



DOBIJANJE OPTIMALNIH SMEŠA ZA KOMPOSTIRANJE PRIMENOM MATEMATIČKOG MODELIRANJA

Milica Ivanović^{1*}, Gordana Stefanović², Ana Momčilović¹, Biljana
Milutinović³, Anđela Stojić⁴



AKADEMIJA TEHNIČKIH
STRUKOVNIH STUDIJA
BEOGRAD



UDRUŽENJE ZA TEHNOLOGIJU VODE
I SANITARNO INŽENJERSTVO

Sadržaj

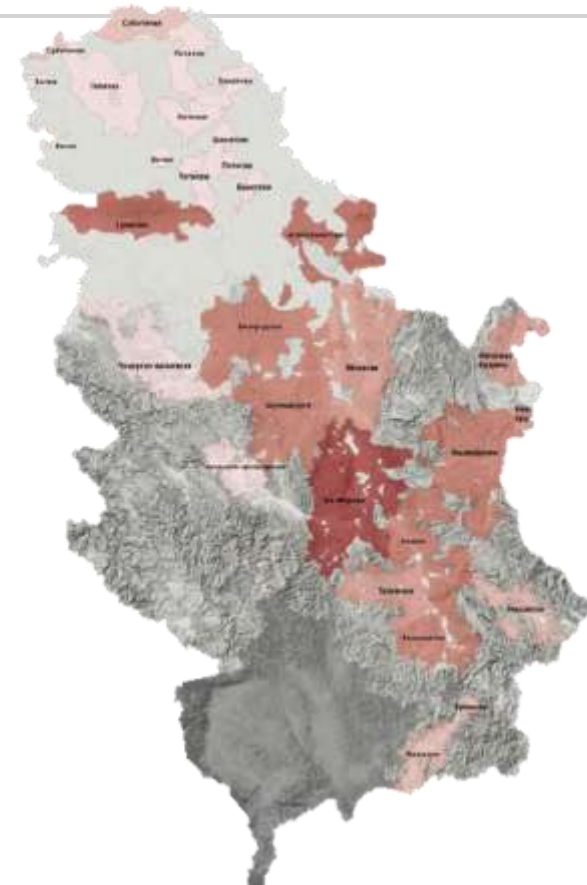
- Uvod
- Materijali i metodi
- Eksperimentalni deo
- Rezultati i diskusija
- Zaključak

Uvod

- Kompostiranje predstavlja mehanizam razgradnje organske mase pomoću mikroorganizama sa ciljem da se dobije stabilno jedinjenje na kraju procesa – **kompost**.
 - Proces kompostiranja se primenjuje za tretman različitih vrsta organskog otpada (OO), poput organske frakcije komunalnog otpada (OFKO), otpada iz industrije i OO poljoprivrednog porekla.
 - Kompostiranje se može sprovesti za tretman jedne vrste ili kombinovanjem više frakcija OO sa ciljem da se postignu odgovarajući optimalni uslovi i tada se radi o procesu ko – kompostiranja.
 - Proces ko-kompostiranja se odvija pod uticajem različitih faktora, a stepen razgradnje OO zavisi od njegovog sastava.
 - U sastav OO ulaze:
 - Lipidi;
 - Ugljeni hidrati;
 - Proteini;
- Faktori koji utiču na proces ko-kompostiranja su:
- Odnos C/N;
 - Sadržaj vlage;
 - Vrednost pH;
 - Vrsta i sastav OO koji se tretira.

Uvod

- Posebna frakcija koja se ističe je **komina grožđa**, koja je široko zastupljena i prisutna je sezonski.
- Komina grožđa predstavlja nuzprodukt koji nastaje tokom procesa prerade grožđa.
- U sastav komine grožđa ulaze:
 - **kožice,**
 - **seme,**
 - **mala količina pulpe i**
 - **petiljke.**
- Kožice, seme i pulpa se zajedničkim imenom nazivaju **kljuk**.
- Rasprostanjenost površina pod vinogradima na teritoriji RS iznosi **22,082ha**.
- Količine komine grožđa koja nastaje godišnje je oko **44,164.88 t/god**.



Slika 1. Rasprostanjenost površina pod vinogradima na teritoriji RS

Uvod

- Za dobijanje optimalne mešavine za početak proces ko-kompostiranja, neophodno je da dobiti (formirati) optimalnu mešavinu koja u svom sastavu uključuje različite udele OO i odgovarajuće parametre za nesmetano odvijanje procesa.
- Posmatrane frakcije OO su:
 - Kljuk (Klj);
 - Peteljke od grožđa (PT);
 - Ostaci hrane (OH);
 - Živinske ekskrementi (ŽE);

Uvod

- Primenjen je prethodno razvijen matematički model za dobijanje optimalne mešavine za proces kompostiranja korišćenjem multikriterijumske optimizacije (MO).
- Parametri koji su praćeni su sadržaj:
 - *ugljenika (C)*,
 - *azota (N)*,
 - *vlage (V)*,
 - *lignina (Lig) i*
 - *pH vrednost.*
- Cilj rada je dobijanje optimalne mešavine za ko-kompostiranje koja u svom sastavu uključuje što veći udeo Kljuka a pri tom da su ispoštovani granični uslovi i kriterijumi koji su zadati matematičkim modelom.

Materijali i metode

- Za razvijanje modela primenjena je Multikriterijumka optimizacija.
- Model je formiran na osnovu karakteristika OO i udela C, N, pH vrednosti, sadržaju lignina i vlage.

$$C(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n C_i x_i, \quad N(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n N_i x_i, \quad V(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n V_i x_i,$$
$$pH(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n (pH)_i x_i, \quad L(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n L_i x_i.$$

- $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ – predstavlja udeo frakcija OO u mesavini, pri čemu n označava broj frakcija u mešavini
- Primenjen je metod globalnog kriterijuma.

$$\min G(\mathbf{x}) = \left(\frac{\max C - C(\mathbf{x})}{\max C - \min C} \right)^2 + \left(\frac{\max(pH) - (pH)(\mathbf{x})}{\max(pH) - \min(pH)} \right)^2 + \left(\frac{\min N - N(\mathbf{x})}{\max N - \min N} \right)^2 + \left(\frac{\min L - L(\mathbf{x})}{\max L - \min L} \right)^2$$

Materijali i metode

- Kriterijumi koju su postavljeni u modelu su:
 - Maksimalni sadržaj C i pH
 - Minimalni sadržaj N i Lignin
- Granični uslovi predviđeni modelom su:
 - Odnos C/N između 25:1 i 35:1
 - Sadržaj vlage između 40.00% i 60.00%

Karakteristike supstrata

Tabela 1. Karakteristike supstrata

Komponenta Parametar	Kljuk	Peteljke	Živinski ekskrementi	Ostaci hrane
C [%]^a	52.49	46.42	33.31	56.57
N [%]^a	1.76	1.23	3.20	4.00
Vlaga [%]^b	56.60	10.80	71.10	70.00
pH [%]^b	3.94	7.30	8.17	6.70
Lignin [%]^b	11.10	32.30	2.00	12.03
Količine^c [t/god]	2,441.715	813.905	37,699.740	37,402.640

Rezultati i diskusija

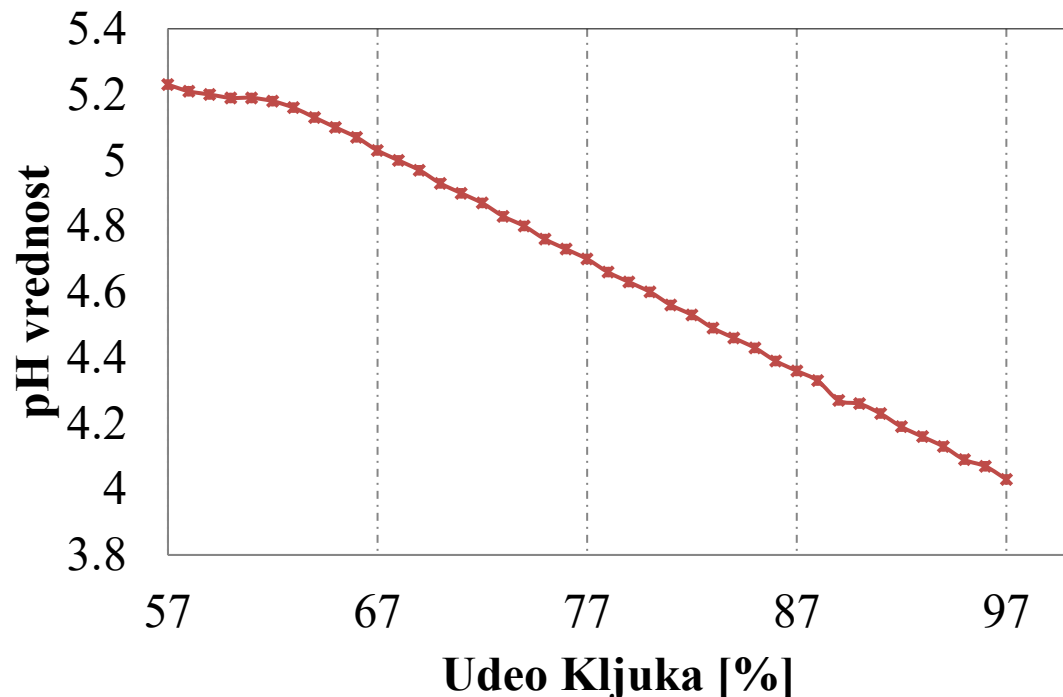
- Pokazano je da je moguće razviti matematički model i zadovoljiti postavljene granične uslove, da odnos C/N bude između 25:1 i 35:1 i da sadržaj vlage bude između 40.00% i 60.00%.

Rezultati i diskusija

Tabela 2. Sastav optimalne mešavine za različite udele KG

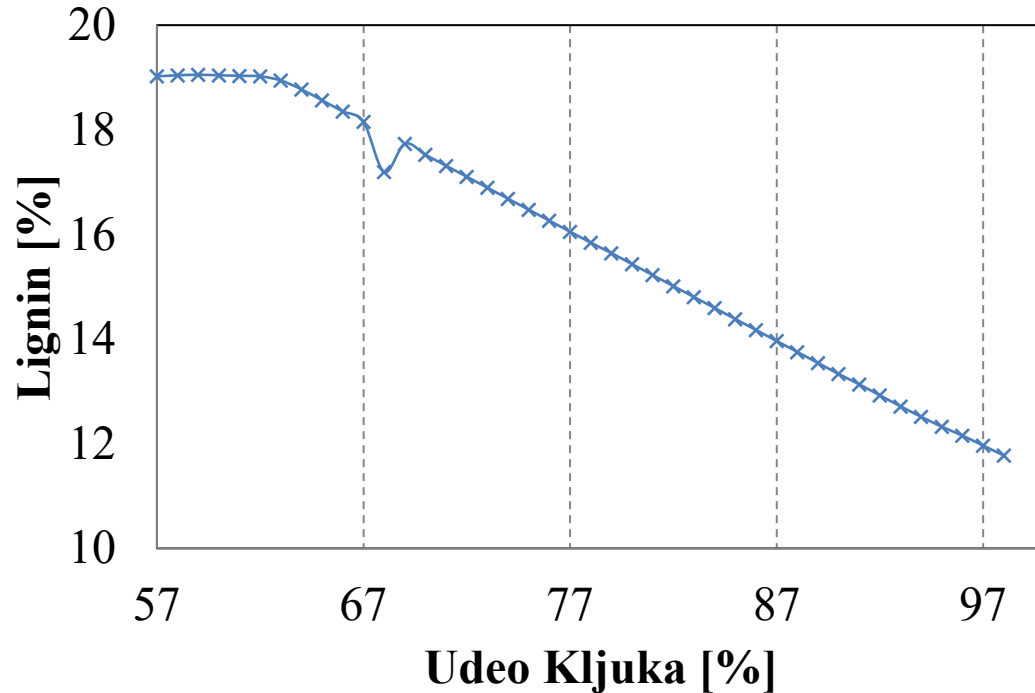
Mešavine					
	Mešavina 1	Mešavina 2	Mešavina 3	Mešavina 4	Mešavina 5
Parametri	Udeo Klj 57 [%]	Udeo Klj 67 [%]	Udeo Klj 77 [%]	Udeo Klj 87 [%]	Udeo Klj 97[%]
Max C	50.16	50.55	51.15	51.76	52.43
Max pH	5.23	5.03	4.70	4.36	3.97
Min N	1.59	1.59	1.65	1.70	1.75
Min Lignin	19.02	18.15	16.05	13.96	11.58
C/N	25.39	29.15	28.85	28.58	29.49
Vlaga [%]	40.00	41.87	46.46	51.04	56.19
Udeli komponeti u optimalnim mešavinama	61.84 % Klj 36.68 % PE 0.3 % ŽE 1.14 % OH	67.22 % Klj 32.28 % PE 0 % ŽE 0.49 % OH	77.24 % Klj 22.27 % PE 0 % ŽE 0.47 % OH	87.26 % Klj 12.26 % PE 0% ŽE 0.46 % OH	99.00 % Klj 1.00 % PE 0 % ŽE 0 % OH

Rezultati i diskusija – pH vrednost



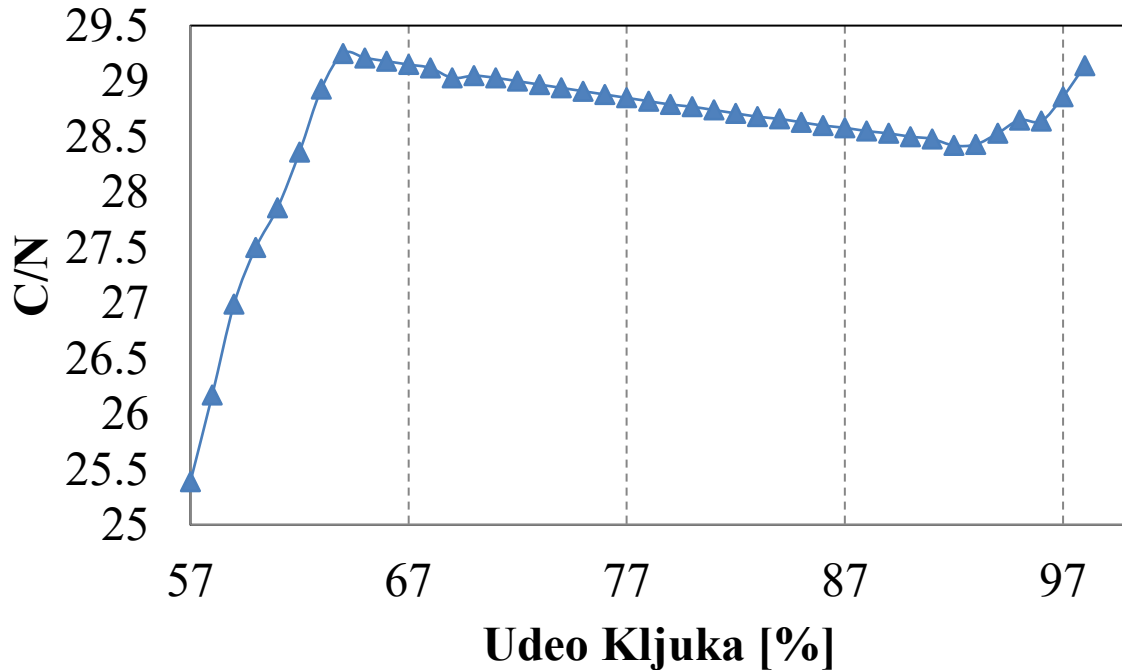
- Kriterijum za pH vrednost je da bude maksimalna, odnosno da donja granica bude blizu 5.
- Ovu vrednost zadovoljavaju mešavine gde je udeo Klj u opsegu od 57.00% i 67.00%.
- Ostale mešavine imaju nižu pH vrednost, što ih izostavlja za dalje razmatranje.
- Sa povećanjem sadržaj Klj u mešavini dolazi do pada pH vrednosti.

Rezultati i diskusija – Lignin



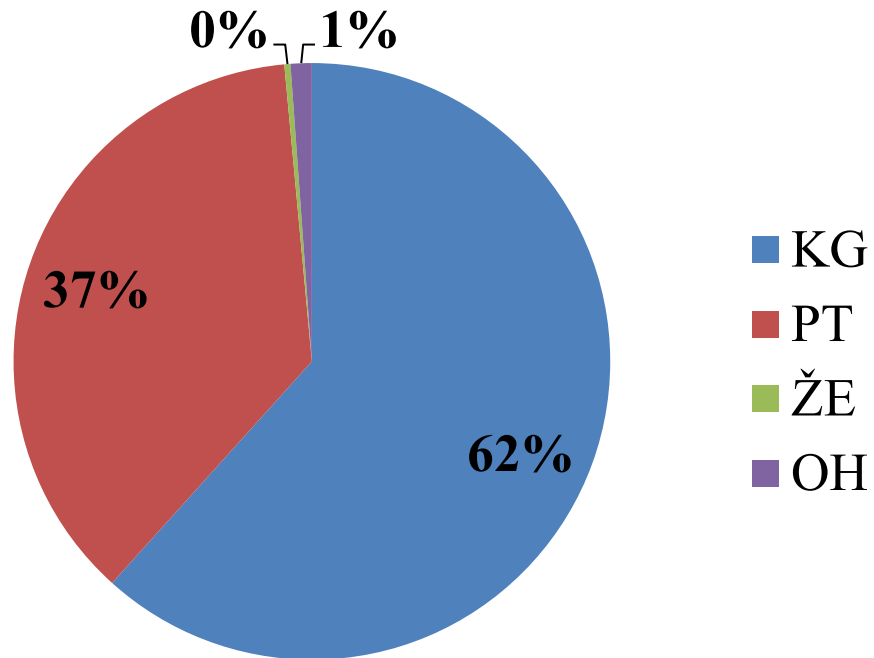
- Maksimalni udeo i minimalni udeo Lignina je bude blizu 20%.
- Najviši udeo Lignina u mešavini je kada je sadržaj Klj 57.00% i iznosi 19.02%
- Najniži udeo Lignina u mešavini je kada je udeo Klj u 97,00% i iznosi 11.58%.
- Sa povećanjem udela PT u mešavini, dolazi i do povećanja sadržaja Lignina.

Rezultati i diskusija – C/N odnos



- Odnos C/N je u svim mešavinama u zadanom opsegu između 25:1 i 35:1.
- Odnos C/N je najniži kada je udeo Klj 57% i iznosi 25.39, a najviši kada je udeo Klj 97% i tada je 29.49%.
- Gornja granične vrednost od 35:1 nije postignuta u nijednom slučaju.

Rezultati i diskusija – sastav izabrane optimalne mešavine



➤ Fizičko-hemijski parametri optimalne mešavine:

- Sadržaj ugljenika (C) 50,16%;
- Sadržaj azota (N) 1,59%;
- Odnos C/N 25,39;
- Sadržaj lignina 19,02%;
- Sadržaj vlage 40,00%;
- Vrednost pH 5,23.

Zaključak

- Odvijanje procesa ko-kompostiranja je dosta složeno jer zavisi od mnogo faktora, poput karakteristika supstrata koji se tretiraju i fizičkih parametra koji se prate.
- Pokazano je da su svi kriterijumi zadovoljeni kada je udeo Klj u optimalnoj mešavini u opsegu od 57% do 67%.
- Rezultati su pokazali da prethodno razvijeni matematički model zasnovan na multikriterijumskoj optimizaciji se može primeniti za dobijanje optimalne mešavine za proces ko-kompostiranja za bilo koju vrstu OO uz poštovanje graničnih uslova koje je po potrebi moguće korigovati.