

# FIZIČKE OSOBINE ĐUBRIVA KAO FAKTOR IZBORA TEHNOLOŠKO-TEHNIČKOG SISTEMA SKLADIŠTENJA

## OPTIMISATION OF MINERAL FERTILIZER STORAGE SYSTEMS REGARDING THEIR PHYSICAL PROPERTIES

Dr Milan ĐEVIĆ, mr Aleksandra DIMITRIJEVIĆ  
Poljoprivredni fakultet Beograd - Zemun

### REZIME

Značaj mineralnih đubriva u savremenoj biljnoj proizvodnji kako i u agrotehničkom tako i u ekološkom pogledu aktuelizuje izbor i efikasno korišćenje tehnološko-tehničkih sistema aplikacije. Dominantna praksa korišćenja čvrstih mineralnih đubriva (granulata) uslovljava je celovitu analizu procesa mineralnih đubriva koji podrazumeva proizvodnju, manipulaciju i aplikaciju. Fizička svojstva mineralnih đubriva i njihova interakcija sa tehničkim sistemima aplikacije od presudnog su značaja za uspešnost skladištenja, manipulacije i same aplikacije ovih đubriva. Ovaj rad obuhvata analizu najznačajnijih osobina đubriva: veličinu čestica, zapreminsku masu, ugao trenja, statičku i dinamičku otpornost, koeficijent restitucije i terminalnu brzinu i njihov uticaj na tehničko-tehnološke sisteme skladištenja i manipulacije.

**Ključne reči:** mineralna đubriva, fizičke osobine, manipulacija i skladištenje.

### SUMMARY

Proper choice and efficient utilization of various technological-technical application systems still has a significant importance concerning ecology, energy and economics in agriculture. Due to the predominant practice of using granulated mineral fertilizers an analysis of mineral fertilizer processing including its production, manipulation and application was made. Physical characteristics of mineral fertilizers and fertilizer reaction with the application systems are of outmost importance in storage, manipulation and fertilizer application system choice. This paper presents an analysis of the most important characteristics of mineral fertilizers: particle size, volume, friction angle, static and dynamic stability, coefficient of restitution and thermal velocity, as well as their influences on optimal storage and manipulation systems choice.

**Key words:** mineral fertilizers, physical characteristics, manipulation and storage.

### UVOD

U zemljama EU se poslednjih godina beleži porast broja prodatih mašina za aplikaciju mineralnih đubriva. Savremena tehnička rešenja podrazumevaju vučene širokozahvatne mašine sa ugrađenim računarom i GPS prijemnikom uz čiju pomoć je moguće u potpunosti pratiti aplikaciju đubriva na parceli (Marquering i Scheuffler, 2006). U Evropi je, takođe, uočen i porast količine prodatih đubriva. Poslednje dve godine količina prodatih azotnih i kalijumovih đubriva povećana je za 5% dok se prodaja fosfornih đubriva povećala za skoro 13%.

Trend povećanja količine đubriva uočava se i u zemljama koje još uvek nisu članice Evropske Unije dok se aplikacija đubriva u Zapadnoj Evropi neznatno menja poslednjih godina.

Intenziviranje proizvodnje hrane postavlja se kao imperativ mnogih razvojnih programa kako u zemljama EU tako i u Svetu. Ostvarenje viših prinosa uslovljava i redovnu primenu hemijskih sredstava, u prvom redu đubriva i preparata za zaštitu bilja. Međutim, intenziviranje aplikacije đubriva često sa sobom nosi određene posledice kao što su njihovo neracionalno korišćenje, zatim visoki troškovi aplikacije, slabu organizaciju stručnih službi, stihijsko povezivanje proizvođača mineralnih đubriva i dr. Dodatno opterećenje izazvano aplikacijom đubriva se ogleda i u narušavanju energetskog bilansa proizvodnog sistema. Prema Ortiz-Chanavate-u (1999) učešće đubriva u energetskom bilnasu proizvodnje šećerne repe iznosi čak 46%. Završna negativna posledica se, svakako, ispoljava kod krajnjih korisnika tj direktno inkorporirana u proizvodnju hrane i u finalnom prehrambenom proizvodu.

Mineralna đubriva skladište se u podnom tipu skladišta (Babić, M i Babić Ljiljina, 2004). Veliki broj fizičkih svojstava nasutog materijala je relevantan za bezbedno skladištenje. Rad ima za cilj analizu fizičkih karakteristika mineralnih đubriva kao

preduslov funkcionalnosti tehnološko-tehničkih sistema manipulacije i aplikacije mineralnih đubriva. U radu su, takođe analizirana i postojeća tehničko-tehnološka rešenja skladišnih sistema kao glavni faktor očuvanja proizvodnih fizičkih karakteristika mineralnih hraniva.

### MATERIJAL

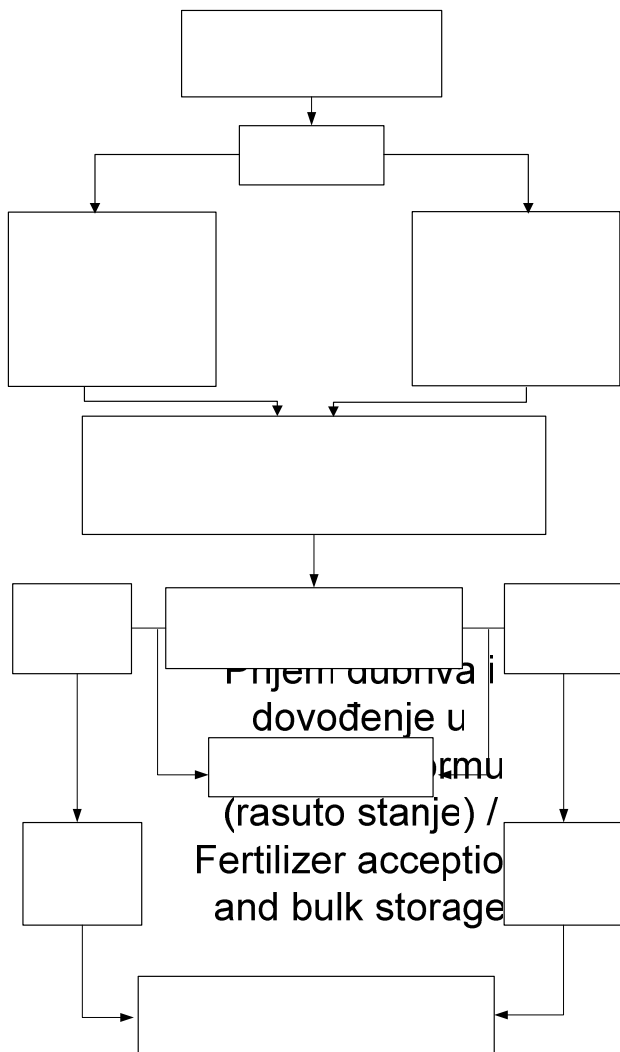
Nosioći makro-elemenata, odnosno, azota, fosfora i kalijuma, u formi raznih mineralnih đubriva koriste se u čvrstom, tečnom i gasovitom agregatnom stanju. Agrohemijske analize su osnovno polazište izbora đubriva po kvalitetu i kvantitetu. Sadržaj aktivne materije u mineralnim đubrivima je u funkciji uslova biljne proizvodnje i uslova gajene kulture i njegovo određivanje predstavlja uobičajeni postupak. Dosadašnje analize aplikacije mineralnih đubriva ističu značaj njihove upotrebne forme. Najčešće se koriste čvrsta mineralna đubriva u formi granulata.

Efekti primene mineralnih đubriva su poznati ali ne i do kraja objašnjeni. Sa aspekta potrošnje energije može se reći da mineralna đubriva, zajedno sa hemijskim zaštitnim sredstvima u energetskom bilnasu biljne proizvodnje učestvuju sa 45%. Energetski intenzivna primena mineralnih đubriva značajno opterećuje rentabilnost biljne proizvodnje, pa se, i pored kompleksnog karaktera, moraju izvesti mogući kriterijumi racionalizacije a posebno oni koji su direktno vezani sa primenom tehničkih sistema u distribuciji i aplikaciji mineralnih đubriva.

Radni procesi u korišćenju mineralnih đubriva se mogu grupisati u tri osnovne grupe:

- skladištenje,
- transport i
- aplikacija.

Kompleksnost ovog sistema ilustrovana je na slici 1.



Sl. 1. Tehnološki sistem distribucije i aplikacije mineralnih đubriva  
 Fig. 1. Distribution and application systems for mineral fertilizers

Složenost aplikacije mineralnih đubriva je značajno opterećena stalnim fizičkim uticajem na primenjena đubriva. Proizvedena upotrebna forma je izložena stalnom opterećenju fizičkog karaktera i to pod uticajem vlage u vazduhu, sila statičkog i dinamičkog opterećenja, sila trenja i dr. Rezultat se ogleda u značajnoj promeni fizičkog stanja upotrebne forme korišćenih hraniva.

### DISKUSIJA

Dosadašnja istraživanja (Mičić i sar, 1997) ukazuju da je moguće definisati više od 20 različitih fizičkih osobina đubriva. Koliki je značaj poznavanja pojedinih osobina zavisi od toga u kom se delu procesa đubrivo nalazi (Tab. 1).

Iz tabele se jasno može uočiti od kolike je važnosti poznavanje fizičkih osobina đubriva prilikom projektovanja tehnološko-tehničkih sistema skladištenja i manipulacije.

Prilikom projektovanja skladišnih sistema veoma je važno razmotriti aspekt atmosferskih uticaja. Ovo se obrazlaže važećim standardima vlažnosti đubriva i granulometrijskog sastava (Tab. 2).

Tabla 1. Uzajamna veza procesa mineralnih đubriva i njihovih fizičkih osobina  
 Table 1. Relationships between fertilizer properties and manipulation systems

| Fizička osobina<br>Physical properties                 | Proizvodnja / Production | Skladištenje / Storage | Transport / Transport | Mešanje / Mixing | Kretanje čestica / Particle movement |            | Reakcija useva / Crop response |
|--|--------------------------|------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------------|------------|--------------------------------|
|  |                          |                        |                       |                  | apar. / mach.                        | vaz. / air |                                |
| Velicina čestice / Particle size                       |                          | •                      | •                     | •                | •                                    | •          | •                              |
| Raspored veličina čestice / Particle size distribution |                          | •                      | •                     | •                | •                                    | •          |                                |
| Koeficijent trenja / Friction coefficient              |                          |                        |                       |                  | •                                    |            |                                |
| Otpornost čestice / Particle resistance                |                          | •                      | •                     |                  | •                                    |            |                                |
| Koefic. restitucije / Restitution coefficient          |                          |                        |                       |                  | •                                    |            |                                |
| Gustina čestica / Particle density                     |                          | •                      |                       |                  |                                      |            |                                |
| Oblik čestica / Particle shape                         |                          | •                      |                       |                  |                                      |            |                                |
| Aerodinam. otpor / Aerodynamic resistance              |                          |                        |                       |                  |                                      |            |                                |
| Hemij. kompat. / Chemical compatibility                |                          |                        |                       | •                |                                      |            |                                |
| Salinitet indeks / Salinity index                      |                          |                        |                       |                  |                                      |            | •                              |
| Temperat. topljenja / Melting point                    |                          | •                      |                       |                  |                                      |            |                                |
| Kritič. rel. vlaž. / Critical relative humidity        |                          | •                      | •                     | •                |                                      |            |                                |
| Segregacija / Segregation                              |                          | •                      | •                     |                  |                                      |            |                                |
| Sadržaj vlage / Humidity content                       | •                        | •                      |                       |                  |                                      |            |                                |
| Lepljivost / Stickiness                                |                          |                        |                       | •                |                                      |            |                                |
| Zemljavanje / Clumping                                 |                          |                        |                       |                  |                                      |            |                                |
| Silnost / Bulk density                                 |                          |                        |                       |                  |                                      |            |                                |
| Ugao osipanja / Angle of repose                        |                          | •                      | •                     |                  |                                      |            |                                |

SPOLJASNI  
 TRANSPORT / OUTSIDE  
 TRANSPORT

Vaganje /  
 Weighening

Prijem vreća i  
 grupisanje na  
 paletama /  
 Acceptation of  
 fertilizer in bags and  
 paleting

- transport i skladištenje / transport and storage  
 - skladištenje / storage  
 interni transport / internal transport  
 (vaganje) / weighening

Punjenje odgovarajućeg  
 transportnog sredstva / Filling  
 prior to transport .

Transport /  
 Transport

Vaganje / Weighening

Punjenje  
 raspičača /  
 Filling of  
 machine

Punjenje  
 aviona /  
 Airplane  
 filling

Tabela 2. Vlažnost i granulometrijski sastav  
Table 2. Humidity and granulometric structure

| Dubrivo / Fertilizer                 | Standardna maksimalna vlažnost (%) / Maximum humidity | Prečnik čestica (mm) / Particle diameter | Zastupljenost frakcija (%) / Particle distribution |
|--------------------------------------|---|--|--|
| KAN / CAN                            | 1,00  | 0,5 - 5                                  | 92   |
| Urea / Urea                          | 0,50  | 0,5 - 3                                  | 96   |
| Superfosfat / Superphosphate         | 5,00  | 1 - 5                                    | 93   |
| Tr. superfosfat / Tr. Superphosphate | 5,00  | 1 - 5                                    | 90   |
| MAP / MAP                            | 7,00  | 0,2 - 3                                  | 80   |
| Kompleksna / Complex                 | 2,00  | 1 - 5                                    | 95   |

Tabela 3. Neke fizičke osobine mineralnih đubriva  
Table 3. Physical properties of mineral fertilizers

| Vrsta đubriva / Fertilizer         | Zapremin. masa (g/cm <sup>3</sup> ) / Volume mass | Higroskopnost (ocena) / Hydroscopic properties | Srednji prečnik (mm) / Medium diameter | Koeficijent poroznosti / Porosity coefficient | Ugao unutrašnjeg trenja / Angle of internal friction |
|------------------------------------|---|--|--|---|--|
| Amonijumnitrat / Amoniumnitrate    | 0,96  | 5,3  | 2,36                                   | 0,19  | 30,20  |
| Urea / Urea                        | 0,73  | 5,4  | 2,53                                   | 0,22  | 27,50  |
| Superfosfat / Superphosphate       | 1,05  | 2,1  | 2,72                                   | 0,12  | 39,90  |
| Kalijumhlorid / Potassium-chloride | 1,17  | 3,2  | 1,60                                   | 0,68  | 35,80  |

Proces skladištenja ističe i značaj statičke stabilnosti čestica đubriva, kao bitnog za očuvanje "ulaznih" karakteristika đubriva. Ova karakteristika je od velikog značaja pri kapacitiranju skladišnog prostora.

Dosadašnja istraživanja upućuju na zaključak da se sa povećanjem prečnika čestica đubriva povećava i napon smicanja. Pored toga, utvrđen je i značajan uticaj proizvodnog procesa na statičku stabilnost čestica. Na primer, kod uree je značajno prisustvo formaldehida. Pojedini autori sugerišu minimalnu, zaštitnu silu smicanja čestica od 15 N po čestici (Mičić, 1997). U tabeli 4. dat je napon smicanja za pojedina đubriva, odnosno, komponente, uz isticanje mesta proizvodnje i karaktera proizvodnog procesa što je i uslovalo, vidljive, oblasti vrednosti napona smicanja po čestici.

Napon smicanja, kao posledica statičke otpornosti hraniva, direktno uslovljava način skladištenja, odnosno, veličinu skladišnog prostora u interakciji sa ambalažnom formom.

Tabela 4. Napon smicanja po jednoj čestici različitih đubriva  
Table 4. Breaking force of common fertilizers

| Vrsta đubriva         | Napon smicanja (N/čestici)     |    |    |    |    |
|-----------------------|--------------------------------|----|----|----|----|
|                       | 0                              | 20 | 40 | 60 | 80 |
| NPK                   | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| Amonijum nitrat       | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| Superfosfat           | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| Urea                  | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| K - 40 (veći)         | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| Amonijum sulfat       | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| Amonijum fosfat       | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| K - 60                | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |
| Kalc. amonijum nitrat | [Horizontal bar from 0 to 100] |    |    |    |    |

## TEHNOLOŠKO-TEHNIČKI SISTEMI SKLADIŠTENJA ĐUBRIVA

Skladištenje čvrstih mineralnih đubriva je uslovljeno ambalažnom formom, koja, najčešće, podrazumeva džakove od 50 kg, ili skladištenje u rinfuznom stanju. Konceptijski, objekti skladišta su dominantno podnog tipa sa izraženim univerzalnim namenskim karakterom. Međutim, formiranje sistema skladišta i manipulacije đubrivima zahteva kapacitiranje objekta skladišta sa ciljem ostvarenja čisto namenskog karaktera skladišnog prostora. Pri tome je nemoguće ostvariti dovoljan nivo racionalnosti bez poznavanja i poštovanja osnovnih fizičkih osobina mineralnih đubriva.



Sl. 2. Izgled podnog i višečelijskog skladišta  
Fig. 2. Floor storage

U tabeli 5 dati su uslovi skladištenja za neke vrste mineralnih đubriva u zavisnosti od ambalažne forme.

Tabela 5. Uslovi skladištenja različitih ambalažnih formi pojedinih đubriva

Table 5. Conditions of fertilizer storage

| Vrsta đubriva / Fertilizer type    | Ambalažna forma / Package | Uslovi skladištenja / Storage condition  |
|------------------------------------|---------------------------|--|
| Amonijumnitrat / Amoniumnitrate    | džakovi / bag             | palette sa 10 redova / palets in 10 rows |
| Urea / Urea                        | džakovi / bag             | palette sa 10 redova / palets in 10 rows |
| Superfosfat / Superphosphate       | džakovi / bag             | palette sa 20 redova / palets in 20 rows |
| Superfosfat / Superphosphate       | rinfuza / bulk storage    | gomile do 5 m visine / up to 5m height   |
| Kalijumhlorid / Potassium-chloride | rinfuza / bulk storage    | gomile do 4 m visine / up to 4 m height  |



Sl. 3. Način skladištenja đubriva u džakovima  
Fig. 3. Fertilizer storage in bags

Tehnološki proces manipulacije uključuje sve varijante transporta na relacijama između proizvođača, skladišta i korisnika odnosno, procesa aplikacije. Direktno je uslovljen ambalažnom formom đubriva, a može imati značajan uticaj na ukupni efekat primene đubriva:

direktno - značajnim uticajem na osnovna fizička svojstva đubriva, a time efekat iskorišćenja, odnosno aplikacije,

indirektno - na ukupni ekonomski efekat biljne proizvodnje.

Najkraće rečeno tehnološko-tehnički podsistem manipulacije mora optimalno odgovarati uslovima hraniva i raspoloživom tehničkom sistemu distribucije i aplikacije.

Džakovi od 50 kg dominiraju kao ambalažna forma đubriva u nas. U nizu prednosti, veoma je značajna mogućnost jasne identifikacije kvantiteta i kvaliteta đubriva. Pored toga, sistem skladištenja džakova je veoma fleksibilan. Manipulacija džakovima ručnim načinom je neracionalna sa aspekta potrebnog vremena i zamaranja manipulant. Mehanizovana manipulacija olakšava proces skladištenja (mogućnost etažnog sistema), uz srazmerno učešće u troškovima, primenjenog tehničkog sistema. Paletizacija je značajno unapredene mehanizovanog i kombinovanog načina manipulacije džakovima. Tovarne forme od 1,5 tona, sa po 30 džakova u pet redova, grupisane u grupe od tri palete zauzimaju do 2,3 m<sup>3</sup> skladišnog prostora. Tehnički sistem mora odgovarati uslovima paletnog sistema, ali i skladišnog prostora. U tabeli 6 su dati primeri mogućih tehničkih sistema manipulacije u paletnom sistemu sa nekim karakteristikama.

Tabela 6. Tehnički sistemi paletizacije  
Table 6. Technical systems of paletization

| Radni agregat /<br>Technical system  | Kapacitet i<br>visina podi-<br>zanja (t/m) /<br>Capacity and<br>working<br>height | Snaga<br>motora<br>(kW) /<br>Engine<br>power | Karakteristika /<br>Comment   |
|--|---|--|---|
| Traktor +<br>prednji<br>utovarivač /<br>Tractor + front<br>loader  | 1,5 t na 2 m  | 55   | Nije pogodan za<br>precizne radove u<br>skladišnom prostoru<br>/ It is not suitable<br>for precision work<br>in storages                      |
| Traktor + nošeni<br>utovarivač sa<br>sopstvenim po-<br>moćnim točk-<br>ovima / Tractor<br>+ loader with<br>additional<br>wheel | 1,5 t na 2,4 m  | 46   | Postavljanje nazad<br>otežava upravljanje<br>/ When mounted<br>backside compli-<br>cated steering   |
| Traktor + stalno<br>postavljena<br>zadnja strela /<br>Tractor +<br>stationary arrow  | 1,5 t na 3,2 m  | 50   | Povoljna<br>prohodnost i<br>vidljivost u odnosu<br>na viljušku / Good<br>visibility   |
| Viljuškar /<br>Forklift  | 2,5 t na 3 m  | 30   | Precizna ali<br>nivoima poda<br>skladišta ograničena<br>manipulacija /<br>Precise<br>manipulation but<br>limited with storage<br>floor levels |

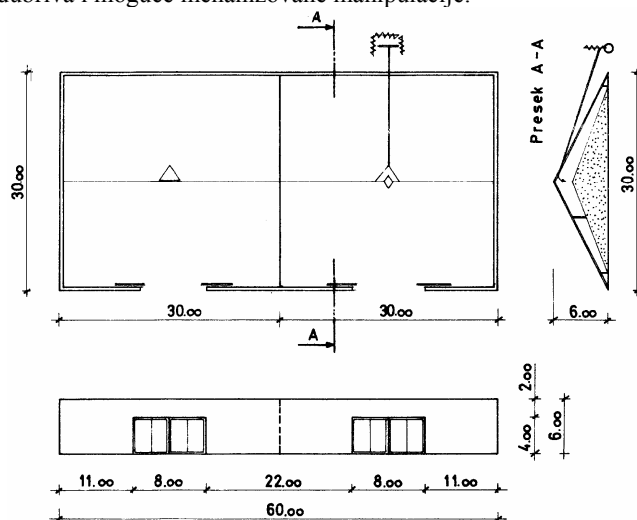
Oprema monitorana na traktoru zadržava univerzalni karakter traktora. Lakoća bočnog prebacivanja paleta je važan kriterijum u pogledu utroška vremena. Skladišni prostor, pri

tome, ne bi trebalo da bude izdvojen nosećim delovima konstrukcije. Generalno, specijalizovana oprema izaziva više troškove ulaganja ali se njena trajnost i smanjenje direktnih troškova ne mogu zanemariti.

Trend povećanja učešća rinfuze u ukupnoj masi korišćenog đubriva nastao je iz pokušaja smanjenja troškova ambalaže i potrebnog vremena za manipulaciju.

Neposredna manipulacija je veoma intenzivna korišćenjem visokokapacitivnih utovarivača (frontalnih). Pored toga, u prostoru skladišta moguć je smeštaj različitih komponenti mešanih đubriva i širok dijapazon u fizičkoj pripremi i mešanju. Forme skladišta su najčešće podne, a moguća je i primena silosnih skladišta. U oba slučaja mora se voditi računa o statičkoj stabilnosti čestica, a kod podnih skladišta i uglu osipanja, uzrokovanim uglom unutrašnjeg trenja.

Na slici 4 je dat prikaz idejnog rešenja podnog skladišta za rinfuzu. Dimenzije su izvedene uz poštovanje fizičkih osobina đubriva i moguće mehanizovane manipulacije.



Sl. 4. Šema dvoćelijskog skladišta za rinfuzno skladištenje mineralnog đubriva  
Fig. 4. Two-cell bulk storage plan

Sistem manipulacije fleksibilnih kontejnera razvijen je u formi velikih vreća, kao alternativa klasičnim džakovima i moguća, međufaza u manipulaciji rinfuzom. Mase đubriva u ovoj ambalažnoj formi su 0,5, 0,75 i 1 tona. Dimenzije velike vreće od 1 t su 1,225 x 1,225 x 1,075 m.

Prednosti sistema velikih vreća moguće sagledati uporednim prikazom primera normativa datim u tabeli 7.

Tabela 7. Normativi manipulacije džakovima i velikim vrećama (min/t)  
Table 7. Normative for bag and flexible containers manipulation

| Radna operacija /<br>Working operation                 | Džakovi od 50 kg / Bags                         |                                 | Velike<br>vreće /<br>Flexible<br>containers |
|--|---|---------------------------------|---|
|  | ručno, po jenda<br>/ manually piece<br>by piece | palette sa<br>1,5 t /<br>palets |   |
| Istovar i skladištenje /<br>Unlading and storage       | 6 - 7   | 1,5 - 2                         | 3 - 4 <sup>x</sup>                          |
| Istovar iz skladišta /<br>Unlading from the storage    | 10 - 12   | 1 - 1,5                         | 1,5 - 3                                     |
| Punjenje mašine za aplikaciju /<br>Distributer filling | 8 - 10  | 8 - 10                          | 4 - 6                                       |

<sup>x</sup> Uključena je primena utovarivača za smeštaj velikih vreća, po ulasku transporter u skladišni prostor

Velike vreće su svojom izvedbom prilagodene nameni. Manipulacija iziskuje utovarivač koji će savladati uslov da je istegnuta vreća duga 1,7 m. Pražnjenje se obavlja bočno (prosecanjem) ili odozdo, preko pokretnog dna. Skladištenje se obavlja u formi piramide od tri vreće čime je obezbeđeno poštovanje fizičkih osobina primenjenih hraniva.



Sl. 5. Primer modularnih skladišta manjeg kapaciteta  
Fig. 5. Example of modular storage solutions

Radi lakše organizacije i optimalnog funkcionisanja tehnološko-tehničkog sistema manipulacije i aplikacije đubriva, na tržištu su se pojavila tehnička rešenja malih skladišta modularnog karaktera koje je moguće spajati u veće skladišne prostore sa istovremenom kontrolom mikro-klimatskih uslova u skladišnom prostoru. Kapaciteti ovakvih sistema (Sl. 5) se kreću do 200 t. Pojedinačni odeljci se mogu dodatno pregrađivati u slučaju skladištenja nekih agresivnijih hemijskih preparata.

## ZAKLJUČAK

Primena mineralnih đubriva je jedna od determinanti biljne proizvodnje. Ova konstatacija se odnosi i na meliorativnu i osnovnu (tehnološku) varijantu primene mineralnih đubriva. Aspekti razmatranja definitivni su i univerzalni, energetski, ekološki i ekonomski, nameću, međutim, znatno organizovaniji, tehnološki i tehnički pristup ovoj problematici u uslovima biljne proizvodnje kod nas.

Premise uspešne upotrebe mineralnih đubriva su konceptijski formulisani tehnološko-tehnički modeli i, celovitost procesa mineralnih đubriva (proizvodnja, manipulacija, transport i aplikacija), realna i funkcionalna prognostika, zaokruženi

kontrolni i informacioni sistemi. Samo ovi preduslovi mogu obezbediti efikasan i ekonomičan tehnološko-tehnički sistem primene mineralnih đubriva i sprečiti globalno zagađenje proizvodnih uslova.

Upotreba čvrstih mineralnih đubriva zahteva fizički i hemijski standardizovanu proizvodnju istih. Postojeća tehnička rešenja, u tom slučaju, uz poštovanje elementarnih pravila eksploatacije (pravilna regulacija i poštovanje režima radne brzine) daju zadovoljavajuće efekte u pogledu tačnosti i ravnomernosti doziranja.

## LITERATURA

- [1] Babić, M, Babić, Ljiljana: Gradnja malih centara za sušenje i skladištenje zrna, PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, 8(2004)1-2, s.10-14.
- [2] Đević, M, Miodragović, R: Preconditions for balanced distribution of solid fertilizers. Rev. of res. Work at the faculty of Agric. 41(1996)1, s. 161-168.
- [3] Hignett, T.P: Physical and chemical properties of fertilizers and methods of their determination (D in plant and soil suc-ces), 1985.
- [4] Hofstee, J.W: Handling and spreading of fertilizers (Journal of Agricultural Engineering Research), 1990.
- [5] Mičić, J: Idejno rešenje ATH-centra za primenu mineralnih đubriva i pesticida u biljnoj proizvodnji, 1989.
- [6] Mičić, J: Savremena poljoprivredna tehnika u biljnoj proiz-vodnji, Monografija, Poljoprivredni fakultet Beograd, 1991.
- [7] Mičić, J, i dr (1997): Mehanizacija đubrenja mineralnim đub-rivima u biljnoj proizvodnji, Savremena poljoprivredna tehnika u biljnoj proizvodnji, Poljoprivredni fakultet, Beo-grad, 1997.
- [8] Ortiz-Cañavate J, Hernanz, J. L: Energy analysis and saving in energy for biological systems, CIGR Handbook, 3(1999), p. 13-37.
- [9] Marquering J., Scheufler B: Mineral fertilizing, Yearbook Ag-ricultural Engineering, 2006.

Primljeno: 27.03.2009.

Prihvaćeno: 18.06.2009.