

DULJINA TRANSPORTNE LINIJE - ČIMBENIK KAKVOĆE KRMNE SMJESE

LENGTH OF TRANSPORT LINE - QUALITY FACTOR OF FEED

S. Pliestić

Izvorni znanstveni članak
UDK: 636.085.68
Primljeno: 18. svibanj 1999

SAŽETAK

Temeljni zadatak bilo kojeg transportnog procesa je premještanje materijala (roba) s jednog mjesta na drugo bez njegovih promjena u količini i kakvoći.

U unutarnjem transportu TKS rabi se niz transportnih sredstava, kako za transport pojedinih sirovinskih sastojaka buduće krmne smjese, tako i gotovih krmnih smjesa.

Ovim radom dan je prikaz utjecaja duljine transportnog puta na koeficijent varijacije (CV) ispitivane krmne smjese. U svrhu ispitivanja homogenosti korištena je kukuruzna prekrupa uz dodatak indikatora - natrijevog klorida (NaCl).

Ispitivanja su provedena na pužnim transporterima, koji, slove kao problematični u pogledu održavanja homogenosti gotove krmne smjese i po izlasku iz miješalice.

Provedenim istraživanjima utvrđen je prosječni CV neposredno na izlazu krmne smjese iz miješalice i iznosio je 14,70% uz standardno odstupanje $s = 0,139$. Prolaskom krmne smjese kroz prvi transporter, CV je iznosio 7,022%, potom se taj koeficijent i dalje smanjivao pa je iznosio 5,224%, odnosno na kraju transportnog procesa iznosio je 4,027%.

Dobiveni rezultati ukazuju na dodatno miješanje ispitivane krmne smjese tijekom transportnog puta. S obzirom da je, početni CV relativno visok (14.70%), što ukazuje na nedostatnu izmiješanost krmne smjese u miješalici, duljina transportnog puta pozitivno je utjecala na izmiješanost krmne smjese, dakle obavljeno je dodatno miješanje. U protivnom da je izmiješanost krmne smjese u miješalici bila zadovoljavajuća, na transportnom putu došlo bi do njezinog razmješavanja, što je zadatak idućih istraživanja.

Ključne riječi: transport, homogenost, kakvoća, krmna smjesa

UVOD

U svojoj cjelokupnoj masi krmne smjese sastoje se od niza različitih djelića, koji se međusobno razlikuju po strukturi, gustoći, obliku, veličini i dr. Svi dijelovi krmne smjese moraju biti jednolično podijeljeni, kako bi se postigla ujednačenost. Nadalje, ti se djelići u daljnjem procesu prerade i transporta krmne smjese ne smiju razmiješati sve do krajnjeg potrošača.

Cilj procesa miješanja u svakoj tvornici krmnih smjesa je da se dva ili više sastojaka izmiješaju tako da se dobije što je moguće homogenizirana krmna smjesa. Jednoličnost i ujednačenost mjerila su kakvoće neke krmne smjese.

Današnje krmne smjese odlikuju se velikim brojem sastojaka (komponenata) s njihovim najrazličitijim sudjelovanjem. Elementi u tragovima i drugi mikro dodaci, koji se u krmne smjese unose putem premiksa, dolaze u odnosima od približno 1:500.000. To se odnosi na kristale oksida, sulfata, sulfida i dr. Neki se vitamini miješaju u odnosima 1:1.000.000. Ti djelići ostaju u krmnoj smjesi pojedinačno, i prema svojim već prije navedenim strukturnim svojstvima, gustoći, obliku i veličini mogu se pomicati tijekom transporta. Iako su ti mikrododaci u premiksima vezani na "nosače", to ne znači da su s "nosačem" zalijepljeni. (Friedrich, 1978.).

Uzimajući u obzir svojstva svakog sastojka, standardno odstupanje i raspodjela poslije napuštanja miješalice trebali bi biti mali.

Daljnji postupci u procesu proizvodnje, kao i procesi premještanja, uvrećavanja, skladištenja i transportiranja, ponovno pokreću masu, te pri tome dolazi do djelomičnog razmješavanja.

Izbor tipa transportera za unutarnji transport obavlja se prema:

- svojstvima materijala kojeg je potrebno transportirati,
- tehničkim svojstvima transportera i
- uvjetima transporta.

Pužni transporteri kod kojih je radni element pužnica (zavojnica, spirala) upotrebljavaju se uglavnom za premještanje sipkih i sitnozrnih materijala.

Prednost pužnih transportera u usporedbi s drugim tipovima transportera je u njihovoj manjoj masi i manjim dimenzijama.

Isto tako se materijal u pužnom transporteru premješta u zatvorenom kućištu -cilindričnoj cijevi - pa se ostvaruje rad bez prašine.

Osnovni im je nedostatak veća potrošnja energije zbog klizanja materijala, kako na pužnici, tako i po cijevi kućišta, i nešto veći udio loma sitnozrnog materijala zbog dinamike gibanja.

Proizvodnost (kapacitet) pužnih transportera određena je izrazom:

$$Q = V_Q = 60 \frac{\pi D^2}{4} \psi s n \rho c$$

gdje su:

D - promjer pužnice (m)

s - korak pužnice (m); od 0,8 do 1,0 D

n - broj okreta pužnice (min⁻¹)

ρ - gustoća materijala (t/m³)

ψ - koef. napunjenosti korita transportera (0,15-0,45)

c - koef. utjecaja nagiba transportera (0° - c = 1; 90° - c = 0,4)

Teorija kretanja materijala u pužnom transporteru

Kretanje materijala ostvaruje se zbog sila trenja između materijala koji se premješta i kućišta transportera; te sile javljaju se poradi centrifugalne sile (F_c) materijala koji se okreće u kućištu zajedno s pužnicom. Sila trenja usporava kretanje čestica materijala, prisiljavajući ih da se sporije kreću u odnosu na pužnicu, u čega se one klizajući po površini pužnice istovremeno kreću i okreću.

Poradi lakšeg poimanja načina kretanja materijala, može se zamisliti da su čestice materijala, koje su na zavojnicama pužnice, povezane pa tako oblikuju maticu. Ako se pužnica i matica koja je na nju uvijena, okreću oko svoje zajedničke osi istom kutnom brzinom, matica se neće relativno kretati prema pužnici. Ali ako je kutna brzina matice manja od kutne brzine pužnice, tada će se ona uz okretanje (rotaciju) kretati i po dužini pužnice.

Tijekom kretanja materijala u pužnom transporteru malog broja okretaja čestice se nakon odre-

denog puta prebacuju jedne preko drugih, pa tako nastaje tzv. "slojevito prebacivanje". Povećavanjem broja okretaja (n), odnosno brzine vrtnje, slojevito prebacivanje prelazi djelomično u vrtložno, da bi daljnjim povećanjem broja okretaja postalo vrtložno. Još većom brzinom vrtnje kod "kritične brzine" (v_{cr}) čestice ostaju priliječljene uz kućište transportera zbog izraženog djelovanja centrifugalne sile (F_c).

Kritična brzina (v_{cr}) može se odrediti iz izraza:

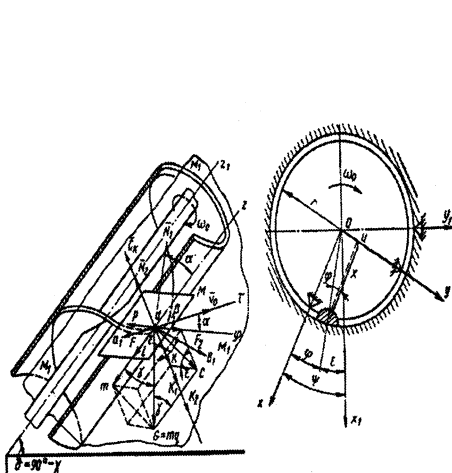
$$mg \sin \alpha + mg \cos \alpha f_1 + \frac{mv_{cr}^2 f_2 \sin \alpha}{r} - \frac{mv_{cr}^2 f_2 \sin \alpha}{r} = 0$$

odakle je:

$$v_{cr} = \sqrt{\frac{gr \sin \alpha + f_1 \cos \alpha}{f_2 \cos \alpha - f_1 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{gr}{f_2} \operatorname{tg}(\alpha + \varrho_1)}$$

Slika 1. Sile, primjenljive na materijalnu točku u kosom transporteru i položaj u pomičnom i nepomičnom koordinatnom sustavu.

Figure 1. Forces applicable to the material point in an oblique conveyor and the position in the movable and immovable coordinate system



gdje su:

- | | | | |
|--|--|-----------------------|------------------------------|
| N_1 | - normalna reakcija kose površine | s | - korak pužnice |
| f_1 | - koeficijent trenja materijala o površinu pužnice | G | - sila težine |
| α | - kut uspona pužnice; $\alpha = \arctg(s/2\pi r)$ | $m = G/g$ | - masa materijala |
| r | - vanjski radijus pužnice | v | - apsolutna brzina |
| v_n | - prijenosna brzina | t | - vrijeme |
| $a = r \operatorname{tg} \alpha$ | - parametar transportera | $mr(d^2\varphi/dt^2)$ | - tangencijala sila inercije |
| $d\varphi/dt = \omega'$ | - kutna brzina | $ma(d^2\varphi/dt^2)$ | - aksijalna sila inercije |
| $2m\omega_0 r(d\varphi/dt)$ | - Koriolisova sila | | |
| γ | - kut nagiba osi pužnice spram vertikale | | |
| N_2 | - normalna reakcija kućišta transportera | | |
| f_2 | - koeficijent trenja materijala o kućište transportera | | |
| β | - kut između vektora prijenosne i apsolutne brzine (kutni parametar) | | |
| $\sin \beta = a(d\varphi/dt)/v$ | - trigonometrijska funkcija parametara | | |
| $\cos \beta = r(\omega_0 - d\varphi/dt)/v$ | - trigonometrijska funkcija parametara | | |
| φ | - kut otklona čestice pri okretanju pužnice kutnom brzinom ω_0 ; $\varphi = f(t)$ | | |
| $\epsilon = \psi + (-\varphi)$ | - kut položaja točke u odnosu na vertikalnu ravninu | | |
| $\psi = \omega_0 t$ | - kut okreta pužnice za t | | |
| $m\omega_0^2 r$ | - centrifugalna sila inercije u prijenosnom kretanju | | |
| $mr(d\varphi/dt)^2$ | - centrifugalna sila inercije u relativnom kretanju | | |

gdje je :

$$\varrho_1 = \arctg f_1$$

Ukoliko je $v_{cr} = 2\pi r n_{cr} = \pi D n_{cr}$, tada je kritični broj okreta pužnice (n_{cr})

$$n_{cr} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{Df_2} \operatorname{tg}(\alpha + \varrho_1)}$$

Jednadžba kretanja

Čestica materijala suprotstavlja se kretanju zavojnice pužnice i zbog toga je pritisnuta na kućište transportera (slika 1.). Opći slučaj kretanja čestice u kosom transporteru opisan je diferencijalnim jednadžbama (1.)

$$N_1 \cos \alpha - f_1 N_1 \sin \alpha - ma \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} \right) - G \cos \gamma - f_2 N_2 \sin \beta = 0$$

$$G \cos \gamma \sin \epsilon + f_2 N_2 \cos \beta - f_1 N_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha - mr \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} \right) = 0$$

$$G \sin \gamma \cos \epsilon + mr \omega_0^2 + \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 - N_2 - 2mr \omega_0 \frac{d\varphi}{dt} = 0$$

Položaj točke **a** određen je relativnim koordinatama (x,y,z) na površini kada se materijalna točka kreće po njoj usmjerena na stjenku kućišta,

$$\begin{aligned} x &= r \cos \varphi; \\ y &= r \sin \varphi; \\ z &= a\varphi \end{aligned}$$

Sustav jednadžbi (1) kada je $\gamma = 0^\circ$ vrijedi za vertikalni transporter, a kada je $\gamma = 90^\circ$ za horizontalni transporter.

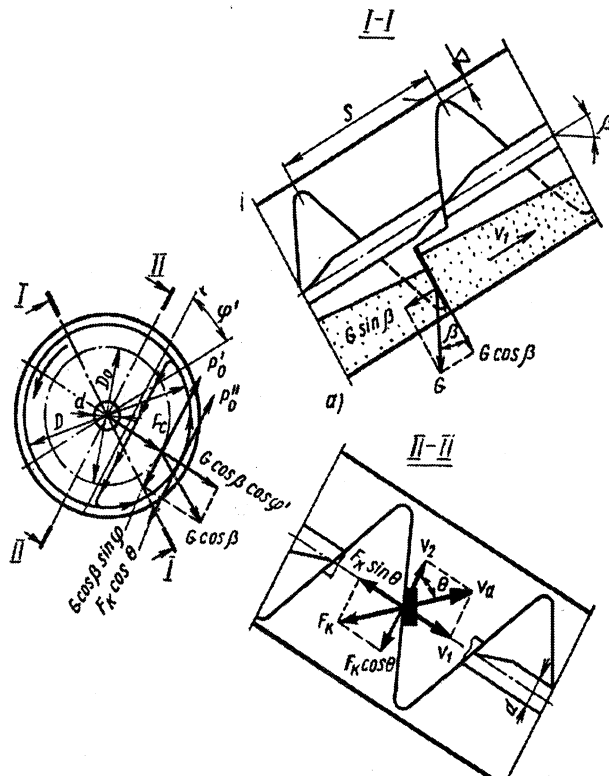
Jednadžba brzina

Vektor apsolutne brzine $v = v_n + v_r$ ili $v = v_1 + v_2$

$$v = \frac{\omega_0 r \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

Slika 2. Shematski prikaz djelovanja sila i brzina u pužnom transporteru

Figure 2. Schematic diagram of the interaction of forces and velocities in a screw conveyor



$$v_1 = a \frac{d\varphi}{dt} = v \sin \beta = \frac{\omega_0 r \sin \alpha \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$v_2 = r \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} \right) = v \cos \beta = \frac{\omega_0 r \sin \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

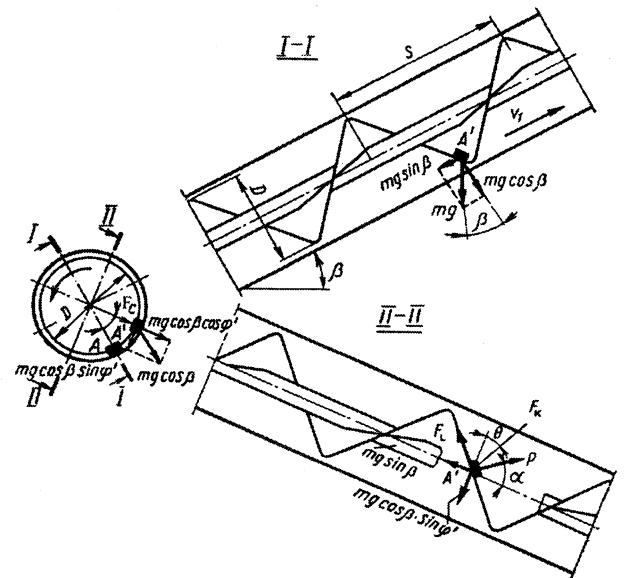
$$\omega = \frac{v_2}{r} = \omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} = \frac{v \cos \beta}{r} = \frac{\omega_0 r \sin \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

gdje su:

- $v_n = \omega_0 r$ - prijenosna brzina
- $v_0 = v_r$ - relativna brzina (brzina klizanja na površini pužnice)
- $v_1 = v \sin \beta$ - komponenta apsolutne brzine (brzina klizanja po stjenci kućišta)
- $v_2 = v \cos \beta$ - tangencijalna brzina karakterizira obodnu brzinu točke u apsolutnom rotacijskom kretanju
- ω - kutna brzina apsolutnog kružnog (rotacijskog) kretanja

Slika 3. Shematski prikaz ravnotežnog stanja materijalne točke u kretanju iz položaja A u položaj A'

Figure 3. Schematic diagram of the horizontal position of the interaction of forces and velocities in a screw conveyor



Materijalna točka A (čestica materijala) u kružnom kretanju pužnog transportera premješta se u položaj A' (slika 3.). U položaju A ravnoteža čestice izražena je sljedećim izrazom:

$$F_k \cos(\theta + \alpha) = mg \sin\beta \sin\alpha - mg \cos\beta \sin\varphi' \cos\alpha + F_L$$

$$P = F_k \sin(\theta + \alpha) + mg \sin\beta \cos\alpha + mg \cos\beta \sin\varphi' \sin\alpha;$$

$$F_L = f_1 P;$$

$$f_1 = tg\varrho_1$$

n	-	broj okreta (min^{-1})		
F_k	-	sila trenja čestica materijala o unutarnju površinu kućišta transportera		
G=mg	-	sila težine materijala		
β	-	kut nagiba transportera u odnosu na horizontalu		
ρ	-	gustoća materijala	v₁	- prijenosna brzina
v_a	-	apsolutna brzina	v₂	- relativna brzina
s	-	korak pužnice	m	- masa materijala
g	-	sila gravitacije	F_L	- sila trenja čestica o površinu pužnice
P	-	reakcija površine pužnice	F_C	- centrifugalna sila
f₁=tgϱ₁	-	koeficijent trenja čestica materijala o površinu pužnice		
ϱ₁	-	kut trenja čestice materijala o površinu pužnice		
f₂	-	koeficijent trenja čestica materijala o površinu kućišta transportera		
ϕ'	-	kut nagiba čestice materijala u stranu okretanja pužnice		
α	-	kut uspona pužnice po vanjskom obodu		
D	-	promjer kućišta		

PREGLED LITERATURE

Sobota, 1978. proučava gubitke nastale tijekom procesa proizvodnje krmnih smjesa i transportne linije. Na temelju tih istraživanja utvrđuje da peletirana hrana smanjuje gubitke i rasipanje.

Marr, 1982. navodi mjesta dekomponiranja krmne smjese u tvornicama krmnih smjesa, a posebice u transportnim sredstvima unutarnjeg transporta (elevatori, pužni, pneumatski i ostali transporteri, silosne ćelije i dr.) Navodi također kako smanjiti problem raslojavanja, ujednačiti veličinu čestica pojedinih sastojaka krmne smjese, uporabiti tekućinske dodatke za praškaste i sitnozrne sastojke.

Plietić, 1985. primjenjuje granulometrijsku analizu za utvrđivanje dekomponiranja krmnih smjesa u sustavu rukovanja i transporta.

Plietić, 1992. utvrđuje da peletirana hrana u znatnoj mjeri pridonosi smanjivanju raslojavanja

tijekom rukovanja, te da se tako sprječava odvajanje sastojaka krmne smjese.

Plietić, 1994. istražuje primjenu modificiranog ambalažno-transportnog oblika - "kontejner vreća" u proizvodnji krmnih smjesa. Takav modificirani ambalažno-transportni oblik uslijedilo je smanjenje raslojavanja krmnih smjesa tijekom transporta.

Wilcox i Balding, 1996. utvrđuju mjesta raslojavanja tijekom manipulacije i transporta, te procesnih operacija tijekom proizvodnje krmnih smjesa. Utvrđuju da je moguće ponovno parcijalno miješanje tijekom procesa transporta.

Katić, 1998. navodi da trešnjom neke posude u kojoj se nalazi granulat različitih veličina čestica, dolazi do izdvajanja čestica i njihove separacije prema veličini. Također navodi da će se izmiješana krmna smjesa tijekom transporta u vozilu razdvojiti po granulaciji zbog vibracija nastalih kretanjem vozila.

OPIS LINIJA I METODE ISPITIVANJA

Svrha ispitivanja je bila utvrditi da li pužni transporter u procesu transporta utječu na izmiješanost krmne smjese.

Osnova za utvrđivanje izmiješanosti krmne smjese je izračun koeficijenta varijabilnosti (različitosti) "CV". Koeficijent varijabilnosti CV za gotovu krmnu smjesu mora biti jednak ili manji od 12%. Za koncentrat ili dopunsku krmnu smjesu (uglavnom krmna smjesa bez kukuruza ili bez žitarica) CV mora biti manji od 10%. Krmna smjesa za mlade životinje i perad mora imati CV manji od 8%, dok za "vitaminsko-mineralno-ljekoviti" koncentrat, koji se dodaje u krmnu smjesu najviše do 1%, CV mora biti manji od 5%.

Kontrola rada pužnih transportera obavljena je s jednom komponentom i indikatorom. Kukuruz kao sirovina usitnjen je na mlinu čekićaru s promjerom sita od 7 mm. U tako dobivenu kukuruznu prekrupu dodan je indikator (NaCl).

Odnos miješanja unaprijed je utvrđen prema potrebi tehnologije mješaonice, 1:200. Ispitivanje homogenosti miješanja krmnih smjesa obavljano je na horizontalnoj mješalici kapaciteta 1.000 kg.

Proces miješanja preporučen od proizvođača i isporučitelja opreme traje 2,7 minuta (2'42"). Nakon toga se tako izmiješana krmna smjesa transportira pužnim transporterima do mjesta uvrećavanja.

Uzorci su uzimani prema priloženoj shemi (slika 4.).

Usporedno s određivanjem homogenosti miješanja, a poradi utvrđivanja veličine i učestalosti čestica, načinjena je i granulometrijska analiza svih uzoraka. Količina indikatora za sve izvađene uzorke statistički je obrađena.

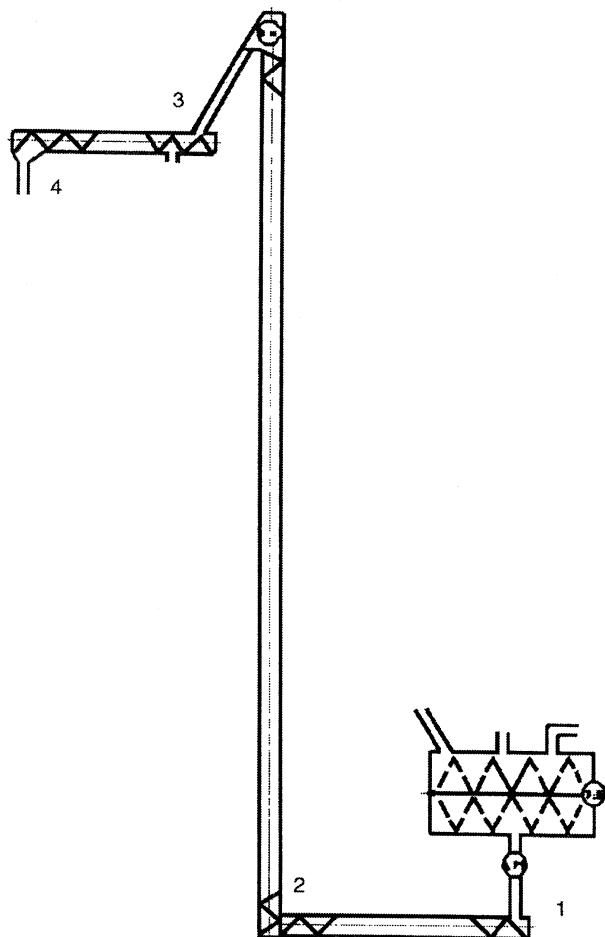
Prema metodici ispitivanja u kukuruznu prekrupu dodano je 0,5% NaCl, međutim iz laboratorijskih analiza udio Cl iona je nešto veći.

Vrijednosti Cl iona koje su veće od onog što je dobiveno s NaCl kao indikatorom objašnjava se time što u kukuruznoj prekrupi ima klorida.

Ti kloridi se otapaju u laboratorijskim analizama i povećavaju ukupni postotak, ali to ne utječe na ispitivanje homogenosti miješanja jer su tu važni koeficijent varijacije i količina dodane soli radi pravilnog omjera miješanja.

Slika 4. Shema mjesta uzimanja uzoraka za ispitivanje

Figure 4. Scheme of the sampling places



Osobitosti pužnih transportera

Iz mase propada kroz sito određene veličine izrađeni su:

a) dijagrami selektivnog i pojedinačnog sadržaja čestica u analiziranom uzorku. Grafičkom metodom je iz dijagrama moguće pretpostaviti srednju veličinu čestica.

b) srednja veličina čestica određena prema granulometrijskoj analizi.

Na temelju poznavanja srednje veličine čestica izračunate su njihove mase (uz pretpostavku da su čestice kugle).

Tablica 1. Osobitosti ispitivanih pužnih transportera

Table 1. Characteristics of the examined conveyors

Naziv transportera Conveyor	Promjer transportera Ø (mm) Conveyor diameter	Duljina l (m) Length	Korak pužnice s (mm) Screw pace	Zazor između pužnice i kućišta (mm) Clearance screw and counug	Broj okreta pužnice n (min-1) No of srew spins	Kapacitet Q (t/h) Capacity
Horizontalni p.t. Horizontal	200	2.0	170	30	280	20
Vertikalni p.t. Vertical	200	6.0	170	30	280	20
Horizontalni p.t. Horizontal	200	7.5	170	30	280	20

Rezultati ispitivanja pužnih transportera

a) granulometruska analiza - provodi se radi utvrđivanja fizikalnih svojstava pojedinih komponenata krmne smjese, prije svega veličine čestica. Veličina čestica ima presudnu ulogu u procesu miješanja. Komponente s obzirom na veličinu moraju biti što ujednačenije.

Tablica 2. Rezultati analize krmne smjese na mjestu uzorkovanja (1) - ispod miješalice

Table 2. Results of the mixture analysis on the sampling spot under the mixer

	Uzorak 1 – Sample 1 (% NaCl)	Uzorak 2 – Sample 2 (% NaCl)	Uzorak 3 – Sample 3 (% NaCl)	Prosjek – Average (% NaCl)
	0.670	0.670	0.670	
	1.027	1.027	1.022	
	0.820	0.870	0.850	
	1.027	0.970	1.020	
	0.920	0.970	0.968	
	0.870	0.820	0.818	
	1.130	1.180	1.140	
	0.820	0.920	0.908	
	1.027	0.970	0.970	
	1.080	1.130	1.110	
n =	10	10	10	30
Prosjek – Average	0.939	0.953	0.948	0.946
Std. odstup. Standard deviation	0.144	0.147	0.141	0.139
Minimum	0.670	0.670	0.670	0.670
Maksimum	1.130	1.180	1.140	1.180
Zbroj – Sum	9.391	9.527	9.476	28.394
VAR.	0.021	0.022	0.020	0.019
CV (%)	15.283	15.449	14.926	14.700

Tablica 3. Rezultati analize krmne smjese na mjestu uzorkovanja (2) - prvi transporter

Table 3. Results of the mixture analysis on the sampling spot (2) - first conveyor

	Uzorak 1 – Sample 1 (% NaCl)	Uzorak 2 – Sample 2 (% NaCl)	Uzorak 3 – Sample 3 (% NaCl)	Prosjek – Average (% NaCl)
	0.821	0.770	0.821	
	0.770	0.770	0.770	
	0.667	0.719	0.667	
	0.667	0.770	0.667	
	0.770	0.770	0.770	
	0.667	0.667	0.710	
	0.770	0.770	0.770	
	0.770	0.770	0.780	
	0.770	0.719	0.770	
	0.667	0.667	0.667	
n =	10	10	10	30
Prosjek – Average	0.734	0.739	0.739	0.737
Std. odstup. Standard deviation	0.060	0.043	0.056	0.052
Minimum	0.667	0.667	0.667	0.667
Maksimum	0.821	0.770	0.821	0.821
Zbroj – Sum	7.339	7.392	7.392	22.123
VAR.	0.004	0.002	0.003	0.003
CV (%)	8.126	5.868	7.632	7.022

Tablica 4. Rezultati analize krmne smjese na mjestu uzorkovanja (3) - drugi transporter

Table 4. Results of the mixture analysis on the sampling spot (3) - second conveyor

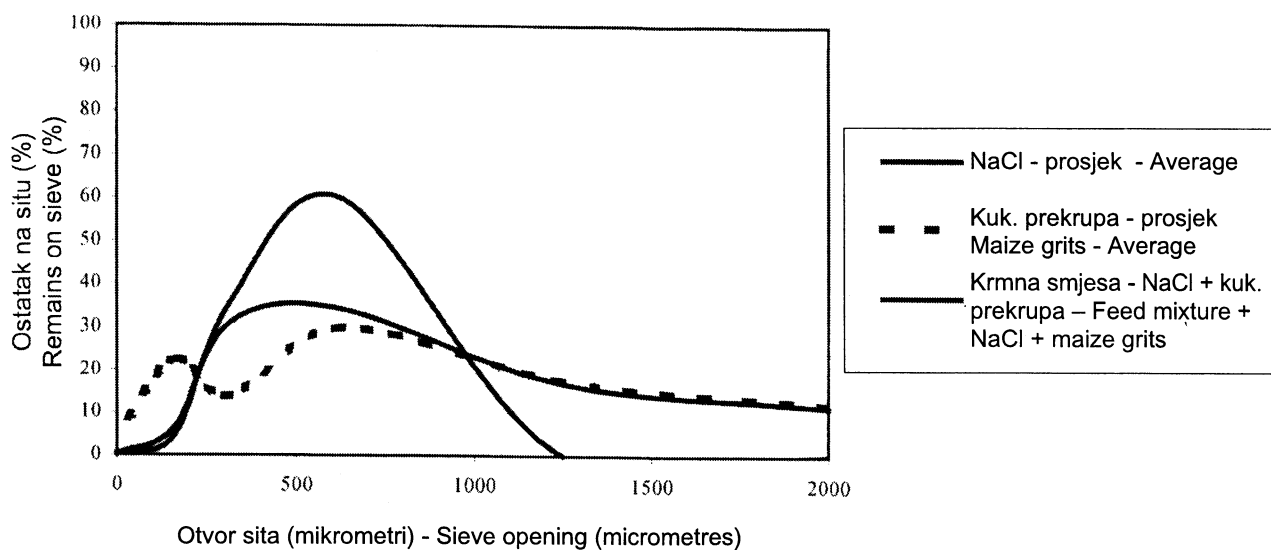
	Uzorak 1 – Sample 1 (% NaCl)	Uzorak 2 – Sample 2 (% NaCl)	Uzorak 3 – Sample 3 (% NaCl)	Prosjek – Average (% NaCl)
	0.719	0.719	0.719	
	0.667	0.719	0.667	
	0.719	0.821	0.821	
	0.770	0.770	0.770	
	0.770	0.770	0.750	
	0.770	0.770	0.750	
	0.770	0.821	0.821	
	0.770	0.770	0.770	
	0.770	0.719	0.719	
	0.770	0.770	0.770	
n =	10	10	10	30
Prosjek – Average	0.750	0.765	0.756	0.757
Std. odstup. Standard deviation	0.036	0.038	0.047	0.040
Minimum	0.667	0.719	0.667	0.667
Maksimum	0.770	0.821	0.821	0.821
Zbroj – Sum	7.495	7.649	7.557	22.701
VAR.	0.001	0.001	0.002	0.002
CV (%)	4.792	4.920	6.202	5.224

Tablica 5. Rezultati analize krmne smjese na mjestu uzorkovanja (4) - treći transporter
 Table 5. Results of the mixture analysis on the sampling spot (4) - third conveyor

	Uzorak 1 – Sample 1 (% NaCl)	Uzorak 2 – Sample 2 (% NaCl)	Uzorak 3 – Sample 3 (% NaCl)	Prosjek – Average (% NaCl)
	0.770	0.770	0.770	
	0.719	0.770	0.719	
	0.770	0.770	0.770	
	0.770	0.770	0.770	
	0.770	0.770	0.770	
	0.719	0.770	0.719	
	0.770	0.719	0.770	
	0.821	0.770	0.821	
	0.719	0.719	0.719	
	0.719	0.719	0.719	
n =	10	10	10	30
Prosjek – Average	0.755	0.755	0.755	0.755
Std. odstup. Standard deviation	0.034	0.025	0.034	0.030
Minimum	0.719	0.719	0.719	0.719
Maksimum	0.821	0.770	0.821	0.821
Zbroj – Sum	7.547	7.547	7.547	22.641
VAR.	0.001	0.001	0.001	0.001
CV (%)	4.561	3.264	4.561	4.027

Slika 5. Selektivni prikaz granulometrijske analize komponenata i krmne smjese
 Figure 5. Selective diagram of particle size distribution

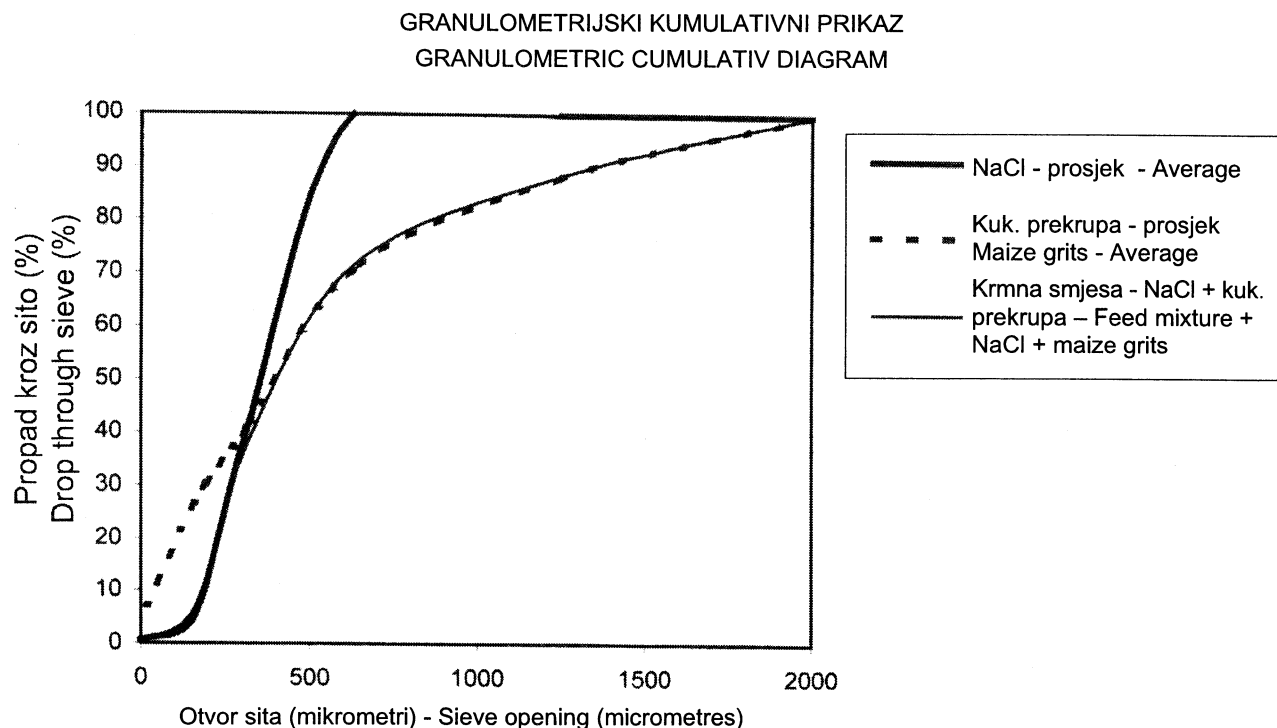
GRANULOMETRIJSKI SELEKTIVNI DIJAGRAM
 GRANULOMETRIC SELECTIVE DIAGRAM



Provedenim granulometrijskim analizama uočeno je da je veličina čestica kako kukuruzne prekrupa (0,479 mm) tako i indikatora (0,457 mm) približno ujednačena, te postoje svi preduvjeti za kvalitetno miješanje komponenata.

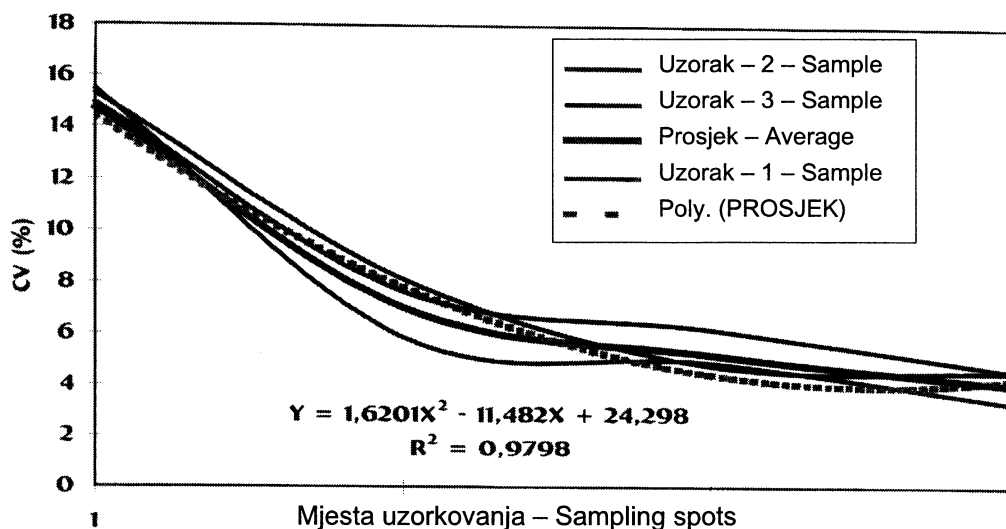
Slika 6. Kumulativni prikaz granulometrijske analize komponenata i krmne smjese

Figure 6. Cumulative diagram of particle size distribution



Slika 7. Dijagram koeficijenta varijabilnosti (CV) na različitim mjestima uzorkovanja prema shemi (slika 4.)

Figure 7. Diagram of the coefficient of variability (CV) on different sampling spots, according to the scheme in fig 4.



Na temelju rezultata granulometrijske analize, kao i nekih osobitosti pužnih transporterera određena je i centrifugalna sila koja djeluje na elementarnu česticu materijala, kako natrijevog klorida (NaCl),

tako i kukuruzne prekrupe. To se isključivo odnosi na podatke dobivene ovim istraživanjima. Veličina centrifugalne sile s ostalim parametrima iskazana je na tablici 6.

Tablica 6. Karakteristične veličine čestica materijala i transporterera
Table 6. Characteristic dimensions of the material and screw conveyors

Čestica – Particple			Transporter – Conveyor			
Materijalna čestica (1kom.) – Material particle (1 piece)	Masa čestice m (mg) Particle mass	Gustoća ρ (g/cm ³) Thickness	Korak pužnice s (mm) Srew pace	Broj okretaja n (min-1) No of spins	Radijus pužnice r (mm) Srew radius	Centrifug. sila Fc (μ N) Centrif. force
NaCl	0.108353	2.163	170	280	100	0.014085
Kukuruzna prekrupa Maize grits	0.069214	1.23	170	280	100	0.00899

RASPRAVA REZULTATA

U unutarnjem transportu TKS rabi se niz transportnih sredstava, kako za transport pojedinih sirovinskih sastojaka buduće krmne smjese, tako i gotovih krmnih smjesa.

S tim problemom susretalo se niz svjetskih istraživača Marr, 1982.; Plietić, 1985., 1992. i 1994.; Wilcox i Balding, 1996. Katić, 1998. i drugi. Svi oni navode da vibracijama i kretanjem materijala - krmne smjese - u kojoj se nalaze čestice različitih veličina, dolazi do izdvajanja čestica i njihove separacije prema veličini. Također navode da će se izmiješana krmna smjesa tijekom transporta razdvojiti po granulaciji zbog djelovanja sila nastalih kretanjem.

U ovim istraživanjima primijenjena je metoda određivanja koeficijenta varijabilnosti (CV) i na temelju njega utvrđene su promjene u izmiješanosti čestica tijekom transporta u pužnim transporterima.

Provedenim istraživanjima utvrđen je prosječni CV neposredno na izlazu krmne smjese iz miješalice i iznosio je 14,70%. Prolaskom krmne smjese kroz prvi transporter CV je iznosio 7,022%, potom se taj koeficijent i dalje smanjivao pa je iznosio 5,224%. odnosno na kraju transportnog procesa iznosio je 4,027%.

Dobiveni rezultati ukazuju na dodatno miješanje, ispitivane krmne smjese tijekom transportnog puta, što je s obzirom na lošu izmiješanost krmne smjese u miješalici imalo pozitivan učinak.

Čestice koje čine krmnu smjesu različite su mase, pa pod utjecajem centrifugalne sile (Fc) dolazi do razmješavanja. U istraživanjima je utvrđena veličina centrifugalne sile koja djeluje na materijalnu česticu tijekom gibanja kroz pužni transporter. Tako ona za materijalnu česticu natrijevog klorida (NaCl) iznosi 0,014085 μ N, dok za materijalnu česticu kukuruzne prekrupe iznosi 0,00899 μ N.

Duljinom transporterera centrifugalna se sila na neki način kumulira, pa i adhezijska svojstva opadaju, što dovodi do povećanog raslojavanja.

Na temelju dobivenih rezultata istraživanja još je moguće ustvrditi da su za pužne transporterere kraći transportni putovi bolje rješenje.

ZAKLJUČAK

Ispitivanja raslojavanja krmne smjese provedena su na pužnim transporterima, koji slove kao problematični u pogledu održavanja homogenosti gotove krmne smjese.

Provedenim istraživanjima utvrđen je prosječni CV neposredno na izlazu krmne smjese iz miješalice i iznosio je 14,70% uz standardno odstupanje $s = 0,139$. Prolaskom smjese kroz prvi transporter, CV je iznosio 7,022%, potom se taj koeficijent i dalje smanjivao pa je iznosio 5,224%, odnosno na kraju transportnog procesa iznosio je 4,027%.

Dobiveni rezultati ukazuju na dodatno miješanje ispitivane krmne smjese tijekom transportnog puta. S obzirom da je početni CV relativno visok (14.70%), što ukazuje na nedostatnu izmiješanost krmne smjese u miješalici, duljina transportnog puta pozitivno je utjecala na izmiješanost krmne smjese, dakle došlo je do dodatnog miješanja. U protivnom, da je izmiješanost krmne smjese u miješalici bila zadovoljavajuća, na transportnom putu došlo bi do njezinog razmješavanja, što je zadatak idućih istraživanja.

Čestice koje čine krmnu smjesu različite su mase, pa pod utjecajem centrifugalne sile (F_c) dolazi do razmješavanja. U istraživanjima je utvrđena veličina centrifugalne sile koja djeluje na materijalnu česticu tijekom gibanja kroz pužni transporter. Tako ona za materijalnu česticu natrijevog klorida (NaCl) iznosi $0,014085 \mu N$, dok za materijalnu česticu kukuruzne prekrupe iznosi $0,00899 \mu N$.

Duljinom transportera centrifugalna se sila na neki način kumulira, pa i adhezijska svojstva opadaju, što dovodi do povećanog raslojavanja.

Na temelju dobivenih rezultata istraživanja još je moguće ustvrditi da su za pužne transportere kraći transportni putovi bolje rješenje.

LITERATURA:

1. Fiedrich, W. (1982): Utjecaj fizikalnih svojstava na tehnološki proces proizvodnje krmnih smjesa; Industrijska proizvodnja krmnih smjesa - skripta AF.
2. Katić, Z. (1998.): Miješanje krmnih smjesa; Zbornik radova XIV međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke toplice, str. 147-167.
3. Marr, E. J. (1982): Inspection and Sampling of feed Ingredients; MSD AGVENT, Arlington.
4. Plietić, S. (1985.): Sadržaj osnovnih elemenata krmne smjese u pojedinim frakcijama granulometrijske metode, Krmiva 8-9, 198-202.
5. Plietić, S. (1992.): Upotreba pare u tehnologiji peletiranja stočne hrane; Zbornik radova VIII međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke toplice, str. 185-197.
6. Plietić, S. (1994.): Racionalizacija transportnog puta primjenom tzv. "kontejner vreća" u TKS; Zbornik radova VIII međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja; Stubičke toplice, str. 184-192.
7. Plietić, S. (1995.): predavanja iz predmeta "Transport u poljoprivredi" AF - Zagreb.
8. Sobota, S. (1978.): Tehnologija peletiranja; Časopis Krmiva 1978; Zagreb.
9. Spivakovsky, A., V. Dyachkov (1985): Conveying Machines II, MIR Publishers, Moscow.
10. Wilcox, A. R., L. J. Balding (1996): Feed Manufacturing Technology - Short Course KSU - AFMA, Kansas City.
11. Grupa autora (1976): Feed Manufacturing Technology, AFMA, Arlington.

SUMMARY

The basic goal in any goods transportation is arrival at their destination without either quantitative or qualitative changes.

In inland transportation there is a series of means for both raw materials and ready-made mixtures. This paper treats the influence of the distance covered on the coefficient of variation (CV) of the examined mixture. Corn grits with the addition of the indicator, sodium chloride (NaCl) served for examining homogeneity.

The examinations were performed on screw conveyors, notorious for their unsuitability to maintain homogeneity in the ready-made mixture and after it leaves the mixer.

Immediately after leaving the mixer the average CV of the mixture amounted to 14.70%, with standard deviation of $s = 0.139$. After passing through the first conveyor the CV came to 7.022%, further decreasing to 5.224%, at the end of the transportation to 4.027%.

The results obtained show additional mixing of the examined material during the transportation. Since the beginning CV is relatively high (14.70%), owing to the unsatisfactory mixing of the material in the mixer, the length of the transport line influenced positively the finally mixed material, that is, additional mixing was performed. On the other hand if the material had been satisfactorily mixed within the mixer itself, it would have been mixed again. And this is the goal of further researches.