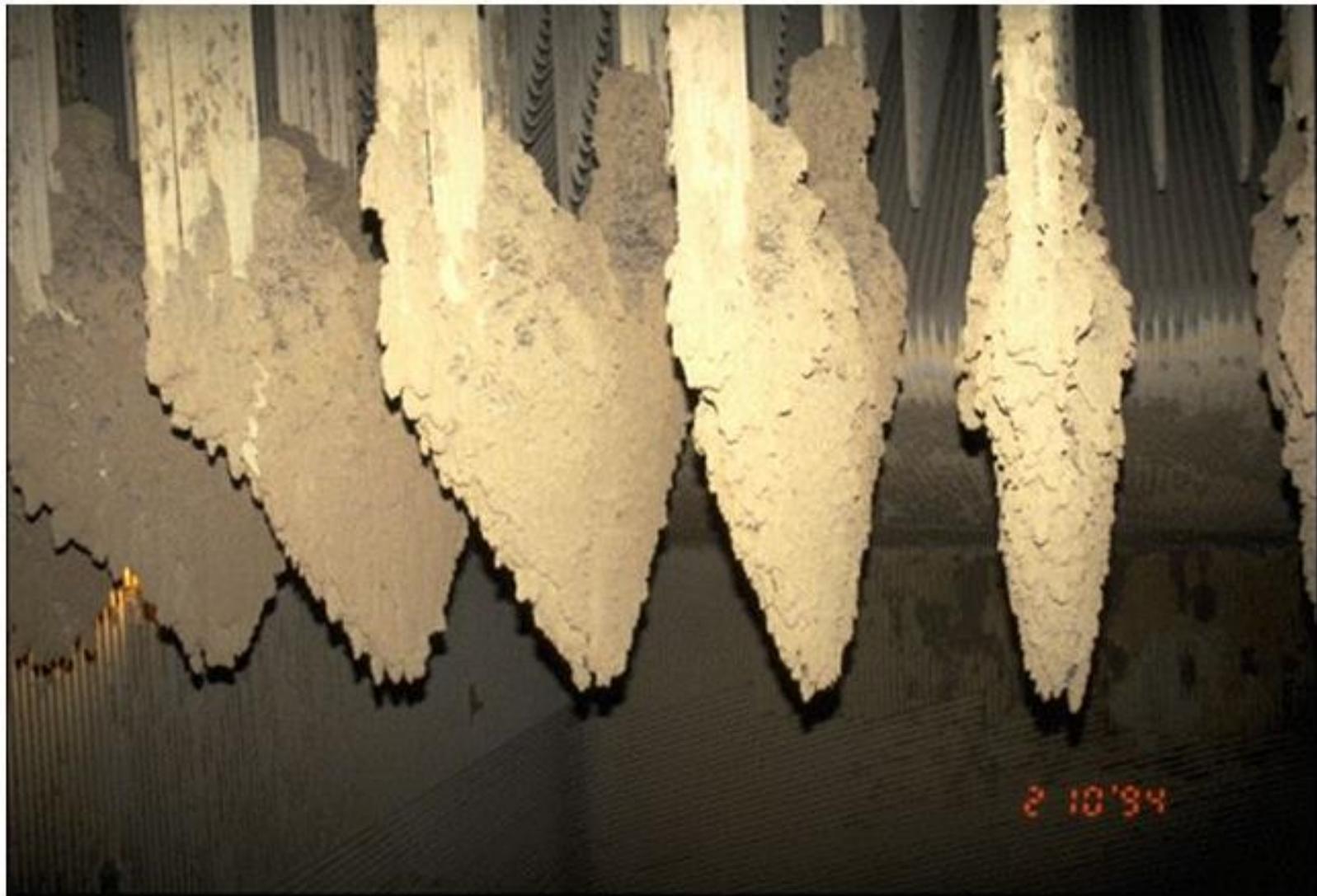
Karakteristike pepela

- Glavni elementi u pepelu:
 - Si, Ca, Na, K, Mg, Al, Ti, Fe, S i P.
- Posebnu važnost imaju alkalni metali:
 - Natrijum (Na) i Kalijum (K)
- Odnos količina Na, K, Si, Mg i P u biomasi, a samim tim i u pepelu određuju karakteristike pepela.

Karakteristike pepela

- Reakcijom alkalnih elemenata i silicijuma formiraju se alkalni silikati npr. Na_2SiO_3 koji se tope ili omekšavaju na nižim temperaturama, tako da dolazi do postepenog omekšavanja čestica pepela i do njihovog slepljivanja.

Karakteristike pepela



Karakteristike pepela

- Ako pored veće količine alkalnih elemenata, biomasa sadrži i hlor (Cl) u većim količinama, dolazi do formiranja kalijum hlorida (KCl), jedinjenja niske tačke topivosti (oko 790°C) i jedinjenja koje ima važnu ulogu u mehanizmu korozije.

Karakteristike pepela



Karakteristike pepela

- Visok procenat silicijuma, zajedno sa kalijumom i hlorom najviše doprinose problemima koji mogu da nastanu sa taloženjem pepela prilikom sagorevanja na visokim temperaturama, abraziji grejnuh površina, i dr.

Rešavanje problema topivosti

- Termičkim putem - snižavanje temperature sagorevanja ispod granice sinterovanja pepela.
 - Snižavanje temperature sagorevanja u ložištu dovodi do povećanja koncentracije CO, što utiče na smanjenje stepena korisnosti i nepovoljnog uticaja na životnu sredinu. Zbog toga se primena ove metode izbegava.
- Hemijskim metodama- hemijski tretman biomase pre procesa sagorevanja.

Rešavanje problema topivosti

- Tretman biomase aditivima se može vršiti u procesu pripreme ili neposredno pre procesa sagorevanja.
- Generalno gledano, svi poznati aditivi se mogu podeliti u četiri grupe:
 - organski,
 - metal neorganski,
 - neorganski i
 - kombinovani.

Primena aditiva

- Primer dobrog iskustva:
PAC-KK-S Mg-Nit
- Testiran u laboratorijskim uslovima
- Primarno dejstvo:
 - sprečavanje nastajanja naslaga na grejnim površinama
- Sekundarno dejstvo:
 - Povećanje stepena hemijskog iskorišćenja goriva

Primena aditiva

- Najvažnija komponenta:
Magnezijum nitrat Mg(NO₃)₂
- Mg(NO₃)₂ → 2MgO + 2N₂O₄ + 2O
- MgO čini pepeo rastresitim i sprečava lepljenje za grejne površine

Karakteristične temperature	jed.	Bez aditiva	Sa aditivom
Početak sinterovanja	°C	850	880
Tačka omekšavanja	°C	900	1020
Tačka polulopte	°C	1000	1125
Tačka razlivanja	°C	1240	1270

Primena aditiva



Karakteristike slame kao goriva pre žarenja



Karakteristike slame kao goriva nakon
žarenja



HVALA NA PAŽNJI!