

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

НЕНАД ЗРНИЋ  
МИЛОШ ЂОРЂЕВИЋ



# ДИЗАЈН И ЕКОЛОГИЈА

## ОДРЖИВИ РАЗВОЈ ПРОИЗВОДА

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
БЕОГРАД, 2012.



**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**

**НЕНАД ЗРНИЋ  
МИЛОШ ЂОРЂЕВИЋ**

**ДИЗАЈН И ЕКОЛОГИЈА  
ОДРЖИВИ РАЗВОЈ ПРОИЗВОДА**

**МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
БЕОГРАД, 2012.**

Проф. др Ненад Зрнић  
Дипл. инж. Милош Ђорђевић

**ДИЗАЈН И ЕКОЛОГИЈА**  
**Одрживи развој производа**

I - издање

*Рецензенти:*

Проф. др Милосав Огњановић  
Проф. др Александар Јововић

*Издавач:*

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
Универзитета у Београду,  
Улица Краљице Марије 16, 11120 Београд 35  
tel. (011) 3370 760  
fax. (011) 3370 364

*За издавача:*

Проф. др Милорад Милованчевић, декан

*Главни и одговорни уредник:*

Проф. др Александар Обрадовић

Одобрено за штампу одлуком Декана Машинског факултета у  
Београду бр. 119/12 од 27.11.2012.

*Тираж:* 300 примерака

*Штампа:*

PLANETA - print  
Рузвелтова 10, Београд  
tel/fax: (011) 3088 129

Београд, 2012.

---

*Забрањено прештампавање и фотокопирање.  
Сва права задржавају издавач и аутори.*

# ПРЕДГОВОР

Књига **Дизајн и екологија – Одрживи развој производа** настала је првенствено из потребе да се надомести потпуни недостатак академске литературе на српском језику из области **Екодизајна**, савремене и релативно младе научне области која управо последњих година доживљава велику експанзију у научним и истраживачким круговима широм света, па и у Србији и региону бивших југословенских република. Истовремено, ова књига представља уџбеник (заједно са приручником за лабораторијске вежбе) из предмета **Дизајн и екологија** који се предаје на другој години Мастер студија (трећи семестар) на Машинском факултету Универзитета у Београду, а који слушају, као обавезни предмет, студенти модула Дизајн у машинству (ДУМ) и модула Транспортно инжењерство, конструкције и логистика (ТКЛ). Такође, према идеји аутора, књига представља користан извор информација за студенте Докторских студија на Машинском факултету у Београду, који се опредељују за израду докторске дисертације из области **Екодизајна**, и то у оквиру предмета Изабрана поглавља из ТКЛ. Сматрамо да ће књига, било као целина, или њени поједини делови, послужити студентима са других високошколских установа у Србији, који слушају сродне предмете из области екологије и одрживог развоја производа.

Сам предмет **Дизајн и екологија** настао је паралелно са формирањем модула за Дизајн у машинству, и то кроз ТЕМПУС пројекат који је финансиран од стране Европске Уније. С друге стране, за припрему наставног плана и програма, а касније и ове књиге, послужила су искуства првопотписаног аутора, стечена за време вишемесечног боравка на Институту за Инжењерски дизајн и техничку логистику Техничког универзитета у Бечу, где се предаје предмет **Екодизајн** под руководством професора Волфганга Вимера.

Узимајући у обзир чињеницу да синтеза инжењерског дизајна и екологије представља савремени тренд у развоју производа који се примењује у технолошки најразвијенијим земљама света, а имајући у виду да се ти трендови, истина са закашњењем, шире и ка мање развијеним земљама и регионима, можемо очекивати наредних година повећано интересовање компанија које послују у Србији и региону за истраживањима у области одрживог развоја производа.

Аутори користе ову прилику да изразе своју искрену захвалност рецензентима ове књиге проф. др Милосаву Огњановићу и проф. др Александру Јововићу, на изузетно детаљном прегледавању материјала за

## ПРЕДГОВОР

---

књигу и више него корисним сугестијама које су допринеле подизању квалитета рукописа који је сада напoкoн пред читаoцима.

Такође, охрабрујемо читаoце да нам доставе добронамерне сугестије или укажу на евентуалне грешке, чиме би се подигао квалитет наредних издања књиге, а аутори дубоко верују да ће тих наредних издања и бити.

У Београду, 01.12.2012.

Аутори

Ненад Зрнић и Милош Ђорђевић

# САДРЖАЈ:

<b>1. УВОД У ЕКОДИЗАЈН .....</b>	<b>1</b>
РАЗЛОЗИ ЗА УВОЂЕЊЕ ЕКОДИЗАЈНА .....	1
ПОЈАМ ОДРЖИВОСТИ И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ (SUSTAINABILITY, SUSTAINABLE DEVELOPMENT) ..	6
ДЕФИНИЦИЈЕ ЕКОДИЗАЈНА .....	8
ДИЗАЈН СА АСПЕКТА... (DESIGN FOR X, DFX ASPECTS) .....	11
УТИЦАЈИ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ (ENVIRONMENTAL IMPACTS) .....	13
ЕКОЛОШКИ ОТИСАК (ECOLOGICAL FOOTPRINT) .....	13
ЕКО МАТЕРИЈАЛИ.....	15
ЕКО ПРОЦЕСИ .....	16
ЕКО ПРОИЗВОД.....	16
РАЗМИШЉАЊЕ О ЖИВОТНОМ ЦИКЛУСУ ПРОИЗВОДА - КЉУЧ ЗА ПРИМЕНУ ЕКОДИЗАЈНА (LIFE CYCLE THINKING - LCT) .....	17
ЖИВОТНИ ЦИКЛУС ПРОИЗВОДА (THE LIFE CYCLE OF A PRODUCT) .....	18
ТИПОВИ ПРОИЗВОДА (PRODUCT TYPES) .....	29
ИСТОРИЈАТ ЕКОДИЗАЈНА .....	30
МЕЂУНАРОДНЕ КОНВЕНЦИЈЕ О ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ .....	31
СТАНДАРД И ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА: ISO 14 000 И ДИРЕКТИВЕ ЕУ .....	31
ЕКО ОЗНАКЕ (ECO LABELING).....	33
ЗАКЉУЧАК .....	34
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	36
<b>2. УТИЦАЈИ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....</b>	<b>37</b>
УТИЦАЈИ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....	37
ЗАГАЂЕЊЕ ВАЗДУХА, ГЛОБАЛНО ЗАГРЕВАЊЕ И КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ .....	40
ЗАГАЂЕЊЕ ВОДЕ .....	47
ЗАГАЂЕЊЕ (КОНТАМИНАЦИЈА) ЗЕМЉИШТА .....	49
ЗАКИСЕЉАВАЊЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ - АЦИДИФИКАЦИЈА (ACIDIFICATION) .....	52
СМАЊЕЊЕ БИОДИВЕРЗИТЕТА - РАЗНОЛИКОСТИ ФЛОРЕ И ФАУНЕ (BIODIVERSITY) .....	54
ПОТРОШЊА (НЕОБНОВЉИВИХ) РЕСУРСА (ABIOTIC RESOURCES DEPLETION) .....	55
ПРИМЕР СТУДИЈЕ СТАЊА: Фрижидер .....	56
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	57
<b>3. ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ.....</b>	<b>59</b>
ОСНОВНИ ПОЈМОВИ .....	60
ЕОЛСКА ЕНЕРГИЈА (ЕНЕРГИЈА ВЕТРА) .....	62
СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА (ЕНЕРГИЈА СУНЦА) .....	66
ЕНЕРГИЈА ВОДЕ.....	69
ЕНЕРГИЈА БИОМАСА.....	76
ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА .....	78
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	80

<b>4. СИРОВИНЕ И МАТЕРИЈАЛИ .....</b>	<b>81</b>
ОПШТА РАЗМАТРАЊА - СИРОВИНЕ .....	81
ПРИРОДНИ МАТЕРИЈАЛИ .....	84
МЕТАЛИ .....	91
ЖЕЛЕЗНИ МЕТАЛИ И ЛЕГУРЕ .....	92
ОБОЈЕНИ (НЕЖЕЛЕЗНИ) МЕТАЛИ .....	94
КЕРАМИКА И СТАКЛО .....	112
ПОЛИМЕРИ – ПЛАСТИКЕ.....	115
ХИБРИДНИ И КОМПОЗИТНИ МАТЕРИЈАЛИ.....	134
УТИЦАЈ МАТЕРИЈАЛА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....	134
ЗАКЉУЧАК .....	137
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ.....	138
<b>5. ДИЗАЈН И ПРОИЗВОДЊА .....</b>	<b>139</b>
ДИЗАЈН ПРОИЗВОДА .....	139
ПРОИЗВОДЊА .....	143
МОНТАЖА И ДИЗАЈН ЗА МОНТАЖУ (ASSEMBLY AND DESIGN FOR ASSEMBLY – DfA) .....	144
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ.....	152
<b>6. ТРАНСПОРТ.....</b>	<b>153</b>
ОПШТА РАЗМАТРАЊА .....	153
РАЗЛИЧИТЕ ДИСЦИПЛИНЕ И ПРИСТУПИ.....	155
ИСТОРИЈАТ ТРАНСПОРТА И УТИЦАЈИ .....	156
ТРАНСПОРТ СИРОВИНА .....	160
ДИСТРИБУЦИЈА ПРОИЗВОДА .....	161
ТРАНСПОРТ ОТПАДА .....	162
ТРАНСПОРТ ЕНЕРГИЈЕ .....	163
УТИЦАЈ ТРАНСПОРТА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....	163
АЛТЕРНАТИВНА ГОРИВА .....	167
ВОДНИ ТРАНСПОРТ .....	170
ЖЕЛЕЗНИЧКИ ТРАНСПОРТ .....	172
ДРУМСКИ ТРАНСПОРТ .....	172
ВАЗДУШНИ ТРАНСПОРТ.....	173
УПОРЕДНА АНАЛИЗА ЦЕНЕ РАЗЛИЧИТИХ ВИДОВА ТРАНСПОРТА .....	173
ОПШТЕ РОБНО ТРЖИШТЕ: ГЛАВНИ ТРЕНДОВИ .....	174
РАЗМИШЉАЊЕ О ЖИВОТНОМ ЦИКЛУСУ ПРОИЗВОДА СА ОСВРТОМ НА ТРАНСПОРТ.....	175
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ.....	176
<b>7. АМБАЛАЖА .....</b>	<b>177</b>
ДЕФИНИЦИЈА АМБАЛАЖЕ.....	177
ДИЗАЈН АМБАЛАЖЕ .....	178
РАЗМИШЉАЊЕ О ЖИВОТНОМ ЦИКЛУСУ АМБАЛАЖЕ.....	179
ТИПОВИ, ВРСТЕ И ФУНКЦИЈЕ АМБАЛАЖЕ .....	180
ЕКО АМБАЛАЖА .....	183
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ.....	186



<b>8. УПОТРЕБА .....</b>	<b>187</b>
УПОТРЕБА - КОРИШЋЕЊЕ ПРОИЗВОДА .....	187
ДОМИНАНТНА LC ФАЗА .....	189
СТУДИЈА СТАЊА ЗА АУТОМОБИЛ .....	189
СТУДИЈА СТАЊА ЗА ЧАЈНИК .....	191
ОДРЖАВАЊЕ И ПОПРАВКЕ .....	196
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	198
<b>9. КРАЈ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА И РЕЦИКЛАЖА.....</b>	<b>199</b>
ИСТОРИЈАТ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ И РЕЦИКЛИРАЊА .....	199
ДЕФИНИЦИЈА И КЛАСИФИКАЦИЈА ОТПАДА .....	200
УПРАВЉАЊЕ (МЕНАџМЕНТ) ОТПАДОМ.....	203
САСТАВ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА .....	205
ПРОЦЕДУРЕ УПРАВЉАЊА КОМУНАЛНИМ ОТПАДОМ (SOLID WASTE MANAGEMENT - SWM) .....	208
ПОТРЕБА ЗА ОДРЖИВИМ УПРАВЉАЊЕМ КОМУНАЛНИМ ОТПАДОМ .....	213
ИНТЕГРИСАНО УПРАВЉАЊЕ КОМУНАЛНИМ ОТПАДОМ .....	213
РЕДУКОВАЊЕ ОТПАДА - СПРЕЧАВАЊЕ НАСТАНКА (REDUCE).....	215
ПОНОВНА УПОТРЕБА - РЕУПОТРЕБА (REUSE).....	216
ПОБОЉШАЊЕ - НАДОГРАДЊА И ПОНОВНА ПРОИЗВОДЊА -РЕПРОИЗВОДЊА (UPGRADE, REMANUFACTURE) .....	217
РЕЦИКЛАЖА (RECYCLING) .....	218
ДЕМОНТАЖА .....	220
ПРОЦЕС РЕЦИКЛАЖЕ - ТЕХНОЛОГИЈЕ РЕЦИКЛИРАЊА .....	222
РЕЦИКЛАЖА РАЗЛИЧИТИХ МАТЕРИЈАЛА И ПРОИЗВОДА.....	232
АНАЕРОБНА ДИГЕСТИЈА И КОМПОСТИРАЊЕ - РАЗЛАГАЊЕ ОРГАНСКИХ МАТЕРИЈА .....	251
ИНСИНЕРАЦИЈА И СПАЉИВАЊЕ СА ПОВРАТОМ ЕНЕРГИЈЕ.....	253
ОСТАЛИ ТРЕТМАНИ ОТПАДА .....	255
ЗАКони и РЕГУЛАТИВА .....	255
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	258
<b>10. ДИЗАЈН ЕКО ПРОИЗВОДА.....</b>	<b>259</b>
УВОД.....	259
ДИЗАЈН ЗА МИНИМАЛНУ УПОТРЕБУ МАТЕРИЈАЛА .....	260
ДИЗАЈН ЗА ДЕМОНТАЖУ (DESIGN FOR DISASSEMBLY - DfD).....	263
ДИЗАЈН ЗА РЕДУКЦИЈУ ОПАСНИХ МАТЕРИЈА .....	277
ДИЗАЈН ЗА РЕУПОТРЕБУ .....	278
ДИЗАЈН ЗА РЕПРОИЗВОДЊУ .....	279
ДИЗАЈН ЗА РЕЦИКЛАЖУ (DESIGN FOR RECYCLING – DfR).....	281
ДИЗАЈН ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ .....	284
ДИЗАЈН ЗА ЗАДОВОЉЕЊЕ ПРОПИСА И СТАНДАРДА .....	286
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	290
<b>11. ОЗНАКЕ .....</b>	<b>291</b>
ОЗНАКА ИЛИ ЕТИКЕТА (LABEL) .....	291
ЕКО ОЗНАКЕ .....	292
ОЗНАКЕ НЕКИХ ОД ДИРЕКТИВА ЕУ.....	299

## САДРЖАЈ

---

ОЗНАЧАВАЊЕ ОПАСНИХ МАТЕРИЈА.....	302
ОЗНАКЕ ЗА ЕЛЕКТРИЧНУ И ЕЛЕКТРОНСКУ ОПРЕМУ – ЕЕО .....	304
ОЗНАЧАВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА .....	307
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	312

## **12. ПРОЦЕНА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА (LIFE CYCLE ASSESSMENT - LCA) ..... 313**

ПРОЦЕНА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА (LCA) - ЈЕЗГРО ЕКОДИЗАЈНА .....	313
ОСНОВЕ ПРОЦЕНЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА (LCA) .....	313
СВРХА И ОБЛАСТ ДЕФИНИСАНОСТИ - ЦИЉ, ПРЕДМЕТ И ПОДРУЧЈЕ ПРИМЕНЕ (GOAL AND SCOPE DEFINITION).....	318
АНАЛИЗА ИНВЕНТАРА LCA (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS – LCI) .....	328
ПРОЦЕНА УТИЦАЈА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА (LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT – LCIA).....	347
ИНТЕРПРЕТАЦИЈА – ТУМАЧЕЊЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА (LIFE CYCLE INTERPRETATION).....	358
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	361

## **13. LCA МЕТОДЕ И АЛАТИ ..... 363**

ПРЕГЛЕД МЕТОДА И СОФТВЕРСКИХ АЛАТА ЗА ПРОЦЕНУ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА – LCA.....	363
ЕКО-ИНДИКАТОР 99 (ECO-INDICATOR 99) .....	370
EDIP МЕТОДА .....	374
QFD И EQFD МЕТОДА .....	377
НЕКЕ ОД УПРОШЋЕНИХ МЕТОДА ПРОЦЕНЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА .....	381
ПИТАЊА И КЉУЧНЕ РЕЧИ .....	392

## **14. ПРИРУЧНИК ЗА ЛАБОРАТОРИЈСКЕ ВЕЖБЕ ..... 393**

ПРОГРАМСКИ ПАКЕТИ ЗА ЛАБОРАТОРИЈСКЕ ВЕЖБЕ .....	393
ЕКОДИЗАЈН АСИСТЕНТ (ECODESIGN PILOT’S ASSISTANT) .....	394
ЕКОДИЗАЈН ПИЛОТ (ECODESIGN PILOT) .....	403
EEG PILOT .....	414
ПРИМЕРИ СА ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ВЕЖБИ .....	437
ЗАДАЦИ ЗА ВЕЖБУ .....	457
ПРИМЕР КОМПЛЕТНЕ LCA СТУДИЈЕ НА НИВОУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА - RTG ДИЗАЛИЦА ..	460
ТАБЕЛЕ И ПОДАЦИ О МАТЕРИЈАЛИМА И ПРОЦЕСИМА, ТРАНСПОРТУ ИТД.....	476

## **15. РЕФЕРЕНЦЕ И ЛИТЕРАТУРА ..... 483**

## **16. ПРИЛОЗИ ..... 495**

### **ПРИЛОГ 1 - ПОЈМОВНИК..... 497**

### **ПРИЛОГ 2 - СЕРИЈА СТАНДАРДА ISO 14 000..... 519**

### **ПРИЛОГ 3 - ОЗНАКЕ НЕКИХ МАТЕРИЈАЛА ..... 523**