

# PRILOG OPTIMIZACIJI ŽIVOTNOG CIKLUSA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

**Prof. dr Dragan Marković**  
Mašinski fakultet Beograd

**Mr Ilija Đekić, dipl. ing.**  
American Assessment Services Europe Beograd

U radu se daje prilog optimizaciji životnog ciklusa poljoprivrednih mašina. Sa jedne strane prikazuju se četiri identifikovane faze životnog ciklusa poljoprivrednih mašina. Sa druge strane analiziraju se kritične faze post-upotrebno perioda mašine – metode identifikacije kraja upotrebno perioda, analiza stvarnog kraja, analiza strukture materijala i metoda rastavljanja i postupanja sa delovima nakon upotrebno perioda. Na kraju se daje procena starih i neupotrebljivanih traktora i kombajna u svetu.

*Ključne reči: životni ciklus, poljoprivredna mašina, post-upotrebni period*

## UVOD

Životni ciklus je skup: "uzastopnih i međusobno povezanih faza sistema proizvoda, od nabavke sirovina ili dobijanja prirodnih sirovina, do konačnog odlaganja na otpad" /1/. Ova i mnoge slične definicije sve više postaju nezaobilazni rečnik modernih istraživačko-razvojnih jedinica u analizi novih i/ili postojećih proizvoda i vođenju računa o tome šta će se sa proizvodom dogoditi nakon njegove upotrebe. Ocenjivanje životnog ciklusa (Life Cycle Analysis) predstavlja rezultat porasta svesti o značaju zaštite životne sredine i mogućim uticajima vezanim za proizvodnju i korišćenje nekog proizvoda.

U okviru analize životnog ciklusa poljoprivrednih mašina, potrebno je naglasiti da su dosadašnje teorije uglavnom delile životni ciklus mašina na dva osnovna perioda, /2, str. 11-14/:

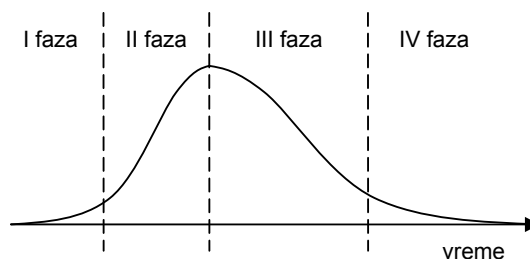
- Period stvaranja;
- Period korišćenja.

Period stvaranja se može podeliti na fazu (istraživanja) i razvoja poljoprivredne mašine i fazu proizvodnje poljoprivredne mašine. Snažan pokret za zaštitu životne sredine, koji je u poslednjoj dekadi prošlog veka uneo nove vidike u pogledu analize perioda korišćenja neke mašine koja se upotrebljava jeste odgovor na pitanje: "Šta se dešava sa mašinom kada korisnika prođe potreba za njenim korišćenjem?".

To je identifikovalo još jednu fazu u životnom ciklusu poljoprivrednih mašina koji je u literaturi nazvana post-upotrebna faza. Tako se period korišćenja može podeliti na fazu upotrebe i na fazu nakon upotrebe poljoprivredne mašine.

## FAZE ŽIVOTNOG CIKLUSA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

Iako se može potvrditi da su ove četiri faze – faze koje postoje kod svake poljoprivredne mašine, ipak svaka mašina ima donekle sopstveni put tako da jedna mašina ima životni vek koji nije simetričan, kao što je prikazano slikom 1.



Slika 1: Životni ciklus jedne mašine

Naime, istraživanje i razvoj je faza koja je ista za sve mašine iz jedne generacije jer se naprosto ne radi istraživanje i razvoj svake mašine posebno i traje od nekoliko meseci do nekoliko godina. Druga faza – proizvodnja je faza koja se radi ili za jednu seriju kod manjih poljoprivrednih mašina, ili po narudžbini za složene sisteme (kombajne), ali se sama faza proizvodnje jedne mašine može utvrditi kroz potrebno vreme utrošeno za proizvodnju jedne mašine (u čovek satima ili u danima posmatrano samo kroz montažu i sklapanje

mašine, ali može trajati mnogo duže ako bi se analiziralo vreme potrebno za proizvodnju svake od komponenti koje se ugrađuju gde se mora uzeti i vreme distribucije tih delova i eventualno vreme čekanja u skladištima). U okviru proizvodne faze je i vreme distribucije mašine do ciljnog tržišta (ređe budućeg proizvođača) ako je u pitanju serijska proizvodnja. Ako je u pitanju naručena proizvodnja onda je i samo vreme od isporuke mašine do krajnjeg korisnika uključeno u vreme proizvodnje.

	Serijska	Pojedinačna mašina
Istraživanje i razvoj	✓	
Proizvodnja	✓	✓
Upotreba		✓
Post-upotreba		✓

Tabela 1: Uticaj faze na mašine

Na kraju ove uvodne analize životnog ciklusa poljoprivredne mašine mogu se identifikovati tri ključne interesne grupe koje imaju svoj uticaj ali i interes u ovom ciklusu, i to:

I – stvaraoci u fazama razvoja i proizvodnje

II – korisnici u fazi upotrebe mašine

III – društvo u fazi nakon upotrebe mašine

Iako svaka od životnih faza ima svoje kritične tačke koje zahtevaju posebnu analizu, za potrebe ovog rada, autori će se pozabaviti pitanjem utvrđivanja kraja životnog ciklusa poljoprivredne mašine i post-upotrebnom fazom poljoprivredne mašine.

### KRITIČNA TAČKA ŽIVOTNOG CIKLUSA

Kao kritična tačka se u literaturi najviše razmatra pitanje kraja životnog ciklusa. Samo vreme korišćenja poljoprivredne mašine zavisi od četiri faktora i to:

- od pada vrednosti mašine (npr. računarima je životni vek oko 3 godine nakon kog gube vrednost 1/3, mobilni telefoni se menjaju jednom u dve godine iako nisu izgubile svoju funkcionalne karakteristike);
- od gubljenja funkcionalnih karakteristika mašine (kvar, istrošenost, manjak pouzdanosti itd.);
- kada mašina ne zadovoljava najnovije tehnološke zahteve u lancu snabdevanja (npr. fabrika za preradu hrane postavlja nove uslove za setvu / žetvu i sl.);

Vreme korišćenja je individualno kod svakog korisnika pri čemu može biti više od jednog korisnika po mašini ali je nakon utvrđenog kraja životnog veka mašine, post-upotrebn period u rukama poslednjeg korisnika (odbačena mašina na polju, rasklopljena na delove i odložena na otpad, i sl.).

Tabela 1 prikazuje koja faza se može posmatrati kroz seriju poljoprivrednih mašina a koja pojedinačno za svaku od poljoprivrednih mašina.

- nakon finansijske neisplativosti održavanja mašine (visoki troškovi zamene rezervnih delova, mali neto efekat na profit po jedinici obradive površine, mala pouzdanost mašine). Samo smanjenje vrednosti jedne poljoprivredne mašine je posledica:
  - starosti mašine;
  - habanja kao rezultat korišćenja mašine (njena vrednost opada usled velikog broja radnih sati, češće se kvari, manja joj je pouzdanost i sl.);
  - tehničke zaostalosti (lansiranje nove generacije mašina sa većim učinkom uzrokuje pad vrednosti stare generacije mašina).

Kada je u pitanju faza upotrebe poljoprivredne mašine, mogu se definisati tri različita razdoblja, /4/, i to:

- razdoblje korišćenja nove mašine (prvi korisnik mašina gde mašina zadržava >90% svoje prvobitne funkcionalnosti);
- razdoblje korišćenja polovne mašine (drugi korisnik ili korisnici kada opada funkcionalnost mašine);
- razdoblje nekorišćenja odnosno otpisa same mašine.

### ANALIZA STVARNOG KRAJA ŽIVOTNOG CIKLUSA (EOL - END OF LIFE)

U okviru analize kraja upotrebnog perioda mašine, postoji nekoliko pitanja koja traže odgovor. Šta čini kraj upotrebnog perioda poljoprivredne mašine? Da li je to trenutak kada proizvodnja mašina (ili proizvodnja rezervnih delova) prestane, ili mašina

nastavlja da "živi" dok je u upotrebi ili dok se može upotrebiti bez obzira da li se koristi ili ne. Da li je to dokle god postoji šasija pa makar u njoj bilo izmjenjeno sve, uključujući sam motor? Osnovni problem je šta je to što ukazuje na kraj upotrebno perioda.

Tako, prilikom analize poljoprivredne mašine sa aspekta životne sredine, mogu se primeniti nekoliko metoda, kao što su, /5/:

- primena metode ocena životnog ciklusa (LCA - Life Cycle Analysis);
- analiza stvarnog kraja životnog ciklusa (EOL - End of Life);
- prilagođavanje oba pristupa usled kompleksnosti poljoprivredne mašine.

Počev od 1997. godine, EU je razmatrala modalitete rešavanja problema sa vozilima koji se više ne koriste. Kao rezultat te analize izdata je direktiva (Directive 2000/53/EC - the "End of Life Vehicle Directive"), septembra 2000. godine sa rokom primene od aprila 2002. godine. Države članice moraju da utvrde načine kako će rešavati ova pitanja a cilj je da stepen ponovne upotrebe odnosno regeneracije od 85% a reciklira do 80% do kraja 2005. godine odnosno 95% i 85% do 2015. godine.

Pomenuta direktiva ("ELV Directive") planira da od sadašnjih 75% procenata recikliranja motornih vozila, poraste na preko 85% a regeneracija na preko 90%. Ako se taj i takav pristup primeni na poljoprivrednu mašinu, onda se poljoprivredna mašine može:

- posmatrati kao celina i računati % reciklabilnosti u odnosu na ukupnu masu mašine;
- ili s obzirom da je ona veoma složena mašina, mašinu treba razložiti na osnovne sklopove / podsklopove i onda izračunati mogućnost njene reciklabilnosti.

Primena direktive se svodi na /6/:

- sprečavanje nastajanja otpada još u ranim fazama razvoja mašina;
- razvoj tehnologija recikliranja u svim fazama životnog ciklusa mašina;
- proizvodnja vozila gde su sirovine reciklirani materijali nastali iz prethodnih generacija mašina;
- promovisanje pristupa lake demontaže mašina (sa posebnim priručnicima kako demontirati sve delove i lakše ih tretirati sa aspekta zaštite životne sredine);
- uvođenje Sertifikata o Uništenju (Certificate of Destruction) koji se daju poslednjem vlasniku u lancu.

Kao rezultat primene ove direktive, javlja se sledeći lanac snabdevanja u sistemu post-upotrebno perioda poljoprivredne mašine, /7/

Korisnik *EOL organizacija* Interesna strana

Gde je:

- Korisnik (pojedinaac ili organizacija koji predaju iskorišćenu poljoprivrednu mašinu);
- EOL organizacija (organizacija koja preuzima iskorišćenu poljoprivrednu mašinu i vodi brigu o njoj do krajnjeg uništenja te mašine – od engleskih reči End of Life);
- Interesna strana (strana koja preuzima delove proizvoda, sklopove i sl – komunalni otpad, proizvodna organizacija koja dalje reciklira generisan otpad, koristi ga kao sirovinu, i sl.).

Zahtevi koji se postavljaju pred EOL organizaciju su:

- poslednji korisnik dostavlja mašinu ovlašćenoj EOL organizaciji;
- sve EOL organizacije moraju da rade u skladu sa najstrožijom zakonskom i drugom regulativom vezanom za zaštitu životne sredine;
- njihov cilj mora da bude smanjenje nekorisnog otpada;
- nekorisni otpad na koji se ne može primeniti nijedan od 4R principa ne sme da ima nikakav uticaj na životnu sredinu, u trenutku odlaganja na komunalni otpad;
- treba razvijati povratnu spregu između faza životnog ciklusa od EOL organizacije, preko proizvođača do istraživačko-razvojne jedinice, koristeći metodologiju "sledljivosti" nastalu od engleske reči "traceability" najviše razrađenu i korišćenu u prehrambenoj industriji radi analize celokupnog životnog ciklusa hrane u lancu ishrane.

## **RASTAVLJANJE MAŠINA I ANALIZA STRUKTURE MATERIJALA**

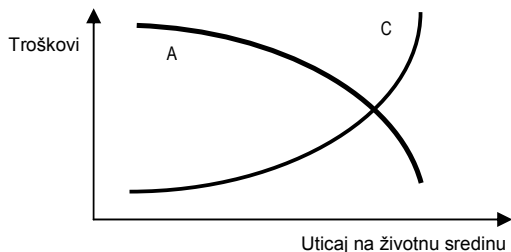
U okviru analize troškova smanjenja uticaja na životnu sredinu poljoprivredne mašine i u odnosu na mogućnost njenog rastavljanja ili razlaganja, mogu se javiti tri slučaja, slika 2:

A – razlaganje deo po deo (one-to-one);

B – razlaganje po sklopovima (one-to-many);

C – uništavanje cele mašine (presa, i sl.).

Dijagram sa varijantom B se ne može nacrtati jer direktno zavisi od načina na koji su grupisani sklopovi (po funkcionalnim celinama, po srodnim delovima itd.).



Slika 2: Troškovi smanjenja uticaja na životnu sredinu, A(B)C metoda

Pravci razvoja između ostalog moraju da idu u pravcu razvijanja strategije (one – to – many) sa skraćanjem vremena u odnosu na (one – to – one) za preko 75% prema /8/ i to kako vremena za rastavljanje (odvrtanja i sl.) tako i vremena manipulacije (rukovanje, stavljanje na policu, itd.).

Same dalje podele u postrojenja za rastavljanje ovakvih mašina bi bile u odnosu na metode koje se koriste u procesu rastavljanja – da li su metode destruktivne ili ne. Kasnije se destrukcija mašine može posmatrati kroz prizmu delimične ili kompletne destrukcije.

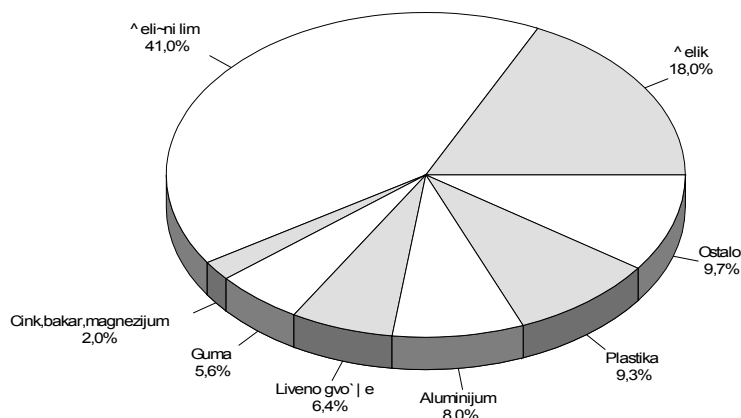
Nakon rastavljanja mašine, moraju se dalje analizirati direktive za određene grupe proizvoda, kao npr. Direktiva Evropske Unije 2002/96/ES vezane za otpad nastao od električne i elektronske opreme (Waste of Electric and Electronic Equipment) koja definiše pravila za recikliranje odnosno ponovnu upotrebu kroz kvote, i to:

- kvota recikliranja mora da se kreće između 70% i 80% u odnosu na ukupnu težinu;
- kvota za ponovnu upotrebu i recikliranje mora da se kreće između 50% i 80% u odnosu na ukupnu težinu.

Što se tiče mogućnosti rastavljanja, mašina se može posmatrati na jedan od sledećih načina:

- u odnosu na uticaj na životnu sredinu:
  - metal;
  - staklo;
  - plastika;
  - opasne materije (ulja, maziva, goriva), i sl.
- u odnosu na funkcionalne celine:
  - vezivni elementi – zavrtnji, klinovi, čepovi, spona i sl.;
  - pogonski elementi – klinasti kaiševi, vratila, zupčanici;
  - priključne elemente – ramovi, usmerivači;
  - radni elementi – sečiva, zubci, letve na bubnju i sl.
- u odnosu na uređaje:
  - motor, menjač, hidraulika, elektronika itd.

Iako postoje razlike u strukturi poljoprivrednih mašina i automobila, može se uzeti da se i poljoprivredne mašine sastoje iz slične kategorije materijala kao i mašine. Slika 3 prikazuje strukturu raspodele materijala u vozilima, /9/:



Slika 3: Prosečna raspodela materijala u vozilima

Najčešći materijali koji se koriste u proizvodnji poljoprivrednih mašina su:

- čelični limovi (0,6 – 3mm) zbog svojih osobina krutosti, izdržljivosti, ekonomičnosti i elastičnosti,

- aluminijum – zbog potrebe za smanjenjem težine karoserije, koristi se aluminijum za delova karoserije (krov, poklopci i sl.);

- plastika (noseće komponente kao što je nosač branika, razno odlivci, prevlake, poklopci pneumatika i sl.);
- pneumatici, itd.

Primeri delova koji se mogu reciklirati i kasnije koristiti za neku drugu upotrebu su (modifikovano prema /10/):

- sedišta (uretanska pena, vlakna) ⇒ materijali koji služe za zvučnu izolaciju u vozilima;
- prozori (stakla) ⇒ Tiles, etc.;
- poklopac (čelik) ⇒ sve vrste čeličnih delova;
- motor (čelik, aluminijum) ⇒ motori za sve vrste aluminijumskih delova;
- motorno ulje (ulje) ⇒ alternativna goriva za bojlere i razna spaljivanja i/ili farbanja;
- hladnjak (aluminijum, bakar) ⇒ aluminijumski proizvodi;
- rashladna tečnost (alkohol) ⇒ alternativna goriva za bojlere i razna spaljivanja;
- amortizer (smola) ⇒ amortizeri, unutrašnji delovi, kutije za alat, itd.;
- baterije (olovo) ⇒ baterije;
- transmisija (čelik, aluminijum) ⇒ sve vrste čeličnih i aluminijumskih delova;
- pneumatici (guma) ⇒ sirovine, alternativno gorivo za cement;
- vešanje (čelik, aluminijum) ⇒ sve vrste čeličnih i aluminijumskih delova;
- točkovi (čelik, aluminijum) ⇒ sve vrste čeličnih i aluminijumskih delova;
- ulje menjača (ulje) ⇒ alternativna goriva za bojlere i razna spaljivanja
- katalitični konvertori (retki materijali) ⇒ Katalitični konvertori;
- vrata (čelik) ⇒ razni čelični delovi;
- šasija (čelični lim) ⇒ razni čelični delovi.

Kada se posmatraju delovi poljoprivrednih mašina, najbolje je izvršiti neku klasifikaciju, u odnosu na pitanja životne sredine. Tako se mogu primeniti sledeće metode:

- podela na delove koji se mogu održavati;
- podela na delove koji mogu ući u proces reprodukcije;
- klasifikacija delova prema 3R (Reduce, Reuse, Recycle) ili 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery) principu.

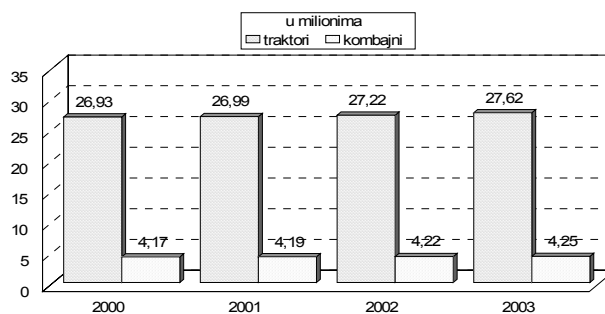
Pravci demontaže (modifikovano u skladu sa ELV direktivom) su, prema /11/:

- uklanjanje akumulatora;
- skidanje točkova i guma;
- uklanjanje svih delova koji sadrže opasne materije;
- ispuštanje svih tečnosti;
- demontaža kočionog sistema;
- demontaža pogonskog sistema;
- demontaža noseće konstrukcije.

Tu spadaju i aktivnosti izrade sertifikata o uništenju, uvrštavanje tih podataka u bazu podataka čime se formalno gasi životni vek mašine koji je otvoren njegovom proizvodnjom.

## ZAKLJUČAK

Trend rasta broja kombajna i traktora u periodu 2000 – 2003. godine /12/, gde se vidi rast broja kombajna i traktora od 0,5% godišnje prikazan je na slici 4. Tu naravno spada i odbacivanje starih i kupovina novih mašina. Iako se vrlo raznoliko kreću podaci o broju prodatih mašina godišnje (svi veliki proizvođači daju različite podatke o veličini tržišta – market size i svom tržišnom učešću – market share; uglavnom daju samo finansijske pokazatelje koji su svake godine veći jer se tu ubrajaju i rezervni delovi i ostali izvori finansiranja, kao i globalna inflacija, ali nema naturalnih podataka – koliko je mašina prodato i sl., /13, 14/). Ipak može se pretpostaviti da se godišnje odbaci 1-2% mašina, odnosno da se oko 15% mašina odbaci u toku 10 godina koliki je prosečni vek mašine u normalnim uslovima korišćenja.



Slika 4: Trend rasta broja kombajna i traktora u svetu u periodu 2000-2003

Ako se uzmu u obzir podaci FAO za 2003. godinu (do kada je obrađeno) prema kojima u ovom trenutku ima oko 4,25 miliona kombajna i oko 27,62 miliona traktora širom sveta, onda se mogu uzeti sledeće pretpostavke, /15/:

- Prosečan upotrebnostni vek poljoprivrednih mašina je 10 godina (u razvijenijim zemljama manje, u nerazvijenim zemljama kao i zemljama u tranziciji i duže);

- Prosečna težina poljoprivrednih mašina je:
  - kombajna je oko 10 tona (prema katalogu Landmaschinen Katalog 2004, težine novih kombajna se kreću u rasponu od 8 do 20 tona, /16/);
  - traktora je oko 3,5 tone (prema katalogu Tractor Catalogue 2004, težine novih traktora se kreću u rasponu od 2 do 15 tona, /17/);
- 15% mašina je u ovom trenutku zastarelo i ne koriste se (zasnovano na pretpostavci da se godišnje proda oko 1,5% novih mašina).

Na taj način se dobija oko 4,14 miliona starih traktora i oko 0,64 miliona starih kombajna. Pomnoženo sa prosečnim težinama dobija se oko 14,5 miliona tona upotrebljenih traktora i oko 6,4 miliona tona upotrebljenih kombajna, odnosno skoro 20 miliona tona otpada uzrokovanog starim mašinama. Dovoljno za zamajac nove proizvodnje.

#### LITERATURA

/1/ Upravljanje zaštitom životne sredine – ocenjivanje životnog ciklusa – Principi i okvir, JUS ISO 14040:2000, (2000)

/2/ Mitrović Ž., Osnove integralnog upravljanja kvalitetom proizvoda, Yupiq, Beograd, (1996)

/3/ Đorđević D., Đekić I.: „Inovacija kao generator razvoja privrede“ Međunarodni naučno-razvojni simpozijum Stvaralaštvo kao uslov privrednog razvoja (od ideje do realizacije), Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Savezni Zavod za intelektualnu svojinu i Jugoslovenski odbor za promociju inovacija, Zbornik radova str. 1.91-1.98, Beograd, 10-11 oktobar 1996. godine (1997)

/4/ Kato S., Kimura F.: „The Product Life Cycle Design Method using a Strategic Analysis“, 11th International CIRP Life Cycle Engineering Seminar „Product Life Cycle – Quality Management Issues“, Proceedings CD, June 20-24, 2004, Belgrade, Serbia, (2004)

/5/ Zwolinski P., Lopez-Ontiveros M.A., Brissaud D.: "Products end of life Characterization for Integrated Design", 11th International CIRP Life Cycle Engineering Seminar "Product Life Cycle – Quality Management Issues", Proceedings CD, June 20 – 24, 2004, Belgrade, Serbia, (2004)

/6/ Management of end-of-life vehicles, [web document], <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/lvb/l21225.htm>, (2004)

/7/ Willems B., Dewulf W., Dufflou J.: End-Of-Life Strategy; A Linear Programming Approach to Manage Innovations in Product design, 11th International CIRP Life Cycle Engineering Seminar "Product Life Cycle – Quality Management Issues", Proceedings CD, June 20 – 24, 2004, Belgrade, Serbia, (2004)

/8/ Willems B., Dewulf W., Dufflou J.: "End-Of-Life Strategy; A Linear Programming Approach to Manage Innovations in Product design", 11th International CIRP Life Cycle Engineering Seminar "Product Life Cycle – Quality Management Issues", Proceedings CD, June 20 – 24, 2004, Belgrade, Serbia, (2004)

/9/ Kanari, N., Pineau J.-L., Shallari S.: End-of-Life Vehicle Recycling in the European Union, An Article from the August 2003 JOM: A Hypertext-Enhanced A, [web document], (2003)

/10/ Car recycling – Europe, Toyota 2002, [web document], <http://www.toyota-europe.com>, (2002)

/11/ Depolluting End-Of-Life Vehicles, Guideline for Authorised Treatment Facilities DEFRA and DTI from AEA Technology Environment and Universal Vehicle Services, 2002, (2002)

/12/ Food and Agricultural Organization of the United Nations, [web document], [http://www.fao.org/waicent/portal/statistics\\_en.asp](http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp)

/13/ AGCO Corporation 2003 Annual Report, AGCO

/14/ Deere & Company 2004 Annual Review, John Deere

/15/ Đekić I.: "New approach to Life Cycle Analysis of Self-Propelled Agricultural Machines", Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Invited Overview No. 9, Vol. III., March 2006, (2006)

/16/ Landmaschinen Katalog 2004, Redaktion profi magazin für agratechnik, top agrar Das magazin für moderne Landwirtschaft, MDI Meida Dynamic Ingenieurgesellschaft, CD Catalogue, 2004

/17/ Tractor Catalogue 2004, Profi international Goblands farm, MDI Meida Dynamic Ingenieurgesellschaft, CD Catalogue, 2004

#### **A CONTRIBUTION TO OPTIMIZATION OF LIFE CYCLE ANALYSIS OF AGRICULTURAL MACHINES**

This paper gives a contribution of optimization of life cycle of agricultural machines. On one side, it shows four identified phases of a life cycle of agricultural machines. On the other side, critical issues of disposal period are analyzed - methods for identification of end of use period, end of life strategy, disposal techniques and analysis of structure of materials. Finally an assumption of unused tractors and combines is given.

Key words: life cycle, agricultural machine, disposal period