

Osnovna šola Vižmarje-Brod

Vpliv obremenitve računalniškega sistema na delovanje komponent

Raziskovalna naloga

Področje: Računalništvo in informatika

Avtor: Jakob Rojs

Mentor/ica: Petra Škofic Valjavec, prof.

Ljubljana, oktober 2022

POVZETEK

Za izdelavo raziskovalne naloge sem se odločil, ker sem se dve leti nazaj, ko sem sestavljal svoj osebni računalnik, spraševal, v kakšni meri hladilni sistemi sploh vplivajo na delovanje komponent ob obremenitvi sistema. V raziskovalni nalogi skozi raziskovanje odgovorim na to moje vprašanje in na koncu povzamem kaj sem ugotovil. Raziskoval sem tako, da sem računalnik obremenjeval z rudarjenjem kriptovalut in pri tem popisoval parametre komponent, katere sem meril skozi programe na mojem računalniku. Na koncu naloge v poglavju 4.1 predstavim tudi moje predloge, za izboljšanje obstojnosti računalnika ali posameznih komponent in energetske učinkovitosti računalnika, saj je to zelo aktualna tema, glede na trenutno energetska krizo.

KLJUČNE BESEDE: hladilni sistemi, vpliv, komponente, obremenitev, rudarjenje kriptovalut

KAZALO

1 UVOD	3
1.1 Namen naloge	3
1.2 Cilj naloge	4
1.3 Hipoteza	4
2 Teoretične osnove ter podlaga za nadaljnje delo	5
2.1 Načini odvajanja toplote	5
2.1.1 Zračno hlajenje	5
2.1.2 Vodno hlajenje oz. hlajenje s tekočino	6
2.2 Nekaj o grafični kartici in GPEju	7
2.2.1 Razlika med CPEjem in GPEjem	7
2.2.2 GPE in grafična kartica	7
3 Raziskovalno delo	9
3.1 Metode dela	9
3.2 Preizkus in rezultati	10
3.2.1 Merjenje temperature	10
3.2.2 Merjenje vrtljajev ventilatorjev – obremenitev hladilnega sistema	12
3.2.3 Merjenje porabe električne energije	13
4 Ugotovitve in zaključki	14
4.1 Kako izboljšati delovanje oz. učinkovitost delovanja osebnega računalnika	14
5 Zahvala	16
6 Viri in literatura	17

Seznam tabel:

Tabela 1: temperature glede na dovoljeno obremenitev v odvisnosti od časa delovanja.....	11
Tabela 2: odstotek maksimalnih vrtljajev ventilatorjev.....	12
Tabela 3: poraba električne energije v kWh.....	13

Seznam grafov:

Graf 1: rast temperature v odvisnosti od časa delovanja.....	10
Graf 2: odstotek maksimalnih vrtljajev ventilatorjev.....	12
Graf 3: poraba električne energije v kWh.....	13

1 UVOD

Pred dvema letoma, v času prvega zaprtja šol zaradi epidemije Covid-19, sem začel razmišljati o nakupu svojega prvega osebnega računalnika (PC) za namene in potrebe šole ter seveda tudi igranje video igranic. Izhodišče pri nakupu računalnika je bilo, da bo dovolj zmogljiv (vsaj naslednjih pet let).

Med raziskovanjem različnih komponent, ki sestavljajo računalnik, sem se moral odločiti, iz katerih točno določenih komponent (katere znamke, generacije, serije itd.) je sploh smiselno sestaviti računalnik, oz. kakšne so sploh moje potrebe. Med raziskovanjem sem prišel do ugotovitve, da so hlajenje in hladilni sistemi tudi pomembni sestavni deli računalnika. Zakaj? V kakšni meri hlajenje sploh vpliva na zmogljivost oz. učinkovitost računalnika? Kako različni parametri, kot so dotok električne energije ali hitrost procesorja vplivajo na segrevanje računalnika in kako učinkoviti so hladilni sistemi v spopadanju s tem?

1.1 Namen naloge

Namen raziskovalne naloge je, da skozi raziskovalno delo ugotovim, kako obremenitev vpliva na komponente in kakšno vlogo imajo hladilni sistemi pri ohlajanju komponent ter kako vplivajo na njihovo delovanje. Poleg tega želim s pomočjo ugotovitev zaključiti, kako bi lahko izboljšali učinkovitost delovanja osebnega računalnika, da bi npr. z večjim nadzorom temperature komponent dosegel večje hitrosti procesorjev, podaljšal »življenjsko dobo« računalnika ali posameznih komponent in porabil manj električne energije, in bi dosegel enake hitrosti delovanja.

Ugotovitve naloge bi lahko pomagale povprečnemu potrošniku prihraniti na stroških uporabe osebnega računalnika in mu pomagale ohraniti računalnik v delovni kondiciji dalj časa. Energetska učinkovitost osebnega računalnika je v teh časih energetske krize, ko je električna energija vse dražja, še posebej pomembna, saj nam lahko pomaga prihraniti na porabi elektrike in s tem zmanjšati stroške na položnici.

1.2 Cilj naloge

S spremljanjem različnih parametrov komponente (temperatura, porabe električne energije, frekvenca procesorja v MHz ...) s pomočjo programov na računalniku bom poskušal odgovoriti na naslednje vprašanje:

»Kako obremenitev sistema vpliva na delovanje komponent in kakšna je vloga ohlajanja komponent pri tem?«

1.3 Hipoteza

Hipoteza 1: Za normalno delovanje procesorja ga je potrebno ustrezno ohlajati.

Hipoteza 2: Pri večji obremenitvi se poveča poraba el. energije in s tem tudi temperatura.

Hipoteza 3: Pri večji obremenitvi procesorja so bolj obremenjeni tudi hladilni sistemi.

2 Teoretične osnove ter podlaga za nadaljnje delo

Računalniškim komponentam, da ostanejo v mejah dovoljene delovne temperature, je potrebno odvajati odvečno toploto. Če se pregrejejo, lahko to trajno škoduje posamezni komponenti ali enoti. Zato tukaj nastopijo različni ohlajevalni sistemi.

Komponente so same po sebi že pogosto zasnovane, da proizvajajo čim manj odvečne toplote, računalniki in operacijski sistemi pa, da zmanjšajo porabo energije in tako preprečujejo ustvarjanje še večjih količin toplote. Ohišja so prav tako zasnovana, da skozi nje čim bolje prehaja zrak oz., da čim boljše »dihajo«. Poleg tega poznamo različne hladilne sisteme in načine odvajanja toplote izven ohišja.

2.1 Načini odvajanja toplote

Ključnega pomena pri vseh načinih ohlajanja komponent je osnoven fizikalni zakon: prva izjava II. zakona termodinamike – toplota spontano teče od toplejšega k hladnejšemu telesu.

2.1.1 Zračno hlajenje

Najbolj pogost način hlajenja komponent je zračno hlajenje, saj je najcenejše in najbolj enostavno za namestitvev. Zračno hlajenje pomeni odvajanje toplote izven ohišja s pretokom zraka. Za zadosten pretok zraka poskrbijo rebrasti ventilatorji, ki so navadno nameščeni na ohišju ter ohišja zasnovana za čim boljši pretok zraka: večje, bolj odprto ohišje pomeni boljši pretok zraka.

Enačba za potreben pretok zraka skozi ohišje:

$$CFM = \frac{Q}{C_p \times r \times DT}$$

CFM = kubični čevlji na minuto ($0,028 \text{ m}^3/\text{min}$)

Q = prenesena toplota (kW)

C_p = specifična toplota zraka

r = gostota

DT = sprememba temperature (v °F)

Kadar navadna konvekcija zraka ne zadošča za odvajanje toplote, se uporabljajo ventilatorji. Ventilatorji so lahko nameščeni na ohišje računalnika ali pritrjeni na CPE (centralni procesor), GPE (grafični procesor), nabore čipov, napajalne enote (PSU) in trde diske.

Kako deluje zračno hlajenje komponente s HFS?

HFS je kratica za heatsink & fan - hladilno rebro in ventilator.

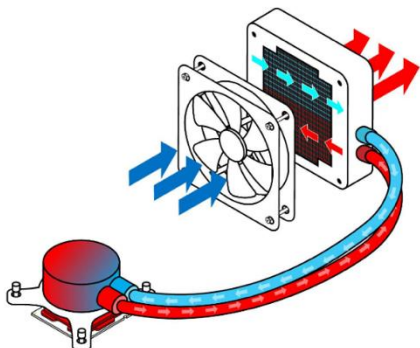
Pri hlajenju komponent s HFS sistemom so na procesor (npr. CPE) nameščena hladilna rebra, ki so navadno iz aluminija ali bakra, ki imata največjo toplotno prevodnost. Toplota, ki jo proizvaja CPE s kondukcijo toplote, prehaja iz površine CPE-ja na hladilna rebra. Da omogočimo čim boljše prehajanje toplote, morata biti površini rebr in procesorja čim bolj gladki. Med stikom procesorja in rebr je nameščena termalna pasta, ki zapolni nepopolnosti med stikom. Ta bi bil sicer zapolnjen z zrakom, ki ima veliko manjšo toplotno prevodnost. To omogoči čim bolj učinkovito prehajanje toplote med rebri in procesorjem. Torej, toplota prehaja na rebra in se razporedi po celotni površini rebr. Vloga ventilatorja pa je, da to toploto potisne stran od procesorja in izven ohišja.

2.1.2 Vodno hlajenje oz. hlajenje s tekočino

Deluje na enak ali podoben način kakor zračno hlajenje, le da je prevodnik voda.

Tekočina v vodnem bloku nameščenim nad CPE odvzame toploto komponentam. Toplo vodo črpalka črpa v hladilnik. Hladilnik prek rež s pomočjo ventilatorja odvaja toploto v zrak in voda se ohladi. Ohlajena voda se prečrpa nazaj v vodni blok in proces se ponovi. Voda se meša tako hitro, da je temperatura vode v ciklusu stalna. Deluje po istem principu kot sistem za hlajenje motorja v avtomobilu, kjer se hladilna tekočina črpa skozi motor in do hladilnika. Računalniki, ki se ohlajajo primarno s hlajenjem s tekočino oziroma tekočinskimi hladilniki, se ohlajajo tudi z navadno

konvekcijo zraka skozi ohišje oziroma tudi s pomočjo ventilatorjev nameščenih na notranjost ohišja.



Ponazoritev gibanja vode oz. toplote v ciklusu vodnega hlajenje

(pridobljeno z: <https://www.intel.com/content/www/us/en/gaming/resources/cpu-cooler-liquid-cooling-vs-air-cooling.html>)

2.2 Nekaj o grafični kartici in GPEju

2. 2.1 Razlika med CPEjem in GPEjem

GPE (grafična procesorska enota) je procesor zasnovan izključno za operacije obdelave grafike. Glavni čip na matični plošči je centralna procesna enota (CPE). Centralno, ker s pomočjo sistema vodil in nabora čipov nadzoruje vse ostale podsisteme. Arhitektura GPU-ja se ne razlikuje veliko od CPE-ja, vendar je bolj optimizirana za učinkovito grafično delo.

2. 2. 2 GPE in grafična kartica

Potrebno je ločiti med GPE-jem in grafično kartico. GPE je točno določen procesor, ki je lahko del grafične kartice, ali pa je vgrajen na matično ploščo. Je ločen računalniški modul, ki je odgovoren za obdelavo grafike. Grafična kartica pa je sestavljena iz grafičnega procesorja, grafičnega pomnilnika, ima svojo ploščo in BIOS (osnovni računalniški kontrolni program, vdolan v poseben čip). Torej grafična kartica je celotna komponenta odgovorna za obdelavo slik, katere del sta GPE in grafični pomnilnik oz. VRAM.

Za obdelavo zahtevnih slik so sodobni GPE-ji veliko bolj zmogljivi od CPE-jev, zato se »močnejših« in bolj zmogljivih GPE-jev poslužujejo tudi grafični dizajnerji .

Grafična kartica je ena najbolj vročih komponent v računalniku. V procesu normalnega delovanja grafični procesorji proizvajajo toploto, ki nastaja zaradi milijonov izračunov, potrebnih za procesiranje slik, ki jih opravljajo vsako sekundo. Vsi GPE-ji vgrajeni v grafične kartice imajo idealno temperaturno območje za delovanje. Preseganje meje tega območja lahko vpliva na zmogljivost GPE-ja in sčasoma povzroči trajno poškodbo kartice.

3 Raziskovalno delo

3.1 Metode dela

Za potrebe raziskovalnega dela sem naredil načrt, kako in katero komponento bom obremenjeval, ter katere parametre bom spremljal. V računalniškem programu sem spreminjal dovoljeno frekvenco delovanja procesorja. Na ta način sem lahko s programom za rudarjenje nadzorovano bolj obremenil procesor.

V računalniškem programu MSI afterburner sem spreminjal MEMORY clock – dovoljeno frekvenco grafičnega pomnilnika (v MHz) oziroma tovarniško dovoljeno frekvenco. Grafični pomnilnik je vgrajen v grafično kartico. Povečanje na +1000 MHz pomeni, da lahko procesor obremenimo za 1000 MHz nad tovarniško dovoljeno frekvenco. Če omejimo dovoljeno frekvenco pod tovarniško, pomeni, da lahko procesor deluje pri zmanjšani frekvenci. Zviševanje maksimalne tovarniško dovoljene frekvence procesorja s tujko imenujemo overclocking. To lahko, če s tem pretiravamo, poškoduje procesor.

Sam program procesorja ne obremeni, temveč samo zviša ali omeji prag omejenega delovanja.

Grafični pomnilnik, ki je del grafične kartice, je deloval pod obremenitvijo konstante moči pri srednji in visoki dovoljeni ravni delovanja, kot referenčne meritve pa so bile meritve grafičnega pomnilnika v mirovanju. Obremenil sem ga s programom za rudarjenje kripto valut Salad, ki je izkoristil približno 100 % zmogljivost grafičnega pomnilnika do praga dovoljene frekvence, določene v programu MSI afterburner.

S programoma MSI afterburner in task manager sem spremljal parametre – temperaturo (°C) grafične, odstotek (%) glede na maksimalno vrtenje ventilatorjev, ki predstavljajo hladilni sistem. Meril bom ventilatorje nameščene na grafično kartico in ne ventilatorjev nameščenih na ohišje.

Poleg tega sem spremljal še porabo električne energije (kWh) pri 100 % dovoljeni obremenitvi grafičnega pomnilnika.

Za merjenje porabe električne energije sem uporabil digitalni merilnik P5821 proizvajalca EMOS. Digitalni merilnik je bil vključen v vtičnico in preko njega je bilo izvedeno napajanje računalnika.

Parametre sem spremljal v časovnem okvirju 30min in jih popisoval na intervalih po 2 minuti. Pri tem sem začel popisovati tri minute po zagonu računalnika. V prvih treh minutah sem pripravil vse potrebne programe in nastavitve. Program za rudarjenje, s katerim sem obremenil grafični pomnilnik, sem zagnal točno tri minute po zagonu računalnika. Po petnajstih minutah sem parametre popisal vsakih pet minut. Ob trideseti minuti sem zaključil meritve. Med izvajanjem poskusa sem beležil tudi druga opažanja.

3.2 Preizkus in rezultati

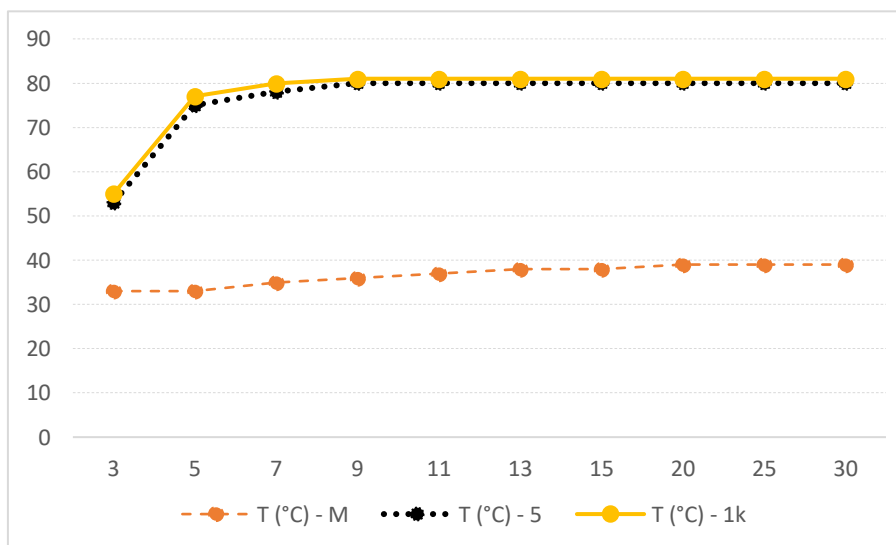
Opravil sem tri meritve grafične kartice :

- brez obremenitve oziroma v mirovanju (referenčna meritev);
- z obremenitvijo in dovoljenim pragom delovanja +500 MHz in
- z obremenitvijo in dovoljenim pragom delovanja +1000 MHz.

Meritve posameznih parametrov sem popisoval v tabele, ki sem nato prepisal v program MS excel in upodobil v grafih. Vse meritve parametrov sem zaradi primerjalnega namena upodobil v ustreznih grafih: temperatura, % vrtenja ventilatorjev in poraba električne energije.

Namen prikaza rezultatov v grafih je bil primerjava posameznih krivulj in ne trendov rasti posamezne krivulje.

3. 2. 1 Merjenje temperature



Graf 1: rast temperature v odvisnosti od časa delovanja

Tabela 1: temperature glede na dovoljeno obremenitev v odvisnosti od časa delovanja

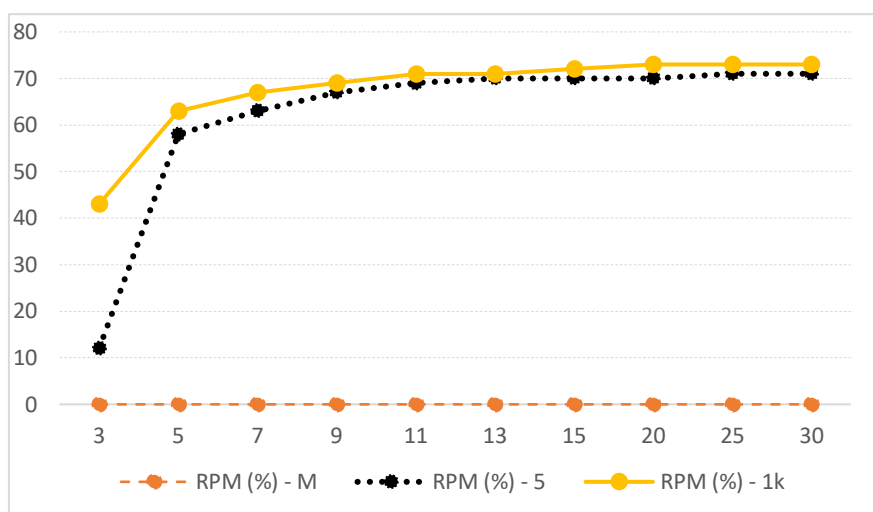
t (min)	T (°C) - M	T (°C) - 5	T (°C) - 1k
3	33	53	55
5	33	75	77
7	35	78	80
9	36	80	81
11	37	80	81
13	38	80	81
15	38	80	81
20	39	80	81
25	39	80	81
30	39	80	81

Temperatura je stalno naraščala pri vseh treh meritvah, najbolj razviden je skok pri obremenjenem procesorju ob zagonu programa. Temperatura je v tretji minuti pred obremenitvijo poskočila iz 33°C na 53°C, pri srednji obremenitvi in na 55°C pri višji obremenitvi.

Temperatura je v mirovanju počasi naraščala in je v trideseti minuti dosegla 39°C. Pri srednji obremenitvi je temperatura med tretjo in peto minuto narasla iz 53°C na 75°C in se nato pri deveti minuti ustalila pri 80°C. Temperatura je med merjenjem nihala med 80°C in 81°C. Pri višji obremenitvi je bil skok temperature podoben, vendar so bile izmerjene temperature nekoliko višje.

Med merjenjem, ko se je temperatura ustalila, sem opazil nihanje +/-1°C. To je najverjetneje posledica odvajanja toplote.

3. 2. 2 Merjenje vrtljajev ventilatorjev – obremenitev hladilnega sistema



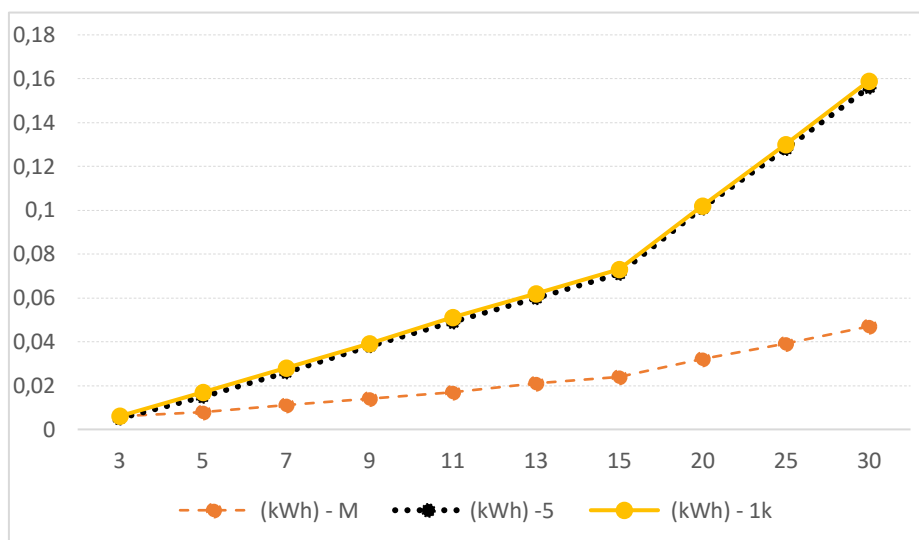
Graf 2: odstotek maksimalnih vrtljajev ventilatorjev

Tabela 2: odstotek maksimalnih vrtljajev ventilatorjev

t (min)	RPM (%) - M	RPM (%) - 5	RPM (%) - 1k
3	0	12	43
5	0	58	63
7	0	63	67
9	0	67	69
11	0	69	71
13	0	70	71
15	0	70	72
20	0	70	73
25	0	71	73
30	0	71	73

V mirovanju, kljub doseženi temperaturi 39°C, hladilni sistemi niso bili aktivni. Vidimo, da so vrtljaji ventilatorjev pri večji obremenitvi že takoj poskočili na 43 %, medtem ko so pri srednji obremenitvi ob zagonu programa delovali pri 12 %. Odstotka se nato pri obeh obremenitvah po deveti minuti približata in po petindvajseti minuti ustalita na 71 % pri srednji obremenitvi in 73 % pri višji obremenitvi.

3. 2. 3 Merjenje porabe električne energije



Graf 3: poraba električne energije v kWh

Tabela 3: poraba električne energije v kWh

t (min)	(kWh) - M	(kWh) -5	(kWh) - 1k
3	0,006	0,005	0,006
5	0,008	0,015	0,017
7	0,011	0,026	0,028
9	0,014	0,038	0,039
11	0,017	0,049	0,051
13	0,021	0,06	0,062
15	0,024	0,071	0,073
20	0,032	0,101	0,102
25	0,039	0,128	0,13
30	0,047	0,156	0,159

Iz prikazanega je razvidno, da je z večjo obremenitvijo rasla tudi poraba električne energije. Meritev sem zabeležil v kWh, ker merilec kaže porabo v kilovatnih urah. Kilovatna ura je neuradna merska enota in je enaka 3.600.000 J. Ena kilovatna ura ustreza delu, ki ga opravi porabnik z močjo 1 kW v času ene ure, torej v 3600 s.

Iz grafov je razvidno, da največjo razliko opazimo med mirovanjem procesorja in procesorjem, ko je obremenjen. Razlike med obremenitvijo +500 MHz in +1000 MHz so minimalne oziroma majhne.

4 Ugotovitve in zaključki

Glede na meritve in opažanja, do katerih sem prišel med raziskovalnim delom, lahko ugotovim sledeče.

Pri večjih obremenitvah se je večala poraba električne energije. Lahko sklepamo, da je posledica tega tudi višja temperatura, saj se s porabo električne energije ta spremeni v toplotno energijo. Pri višjih temperaturah so bolj obremenjeni tudi ventilatorji, zato lahko domnevamo, da poskušajo hladiti procesor in uravnati njegovo temperaturo.

Lahko domnevamo, da je za normalno delovanje grafičnega pomnilnika pri večji obremenitvi potrebno procesor ustrezno ohlajati, ker je za večjo obremenitev potreben večji dovod električne energije, ta pa procesor segreva.

Iz rezultatov je razvidno, da obremenitev hladilnega sistema narašča z temperaturo grafične kartice. Preko tega lahko sklepamo, da je potrebno komponente za normalno delovanje tudi ustrezno ohlajati, kar potrjuje tudi teorija. Hipotezo 1, da je potrebno procesor za normalno delovanje tudi ohlajati, lahko zato potrdim.

Potrdim lahko tudi hipotezo 2: »Pri večji obremenitvi se poveča poraba električne energije in s tem tudi temperatura«, saj je iz rezultatov vidno, da to drži.

Pri večji obremenitvi so bili bolj obremenjeni tudi hladilni sistemi, zato lahko hipotezo 3, da so pri večji obremenitvi procesorja bolj obremenjeni tudi hladilni sistema prav tako potrdim.

4.1 Kako izboljšati delovanje oz. učinkovitost delovanja osebnega računalnika

Za svoje trenutne potrebe uporabe osebnega računalnika (šolsko delo, procesiranje glasbe) ne potrebujem procesorja, ki deluje pri visokih frekvencah. Na prvem mestu sta zato energetska učinkovitost računalnika in življenjska doba oziroma obstojnost komponent.

Iz rezultatov raziskave je razvidno, da se največ energije porabi ob zagonu računalnika ter ob zelo visokih obremenitvah procesorja. Na energiji bi lahko

prihranili s tem, da računalnika ne zaganjamo večkrat na dan, temveč ga izklopimo in nato spet zaženemo le takrat, ko to potrebujemo. Prav tako je pomembno, da računalnika po nepotrebem ne obremenjujemo preveč. Za večjo obremenitev je potreben višji dotok energije, komponente se segrevajo in hladilni sistemi so prav tako bolj obremenjeni in porabljajo energijo. Veliko ljudi se ne zaveda, da njihov računalnik v ozadju izvaja veliko procesov, ki so nepotrebni, ti pa dodatno obremenjujejo komponente. Procesom lahko v programu Windows onemogočimo delovanje, ali pa jih sproti zapiramo v programu Task Manager. Tako lahko preprečimo pregrevanje komponent in nepotrebno porabo električne energije. S tem dosežemo tudi daljšo obstojnost komponent.

Da preprečujemo pregrevanje komponent, pa je obvezno vsaj enkrat do dvakrat letno (priporočljivo tudi večkrat) očistiti prah, ki se nabira tudi znotraj ohišja. To omogoča boljši prehod zraka skozi ohišje in s tem tudi boljše ohlajanje komponent.

5 Zahvala

Rad bi se zahvalil profesorici Petri Škofic za mentorstvo in izvrstno vodenje pri izdelavi naloge ter, da me je spodbudila k prijavi naloge na tekmovanje. Ta naloga ne bi bila takšna kot je zdaj, če ne bi bila profesorica Škofic tako zavzeta. Prav tako bi se rad zahvalil profesorici slovenščine g. Mellisi Ramdedović, da je nalogo pregledala in slovnično uredila. Zahvalil bi se tudi mojemu očetu Borutu Rojsu, za pobudo in idejo za raziskovalno nalogo.

6 Viri in literatura

Computer cooling. (2023, januar 06). In *Wikipedia*.
[.https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Computer_cooling&oldid=1131868923](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Computer_cooling&oldid=1131868923)

Graphics processing unit. (2023, februar 23). In *Wikipedia*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_processing_unit

GIGA-BYTE Technology Co., Ltd. (2020, november 26). *What Graphics Card Cooling Options are There?* <https://global.aorus.com/blog-detail.php?i=865>

Intel Corporation. (n.d). CPU Cooler: *Liquid Cooling Vs. Air Cooling*.
<https://www.intel.com/content/www/us/en/gaming/resources/cpu-cooler-liquid-cooling-vs-air-cooling.html>

Kingston Technology Europe Co LLP. (2022, julij). *Air cooling vs. liquid cooling in PC builds*. <https://www.kingston.com/en/blog/gaming/air-vs-liquid-cooling-pc-builds>

Wright, G. (n.d). *Water cooling*. TechTarget.
<https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/water-cooling>