

# Standardizacija in umestitev ekološko osveščene načrtovanja v elektrotehniko

Roman Strahija<sup>1</sup>, Tatjana Strahija

<sup>1</sup>STMicroelectronics d. o. o.  
E-pošta: roman.benkovic@st.com

## Standardization and Inclusion of Electrotechnics Eco-Design

*Consumer electronics (CE) market expansion over last decades directs changes in assessment of our design, production and recycling. Since unchanged approach in production and handling of waist electronic industry will not sustain environmental resistance, an increasing demand to change our practices is required.*

*There are three main "life" phases of electronic equipment – the production stage, in which the product is developed, life time of the equipment and handling of it when it is no longer useful in its original form.*

*In order to reduce the impact of the electronic industry on the environment, it is necessary to strive to improvement at all stages of the equipment's life cycle; eg. in the production cycle, it is necessary to reduce the use of natural resources, increase recycling of by-products, alter production process by replacing harmful processing steps with less harmful ones; but further more, it is necessary to design the product in such way that it has the longest possible life and the highest possible value for consumer; and for the final step, it is necessary to plan for its, if possible, re-use or ability to recycle with the least possible impact on the environment.*

*The guidelines for environmental-friendly design are defined in several directives and standards that most companies are trying to apply; some due to awareness and responsibility towards the environment, other simply of legal basis requirements.*

*The article will give an overview of the eco-design field, its directives, standardization and guidelines for eco-friendly design.*

**Keywords:** Eco Design, Environment, Sustainability, Life Cycle Assessment (LCA), Eco Design Directives (EDD), Standardization

## 1 Uvod

Ekološko osveščeno načrtovanje – *Eco-Design* (pogosto poimenovano tudi z drugimi izrazi: oblikovanje za okolje / *Design for Environment*, trajnostno oblikovanje – *Sustainable Design*, okolju prijazna zasnova – *Environmental Conscious Design*, čisti design – *Clean Design*, inženiring življenjskega cikla – *Life Cycle Engineering*) je definirano kot sistematično vključevanje okoljskih,

zdravstvenih in varnostnih usmeritev v celoten življenjski cikel proizvodnega procesa in izdelka, v smislu ekologije, in ekonomije. Ob tem stremimo k trem glavnim ciljem [1]:

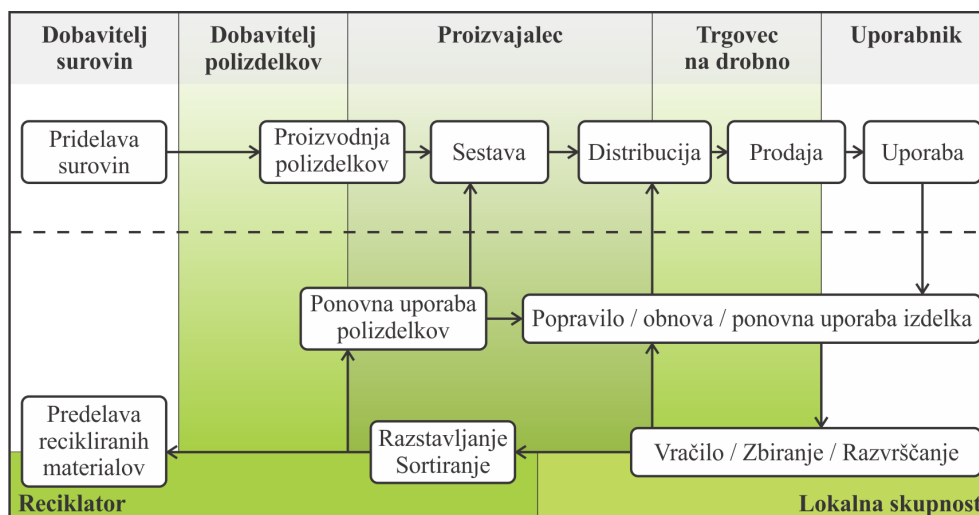
- minimizaciji uporabe obnovljivih in neobnovljivih virov,
- učinkovitem upravljanju obnovljivih virov,
- zmanjšanju in nadzoru nad toksičnimi vplivi na okolje

z namenom, da bi procese, izdelke ali storitve oblikovali tako, da se izognemo negativnim vplivom na ljudi, gospodarstvo ali okolje.

Poglavitne iniciative ekološkega načrtovanja (po EN ISO 14006; 2011 [2]) so:

- sprejemanje novih poslovnih modelov, povečanje znanja in konkurenčnosti ter zmanjšanje stroškov v podjetjih;
- z upoštevanjem regulativ – višja okoljska uspešnost in dostopnost do širšega tržišča;
- spodbujanje inovativnosti zaposlenih pri oblikovanju izdelkov ter v procesih izdelave in povečanje ugleda podjetja ter motivacije zaposlenih;
- izboljšanje, optimizacija ter sprememba zasnove in funkcionalnosti procesov ter izdelkov;
- zmanjšanje negativnih vplivov na okolje;
- celostna obravnava izdelkov čez celotno življenjsko obdobje;
- olajšanje recikliranja in ponovne uporabe izdelka.

Skozi pregled razlogov za vključevanje okoljskih vidikov v oblikovanje in razvoj izdelkov bomo predstavili še standardizacijo in umestitev področja ter načine vključevanja ekološko osveščene načrtovanja na elektrotehničnem področju.



Slika 1: Soodvisnost korakov ekološko osveščenih procesov v podjetjih [3]

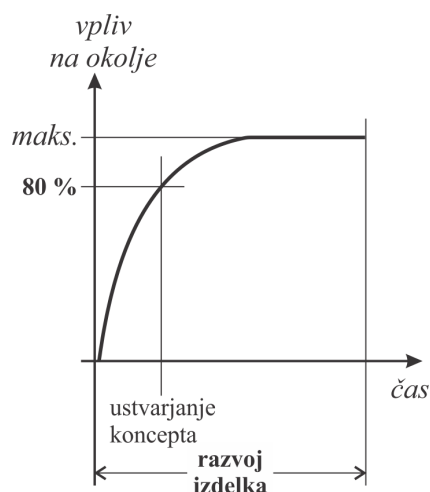
## 2 Pregled in razlogi za vključevanje okoljskih vidikov v oblikovanje in razvoj izdelkov

V zadnji tretjini stoletja se je, ob ekonomskem gonilu in tržnem razcvetu, povečala količina in dosegljivost raznovrstnih izdelkov na tržišču, kar je spremenilo miselnost potrošnikov in močno skrajšalo pričakovano uporabno dobo izdelkov. Tovrstno ravnanje ima posledično negativen vpliv na okolje, zaradi česar nastaja zahteva po vpeljavi sprememb v miselnost, načrtovanje in procese izdelave, po drugi strani pa po ustrežnejšem ravnanju z odsluženimi, uporabniku nezanimivimi in nepotrebni izdelki.

Vzporedno z vse večjo potrošnjo so se, ob naraščajoči ekološki osveščenosti, razvile tudi različne direktive in standardi, ki naj bi, na eni strani, usmerjale proizvajalce v skupen boj proti odvečni porabi naravnih virov in zmanjšanem onesnaževanju, na drugi pa v razvoj in dopolnitve zakonodaje, ki zahteva trajnostni razvoj in boljše ravnanje v celotnem obstoju polizdelkov, izdelkov ali njihovih delov.

Začetne spremembe v podjetjih so se začele uvajati predvsem tam, kjer je bilo na voljo dovolj razvojno-raziskovalno pokritih finančnih virov (npr. Philips, IBM, Apple). Manjša podjetja so uvedbo smernic ekološkega načrtovanja vpeljala predvsem v namen zmanjšanja stroškov prispevkov za obremenitev okolja in porabe virov, ne da bi vpeljavo upoštevala že v samem procesu izdelave.

Načrtovanje določa večino (približno 80 % [4]) končnih vplivov na okolje in celoten potek življenjskega cikla izdelka. Še tako napredna kasnejša proizvodnja ali končno recikliranje omogočata le manjše posege na vpeljavo sprememb, povečanje učinkovitosti proizvodnih procesov ter zmanjšanje okoljskih stroškov in vplivov. Zato je bistvenega pomena, da se ocena okoljske učinkovitosti vključi v zgodnjih fazah načrtovanja (slika 1) – v integralni del zasnove samega izdelka – saj tako zmanjšamo stroške kasnejših faz in preoblikovanj ter zajamemo tudi



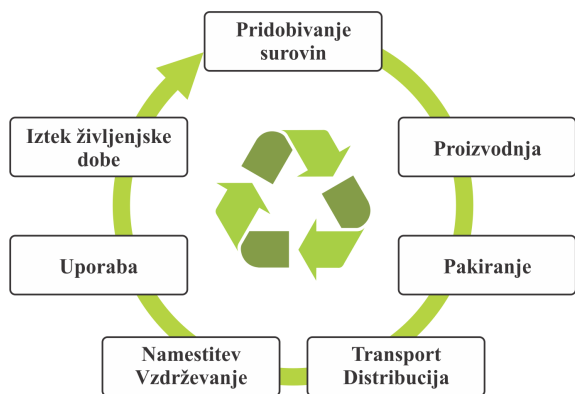
Slika 2: Proces načrtovanja izdelka v primerjavi z okoljskim vplivom [5]

okoljske in gospodarske vidike celotnega življenjskega cikla izdelka (slika 2).

Hkrati z vpeljavo ekološko osveščenega načrtovanja v prve faze načrtovanja izdelkov in v kasnejšo fazo uporabe se je pričel tudi razvoj postopkov, orodij in pristopov k primernejšemu ravnanju z izdelki ob končni življenjski dobi (*End-of-Life – EoL*). Na ta način se olajša razstavljanje, izboljša možnost reciklaže ter izbor materialov, ki optimizirajo uporabo naravnih virov, saj jih je možno kasneje reciklirati, pouporabiti ali obnoviti (t.i. *design for X*).

Zaradi tega se v zadnjem obdobju izpopolnjujejo različni postopki in pristopi k reciklaži, katerih končno uspešnost pa lahko nato upoštevamo že pri izbiri osnovnih metod načrtovanja.

Poleg klasične metode načrtovanja za reciklažo (*design for recyclability*) pa so na voljo tudi številne druge metode, kot npr. načrtovanje razstavljanja (*design for disassembly*), načrtovanje nadgradnje (*design for upgra-*



Slika 3: Umestitev načrtovanja izdelka v življenjski krog izdelka (LCA)

dability), načrtovanje vzdrževanja in popravil (*design for maintainability and serviceability*), načrtovanje ponovne uporabe (*design for reuse*), načrtovanje ponovne izdelave (*design for remanufacturing*) in načrtovanje izbora materialov (*design for material selection*).

Omenjene metode načrtovanja so soodvisne; le njihova kombinacija in interakcija med posameznimi sklopi zajema vse faze, optimizira kakovost in poveča učinkovitost ekološko osveščenega načrtovanja.

### 3 Umestitev načrtovanja izdelka v življenjski krog

Osnovni namen ekološko osveščenega načrtovanja je zmanjšati ekološko breme skozi celoten življenjski krog izdelka (*Life Cycle Assessment – LCA*). Posamezne faze življenjskega kroga (slika 3) so:

- **pridobivanje surovin:** uporaba vrste in količine surovin na način, ki zmanjšuje okoljsko breme ob pridobivanju (ne glede na njihov izvor), za izredno redke surovine pa minimiziranje njihove količine;
- **proizvodnja:** vključitev proizvodnih procesov na način, ki omogoča nadzor nad potekom, zmanjša odpadke ter porabljeno energijo;
- **pakiranje:** načrtovanje pakiranja na način, da so izdelki čim manjši, s čimer se zmanjša količina pakirnega materiala in zniža strošek skladiščenja ter transporta (ozirna celotna logistika);
- **transport in distribucija:** načrtovanje krajših razdalj med proizvodnim obratom in končnim uporabnikom;
- **namestitev in vzdrževanje:** načrtovanje izdelka s poenostavljeno montažo in nezahtevnim vzdrževanjem;
- **uporaba:** načrtovanje večstransko uporabnega izdelka s čim večjim krogom uporabnikov in visoko uporabno vrednostjo;

- **iztek življenjske dobe:** načrtovanje izdelka na način, ko je možno izdelek delno pouporabiti ali reciklirati s čim manjšim vplivom na okolje, s čimer je cilj pridobiti čim več delov ali materialov iz že odsluženih izdelkov.

### 4 Direktive in standardizacija

Na področju EU je določen okvir, ki zajema splošno politiko o izdelkih (*Integrated Product Policy – IPP*). Ta določa splošno zakonodajo na podlagi okoljskih direktiv, ki urejajo posamezna področja. Z njihovo uvedbo so podjetja primorana uvajati izboljšave v vse faze proizvodnih procesov.

Glavne skupine direktiv, ki urejajo področje ekološko osveščenega načrtovanja v EU, so:

- **Poraba energije v življenjskem ciklu:** Direktiva EU za izdelke, ki so povezani z električno energijo (*Energy-related Products – ErP*), Direktiva EU za izdelke, ki uporabljajo električno energijo (*Energy-using Products – EuP*);
- **Uporaba nevarnih in prepovedanih snovi:** Direktiva EU o evalvaciji in autorizaciji kemikalij (*Registration, Evaluation & Authorisation of Chemicals – REACH*), Direktiva EU o omejevanju nevarnih snovi (*Restriction of Hazardous Substances – RoHS*);
- **Uporaba baterij:** Direktiva EU o baterijah;
- **Strategija ravnanja z izdelki ob zaključku življenjske dobe:** Direktiva EU o odpadni električni in elektronski opremi (*Waste Electrical and Electronic Equipment – WEEE*), Direktiva EU o končni življenjski dobi vozil (*End-of-Life Vehicles – ELV*).

Poleg direktiv so podjetjem, kot vodilo, na voljo tudi skupine standardov ISO 14000, ki zajemajo različna področja in pristope k ekološko osveščenemu načrtovanju. Pomembnejši med njimi so:

- **ISO 14001** – načrtovanje ravnanja z okoljem;
- **ISO 14006** – smernice za vključitev okoljsko primerne zasnove;
- **ISO 14010** – smernice za okoljsko presojo;
- **ISO 14020** – splošna načela okoljskega označevanja;
- **ISO 14040** – načrtovanje ravnanja z okoljem – smernice za ocenjevanje življenjskega cikla;
- **ISO 14050** – izrazi in definicije;
- **ISO 14060** – vodič vključevanja okoljskih vidikov v proizvodne standarde.

Z razvojem in dopolnitvijo standardov se nakažejo smeri pričakovanih sprememb zakonodaje in direktiv, na podlagi katerih se lahko podjetja dolgoročno pripravijo za optimalen nastop in konkurenčnost na tržišču.

## 5 Implementacija konceptov ekološko osveščenega načrtovanja na področju elektrotehnike

Reciklaža elektronskih delov in naprav je težavna zaradi majhnosti in/ali kompleksnosti, prav tako pa zaradi uporabe raznovrstnih materialov. Tipični primeri polizdelkov in naprav so: raznovrstni MEMS, integrirana vezja, nanostrukture, tiskana vezja, zasloni ter medicinska oprema, nadzorni in kontrolni sistemi, majhni in veliki gospodinjinski aparati, uporabna elektronika, svetila, električna orodja, igrače in naprave ter IT in telekomunikacijska oprema.

Ob primernem načrtovanju postopkov izdelave naprav lahko že v zgodnjih fazah predvidevamo kasnejše pridobivanje raznovrstnih elementov, snovi in komponent iz iztrošenih naprav, kot so npr. platina, zlato, srebro, baker, raznovrstne plastike in plastične mase, steklo, moduli tiskanih vezij, integrirana vezja, motorji, zasloni, baterije ipd.

Za zmanjšanje vpliva na okolje se poslužujemo tudi različnih prijemov pri načrtovanju, kot npr. zasnova modularnih komponent v napravah, miniaturalizacija (kar ima lahko tudi negativen vpliv, saj otežuje postopek reciklaže), optimizacija zgradbe naprav ipd.

V poteku proizvodnega procesa izdelave elektronskih naprav so uporabljene in se kot njegov stranski produkt ustvarjajo kemikalije, ki so za okolje toksične, zato je eden od temeljnih ciljev ekološko osveščenega načrtovanja le-te zamenjati s primernejšimi ali vsaj delno zmanjšati njihovo uporabljeno/proizvedeno količino. Direktiva RoHS trenutno omejuje uporabo živega srebra, kadmija, šestvalentnega kroma, polibromiranega bifeniola (PBB), polibromiranega difenil etra (PBDE); prav tako pa so v fazi sprejema predlogi, da naj bi se na seznam uvrstila prepoved uporabe nanosrebra in uvedlo označevanje uporabljenih nanotehnologij v izdelkih [6].

## 6 Sklep

Zaradi povečevanja osveščenosti uporabnikov so podjetja posledično vedno bolj spodbujena k razmišljanju o družbenih in okoljskih vplivih njihovega delovanja. Poleg tega so zakonodajni organi primorani ob očitnih vplivih na okolje zaostrovati zakonodajo in s tem urejati dopustno delovanje podjetij.

Podjetja se približujejo trem ciljem – zmanjševanju porabe surovin in vplivov na okolje (poraba virov in energije, škodljivi stranski produkti), ponovni uporabi elementov, polizdelkov in izdelkov, ki niso več uporabni na tržišču ter čim bolj učinkoviti reciklaži preostankov.

Glavnina odgovornosti sloni na načrtovalcih standardov, direktiv in zakonodaje na eni strani ter v čim bolj učinkoviti vpeljavi le-teh prek načrtovalcev izdelkov v podjetjih na drugi strani, saj bo le tako lahko družba kot celota zagotovila pogoje čistejšega okolja naslednjim generacijam in razvoju v njem.

## Literatura

- [1] R. Gheorghe in K. Ishii: "Eco-Design Value Alignment – Keys to Success. STANFORD School of Engineering Publication, pp. 1–32. Dosegljivo: <https://www.gsb.stanford.edu/sites/gsb/files/publication-pdf/other-eco-design-value-alignment.pdf>
- [2] EN ISO 14006 (2011) Environmental Management Systems – Guidelines for Incorporating Ecodesign. July 2011, Brussels.
- [3] J. B. Milojković, V. B. Litovski: "Eco-design in Electronics - The State of the Art". FACTA UNIVERSITATIS, Series: Working and Living Environmental Protection, vol. 2, no. 2, 2002, pp. 87–100, July 2002. Dosegljivo: <http://facta.junis.ni.ac.rs/walep/walep2002/walep2002-01.pdf>
- [4] K. Schischke, M. Hagelūken in G. Steffenhagen: "An Introduction to EcoDesign Strategies – Why, What and How?". July 2018. Dosegljivo: [https://www.researchgate.net/publication/268001428\\_An\\_Introduction\\_to\\_EcoDesign\\_Strategies\\_-\\_Why\\_what\\_and\\_how](https://www.researchgate.net/publication/268001428_An_Introduction_to_EcoDesign_Strategies_-_Why_what_and_how)
- [5] J. O'Hare, E. Cope in S. Warde: "Five Steps to Eco Design – Improving the Environmental Performance of Products through Design". GRANTA Design, pp. 1–16, 2015. Dosegljivo: <http://www.grantadesign.com/download/pdf/FiveStepsToEcoDesign.pdf>
- [6] M. Keskinen: "End-of-Life Options for Printed Electronics. V: Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook, 2012.
- [7] T. V. Tran, S. Brisset in P. Brochet: "Approaches for the Ecodesign in Electrical Engineering Application to a Safety Transformer". 2009 6th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, 23–26 March 2009, Djerba, Tunisia. Dosegljivo: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4956695/>
- [8] Ecodesign. The European Commission. Dosegljivo: [http://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/ecodesign\\_en](http://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/ecodesign_en)
- [9] F. Zhang, M. Rio in P. Zwolinski: "Dynamic Eco-design Strategic Options for Electric-Electronic Industry". ED2E 2016 – International Conference on Eco-Design in Electrical Engineering, March 2016, Grenoble, France. Dosegljivo: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01357212/document>
- [10] V. Goodship in A. Stevels, eds.: "Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook. A Volume in Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials". 1st Edition, Woodhead Publishing Limited, 2012. Dosegljivo: <https://www.elsevier.com/books/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee-handbook/goodship/978-0-85709-089-8>