

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

**Klemen Mihelčič**  
**“Green IT” v podatkovnih centrih**

**Diplomsko delo**

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

**Klemen Mihelčič**

**Mentor: izr. prof. dr. Jaroslav Berce**

**“Green IT” v podatkovnih centrih**

**Diplomsko delo**

Ljubljana, 2016

## **Zahvala**

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Jaroslavu Bercetu za vso potrpežljivost in pomoč pri pisanju diplomskega dela.

Zahvala gre tudi udeležencema intervjuja za njun čas in poglobljeno razmišljanje o raziskovani temi.

Posebna zahvala gre tudi ožjim družinskim članom in prijateljem za vso podporo v času pisanja diplomskega dela.

## **Green IT v podatkovnih centrih**

Informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) nudijo nepogrešljivo podporo sodobnemu poslovanju organizacij. Na eni strani imajo proizvodnja in uporaba IKT opreme ter elektronski odpadki negativne posledice za okolje, na drugi strani pa tehnologije lahko predstavljajo rešitev za trajnostni razvoj. Koncept »Green IT« naslavlja ravno to problematiko: optimizacijo uporabe tehnologij s ciljem zmanjšanja okoljskega odtisa, hkrati pa uporabo tehnologij za pomoč pri doseganju okolju prijaznejšega poslovanja ter trajnostnega razvoja. Raziskovana tema diplomske naloge je, kako vpeljava okolju prijaznejših tehnologij vpliva na poslovanje organizacije in na okolje. Definirane so tehnologije in strategije, ki jih lahko organizacija uporabi pri optimizaciji IKT. V empiričnem delu pa so predstavljeni rezultati kvalitativne raziskave, opravljene z metodo delno strukturiranega intervjuja dveh strokovnjakov iz IKT področja. Na podlagi analize rezultatov je ocenjeno, da vpeljava okolju prijaznejših tehnologij oz. »Green IT« v podatkovnih centrih organizacij lahko pozitivno vpliva na poslovanje in okolje. Iz tega sledi zaključek, da je vpeljava zelenih tehnologij pomembna tudi iz širšega vidika trajnostnega razvoja.

**Ključne besede:** trajnostni razvoj, zeleno računalništvo, informacijsko-komunikacijska tehnologija, poslovanje, okolje.

## **Green IT in data centers**

Information and communication technology (ICT) offers essential support to modern organizations. Production and use of ICT equipment and e-waste is a negative impact on the environment, on the other hand, technology can offer a solution for sustainable development. The concept of "Green IT" addresses exactly this problem: optimized use of technologies aimed at reducing the environmental footprint, while using technology to help achieve greener operations and sustainable development. In this thesis we explore how the introduction of environmentally friendly technologies and Green IT affect the organization's operations and the environment. In the beginning technologies and strategies that an organization may use in the optimization of ICT are defined. In the empirical part the results of qualitative research carried out by the method of partially structured interview of two experts from the field of ICT are presented. Based on the analysis results, it is estimated that with the introduction of environmentally friendly technologies and "Green IT" in data centers, organizations can have a positive impact on business and the environment. It follows the conclusion that the introduction of green technologies is also important from a broader perspective of sustainable development.

**Key words:** sustainability, green computing, information and communication technology, business, environment.

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Namen diplomskega dela .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Cilji diplomskega dela.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3</b>	<b>Metode dela.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>TEORETIČNI OKVIR .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>INFROMACIJSKE TEHNOLOGIJE IN GREEN IT.....</b>	<b>13</b>
2.1.1	Definicija informacijsko-komunikacijskih tehnologij.....	13
2.1.2	Definicija koncepta <i>Green IT</i> .....	14
2.1.3	<i>Green IT</i> kot trend v IT industriji .....	15
2.1.4	Motivacija za vpeljavo koncepta <i>Green IT</i> .....	17
<b>2.2</b>	<b>PODATKOVNI CENTER .....</b>	<b>19</b>
2.2.1	Definicija podatkovnega centra .....	19
2.2.2	Zgodovina podatkovnih centrov .....	20
2.2.3	Tradicionalni podatkovni centri .....	23
2.2.4	Moderni podatkovni centri .....	23
<b>2.3</b>	<b>REGULATIVE .....</b>	<b>24</b>
2.3.1	CE (Conformité Européenne) .....	24
2.3.2	FCC Declaration of Conformity.....	25
2.3.3	WEEE (Waste of electrical and electronic equipment) .....	25
2.3.4	RoHS (Restriction of hazardous substances directive).....	26
2.3.5	REACH.....	27
<b>2.4</b>	<b>PROGRAMI IN SPODBUDE .....</b>	<b>27</b>
2.4.1	ENERGY STAR .....	28
2.4.2	80 PLUS .....	29
2.4.3	EU Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency .....	30
2.4.4	ISO .....	30
2.4.5	The Green Grid in PUE.....	31
2.4.6	LEED.....	32
2.4.7	ASHRAE Foundation .....	33
2.4.8	Greenpeace .....	33
<b>2.5</b>	<b>GREEN IT TEHNOLOGIJE IN PRAKSE .....</b>	<b>34</b>
2.5.1	Fizična infrastruktura in strojna oprema .....	34
2.5.1.1	Napajanje .....	35
2.5.1.2	Hlajenje.....	36
2.5.1.3	Shranjevanje podatkov in pomnilniške enote .....	38
2.5.1.4	Nizko energetske strežniki.....	40
2.5.2	Programska oprema .....	41

2.5.2.1	Optimizacija programske opreme in zeleno programiranje.....	42
2.5.2.2	Virtualizacija .....	43
2.5.2.3	Računalništvo v oblaku.....	43
2.5.2.4	Deduplikacija .....	45
2.5.2.5	Thin Provisioning .....	45
2.5.2.6	Kompresija podatkov.....	46
2.5.3	Prakse in strategije.....	46
2.5.3.1	Podaljševanje življenske dobe strojne opreme .....	46
2.5.3.2	Tovarniško obnovljena strojna oprema.....	47
2.5.3.3	Konsolidacija.....	48
2.5.3.4	Modularni podatkovni center.....	48
2.5.3.5	Digitalna organizacija in digitalna preobrazba poslovanja .....	49
<b>2.6</b>	<b>PRIMERI UČINKOVITIH PODATKOVNIH CENTROV.....</b>	<b>50</b>
2.6.1	Hewlett Packard Enterprise .....	51
2.6.2	Microsoft .....	52
2.6.3	Google .....	54
2.6.4	Facebook .....	57
<b>3</b>	<b>EMPIRIČNI DEL .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1</b>	<b>METODOLOGIJA .....</b>	<b>58</b>
<b>3.2</b>	<b>REZULTATI IN ANALIZA.....</b>	<b>59</b>
3.2.1	Razumevanje koncepta Green IT .....	59
3.2.2	Kako vpeljava <i>Green IT</i> tehnologij in praks vpliva na poslovanje? .....	60
3.2.3	Kako vpeljava <i>Green IT</i> tehnologij in praks vpliva na okolje?.....	66
3.2.4	Skupen pregled odgovorov .....	69
3.2.5	Pomen vrednot, organizacijske kulture in motivacije za <i>Green IT</i> .....	71
<b>4</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>71</b>
<b>4.1</b>	<b>Kako <i>Green IT</i> vpliva na poslovanje? .....</b>	<b>73</b>
<b>4.2</b>	<b>Kako <i>Green IT</i> vpliva na okolje?.....</b>	<b>74</b>
<b>4.3</b>	<b>Sklep .....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>76</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1.1: Soodvisnost temeljev trajnostnega razvoja.....	8
Slika 1.2: Otrok na smetišču elektronskih odpadkov .....	11
Slika 2.1: Definicija "Green IT" .....	15
Slika 2.2: Znak CE .....	25
Slika 2.3: Znak FCC Declaration .....	25
Slika 2.4: Znak WEEE .....	26
Slika 2.5: Znak ENERGY STAR namenjen označevanju produktov .....	28
Slika 2.6: Oznake 80 PLUS certifikatov.....	29
Slika 2.7: Pogled v notranjost trdega diska .....	39
Slika 2.8: Nizko energetskega strežnika HPE Moonshot.....	41
Slika 2.9: HPE Performance Optimized Datacenter (POD) .....	49
Slika 2.10: Google: strežniki v podatkovnem centru .....	55
Slika 2.11: Google: hladilni sistem .....	56

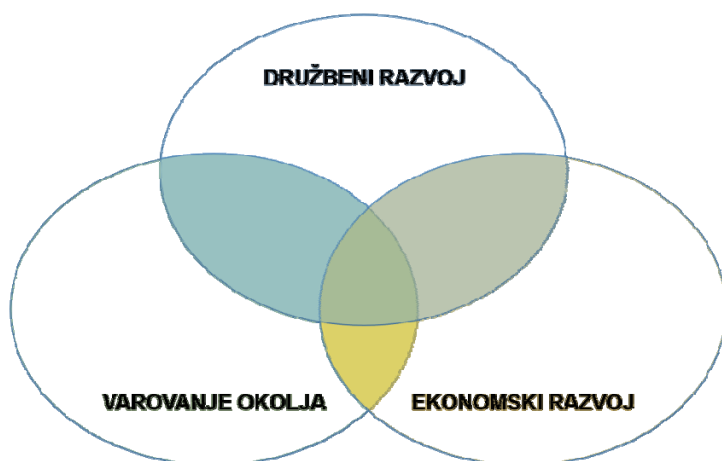
## KAZALO TABEL

Tabela 2.1: Motivacijski dejavniki Green IT glede na vir in tip motivacije.....	18
Tabela 2.2: Učinkovitost 80 PLUS certificiranih napajalnih enot ob določeni obremenitvi .....	30
Tabela 3.1: Vpliv okolju prijaznejših tehnologij in praks na poslovanje .....	62
Tabela 3.2: Vpliv okolju prijaznejših tehnologij in praks na okolje .....	67
Tabela 3.3: Skupne ocene udeležencev .....	70

# 1 UVOD

Že pred enajstimi leti so se na svetovni konferenci Združenih Narodov *2005 World Summit*, ki se je odvijala od 14. do 16. septembra 2005, voditelji 191 držav članic dogovorili in sprejeli aktivnosti za reševanje aktualnih globalnih izzivov. V dokument *World Summit Outcome Document* so med drugim zapisali tudi splošne principe in aktivnosti za trajnostni razvoj in upravljanje ter varovanje skupnega okolja. Pri tem so zapisali definicijo trajnostnega razvoja, pri kateri gre za integracijo treh temeljev: ekonomski in družbeni razvoj ter varovanje okolja. Ti so soodvisni in se vzajemno podpirajo.

Slika 1.1: Soodvisnost temeljev trajnostnega razvoja



Izkoreninjenje revščine ter lakote, spreminjanje škodljivih in netrajnostnih vzorcev proizvodnje in potrošnje ter zaščita in upravljanje naravnih virov, ki so osnovna baza ekonomskega in socialnega razvoja, so širši in bistveni cilji. Države članice so definirale aktivnosti, pri čemer je v nekaj točkah poudarek na trajnostni proizvodnji in potrošnji, promociji inovacij, promociji čiste energije in energetske učinkovitosti, zmanjšanju ogljičnega odtisa in promociji čistih tehnologij, transferju znanja in tehnologij glede na potrebe manj razvitih ter z vidika okoljske ranljivosti bolj izpostavljenih držav članic. Vse sodelujoče države so se zavezale, da bodo vključile cilje v lastne strategije razvoja. (2005 World Summit Outcome, točke 48-56)



Več kot 150 svetovnih voditeljev se bo med 25. in 27. septembrom 2016 sestalo na sedežu Združenih narodov v New Yorku s ciljem formalne potrditve nove agende trajnostnega razvoja. Predlaganih je 17 ambiciozних ciljev, povezanih s socialnim in ekonomskim razvojem ter z varovanjem okolja za naslednjih 15 let. (Združeni narodi 2016)

Aktivnost članic Združenih narodov spodbuja spoznanje, da linearna ekonomija današnjega časa, v kateri pridobivamo vire, jih procesiramo, uporabimo in zavržemo, ne omogoča trajnega razvoja v omejenih naravnih okvirih. Linija trenutne ekonomije se začne s pridobivanjem naravnih virov (npr. rudarjenje, gojenje rastlin in živali) in se konča z odpadki. Celotna linija pomembno vpliva na okolje, v katerem živimo ter posredno tudi na družbo kot celoto in kakovost življenja posameznika. V potrošniški družbi je enostavneje narediti in kupiti nov produkt, kot ponovno uporabiti vire in surovine, ki so že bili procesirani. Po stoletju zniževanja cen surovin in ostalih virov so se le-te v zadnjih nekaj letih začele zviševati. Ker viri niso neskončni se soočamo s spreminjanjem cen surovin, transporta ter poslovanja, medtem ko podjetja tekmujejo na nepredvidljivem in nasičenem trgu. Zato je čas za novo obliko ekonomije t.i. krožno gospodarstvo, kjer se odsluženi produkti in odpadki vrnejo nazaj v produkcijski krog kot surovine. (Zhexembayeva 2014) Gre za koncept trajnostnega razvoja, za zadovoljevanje potreb današnjega časa, ne da bi ogrozili zmožnost prihodnjih generacij, da zadovoljijo lastne potrebe prihodnjega časa. (Združeni narodi 1987) Zavedanje potreb po spremembah v poslovanju in strmenje k trajnostnemu razvoju je privedlo do sprememb tudi pri poslovanju organizacij. Družbena odgovornost je odgovorno delovanje organizacije v družbenem in naravnem okolju, v katerem posluje. (BusinessDictionary 2015)

Informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) so pomemben in nepogrešljiv sestavni del sodobnih organizacij. Poslovanje organizacij se je v zadnjih desetletjih spremenilo do te mere, da brez storitev sodobne digitalne tehnologije ni mogoče opravljati vsakodnevnih aktivnosti. Na drugi strani pa nujna prisotnost in uporaba tehnologij lahko povzroči disproportionalno zvišanje kapitalnih in operativnih stroškov, kar lahko omeji

investicije organizacije na drugih področjih. Tako le-te zasedajo zanimivo pozicijo v organizaciji – so strošek in/ali pomoč pri doseganju ciljev organizacije.

Vplive proizvodnje in uporabe tehnologij na okolje in družbo bi lahko klasificirali na dve kategoriji. Primarni, negativni vplivi se nanašajo na proizvodnjo, uporabo in onesnaževanje z odpadki. Sekundarni vplivi se nanašajo predvsem na pozitivne vplive na poslovanje organizacij, ekonomske procese in uporabo tehnologije kot del rešitev za trajnostni razvoj. (Molla in Abareshi 2012) Tehnologije z onesnaževanjem obremenjujejo okolje, hkrati pa so nam lahko v pomoč pri reševanju okoljskih problemov na drugih področjih. Analitiki in svetovalci ocenjujejo, da je industrija in uporaba informacijsko-komunikacijskih tehnologij odgovorna za približno 2% svetovnih CO<sub>2</sub> emisij, pri čemer največji delež pripada osebnim računalnikom in zaslonom ter hlajenju in napajanju infrastrukture v podatkovnih centrih. Pri proizvodnji tehnologij se uporabljajo škodljive snovi in materiali iz neobjavljivih virov, po uporabi pa nastajajo velike količine strupenih, neobnovljivih odpadkov. (Gartner Inc. 2007b) Po ocenah Združenih narodov se pri proizvodnji osebnega računalnika in zaslona porabi 240 kg fosilnih goriv, 22 kg različnih kemikalij in 1,5 tone vode. V svetovnem merilu je vsako leto proizvedenih med 20 in 50 milijonov ton elektronskih odpadkov, ki predstavljajo 5% vseh trdih odpadkov, ki vsebujejo strupene snovi. Ocene so, da pri reciklaži enega milijona mobilnih telefonov pridobimo 24 kg zlata, 250 kg srebra, 9 kg paladija ter več kot 9.000 kg bakra. V letu 2012 je bilo po dostopnih ocenah uspešno recikliranih 29,20% vseh e-odpadkov, še v letu 2000 je bil delež recikliranih odpadkov le 10,00%. (Elektronics TakeBack Coalition 2014). Problematika elektronskih odpadkov ni le v onesnaževanju okolja, tamveč predstavlja tudi družbeni problem. Pri upravljanju z elektronskimi odpadki prihaja tudi do zlorab in nelegalnih aktivnosti, kot posledica izmikanj stroškov legitimne reciklaže. Nelegalni elektronski odpadki, pod pretvezo izvoza rabljenih produktov, nemalokrat končajo v državah v razvoju, predvsem v Aziji in Afriki. (Vidal 2013) Neformalen in primitiven način obdelave elektronskih odpadkov je izredno škodljiv za zdravje in okolje, povezan pa je tudi z otroškim delom. Lokalno prebivalstvo, otroci delavci in njihove družine, so neposredno izpostavljeni strupenim snovem ob reciklaži, dodatno tveganje pa predstavlja tudi kopičenje nevarnih snovi v tleh, vodi in hrani. (Svetovna zdravstvena organizacija 2016)

Slika 1.2: Otrok na smetišču elektronskih odpadkov



Vir: Greenpeace (2016č).

Poleg omenjenih vplivov na okolje in družbo organizacije z ne-optimizirano uporabo digitalnih tehnologij trpijo tudi višje stroške poslovanja. Zato analitiki in svetovalci organizacijam predlagajo prehod v *Green IT* in k uporabi učinkovitejših tehnologij, s čimer bo poslovanje bolj družbeno odgovorno, usmerjeno v trajnostni razvoj, hkrati pa bi z zmanjšanjem in optimizacijo poslovanja tudi lažje tekmovali na trgu. (Gartner Inc. 2007b)

Pristopi k *Green IT* oziroma okolju prijaznejši uporabi informacijsko-komunikacijskih tehnologij so v osnovi usmerjeni predvsem na energetske učinkovitost, saj IKT predstavlja strošek za organizacijo, hkrati pa ima proizvodnja električne energije pomemben vpliv na okolje. Poraba energije je vezana predvsem na hlajenje ter napajanje podatkovnih centrov. Ocena je, da so podatkovni centri v letu 2013 v ZDA porabili 91 milijard kWh elektrike, po napovedih pa se bo poraba do leta 2020 povečala na 140 milijard kWh. V letu 2014 bi organizacije v ZDA lahko zmanjšale stroške povezane z napajanjem podatkovnih centrov za 40%, s čimer bi privarčevale 3,8 milijarde USD ter 39 milijard kWh električne energije, v kolikor bi vpeljale dobre prakse za povečanje energijske učinkovitosti. (Natural Resources Defense Council 2014)

## 1.1 Namen diplomskega dela

Poslovanje današnjega časa sloni na uporabi informacijsko-komunikacijskih tehnologij, ki omogočajo večjo učinkovitost in produktivnost. Sama proizvodnja, uporaba in razgradnja ima negativne posledice na okolje, za organizacije pa predstavlja strošek. Namen diplomskega dela je podrobneje raziskati trende in prakse uporabe okolju prijaznejših informacijsko-komunikacijskih tehnologij v podatkovnih centrih organizacij in raziskati, katere so okolju prijaznejše tehnologije, s katerimi lahko organizacije zmanjšajo negativne slabe vplive na okolje in znižajo operativne stroške povezane z IKT.

## 1.2 Cilji diplomskega dela

Organizacije uporabljajo pri poslovanju informacijsko-komunikacijske tehnologije. Z vidika poslovanja organizacije je nakup, uporaba, vzdrževanje IKT in s tem povezane spremembe strošek za organizacijo. Prehod na koncept *Green IT* in okolju prijaznejših tehnologij zahteva spremembe v obstoječi IKT infrastrukturi, kot tudi na ostalih področjih. Zato se prvo raziskovalno vprašanje glasi:

- a.) Kako lahko vpeljava *Green IT* in okolju prijaznejših informacijsko-komunikacijskih tehnologij v podatkovne centre organizacij vpliva na njihovo poslovanje?

Proizvodnja in uporaba tehnologij in s tem povezani elektronski odpadki pomembno obremenjujejo okolje, zato je v okviru trajnostnega razvoja in družbeno odgovornega poslovanja organizacij pomembno poiskati rešitve, ki zmanjšujejo negativne vplive na okolje. Drugo raziskovalno vprašanje je:

- b.) Kako lahko vpeljava *Green IT* in okolju prijaznejših informacijsko-komunikacijskih tehnologij v podatkovne centre organizacij vpliva na okolje?

## 1.3 Metode dela

Pri iskanju odgovorov na zastavljena vprašanja so uporabljene kvalitativne metode raziskovanja. V začetnem delu so preko analize in interpretacije sekundarnih virov predstavljeni bistveni gradniki informacijsko-komunikacijskih tehnologij, podatkovnih centrov ter koncept *Green IT*. Sledi pregled regulativ, standardov in programov spodbud

ter tehnologije in strategije povezane s konceptom *Green IT*. Pregled in analiza primerov dobrih praks omogoča vpogled v načine, kako so velike mednarodne organizacije pristopile k uporabi okolju prijaznejših tehnologij. Pri analizi sekundarnih virov so uporabljeni dostopni viri strokovne literature vladnih in nevladnih organizacij, akademskih ustanov, analitskih hiš in proizvajalcev iz področja IKT. Zaradi nenehnih sprememb in novosti na področju IKT je večina virov pridobljenih s pomočjo spleta, s čimer so v analizo zajeti najnovejši viri informacij.

Empirični del temelji na metodi individualnega, delno strukturiranega intervjuja. V intervjuju sta sodelovala dva udeleženca z večletnimi izkušnjami s področja IKT, ki sta s svojimi pogledi, mnenji in pričevanji iz prakse pripomogla k poglobljenemu vpogledu v izbrano temo diplomske naloge.

## **2 TEORETIČNI OKVIR**

### **2.1 INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE IN *GREEN IT***

#### **2.1.1 Definicija informacijsko-komunikacijskih tehnologij**

Sam pojem informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT) je običajno razumljen kot razširjen pojem informacijskih tehnologij (IT) oz. računalništva na splošno. Hkrati je tudi bolj natančen pojem, ki poudarja vlogo in integracijo komunikacijskih tehnologij, računalniške strojne in programske opreme ter ostalih tehnologij, ki so potrebne za shranjevanje, dostop, prenos in manipulacijo podatkov in informacij. (Tutor2u 2015) Informacijsko-komunikacijske tehnologije so del informacijskih sistemov (IS), ki integrirajo tehnologije in poslovne procese.

Informacijskih sistemov in informacijsko-komunikacijskih tehnologij ni mogoče enačiti. Informacijske-komunikacijske tehnologije (IKT) le prenašajo, obdelujejo ter hranijo informacije, medtem ko so informacijski sistemi (IS) integralni sistem, ki združuje ljudi, procese, programsko opremo in informacijsko tehnologijo. Informacijski sistemi podpirajo cilje posameznika, organizacij in družbe. (Watson in Boudreau 2012)

Kljub pomembnemu razlikovanju med informacijskimi tehnologijami in informacijskimi sistemi, v nadaljevanju za potrebe diplomskega dela ne bo pomembnega razlikovanja.

### **2.1.2 Definicija koncepta *Green IT***

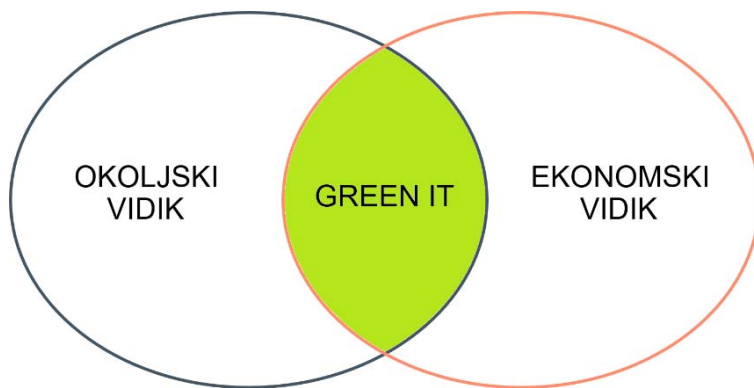
Po pregledu dostopnih virov je mogoče zaslediti, da se v zvezi s konceptom *Green IT* pojavljajo različne, relativno splošne definicije samega pojma, kot tudi oblike. V angleščini zasledimo sledeče pojme, med katerimi so *Green IT* (zelene informacijske tehnologije), *Green Computing* (zeleno računalništvo), *Green ICT* (zelene informacijsko komunikacijske tehnologije), *ICT sustainability* (trajnostne informacijsko-komunikacijske tehnologije) in druge.

Organizacija International Federation of Green Information & Communication Technology definira koncept *Green IT* kot teoretični in praktični pristop k okolju prijaznemu računalništvu, ki upošteva vse aspekte proizvodnje, uporabe in razgradnje. Pri tem se spopada z izzivi, kot so kako in pod kakšnimi pogoji so materiali za naprave in same naprave proizvedene, vključno s porabljeno energijo, na kakšen način je izveden transport naprave do končnega uporabnika, koliko energije naprava ob uporabi potroši ter ravnanje z odsluženimi napravami. Gre torej za minimalizacijo negativnih vplivov in spodbujanje uporabe okolju prijaznejših produktov pri proizvodnji, skozi podaljševanje uporabe energijsko varčnejših IT naprav uporabljenih na učinkovit način glede na dejanske potrebe uporabnika in so po uporabi odgovorno zavržene. (International Federation of Green Information & Communication Technology 2011). Po tej definiciji se koncept *Green IT* osredotoča predvsem na učinkovitost proizvodnje, uporabe in razgradnje tehnologije.

V dostopni angleški literaturi se pojavlja tudi termin *IT for Green* ali *IT for Environmental Sustainability*. Koncept *IT for Green* se osredotoča predvsem na zmožnost tehnologij pri zagotavljanju orodij za podporo odločanju, ki vključujejo platforme za meritve, simulacije, modeliranje, poročila, revizije in druge, s katerimi omogočajo organizacijam ugotavljanje dejanskega stanja ter omogoča zasledovanje ciljev družbeno odgovornega poslovanja. (Murugesan 2008)

V nadaljevanju zaradi očitne soodvisnosti med obema konceptoma, ne bo pomembnega razlikovanja med *Green IT* in *IT for Green*. Zato je za potrebe diplomskega dela koncept *Green IT* definiran kot oblikovanje in optimalno upravljanje z informacijsko-komunikacijskimi tehnologijami skozi njihovo življenjsko obdobje, pri čemer mora zadovoljiti poslovne potrebe in cilje uporabnikov (tj. organizacij) na stroškovno učinkovit način. Koncept vključuje izdelavo, uporabo in razgradnjo IKT, kot tudi uporabo in analitično pomoč IKT pri zniževanju stroškov in negativnih vplivov na družbeno in naravno okolje povezanih z delovanjem in poslovanjem organizacije. Po principu trajnostnega razvoja je potrebno pri uvedbi *Green IT* pretehtati tako ekonomski, kot tudi okoljski vidik.

Slika 2.1: Definicija "Green IT"



### 2.1.3 *Green IT* kot trend v IT industriji

V zadnjih desetletjih hitrega razvoja, z razmahom interneta, spleta, osebnega računalništva in potrebah po neomejeni dostopnosti informacij, je prišlo tudi do spoznanja o negativnih posledicah uporabe tehnologije.

Raziskava Info-Tech Research Group iz leta 2007, ki je raziskovala trend zelenega računalništva med vodji informacijskih oddelkov, ugotavlja da je večino organizacij zaskrbljenih glede povečanja stroškov porabljene električne energije in okoljske tematike povezane z informacijskimi tehnologijami. Hkrati ugotavljajo, da je veliko število organizacij, ki kljub izkazani veliki zaskrbljenosti vseeno ne vpeljujejo praks, ki bi optimizirale stroške in minimizirale negativne posledice za okolje. (Info-Tech Research Group 2007)

Podjetje Gartner, svetovalna in raziskovalna hiša specializirana za področje IT, vsako leto sestavi listo desetih strateško pomembnih tehnoloških trendov. Pri pregledu objavljenih poročil od leta 2007 do leta 2010 je opaziti, da je za leto 2008 *Green IT* na vrhu trendov, ki bodo vplivali na IT industrijo v naslednjih 3 letih. Gartner opozarja, da je v pripravi vedno več regulativ, ki bodo potencialno omejevala organizacije pri gradnji in širitvi podatkovnih centrov, saj so podatkovni centri zaradi negativnih vplivov na energetska omrežja ter negativnih posledic za okolje pod drobnogledom regulatorjev. Hkrati nekatere organizacije, s poudarkom na družbeno odgovornem delovanju spreminjajo politike, ki vplivajo na strategije in odločitve v zvezi z informacijskimi sistemi. Gartner nadaljuje, da bo energetska učinkovitost pomemben dejavnik pri presoji ter izbiri informacijskih tehnologij ter predlaga, da organizacije pripravijo alternativne plane za zagotovitev potreb po rasti kapacitet v podatkovnih centrih. (Gartner 2007a)

V poročilu za leto 2009 prvo mesto med trendi zasede virtualizacija strežniške infrastrukture, medtem ko *Green IT* zasede 10. mesto. Gartner še vedno opozarja, da se stopnjuje pritisk regulatorjev na IT industrijo in uporabnike po energetske učinkovitih in okolju prijaznejših tehnoloških rešitvah. Hkrati ugotavlja, da lahko pristop k energetske učinkoviti in okolju prijaznejši uporabi tehnologij prav tako zadosti potrebam organizacij. (Gartner 2008)

Poročilo za leto 2010 koncepta *Green IT* ne uvršča med deset strateško pomembnih tehnoloških trendov, se pa na četrtem mestu, za *Cloud Computing*, *Advanced Analytics* in *Client Computing* uvrsti koncept *IT for Green*. Pri tem Gartner poudarja, da so IT oddelki v organizacijah lahko pobudnik zelenih iniciativ, kot je npr. prehod na brezpapirno poslovanje (*e-documents*). Hkrati lahko IT zagotovi analitična orodja, ki so v pomoč organizaciji pri zniževanju stroška energije in pri zasledovanju ostalih ciljev družbeno odgovornega delovanja. (Gartner 2009)

Iz poročil analitske hiše Gartner o strateško pomembnih tehnoloških trendih izhaja, da je koncept *Green IT* uvrščen visoko med trendi v industriji informacijske tehnologije med leti 2008 in 2010, kar sovpada s pričetkom ekonomske krize in potrebami organizacij po stroškovni optimizaciji poslovanja. Gartner pričakuje, da se bodo organizacije pri odločitvah o nakupu novih IKT osredotočile predvsem na zniževanje stroškov povezanih



z uporabo tehnologij. V letu 2010 se pojavi koncept *IT for Green*, ki poudari predvsem uporabo IKT pri vpeljavi inovativnih rešitev, ki omogočajo izpeljavo zelenih iniciativ v organizaciji, z namenom učinkovitejšega poslovanja celotne organizacije. Čeprav se v Gartnerjevih nadaljnjih poročilih o strateških tehnoloških trendih izraz *Green* ne pojavlja več, se med deset najpomembnejših trendov uvrščajo tehnologije in rešitve, ki jih lahko vseeno štejemo med okolju prijaznejše tehnologije, kot je na primer virtualizacija. Kar kaže na to, da koncept učinkovitejše in okolju prijaznejše uporabe tehnologij še ni zamrl. Tehnologije in strategije, ki jih lahko štejemo v koncept *Green IT* pa so natančneje predstavljene v nadaljevanju.

#### **2.1.4 Motivacija za vpeljavo koncepta *Green IT***

Pri pregledu literature in po pričakovanjih analitske hiše Gartner iz prejšnjega poglavja se zdi, da so najbolj očitni motivacijski faktor za vpeljavo zelenih tehnologij koristi iz poslovanja organizacij, predvsem znižanje stroškov povezanih z uporabo same tehnologije. Tudi po ožji definiciji koncepta *Green IT*, se le ta osredotoča na pozitivne vplive na poslovanje skozi energijsko učinkovitost. Vendar motivacija za vpeljavo *Green IT* ni nujno povezana samo s pričakovanimi pozitivnimi vplivi na poslovanje organizacije.

V raziskavi »*Organizational Green Motivations for Information Technology: Empirical Study*« sta avtorja Molla in Aberashi iz RMIT Univerze raziskovala vpliv ekološke usmerjenosti organizacije pri vpeljavi *Green IT* in *IT for Green*. Pri tem se sklicujeta na teorijo organizacijske motivacije ter podatke iz njune raziskave 176 organizacij v Avstraliji, Novi Zelandiji in ZDA. V raziskavi uporabljena teorija organizacijske motivacije pojasnjuje motive za dejanja organizacije, ki jo vidi kot kolektivni »jaz« in katere obnašanje je odvisno od motivacijskih faktorjev človeka. Motivacijo sta definirala kot potrebo in željo, ki spodbudi aktivnost posameznika in organizacije. V kontekstu informacijskih tehnologij je bila za potrebe raziskave motivacija definirana kot želja, ki spodbudi dejanja organizacije pri vpeljavi sprememb v IT sistem. V kontekstu odziva organizacije na okolje pa so bili identificirani trije motivacijski dejavniki: konkurenčnost, legitimacija in družbena odgovornost. Dejavniki konkurenčnosti se nanaša na željo organizacije po profitabilnosti z zniževanjem operativnih stroškov in izboljšanjem učinkovitosti; dejavniki legitimacije na željo po poslovanju v skladu z zakonskimi in

okoljevarstvenimi normami; dejavnik družbene odgovornosti pa na željo po nesebičnem, etičnem delovanju v družbenem in naravnem okolju. Motive organizacije sta razdelila glede na vir (lokus) ali na tip (fokus). Glede na vir so motivi interne ali eksterne narave. Eksterni motivi izvirajo iz formalnih (npr. država) ali neformalnih družbenih institucij (npr. tržišče). Glede na tip motiva pa sta jih razdelila na ekonomske in socio-politične. (Molla in Abareshi 2012)

Tabela 2.1: Motivacijski dejavniki *Green IT* glede na vir in tip motivacije

		Vir motivacije	
		Interni	Eksterni
Tip motivacije	Ekonomski	Eko-učinkovitost	Eko-odzivnost
	Socio-politični	Eko-uspešnost	Eko-legitimnost

Vir: Molla in Abareshi (2012).

V omenjeni raziskavi so bili tako opredeljeni štirje motivi (tabela 2.1):

1. Eko-učinkovitost (*Eco-Efficiency*)

Je motiv internega izvora in ekonomskega fokusa. Gre za željo organizacije po vpeljavi praks in tehnologij, ki zmanjšujejo negativne vplive uporabe informacijskih tehnologij na okolje ter hkrati sledijo ekonomskim ciljem organizacije skozi zmanjševanje stroškov.

2. Eko-uspešnost (*Eco-Effectiveness*)

Motiv internega izvora in socio-ekonomskega fokusa. Organizacija vpeljuje prakse in tehnologije, ki sledijo vrednostnemu sistemu organizacije, iz ne-ekonomskih razlogov.

3. Eko-odzivnost (*Eco-Responsiveness*)

Motiv eksterne izvora in ekonomskega fokusa. Vpeljevanje zelenih tehnologij in praks je odziv na potrebe in zahteve tržišča.

4. Eko-legitimnost (*Eco-Legitimacy*)

Motiv, ki ga sprožijo politični in socialni pritiski, katerim je izpostavljena organizacija. Politični pritiski so lahko regulative, standardi in davki. Socialni

pritisak izhaja iz institucionalnega okolja v katerem organizacija deluje. (Molla in Abareshi 2012)

Avtorja Molla in Abereshi v zaključku raziskave ugotavljata, da je večina organizacij v raziskavi sprejela politike nakupa in uporabe okolju prijaznejših tehnologij ter prakse upravljanja z elektronskimi odpadki. Ugotavljata tudi, da je manjši delež tistih, ki so vpeljali tehnologije za izboljšanje energetske učinkovitosti. Motivacija za sprejem politik in praks *Green IT* je internega izvora, usmerjena tako v doseganje ekonomskih, kot tudi socio-političnih ciljev. Motiv eko-učinkovitosti, ki je internega izvora in ekonomskega fokusa, ima močan vpliv na vpeljavo okolju prijaznejših tehnologij. Motiv eko-uspešnosti, motiv internega izvora in socio-ekonomskega fokusa pa ima močan vpliv na vpeljavo zelenih politik in praks. To pomeni, da sta občutek za družbeno odgovornost in okoljska strategija izredno pomembna pri razvoju in vpeljavi specifičnih, okolju prijaznejših in politik in praks. (Molla in Abareshi 2012)

V skupni raziskavi, cca. 1000 organizacij v dvanajstih državah, IBM in Info-Tech Research Group ugotavljata, da organizacije v 60% vpeljujejo zelene politike in prakse iz poslovnih vzgibov. (Info-Tech Research Group 2015) Organizacije spoznavajo, da vpeljavo zelenih tehnologij ni pozitivna le za družbeno in naravno okolje, temveč tudi za njihovo poslovanje. Socio-politično okolje bo organizacijam postavljalo vedno večje zahteve po družbeno in okoljsko odgovornem delovanju. Na ravni držav so zahteve postavljene v zakonskih okvirih in standardih (poglavje 2.3 in 2.4).

## **2.2 PODATKOVNI CENTER**

V nadaljevanju sta natančneje predstavljena pojem in zgodovina podatkovnega centra, ki v organizacijah predstavlja centralno točko IKT v organizacijah.

### **2.2.1 Definicija podatkovnega centra**

Podatkovni center (ang. *Data Center*) je poseben objekt v katerem se nahaja fizična in virtualna infrastruktura, ki jo sestavljajo strežniki, pomnilniški sistemi za shranjevanje podatkov, komunikacijski sistemi in ostale komponente. Infrastruktura v podatkovnih centrih je namenjena procesiranju, shranjevanju ter posredovanju večjih količin podatkov. V podatkovnih centrih se nahaja tudi podporna infrastruktura, kot so sistemi

za napajanje, hlajenje, komunikacijske povezave ter varnostni sistemi, namenjeni poganjanju pomembnih aplikacij za poslovanje organizacij in zagotavljanju neprekinjene dostopnosti in varnosti. (Gartner 2016)

Zaradi potreb po neprekinjenem poslovanju ter s tem povezani nemoteni dostopnosti podatkov in varovanja informacij, večje organizacije svoje zmogljivosti podvojijo in razpršijo na več lokacij oz. podatkovnih centrov. S tem je v primeru izpada centralnega sistema (npr. v primeru katastrofe) omogočeno nadaljnje poslovanje. Ne glede na razpršenost sistemov, se termin »podatkovni center« občasno uporablja tudi za sklicevanje na oddelek, ki je odgovoren za upravljanje z IKT. (Gartner 2015)

Manjše organizacije in oddaljene lokacije večjih organizacij uporabljajo ti. strežniške sobe, ki so namenjene shranjevanju IKT naprav. Strežniške sobe se nahajajo tudi v podatkovnem centru. Razlike so torej predvsem v obliki in velikosti ter poslovnih zahtevah, medtem ko je primarna funkcija v osnovi enaka. Zato v nadaljevanju ne bo pomembnega razlikovanja med podatkovnim centrom in strežniško sobo.

### **2.2.2 Zgodovina podatkovnih centrov**

V kolikor definiramo podatkovne centre kot objekt, v katerem se nahaja infrastruktura za preračunavanje in shranjevanje podatkov, skupaj s podporno infrastrukturo, kot je varno hranjenje podatkov in zagotovljeno napajanje, potem začetki podatkovnih centrov segajo v leto 1946, ko so zgradili računalniški center Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC), namenjen shranjevanju topniških strelskih kod za U.S. Army Ballistic Research Laboratory. Pred tem ni bilo primerljivega računalniškega sistema. Celotna infrastruktura se je raztezala na površini cca. 170 m<sup>2</sup> in je za svoje delovanje potrebovala 150 KW moči. ENIAC je bil v uporabi do leta 1955. (Greuner 2013)

Z izumom tranzistorja, leta 1947 v Bellovih laboratorijih, se začne nov mejnik v zgodovini računalništva. Leta 1954 je Texas Instruments pričel s serijsko proizvodnjo silicijevih tranzistorjev, istega leta je bil predstavljen tudi prvi splošno-namenski računalnik (TRADIC – Transistorited Airborne Digital Computer). Komercialni razvoj se je pričel v 60-ih letih, ko se je pričelo obdobje centralnih računalnikov. Do tega obdobja so centralne računalniške sisteme uporabljale predvsem državne inštitucije v posebne

namene s potrebami po varnem okolju za shranjevanje podatkov. Z razvojem in povečanjem zmogljivosti, se je pokazala potreba po razdelitvi strojne opreme na manjše enote, s čimer bi omogočili učinkovitejšo uporabo razpoložljivih virov. Tako se je rodil koncept virtualizacije, ki je omogočil tehnologijo simultane poganjanje več aplikacij. Prvi tak sistem v splošni uporabi je bil na voljo leta 1972 z IBM VM/370 operacijskim sistemom. (Greuner 2013)

Prvi superračunalnik CDC 6600 so zgradili pri Control Data Corporation in je moderni predhodnik današnjih superračunalniških podatkovnih centrov. CDC 6600 je bil daleč najhitrejši računalnik svojega časa in je bil v uporabi do leta 1977. (Greuner 2013)

Leta 1973 se je razvila ideja o neprekinjenem poslovanju. SunGard je vzpostavil sistem za neprekinjeno poslovanje oz. definiral načrte za obnovo IKT sistemov v primeru izpada centralnega računalniškega sistema. (Greuner 2013)

Izum Intel 4004 procesorja leta 1971 je spodbudil ideje o tem, da bi lahko bili računalniki dostopni v fizično manjši obliki. Xerox Alto, ki sicer ni uporabljal Intelovega procesorja, je bil prvi računalnik, ki bi lahko vodil v izumrtje centralnih računalniških sistemov (mainframe). To je bil prvi računalnik, ki je uporabljal grafični vmesnik in 3-tipkovno miško, vendar ni bil v prodaji. (Greuner 2013)

Infrastruktura za povezovanje računalnikov je prvič zagledala luč sveta leta 1977, ko je podjetje Datapoint Corporation vzpostavilo sistem ARCNET (Attached Resource Computer Network), s čimer so preko koaksialnih kablov povezali Datapoint 2200 računalnike na skupni disketni sistem, ki so ga uporabljali za shranjevanje podatkov. ARCNET je komunikacijski protokol za lokalna omrežja in je bil v tistem času omrežni sistemi za povezovanje mikroračunalnikov. V 80-ih letih je bil popularen sistem za avtomatizacijo pisarniških nalog. Leta 1975 je Xerox patentiral Ethernet, ki se je izkazal kot bolj praktičen komunikacijski protokol za računalniška omrežja in je bil prvič standardiziran leta 1983 kot IEEE 802.3 protokol. (Greuner 2013)

Centralni računalniki so bili velikanski in dragi sistemi, ki so potrebovali veliko količino virov in prostora za delovanje in hlajenje. Leta 1981 je IBM predstavil prvi osebni namizni računalnik IBM 5150 in s tem prenesel računalniške zmogljivosti iz centralne

računalniške sobe na doseg rok inženirjev, analitikov, statistikov in drugih uporabnikov. Ti so v naslednjih letih pričeli uporabljati osebne namizne računalnike, ki so potrebovali malo vzdrževanja in so imeli enostavno hlajenje a so bili hkrati po zmogljivosti primerljivi centralnim računalnikom v 60-ih letih. (IBM 2015)

Z razmahom osebnih računalnikov v organizacijah je primarna ideja po virtualizaciji kot večopravilna rešitev za centralne računalnike zamrla, vse do poznih 90-ih let, ko se je začel prehod osebnih namiznih računalnikov v objekte centralnih računalnikov. V povezavi s stroškovno dostopno omrežno infrastrukturo se je začela doba strežniških odjemalcev ter ideja o kolokaciji in zunanjih podatkovnih centrih. (Greuner 2013)

Razvoj in popularizacija interneta v 90-tih letih je prinesel široko sprejetje podatkovnih centrov v organizacijah, ki so zahtevale stalno pristnost na internetu, omrežno povezljivost in kolokacijske storitve. Internetni ponudniki in IKT podjetja so pričela z izgradnjo velikanskih podatkovnih centrov z več tisočimi strežniki in organizacijam ponudile model podatkovnih centrov kot storitev. (Greuner 2013)

Z razmahom osebnega računalništva in podatkovnih centrov, ki so sledili poslovnim potrebam organizacij, se je izrazito povečala potreba po električni energiji za napajanje in hlajenje. Po opozorilih strokovnjakov o negativnih posledicah prekomerne porabe električne energije, so se proizvajalci strojne opreme osredotočili na razvoj energijsko učinkovitejših produktov, ki bi omogočili nadaljnjo rast podatkovnih centrov ter ublažili potrebe po hlajenju. Pričelo se je obdobje pametnega oblikovanja podatkovnih centrov s poudarkom na učinkovitosti hladilnih sistemov ter pretočnosti zračnih tokov v podatkovnih centrih. (Greuner 2013)

Modularni podatkovni centri so ena od inovativnih oblik modernega podatkovnega centra. Za tako obliko je običajno, da se vsa infrastruktura pomembna za delovanje podatkovnega centra nahaja v prirejenem ladijskem zabojniku. Leta 2007 je podjetje SUN Microsystems predstavilo model SUN Blackbox, 20 čevljev velik ladijski zabojnik, ki je vseboval IKT infrastrukturo z 280 strežniki. V tistem času se je pričelo obdobje oživitve ideje o virtualizaciji, tokrat kot tehnologiji za konsolidacijo strežniške infrastrukture. (Greuner 2013)

### **2.2.3 Tradicionalni podatkovni centri**

Tradicionalni podatkovni centri oz. »silos« podatkovni centri so v veliki meri odvisni in omejeni od fizične infrastrukture t.j. strežnikov, pomnilniških sistemov za shranjevanje podatkov in komunikacijskih naprav oz. omrežja. Fizična infrastruktura, uporabljena za izključno en namen, s tem določa količino podatkov, ki jo je mogoče shraniti, uporabiti ter obdelati z vidika podatkovnega centra kot celote. Podatkovni centri so tudi fizično omejeni glede velikosti in prostora, v katerega je mogoče shraniti potrebno strojno opremo. S potrebo po upravljanju z večjo količino podatkov se povečajo potrebe tudi po strojni opremi, ki jo je potrebno shraniti v omejen prostor ter hkrati poskrbeti za ustrezno okolje za optimalno delovanje. Zaradi fizičnih omejitev »silosne« postavitve, kjer so viri v podatkovnem centru namenjeni izključno enemu namenu, je tradicionalni podatkovni center za današnje razmere nefleksibilen, slabo izkoriščen in neučinkovit. Po splošnih ocenah je izkoriščenost virov, ki so na voljo, le okoli 30%. Tradicionalni podatkovni centri so značilni za obdobje poznih devetdesetih in začetku 2000, v času rasti interneta in spletnih strani, ko se je povečala potreba po fizičnem shranjevanju večjega števila podatkov. (Miniman 2015)

### **2.2.4 Moderni podatkovni centri**

V času med leti 2003 do 2010, v času virtualizacijske revolucije, se je začelo obdobje modernih, virtualiziranih podatkovnih centrov. Virtualizacija omogoča vzpostavitev t.i. bazenov virov, iz tradicionalnih fizičnih silosov, s katerimi so vsi viri podatkovnega centra na voljo glede na dejanske potrebe. V dobi virtualizacije se je povečala fleksibilnost in učinkovitost podatkovnih centrov ter izkoriščenost virov, ki so na voljo. V eni od raziskav je leta 2001 več kot 72% organizacij odgovorilo, da so njihovi podatkovni centri vsaj 25% virtualizirani. Izkoriščenost virov v virtualiziranih podatkovnih centrih je po splošnih ocenah okoli 50%. (Miniman 2015)

Kljub pozitivnim učinkom virtualizacijske tehnologije, le ta ni rešila vseh izzivov, saj je še vedno potrebno upravljati tako s fizično infrastrukturo kot tudi z virtualnimi viri. V današnjem času lahko organizacije porabijo do 80% sredstev namenjenih za informacijski sistem samo za operacije povezane z upravljanjem in vzdrževanjem IT okolja. Na voljo je nekaj načinov, kako dodatno optimizirati lastne podatkovne centre: s poenostavitvijo IT okolja in prehodom na konvergenčno infrastrukturo in privatni oblak

ali s celotnim ali delnim prenosom funkcij podatkovnega centra na ponudnike oblačnih storitev. (Miniman 2015)

Razvoj podatkovnih centrov se nadaljuje v smeri programskih podatkovnih centrov (ang. *Software Defined Data Center*), ki omogočajo avtomatizirano dodeljevanje virov glede na dinamične potrebe ter upravljanje s fizično in virtualno infrastrukturo. S popolno avtomatizacijo in enotno točko upravljanja so viri v podatkovnem centru bolje izkoriščeni ter hitreje prilagodljivi, ne samo med aplikacijami, ampak tudi med podatkovnimi centri. S programskimi podatkovnimi centri bi lahko dosegli večjo izkoriščenost virov, okoli 70%. (Miniman 2015)

## **2.3 REGULATIVE**

Povečano zavedanje in skrb za zdravje in okolje je vodilo v sprejem regulativ in zavezujočih standardov na področju proizvodnje in uporabe elektronskih naprav ter ravnanju z elektronskimi odpadki, ki se nekoliko razlikujejo glede na zahteve nacionalnih držav in se skozi čas spreminjajo in prilagajajo strategiji trajnostnega razvoja.

Proizvajalci tehnoloških rešitev morajo pred vstopom produktov na trg zadostiti določenim splošnim pogojem, ki posredno in neposredno vplivajo na proizvodnjo, prodajo in uporabo elektronskih naprav ter na ravnanje z elektronskimi odpadki. V nadaljevanju so predstavljene najbolj splošno uveljavljene regulative in standardi, povezane predvsem s proizvodnjo, prodajo in uporabo elektronskih naprav na trgih Evropskega gospodarskega prostora in Združenih držav Amerike.

### **2.3.1 CE (Conformité Européenne)**

V območju razširjenega enotnega trga v Evropskem gospodarskem prostoru (EGP) se CE certifikat od leta 1995 pojavlja na izdelkih, za katere je EGP ocenila, da izpolnjujejo zahteve glede varnosti ter varovanja zdravja in okolja. S tem certifikatom proizvajalec izjavlja, da izdelek izpolnjuje vse zakonske zahteve in se lahko prodaja na območju EGP, ne glede na to, v kateri državi je izdelek proizveden. Za določene izdelke je CE certifikat obvezen pogoj za prodajo v območju EGP. (Evropska komisija 2016)



Slika 2.2: Znak CE



Vir: Evropska komisija (2016).

### **2.3.2 FCC Declaration of Conformity**

Podobno kot je CE certifikat obvezen za prodajo in uporabo izdelkov v območju EGP, je FCC certifikat za območje Združenih držav Amerike. Vsi produkti, ki imajo potencial za povzročitev radijskih emisij in motenj frekvenc drugih naprav morajo izpolnjevati tehnične zahteve FCC, ki jih določa Federal Communications Commission, agencija za komunikacije pod nazdom Ameriškega kongresa. (The Federal Communications Commission 2016b)

Slika 2.3: Znak FCC Declaration



Vir: The Federal Communications Commission (2016a).

### **2.3.3 WEEE (Waste of electrical and electronic equipment)**

Prva WEEE Direktiva 2002/96/EC (Direktiva o odpadni električni in elektronski opremi) je stopila v veljavo leta 2003 in je odgovor Evropske Unije na izredno povečanje elektronskih odpadkov. Leta 2005 se je v EU nabralo 9 milijonov ton elektronskih odpadkov, pričakuje pa se povečanje na 12 milijonov ton do leta 2020. Elektronske naprave in odpadki vsebujejo zdravju in okolju škodljive snovi, hkrati pa njihova proizvodnja zahteva uporabo redkih in dragocenih snovi. Namen direktive je izboljšati upravljanje z elektronskimi odpadki ter prispevati k novemu sistemu krožnega gospodarstva ter učinkovitosti uporabe naravnih virov. Za doseganje omenjenega cilja je bistvenega pomena izboljšanje zbiranja, obdelave in recikliranja elektronskih odpadkov, kot tudi druge oblike ponovne uporabe elektronski naprav, s čimer bi zmanjšali obseg e-odpadkov. (Evropska komisija 2015b)

Slika 2.4: Znak WEEE



Vir: Evropska komisija (2015b).

Po definiciji so elektronske naprave, ki so del WEEE direktive, združene v 10 kategorij, nekatere vojaške in medicinske naprave pa so iz direktive izključene.

Prva WEEE direktiva leta 2003 je zagotovila zbirne sheme, ki omogočajo uporabnikom elektronskih naprav brezplačno vračilo odsluženih naprav na zbirnih mestih. Odgovornost in financiranje za upravljanje z elektronskimi odpadki pa je na strani proizvajalcev. Leta 2014 je v veljavo vstopila popravljena Direktiva 2012/19/EU z namenom nasloviti problematiko naraščanja elektronskih odpadkov. (Evropska komisija 2015b)

V skladu z WEEE direktivo 2012/19/EU je bila v Sloveniji leta 2015 sprejeta Uredba o odpadni električni in elektronski opremi. Uredba določa pravila ravnanja z odpadno električno in elektronsko opremo, skladno z WEEE direktivo 2012/19/EU, z namenom prispevanja k trajnostnemu razvoju. Uredba določa dolžnosti proizvajalca in distributerja pri označevanju elektronske in električne opreme (standard SIST EN 50419:2006) ter pravila ravnanja z odpadno elektronsko in električno opremo. (Uredba o odpadni električni in elektronski opremi)

WEEE direktiva je tesno povezana z RoHS in RoHS 2 direktivo.

#### **2.3.4 RoHS (Restriction of hazardous substances directive)**

Leta 2003 je v veljavo stopila tudi direktiva EU o omejevanju uporabe določenih nevarnih snovi v električni in elektronski opremi (RoHS), kot so svinec (Pb), kadmij (Cd), živo srebro (Hg), šestvalentni krom (hex-Cr), polibromiran bifenil (PBB), polibromiran difenil eter (PBDE). Leta 2008 je Evropska komisija predlagala revizijo RoHS direktive. Od leta 2013 je v veljavi prenovljena direktiva (RoHS 2), ki poleg zgoraj omenjenih

šestih nevarnih snovi dodaja še štiri: bi (2-etilheksil) ftalat (DEHP), butil benzil ftalat (BBP), dibutil ftalat (DBP) in diizobutil ftalat (DIBP). (Evropska komisija 2015a)

Vse naprave, ki so definirane v desetih kategorijah v WEEE direktivi (z izjemo 8. in 9. kategorije) morajo biti skladne z RoHS direktivo, ki je sedaj tudi integralni del zahtev za CE certificiranje izdelkov. Predvidoma bodo v letu 2016 in kasneje bodo morale naprave iz 8. in 9. kategorije prav tako izpolnjevati zahteve RoHS. (Evropska komisija 2015b)

RoHS tako regulira uporabo nevarnih snovi v električnih in elektronskih napravah, medtem ko WEEE regulira upravljanje z odpadnimi elektronskimi in električnimi napravami, ki vsebujejo nevarne snovi.

### **2.3.5 REACH**

REACH je regulativa Evropske Unije, Evropske agencije za kemikalije, ki je bila sprejeta z namenom izboljšati zaščito človekovega zdravja in okolja pred tveganji, ki jih lahko predstavljajo škodljive kemikalije. Prav tako regulativa spodbuja alternativne metode za oceno nevarnosti kemikalij z namenom zmanjševanja uporabe poskusov na živalih. Ker se regulativa nanaša na vse kemične substance posledično vpliva na celotno proizvodno industrijo, vključno s proizvodnjo elektronske in električne opreme. V kolikor želijo proizvajalci delovati v skladu z REACH regulativo morajo identificirati in upravljati s tveganji povezanimi s snovmi, ki jih proizvajajo in tržijo v območju Evropske Unije. Prav tako morajo proizvajalci prikazati, kako se uporabljene snovi v njihovih proizvodih varno uporabljajo ter uporabnikom ustrezno komunicirati ukrepe za obvladovanje tveganj. Regulativa je začela veljati v letu 2007. (Evropska komisija za kemikalije 2016)

## **2.4 PROGRAMI IN SPODBUDE**

Poleg omejitev z namenom varovanja okolja in ljudi je v svetu je veliko vladnih in nevladnih združenj, ki pripravljajo priporočila, programe in spodbude ter določajo industrijske standarde za naprave, tehnologije in objekte, ki so energetske učinkovitejši in okolju prijaznejši. V nadaljevanju so predstavljeni nekateri prepoznavni programi in spodbude organizacij, ki se tako ali drugače nanašajo na tehnologije povezane s podatkovnimi centri.

### 2.4.1 ENERGY STAR

ENERGY STAR je prostovoljni program Agencije za zaščito okolja ZDA (EPA), ki je bil vzpostavljen leta 1992. Cilj programa je prepoznavanje in spodbujanje energetske učinkovitih naprav in objektov z namenom zmanjšanja porabe energije, izboljšanje energetske varnosti in zmanjševanje onesnaževanja preko označevanja izdelkov, ki izpolnjujejo najvišje standarde energetske učinkovitosti. (ENERGY STAR 2016b)

ENERGY STAR program poleg certificiranja produktov in stavb uporabnikom omogoča uporabo orodij in priporočil za uporabo produktov na energetske učinkovit in ekonomičen način. Kljub širokemu področju elektronskih naprav, ki jih program zajema, poslovnim uporabnikom ponuja natančne strategije energetske učinkovite optimizacije informacijsko-komunikacijskih tehnologij. (ENERGY STAR 2016b)

Slika 2.5: Znak ENERGY STAR namenjen označevanju produktov



Vir: ENERGY STAR (2016b).

Agencija za zaščito okolja ZDA v sklopu kampanije *ENERGY STAR Low Carbon IT Campaign* organizacijam pomaga pri zmanjšanju porabe energije ter posledično zmanjševanju negativnih vplivov na okolje. Kampanja priporoča šest načinov za optimizacijo uporabe tehnologij:

- uporabo stanja mirovanja,
- izbira energetske učinkovitih IT in komunikacijskih naprav,
- vpeljava dvanajstih ENERGY STAR priporočil za varčevanje z energijo v podatkovnih centrih,
- merjenje energetske učinkovitosti podatkovnih centrov,

- zmanjšanje porabe energije periferne IT opreme,
- načrtovanje gradnje energetske učinkovitega podatkovnega centra in učinkovita uporaba podporne opreme (npr. sistemi za hlajenje, napajanje itd.). (ENERGY STAR 2016d)

ENERGY STAR ločeno izdaja tudi priporočila za strežnike, pomnilniške sisteme za shranjevanje podatkov, omrežno in komunikacijsko opremo, sisteme za neprekinjeno napajanje kot tudi za celotne podatkovne centre. Vse ENERGY STAR certificirane naprave morajo imeti določene lastnosti in funkcije za varčevanje z energijo. (ENERGY STAR 2016b)

#### 2.4.2 80 PLUS

80 PLUS program je prostovoljni program za certificiranje, namenjen promociji uporabe energetske učinkovitih napajalnih enot za napajanje naprav. Energetska učinkovitost napajalnikov je običajno spregledan faktor pri odločitvi o nakupu IT opreme, čeprav pomembno vpliva na stroške uporabe tehnologije ter upravljanju s porabljeno energijo. Napajalne enote so energetske najbolj učinkovite v kolikor so obremenjene med polovico in tremi četrtinami kapacitete. V kolikor je napajalna enota energetske manj učinkovita, se preostanek neuporabljene energije pretvori v toploto in se s tem povečuje potreba po hlajenju enote in okolja. Z učinkovito uporabo napajalnika se podaljšuje tudi njegova življenjska doba in se zmanjšuje možnost okvar. (Ecova Plug Load Solutions Website 2016)

Slika 2.6: Oznake 80 PLUS certifikatov



Vir: Ecova Plug Load Solutions Website (2016).

Napajalna enota lahko pridobi 80 PLUS certifikat, v kolikor dosega minimalne kriterije določenega nivoja certifikacije pri 20%, 50% in polni 100% obremenjenosti ter faktorju moči minimalno 0,9. Certifikacija ima 6 nivojev: 80 PLUS, 80 PLUS Bronze, 80 PLUS

Silver, 80 PLUS Gold, 80 PLUS Platinum in 80 PLUS Titanium. Zaradi poslovnih potreb po neprekinjenem delovanju je praksa, da imajo naprave, kot tudi sami podatkovni centri, redundantno (vsaj n+1) oz. najmanj podvojeno napajanje. (Ecova Plug Load Solutions Website 2016)

Tabela 2.2: Učinkovitost 80 PLUS certificiranih napajalnih enot ob določeni obremenitvi

80 PLUS certifikacija	230V EU int. ne-redundantno			230V EU int. redundantno		
	20%	50%	100%	20%	50%	100%
<b>80 PLUS</b>	82%	85%	82%	---	---	---
<b>80 PLUS Bronze</b>	85%	88%	85%	81%	85%	81%
<b>80 PLUS Silver</b>	87%	90%	87%	85%	89%	85%
<b>80 PLUS Gold</b>	90%	92%	89%	88%	92%	88%
<b>80 PLUS Platinum</b>	92%	94%	90%	90%	94%	91%
<b>80 PLUS Titanium</b>	94%	96%	94%	94%	96%	91%

Vir: Ecova Plug Load Solutions Website (2016).

### 2.4.3 EU Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency

Leta 2008 je Evropska komisija, kot odgovor na vse večjo porabo energije za potrebe podatkovnih centrov, zaradi zmanjšanja negativnih vplivov na okolje in gospodarsko in energetske oskrbo, predstavila kodeks ravnanja za lastnike, uporabnike in proizvajalce podatkovnih centrov. Cilj kodeksa je informirati in spodbuditi k zmanjšanju porabe električne energije na stroškovno učinkovit način brez odrekanja kritičnim funkcijam. Kodeks ravnanja naj bi cilje dosegal z ozaveščanjem ter priporočili najboljših energetske učinkovitih praks. Gre za prostovoljno pobudo z namenom zblížati vse deležnike k skupnemu cilju energetske učinkovitosti podatkovnih centrov ter posledično zmanjšanje potreb ter porabe energije v EU. (Evropska komisija 2008)

### 2.4.4 ISO

International Organization for Standardization (ISO) je neodvisna mednarodna organizacija s sedežem v Švici, ki razvija prostovoljne in dogovorjene mednarodne standarde na različnih področjih. Ustanovljena je bila leta 1946. Namen standardizacije produktov, storitev in sistemov je zagotavljanje kakovosti, varnosti in učinkovitosti. Do sedaj so objavili več kot 21.000 mednarodnih standardov. (ISO 2016) Najbolj poznan je

certifikat za upravljanje s kvaliteto ISO 9001, za področje *Green IT* v podatkovnih centrih pa sta zanimiva tudi ISO 14001 in ISO 50001:2001.

ISO 14001 je neobvezen mednarodno dogovorjen standard za vzpostavitev upravljalnega sistema za ravnanje z okoljem, ki organizacijam pomaga identificirati, upravljati, spremljati in nadzorovati z okoljem povezano problematiko na enoten in celovit način. Ta zahteva, da organizacije pri svojem poslovanju upoštevajo vsa okoljska vprašanja, kot so onesnaževanje zraka in voda, ravnanje z odpadki, onesnaženost tal, učinkoviti uporabi virov ter svoje aktivnosti prilagajajo blažiti podnebnim spremembam. (ISO 2015)

ISO 50001:2001 določa zahteve za vzpostavitev, izvajanje, vzdrževanje in izboljšanje sistema za ravnanje z energijo. Sistematičen pristop, ki vključuje meritve porabe energije, dokumentiranje in poročanje, ter oblikovanje procesov in praks naročanja opreme in sistemov, omogoča doseganje boljše energetske učinkovitosti. (ISO 2011)

#### **2.4.5 The Green Grid in PUE**

The Green Grid je mednarodno, neprofitno združenje ponudnikov in uporabnikov tehnoloških rešitev. Ustanovljeno je bilo leta 2007 s strani enajstih podjetij: AMD, APC, Dell, Hewlett-Packard, IBM, Intel, Microsoft, Rackable Systems, SprayCool, Sun Microsystems and VMware. (eWeek 2007)

Združenje skozi različne mehanizme in vzpostavitev metodologij pomaga članom in ostalim uporabnikom vzpostaviti temelje za odgovorno in učinkovito upravljanje z informacijsko-komunikacijskimi ekosistemi. Združenje je s promocijo pripomoglo k popularizaciji metode za merjenje energetske učinkovitosti podatkovnih centrov ti. *Power Usage Effectiveness (PUE)* indeks. PUE indeks je enostavna metoda za spremljanje energetske učinkovitosti podatkovnega centra in omogoča organizacijam spremljanje vpliva vpeljanih sprememb v podatkovni center skozi čas. Prav tako omogoča primerjavo energetske učinkovitosti med podatkovnimi centri. Z javnimi objavami dobrih rezultatov PUE indeksa organizacije med seboj ustvarjajo tekmovalnost v čim boljšem doseganju energetske učinkovitosti. (Uptime Institute 2014)

PUE indeks je mogoče enostavno izračunati po sledeči formuli:

$$\text{PUE} = \frac{\text{celotna poraba energije zgradbe podatkovnega centra}}{\text{poraba energije IKT opreme v podatkovnem centru}}$$

Idealen PUE indeks ima vrednost 1,0. To pomeni, da je vsak watt porabljene električne energije za napajanje podatkovnega centra porabljen za napajanje IT infrastrukture. PUE indeks z vrednostjo 2,0 pomeni, da je za vsak porabljen watt za napajanje IT infrastrukture porabljen še en watt za napajanje zgradbe podatkovnega centra in podporne opreme (kot npr. hlajenje, osvetlitev itd.) (Uptime Institute 2014)

V raziskavi, ki jo je v letih 2011 do 2014 opravljal Uptime Institute, je bila povprečna vrednost PUE indeksa podatkovnih centrov leta 2011 pri 1,89. Tri leta kasneje se je povprečje izboljšalo na 1,7. Približno polovica udeležencev v raziskavi je odgovorilo, da je njihov cilj vrednosti PUE indeksa med 1,2 in 1,5, skoraj 40% pa cilja na rezultat med 1,5 in 2,0. (Uptime Institute 2014).

Kljub kritikam in diskusijam strokovnjakov, ki opozarjajo da je PUE indeks zaradi enostavnega in preveč posplošenega izračuna predvsem marketinško orodje ter ne pove veliko o dejanski učinkovitosti, je PUE indeks široko sprejet v industriji, saj omogoča enostavno merjenje in spremljanje energetske učinkovitosti podatkovnega centra. (Sverdlik 2014b)

#### **2.4.6 LEED**

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) je svetovno uveljavljen certifikacijski program, ki spodbuja gradnjo objektov v skladu s politiko trajnostnega razvoja. Program je razvila neprofitna organizacija US Green Building Council (USGBC), ki podeljuje tri nivoje LEED certifikatov (Silver, Gold in Platinum). Najvišji nivo certifikata označuje najvišjo stopnjo okoljsko odgovorne gradnje in učinkovito uporabo virov. Certifikat lahko pridobijo različne stavbe, stanovanjske in tiste namenjeni komercialni rabi, kot tudi celotne soseske. (USGBC 2016)

Glede na pogoje za LEED certifikacijo, so nekatere karakteristike LEED certificiranega podatkovnega centra sledeče:



- napredni in učinkoviti sistemi za hlajenje,
- učinkovita poraba energije,
- uporaba čiste energije za rezervne napajalne sisteme,
- uporaba obnovljivih virov energije,
- premišljena zasnova in gradnja objekta. (Lifeline Data Centers 2014)

#### **2.4.7 ASHRAE Foundation**

The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning (ASHRAE) je organizacija z več kot 50.000 člani, osredotočena na trajnostni razvoj objektov in kakovost notranjega zraka. Organizacija izdaja publikacijo ASHRAE Handbook ter postavlja globalne standarde s področja tehnologij za ogrevanje, hlajenje, ventilacijo in kakovost zraka v zaprtih prostorih. Posebno pozornost posvečajo standardom in izdajanjem priporočil za gradnjo in uporabo podatkovnih centrov. Zaradi povečane uporabe elektronskih naprav znotraj prostorov, še posebej zaradi gostote le-teh v podatkovnih centrih in kritičnosti za poslovanje sistemov, so ustanovili odbor ASHRAE TC9.9. Odbor je izdal publikaciji »Thermal Guidelines for Data Processing Environments« in »Datacom Equipment Power Trends and Cooling Applications« z namenom zagotoviti standarde operativnih pogojev za elektronske naprave in metodologijo za merjenje in poročanje o okoljskih značilnostih podatkovnih centrov. (ASHRAE 2016)

#### **2.4.8 Greenpeace**

Greenpeace je neodvisna globalna organizacija, prisotna v več kot 55. državah po svetu z več kot 2,8 milijona podpornikov. Cilj organizacije je zaščita okolja in promocija miru skozi spremembe v odnosih in vedenju globalne družbe. Začetki organizacije sežejo v leto 1971, ko so prostovoljci in novinarji protestirali proti degradaciji okolja na severu Aljaske, kjer so ZDA izvajale podzemne nuklearne teste. (Greenpeace 2016a)

Organizacija je leta 2005 izkazala večje zanimanje za vplive IT na okolje, ko so naslovili problematiko povečanja elektronskih odpadkov. Posvečajo se tudi problematiki ogljičnega odtisa in energetske učinkovitosti ter spodbujajo k uporabi obnovljivih virov energije. Greenpeace nadzira proizvajalce IT opreme, periodično objavlja poročila o

napredku proizvajalcev IT in jih spodbuja k odgovornemu pristopu k razvoju novih rešitev. (Greenpeace 2016d)

Čeprav Greenpeace veliko pozornosti namenja predvsem potrošniškim elektronskim napravam, opozarja tudi na porast velikih podatkovnih centrov, z visoko porabo umazane električne energije, ki so posledično odgovorne za pomemben delež ogljičnega odtisa. (Greenpeace 2012)

## **2.5 GREEN IT TEHNOLOGIJE IN PRAKSE**

V nadaljevanju so predstavljene in opisane tehnološke rešitve in prakse, ki jih lahko organizacije uporabijo pri prehodu v *Green IT* v podatkovnih centrih. ENERGY STAR predlaga več načinov kako povečati energetske učinkovitost v podatkovnih centrih: virtualizacija strežnikov, odstranitev neuporabljenih ali slabo izkoriščenih strežnikov, konsolidacija slabo izkoriščenih strežnikov, optimizacija upravljanja s shranjenimi podatki, nakup in uporaba energetske učinkovite opreme, optimizacija vročih in hladnih območij znotraj podatkovnega centra, uporaba pregrad za preprečevanje mešanja toplega in hladnega zraka ter optimizirano hlajenje ohišij, uporaba prilagodljivih ventilatorjev, primerno upravljanje s pretokom zraka, prilagoditev temperature in vlage v okolju podatkovnega centra, in uporaba zunanjšega zraka in/ali vode pri hlajenju podatkovnega centra. (ENERGY STAR 2016a)

Nekateri avtorji poleg načinov, ki jih poudarja ENERGY STAR, omenjajo še druge, s katerimi lahko organizacije »pozelenijo« svoje podatkovne centre. Pri tem poudarjajo predvsem optimizacijo upravljanja z infrastrukturo podatkovnega centra, konsolidacijo ter uporabo virtualizacijske tehnologije, uporabo nizko energetskih (ang. *low power*) strežnikov, uporabo modularnih podatkovnih centrov, izrabo brezplačnih in obnovljivih naravnih virov za napajanje in hlajenje ter prehod v oblak. (Venkatraman 2013) Omenjene rešitve so natančneje predstavljene v nadaljevanju.

### **2.5.1 Fizična infrastruktura in strojna oprema**

Pri optimizaciji IKT infrastrukture v podatkovnih centrih in širše bi morale biti organizacije še posebej pozorne na optimizacijo fizične infrastrukture oz. strojne opreme ter na naprave za hlajenje in odvajanje odvečne toplote. Poudarek je na

napajanju in hlajenju, saj je tu mogoč največji prihranek energije, kar posledično pomeni zmanjšanje stroškov in negativnih vplivov na okolje.

### **2.5.1.1 Napajanje**

Energetsko učinkovito napajanje strojne opreme, kot tudi napajanje celotnega podatkovnega centra, pomembno pripomore k zniževanju operativnih stroškov ter zmanjševanju negativnih okoljskih vplivov.

Osnovna funkcija napajalnika je pretvarjanje izmenične električne energije iz omrežja v enosmerno napetost (npr. iz 220-230V v električnem omrežju v 3,3V, 5V in 12V). (TechTerms.com 2009) Strojna oprema v podatkovnih centrih zaradi potreb po visoki razpoložljivosti običajno uporablja vsaj podvojene napajalnike (vsaj  $n+1$ ), ki omogoča delovanje ob izpadu kateregakoli napajalnika. Zato je odločitev pri izbiro napajalnikov predvsem v duhu prakse neprekinjenega delovanja. V redundantni postavitvi napajalnikov, si le-te enakovredno razporedijo breme. V primeru izpada enega ali več napajalnikov morajo delujoči napajalniki prevzeti celotno obremenitev do zamenjave okvarjenega napajalnika, s čimer poveča njihova obremenitev. (True Power Research 2001)

Napajalniki strojne opreme so zaradi svoje zasnove neučinkoviti. Energetska učinkovitost napajalnika je določena z razmerjem med izhodno močjo in vhodno močjo. Razlika je neizkoriščena moč, ki se pretvori v odpadno toploto, ki jo je potrebno odvajati iz naprave oz. okolja, v kateri se nahaja. Učinkovitost napajalnikov ni konsistentna glede na obremenjenost. Napajalniki so najbolj učinkoviti pri 50% obremenitvi oz. med polovico in tremi četrtinami kapacitete. V kolikor so napajalniki obremenjeni pod 50% ali nad 75% proizvajajo več odpadne toplote, ki jo je potrebno odvajati v okolje. Toplota je tudi glavni krivec za okvare in zmanjšuje življenjsko dobo naprav. (True Power Research 2001)

Poleg napajanja posameznih naprav znotraj podatkovnega centra je potrebno v duhu neprekinjenega poslovanja zagotoviti tudi napajanje celotnega objekta podatkovnega centra. Poleg IT opreme so veliki porabniki električne energije še ostale naprave pomembne za delovanje podatkovnega centra, kot so sistemi za usmerjanje zraka,

hladilni sistemi, sistemi za neprekinjeno napajanje (UPS) in generatorji, varnostne naprave (kot so alarmi in protipožarna zaščita) ter osvetljava. Podobno, kot napajanje posamezne naprave velja tudi za napajanje celotnega podatkovnega centra, vendar v večjem obsegu. Običajno so vsi viri napajanja vsaj podvojeni, vključno z nadomestnimi viri napajanja, kot so UPS sistemi in dizelski ali plinski generatorji. (The Green Grid 2012)

Učinkoviti in okolju prijaznejši podatkovni centri uporabljajo električno energijo iz obnovljivih naravnih virov. Vodna energija je med obnovljivimi viri najbolj zanesljiv vir energije. Konstantna razpoložljivost, neodvisnost od nihanja globalnih cen surovin in tehnologija vodnih turbin, ki omogoča učinkovito pretvorbo v električno energijo, so odlična alternativa tradicionalni proizvodnji energije iz fosilnih virov. Večina podatkovnih centrov nima enostavnega dostopa do vodnih virov, ki bi omogočali proizvodnjo električne energije, zato bi lahko do čiste energije dostopali z nakupom in dobavo energije iz lokalne hidroelektrarne. Ostali obnovljivi viri so manj zmogljivi in zanesljivi. Sončna energija je po svoji naravi dostopna le polovico dneva in odvisna od vremenskih razmer. V primerjavi s sodobnimi vodnimi turbinami, ki dosegajo več kot 90% učinkovitosti pri pretvorbi v električno energijo, so sončne elektrarne učinkovite le 20%. Celotni stroški namestitve in vzdrževanja sončne elektrarne velikokrat presežejo dejanske energetske koristi. Podobno je z vetrno energijo, ki je pri pretvorbi v električno bolj učinkovita od sončne energije. Tako sončna kot vetrna energija zahtevata veliko prostora za shranjevanje pridobljene električne energije za čas, ko sonce in veter nista na voljo. (Justin in Yetman 2015)

#### **2.5.1.2 Hlajenje**

Hladilni sistemi so kritični del infrastrukture podatkovnega centra, ki zagotavljajo primerno temperaturo za delovanje elektronskih naprav ter s tem podaljšujejo njihovo življenjsko dobo. Naprave porabljajo električno energijo za svoje delovanje, pri čemer proizvajajo odpadno toploto. V kolikor hlajenje ni zagotovljeno, se oprema zaradi segrevanja poškoduje ali uniči. Proizvedeno toploto je potrebno odstraniti iz elektronskih naprav oz. iz zaprtega okolja podatkovnega centra. Same naprave že zaradi lastne oblike ali s pomočjo ventilatorjev odpadno toploto odvajajo v okolje in s tem zagotavljajo

primerno delavno temperaturo. Hlajenje podatkovnega centra pa zahteva večje naprave in več načrtovanja. Na voljo je več pristopov k problematiki hlajenja podatkovnega centra. (Clark 2012)

Hlajenje v tradicionalnem smislu vključuje uporabo klimatskih naprav v strežniški sobi, ki odpadno toploto odvajajo izven podatkovnega centra. Osnovne konfiguracije takega sistema omogočajo hlajenje celotne sobe, le določene vrste strežniški omar ali določene strežniške omare. Za hlajenje celotne sobe je klimatska naprava postavljena tako, da relativno enakomerno ohlaja celotno sobo. Ta pristop je zaradi mešanja hladnega in vročega zraka relativno neučinkovit. Izboljšanje učinkovitosti takšnega pristopa je mogoče z ločevanjem hladnega in vročega zraka v sobi. (Clark 2012)

Najbolj pogost pristop je z uporabo dvignjenega poda oz. visokega pritličja (ang. *raised floor*), pri katerem klimatska naprava dovaja hladen zrak pod tlemi, od koder se z ventilatorji vpihuje v prostor. Odpadna toplota se dvigne proti stropu, kjer ga klimatska naprava zbere, ohladi in vrne pod dvignjen pod. Toplota pa je odstranjena iz objekta. (Clark 2012)

Za zagotavljanje še večje učinkovitosti hlajenja, nekateri podatkovni centri uporabljajo vroče in hladne hodnike, ki ločijo in preprečujejo mešanje vročega in hladnega zraka. Vhodne odprtine elektronske opreme za dovajanje hladnega zraka so obrnjene proti hodniku s hladnim zrakom, izpušne odprtine pa proti hodniku z vročim zrakom. Pri tem je pomembno tudi, da je prehod iz hladnega v vroč hodnik usmerjen in kontroliran, kar je dodatno mogoče doseči z zapolnitvijo neuporabljenih rež v strežniški omari in elektronski opremi. Nekateri pristopi vključujejo tudi uporabo pregrad med strežniško omaro in stropom strežniške sobe. (Clark 2012)

Hlajenje s hladilno tekočino je običajno bolj učinkovito od zračnega hlajenja in predvsem primerno za okolja z večjo gostoto elektronske opreme (npr. superračunalnik). Tak hladilni sistem predstavlja večji tehnični izziv in je povezan z višjimi stroški vzpostavitve. Dodatno težavo predstavlja tudi možnost uhajanja tekočine in posledično poškodovanje ali uničenje elektronskih naprav. Pristopov k hlajenju s tekočino je več. Običajno je tekočina uporabljena za hlajenje zraka v strežniški sobi ali vrsti strežniških omar.

Nekateri pristopi dovajajo hladilno tekočino v notranjost elektronskih naprav in direktno hladijo same komponente. (Clark 2012)

Brezplačno hlajenje (ang. *free cooling*) izrablja naravne danosti okolja, v katerem se nahaja podatkovni center in zmanjšuje uporabo tradicionalnih hladilnih sistemov. Primeri takih sistemov so uporaba filtriranega zunanjega zraka ali hlajenje s pomočjo direktnega ali indirektnega izhlapevanja. Primeri takega načina hlajenja so velikokrat povezani tudi z dvigom delovne temperature znotraj podatkovnega centra, kar zmanjšuje intenzivnost hlajenja. (Clark 2012)

### **2.5.1.3 Shranjevanje podatkov in pomnilniške enote**

Sistemi za shranjevanje podatkov in pomnilniške enote so različni načini shranjevanja podatkov na elektro magnetske in druge pomnilniške medije. Različne oblike sistemov za shranjevanje podatkov imajo določene funkcije v računalniških sistemih. Poleg shranjevanja na fizične medije, kot so trdi diski in trak, so sedaj na voljo tudi drugačni načini shranjevanja, kot je na primer shranjevanje in dostop do podatkov shranjenih na oddaljeni lokaciji ali v oblaku. (Techopedia 2016)

V samem središču podatkovnih centrov se nahajajo večji sistemi za shranjevanje podatkov. Gre za fizično infrastrukturo, ki predstavlja centralno skladišče za podatke, ki omogoča upravljanje, varovanje ter visoko razpoložljiv dostop do podatkov. Podatki, ki morajo biti vedno na voljo, so fizično shranjeni na večjem številu pomnilniški medijev (običajno trdi diski) povezanih v enoten sistem oz. na diskovnih poljih. Podatki, ki so namenjeni arhivu, pa so arhivirani na trakovih v podatkovnih knjižnicah, ki so bolj obstojni in stroškovno učinkovitejši način shranjevanja podatkov za daljše časovno obdobje. (TechTarget) Po nekaterih raziskavah so sistemi za shranjevanje podatkov tretji največji porabnik napajanja v podatkovnih centrih. (Hitachi 2009) Ob vzponu novih trendov v IT industriji in njeni uporabi se povečuje potreba po kapacitetah za shranjevanje podatkov. V letu 2012 je večina podatkovnih centrov poročala o 10-24% predvideni rasti podatkov. (ENERGY STAR 2016č)

Trdi diski podatke shranjujejo na vrtljive, elektro magnetske plošče (diske), podatki pa se zapisujejo in berejo s pomočjo magnetne bralno-pisalne glave. Trdi diski so na voljo

v različnih oblikah glede na fizično velikost in načina priklopa ter po hitrosti vrtenja in razpoložljivi kapaciteti. (Santo Domingo 2016) Premikajoči deli trdega diska, kot so elektro magnetske plošče, ki jih poganjajo elektromotorji in se vrtijo pri visokih hitrostih, z vsakim zagonom porabijo energijo. Z zmanjšanjem porabe energije trdih diskov se zmanjšujejo tudi potrebe, ki jih morajo zadovoljiti ostale komponente znotraj sistemov in v okolju podatkovnega centra, kot so napajalniki in sistemi za hlajenje. Hkrati se z manjšo potrebo po energiji ter zmanjšanjem segrevanjem podaljšuje zanesljivost in življenjska doba trdega diska, kar pomeni manj okvar in potrebnih zamenjav. Nekaj energije je mogoče privarčevati z uporabo fizično manjših diskov (3,5 inčev proti 2,5 inčev), počasneje vrtečih se diskov ter diskov, ki imajo manjše število plošč. (Hitachi 2009) Organizacije in IT oddelki so pri izbiri diskovnih sistemov običajno osredotočeni predvsem na zadovoljevanje poslovnih potreb, kot so kapaciteta, zmogljivost ter ostalih lastnosti in značilnosti sistema in zanemarjajo energetska učinkovitost.

Slika 2.7: Pogled v notranjost trdega diska



Vir: The Cool Gadgets (2016).

Vrteči magnetni diski so od 50-tih let prejšnjega stoletja steber shranjevanja podatkov. Razvoj t.i. flash tehnologije in SSD diskov (ang. *Solid State Drive*) je v zadnjih letih spremenil način shranjevanja podatkov, predvsem z vidika zmogljivosti in mehanskih karakteristik. SSD disk, kljub imenu, za shranjevanje podatkov ne uporablja gibljivih delov, kot je disk in bralno-pisalna magnetna glava. Ker za shranjevanje podatkov uporablja spominski čip je bolj odporen na fizične tresljaje in mehanske okvare, je tišji ob uporabi, in hitreje zapisuje in bere podatke. (Santo Domingo 2016) Poleg že omenjenih prednosti SSD tehnologije, je pričakovana življenjska doba SSD diskov za

večje diskovne sisteme daljša, dodatne prednost v primerjavi s trdimi diski pa je manjša poraba energije in zmanjšanje odpadne energije – toplote. SSD tehnologija ima tudi nekatere omejitve, kot so izraba, omejena kapaciteta ter cena. (Dewayne 2015)

Po priporočilih ENERGY STAR za podatkovne centre morajo organizacije pri izbihi sistemov za shranjevanje sprejemati kompleksne odločitve upoštevajoč poslovne potrebe, kot so dosegljivost podatkov, politike shranjevanja, avtomatizacijo, povezave med sistemi, vzpostavitev sekundarnega centra v primeru katastrofe, bodoče rasti podatkov, morebitnega prehoda v oblak, fizične omejitve in druge. Optimizirano upravljanje s sistemi za shranjevanje podatkov lahko močno pripomore k energetski učinkovitosti podatkovnega centra. (ENERGY STAR 2016d)

Pri izboljšanju učinkovitosti shranjevanja podatkov lahko pomembno pripomorejo tudi strategije konsolidacije in tehnologije kompresije, deduplikacije in *thin provisioning-a* (več o tem v poglavju 6).

#### **2.5.1.4 Nizko energetska strežniki**

V podatkovnih centrih današnjega časa prevladujejo strežniki na osnovi x86 tehnologije. Potrebe organizacij po nenehnih izboljšavah na področju energetske učinkovitosti in trajnostnemu pristopu uporabe ženejo v razvoj alternativnih rešitev. Nekateri proizvajalci, kot sta Hewlett Packard Enterprise (do 1. novembra 2015 podjetje Hewlett-Packard) in DELL, so razvili nizko energetske strežnike. Bistvena razlika je v uporabi procesorjev, ki jih poznamo iz industrije mobilnih telefonov, kjer je izjemno pomembno ravnovesje med zmogljivostjo in porabo energije. S tako alternativno rešitvijo se pričakuje predvsem izredno dobro stopnjo izkoriščenosti strežnikov, s čimer se zmanjšajo operativni stroški in vpliv na okolje - tako z manjšo porabo energije, kot tudi z vidika hlajenja infrastrukture. (Venkatraman 2013)



Slika 2.8: Nizko energetske strežnik HPE Moonshot



Vir: Hewlett Packard Enterprise (2015).

Primer take alternativne strežniške arhitekture je HPE Moonshot, razvit v laboratorijih Hewlett Packard Enterprise (HPE), namenjen specifičnim potrebam (npr. za gostovanje mobilnih aplikacij, spletnih strani itd.). Zaradi eksplozivne rasti količine podatkov, ki za obdelavo potrebujejo vse večje podatkovne centre, in posledično spremeni ekonomika podatkovnih centrov ter poveča njihov vpliv na okolje. HPE Moonshot v enem združuje upravljanje, napajanje, hlajenje, omrežne povezave ter z razporeditvijo obremenitve na več enot povečuje računsko zmogljivost in hkrati zmanjšuje porabo. Po ocenah HPE Moonshot porabi do 89% energije ter potrebuje 80% manj fizičnega prostora, kot tradicionalna strežniška rešitev. V kolikor bi zamenjali 100.000 standardnih strežnikov s HPE Moonshot rešitvijo, bi zmanjšali emisije toplogrednih plinov primerljivih učinku odstranitvi 18.000 osebnih vozil iz prometa. (Hewlett Packard Enterprise 2015)

### **2.5.2 Programska oprema**

Programska oprema so različni programi, ki se uporabljajo pri uporabi računalniške strojne opreme in povezanih naprav. Programsko opremo je mogoče ločiti na aplikacije (programi, zanimivi za delo končnih uporabnikov), sistemsko programsko opremo (tj. operacijski sistemi ter programi, ki so temelj, na katerih tečejo aplikacije) ter vmesno programsko opremo (ang. *middleware*, ki skrbi za povezovanje različnih programskih tipov). (TechTarget 2016c) Strojna oprema za svoje delovanje in komunikacijo z drugimi komponentami uporablja strojno-programsko opremo (ang. *firmware*), ki omogoča

spremljanje, nadzor in upravljanje z napravo in se nahaja na bralnem pomnilniku (ang. *read-only memory*) strojne opreme. (TechTerms.com 2016)

### **2.5.2.1 Optimizacija programske opreme in zeleno programiranje**

Kot sam pristop zelenega računalništva, se tudi zeleno programiranje osredotoča na okoljski vpliv programske opreme. Koncept *Green-ess in software* je osredotočenost na zmanjšanje negativnih vplivov same programske opreme na okolje, pri čemer je potrebno v vsaki fazi razvoja programske opreme, od aplikacijske ravni vse do strojne opreme, upoštevati tudi vpliv na okolje. Koncept *Green-ess by software* je osredotočenost na metode in tehnike ter razvoj programske opreme, ki omogoča optimizirano izrabo razpoložljivih infrastrukturnih virov. (Elsevier 2014)

Pristop *Green IT*, iniciative in regulatorji, so osredotočeni predvsem na zmanjšanje porabe energije ter zmanjšanju negativnih vplivov pri proizvodnji, uporabi ter razgradnji strojne opreme. Tako zanemarjajo pomen programske opreme, ki jo poganja. Čeprav programska oprema ni pomemben direkten porabnik energije, indirektno vpliva na delovanje in uporabo strojne opreme. (Basar Bener in drugi 2014) Zaradi nerazdružljivega odnosa med programsko in strojno opremo je pomembno, da je programska koda optimizirana tako, da zagotavlja vse funkcionalnosti programske opreme, ki jo pričakuje uporabnik, ob čim nižji izrabi virov, ki jih zagotavlja strojna oprema. Doba izjemno hitrega razvoja računalniških tehnologij, nižanja stroškov za razvoj ter zahtevam tržišča po hitri in širši dostopnosti do novih rešitev je privedla do zanemarjanja optimizacije programske kode. Učinkovitost programiranja je bila ocenjena predvsem iz ekonomskega vidika. Ne-optimizirana in neučinkovita programska koda zahteva večje obremenitve strojne opreme, kar posledično vpliva na porabo energije ali neplanirano zamenjavo strojne opreme za zmogljivejšo. Enostavnost, hitrost in manjša poraba virov so karakteristike zelenega programiranja. Enostavnejša in hitrejša kot je aplikacija, hitreje jo bodo uporabniki sprejeli in uporabljali. Manj sistemskih virov kot jo potrebuje aplikacija za njeno delovanje, bolj zelena je programska oprema. (Shojaee 2007)

### **2.5.2.2 Virtualizacija**

Virtualizacija strežnikov je razdelitev virov fizičnega strežnika s pomočjo programske opreme za potrebe večjega števila virtualnih strežnikov. S tem se zmanjša potreba po fizičnih strežnikih, saj le te gostijo več virtualnih strežnikov. (VMWare 2016)

Virtualizacija aplikacij omogoča ločitev programa od operacijskega sistema, na katerem se izvaja. Popolnoma virtualizirana aplikacija se v času izvajanja obnaša enako, kot da je nameščena na izvornem operacijskem sistemu in v stiku z viri, ki jih upravlja. Tako virtualizacija aplikacij omogoča poganjanje aplikacije na ne-izvornem operacijskem sistemu ter aplikacije, ki jih lahko zaženemo iz različnih prenosnih medijev. (Husain 2008)

Virtualizacija omrežja omogoča združitev virov in funkcionalnosti fizičnega in programskega nivoja omrežja v enotno administrativno enoto. Gre torej za oblikovanje enotnega, logičnega virtualnega omrežja, ki je ločen od omejitev fizične omrežne infrastrukture. (VMWare 2016)

Virtualizacija namizja je programska rešitev, ki omogoča ločitev namizja končnega uporabnika in povezanih aplikacij od fizične naprave, ki se uporablja za dostop. Primer take rešitve je namizje končnega uporabnika, ki ga poganja strežnik iz podatkovnega centra in ne osebni računalnik. (Knorr 2010)

### **2.5.2.3 Računalništvo v oblaku**

Ameriški Nacionalni inštitut za standarde in tehnologijo (National Institute of Standards and Technology), zvezna agencija Ministrstva za trgovino (U.S. Department of Commerce) je računalništvo v oblaku definiral kot enostaven dostop do širokega nabora računalniških virov (npr. omrežja, strežnikov, prostora za shranjevanje podatkov, aplikacij in ostali storitev), ki jih je mogoče hitro zagotoviti ali enostavno opustiti z minimalnim vpletanjem ponudnika oblačne storitve. Model oblačnega računalništva je sestavljen iz petih osnovnih značilnosti, treh modelov storitev in štirih načinov izvedbe. (NIST 2010)

Osnovne značilnosti računalništva v oblaku so, da uporabnik samostojno izvede nakup zmogljivosti glede na lastne potrebe brez ali z minimalno komunikacijo s ponudnikom

storitve. Zmogljivosti so preko omrežja široko dostopne skozi standardizirane mehanizme, ki podpirajo različne odjemalce (npr. mobilni telefoni, tablice, prenosniki in delovne postaje). Računalniški viri ponudnika so združeni na način, ki omogoča dostop do istih virov več uporabnikom hkrati, preko virtualizacijskih tehnologij in oblačne programske opreme. Tako se fizični in virtualni viri dinamično razporejajo glede na potrebe uporabnikov. Hkrati uporabnik izgubi nadzor in občutek nad tem, kje se viri, ki jih uporablja, dejansko nahajajo. Visoka elastičnost storitev v oblaku omogoča uporabniku enostavno spreminjati obseg zakupljenih storitev, ki se zdijo neomejene in dostopne v vsakem trenutku. Avtomatizacija in spremljanje porabe oblačnih storitev omogoča ponudnikom enostaven obračun, uporabnikom pa transparenten nadzor. (NIST 2010)

Na voljo so trije nivoji storitvenih modelov:

- Infrastruktura kot storitev (ang. *IaaS – Infrastructure as a Service*) omogoča uporabnikom storitve upravljanje z IT infrastrukturo, kot je računska moč, hranjenje podatkov, omrežja ter ostale osnovne računalniške vire, ki omogočajo namestitvev in uporabo poljubne programske opreme.
- Platforma kot storitev (ang. *PaaS – Platform as a Service*) vključuje osnovne funkcionalnosti, orodja in programske jezike, ki uporabniku omogočajo namestitvev, poganjanje in nadzor aplikacij.
- Programska oprema kot storitev (ang. *SaaS – Software as a Service*) zagotavlja uporabniku poslovno programsko opremo in aplikacije, s katerimi upravlja ponudnik. Aplikacije so dostopne z različnih naprav, kadarkoli in kjerkoli. (NIST 2010)

Izvedbeni modeli:

- Javni oblak (ang. *Public Cloud*) je dostopen javnosti in nima posebnih omejitev pri njegovi uporabi. Storitve so na voljo kadarkoli, kjerkoli in komurkoli.
- Zasebni oblak (ang. *Private Cloud*) je dostopen in namenjen izključno uporabnikom znotraj organizacije, v katere lasti je. Dostop do storitev je omejen.

- Oblak skupnosti (ang. *Community Cloud*) je oblačna infrastruktura, ki si jo deli več organizacij in podpira določeno skupnost z določenim poslanstvom.
- Hibridni oblak (ang. *Hybrid Cloud*) so oblačne storitve, ki jih sestavljajo zmogljivosti javnega in zasebnega oblaka. (NIST 2010)

Z uporabo aplikacij v oblaku po eni strani organizacije lahko zmanjšajo potrebe po lastni IT infrastrukturi in s tem zmanjšajo tudi negativne vplive na okolje. Po raziskavi podjetja Accenture lahko organizacije izrazito zmanjšajo porabo energije in ogljični odtis, v kolikor nekatere poslovne aplikacije, kot so elektronska pošta, sistemi za upravljanje s strankami in deljenje vsebin, prenesejo v oblak. Manjše organizacije do 100 uporabnikov IT naj bi zmanjšale ogljični odtis do 90%. Večje organizacije z več tisoč IT uporabniki pa naj bi zmanjšale ogljični odtis za 30%. Z uporabo oblačnih storitev organizacije izkoristijo ekonomijo obsega in visoko operativno učinkovitost ponudnikov, kar je za IT oddelke posameznih organizacij praktično nemogoče. (Accenture 2010)

#### **2.5.2.4 Deduplikacija**

Organizacije se spopadajo s težavo shranjevanja podvojenih podatkov, ki zasedajo prostor in tudi na drugačne načine obremenjujejo informacijski sistem. S shranjevanjem nepotrebnih podatkov se povečuje potreba po prostoru za shranjevanje in obremenitev komunikacijskih poti, s čimer se posledično povečujejo stroški. Tehnologija deduplikacije omogoča odstranitev podvojenih podatkov. V kolikor deduplikacija poteka na nivoju datoteke, le ta odstrani podvojene kopije iste datoteke. Učinkovitejša tehnika je deduplikacija na blok nivoju, ki odstrani podvojene bloke podatkov različnih datotek. Deduplikacija na blok nivoju ima lahko določeno dolžino bloka, v zadnjem času pa je najpopularnejša deduplikacija s spremenljivo dolžino. (Microsoft 2015c)

#### **2.5.2.5 Thin Provisioning**

Termin *Thin Provisioning*, tanek pomnilnik ali tanka rezervacija, se uporablja v povezavi s sistemi za shranjevanje podatkov in označuje avtomatiziran proces, kjer je uporabniku določen le dejansko uporabljen prostor v določenem času. Tehnologija se običajno uporablja v centraliziranih sistemih za shranjevanje podatkov in odpravlja problematiko pretiranega nakupa prostorskih kapacitet in le-te usklajuje z dejanskimi potrebami. (J. Bigelow 2016)

### **2.5.2.6 Kompresija podatkov**

Kompresija ali stiskanje podatkov je proces učinkovitejšega kodiranja informacij, tako da za njihov zapis potrebno manj bitov kot bi jih bilo potrebno zapisati, v kolikor bi bila informacija zapisana v prvotni obliki. Stiskanje je možno z delno izgubo informacije (ang. *lossy*) ali brez (ang. *lossless*). V splošnem bi lahko tehnike stiskanja podatkov razdelili tudi na reverzibilne (povratne) in nereverzibilne (nepovratne). V kolikor je bila uporabljena kompresija brez izgube informacij (reverzibilna tehnika), je mogoče pri dekompresiji povrniti vse informacije. Pri kompresiji z delno izgubo informacije (nereverzibilna tehnika), pa je s kompresijo v taki obliki za vedno izgubljena. (Pujar in Kadlaskar 2010)

Kompresija podatkov tako omogoča zapisati več podatkov z manjšo porabo razpoložljivega pomnilniškega prostora. Prav tako zmanjša obremenitve vhodnih in izhodnih komunikacijskih kanalov pri prenosu informacij. (Pujar in Kadlaskar 2010)

### **2.5.3 Prakse in strategije**

Poleg tehnoloških rešitev za optimizacijo uporabe IKT infrastrukture je mogoče zmanjšati vpliv na okolje in stroške uporabe tehnologije tudi z odločitvami o spremembah v praksah in strategiji uporabe tehnologije, kot tudi s spremembami v poslovnih procesih.

#### **2.5.3.1 Podaljševanje življenske dobe strojne opreme**

Gordon Moore, eden od ustanoviteljev podjetja Intel, je leta 1965 opazil, da se število tranzistorjev na kvadratni centimeter integriranega vezja vsako leto in pol podvoji. Opažanje je sedaj poznano kot Moorov zakon in opisuje hitrost razvoja IKT tehnologij v zadnjih 40 letih. (Investopedia 2016) Še nekaj let nazaj je veljalo nenapisano pravilo, da je IKT oprema zastarela po 3 letih. Organizacije so hitro menjale zastarelo opremo z novejšo, posledica pa je pospešena proizvodnja nove strojne opreme in povečanje škodljivih elektronskih odpadkov. V zadnjem času se je razvoj nekoliko upočasnil, na voljo pa so tudi rešitve, s katerimi lahko organizacije podaljšajo uporabo že obstoječe infrastrukture in izrabijo obstoječe vire za zadovoljevanje poslovnih potreb. (J. Bigelow 2011)

Nakup IT opreme za organizacijo predstavlja kapitalni strošek, hkrati pa uporaba zastarele opreme vodi v poslovni rizik (npr. v primeru daljšega izpada) in višje operativne stroške. Organizacije se tako soočajo s težavo, kdaj obnoviti obstoječo tehnologijo. Proizvajalci programske in strojne opreme imajo veliko odgovornost pri doseganju cilja, ki bi omogočil trajnejšo uporabo. Dejavniki, ki prispevajo k odločitvam organizacij, da podaljšajo uporabo obstoječih tehnologij, so vzdržljivost in zanesljivost komponent, razpoložljivost in enostaven dostop do storitev vzdrževanja (rezervni deli, podaljševanje garancije in druge storitve vzdrževanja), možnost nadgradnje, varnost podatkov in poslovanja ter možnost nadzorovanega uničenja podatkov, ki omogoča obnovitev odslužene strojne opreme za namene nadaljnje prodaje in njene uporabe. (Green Electronic Council 2016).

### **2.5.3.2 Tovarniško obnovljena strojna oprema**

Nekateri proizvajalci so vzpostavili programe tovarniške obnove lastnih produktov. S tem naslavlja predvsem okoljsko problematiko proizvodnje novega produkta in podaljšujejo življenjsko dobo že obstoječega produkta, ki posledično kasneje postane elektronski odpadek. Hkrati uporabnikom omogočajo dostop do tehnologije po nižji nakupni ceni.

HPE Renew Program je tak primer programa tovarniško obnovljene strojne opreme, ki ga izvaja Hewlett Packard Enterprise (HPE). Obnovljeni produkti so podvrženi istim standardom kakovosti, so enako zanesljivi ter funkcionalni kot primerljiv nov produkt. Garancija na tovarniško obnovljene produkte je ista kot za enakovreden nov produkt, praviloma pa je prodajna cena v primerjavi z novim produktom občutno nižja. HPE trdi, da je več kot 80% obnovljenih produktov mlajših od 12 mesecev, saj gre za opremo, ki je bila vrnjena proizvajalcu iz različnih razlogov, kot so preklicana naročila, oprema namenjena za demonstracijo, vračila iz naslova t.i. Trade-In programa (odkup uporabljene opreme) ter iz naslova zmanjšanja zalog. Poleg tega, da HPE Renew program omogoča dostop tehnologije po dostopnejši ceni, so preko programa omogočene tudi nadgradnje starejših sistemov, za katere proizvodnja novih komponent ni več na voljo, uporabniki pa zaradi različnih razlogov ne želijo ali ne morejo opraviti enostavnega prehoda na nove tehnologije. (Hewlett Packard Enterprise 2016c)

### **2.5.3.3 Konsolidacija**

Konsolidacija lahko pomembno vpliva na energetska učinkovitost podatkovnega centra. Gre predvsem za strategijo optimizacije, reorganizacije in zamenjave slabo izkoriščene infrastrukture in aplikacij z novimi in naprednejšimi tehnologijami, ki omogočajo boljšo izkoriščenost tehnoloških virov. Večje organizacije, ki imajo večje število podatkovnih centrov iščejo tudi načine, kako zmanjšati njihovo število in ohraniti za poslovanje pomembne funkcije. (Violino 2008)

Zaradi hitre rasti infrastrukture in pritiska na sredstva za informacijsko tehnologijo znotraj organizacij je bila konsolidacija in optimizacija druga prioriteta vodij IT oddelkov v podjetjih. (Newstrom 2014) Konsolidacija je priložnost za povečanje energetske in operativne učinkovitosti ter zmanjšanje operativnih stroškov. V kolikor je slabo načrtovana in izvedena pa lahko prinese ravno obratne učinke. Običajno so to časovno daljši projekti, ki zahtevajo natančno načrtovanje in izvedbo. Uspešno izvedeni projekti konsolidacije zmanjšajo operativne stroške za IT skozi standardizirano in optimizirano tehnično okolje, izboljšano izkoriščenost fizične infrastrukture, z manjšim obsegom strojne opreme, s povečano fleksibilnostjo, ki jo prinaša avtomatizacija, ter informacijsko varnostjo in dostopnostjo tudi v primeru katastrofe. (Violino 2008)

### **2.5.3.4 Modularni podatkovni center**

Modularni podatkovni center je alternativa tradicionalnim podatkovnim centrom in je oblikovan tako, da vsebuje vso potrebno infrastrukturo v obliki montažnih modulov. Tako omogoča enostavno, hitro, fleksibilno in stroškovno učinkovito postavitve. V nekaterih oblikah lahko dosega izjemno energetska učinkovitost in združuje vse zmogljivosti tradicionalnega podatkovnega centra. Med bolj zanimivimi oblikami so mobilni modularni podatkovni centri ali podatkovni centri v zabojnikih. Ti združujejo vso infrastrukturo, vključno s sistemi za napajanje, hlajenje in varnostnimi sistemi, v transportnem zabojniku različnih standardnih dimenzij. (Normadeau 2013) Optimizirani podatkovni centri v zabojnikih, kot je na primer HPE Performance Optimized Datacenter (POD), so izredno energetska učinkoviti podatkovni centri namenjeni visokim obremenitvam in veliki gostoti strojne opreme. (Hewlett Packard Enterprise 2016b)



Slika 2.9: HPE Performance Optimized Datacenter (POD)



Vir: Hewlett Packard Enterprise (2016b).

Podatkovni centri v zabojnikih omogočajo organizacijam fleksibilnost pri razširitvah kapacitet podatkovnega centra, kot tudi enostavno spremembo lokacije podatkovnega centra. Proizvajalci zatrjujejo, da je postavitve in vzdrževanje modularnega podatkovnega centra cenovno bolj učinkovita rešitev kot gradnja objekta za primerljivo računsko središče. Prvi modularni podatkovni center je predstavilo podjetje SUN Microsystems (zdaj Oracle). Najbolj znani proizvajalci takih rešitev so Hewlett Packard Enterprise, IBM in DELL. (Normadeau 2013)

#### **2.5.3.5 Digitalna organizacija in digitalna preobrazba poslovanja**

Informacijska tehnologija je v zadnjem desetletju nepogrešljiva v zasebnem in poslovnem življenju. Z razvojem spleta, spletnih socialnih omrežij, spletnih mobilnih rešitev, oblaka, rasti podatkov in analitike, se spreminja tudi narava poslovanja. Spremembe je mogoče zaznati predvsem v notranjih in zunanjih procesih ter dejavnostih pri poslovanju. Digitalna organizacija (ang. *Digital Enterprise*) uporablja informacijsko tehnologijo kot konkurenčno prednost skozi preoblikovanje notranjih (npr. avtomatizacija) in zunanjih procesov (npr. novi poslovni modeli). (TechTarget 2016a)

Digitalna organizacija bo v osnovi bolj ekonomsko učinkovita kot tiste, ki niso sprejele digitalne preobrazbe. Digitalna tehnologija mora biti v središču delovanja organizacije. Prinašati mora konkurenčno prednost kar vpliva na delovanje posameznika in poslovanje celotne organizacije. Gre za koncept, ki spreminja pogled organizacije na tehnologijo. V današnjem času je tehnologija predvsem podpora, v prihodnje pa je pričakovati, da bo vodilni akter pri poslovanju. Ideja digitalnega podjetja je, da z

integracijo informacij, procesov, dela in ljudi doseže učinkovitejše in uspešnejše sodelovanje v organizaciji za večjo dodano vrednost. (Rossi 2015)

S preobrazbo v digitalno organizacijo se spreminja tudi oblika delovnega mesta in samega dela. Digitalno delovno mesto omogoča nove, bolj učinkovite načine dela, povečuje angažiranost in prilagodljivost zaposlenih in izkorišča potrošniško usmerjene tehnologije. (Gartner 2016) Gre za virtualni ekvivalent fizičnemu delovnemu mestu, ki zaradi svoje temeljne vloge pri produktivnosti ljudi in njihovega zdravja zahteva primerno načrtovanje in upravljanje. Digitalno delovno mesto torej ločuje samo delo od fizične lokacije in časa oz. omogoča delo od kjerkoli in kadarkoli. To ne pomeni samo, kdaj in kje zaposleni opravljajo svoje delo, temveč tudi kako se oblikujejo delovne skupine in način komunikacije med zaposlenimi. (Marshall 2014) Nova oblika delovnega mesta združuje pet ključnih značilnosti: naprave za dostop, primerno komunikacijsko infrastrukturo, poslovne aplikacije, timsko usmerjenost delovnega okolja in digitalno varnost. Komunikacijske tehnologije in mobilnost sta ključni zahtevi za vzpostavitev digitalnega delovnega mesta. (Shehadi in drugi 2013)

Digitalno delovno mesto omogoča vzpostavitev virtualnih timov in delo posameznika od kjerkoli in kadarkoli, s čimer ne zagotavlja le udobja in fleksibilnosti, temveč tudi podpira usmeritev organizacije k bolj okolju prijaznemu poslovanju in stroškovni učinkovitosti. Možnost in izkoriščanje dela od doma zmanjšuje negativne vplive na okolje in stroške, ki so predvsem povezani s transportom. Zmanjša se število prevoženih kilometrov potrebnih za prevoz na delo in domov ali na poslovne sestanke, s čimer se zmanjšujejo emisije CO<sub>2</sub>, potrebe po gorivu in obraba infrastrukture. Hkrati zmanjšuje potrebe po uporabi poslovnih prostorov in z njimi povezanimi stroški (poraba energije za razsvetljavo, ogrevanje, manjše potrebe po prostoru itd.). (Harbor in drugi 2015)

## **2.6 PRIMERI UČINKOVITIH PODATKOVNIH CENTROV**

V nadaljevanju so predstavljeni nekateri izpeljani projekti s področja učinkovitosti podatkovnih centrov. Multinacionalke uporabljajo za lastno poslovanje velike podatkovne centre na več lokacijah. Za delovanje porabijo ogromno virov in pomembno vplivajo na okolje. V nadaljevanju so predstavljena le nekatera podjetja iz IKT industrije, katerih opisi inovativnih rešitev so javno dostopni. Greenpeace je v publikaciji z

naslovom »*How Clean is Your Cloud?*« iz leta 2012, predstavljena podjetja označil kot ena izmed tistih, ki izkazujejo delovanje v smeri trajnostnega razvoja in minimiziranju negativnih vplivov na okolje. (Greenpeace 2012)

### **2.6.1 Hewlett Packard Enterprise**

Začetki Silicijeve doline so tesno povezani s podjetjem Hewlett-Packard, ki sta ga leta 1939 v garaži na ulici 367 Addison Avenue v Palo Alto ustanovila Bill Hewlett in Dave Packard. Prvi uspeh podjetja je bil praktičen in cenovno ugoden avdio oscilator Model 200A, ki je pritegnil prvega večjega kupca Walt Disney Studios. Kasneje se je podjetje osredotočilo na rešitve iz področja informacijsko komunikacijske tehnologije, od kalkulatorja, osebnega računalništva in rešitev za tiskanje, do infrastrukture in programske opreme za podatkovne centre. (Hewlett Packard Enterprise 2016a) Podjetje Hewlett-Packard je postalo vodilna tehnološka multinacionalka s približno 130 milijard USD prihodkov, prisotna v več kot 170 državah po svetu in zaposlovala več kot 320.000 ljudi. Konec leta 2015 se je podjetje po 76 letih delovanja združilo na podjetje HP Inc. (HP), osredotočeno na rešitve za tiskanje in osebno računalništvo, in Hewlett Packard Enterprise (HPE) osredotočeno na poslovne potrebe organizacij, predvsem na področju infrastrukture podatkovnih centrov (strežniki, sistemi za shranjevanje podatkov, omrežja, podpornih naprav) in programske opreme. (Fortune 2015)

Zaradi združevanja z drugimi tehnološkimi podjetji v preteklosti, več kot 170 aktivnimi lokacijami, velikemu številu zaposlenih in širokemu portfelju produktov in storitev, je imelo podjetje 85 delujočih podatkovnih centrov po svetu, s 25.000 strežniki, ki so poganjali več kot 6.000 poslovnih aplikacij. Leta 2006 je HP pričel s projektom konsolidacije podatkovnih centrov. Tri leta kasneje so bile IT operacije združene v treh podvojenih, visoko virtualiziranih podatkovnih centrih. Rezultat konsolidacije je zmanjšanje števila strežnikov za 40% in zvišanje računske moči za 250%. Prav tako so v treh letih znižali stroške za zagotavljanje omrežnih povezav za 50%, medtem ko so potrojili pasovno širino. Stroški za energijo in hlajenje so se znižali za 60%. S konsolidacijo podatkovnih centrov je HP prihranil 1 milijardo USD na letni ravni. (Stanssberry 2016)

HP Wynyard Data Center v bližini mesta Newcastle v Veliki Britaniji je izjemno učinkovit podatkovni center z vrednostjo PUE indeksa, ki določa energetska učinkovitost podatkovnega centra, pod 1,2. HP je pred določitvijo lokacije za izgradnjo podatkovnega centra na tej lokaciji natančno analiziral okolico in meteorološke podatke zadnjih sto let. Podatkovni center za hlajenje infrastrukture namreč izrablja svež, zunanji zrak. Na tej lokaciji temperatura zunanjega zraka večino leta ne preseže 24°C. Kadar zunanji zrak preseže določeno temperaturo, uporabijo 8 varnostnih hladilnih sistemov. Ustrezno temperaturo v podatkovnem centru vzdržujejo s sistemom mešanja odpadnega, vročega zraka in zunanjega zraka. To storijo tako, da s pomočjo velikih ventilatorjev vpihujejo zunanji zrak in odpadni zrak, v 4,5m visoko komoro, ki se nahaja pod IT infrastrukturo, kjer zagotovijo primerno temperaturo in vlažnost. Ker je zunanji zrak lahko onesnažen z majhnimi delci, ki poškodujejo elektronske naprave, je pred prehodom zunanjega zraka v zaprte hladne cone podatkovnega centra le-ta prefiltriran. Inovativen hladilni sistem omogoča delovanje z nižjo stopnjo pretoka zraka. Poleg učinkovitega hladilnega sistema, uporabljajo strežniške omare bele barve, kar omogoča manjšo porabo električne energije. Bele površine odsevajo več svetlobe, s čimer se zmanjša potreba po intenzivni razsvetljavi. Podatkovni center proizvede 12.500 ton CO<sub>2</sub> in porabi 25.000 MWh manj na letni ravni, kot bi sicer s tradicionalnim pristopom. (Saran 2010)

### **2.6.2 Microsoft**

Leta 1975 sta Bill Gates in Paul G. Allen pretvorila razširjen programski jezik BASIC tako, da ga je bilo mogoče uporabiti na predhodniku osebnega računalnika - Altair. Kmalu za tem sta ustanovila podjetje Microsoft. Leta 1980 je podjetje IBM prosilo Microsoft, da razvije operacijski sistem za prvi IBM osebni računalnik. Microsoft je kupil operacijski sistem drugega podjetja, ga prilagodil in poimenoval MS-DOS, ki je izšel leta 1981. Do leta 1990 je Microsoft prodal več kot 100 milijonov kopij operacijskega sistema in prehitel ostale sisteme, kot npr. IBM OS/2. Operacijskim sistemom Windows, z grafičnim vmesnikom, je še utrdil pozicijo Microsofta kot vodilnega razvijalca računalniške programske opreme in operacijskih sistemov za različne vrste naprav. V fiskalnem letu 1996 je podjetje prvič preseglo 2 milijardi USD neto dohodka, leta 2009 pa je že preseglo 14 milijard USD. Leta 2008 je podjetje z Windows Azure platformo

omogočila organizacijam izgradnjo »oblačne« infrastrukture, leta 2011 pa je predstavilo programski paket Office 365, ki omogoča uporabnikom uporabo Office aplikacij v oblaku. (Encyclopaedia Britannica 2016)

Microsoft za poganjanje več kot 200 storitev v oblaku uporablja mrežo več kot stotih podatkovnih centrov po svetu, za vzpostavitev katere je investiral okoli 15 milijard USD. Podatkovni centri gostijo več kot milijon nestandardnih strežnikov. Zaradi potreb Microsofta po večji operativni učinkovitosti je velik poudarek na energetski učinkovitosti in učinkoviti izrabi posameznega strežnika. Zato je Microsoft vložil v razvoj lastnega strežnika in leta 2014 v okviru Open Compute Project predstavil Microsoft Open CloudServer. Karakteristike strežnika so preprosta zasnova z minimalno uporabo materialov ter možnostjo ponovne uporabe sestavnih delov, kjer je to mogoče. Posebna pozornost je namenjena razširljivosti strežnika ter njegova zmogljivost, izrabi energije in s tem povezanimi stroški. S standardizacijo in natančnim planiranjem je zagotovljena učinkovita obnova infrastrukture, ki vključuje tudi podaljševanje življenjske dobe, ponovno uporabo delujočih sestavnih delov in reciklažo. (Microsoft 2015a)

Trajnostna strategija v osnovi temelji na zmanjšanju negativnih učinkov delovanja podjetja, učinkoviti uporabi virov z in skozi uporabo IT ter pospeševanju raziskav, ki koristijo družbi na splošno. Cilj podjetja je doseči ogljika nevtralno delovanje. Pri gradnji lastnih podatkovnih centrov posebno pozornost namenjajo izbiri trajnostnih materialov in izbirajo lokacije, ki omogočajo dostopnost obnovljivih virov. Z zbiranjem in analitiko operativnih podatkov optimizirajo delovanje in zvišujejo energetsko učinkovitost. Hkrati se je Microsoft zavezal, da bo v celoti uporabljal energijo iz obnovljivih virov. (Microsoft 2015b)

Na nekaterih lokacijah proučujejo tudi nove možnosti učinkovitega in trajnostnega delovanja. Podatkovni center DataPlant, ki se nahaja v Wyomingu v ZDA, se napaja s pomočjo gorivnih celic, ki spremenijo kemično energijo v električno energijo. Podatkovni center ima lastno elektrarno na bioplin, ki se proizvaja kot stranski produkt v bližnji čistilni napravi odpadnih voda. (Microsoft 2015b) Pričakovana proizvodnja električne energije je 250 kW, poraba za napajanje podatkovnega centra 110 kW, presežek

proizvedene električne energije pa namenijo potrebam čistilne naprave. (Microsoft 2014)

Podjetje proučuje in testira tudi možnost uporabe gorivne celice v strežniški omari, v želji po zmanjšanju energetske izgube, zaradi narave električnega omrežja nastajajo pri distribuciji in pretvarjanju električne energije, in predstavljajo 1/3 do polovico vseh stroškov podatkovnega centra. (Microsoft 2015b) S poenostavitvijo distribucije električne energije in gorivno celico znotraj podatkovnega centra naj bi se učinkovitost zvišala za cca. 13%, v primerjavi s tradicionalno gorivno celico izven podatkovnega centra. Z inovativnimi programi Microsoft zmanjšuje odvisnost od tradicionalne infrastrukture podatkovnih centrov, zmanjšuje emisije in izgube v električnem omrežju. (Sverdlik 2014a)

### **2.6.3 Google**

Podjetje Google Inc. je bilo ustanovljeno leta 1998, trenutno zaposluje cca. 40.000 ljudi, in je osredotočeno na razvoj produktov in storitev povezanih z internetom. Po nekaterih ocenah Google obdela več kot milijardo iskalnih zahtev in približno 24 peta bajtov podatkov uporabnikov vsak dan. Poslovanje in zagotavljanje storitev podjetja sloni na petnajstih podatkovnih centrih, ki morajo biti stalno dostopni.

Zaradi pomembnosti podatkovnih centrov za poslovanje posebno pozornost namenjajo učinkovitosti podatkovnih centrov in zmanjševanju negativnih vplivov na okolje ter uporabnike storitev spodbujajo k istemu cilju. Lastne rešitve, rezultate raziskav in dobre prakse objavljajo na javno dostopnih spletnih straneh. Zavezali so se, da bodo potrebe po energiji za lastno poslovanje v celoti zadovoljili iz obnovljivih virov. Hkrati bodo v razvoj projektov na področju obnovljivih virov energije vložili 2,5 milijardi dolarjev in s tem postali eden največjih investitorjev na tem področju. Podjetje energijo kupuje direktno od vetrnih in sončnih elektrarn v bližini podatkovnih centrov. (Google 2016a)

Za merjenje in analize učinkovitosti podatkovnih centrov uporabljajo PUE indeks. Od leta 2008 podjetje vsake tri mesece poroča o povprečnem PUE indeksu lastnih podatkovnih centrov. Vrednost indeksa v prvih treh mesecih 2016 je 1,12 kar je visoko nad povprečjem povprečnega tradicionalnega podatkovnega centra. Leta 2008 je bila

povprečna vrednost PUE indeksa Googlovih podatkovnih centrov 1,21. Tako dobre rezultate PUE indeksa dosegajo z oblikovanjem lastnih podatkovnih centrov, strežnikov in optimizacijo napajanja in hlajenja. (Google 2016b)

Od leta 2011 podjetje razvija tudi lastne strežnike, ki so glede na njihove potrebe energetsko učinkovitejši od standardnih. Strežniki so sestavljeni le iz komponent, ki jih dejansko potrebujejo. Uporabljajo le najučinkovitejše napajalnike in regulatorje napetosti. Posebna pozornost je namenjena optimizaciji hlajenja strežnikov in strežniških omar. Podjetje ocenjuje, da v primerjavi s standardnim strežnikom privarčuje 500 kWh ali 25% energije letno na strežnik. (Google 2016č)

Slika 2.10: Google: strežniki v podatkovnem centru



Vir: Google (2016č).

Dobro upravljanje s temperaturo v podatkovnih centrih je izjemnega pomena za učinkovito delovanje. Z dvigom temperature v podatkovnih centrih iz 21°C na 26°C so enostavno zmanjšali potrebe po hlajenju. S termalnim modeliranjem iščejo vroče točke, analizirajo zračne tokove in iščejo enostavne rešitve, ki preprečujejo mešanje vročega in hladnega zraka, kot na primer z zapiranjem praznih prostorov v strežniških omarah. (Google 2016d)



Z lastnim razvojem hladilnega sistema za hlajenje strežniških omar, ki jih imenujejo *Hot Huts*, zbirajo in ločujejo vroč zrak v posebnih prostorih, kjer ga s pomočjo vode ohladijo in vrnejo v podatkovni center. Vroč vodo ohlajajo s pomočjo izhlapevanja v posebnih vodnih stolpih. Ko vroča voda teče navzdol skozi sistem s posebnimi materiali, ki pospešujejo izhlapevanje, se nekaj vode spremeni v paro. S pomočjo ventilatorjev odstranijo hlape in posledično odvečno toploto, ohlajeno vodo pa ponovno uporabijo. V nekaterih podatkovnih centrih namesto hlajenja vode s pomočjo izparevanja izkoriščajo ugodne naravne vire. Na Finskem tako uporabljajo morsk vodo, ki jo pred vrnitvijo v okolje ustrezno ohladijo. Dva podatkovna centra napajajo s 100% reciklirano vodo, ki jo zberejo v bazenih iz deževnice ali uporabijo odpadno vodo in ustrezno očistijo za potrebe podatkovnega centra. (Google 2016e)

Slika 2.11: Google: hladilni sistem



Vir: Google (2016e).

Posebno pozornost namenjajo tudi podaljševanju življenjske dobe IT opreme in ustreznemu recikliranju. Za potrebe reciklaže odpadne opreme sodelujejo z lokalnimi podjetji ter tako zmanjšujejo vpliv na okolje, ki je posledica transporta. Pred nakupom nove IT opreme poskusijo čim bolj izkoristiti obstoječo tako, da jo nadgrajujejo glede na potrebe ter pri tem poskušajo ponovno uporabiti obstoječe delujoče komponente, ali pa opremi določijo nov namen. Preden zavržejo odvečno opremo pa jo razgradijo na



sestavne dele, ki jih je mogoče ponovno uporabiti kot surovine (kot npr. plastika, baker, jeklo in aluminij). (Google 2016c)

#### **2.6.4 Facebook**

Podjetje Facebook s sedežem v Kaliforniji, ZDA, je bilo ustanovljeno leta 2004, ko je začelo delovati istoimensko spletno socialno omrežje med študenti Harvardske univerze. Od leta 2006 je socialno omrežje javno dostopno. Leta 2010 je imelo omrežje že več kot 500 milijonov registriranih uporabnikov in tako postalo največje spletno socialno omrežje vseh časov. V začetku leta 2011 je Greenpeace v poročilu, ki zajema deset največjih podjetji oblačnih storitev, Facebook označilo za podjetje, ki je najbolj odvisno od premoga pri zagotavljanju električne energije za potrebe njihovih podatkovnih centrov. Konec leta 2011 sta Facebook in Greenpeace skupaj objavila sodelovanje, ki bo Facebook-u omogočil lažji prehod na obnovljive energetske vire za potrebe poslovanja. Prav tako sta se organizaciji zavezali k skupnemu nastopu pri promociji uporabe obnovljivih virov. Facebook je tudi uporabnik in podpornik odprtokodnih projektov, kot so HipHop za PHP, Apache Hadoop, Apache Hive, Apache Cassandra in projekt Open Compute. (Greenpeace 2016c)

Z več kot 900 milijonov uporabnikov, z enim bilijonom ogledov strani vsak mesec in s 300 milijoni naloženih slik vsak dan, je Facebook najbolj priljubljena spletna stran na svetu, ki je odgovorna za približno 9% vsega internetnega prometa. Za zagotavljanje storitve je Facebook zgradil dva ogromna podatkovna centra, dva sta še v izgradnji in ima najetih vsaj še devet podatkovnih centrov. (Data Center Knowledge 2016)

Facebook je ustanovitelj projekta Open Compute Project, ki združuje večja IT podjetja z namenom minimiziranja negativnega vpliva IT na okolje in optimizirane porabe energije ter uporabljenih materialov. Ob začetku projekta je Facebook objavil podrobnosti novih IT rešitev za podatkovne centre, ki jih uporablja za lastne potrebe. Tako je Facebook s pomočjo proizvajalcev strojne opreme zasnoval lasten strežnik, prilagojen potrebam podjetja tako, da so odstranili vse komponente in materiale (vključno z barvo), ki niso nujno potrebne. S tem so sprostili prostor za izboljšave, kot so uporaba večjih odvajalnikov toplote in ventilatorjev. Strežniški kabli se nahajajo na sprednji strani, kar omogoča tehničnemu osebju vzdrževanje v hladnem območju podatkovnega centra. V

vročem območju lahko temperature presegajo 40°C. S prilagojenimi, nestandardnimi napajalniki minimizirajo izgube pri pretvarjanju električne napetosti. Posebno pozornost so namenili tudi zasilnim napajalnim sistemom in zaščiti pred valovanjem napetosti. V podatkovnem centru uporabljajo večinoma odprtokodno programsko opremo. (Data Center Knowledge 2016)

Podatkovni center, ki se nahaja v Prineville v ZDA, dosega PUE indeks med 1,06 in 1,08, kar je izredno dober rezultat. Za hlajenje izrabljajo ugodne naravne klimatske pogoje. IT infrastruktura se nahaja pod hladilnim sistemom, kar omogoča optimalno izrabo površine in omogoča enostavno dovajanje hladnega zraka, ki se po svoji naravi spušča in izpodriva vroč zrak. V vročih dneh je v uporabi hladilni sistem na podlagi izhlapevanja. Podjetje je spremenilo zahteve po zagotavljanju delovnih klimatskih pogojev znotraj podatkovnega centra. Z dvigom temperature iz 26°C na 29°C, vlažnosti iz 65% na 90% in zvišanjem razlike v temperaturi med hladnimi in vročimi območji so dodatno zmanjšali potrebe po hlajenju in s tem povezanimi stroški. (Data Center Knowledge 2016)

Zanimivost podatkovnega centra, ki so ga zgradil na Švedskem, je nov pristop k zasnovi električne infrastrukture. Zaradi izjemne zanesljivosti regionalnega električnega omrežja je podjetje zmanjšalo uporabo zasilnih generatorjev za 70%. Zasilni generatorji na dizelsko gorivo, ki se praviloma testirajo enkrat mesečno, vplivajo na lokalno okolje, podjetju pa predstavljajo dodaten strošek za shranjevanje goriva. Podatkovni center se nahaja v bližini hidroelektrarn, ki zagotavljajo dobavo čiste energije. (Data Center Knowledge 2016)

## **3 EMPIRIČNI DEL**

### **3.1 METODOLOGIJA**

V empiričnem delu diplomskega dela je bil uporabljena metoda individualnega, delno strukturiranega intervjuja, ki je med najpogostejšimi oblikami zbiranja kvalitativnih podatkov. Oblika delno strukturiranega intervjuja je fleksibilnejša od strukturirane oblike in omogoča pridobitev poglobljenih, konkretnih, spontanih, osebnih in samo-odkrivajočih

odgovorov. Izbrana metoda omogoča odprt dialog med udeležencem in spraševalcem. (Blackstone 2016) Vprašanja odprte narave so bila definirana v naprej na podlagi prvega dela diplomskega dela in so bila namenjena predvsem usmerjanju diskusije med udeležencem in spraševalcem ter preverjanju mnenja in izkustva udeleženca v zvezi s raziskovano temo. Intervju je potekal v živo, kraj, čas in način izvedbe je bil dogovorjen, podatki pa zbrani s pomočjo avdio snemalnika. Na podlagi posnetka je bil pripravljen transkript. S pomočjo tehnike odprtega kodiranja je narejena analiza empiričnega dela. Intervjujana sta bila dva udeleženca.

*Udeleženec 1* deluje v IT industriji zadnjih 30 let, predvsem na področju svetovanja pri analizi in optimizaciji učinkovitosti podatkovnih centrov v Sloveniji in v širši regiji. Intervju je bil opravljen 26. julija 2016 ob 15.40 uri. Pogovor je trajal 1 uro in 40 minut.

*Udeleženec 2* je vodja IT v slovenskem proizvodnem podjetju, ki je prisotno v 57 državah po svetu in ima 250 zaposlenih. Visoko avtomatizirana proizvodnja v podjetju poteka 24 ur na dan in je zelo odvisna od informacijsko-komunikacijskih tehnologij. Podjetje ima sprejeto strategijo družbene in okoljske odgovornosti, lahko se pohvali z doseganjem ISO standardov in doseganjem minimalne uporabe fosilni goriv za ogrevanje, saj odvečno toploto iz proizvodnje ponovno uporabijo. Prav tako vlagajo v sodobno tehnologijo za zmanjšanje porabe energije, toplotnih in zvočnih izpustov ter prahu. Intervju je bil opravljen 7. julija 2016 ob 10.00 uri in je trajal 55 minut.

## **3.2 REZULTATI IN ANALIZA**

### **3.2.1 Razumevanje koncepta Green IT**

*Udeleženec 1* koncept *Green IT* definira predvsem kot optimizacijo učinkovitosti IKT in podporne infrastrukture. Pri tem je cilj zmanjšati porabljeno energijo na enoto izračuna ter zmanjšanje negativnih vplivov IKT na okolje. Koncept *IT for Green* loči od koncepta *Green IT* in ga definira predvsem kot merilni instrument in analitično podporo odločanju. Orodja omogočajo nadzor in spremljanje dejanskega stanja, na podlagi analize pa je mogoče sprejeti ustrezne odločitve, ki vodijo k večji učinkovitost in zmanjšati negativne posledice na okolje. Pri tem *IT for Green* ni omejen samo na IKT okolje, temveč lahko zajema celotno organizacijo, v smislu sprejemanja odločitev v zvezi z učinkovitostjo

poslovnih operacij in okolju prijaznejšega poslovanja. V samem IKT okolju pa brez *IT for Green* ni mogoče doseči prehoda v *Green IT*. Meritve in analiza dejanskega stanja so osnova za projekt vpeljave okolju prijaznejših tehnoloških rešitev. Poudarja, da je to predvsem dolgoročen proces, ki zahteva nenehno spremljanje dejanskega stanja in optimizacijo. To pa je mogoče le, v kolikor so tako zastavljeni cilji organizacije, in v kolikor sta organizacijska klima in kultura ustrezni. Takrat organizacija pred odločitvami pretehta tako poslovni, kot tudi okoljski vidik in šele takrat lahko govorimo o *Green IT*.

*Udeleženec 2* koncept *Green IT* razume v širšem smislu zmanjšanja negativnih vplivov na okolje pri poslovanju organizacije. V tem kontekstu ne loči *Green IT* in *IT for Green* ter oba koncepta opredeljuje kot *Green IT*; okolju prijaznejša uporaba IKT in pomoč IKT pri doseganju cilja družbi in okolju prijaznega delovanja organizacije. Pri tem poudarja, da je za doseganje *Green IT* potrebno spremljanje dejanskega stanja ter načrtovanje in izvedba sprememb v smeri optimizacije.

### **3.2.2 Kako vpeljava *Green IT* tehnologij in praks vpliva na poslovanje?**

V tem sklopu sta udeleženca podala subjektivne ocene, pričakovanja in mnenja o tem, kako lahko vpeljava *Green IT* tehnologij in praks vpliva na poslovanje organizacije. Oba udeleženca se v splošnem strinjata, da *Green IT* oz. vpeljava okolju prijaznejših tehnologij pozitivno vpliva na poslovanje organizacij, saj zmanjša operativne stroške za poganjanje IKT infrastrukture. S pomočjo IKT rešitev in s prilagoditvijo procesov poslovanja pa lahko organizacija dodatno zniža operativne stroške.

*Udeleženec 1* pri tem opozarja, da so vplivi na poslovanje od primera do primera zelo različni, lahko tudi negativni. Pri tem poudarja, da običajno vpeljane spremembe v IKT za organizacijo predstavljajo investicijski strošek, ki je lahko relativno velik in se lahko povrne šele v daljšem obdobju. Zaradi tega priporoča dolgoročno merjenje in spremljanje vpeljanih sprememb, natančno stroškovno analizo za daljše obdobje in dobro načrtovanje. Nekatere enostavne rešitve, ki zahtevajo ničelni ali minimalen investicijski vložek, pa lahko prinesejo velike prihranke iz naslova operativnih stroškov v zelo kratkem časovnem obdobju. Pri tem navaja predvsem optimizacijo hlajenja podatkovnega centra ter posledično zmanjšanje stroškov iz naslova porabe električne energije, kot na primer ločitev hladnih in toplih con, pravilna postavitvev IKT opreme v

prostoru, dvig temperature in uporaba naravnih virov za hlajenje s čim manjšo uporabo klimatskih naprav.

Tudi *Udeleženec 2* priča iz lastnih izkušenj, da uporaba IKT pozitivno vpliva na poslovanje organizacij. Ne samo, da uporaba okolju prijaznejših IKT zmanjša operativne stroške za lastno delovanje, temveč analitična podpora, ki jo zagotavlja, omogoča organizaciji optimizirano in stroškovno učinkovito poslovanje v celoti. S pomočjo IKT na vsakih 15 sekund izmerijo porabo vseh energentov porabljenih pri delovanju organizacije, kar omogoča takojšnje prilagoditve v realnem času (npr. reševanje težav v proizvodnji, avtomatizirana prilagoditev osvetlitve in temperature prostorov, avtomatiziran vklop/izklop računalnika na delovnem mestu ob prihodu/odhodu delavca, itd.). S pomočjo avtomatiziranih sistemov in analize podatkov v realnem času lahko podjetje poceni lastno delovanje, posledično zviša profitabilnost in izboljša lastno konkurenčnost na trgu.

Udeleženca sta v nadaljevanju diskusije ocenjevala okolju prijaznejše tehnologije in prakse in kakšen vpliv imajo na poslovanje organizacije. V tabeli 3.1 so zapisani izsledki. Simbol »+« označuje pozitivno oceno, simbol »-« označuje negativno oceno, simbol »=« označuje nevtralno oceno, simbol »?« pa označuje, da se udeleženec ni opredelil. Skupna ocena je določena glede na odgovore obeh udeležencev.

Tabela 3.1: Vpliv okolju prijaznejših tehnologij in praks na poslovanje

Tehnologije in prakse	Udeleženec 1	Udeleženec 2	Skupna ocena
Optimizacija napajanja	+	+	+
Optimizacija hlajenja	+	+	+
Pomnilniške enote - SSD proti HDD	+	+	+
Nizko energetski strežniki	+	?	+
Optimizacija programske opreme	+	+	+
Virtualizacija	+	+	+
Oblak	=	-	-
Deduplikacija podatkov	+	+	+
"Thin provisioning"	+	+	+
Kompresija podatkov	-	-	-
Podaljševanje življenjske dobe opreme	=	=	=
Uporaba tovarniško obnovljene opreme	=	-	-
Konsolidacija	=	=	=
Modularni podatkovni centri	=	+	+
Digitalna organizacija	+	+	+

Optimizacijo napajanja oba udeleženca ocenjujeta kot pozitivno aktivnost za izboljšanje poslovanja organizacije, čeprav jo povezujeta predvsem s hladilnimi sistemi podatkovnega centra, ki po njunem prepričanju predstavljajo največje porabnike električne energije. *Udeleženec 1* opozori, da je potrebno toliko energije, kot jo dovedemo do podatkovnega centra, tudi odvesti. Energija pa ne predstavlja samo električne energije, ki jo dovajamo preko električnega omrežja za potrebe napajanja IKT in podporne infrastrukture, temveč tudi energijo iz okolja.

Oba udeleženca ocenjujeta optimizacijo hlajenja podatkovnega centra kot izredno pozitivno za poslovanje. *Udeleženec 1* je skozi pogovor večkrat navajal primere iz prakse, kjer je bilo s pomočjo analize termalnih območij mogoče z minimalnimi vložki in spremembami doseči visoko učinkovitost, manjšo porabo električne energije in posledično znižanje operativnih stroškov. Pri tem navaja enostavne rešitve, ki za organizacijo ne predstavljajo večjih investicijskih stroškov, kot so stroga ločitev toplih in hladnih con s pregradami, ki preprečujejo mešanje hladnega in toplega zraka na eni in drugi strani strežniške omare, pravilna umestitev IKT opreme v prostor, premišljen dvig temperature v hladnih conah ter uporabo razsvetljave le po potrebi. Tudi *Udeleženec 2*

iz lastne prakse navaja, da je optimizacija hlajenja najlažja, najhitrejša in najbolj učinkovita aktivnost, ki pripomore k znižanju stroškov iz naslova porabe električne energije. Z dvigom temperature v podatkovnem centru iz 20°C na 24-26°C so pomembno zmanjšali porabo energije za delovanje podatkovnega centra, brez vpliva na delovanje IKT opreme.

Prav tako se oba udeleženca strinjata, da uporaba SSD tehnologije v primerjavi z vrtečimi diski pozitivno vpliva na poslovanje organizacije, predvsem iz vidika manjše porabe električne energije. Pri tem *Udeleženec 1* navaja, da je v povprečju pričakovati pozitivne učinke predvsem v večjih diskovnih sistemih, v katerih se nahaja večje število diskov.

Pri uporabi nizko energetskega strežnikov v podatkovnih centrih in njihovem vplivu na poslovanje si udeleženca nista edina. *Udeleženec 1* opozarja, da je tehnologija izredno specifična in primerna le za določene organizacije, z določenimi potrebami. V teh primerih ocenjuje rešitev kot pozitivno za poslovanje organizacije tako iz investicijskega kot operativnega vidika, v kolikor se primerja s standardnimi strežniškimi rešitvami. *Udeleženec 2* v tem primeru ni podal ocene.

Udeleženca se strinjata, da optimizacija programske opreme pozitivno vpliva na poslovanje. Oba udeleženca sta mnenja, da bi optimizacija delovanja programske opreme prinesla pozitivne učinke z optimizirano izrabo virov strojne opreme. *Udeleženec 1* pri tem še poudari, da je izbira programske opreme pomemben dejavnik in da lahko organizacija prihrani z izbiro optimalne programske opreme in posledično zmanjša potrebe po strojni opremi. S tem lahko zniža investicijske stroške nakupa strojne in programske opreme ter zniža operativne stroške iz naslova vzdrževanja ter uporabe, preko manjše porabe električne energije za napajanje in hlajenje.

Virtualizacijo oba udeleženca ocenjujeta kot izredno pozitivno za poslovanje organizacije. Pri tem navajata izkušnje iz lastne prakse, predvsem učinkovitejšo uporabo strojne opreme, ki opravlja več funkcij naenkrat. Z virtualizacijo strežniške infrastrukture, pri kateri se zmanjšajo potrebe po številu fizičnih strežnikov. S tem se znižajo investicijski stroški za nakup fizičnih strežnikov, ustrezno pa se znižajo tudi

operativni stroški iz naslova vzdrževanja in uporabe. *Udeleženec 1* pri tem poudarja, da je zmanjšanje števila fizičnih strežnikov pomembno tudi iz vidika porabljenega prostora v podatkovnem centru, s čimer se zmanjšajo potrebe po hlajenju in znižajo operativni stroški. Ocenjuje, da kljub temu, da virtualizacijske platforme potrebujejo zmogljivejše strežnike, manjše število strežnikov prinaša veliko večji učinek in pozitivno vpliva na poslovanje.

Pri uporabi oblačnih storitev si udeleženca nista enotna. *Udeleženec 1* opozarja, da rešitev ni ustrezna v vseh primerih. Ocenjuje jo kot pozitivno, v kolikor se najem oblačnih storitev pri ponudniku javnega oblaka izkaže kot stroškovno bolj učinkovit, kot če bi isto storitev opravljal interni IT oddelek. Pri tem opozarja, kljub splošnemu prepričanju, da temu ni vedno tako. *Udeleženec 2* oblačnim storitvam v osnovni ni naklonjen predvsem iz vidika, da ponudnik oblačnih storitev ne more zagotoviti storitve, ki bi zadovoljevale specifične potrebe njegove organizacije. Prav tako ocenjuje, da lasten IT zagotavlja vse potrebne storitve stroškovno bolj učinkovito, kot jih lahko zagotavlja zunanji ponudnik.

Prav tako oba udeleženca ocenjujeta uporabo deduplikacije in *thin provisioning* tehnologije kot pozitivno za poslovanje. Pričakujeta zmanjšane potrebe po fizični infrastrukturi in sta mnenja, da bi bilo shranjevanje podatkov ter njihova obdelava stroškovno bolj učinkovita.

Ocenjujeta, da kompresija negativno vpliva na poslovanje organizacije. Pri tem poudarjata predvsem, da je kompresija procesorsko zahtevna in obremenjuje sistem ter upočasnjuje njegovo delovanje. S tem se lahko povečajo tako inicialni stroški za nakup zmogljivejše opreme, kot tudi stroški vzdrževanja in uporabe. *Udeleženec 1* tehnologijo kompresije v primeru arhiviranja podatkov sprejema kot pozitivno, vendar je njegov odnos do rešitve v ostalih primerih negativen in predlaga uporabo podobnih rešitev, kot je npr. deduplikacija ali *thin provisioning*.

Strategija podaljševanja življenjske dobe strojne opreme je pri obeh udeležencih ocenjena nevtrarno. Oba opozarjata, da je podaljševanje življenjske dobe ustrezna rešitev le v smislu popolne izkoriščenosti strojne opreme do točke, ko je oprema še



primerna za zagotavljanje poslovnih potreb, pri čemer je obratovanje in vzdrževanje še ekonomsko upravičeno. *Udeleženec 1* pri tem navaja, da sicer obstajajo primeri specialnih sistemov, kjer to ne drži. Gre za sisteme izrednega pomena, ki so polno operativni več desetletij brez obnove in večjih nadgradenj, saj bi uvajanje sprememb ogrozilo njihovo delovanje.

*Udeleženec 2* je mnenja, da uporaba tovarniško obnovljene opreme ne prinaša pozitivnih učinkov na poslovanje. Pri tem navaja, da iz poslovnih razlogov želi uporabljati najsodobnejšo tehnologijo, ki bo zadovoljevala poslovne potrebe organizacije za obdobje najmanj petih let. *Udeleženec 1* je strategijo uporabe tovarniško obnovljene opreme ocenil nevtrarno, saj je mnenja, da je strategija primerna samo v nekaterih primerih, ko zadovoljuje poslovne potrebe in je stroškovno dovolj učinkovita. Meni, da je uporaba tovarniško obnovljene opreme za krajše obdobje stroškovno učinkovita rešitev. Na splošno je *Udeleženec 1* pri oceni neodločen.

Pri oceni uporabe strategije konsolidacije sta udeleženca neodločena. *Udeleženec 1* samo strategijo povezuje z virtualizacijo strežniške infrastrukture, pri čemer ne poda enoličnega odgovora in poudarja, da je ocena odvisna od situacije, od primera do primera. *Udeleženec 2* konsolidacijo razume predvsem kot združevanje večjega števila podatkovnih centrov v manjše število visoko optimiziranih centrov. Pri tem navaja, da s tem nima izkušenj, predvideva pa, da je to iz poslovnega vidika smiselna rešitev.

Pri strategiji uporabe modularnih centrov ponovno prihaja do odstopanja v oceni obeh udeležencev. *Udeleženec 2* meni, da je uporaba visoko učinkovitih podatkovnih centrov v zabojnikih ekonomsko smiselna in fleksibilna rešitev, v kolikor obstaja potreba po zmogljivem in učinkovitem računskem centru. *Udeleženec 1* opozori na razlikovanje med modularnimi podatkovnimi centri, ki so lahko tudi centri v zabojnikih ter visoko učinkoviti podatkovnimi centri v zabojnikih. Modularni podatkovni centri znotraj zgradbe podatkovnega centra so fleksibilna in ekonomska učinkovita rešitev, ker omogoča izgradnjo celice podatkovnega centra, ki zagotavlja optimalen nivo zanesljivosti glede na dejanske potrebe. Izgradnja takega centra je predvidoma stroškovno učinkovitejša. Podatkovni center v zabojniku je prenosljiva rešitev, ki sama po sebi ne zagotavlja učinkovitosti, je pa izgradnja takega centra občutno cenejša od gradnje zgradbe.

Učinkovit podatkovni center v zabojniku pa je predvsem rešitev za velike obremenitve, v katerih se nahaja gosto vgrajena IKT oprema, z vso potrebno podporno infrastrukturo. Rešitev je, po oceni *Udeleženca 1*, lahko ustrezna v določenih, specifičnih situacijah.

Strategijo digitalne organizacije oba udeleženca ocenjujeta kot pozitivno za poslovanje organizacije. *Udeleženec 1* pri tem navaja digitalno in virtualno delovno mesto, pri katerem je cilj zmanjšati porabljeno energijo na delovno mesto in povečanje njegove učinkovitosti. Pri tem navaja različne tehnološke rešitve, ki omogočajo mobilnost delovnega mesta (delo od kjerkoli in kadarkoli) in možne prihranke, ki so posledica uporabe sodobnih tehnologij, kot so zmanjšanje stroškov za potovanja, prevoz na delo, uporaba osebnih naprav uporabnikov v službenem okolju itd. Tudi *Udeleženec 2* navaja možne prihranke in pozitivne vplive na poslovanje pri zagotavljanju mobilnosti delovnega mesta za določene kadre v organizaciji.

### **3.2.3 Kako vpeljava *Green IT* tehnologij in praks vpliva na okolje?**

V tem sklopu sta udeleženca podala subjektivne ocene, mnenja in pričakovanja o tem, kako lahko vpeljava *Green IT* tehnologij in praks vpliva na okolje. Oba udeleženca na splošno pozitivno ocenjujeta uporabo okolju prijaznejših tehnologij na okolje. Pri tem navajata predvsem, da optimizacija podatkovnih centrov zmanjšuje potrebe po električni energiji in da uporaba zelenih tehnologij zmanjšuje onesnaževanje okolja s toksičnimi snovmi. Sama uporaba IKT tehnologij pa omogoča organizaciji tudi na drugih področjih okolju prijaznejše delovanje. *Udeleženec 2* pri tem navaja, da je njihova organizacija zaradi narave dela energijsko zelo potratna ter s pomočjo IKT tehnologije zmanjšujejo negativne vplive na okolje. Zavedajo se problematike elektronskih odpadkov in z odsluženimi elektronskimi napravami ustrezno ravnajo.

Udeleženca sta v nadaljevanju diskusije ocenjevala okolju prijaznejše tehnologije in prakse in kakšen vpliv imajo na okolje. V tabeli 3.2 so zapisani izsledki. Simbol »+« označuje pozitivno oceno, simbol »-« označuje negativno oceno, simbol »=« označuje nevtralno oceno, simbol »?« pa označuje, da se udeleženec ni opredelil. Skupna ocena je določena glede na odgovore obeh udeležencev.

Tabela 3.2: Vpliv okolju prijaznejših tehnologij in praks na okolje

Tehnologije in prakse	Udeleženec 1	Udeleženec 2	Skupna ocena
Optimizacija napajanja	+	+	+
Optimizacija hlajenja	+	+	+
Pomnilniške enote - SSD proti HDD	+	+	+
Nizko energetske strežniki	+	?	+
Optimizacija programske opreme	+	+	+
Virtualizacija	+	+	+
Oblak	=	=	=
Deduplikacija podatkov	+	+	+
"Thin provisioning"	+	+	+
Kompresija podatkov	-	-	-
Podaljševanje življenjske dobe opreme	=	+	+
Uporaba tovarniško obnovljene opreme	+	+	+
Konsolidacija	?	?	?
Modularni podatkovni centri	=	+	+
Digitalna organizacija	+	+	+

Udeleženca se strinjata, da optimizacija napajanja in hlajenja v podatkovnih centrih posredno pozitivno vpliva na okolje, saj napajanje in hlajenje podatkovnega centra predstavlja večji del potreb po električni energiji. *Udeleženec 1* poleg priporočil, ki z malo vložka prinesejo odlične rezultate, opozarja tudi, da optimizacija podaljšuje življenjsko dobo IKT opreme.

Prav tako sta udeleženca mnenja, da uporaba SSD tehnologije posredno pozitivno vpliva na okolje, saj zmanjšuje potrebe po energiji. Podobnega mnenja in pričakovanj sta tudi pri uporabi nizko energetskih strežnikov, a *Udeleženec 2* ni podal direktne ocene, ker tehnologije ne pozna.

Optimizacijo programske opreme oba udeleženca ocenjujeta kot pozitivno za okolje, saj pri manjši obremenitvi strojne opreme pričakujeta manj potreb po električni energiji za napajanje in hlajenje strojne opreme. Pri tem *Udeleženec 1* dodatno navaja, da je optimizacija programske opreme še kako pomembna pri zmanjševanju odtisa delovanja organizacije na okolje, saj manjše potrebe po strojni opremi zahtevajo tudi po fizični velikosti manjše naprave.

Virtualizacija je s strani obeh udeležencev ocenjena kot pozitivna za okolje, saj je z zmanjšanjem potreb po strojni opremi zmanjšano tudi povpraševanje po proizvodnji nove strojne opreme, hkrati pa oba udeleženca navajata predvsem manjše potrebe po električni energiji.

Pri oblaku sta udeleženca neodločena v oceni vpliva na okolje. *Udeleženec 1* opozarja, da organizacija ne more trditi, da je zmanjšala okoljski odtis svojega delovanja, v kolikor prenese določene IKT storitve v javni oblak, saj nima zagotovila, da se ponudnik oblačnih storitev drži priporočil za okolju prijazno delovanje. Sicer je mnjenja, da je zaradi same narave poslovanja ponudnika storitev pričakovati, da bo poskrbel za optimizirano delovanje, predvsem iz vidika operativnih stroškov in konkurenčnega boja. Prav tako pričakuje, da veliki podatkovni centri lažje izvajajo okolju prijazno politiko poslovanja.

Oba udeleženca ocenjujeta tehnologiji deduplikacije in *thin provisioning* kot pozitivno za okolje, predvsem z vidika manjših potreb po strojni opremi, posledično manjše proizvodnje strojne opreme in znižanje potreb po električni energiji.

Tehnologijo kompresije podatkov udeleženca ocenjujeta kot negativno za okolje, saj zaradi povečanih potreb procesorske moči in ostale strojne opreme posledično rastejo potrebe po električni energiji.

Podaljševanje življenjske dobe opreme udeleženca ocenjujeta različno v kontekstu vpliva na okolje. *Udeleženec 1* izpostavlja, da je podaljševanje v določenih primerih smiselno in poudarja morebitne večje potrebe in po električni energiji iz naslova starejše in manj učinkovite tehnologije napajanja same opreme ter posledično večjih zahtev po hlajenju. *Udeleženec 2* ocenjuje, da je vpliv pozitiven, predvsem iz vidika proizvodnje nove strojne opreme ter manjšemu obremenjevanju okolja s strupenimi snovmi iz naslova elektronskih odpadkov.

Uporabo tovarniško obnovljene opreme oba udeleženca ocenjujeta kot pozitivno. *Udeleženec 2* uporabo tovarniško obnovljene opreme ocenjuje pozitivno predvsem iz vidika manjšega onesnaževanja. Predvideva, da proces obnove elektronskih naprav manj onesnažuje okolje, kot proizvodnja nove opreme. S tem se naslavlja tudi

problematiko elektronskih odpadkov. *Udeleženec 1* podobno ocenjuje, da se za obnovo opreme porabi manj energije, kot za proizvodnjo in transport nove opreme. Hkrati ocenjuje strategijo kot pozitivno iz ekološkega vidika in poudarja, da bo organizacija ocenila ekološki vidik le v primeru, da je usmerjena k cilju okolju prijaznega poslovanja.

Udeleženca nista podala ocene o vplivu konsolidacije na okolje. V intervjuju sta ocenjevala konsolidacijo predvsem iz poslovnega vidika organizacije.

Pri uporabi modularnih podatkovnih centrov na okolje *Udeleženec 2* ocenjuje, da uporaba optimiziranih podatkovnih centrov v zabojnikih pozitivno vpliva na okolje. *Udeleženec 1* opozarja na razlikovaje različnih oblik modularnih podatkovnih centrov. Opozarja, da modularni podatkovni center v sami osnovi ni nujno bolj okolju prijazen in učinkovit, kot tradicionalni podatkovni center. Enako meni za podatkovni center v zabojniku, medtem ko optimiziran, učinkovit podatkovni center v zabojniku ocenjuje kot pozitiven za okolje, v primerjavi z ostalimi oblikami.

Digitalno organizacija udeleženca ocenjujeta kot pozitivno za okolje. Udeleženca sta mnjenja, da digitalna organizacija, mobilnost in virtualizacija delovnega mesta zmanjšujeta porabo naravnih virov in zmanjšujeta onesnaževanje, povezano s transportom. *Udeleženec 1* pri tem opozarja, da uporaba nekaterih IKT tehnologij sama po sebi ne zagotavlja pozitivnih učinkov na okolje. Navede primer brezpapirnega poslovanja, ki naj bi dejansko spodbudil porabo papirja, sama proizvodnja in uporaba papirja pa v osnovi negativno vpliva na okolje. Poraba naj bi se povečala predvsem zaradi dostopnosti tiska in zaradi neprimerne kulture, poslovnih aplikacij in procesov. Hkrati zaključuje, da je digitalna organizacija okolju prijaznejša od »klasične« organizacije.

#### **3.2.4 Skupen pregled odgovorov**

Udeleženca sta v diskusiji podajala subjektivne ocene in pričakovane vplive vpeljave »Green IT« tehnologij in strategij v podatkovne centre iz ekonomskega in okoljskega vidika. Odgovori v tabeli 3.3 so združeni, rezultat pa je skupna ocena udeležencev o pričakovanih vplivih tehnologij in praks »Green IT« na poslovanje organizacije in na

okolje. Simbol »+« označuje pozitivno oceno, simbol »-« označuje negativno oceno, simbol »=« označuje nevtralno oceno, simbol »?« pa označuje, da se udeleženec ni opredelil.

Tabela 3.3: Skupne ocene udeležencev

<b>Tehnologije in prakse</b>	<b>Poslovanje skupna ocena</b>	<b>Okolje skupna ocena</b>
Optimizacija napajanja	+	+
Optimizacija hlajenja	+	+
Pomnilniške enote - SSD proti HDD	+	+
Nizko energetski strežniki	+	+
Optimizacija programske opreme	+	+
Virtualizacija	+	+
Oblak	-	=
Deduplikacija podatkov	+	+
"Thin provisioning"	+	+
Kompresija podatkov	-	-
Podaljševanje življenjske dobe opreme	=	+
Uporaba tovarniško obnovljene opreme	-	+
Konsolidacija	=	?
Modularni podatkovni centri	+	+
Digitalna organizacija	+	+

Iz skupnih ocen v tabeli 3.3. je razbrati, da udeleženca ocenjujeta, da vpeljava večine v nalogi definiranih *Green IT* tehnologij in praks, lahko pozitivno vplivajo tako na poslovanje organizacije iz ekonomskega vidika, kot tudi iz vidika varovanja okolja. Za podatkovni oblak ocenjujeta, da na poslovanje organizacije vpliva negativno, pri vplivu na okolje pa sta v svoji oceni nevtralna. Kompresija podatkov je bila s strani udeležencev raziskave ocenjena negativno iz stališča obeh vidikov. Podaljševanje življenjske dobe IKT opreme ne ocenjujeta niti kot pozitivno niti kot negativno za poslovanje organizacije, medtem ko iz okoljskega vidika tako prakso ocenjujeta kot pozitivno. Uporabo tovarniško obnovljene opreme sta ocenila kot negativno za poslovanje, vendar pozitivno iz okoljskega vidika. Konsolidacijo IKT infrastrukture ocenjujeta nevtralno za poslovanje, okoljski vidik pa pa ni bil ocenjen.

### **3.2.5 Pomen vrednot, organizacijske kulture in motivacije za *Green IT***

Udeleženca sta med intervjujem večkrat opozorila tudi na pomen motivacije, organizacijske kulture in vrednot za uspešno vpeljavo *Green IT* tehnologij in praks ter izvedbo prehoda v okolju prijaznejše poslovanje. Omenjen vidik sicer ni bil predmet raziskovanja.

*Udeleženec 1* med diskusijo večkrat izrazil mnenje, da je za uspešno izvedene projekte s področja optimizacije in uvajanja zelenih tehnologij pomembna organizacijska kultura. Pri tem še posebej poudari, da v kolikor cilji organizacije niso usmerjeni v družbeno in okolju prijazno poslovanje, organizacija pri odločitvah ne bo pretehtala med poslovnim in okoljskim vidikom. Hkrati navaja, da mora imeti organizacija zastavljene predvsem dolgoročne cilje, saj nekatere tehnološke in strateške rešitve, ki jih lahko štejemo v *Green IT* ne prinašajo pozitivnih ekonomskih rezultatov v kratkem času. Lahko se tudi zgodi, da iz ekonomskega vidika nikoli ne prinesejo pričakovanih rezultatov, vendar pa pozitivno vplivajo na okolje. Iz lastnih izkušenj tudi navaja, da je potrebna predvsem učinkovita komunikacija med vsemi deležniki. Glavni dejavnik, ki zavira prehod v *Green IT* je po njegovem mnenju predvsem pomanjkanje znanja in neustrezna organizacijska struktura. *Udeleženec 2* sam navaja okolju in družbi prijazno poslovanje kot vrednoto, cilj in organizacijsko kulturo v njegovem podjetju. Odločitve v podjetju ocenijo tako iz poslovnega in okoljskega vidika, pri čemer želijo doseči zastavljene cilje predvsem z izvedbo optimalnih investicij, ki s čim manjšim ekonomskim vložkom prinašajo največje pozitivne učinke, tako iz vidika poslovanja, kot tudi vpliva na okolje.

## **4 ZAKLJUČEK**

V diplomskem delu sem skušal ugotoviti, kako vpeljava okolju prijaznejših tehnologij v podatkovne centre organizacij vpliva na njihovo poslovanje ter na okolje. S pregledom literature sem definiral sam koncept *Green IT*, opisal trenutne trende, regulative in programe spodbud ter standarde iz raziskovanega področja, definiral *Green IT* tehnologije in prakse, pregledal primere učinkovitih podatkovnih centrov ter raziskovanje zaključil z empiričnim delom, intervjujem dveh strokovnjakov s področja IKT.

Zanimivo je, da se pojem *Green IT* kot trend v IT industriji pojavi leta 2008, kar sovpada z začetkom zadnje ekonomske krize. Za namene diplomskega dela je bila uporabljena prilagojena definicija, ki združuje v literaturi najbolj razširjeno definicijo *Green IT* in drug pojem *IT for Green*. Po uporabljeni definiciji sta koncepta soodvisna, saj brez meritev, spremljanja in analize dejanskega stanja ni mogoč prehod v *Green IT*. V empiričnem delu se je sicer izkazalo, da tudi udeleženca nekoliko različno razumeta koncept *Green IT*, pri čemer eden od udeležencev jasno ločuje koncepta ter poudarja njuno soodvisnost, drugi pa nasprotno, ravno zaradi soodvisnosti razmejitvev med *Green IT* in *IT for Green* zanemari. V primerjavi s tradicionalnimi pristopi upravljanja z IKT se pri konceptu *Green IT* pretehta tako ekonomsko-poslovni vidik, kot tudi vpliv na okolje. Uporabljeno definicijo *Green IT* bi bilo potrebno še razširiti v smislu, da gre predvsem za dolgoročni proces, spremljanje in analizo dejanskega stanja, na podlagi katerega je mogoče oceniti uspešnost prehoda v *Green IT* in tako oceniti vpliv na okolje in poslovanje organizacije.

Sicer vpliv organizacijske kulture, vrednote in motivacija organizacije na vpeljavo *Green IT* niso bili del empiričnega raziskovanja, vendar jih pri tem vprašanju ne smemo zanemariti. Raziskava Molla in Aberashi (poglavje 2.1.4) dokazuje, da na uspešno vpeljavo koncepta *Green IT* vpliva predvsem motivacija organizacije, ki je glede na svoj izvor interne narave in je usmerjena tako v doseganje ekonomskih, kot tudi socio-političnih ciljev. Tudi udeleženca v raziskavi sta večkrat poudarila ravno pomen organizacijske kulture in vrednot pri vpeljavi okolju prijaznejših tehnologij. Iz izjav je mogoče predvideti, da je za vpeljavo koncepta *Green IT* potrebna ustrezna organizacijska kultura, ki privede do tega, da organizacija pretehta tako ekonomski, kot tudi ekološki vidik sprejetih odločitev. Organizacijska kultura, vrednote, pomanjkanje motivacije in pomanjkanje znanja pa so po mnenju udeležencev v raziskavi poglobilni dejavniki, ki zavirajo aktivnosti v smeri okolju prijaznejšega delovanja organizacije.

V diplomskem delu so predstavljene tehnologije in prakse, ki bi jih glede na dostopne vire in priporočila različnih organizacij in avtorjev lahko umestili med okolju prijaznejše rešitve. Vpeljava vseh tehnologij samo po sebi sigurno ne zagotavlja pozitivnih rezultatov. Ti so lahko celo obratni od pričakovanih, tako za poslovanje kot za okolje.



Nekatere prakse so si nekoliko nasprotujoče in naslavljajo različno problematiko same uporabe IKT. Tak primer sta praksi podaljševanja življenske dobe opreme in konsolidacije oz. zamenjava stare opreme z novo. S podaljševanjem življenske dobe bi lahko naslavljali problematiko elektronskih odpadkov, z zamenjavo stare opreme pa odstranitev energetsko neučinkovitih naprav iz uporabe, ki postanejo elektronski odpadki. Podobno je pri oblačnih storitvah, kjer je sicer zaradi poslovnega modela ponudnika storitev pričakovati, da bo še posebno pozornost namenil učinkovitosti lastnih operacij. Vendar ravno ponudniki oblačnih storitev gradijo velike podatkovne centre, ki pomembno vplivajo na okolje. Sama uporaba IKT v vsakem primeru vpliva na ekonomsko-poslovni kot tudi na okoljski vidik. Vsaka sprememba pa lahko prinese tako pozitivne kot negativne učinke za okolje in poslovanje organizacije, zato je pomembno ugotoviti, kakšno je dejansko stanje ter odločitev pretehtati iz vseh vidikov.

#### **4.1 Kako *Green IT* vpliva na poslovanje?**

V empiričnem delu je bila podana ocena, da v splošnem vpeljava okolju prijaznejših tehnologij pozitivno vpliva na poslovanje organizacij, predvsem iz vidika zmanjševanja porabe energije ter posledično nižjih stroškov obratovanja. Na podlagi dobrih praks in po ocenah udeležencev raziskave med najbolj učinkovite aktivnosti sodijo optimizacija napajanja in hlajenja ter uporaba tehnoloških rešitev, ki neposredno vplivajo na obremenitev napajalnih in hladilnih sistemov. Omenjeni sistemi so izredno veliki porabniki električne energije in že enostavne rešitve prinašajo pozitivne učinke, brez velikih investicijskih stroškov. Primeri takih rešitev so ločitev hladnih in toplih con ter preprečevanje mešanja hladnega in toplega zraka, preiščljeno dvig temperature v hladnih conah ter omejitev uporabe razsvetljave v podatkovnem centru. Velik pozitiven vpliv ima še vpeljava virtualizacije, deduplikacije in uporabe *thin provisioning* tehnologije. Zanimivo je, da je bila tehnologija kompresije in uporaba oblaka ocenjena negativno. Posebnost je digitalna organizacija, kjer uporaba sodobne informacijsko-komunikacijske tehnologije redefinira obliko delovnega mesta, loči delo od lokacije in časa, omogoča nove načine sodelovanja ter prinaša pozitivne učinke za poslovanje organizacije na strani zmanjšanja stroškov.

Pri tem je potrebno opozoriti, da so vplivi na poslovanje od primera do primera zelo različni, lahko tudi negativni. Vpeljane spremembe v IKT za organizacijo predstavljajo investicijski strošek, ki je lahko relativno velik in se povrne šele v daljšem obdobju, kar bi z vidika poslovanja ocenili kot negativno.

## **4.2 Kako *Green IT* vpliva na okolje?**

Prav tako je bila v empiričnem delu podana ocena, da uporaba okolju prijaznejših tehnologij lahko pozitivno vpliva na okolje. Ocenjeno je bilo, da aktivnosti in tehnologije, ki pozitivno vplivajo na poslovanje, vplivajo pozitivno tudi na okolje, in obratno. Manjša poraba energije zahteva manjšo proizvodnjo energije, ki je običajno obremenjujoča za okolje in ni pod nadzorom same organizacije. Nekatere strategije, kot sta podaljševanje življenjske dobe opreme in uporaba tovarniško obnovljene strojne opreme, so ocenjene bolj pozitivno iz vidika vpliva na okolje, kot iz vidika poslovanja organizacije. Pri tem gre poudariti predvsem za razumevanje vpliva IKT v širšem, globalnem pomenu, saj sta udeleženca mnenja, da sta omenjeni strategiji dobra rešitev za zmanjševanje negativnih vplivov na okolje ob proizvodnji in uporabi strojne opreme, kot tudi pri problematiki elektronskih odpadkov. V istem kontekstu je razumeti tudi pozitivne vplive digitalne organizacije, ki lahko zmanjša negativne vplive na okolje, ki izhajajo iz samega delovanja organizacije.

Vpliv na okolje je težko natančno oceniti in vsaka sprememba lahko prinese tako pozitivne kot negativne očitke. Pomembno pa je, da se pri odločitvah pretehta okoljski vidik. Zelo enostavne rešitve z malo vloženega truda in praktično brez investicijskih stroškov lahko prinašajo zelo pozitivne rezultate z okoljskega vidika.

## **4.3 Sklep**

Vpeljava *Green IT* lahko pozitivno vpliva na poslovanje in okolje, predvsem v primerjavi z uporabo IKT, kjer ni upoštevan vidik okoljevarstva, ampak le poslovni vidik. Vendar je pri doseganju cilja potrebna dolgoročna in individualna obravnava posameznih primerov. Prav tako je prehod v *Green IT* malo verjeten, v kolikor sistem vrednot in kultura v organizaciji nista ustrezni. S pomočjo IKT rešitev lahko organizacija optimizira

in izboljšša tudi učinkovitost lastnega delovanja izven IKT področja, tako iz vidika zmanjšanja negativnih vplivov na okolje, kot tudi iz vidika poslovanja.

*Green IT* sovpada z definicijo trajnostnega razvoja, ki temelji na varovanju okolja in družbenem ter ekonomskem razvoju. Gre za zadovoljevanje potreb današnjega časa, ne da bi ogrozili zmožnost prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe. Vendar še vedno živimo v času linearne, potrošniške ekonomije, kljub idejam po spremembi, kot je recimo prehod v krožno gospodarstvo, kjer odpadki postanejo surovina. Pri proizvodnji in recikliranju elektronskih naprav kroga še ni mogoče skleniti, saj uporabljenih materialov in strupenih snovi še ni mogoče obdelati na ustrezen način. Napredek v tej smeri je morebiti opaziti pri nekaterih rešitvah učinkovitih podatkovnih centrov, predvsem pri porabi električne energije in z združevanjem različnih gospodarskih dejavnosti. Tak primer je Microsoftov podatkovni center DataPlant, ki v sodelovanju z lokalno čistilno napravo odpadnih voda pridobiva plin, ki ga uporabi v lastni elektrarni za proizvodnjo električne energije, s katero napaja podatkovni center, višek pa je namenjen za potrebe čistilne naprave. Čas bo pokazal ali bo razvoj na področju IKT omogočil prehod v drugačno ekonomijo, kjer bodo elektronske naprave oblikovane tako, da ne bodo vsebovale okolju in zdravju škodljivih snovi, in jih bo mogoče popolnoma reciklirati. Sicer pa je pričakovati, da bodo novi poslovni modeli temeljili na uporabi IKT ter omogočili tudi približevanje drugih gospodarskih panog cilju trajnostnega razvoja.

Naj za zaključek opozorim, da je bila narava te študije kvantitativna, kar s seboj prinaša določene omejitve ugotovitev. Zaradi dolgotrajnosti in kompleksnosti obdelave podatkov, pridobljenih z intervjujem, je vzorec izredno majhen, kar onemogoča posploševanje izsledkov na populacijo. Poleg omejenosti zaključkov na vzorec raziskave, zaključki sicer temeljijo na obširno in poglobljeno raziskani literaturi, vendar ne na statistično obdelanih podatkih. Kljub temu, zaradi narave intervjuja, ki nam nudi poglobljen in obširen vpogled v naravo predmeta raziskovanja, zbrani podatki nudijo pomembno uporabno in informativno vrednost. V nadalje bi jih bilo zato smiselno podkrepiti s kvalitativno zastavljeno študijo, katere zaključki bi bili osnovani na statistično obdelanih postopkih, ki nudijo bolj objektivne in verodostojne rezultate.

## 5 LITERATURA

*2005 World Summit Outcome*. Draft resolution referred to the High-level Plenary Meeting of the UN General Assembly by the General Assembly at its fifty-ninth session. 2005. Dostopno prek: <http://www.who.int/hiv/universalaccess2010/worldsummit.pdf> (6. julij 2015).

Accenture. 2010. *Press release: Microsoft, Accenture and WSP Environment & Energy Study Shows Significant Energy and Carbon Emissions Reduction Potential from Cloud Computing*. Dostopno prek: [https://newsroom.accenture.com/article\\_display.cfm?article\\_id=5089](https://newsroom.accenture.com/article_display.cfm?article_id=5089) (18. maj 2016).

American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). *ASHRAE Technical Committee 9.9 Mission Critical Facilities, Data Centers, Technology Spaces and Electronic Equipment*. Dostopno prek: <https://tc0909.ashraetcs.org/about.php> (21. maj 2016).

Basar Bener, Ayse in drugi. 2014. *Green IT and Green Software*. Dostopno prek: <https://www.computer.org/web/computingnow/archive/october2014> (29. marec 2016).

Blackstone, Amy. 2016. *Principles of Sociological Inquiry: Qualitative and Quantitative Methods, v. 1.0*. Dostopno prek: [http://catalog.flatworldknowledge.com/bookhub/reader/3585?e=blackstone\\_1.0-ch09\\_s02#blackstone\\_1.0-ch00pref](http://catalog.flatworldknowledge.com/bookhub/reader/3585?e=blackstone_1.0-ch09_s02#blackstone_1.0-ch00pref) (27. julij 2016).

BusinessDictionary. *Corporate Social Responsibility*. Dostopno prek: <http://www.businessdictionary.com/definition/corporate-social-responsibility.html> (7. Julij 2015).

Clark, Jeff. 2012. *The DataCenter Journal: Basics of Data Center Cooling*. Dostopno prek: <http://www.datacenterjournal.com/basics-of-data-center-cooling/> (21. maj 2016).

Data Center Knowledge. *The Facebook Data Center FAQ*. Dostopno prek: <http://www.datacenterknowledge.com/the-facebook-data-center-faq/> (20. april 2016).

Dewayne, Adams. 2015. *SSD vs. HDD: Benefits of a Solid State Drive*. Dostopno prek: <http://patriot-tech.com/ssd-vs-hdd-benefits-of-a-solid-state-drive/> (23. februar 2016).

Ecova Plug Load Solutions Website. *80 PLUS Certified Power Supplies and Manufacturers*. Dostopno prek: <http://plugloadsolutions.com/80PlusPowerSupplies.aspx#> (16. februar 2016).

Electronics TakeBack Coalition. 2014. *Facts and Figures on E-Waste and Recycling*. Dostopno prek: [http://www.electronicstakeback.com/wp-content/uploads/Facts\\_and\\_Figures\\_on\\_EWaste\\_and\\_Recycling.pdf](http://www.electronicstakeback.com/wp-content/uploads/Facts_and_Figures_on_EWaste_and_Recycling.pdf) (7. julij 2015).

Elsevier. 2014. *Software Engineering Aspects of Green Computing (SEAGC)*. Dostopno prek: <http://www.journals.elsevier.com/sustainable-computing/call-for-papers/software-engineering-aspects-of-green-computing-seagc/> (29. marec 2016).

Encyclopaedia Britannica. *Microsoft Corporation*. Dostopno prek: <http://www.britannica.com/topic/Microsoft-Corporation> (18. maj 2016).

ENERGY STAR. 2016a. *12 Ways to Save Energy in Data Centers and Server Rooms*. Dostopno prek: [http://www.energystar.gov/products/low\\_carbon\\_it\\_campaign/12\\_ways\\_save\\_energy\\_data\\_center](http://www.energystar.gov/products/low_carbon_it_campaign/12_ways_save_energy_data_center) (15. februar 2016).

--- 2016b. *About ENERGY STAR*. Dostopno prek: <https://www.energystar.gov/about> (15. februar 2016).

--- 2016c. *Benchmark Your Data Center's Energy Efficiency*. Dostopno prek: [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.server\\_efficiency#rating](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency#rating) (23. februar 2016).

--- 2016č. *Data Center Storage*. Dostopno prek: [http://www.energystar.gov/products/office\\_equipment/data\\_center\\_storage](http://www.energystar.gov/products/office_equipment/data_center_storage) (15. februar 2016).

--- 2016d. *ENERGY STAR Low Carbon IT Campaign*. Dostopno prek: [https://www.energystar.gov/products/low\\_carbon\\_it\\_campaign](https://www.energystar.gov/products/low_carbon_it_campaign) (15. februar 2016).

Evropska komisija za kemikalije (ECHA). *Uredba REACH*. Dostopno prek: <http://echa.europa.eu/sl/regulations/reach/> (8. februar 2016).

Evropska komisija. *CE marking*. Dostopno prek: [http://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/index_en.htm) (8. februar 2016).

--- 2008. *Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency Version 1.0*. Dostopno prek: [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/sustainable\\_growth/docs/datacenter\\_code-conduct.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/datacenter_code-conduct.pdf) (23. februar 2016).

--- 2015a. *Recast of the RoHS Directive*. Dostopno prek: [http://ec.europa.eu/environment/waste/rohs\\_eee/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/index_en.htm) (8. februar 2016).

--- 2015b. *Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE)*. Dostopno prek: [http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm) (8. februar 2016).

eWeek. 2007. *Green Grid Plans First Technical Summit*. Dostopno prek: <http://www.eweek.com/c/a/IT-Infrastructure/Green-Grid-Plans-First-Technical-Summit> (16. februar 2016).

Fortune. *Bye-bye HP, it's the end of an era*. Dostopno prek: <http://fortune.com/2015/10/30/bye-bye-hp/> (18. maj 2016).

Gartner, Inc. 2007a. *Gartner Identifies the TOP 10 Strategic Technologies for 2008*. Dostopno prek: <http://www.gartner.com/newsroom/id/530109> (13. september 2015).

--- 2007b. *Green IT: A New Industry Shock Wave*. Dostopno prek: [http://www.ictliteracy.info/rf.pdf/Gartner\\_on\\_Green\\_IT.pdf](http://www.ictliteracy.info/rf.pdf/Gartner_on_Green_IT.pdf) (7. julij 2015).

--- 2008. *Gartner Identifies the TOP 10 Strategic Technologies for 2009*. Dostopno prek: <http://www.gartner.com/newsroom/id/777212> (13. september 2015).

--- 2009. *Gartner Identifies the TOP 10 Strategic Technologies for 2010*. Dostopno prek: <http://www.gartner.com/newsroom/id/1210613> (13. september 2015).

--- 2015. *IT Glossary: Data Center*. Dostopno prek: <http://www.gartner.com/it-glossary/data-center/> (13. september 2015).

--- 2016. *IT Glossary: Digital Workplace*. Dostopno prek: <http://www.gartner.com/it-glossary/digital-workplace/> (22. maj 2016).

Google. 2016a. *Data Centers*. Dostopno na: <https://www.google.si/about/datacenters/> (19. april 2016).

--- 2016b. *Measuring efficiency*. Dostopno prek: <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/index.html#measuring-efficiency> (19. april 2016).

--- 2016c. *Recycling*. Dostopno prek: <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/index.html#recycling> (19. april 2016).

--- 2016č. *Servers*. Dostopno prek: <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/index.html#servers> (19. april 2016).

--- 2016d. *Temperature Control*. Dostopno prek: <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/index.html#temperature> (19. april 2016).

--- 2016e. *Water and Cooling*. Dostopno prek: <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/index.html#water-and-cooling> (19. april 2016).

Green Electronic Council. *Product Longevity and Lifecycle Extension*. Dostopno prek: <http://greenelectronicscouncil.org/programs/green-ict-resource-center/product-longevity-and-lifecycle-extension/> (6. april 2016).

Greenpeace. 2012. *How Clean is Your Cloud?*. Dostopno prek: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/iCoal/HowCleanisYourCloud.pdf> (18. avgust 2016).

--- 2016a. *About Greenpeace*. Dostopno prek: <http://www.greenpeace.org/international/en/about/> (19. april 2016).

--- 2016b. *Clean your Cloud*. Dostopno prek: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/cleanourcloud/> (19. april 2016).

--- 2016c. *Facebook Campaign*. Dostopno prek: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/Cool%20IT/Facebook/Facebook%20Media%20Backgrounder.pdf> (18. avgust 2016).

--- 2016č. *Greener Electronics*. Dostopno prek: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/electronics/> (21. avgust 2016).

--- 2016d. *Keeping Green Score*. Dostopno prek: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/cool-it/Campaign-analysis/> (19. april 2016).

Gruener, Wolfgang. 2013. *The History of the Data Center*. Dostopno prek: [http://www.tomsitpro.com/articles/cloud\\_computing-modular\\_datacenter-mainframe-eniac,5-26.html](http://www.tomsitpro.com/articles/cloud_computing-modular_datacenter-mainframe-eniac,5-26.html) (7. julij 2015).

Harbor, David in drugi. 2015. *Fraunhofer USA: The Energy and Greenhouse Gas Emissions Impacts of Telecommuting and e-Commerce*. Dostopno prek: <http://www.cta.tech/CorporateSite/media/Government-Media/Telecommuting-e-Commerce-Study.pdf> (22. maj 2016).

Hewlett Packard Enterprise. 2015. *Family Guide: HPE Moonshot System, 4AA4-6076ENW*. Dostopno prek: <http://h20195.www2.hp.com/v2/getpdf.aspx/4AA4-6076ENW.pdf> (22. maj 2016).

--- 2016a. *HP History*. Dostopno na: <http://www8.hp.com/us/en/hpe/hp-information/about-hp/history/overview.html> (18. maj 2016).

--- 2016b. *HPE Performance Optimized Datacenters*. Dostopno prek: <https://www.hpe.com/us/en/integrated-systems/pods.html> (18. avgust 2016).

--- 2016c. *HPE RENEW Program – Europe, Middle East and Africa*. Dostopno prek: <http://www8.hp.com/uk/en/hpe/hpe-renew/faqs.html> (6. april 2016).

Hitachi. 2009. *Hard Drive for Low Power Energy Efficiency in Disk Storage*. Dostopno prek: [https://www.e3s-center.org/pubs/9/Sridhar%20Energy\\_efficient\\_hdd\\_June2009.pdf](https://www.e3s-center.org/pubs/9/Sridhar%20Energy_efficient_hdd_June2009.pdf) (23. februar 2016).

Husain, Amir. 2008. *How to build an Application Virtualization Framework*. Dostopno prek: <http://www.vdiworks.com/how-to-build-an-application-virtualization-framework/> (6. april 2016).



IBM. 2015. *IBM 5100 Portable Computer*. Dostopno prek: [https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc/pc\\_2.html](https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc/pc_2.html) (13. september 2015).

Info-Tech Research Group. 2007. *Info-Tech's Green Index: How Green Are You?*. Dostopno prek: [http://www.missioncriticalmagazine.com/ext/resources/MC/Home/Files/PDFs/070704\\_Premium\\_TP\\_Green\\_Index.pdf](http://www.missioncriticalmagazine.com/ext/resources/MC/Home/Files/PDFs/070704_Premium_TP_Green_Index.pdf) (14. September 2015).

--- *Green IT: Why Mid-size Companies Are Investing Now?*. Dostopno prek: <http://www.kacst.edu.sa/en/research/it/Documents/greenit2.pdf> (14. September 2015).

International Federation of Green Information & Communication Technology. Dostopno prek: <http://www.ifgic.org> (7. julij 2015).

International Organization for Standardization. 2011. *ISO 50001:2011*. Dostopno prek: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=51297](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51297) (18. avgust 2016).

--- 2015. *ISO 14001:2015*. Dostopno prek: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=60857](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=60857) (18. avgust 2016).

--- *About ISO*. Dostopno na: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm> (18. avgust 2016).

Investopedia. *Moore's Law*. Dostopno prek: <http://www.investopedia.com/terms/m/mooreslaw.asp> (4. april 2016).

J. Bigelow, Stephen. 2011. *When is server hardware too old?*. Dostopno prek: <http://searchdatacenter.techtarget.com/tip/When-is-server-hardware-too-old> (4. april 2016).

--- 2016. *Thin provisioning explained and defined*. Dostopno prek: [http://www.webopedia.com/TERM/T/thin\\_provisioning.html](http://www.webopedia.com/TERM/T/thin_provisioning.html) (21. maj 2016).

Knorr, Eric. 2010. *What desktop virtualization really means*. Dostopno prek: <http://www.infoworld.com/article/2627220/vdi/what-desktop-virtualization-really-means.html> (6. april 2016).

Lifeline Data Centers. 2014. *What is LEED Certification for Data Centers?*. Dostopno prek: <http://www.lifelinedatacenters.com/data-center/leed-certification-data-centers/> (11. maj 2016).

Marshall, Sam. 2014. *What a Digital Workplace Is and What It Isn't*. Dostopno prek: <http://www.cmswire.com/cms/social-business/what-a-digital-workplace-is-and-what-it-isnt-027421.php> (22. maj 2016).

Microsoft. 2014. *Microsoft's Biogas-Powered Data Plant Opens in Wyoming*. Dostopno prek: <https://blogs.technet.microsoft.com/msdatacenters/2014/11/07/microsofts-biogas-powered-data-plant-opens-in-wyoming/> (19. maj 2016).

--- 2015a. *Cloud Infrastructure Operational Excellence & Reliability Strategy Brief*. Dostopno prek: [http://download.microsoft.com/download/C/5/5/C55C7170-9AA0-4187-9A78-C5AE85C8161D/Cloud\\_Infrastructure\\_Operational\\_Excellence\\_and\\_Reliability\\_Strategy\\_Brief.pdf](http://download.microsoft.com/download/C/5/5/C55C7170-9AA0-4187-9A78-C5AE85C8161D/Cloud_Infrastructure_Operational_Excellence_and_Reliability_Strategy_Brief.pdf) (18. maj 2016).

--- 2015b. *DataCenter Sustainability Strategy Brief*. Dostopno prek: [http://download.microsoft.com/download/1/1/9/119CD765-0CEE-4DA6-B396-20603D3F4701/Datacenter\\_Sustainability\\_Strategy\\_Brief.pdf](http://download.microsoft.com/download/1/1/9/119CD765-0CEE-4DA6-B396-20603D3F4701/Datacenter_Sustainability_Strategy_Brief.pdf) (19. maj 2016).

--- 2015c. *Data Deduplication Overview*. Dostopno prek: [https://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831602\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831602(v=ws.11).aspx) (18. avgust 2016).

Miniman, Stuart. 2014. *The Data Center: Past, Present and Future*. Dostopno prek: [http://wikibon.org/wiki/v/The\\_Data\\_Center:\\_Past,\\_Present\\_and\\_Future](http://wikibon.org/wiki/v/The_Data_Center:_Past,_Present_and_Future) (23. februar 2016).

Molla, Alemayehu in Abareshi, Ahmad. 2012. *Organizational Green Motivations for Information Technology: Empirical Study*. Journal of Computer Information Systems.

Murugesan, San. 2008. *Harnessing Green IT: Principles and Practices*. Dostopno prek: <http://www.pitt.edu/~dtipper/2011/GreenPaper.pdf> (14. September 2015).

National Institute of Standards and Technology. 2010. *The NIST Definition of Cloud Computing, version 15*. Dostopno prek: <http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/cloud-def-v15.pdf> (7. april 2016).

Natural Resources Defense Council. 2014. *Issue Brief: America's Data Centers Are Wasting Huge Amounts of Energy*. Dostopno prek: <http://www.nrdc.org/energy/files/data-center-efficiency-assessment-IB.pdf> (7. Julij 2015).

Newstrom, Steven. 2014. *A Comprehensive Strategy for Successful Data Center Consolidation*. Dostopno prek: <https://www.cgi.com/sites/default/files/white-papers/cgi-state-and-local-data-center-consolidation-white-paper.pdf> (24. februar 2016).

Normandeau, Kevin. 2013. *What is Modular Data Center?*. Dostopno prek: <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2013/04/04/what-is-a-modular-data-center/> (2. avgust 2016).

Pujar, Jagadish H. in Kadlaskar, Lohit M. *A NEW LOSSLESS METHOD OF IMAGE COMPRESSION AND DECOMPRESSION USING HUFFMAN CODING TECHNIQUES*. Dostopno prek: <http://www.jatit.org/volumes/research-papers/Vol15No1/3Vol15No1.pdf> (24. februar 2016).

Rossi, Ben. 2015. *InformationAge: What is True Digital Enterprise?* Dostopno prek: <http://www.information-age.com/it-management/strategy-and-innovation/123459026/what-true-digital-enterprise> (22. maj 2016).

Santo Domingo, Joel. 2016. *SSD vs HDD: What's the Difference?*. Dostopno prek: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2404258,00.asp> (18. avgust 2016).

Saran, Cliff. 2010. *Fresh air cooling makes HP datacentre super-efficient*. Dostopno prek: <http://www.computerweekly.com/feature/Fresh-air-cooling-makes-HP-datacentre-super-efficient> (18. maj 2016).

Sheshadi, Ramez in drugi. 2013. *Designing the digital workplace: Connectivity, communication, collaboration*. Dostopno prek: <http://www.strategyand.pwc.com/reports/designing-the-digital-workplace> (22. maj 2016).

Shojaee, Hamid. 2007. *Rules for Being a Green Software Engineer*. Dostopno prek: <http://blog.axosoft.com/2007/12/24/rules-for-being-a-green-software-engineer/> (6. april 2016).

Stanssberry, Matt. 2006. *HP's data center consolidation provides management insights*. Dostopno prek: <http://searchitoperations.techtarget.com/news/1213337/HPs-data-center-consolidation-provides-management-insights> (18. maj 2016).

Sverdlik, Yevgeniy. 2014a. *Microsoft: our in-rack data center fuel cell concept works*. Dostopno prek: <http://www.datacenterdynamics.com/power-cooling/microsoft-our-in-rack-data-center-fuel-cell-concept-works/84945.fullarticle> (19. maj 2016).

--- 2014b. *Survey: Industry Average Data Center PUE Stays Nearly Flat Over Four Years*. Dostopno prek: <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2014/06/02/survey-industry-average-data-center-pue-stays-nearly-flat-four-years/> (1. april 2016).

Svetovna zdravstvena organizacija. *Children's environmental health, Electronic waste*. Dostopno prek: <http://www.who.int/ceh/risks/ewaste/en/> (21. avgust 2018).

Techopedia. 2016. *Data Storage*. Dostopno prek: <https://www.techopedia.com/definition/23342/data-storage> (23. februar 2016).

TechTarget. 2016a. *Definition: Digital Enterprise*. Dostopno prek: <http://searchcio.techtarget.com/definition/Digital-enterprise> (22. maj 2016).

--- 2016b. *Enterprise Storage*. Dostopno prek: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/enterprise-storage> (23. februar 2016).

--- 2016c. *Software*. Dostopno prek: <http://searchsoa.techtarget.com/definition/software> (29. marec 2016).

TechTerms.com. 2009. *Power Supply Definition*. Dostopno prek: <http://techterms.com/definition/powersupply> (19. julij 2016).

--- 2016. *Firmware Definition*. Dostopno prek: <http://techterms.com/definition/firmware> (2. avgust 2016).

The Cool Gadgets. 2016. *C5K750, 5K2000: HITACHI CINEMASTAR HARD DRIVES – ENERGY CONSCIOUS, HIGHER POWER EFFICIENCY*. Dostopno prek: <http://thecoolgadgets.com/c5k750-5k2000-hitachi-cinemastar-hard-drives-energy-conscious-higher-power-efficiency/> (18. avgust 2016).

The Federal Communications Commission. 2016a. *FCC Logo Black on White*. Dostopno prek: [https://transition.fcc.gov/files/logos/fcc-logo\\_black-on-white.jpg](https://transition.fcc.gov/files/logos/fcc-logo_black-on-white.jpg) (18. avgust 2016).

--- 2016b. *What We Do*. Dostopno prek: <https://www.fcc.gov/about-fcc/what-we-do> (18. avgust 2016).

The Green Grid. 2012. *White Paper #51: Power Equipment and Data Center Design*. Dostopno prek: [http://www.thegreengrid.org/~media/whitepapers/wp51-powerequipmentanddatacenterdesign\\_v1.pdf?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/whitepapers/wp51-powerequipmentanddatacenterdesign_v1.pdf?lang=en) (19. julij 2016).

Thomas, Justin in Yetman, Chris. 2015. *Pursuing the Green Data Center*. Dostopno prek: <http://www.datacenterjournal.com/pursuing-green-data-center/> (19. april 2016).

Tutor2u. 2015. *What is ICT?* Dostopno prek: <http://www.tutor2u.net/business/reference/what-is-ict> (18. avgust 2016).

Uptime Institute. 2014. *2014 Data Center Industry Survey*. Dostopno prek: <https://journal.uptimeinstitute.com/2014-data-center-industry-survey/> (1. april 2016).

Uredba o odpadni električni in elektronski opremi. Ur. I. RS 55/15. Dostopno prek: <https://www.uradni-list.si/1/content?id=122711> (8. februar 2016).

USGBC. *LEED*. Dostopno prek: <http://in.usgbc.org/leed> (11. maj 2016).

Venkatraman, Archana. 2013. *Top Technologies That Can Make Your Datacentre Green*. Dostopno prek: <http://www.computerweekly.com/feature/Top-technologies-that-can-make-your-datacentre-green#Datacentreconsolidationandvirtualisation> (23. februar 2016).

Vidal, John. 2013. Toxic »e-waste« dumped in poor nations, says United Nations. *The Guardian*, 14. december. Dostopno prek: <https://www.theguardian.com/global-development/2013/dec/14/toxic-ewaste-illegal-dumping-developing-countries> (18. avgust 2016).

Violino, Bob. 2008. *Infrastructure Consolidation: 6 Tips for Success*. Dostopno prek: <http://www.cioinsight.com/c/a/Strategic-Tech/Infrastructure-Consolidation-6-Tips-for-Success> (24. februar 2016).

VMWare. *What is Virtualization*. Dostopno prek: <http://www.vmware.com/solutions/virtualization.html> (4. april 2016).

Watson, Richard in Boudreau, Maric. 2012. *Energy Informatics and the Difference Between Green IT and Green IS*. Dostopno prek: [http://www.sustainablebrands.com/news\\_and\\_views/may2012/energy-informatics-and-difference-between-green-it-and-green](http://www.sustainablebrands.com/news_and_views/may2012/energy-informatics-and-difference-between-green-it-and-green) (14. september 2015).

Združeni narodi. 1987. *Our Common Future*. Dostopno prek: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (7. julij 2015).

--- 2016. *Sustainable Development Goals*. Dostopno prek: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/summit/> (18. avgust 2016).

Zhexembayeva, Nadya. 2014. *Overfished Ocean Strategy*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, Inc.