

**SERBIATRIB'07**  
**10<sup>th</sup> International Conference on Tribology**  
**and**  
**WORKSHOP'07**  
**Sustainable Development in Industry by Apply Tribology Knowledge**

---

---

**TRIBOLOŠKO-EKOLOŠKI ISPRAVNO KONSTRUISANJE:  
NOVI ZAHTEVI SAVREMENOG KONSTRUISANJA**

**Prof. dr Slobodan Tanasijević, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Srbija**

**ECOTRIBOLOGICALLY CORRECT DESIGN:  
NEW DEMANDS OF CONTEMPORARY DESIGN**

***Summary:** Tribologically correct design is an important indicator of a quality design and the technical level of a product. The basic characteristic of such design is decreasing of friction and wear to the minimum with the simultaneous increase of the degree of reliability and endurance.*

*Ecologically correct design is a new aspect in a systematic approach and methodological elaboration of a design process. Based on activities of identifies the environmental aspects and then integrates them info a process of design and development of a product. The aim is continuous amelioration performances of environmental product and interaction between environment-product.*

*Between tribo-and ecologically correct design there are more common fields and principles. In the coming years it should be expected that design, from the tribo-and ecological points of view, would be one of the basic demands.*

***Keywords:** tribology, ecology, friction, wear, environment*

## **1. UVOD**

Konstruisanje kao misaoni i stvaralački proces je u najširem smislu intelektualni poduhvat preduzet za zadovoljavanje određenih potreba na najbolji mogući način. Oslonjeno na otkrića i zakone nauke konstruisanje je tehnička aktivnost usmerena ka razvoju i izradi proizvoda.

Narastajuća potreba za razvojem kompleksnih proizvoda visokog kvaliteta proširila je listu zahtevanih svojstava konstrukcije kao parametara ocene proizvoda. Pored konvencionalnih svojstava: funkcija, oblik, dimenzije, materijal, ergonomska svojstva, estetska svojstva, tehnološkičnost i ekonomičnost, sve veća je potreba za dobrim tribološkim i ekološkim svojstvima konstrukcije.

Tribološki i ekološki ispravno konstruisanje su novi aspekti procesa konstruisanja ali i značajni parametri kvaliteta novog proizvoda.

## **2. TRIBOLOŠKI ISPRAVNO KONSTRUISANJE**

Tribološki ispravno konstruisanje je značajan pokazatelj kvaliteta konstruisanja i tehničkog nivoa proizvoda. Osnovne karakteristike ovakve konstrukcije su minimiziranje trenja i habanja do granice mogućeg uz istovremeno povećanje nivoa pouzdanosti i produženja veka trajanja. Zahtevi su veoma složeni i često nekompatibilni sa osnovnim pokazateljima kvaliteta konstrukcije, ali su neophodni ukoliko želimo da približimo vek trajanja veku funkcionalnog starenja konstrukcije.

Tribološki ispravno konstruisanje je novi aspekt u sistemskom pristupu i metodološkoj razradi procesa konstruisanja. To je proces oplemenjavanja metodičkog konstruisanja i konstruisanja podržanog računarom. Koncept zasnovan na primeni tribologije i triboloških znanja u procesu konstruisanja.

Tribološki ispravno konstruisanje započinje još u fazi koncipiranja konstrukcije u kojoj se primenjuju bitna znanja tribologije uzimajući u obzir različite aspekte i uticajne faktore. Uz izvesna ograničenja, opšta funkcija sistema i tribološki aspekti moraju biti vezani relacijama:

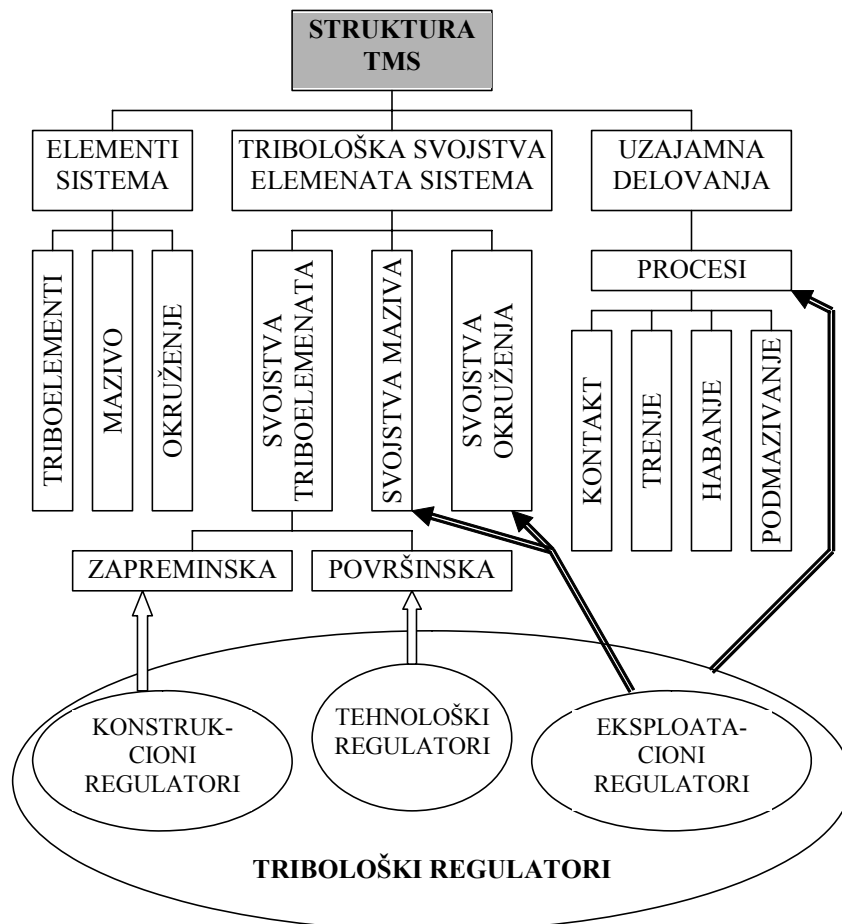
- Sistem - okruženje - tribološki procesi
- Ulazne i izlazne veličine - tribološki procesi

Formiranje konstrukcije je centralno pozicionirana faza u kojoj se oplemenjuje usvojena koncepcija, oživljava konstrukcija i, u najvećoj meri, osposobljava za početak proizvodnje.

Tribološki pristup fazi formiranja konstrukcije u osnovi podrazumeva primenu dostupnih triboloških mogućnosti sa konačnim ciljem dobijanja tribološki ispravnih elemenata i sklopova. Tribološki ispravnih u smislu minimiziranja, do granice mogućeg, trenja i habanja. Izbor oblika i

dimenzija, kao i zadovoljavanje ostalih proklamovanih svojstava i osobina konstrukcije, podrazumeva postizanje zadovoljavajućeg kvaliteta svih tribomehaničkih sistema koji ulaze u sastav formirane konstrukcije.

Tribološki ispravno formiranje konstrukcije se najbolje postiže primenom "triboloških regulatora", gde pod ovim pojmom podrazumevamo sve elemente i mogućnosti regulisanja kojima se na odgovarajući način deluje na strukturu tribomehaničkog sistema. Za razliku od faktora uticaja koji imaju višeznačno značenje, tribološki regulatori su jednoznačno određeni i njihov osnovni zadatak je minimiziranje negativnog uticaja brojnih faktora na trenje i habanje. Delovanjem triboloških regulatora na elemente sistema poboljšavaju se tribološka svojstva elemenata i kvalitet strukture tribomehaničkih sistema.



Sl.1. Opšta šema delovanja triboloških regulatora na strukturu sistema

Tribološki regulatori mogu biti svojstva (oblik, materijal, ...) ali i režimi (eksploatacioni, obradni, ...) ili modifikacija kontaktnih površina (topografija, prevlake, ...). U svakom slučaju,

tribološki regulatori nose predznak "dobrog izbora" i korišćenja dostupnih mogućnosti u fazi tribološkog formiranja konstrukcije.

Na sl. 1. prikazana je opšta šema delovanja triboloških regulatora na strukturu tribomehaničkih sistema pri čemu su regulatori podeljeni u tri velike grupe: konstrukcioni regulatori, tehnološki regulatori, eksploatacioni regulatori. Podizanjem nivoa triboloških svojstava elemenata sistema odgovarajućom grupom triboloških regulatora podstiču se željeni tribološki procesi i realizuje tribološki ispravna konstrukcija.

Konačno, tribološki ispravno konstruisanje se završava fazom detaljnog konstruisanja u kojoj se definitivno oživljava konstrukcija i ugrađuju neophodno potrebna svojstva.

### 3. KONSTRUISANJE I ŽIVOTNA SREDINA

Poslednja dekada II milenijuma i 20 veka karakteristična je, između ostalog, posebnim interesovanjem za životnu sredinu koja je došla u žižu interesovanja kako naučnika, tako i političara, ali i stručnjaka raznih oblasti pa i skoro svakog pojedinca – stanovnika ove naše planete.

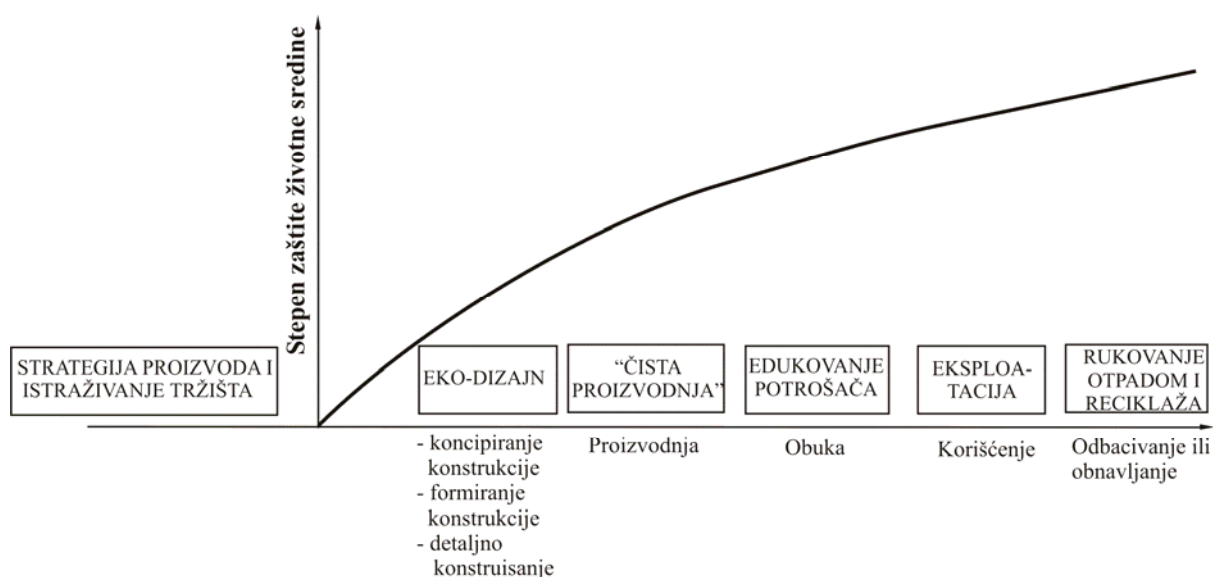
Postoji mnogo definicija životne sredine ali je njihova suština ista: životna sredina je sve ono što okružuje živo biće (organizam) sa svim uzajamnim odnosima i delovanjima. Faktori životne sredine koji su neophodni organizmu tokom trajanja njegovog života, a mogu da imaju i negativan uticaj na njega, nazivaju se životni faktori (ekološki faktori).

Nauka o životnoj sredini je nova multidisciplinarna sintezna i kompleksna naučna oblast koja objedinjava više naučnih oblasti. Od nje se očekuje da će pomoći da se koncepcija *održivog razvoja* koja je usvojena od međunarodnog foruma Evropske zajednice (1990) i Ujedinjenih nacija na Rio Samitu (1992) razvija i ostvaruje.

Održivi razvoj kao ideja, termin i prihvaćeni koncept podrazumeva takav razvoj koji će obezbediti korišćenje prirodnih resursa i stvorenih dobara na način da omogući "*zadovoljenje potreba sadašnjih generacija bez ugrožavanja budućih generacija da zadovolje svoje potrebe*".

Proizvodi ljudskog rada nastaju iz potreba. Uočavajući potrebu čovek razmišlja čime i kako da potrebu zadovolji. Tako posmatrano, konstruisanje je u najširem smislu intelektualni poduhvat preduzet za zadovoljenje određenih potreba na najbolji mogući način.

Čovek je veoma veliki i značajan faktor u životnoj sredini. Istovremeno, on je delo i sastavni deo prirode, ali i biće koje veoma mnogo utiče na promene u prirodi. Razumljive su njegove želje da zadovolji svoje potrebe ali je i njegova obaveza sve veća da štiti životnu sredinu i razvija prihvaćeni koncept održivog razvoja. Na tim osnovama je začeta i ideja o ekološki ispravnom konstruisanju u procesu razvoja proizvoda.



Sl. 2. Konceptualno predstavljanje zaštite životne sredine u procesu razvoja proizvoda

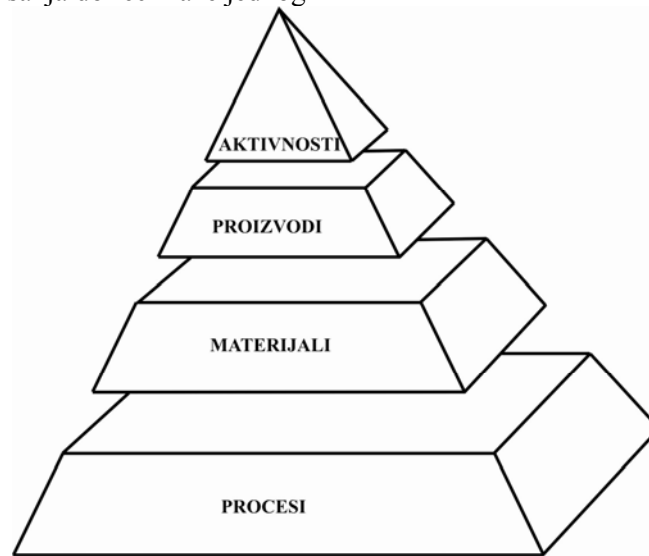
Ekološki ispravno konstruisanje (*ecodesign, design for environment, green design*) je novi aspekt u sistemskom pristupu i metodološkoj razradi procesa konstruisanja. Zasnovano na aktivnostima prepoznavanja karakteristika životne sredine i njihovog integrisanja u proces konstruisanja i razvoj proizvoda. Cilj je kontinualno poboljšanje faktora životne sredine ali i integracije sredina – proizvod.

Razvoj proizvoda kao proces obuhvata sve aktivnosti vezane za dobijanje i obradu informacija od konstruisanja do reciklaže jednog

proizvoda. Zapravo, reč je o aktivnostima u životnom ciklusu svakog proizvoda.

Poštujući opšte prihvaćene faze životnog ciklusa proizvoda položaj ekodizajna u konceptualnom predstavljanju zaštite životne sredine u procesu razvoja proizvoda može se predstaviti sl. 2.

Položaj ekodizajna u opšte proklamovanoj zaštiti životne sredine i poboljšanju životnih faktora može se slikovito predstaviti piramidom na sl. 3.

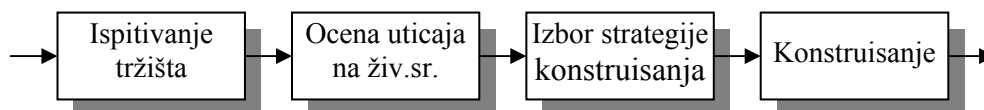


Sl. 3. Prioriteti životne sredine

Procesi u osnovi piramide ukazuju na usvajanje "čistih proizvodnih" procesa gde se proizvodi izrađuju ekološki ispravnim tehnologijama. To je najlakša ali i najmanje efektivna opcija u koncepciji zaštite životne sredine. Materijali u strukturi piramide ukazuju na korišćenje ekonaklonjenih materijala u izradi proizvoda. Treća opcija, proizvodi, je napredna opcija zasnovana na prepoznavanju karakteristika životne sredine i njihovog integrisanja u proces konstruisanja.

Najviša opcija, aktivnosti, uključuje promene u postojećoj proizvodnji i potrošnji, ali i promene svesti društva i pojedinca.

Saglasno konstataciji da je konstruisanje veoma složen proces, sa velikim brojem uzajamno povezanih faza i ekološki ispravno konstruisanje kao aspekt u metodološkoj razradi prolazi kroz nekoliko identifikovanih faza, sl.4.



Sl. 4. Osnovne faze eko-dizajna

Globalne strategije razvoja proizvoda su (dugoročni) planovi za postizanje postavljenog cilja, uzimajući u obzir postojeće stanje i situaciju. Tako posmatrano, strategija ekološki ispravnog konstruisanja je plan za postizanje tri osnovna cilja:

- poboljšanje životnih faktora
- zaštita životne sredine
- održivi razvoj

Osnovni elementi ovako definisane strategije su:

- izbor ekološki bezopasnih materijala,

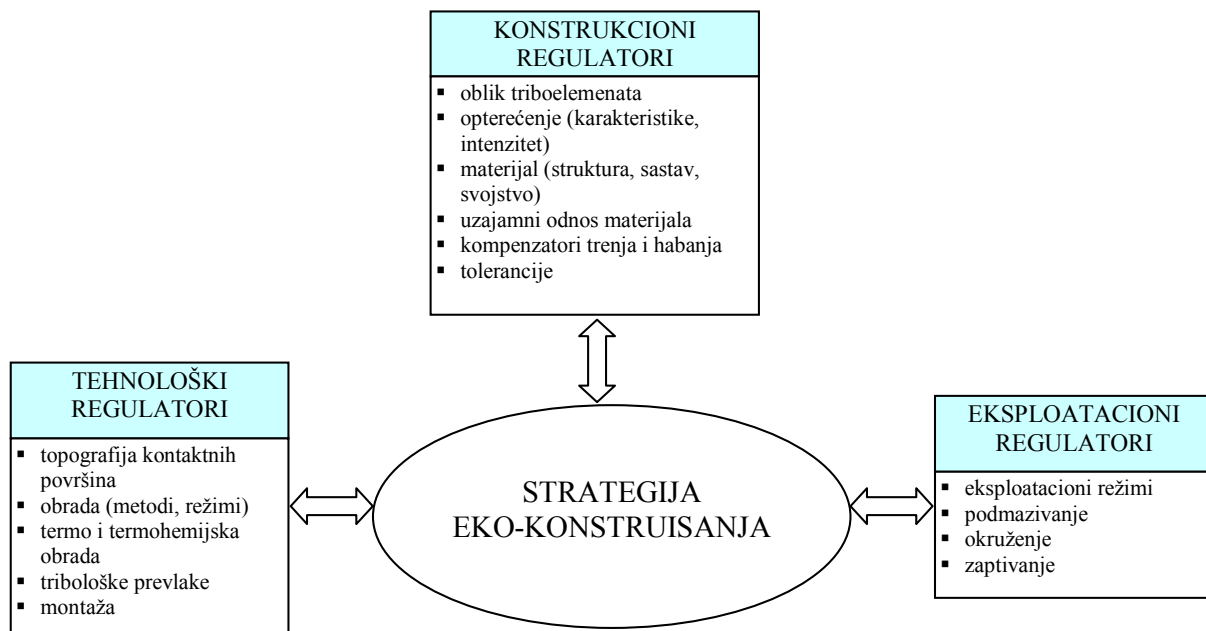
- odbacivanje toksičnih i opasnih materijala,
- izbor procesa "čiste proizvodnje",
- postizanje maksimalne efektivnosti korišćenja energije pri izradi i korišćenju proizvoda,
- postizanje maksimalne efektivnosti korišćenja vode pri eksploataciji,
- konstruisanje orjentisano ka minimizaciji mehaničkih gubitaka (povećanje stepena korisnog dejstva).

Dobro je napomenuti da ekološki ispravno konstruisanje nije posebna faza u procesu konstruisanja već sastavni deo metodološki razrađene aktivnosti. Istovremeno i podvući obavezu korišćenja životnog ciklusa kao instrumenta ekodizajna koja se ogleda u ispravnoj interakciji proizvod-životna sredina u toku čitavog trajanja životnog ciklusa.

#### 4. KONSTRUISANJE, TRIBOLOGIJA I ŽIVOTNA SREDINA

Tribološki ispravno konstruisanje kao segment procesa konstruisanja usmeren ka minimiziranju trenja i habanja nosioca elementarnih funkcija i ekološki ispravno konstruisanje kao segment tog istog procesa imaju čitav niz zajedničkih ravni. Prepliću se i dopunjuju, često nejednoznačnog određenja, teže ka istom cilju koji se definiše svojstvima kvalitetne konstrukcije.

Na sl. 5 prikazana je uzajamna povezanost triboloških regulatora kao elemenata formiranja tribološki ispravne konstrukcije i strategije ekološki ispravnog konstruisanja.



Sl. 5. Strategija eko-konstruisanja i tribološki regulatori

Tribotehnički materijali su danas nesumljivo značajni regulatori tribološki ispravne konstrukcije sa osobinama velike otpornosti na habanje, i manjim koeficijentom trenja čak i pri nepovoljnom podmazivanju, ali i sa čitavim nizom drugih kompleksnih svojstava.

Ekološki bezopasni materijali kao elementi strategije ekodizajna su materijali sa osobinama:

- dobrog "komuniciranja" sa životnom sredinom,
- lakog odlaganja,
- lake i bezopasne reciklaže,

- lake obradljivosti i oblikovanja,
- lakog i bezopasnog uništavanja.

Ali materijali iz korpusa strategije ekodizajna su i materijali:

- bogatog resursa,
- manjih zahteva u potrošnji energije potrebne za vađenje i preradu, itd.

Očigledno da je materijal kao element ekološke strategije konstruisanja povezan sa ostalim elementima (energijom i "čistom proizvodnjom", pre svega) ali i sa ostalim regulatorima tribološkog aspekta konstruisanja. Perspektiva i

budućnost su eko-tribotehnički materijali, materijali dobrih triboloških ali i ekoloških svojstava.

Energija kao važna ulazna ali i izlazna veličina svakog mašinskog sistema je značajan element strategije ekološki ispravnog konstruisanja. U osnovi proklamovanje strategije je redukcija potrošnje energije kako pri izradi tako i pri eksploataciji proizvoda.

Redukcija potrošnje energije se može postići direktnim i indirektnim uštedama. Direktnu uštedu su značajnije i mogu se po značaju razvrstati na sledeći način:

*Primarne uštede:* smanjenje trenja, odnosno povećanje stepena korisnog dejstva. Za ostvarenje ovih ciljeva na raspolaganju su nam konstrukcioni regulatori (oblik triboelemenata, i kompezatori trenja i habanja), tehnološki regulatori (topografija kontaktnih površina) ali i eksploatacioni regulatori (podmazivanje, zaptivanje).

*Sekundarne uštede:* manja učestalost zamene pohabanih i oštećenih delova konstrukcije, odnosno produženje radnog veka mašinskih sistema. Najefikasniji način ostvarivanja ovakvih ušteda je primena tribološki ispravnog konstruisanja u sistemskom pristupu i metodološkoj razradi procesa konstruisanja.

*Tercijalne uštede:* manja potrošnja energije potrebne za vađenje i preradu materijala potrebnog za proizvodnju delova koje bi trebalo zameniti.

Indirektnu uštedu energije sadržane su u smanjenju investicionih troškova za produženje radnog veka mašina i mašinskih elemenata.

Podmazivanje se definiše kao proces razdvajanja spregnutih površina tela u relativnom kretanju slojem neke vrste maziva. Pod mazivom se podrazumeva bilo koja materija kojom se razdvajaju, potpuno ili delimično, površine tela u kretanju i kojom se smanjuju trenje i habanje. Podmazivanje i maziva su značajni tribološko-eksploatacioni regulatori ali i često nosioci toksičnih i opasnih materija. U konceptu tribo-ekološkog ispravnog konstruisanja treba birati maziva dobrih triboloških svojstava ali i "pozitivnog" delovanja na životnu sredinu. Sa

aspekta strategije ekološki ispravnog konstruisanja zaštita životne sredine se postiže:

- izborom maziva prihvatljivih za okolinu,
- produženjem perioda zamene maziva,
- izborom maziva minimalnih požarnih i eksplozivnih sposobnosti,
- kvalitetnim rešenjem zaptivnih sklopova,
- izborom maziva sa sposobnošću višekratne regeneracije, potpunog iskorišćenja, bezopasnog odlaganja i uništenja.

## 5. ZAKLJUČAK

Tribološka i ekološka svojstva su novi parametri ocene kvaliteta proizvoda. Realizuju se tribološki- i ekološki ispravnim konstruisanjem kao novim aspektima u sistemskom pristupu i metodološkoj razradi procesa konstruisanja. Poseduju čitav niz zajedničkih oblasti u strategiji razvoja proizvoda čiji je osnovni zadatak postizanje tri osnovna cilja: skraćivanje vremena razvoja proizvoda – poboljšanje kvaliteta proizvoda – smanjenje cene proizvoda.

## LITERATURA

- [1] **Tanasijević S.:** Tribološki ispravno konstruisanje, *Mašinski fakultet, Kragujevac*, 2004.
- [2] **Kun-Mo Lee, Pill-Ju Park:** Ecodesign (Best Practice of ISO/TR 14062), *Ajou University, Korea*, 2005.
- [3] **Bartz J. W.:** Ecotribology: Enviromentally acceptable tribological practices, *Tribology International*, XX, 2005.
- [4] **Đukanović M.:** Životna sredina, ekološke dimenzije i održivi razvoj, *Ecological*, №3, 1995.

---

Rad je proistekao iz rezultata istraživanja u okviru naučno-istraživačkog projekta: Razvoj optimalne grupe baznih uređaja i sistema uljne hidraulike IHP Prva petoletka –Trstenik, finansiranog od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine.