

NADOGRADNJA RAČUNALNIH KOMPONENTI MULTIMEDIJSKE RADNE STANICE U SVRHU OČUVANJA OKOLIŠA

UPGRADING COMPUTER COMPONENTS OF A MULTIMEDIA WORKSTATION FOR THE PURPOSE OF PRESERVING THE ENVIRONMENT

Ivan Rajković, Dinka Radonić, Nenad Samarin

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

U radu je prikazan proces osposobljavanja računala Mac Pro (Apple Inc., SAD) za ponovnu uporabu nadogradnjom osnovnih komponenti te njegova priprema za obradu audio i video materijala. Životni ciklus tehničkih i elektroničkih proizvoda sve je kraći pa zbog toga raste količina EE otpada (električni i elektronički otpad) što znatno ugrožava okoliš. Prilikom analize hardvera i nadogradnji elemenata za obradu računalnih informacija, provedena su mjerenja (eng. *benchmarks*) čiji rezultati pokazuju da je računalo Mac Pro, bez obzira na starost, sposobno nositi se sa zahtjevnim procesima koji uključuju obradu multimedijских materijala. Uspješnom nadogradnjom multimedijске radne stanice osposobljeno je računalo za zahtjevne radne zadatke obrade slike i zvuka. Prikazani su i pojašnjeni pojmovi recikliranja, ponovne uporabe te osnovne regulative vezane za EE otpad. Korištenjem nadograđenih računala smanjuje se proizvodnja EE otpada čime se aktivno doprinosi očuvanju okoliša.

Ključne riječi: *EE otpad, ponovna uporaba, Mac Pro, recikliranje*

ABSTRACT

The paper presents the process of upgrading a Mac Pro (Apple Inc., USA) computer to be reused by changing basic components and preparing it for processing audio and video materials. The life cycle of technical and electronic products is getting shorter and as a result, the amount of EE waste (electrical and electronic waste) is increasing,

which significantly endangers the environment. By analyzing the hardware and upgrading elements for processing computer information, measurements (benchmarks) were carried out. The results show that the Mac Pro computer, regardless of its age, is capable of handling demanding processes that include the editing of multimedia materials. The multimedia workstation is enabled for processing the demanding tasks of audio and video editing, by the successful upgrading of its components. Concepts of recycling, reuse, and basic regulations related to EE waste are presented and explained. The use of upgraded computers reduces the production of EE waste, and actively contributes to the preservation of the environment.

Keywords: *EE waste, reuse, upcycling, Mac Pro, recycling*

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Usljed povećanja ekonomskog standarda i potrošačkog mentaliteta posljednjih se desetljeća uočava porast proizvodnje električnih i elektroničkih uređaja, a time i količina električnog i elektroničkog otpada (engl. *waste electrical and electronic equipment, WEEE*). Električni i elektronički otpad nije problematičan samo zbog količine otpada, već i zbog elemenata štetnih i opasnih za okoliš. [1] Nameće se pitanje upravljanja tim otpadom i/ili njegovog recikliranja. [2] Prema nekim procjenama, svaki stanovnik Europske unije godišnje proizvede između 14 i 20 kg električnog i elektroničkog otpada. [1] Posljednjih desetljeća potiče se na

smanjenje proizvodnje otpada, kao i na savjesnije gospodarenje otpadom. Jedan od koraka koji drastično mogu smanjiti nastajanje otpada ponovna je uporaba. Ona se odnosi na sve postupke kojima se omogućava ponovno korištenje proizvoda ili njihovih dijelova koji još nisu ušli u tokove otpada, a u istu svrhu za koju su izvorno proizvedeni.

Cilj je ovog rada osvijestiti potrebu za ponovnim korištenjem uređaja koji su prema nekim današnjim standardima zastarjeli, ali ih je moguće osposobiti za daljnju upotrebu. U samo nekoliko koraka staro računalo može trajati još dugi niz godina bez nepotrebnog stvaranja dodatnog EE otpada. Postoje razne statistike koje pokazuju da se EE otpad u prošlom desetljeću povećao za dva milijuna tona (Mt) te da će se udvostručiti u idućim godinama. EE otpad koji nije pravilno recikliran ili stavljen u ponovnu uporabu postaje novi otpad, a svaki EE uređaj ima vlastiti ugljični otisak i štetan je za okoliš. [3]

2. PONOVA UPORABA U REPUBLICI HRVATSKOJ

2. REUSE IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske definira otpad kao „svaku tvar ili predmet koju posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti“. Radi sprječavanja nastanka otpada, primjenjuje se niz propisa i načela u gospodarenju otpadom, a prema redu

prednosti dijele se na:

1. sprječavanje nastanka otpada
2. pripremu za ponovnu uporabu
3. recikliranje
4. ostale postupke uporabe, odnosno recikliranja (primjerice, energetska uporaba)
5. zbrinjavanje.

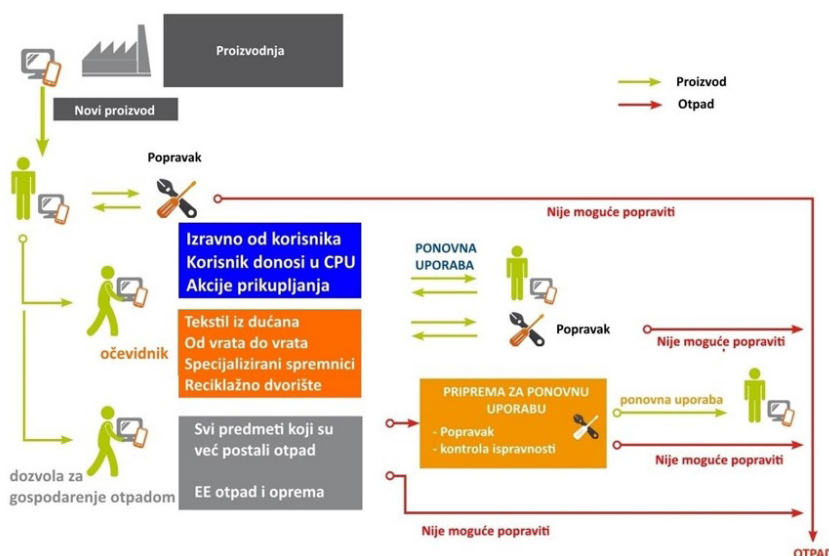
Oporaba je postupak izdvajanja materijala iz otpada i njegova ponovna uporaba. [4] Prema Pravilniku o gospodarenju otpadom električnom i elektroničkom (EE) opremom. Sabirni centar mjesto je gdje se prikuplja EE otpad koji je nastao u kućanstvima i poslovnim subjektima. Kada EE oprema uđe u sustav, prvo se klasificira kao otpad te se administrativnim putem prati dalje do konačne uporabe ili zbrinjavanja. Nakon što se EE otpad pripremi za ponovnu uporabu, prije daljnje distribucije, ukida mu se status otpada (Slika 1).

U Republici Hrvatskoj postoje centri za ponovnu uporabu (CPU) i mreže za ponovnu uporabu. Njihova je aktivnost skupljanje, obnova i ponovna distribucija proizvoda koji bi u suprotnom postali otpad. [5]

3. RADNA STANICA

3. THE WORKSTATION

Za primjer ponovne uporabe uzeta je radna stanica Mac Pro 5.1 (Slika 2) predstavljena u srpnju 2010. Izvorna konfiguracija, Mac Pro 5.1, verzija mid 2010, ima ugrađeni procesor Intel Xeon brzine

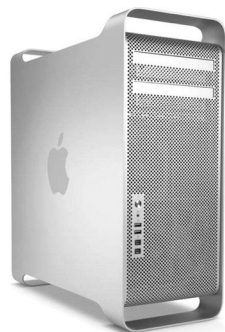


Slika 1 Prikaz toka proizvoda i otpada

Figure 1 Overview of the course of a product and its waste

(Izvor: <https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Sektor%20za%20odr%C5%BEivo%20gospodarenje%20otpadom/Ostalo/smjernice%20za%20ponovnu%20uporabu%20u%20RH.pdf>)

3.33 Ghz sa šest jezgri. U računalo je ugrađeno 8 GB DDR3 memorije koja radi brzinom od 1333 MHz. Za grafiku se brine grafička kartica ATI Radeon HD 5770 s 1 GB memorije. Operativni sustav je OS X Lion 10.7.5. Za rad i pohranu radna stanica koristi disk SATA kapaciteta 250 GB. [6]



Slika 2 Mac Pro 5.1

Figure 2 Mac Pro 5.1

(Izvor: <https://igotoffer.com/apple/apple-mac-pro-51-mid-2010-full-information-tech-specs>)

3.1. NADOGRAĐNJA RADNE STANICE

3.1. WORKSTATION UPGRADE

Nadogradnja se sastoji od dvaju procesora Intel Xeon brzine 3.46 GHz u kojem svaki od njih ima 6 jezgri. Ukupna memorija nadograđena je na 128 GB DDR3 Samsung memorije, brzine 1333 MHz. Grafička kartica zamijenjena je novijom, AMD Radeon R9 280X s 3 GB memorije. Operativni sustav nadograđen je na OS X Mojave 10.14.6. Za rad i pohranu dodan je disk SATA, WD Caviar Black 1 TB, koji je spojen preko utora 3 izravno na matičnu ploču. Dodan je i disk SSD SATA, Crucial MX500 1 TB, koji je spojen preko utora 1 izravno na matičnu ploču. Osim ovih nadogradnji u radnu je stanicu ugrađen kontroler M.2 spojen u utor PCIe x16 na matičnoj ploči.

Preko kontrolera spojeni su diskovi NVMe PCIe, Kingston SA2000 1 TB i M.2 SSD SATA, WD Blue 500GB. Budući da je brzina diska NVMe PCIe puno brža od diskova SATA i SSD, na disk NVMe PCIe (Slika 3) instaliran je operativni sustav da bi se ubrzalo pokretanje operativnog sustava. Disk NVMe PCIe ugrađen je zbog brzine čitanja i pisanja. Na njega je instaliran i operativni sustav za brže pokretanje operativnog sustava. Diskovi (jedan klasični disk SATA, drugi i treći disk su

SSD) spojeni su u utore pomoću kontrolera da bi se izmjerila njihova. Također, diskovi su dodani zbog dodatnog kapaciteta pohrane podataka.



Slika 3 Prikaz NVME diska (vlastita slika)

Figure 3 View of NVME disk (author's image)

4. POSTUPAK

4. PROCEDURE

U eksperimentalnom dijelu ispituju se ključne performanse na radnoj stanici Mac Pro 5.1 u izvornoj konfiguraciji i nakon nadogradnje hardverskih komponenti. Namjera je nadograditi procesor, memoriju, tvrde diskove i grafičku karticu te usporediti rezultate mjerenja na izvornoj te na nadograđenoj konfiguraciji. U svrhu usporedbe mjerenja i točnosti rezultata koriste se softveri za mjerenje (eng. benchmark) Cinebench, Heaven Benchmark 4.0 i program za obradu multimedijских sadržaja Adobe Premiere Pro.

Softver za mjerenje bira se ovisno o cijeni, inačici operativnoga sustava na koji se instalira te dostupnosti i svrsi. Sva izvedena ispitivanja započinju ispitivanjem radne stanice s izvornom, a zatim s nadograđenom konfiguracijom. Uži je fokus ispitivanja na mjerenju provedenom koristeći Adobe Premiere Pro program za obradu multimedijских sadržaja.

Svrha je izmjeriti trajanje izvoza video i audio materijala u najčešćim formatima – MP4, MOV i MXF. Korištene su zadnje dostupne inačice programa koje su bile aktualne u vrijeme kada se koristilo radnom stanicom Mac Pro. Stoga je za radnu stanicu s izvornom konfiguracijom korištena inačica Adobe Premiere Pro CS6, a za

radnu stanicu s nadograđenom konfiguracijom Adobe Premiere Pro 15.4.1.

Ispitivanje se provodi na video datotekama proizvedenim na skeneru LaserGraphics (Slika 4) [7] sa sljedećim parametrima: brzina prijenosa 185Mb/s, rezolucije 1920x1080, omjer stranica 16:9, brzine izmjene slike 25 fps, kodek ProRes 4:2:2 HQ za MOV format te brzina prijenosa 21Mb/s, rezolucije 1920x1080, omjera stranica slike 16:9, brzine izmjene slika 25fps, kodek AVC za MP4 format. Tonska datoteka također je proizvedena na skeneru LaserGraphics. Njezini parametri su: brzina prijenosa od 3Mb/s, frekvencija uzorkovanja 48kHz i 32bit-a, 2 kanala, PCM.



Slika 4 Skener filma (vlastita slika)

Figure 4 Film scanner (author's image)

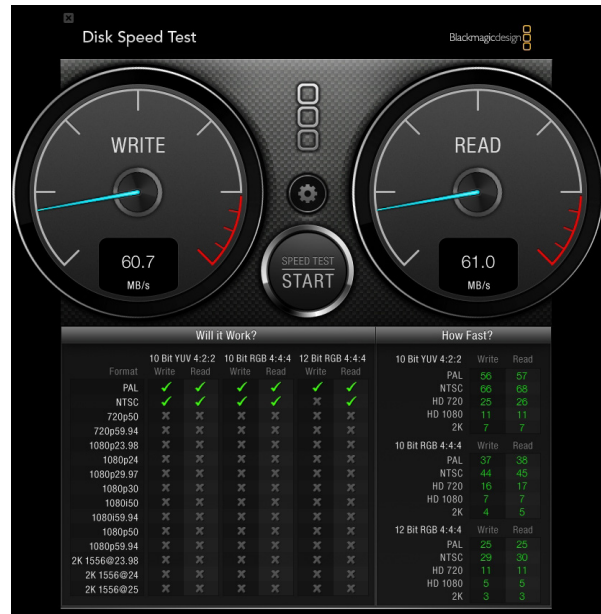
Provedeno je sveukupno šest ispitivanja s izvozom materijala u različitim formatima. Formati korišteni u procesu ispitivanja su MOV, MP4, MXF i WAV format. MOV, MP4 i MXF oblici su video formata koji se rabe za pohranu video i audio podataka. Format WAV audio je format koji pohranjuje audio podatke bez gubitaka. Cilj je ispitivanja izmjeriti dužinu trajanja izvoza video i audio materijala u spomenutim formatima. Svako ispitivanje započinje na radnoj stanici s izvornom konfiguracijom, a slijedi ispitivanje na radnoj stanici s nadograđenom konfiguracijom.

5. MJERENJE

5. MEASUREMENTS

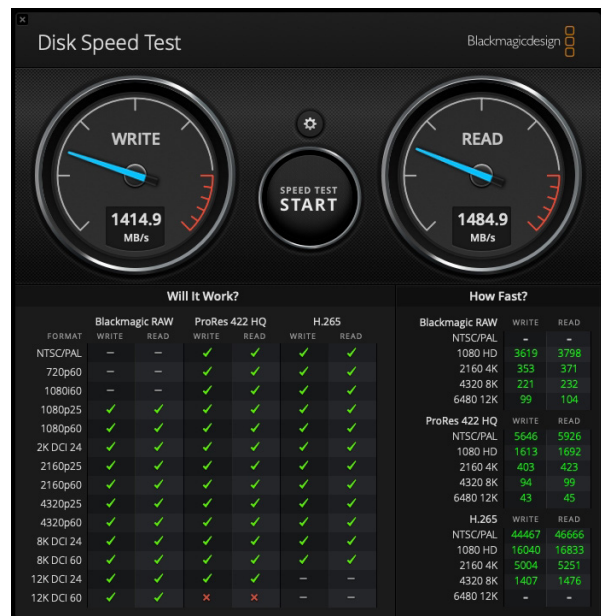
Proces mjerenja prvo započinje ispitivanjem brzine diska za čitanje i pisanje radne stanice s izvornom, a zatim s nadograđenom konfiguracijom. Rezultati programa za ispitivanje proizvođača Blackmagic Design, *Disk Speed Test*, pokazuju veliki napredak na radnoj stanici

s nadograđenom konfiguracijom. *Disk Speed Test* pokazuje povećanje sa 60 MB/s na izvornoj konfiguraciji do 1400 MB/s na radnoj stanici s nadograđenom konfiguracijom.



Slika 5 Usporedba mjerenja brzine diska – izvorni disk

Figure 5 Comparison of disk speed measurements – original disk



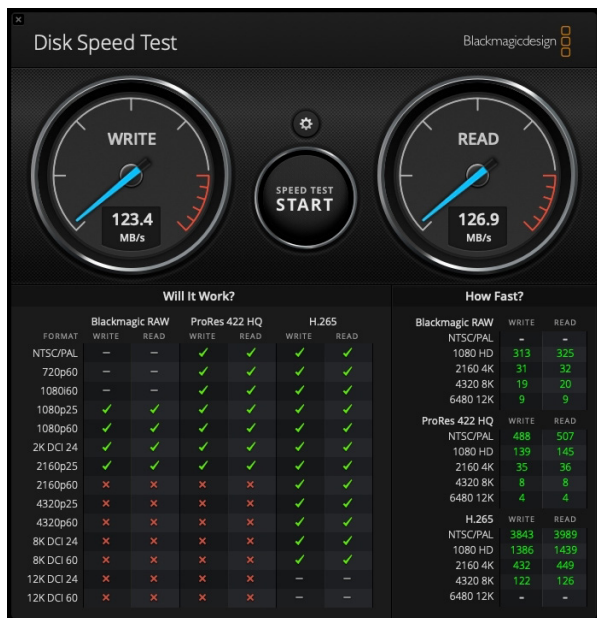
Slika 6 Usporedba mjerenja brzine diska – nadograđeni disk NVMe PCIe

Figure 6 Drive speed measurement comparison – upgraded NVMe PCIe drive

Iz Slike 5 vidljivo je da je brzina izvornog diska ~ 60 MB/s, a brzina nadograđenog diska NVMe PCIe porasla je na ~ 1400 MB/s (Slika 6).

Mjerenja brzine ostalih diskova u radnoj stanici pokazuju veće brzine u odnosu na izvorni disk.

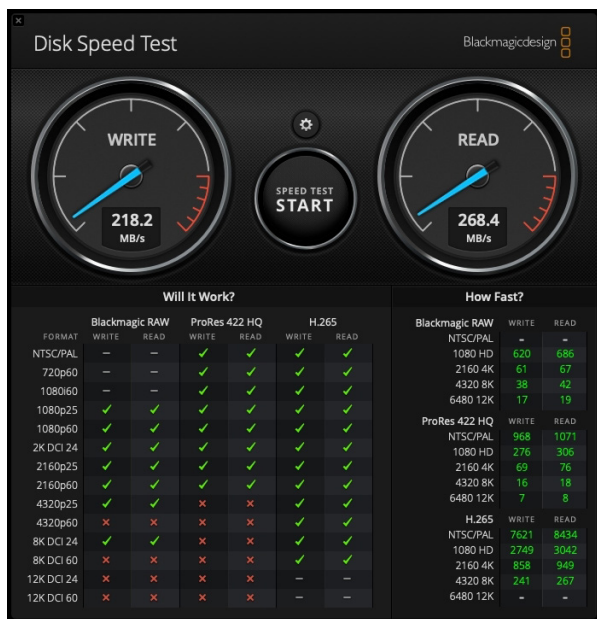
Mjerenja brzine diska SATA, Western Digital Caviar Black 1 TB, spojenog na utor 1 na matičnoj ploči, pokazuje brzinu od ~ 123 MB/s (Slika 7).



Slika 7 Rezultat brzine diska – SATA disk

Figure 7 Disk speed result – SATA disk

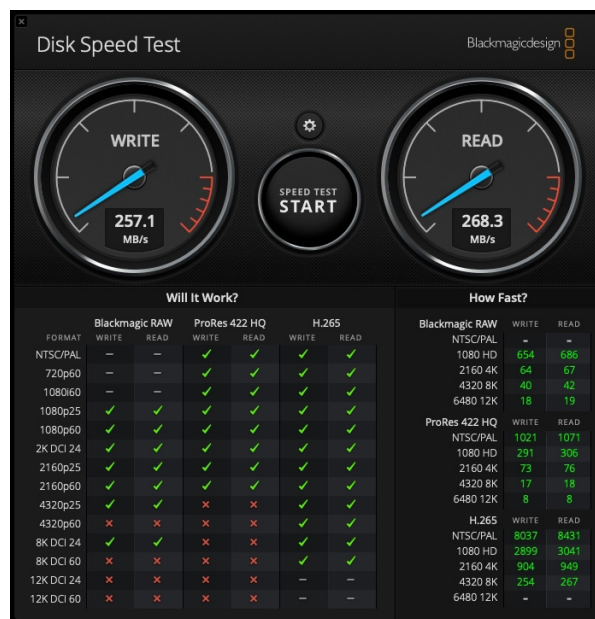
Mjerenja brzine diska M.2 SATA SSD, Western Digital 500 GB WD Blue koji je spojen preko NVMe kontrolera na matičnu ploču na utor 4 prikazuje brzine od ~ 218 MB/s (Slika 8).



Slika 8 Rezultat brzine diska – M.2 SATA SSD

Figure 8 Disk speed result – M.2 SATA SSD

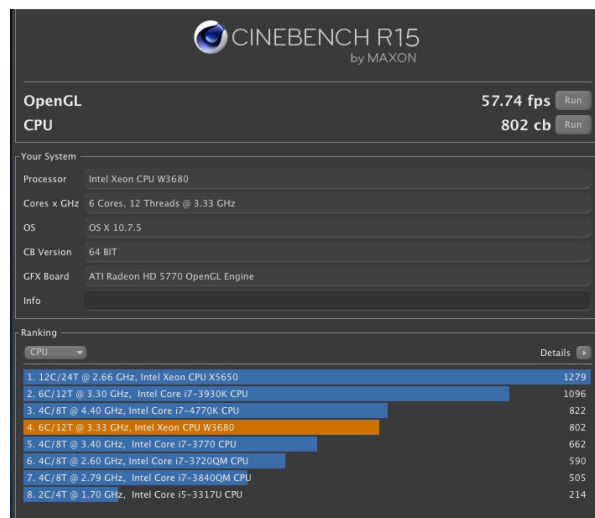
Mjerenja brzine diska SATA SSD, Crucial MX500 1 TB koji je spojen na utor 3 na matičnoj ploči prikazuje rezultate od oko 257 MB/s (Slika 9).



Slika 9 Rezultat brzine diska – SATA SSD

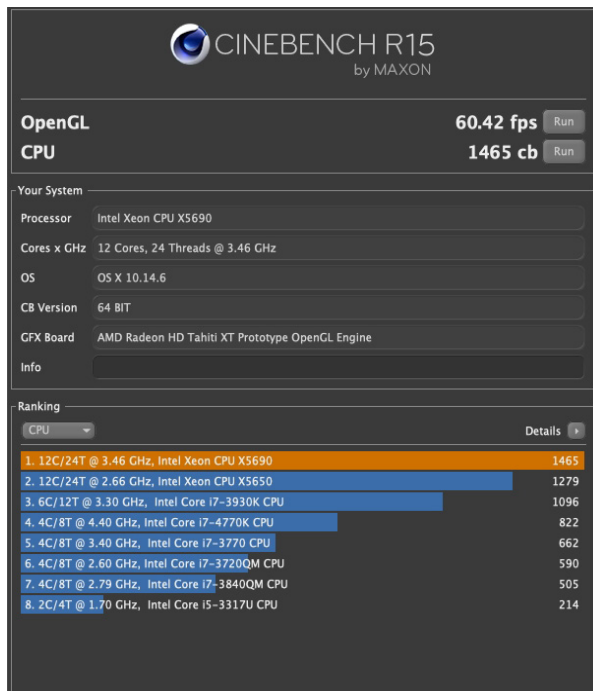
Figure 9 Disk speed result – SATA SSD

Daljnje ispitivanje radne stanice provedeno je u programu Cinebench koji se koristi za usporedbu hardverskih mogućnosti računala. Vidljivo je da je nadogradnja na dvaju procesora i dodavanje više RAM memorije rezultiralo povećanjem performansi. S izvornih 802 cb dobivamo rezultat od 1465 cb, što je povećanje od 1,8 puta (Slika 10 i Slika 11). Cb je arbitrarna jedinica programa CineBench čiji se izračun temelji na brzini CPU-a



Slika 10 Usporedba mjerenja CPU – izvorna konfiguracija

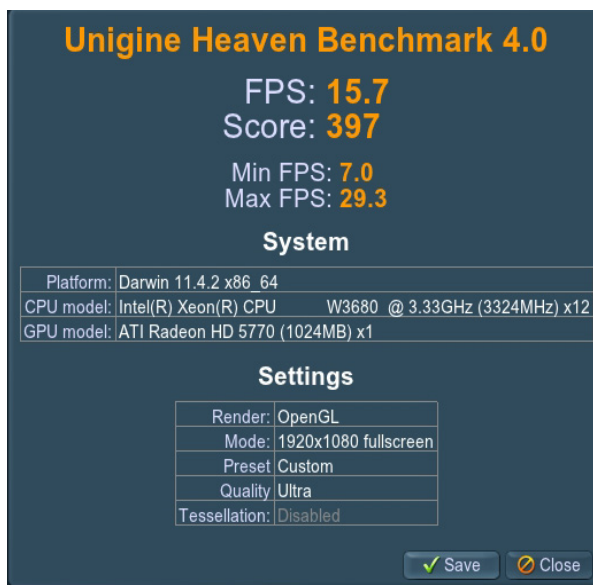
Figure 10 Comparison of CPU measurements – original configuration



Slika 11 Usporedba mjerenja CPU – nadograđena konfiguracija

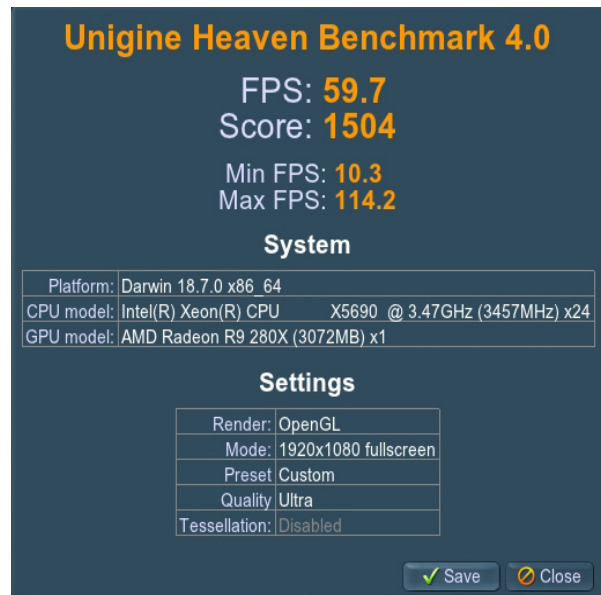
Figure 11 Comparison of CPU measurements – upgraded configuration

Nastavak ispitivanja proveden je nakon dodavanja grafičke kartice novije generacije i ispitivanjem u programu Heaven Benchmark. Rezultati su pokazali da se brzina izmjena slika povećala s 15 fps (Slika 12) na gotovo 60 fps (Slika 13), što je povećanje od čak četiri puta.



Slika 12 Usporedba mjerenja FPS – izvorna konfiguracija

Figure 12 Comparison of FPS measurements – original configuration



Slika 13 Usporedba mjerenja FPS – nadograđena konfiguracija

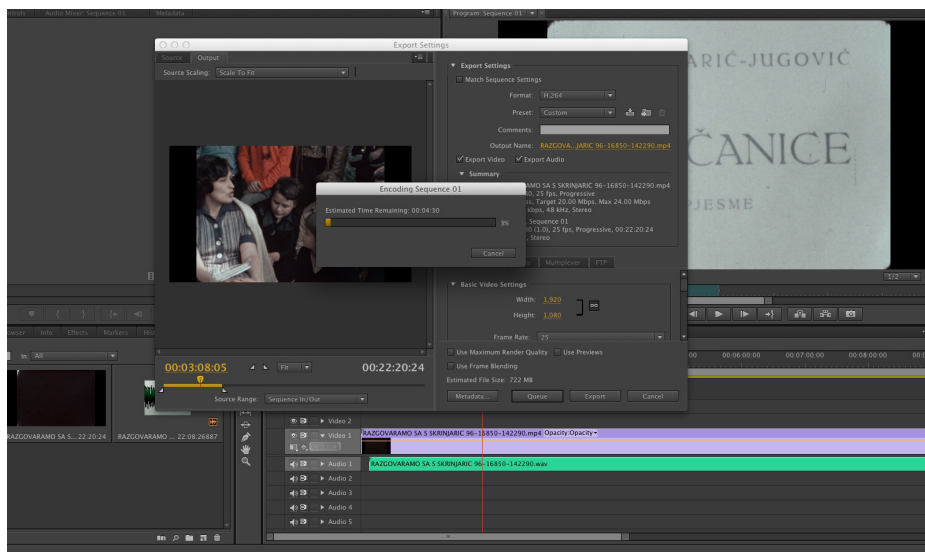
Figure 13 Comparison of FPS measurements – upgraded configuration

Potom započinje mjerenje brzine izvoza materijala. Ovaj postupak proveden je kroz program Adobe Premiere Pro i to na sljedeći način. Uzimamo sirovi video i audio materijal sa skenera koji je izrađen u dva formata, MOV i MP4 s pripadajućem tonskim zapisom WAV, izvozimo iz Adobe Preimerea u tri najčešće korištena formata, MP4, MOV i MXF. U svakom od izvoza mjerimo vrijeme i uspoređujemo vrijeme koje je potrebno u izvornoj konfiguraciji s vremenom izvoza u nadograđenoj konfiguraciji. Slika 14 i Slika 15 pokazuju primjer kako je ispitivanje provedeno.

- 1 mjerenje: MOV i WAV u format MP4
- 2 mjerenje: MOV i WAV u format MOV
- 3 mjerenje: MOV i WAV u format MXF
- 4 mjerenje: MP4 i WAV u format MP4
- 5 mjerenje: MP4 i WAV u format MOV
- 6 mjerenje: MP4 i WAV u format MXF

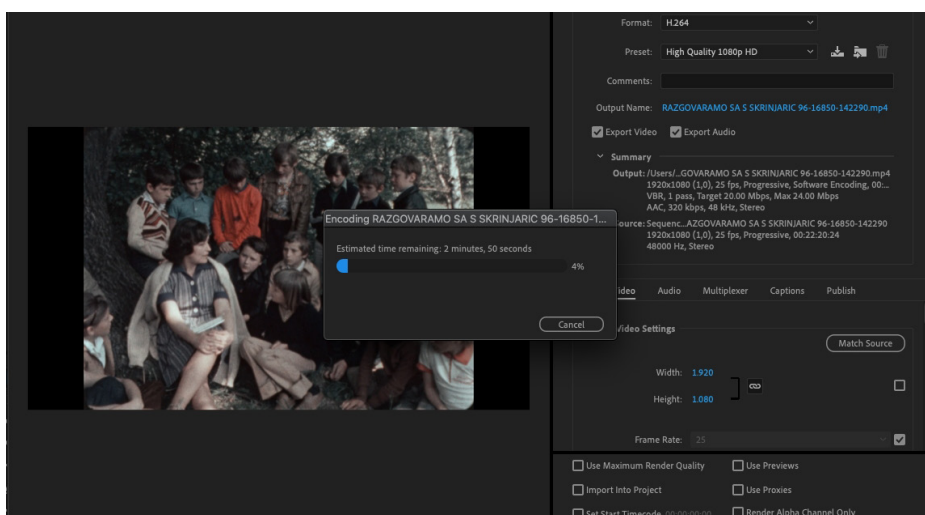
6. ANALIZA I REZULTATI MJERENJA 6. DATA ANALYSIS AND RESULTS

Pregledom izmjerenih rezultata dolazi se do zaključka kako je nadograđena konfiguracija pokazala pozitivne rezultate te je sama provedba od izuzetne vrijednosti. Iz rezultata mjerenja



Slika 14 Mjerenje vremena izvoza materijala – izvorna konfiguracija

Figure 14 Time of export - original configuration



Slika 15 Mjerenje izvoza materijala – nadograđena konfiguracija

Figure 15 Time of export – upgraded configuration

brzine diska preko programa Disk Speed Test vidi se da je brzina nadograđene konfiguracije veća 23 puta, u inačici klasični SATA i nadograđeni NVMe disk. Isplativost postavljanja diska NVMe u konfiguraciju radne stanice potpuno je opravdan jer je rezultat mjerenja optimalan. Taj disk NVMe PCIe iskoristili smo i za instalaciju i podizanje operativnog sustava čime smo dobili brže podizanje operativnog sustava, a i sam rad operativnog sustava je fluidan. I ostali ugrađeni diskovi također pokazuju poboljšanje brzine čitanja i zapisivanja. Ako znamo da je propusnost sučelja SATA II 300 MB/s, brzine izmjerene preko programa Disk Speed Test su 250 MB/s što je dobar pokazatelj da je brzina približna teoretskoj vrijednosti propusnosti sučelja SATA.

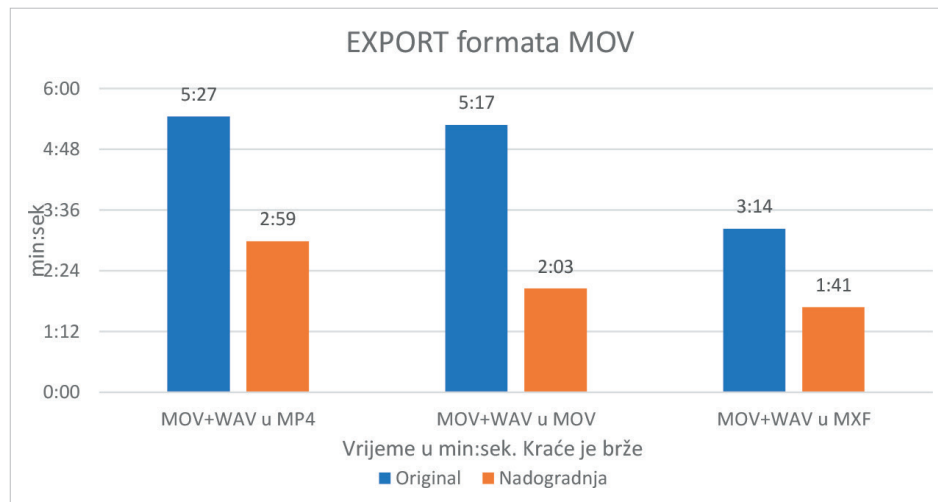
Ispitivanje izvoza u programu za obradu multimedijских sadržaja Adobe Premiere Pro dalo

je odlične rezultate. Iz tablica (Tablica 1, Tablica 2) vidljivo da je došlo do smanjenja vremena samog izvoza. Tako, primjerice, kod izvoza formata MOV u MP4 dolazimo i do vremenske uštede od dvije minute, što na kraju dovodi do smanjenja potrebnog vremena za rad same radne stanice. To podrazumijeva i manju potrošnju električne energije, što opet ima za cilj smanjenje zagađenja u svrhu očuvanja okoliša. Tablice pokazuju da je nadogradnja radne stanice uvelike optimizirala izvoz video i audio materijala.

7. ZAKLJUČAK

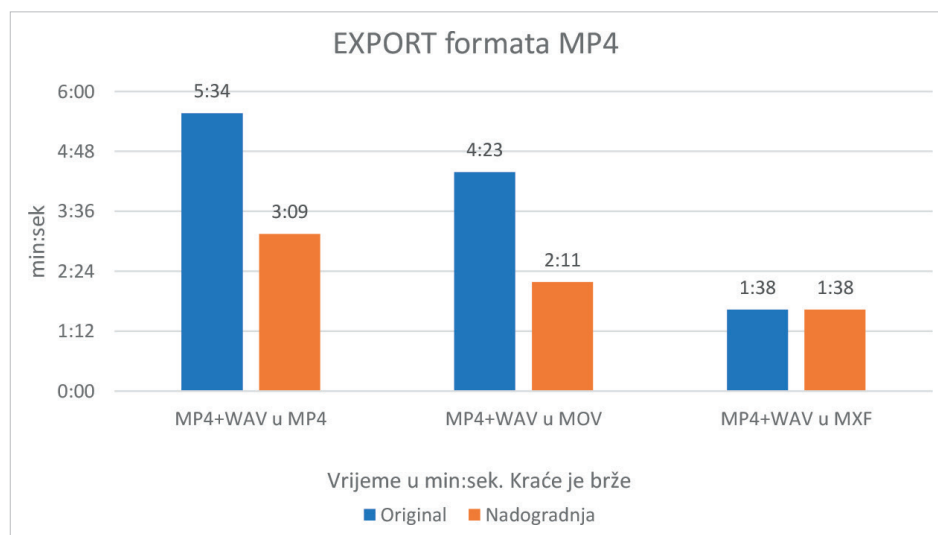
7. CONCLUSION

Zbog načina na koji se tehnologija razvija u današnje vrijeme razni tehnički i elektronički proizvodi zastarijevaju zastrašujućom brzinom.



Tablica 1. Rezultat izvoza formata MOV

Table 1. MOV format export results



Tablica 2. Rezultat izvoza formata MP4

Table 2. MP4 export results

Osim zastarijevanja, EE oprema ima kraći životni vijek i često postoji predrasuda kako je teško i skupo ulagati u njihov popravak. Rezultat toga povećana je proizvodnja EE otpada, što predstavlja nove izazove u očuvanju okoliša. Svrha rada bila je osposobiti radnu stanicu Mac Pro 5.1 za ponovnu upotrebu. Izvršena je nadogradnja komponenti i radna stanica je pripremljena za upotrebu u iznimno zahtjevne svrhe, ponajprije za obradu multimedijskog sadržaja. Nakon nadogradnje, odrađena su mjerenja brzine diska te brzina izvoza video i audio materijala. Prikazane su usporedbe dobivenih rezultata iz radne stanice Mac Pro prvo s izvornom, a zatim i s nadograđenom konfiguracijom. Rezultati mjerenja i ispitivanja pokazuju da je računalo sposobno nositi se sa zahtjevnim procesima poput obrade i izvoza kvalitetnog video materijala. Osim što je staro računalo vraćeno u upotrebu te nastavlja služiti

svrsi za koju je proizvedeno, smanjena je proizvodnja EE otpada.

Što se tiče troškova nadogradnje, možemo zaključiti da je ona isplativa. Svi dijelovi, osim kontrolera za diskove NVMe koji je kupljen nov, nabavljeni su preko oglašnika rabljenih dijelova pa su cijenom prihvatljiviji od kupovine novih. S ekološkog gledišta, dijelovi koji bi možda završili na elektroničkom otpadu su zbrinuti.

Radna stanica stara preko 10 godina s nadogradnjom nosi se s puno mlađim radnim stanicama. Iz toga se može zaključiti da je ulaganje u nadogradnju djelomično rabljenim dijelovima pojeftinilo troškove, što se uklapa u dobru praksu gospodarenja otpadom poštujući načelo pripreme za ponovnu upotrebu koje navodi i Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja.

8. REFERENCE

8. REFERENCES

- [1.] Balakrishnan Ramesh Babu, Anand Kuber Parande and Chiya Ahmed Basha, Waste Management Research 2007; 25; 307, DOI: 10.1177/0734242X07076941.
- [2.] Tanskanen Pia, Management and recycling of electronic waste, Acta Materialia 61 (2013) 1001–1011. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2012.11.005>
- [3.] Theroundup.org, Latest Global E-Waste Statistics And What They Tell Us, s interneta, <https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/>, 15. 2. 2023.[
- [4.] Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja: Održivo gospodarenje otpadom, s interneta: <https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-procenu-utjecaja-na-okolis-i-odrzivo-gospodarenje-otpadom-1271/gospodarenje-otpadom/odrzivo-gospodarenje-otpadom/7587>, 13. 2. 2023.
- [5.] European Court Of Auditors, s interneta. <https://www.eca.europa.eu/en>, Mjere EU-a i postojeći izazovi u području elektroničkog otpada https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/RW21_04/RW_Electronic_Waste_HR.pdf, 3. 1. 2023
- [6.] Mac Pro (Mid 2010) - Technical Specifications, s interneta: https://support.apple.com/kb/sp589?locale=hr_HR, 3. 12. 2023.
- [7.] LaserGraphics, ScanStation, s interneta: <https://lasergraphics.com/scanstation.html>, 3. 1. 2023.

AUTORI • AUTHORS



• **Nenad Samarin** – Rođen je 1978. godine u Zagrebu. Završio je prijediplomski stručni studij, smjer Informatički dizajn na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu 2023. godine. Od 1996. godine zaposlen je na Hrvatskoj

radioteleviziji na tehničkim poslovima titlanja i presnimavanja filmskih vrpca. Bavi se video montažom i elektronikom, a posebno područje interesa mu je u popravljanju elektroničkih uređaja.

Korespondencija • Correspondence

nenad.samarin@gmail.com



• **Ivan Rajković** – (Zagreb, 1978.) diplomirao je 2002. na Akademiji dramske umjetnosti na smjeru Filmska i TV montaža. 2003. godine završava Tehničko Veleučilište u Zagrebu, smjer Elektroničko poslovanje.

Executive Master of Business Administration (Cotrugli MBA) završava 2012. godine, te zatim nastavlja obrazovanje na Carnetovoj E-learning akademiji na smjeru E-learning management. Doktorirao je na smjeru grafičke tehnologije s radom "Digitalna video-reprodukcija u vizualnom i infracrvenom spektru" na Grafičkom fakultetu u Zagrebu, 2018. godine. Viši je predavač na kolegijima multimedije na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Područje interesa su mu: InfrareDesign tehnologija i daljnje istraživanje unutar područja multimedijiskog sadržaja.

Korespondencija • Correspondence

ivan.rajkovic@tvz.hr



• **Dinka Radonić** – (Zagreb, 1984.) diplomirala je Filmsko i TV snimanje na Akademiji dramske umjetnosti, Sveučilišta u Zagrebu. Od 2008. radi kao direktorica fotografije i snimateljica na komercijalnim

i umjetničkim projektima. Edukacijom se bavi od 2007. kao voditeljica raznih filmskih škola i radionica. Viša je predavačica na kolegijima multimedije na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Područje interesa su joj nove filmske forme, kao i znanstvena istraživanja unutar multimedijiskog područja.

Korespondencija • Correspondence

dinka.radonic@tvz.hr