ZVEZA ZA TEHNIČNO KULTURO SLOVENIJE

57. SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV SLOVENIJE 2023

Hlajenje računalniškega procesorja z uporabo tekočega dušika

Raziskovalno področje: **RAČUNALNIŠTVO ALI TELEKOMUNIKACIJE**

Raziskovalna naloga

Šola: Srednja elektro-računalniška šola Maribor

Avtorja: Vid Podrekar
Urban Furman

Mentor: Jernej Krajnčan

Maribor, 2023

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA 4

POVZETEK 5

1. UVOD 6

2. ZASNOVA KONCEPTA 7

3. METODOLOGIJA DELA 9

3.1. SESTAVNI DELI 9

3.2. SESTAVA KOMPONENT 11

3.3. TESTIRANJE 15

4. REZULTATI 18

5. INTREPRETACIJA REZULTATOV 20

5.1. MOŽNOSTI IZBOLJŠAV 20

6. DRUŽBENA ODGOVORNOST 21

7. ZAKLJUČEK 22

8. VIRI 23

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica posode na matični plošči (ptičja perspektiva) 7

Slika 2: Skica delov posode 8

Slika 3: Skica sestavljene posode (pogled od strani) 8

Slika 4: NVIDIA GeForce GTX 650 9

Slika 5: PSU LC6550 10

Slika 6: MSI military class 4 10

Slika 7: Ripjaws X 11

Slika 8: AMD a8 7600 11

Slika 9: Sestavljen računalnik z ventilatorjem 12

Slika 10: Računalnik s posodo 14

ZAHVALA

Zahvaljujeva se mentorju za pomoč pri izdelavi projekta in za njegove predloge ob sestavi računalnika, ter posode za hlajenje. Prav tako bi se rada zahvalila podjetju GTG Plin Celje, ki nama je omogočil delo s tekočim dušikom v njihovi delavnici.

POVZETEK

Hlajenje s tekočim dušikom je način hlajenja centralne procesne enote računalnika (CPU), ki vključuje uporabo tekočega dušika namesto zraka ali tekočega sistema hlajenja. Ko je CPU hlajen s tekočim dušikom, lahko deluje na višjih frekvencah, kar zelo izboljša zmogljivost.

Tekoči dušik ima temperaturo -196 stopinj Celzija. Da bi ga lahko uporabili za hlajenje CPU-ja, tekoči dušik vlijemo v posodo, ki je s CPU povezana preko posebnega hladilnega bloka. Ta je pritrjen na vrh CPU-ja, tekoči dušik pa je nato vlečen skozi blok, kar ohladi CPU in mu omogoča višje frekvence delovanja.

Postopek je relativno preprost in rezultati so lahko impresivni. Pomembno pa je omeniti, da je uporaba tekočega dušika za hlajenje CPU-ja nevarna, saj lahko povzroči resne poškodbe, če se ne uporablja pravilno.

Poleg hlajenja CPU-ja lahko tekoči dušik uporabimo tudi za hlajenje drugih delov računalnika, kot so grafične kartice in RAM. Uporabimo ga lahko tudi za hlajenje različnih naprav, kot so igralne konzole, telefoni, ipd.

Trenutno tekoči dušik uporabljajo predvsem profesionalni računalniški uporabniki, ki želijo dele računalnika spraviti do največje možne obremenitve. Uporabljajo ga tudi nekatera podjetja, in sicer za preizkušanje strojne opreme ter zagotavljanje, da deluje pravilno. V prosti prodaji ga pa še ni na voljo.

1. UVOD

Vsi že vemo, da se lahko po dolgi uporabi računalnika njegov procesor zagreje do visokih temperatur, ki lahko uničijo procesor in s tem računalnik. Zato je v računalniku procesor potrebno hladiti z različnimi napravami, najbolj priljubljene so vgradni ventilatorji, s pomočjo katerih mrzel zrak kroži po notranjosti računalnika in s tem hladi procesor. Uporablja se tudi vodno hlajenje. Kljub temu se procesor ne ohladi vedno do želene temperature, s čimer se upočasni delovanje računalnika. Zato sva dobila idejo, da bi za hlajenje računalnika uporabili tekoči dušik pri zelo nizkih temperaturah, ki se že uporablja kot industrijsko hladilno sredstvo.

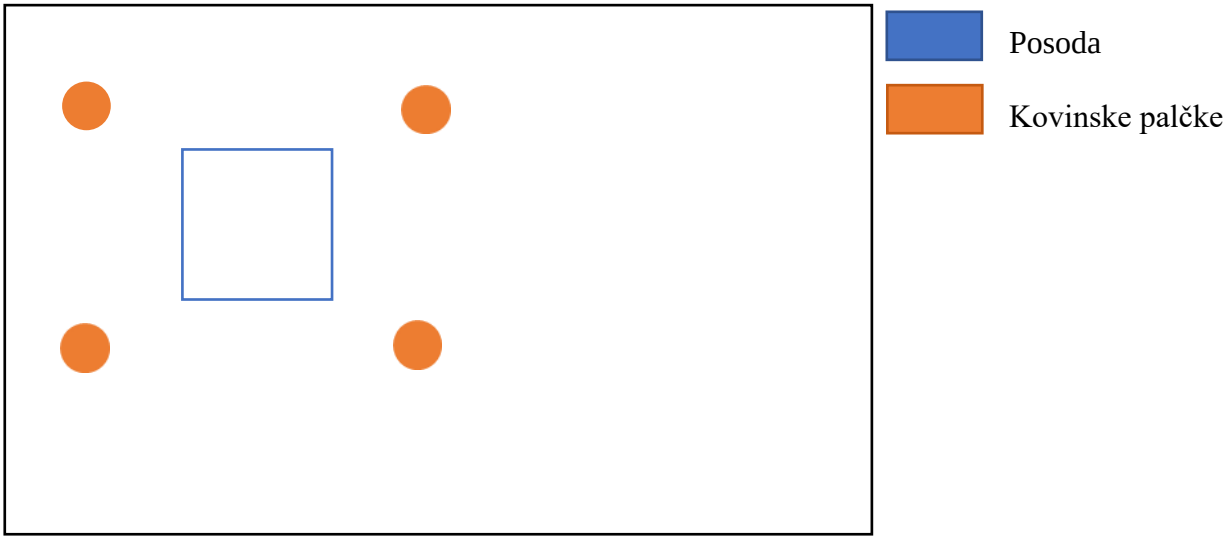
V tej raziskovalni nalogi sva želela odkriti, ali je možno ohladiti računalniški procesor z uporabo tekočega dušika, kako zavarovati ostale računalniške komponente pred zamrznitvijo in predvsem, ali je ta način hlajenja bolj zanesljiv kot ostali?

Meniva, da bo hlajenje s tekočim dušikom delovalo in da bo celo bolj uspešno kot druge metode hlajenja, da bo procesor deloval brez motenj, ter da ne bo prišlo do zamrznitve ostalih komponent računalnika. Čeprav so razni poizkusi že bili izvedeni, so vedno bili z najnovejšo tehnologijo, tukaj bomo pa uporabili starejše in vsakdanje komponente.

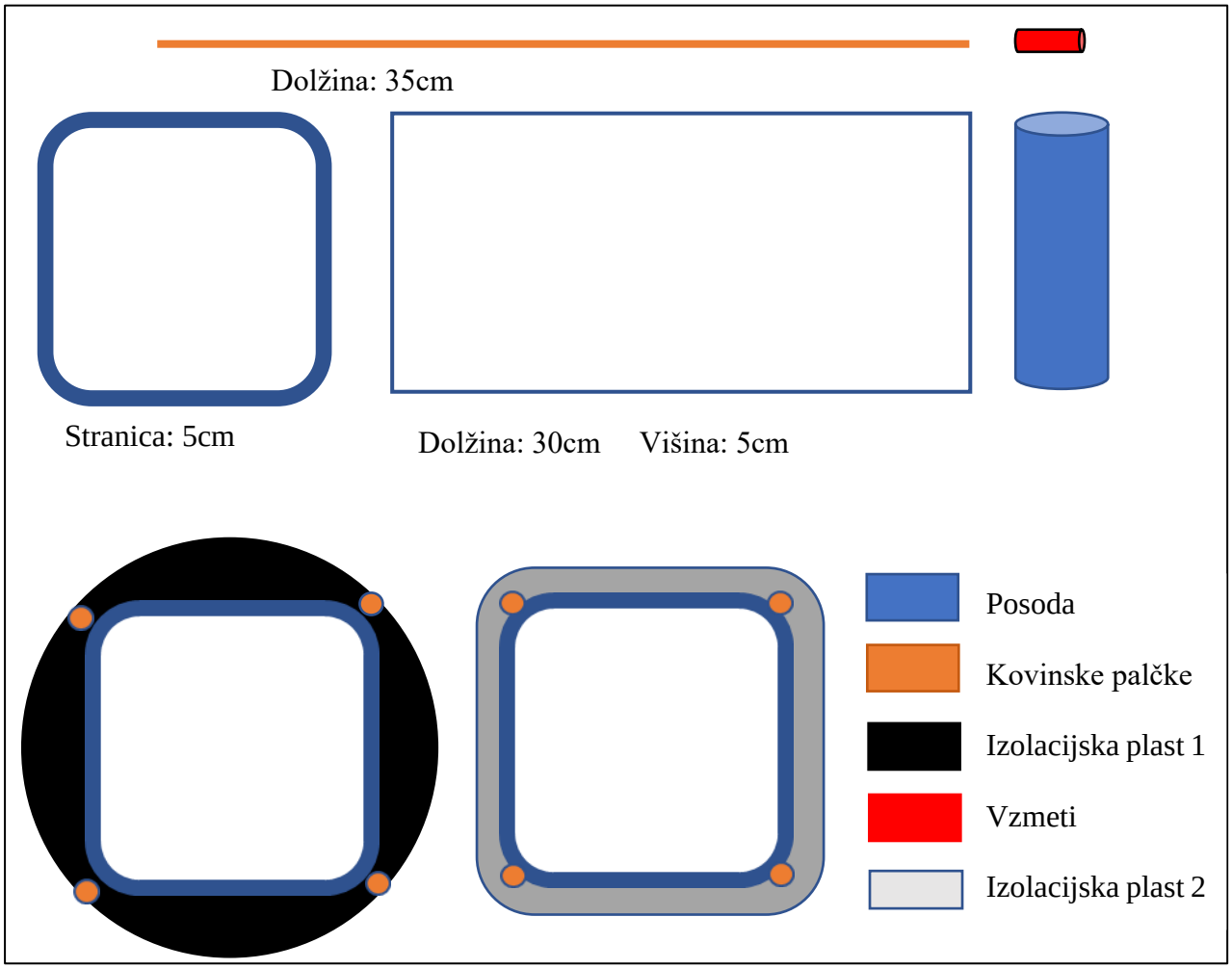
2. ZASNOVA KONCEPTA

Poskusili bomo izdelati računalniško ohišje, kamor bomo vstavili matično ploščo s procesorjem, ki ga bomo poskusili ohladiti. Okoli procesorja bomo namesto ventilatorja vstavili posodo in vanjo vlili tekoči dušik. Pri tem bomo morali zavarovati ostale komponente, kot so matična plošča, pomnilnik, grafično kartico, pred nezaželenim hlajenjem ali zamrznitvijo. To bo potrebno narediti tako, da bomo posodo s tekočim dušikom izolirali z materialom, ki ne prevaja toplote, oziroma v tem primeru nizkih temperatur. To so na primer stiropor, guma, kamena volna ali podoben izolacijski material. Ohišje bomo naredili sami, dele kot so matična plošča in procesor bomo pa kupili od slovenskega privatnika, ki nam bo zagotovil želene modele.

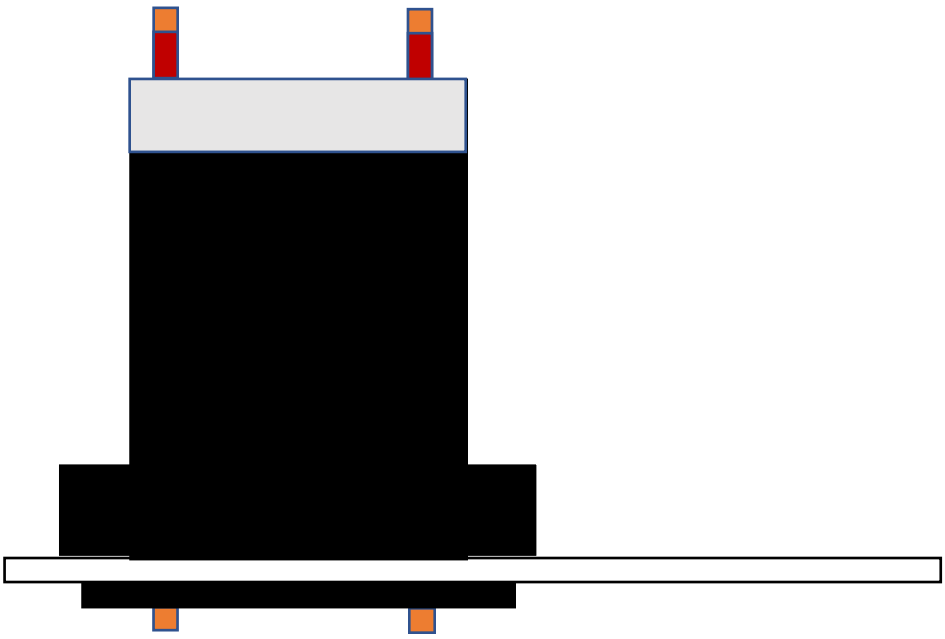
Najprej smo se odločili, da naredimo naslednje skice za posodo, saj tako dobimo lažjo predstavo kako mora biti narejeno:



Slika 1: Skica posode na matični plošči (ptičja perspektiva)



Slika 2: Skica delov posode



Slika 3: Skica sestavljene posode (pogled od strani)

3. METODOLOGIJA DELA

Da bi lahko začela z raziskovanjem sva se najprej odločila, da sestaviva svoj računalnik z le najpomembnejšimi komponentami, ki sva jih postavila na workbench, ki je neke vrste ogrodje, ki vse komponente drži skupaj. Za sestavo cenejšega računalnika sva se odločila, saj se pri delu s tekočim dušikom lahko hitro kaj ponesreči, zato bi bilo škoda dobrega računalnika. Menila sva tudi, da bo raziskava uspela že z osnovnimi deli.

3.1. SESTAVNI DELI

Za grafično kartico sva uporabila:

- NVIDIA GeForce GTX650,

Slika 4: NVIDIA GeForce GTX 650

Napajanje:

- PSU LC6550,

Slika 5: PSU LC6550

Matična plošča:

- MSI military class 4,

Slika 6: MSI military class 4

Delovni spomin:

- 16gb rama ddr 3 Ripjaws X,

Slika 7: Ripjaws X

Procesor:

- Amd a8 7600.

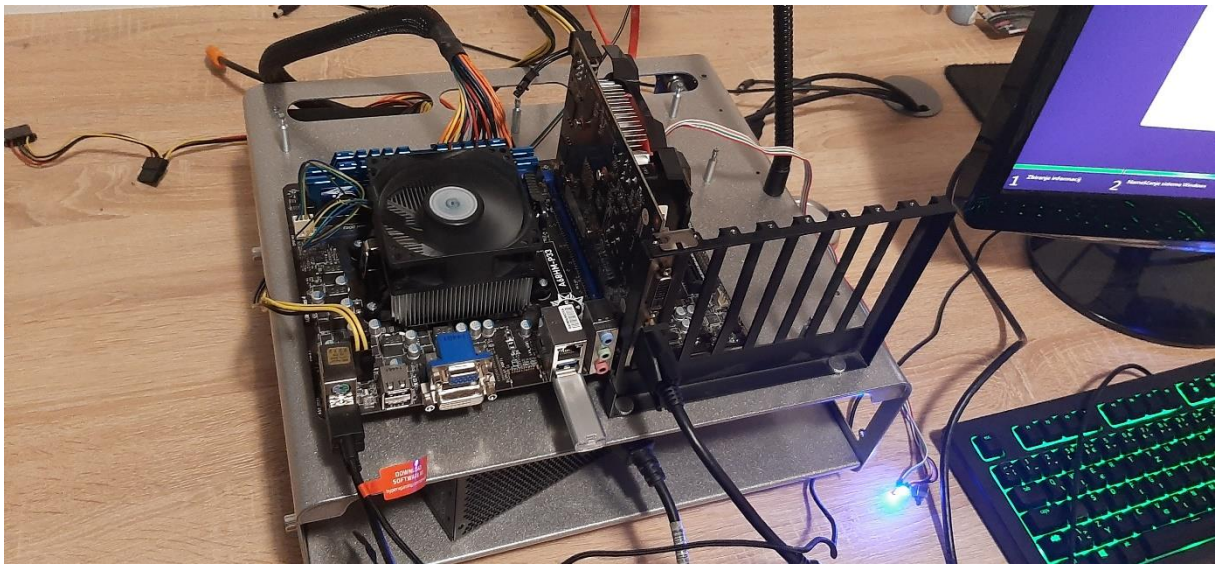
Slika 8: AMD a8 7600

3.2. SESTAVA KOMPONENT

Trdi disk v tej raziskavi ni bil potreben, kar je vidno že na sliki 9, kjer so sestavljene vse komponente s klasičnim hlajenjem.

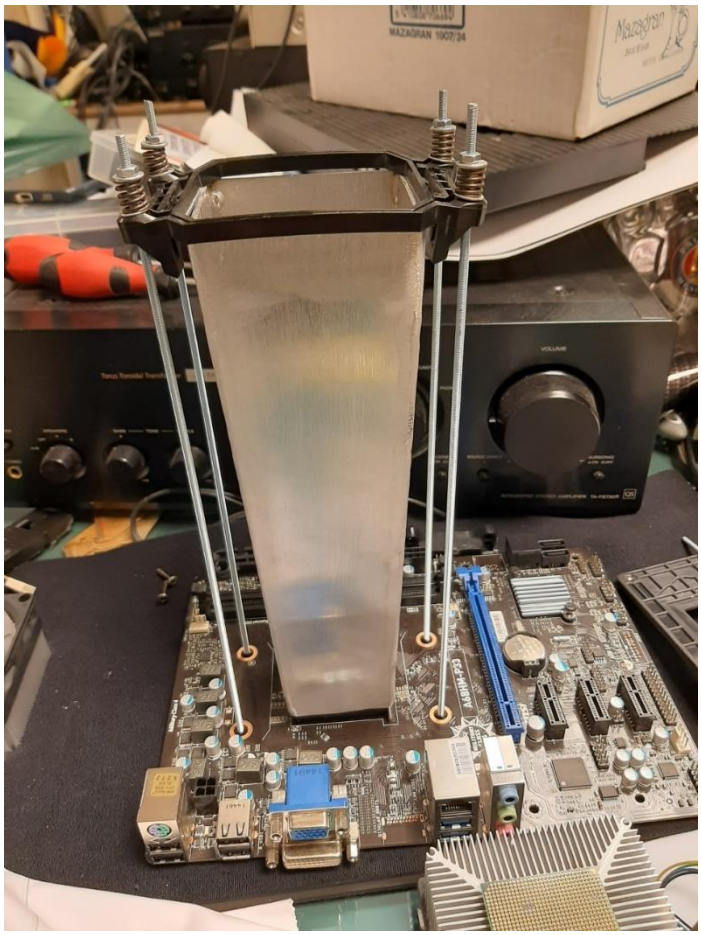
Procesor smo navili na 3.26 GHz, kar je višje kot njegova originalna vrednost 3.1 GHz, pri čemer so obratovala vsa štiri jedra. Maksimalna frekvenca navitega procesorja je 3.8 GHz, vendar zaradi blokad v BIOS-u tega ni bilo mogoče izvesti, menimo pa, da bo to zadoščalo za dobre rezultate. Procesor je bil izdan 31. Junija 2014, kar pomeni da je star nekaj generacij, vendar je deloval pravilno in ni bilo težav.

Najprej sva naredila poizkus hlajenja z navadnim ventilatorjem, saj sva želela videti razliko med hlajenjem z zrakom in tekočim dušikom. Pri poizkusu hlajenja s tekočim dušikom pa sva odstranila ventilator in na njegovo mesto postavila posodo za hlajenje.



Slika 9: Sestavljen računalnik z ventilatorjem

Posodo in blok za vliv tekočega dušika, ki je vidna na sliki 10, sva naredila sama. Posoda je bila narejena iz štirih aluminijastih plošč, zvarjenih skupaj v obliki podolgovate štirikotne cevi. Posoda je bila obložena z gumijastim materialom, da bi preprečili nezaželeno hlajenje drugih komponent, saj bi pri tem lahko prišlo do zamrznitve. Blok sva postavila na CPU, ter na ta blok posodo. Štiri vzmeti so celotni blok potiskale navzdol tako, da je imel neposredni stik z procesorjem. Blok je sedel med CPU-jem in posodo, da tekoči dušik ni imel direktnega stika s CPU-jem in je služil kot prevodnik temperature.



Slika 7: Posoda brez izolacije

Slika 8: Dokončana posoda z izolacijo

Slika 10: Računalnik s posodo

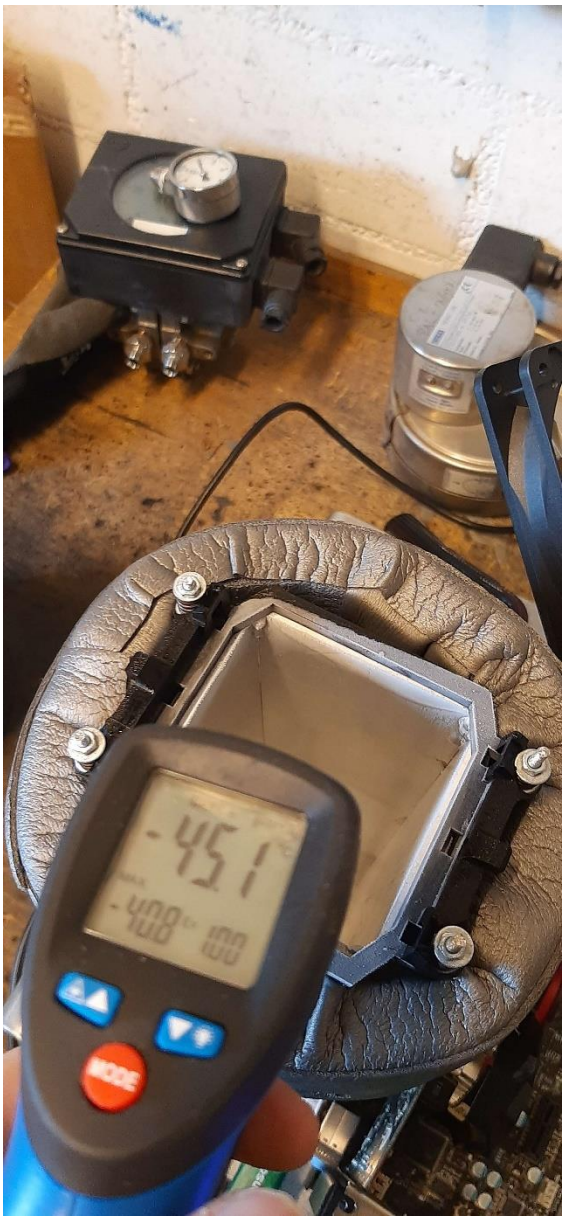
3.3. TESTIRANJE

Najprej sva na računalnik naložila program Cinebench, v katerem je računalnik izdeloval digitalno sliko in za to uporabljal 100% računalniškega procesorja. Želela sva videti, na koliko stopinj se bo CPU zagrel z uporabo navadnega ventilatorja. Ko sva zagnala program, sva izmerila maksimalno temperaturo procesorja, 70 stopinj Celzija, kar pomeni, da se je računalnik zasilno izklopil, saj je to bila varnostna zaščita procesorja. Da sva to preprečila, sva povečala hitrost ventilatorja in izklopila vse programe, ki so delovali v ozadju. Po nekaj poskusih je Cinebench uspešno naredil sliko in postopek ocenil s 1333 točkami. V primerjavi z drugimi procesorji je to zelo malo, vendar naju v tem poizkusu ni zanimalo kako dobro bo procesor deloval, temveč ali bo sploh deloval. Točke drugih procesorjev lahko zato ignoriramo in primerjamo točke pri različnih načinih hlajenja.

Odstranila sva ventilator in na CPU nastavila posodo kamor se bo vlil tekoči dušik. Zaradi varnosti sva se odpravila na firmo GTG Plin v Celje, kjer je usposobljen delavec s tekočim dušikom namesto naju vlival tekoči dušik v posodo, medtem ko sva opravila isti test. Temperatura se je ves čas spreminjala, saj je dušik izpareval zelo hitro. Kadar je dušik bil v posodi, je temperatura bila konstantno pod ničlo in se spustila vse do -45 stopinj Celzija. Če se je posoda ohladila na prenizko temperaturo, jo je bilo treba s toplotnim ventilatorjem zagreti nazaj na prvotno temperaturo. Program je postopek ocenil s 1358 točkami zanesljivosti, kar pomeni, da je bilo hlajenje s tekočim dušikom malo bolj učinkovito kot hlajenje z zrakom. Ta razlika v točkah je bila pričakovana, saj sva uporabila isti procesor, zato velike spremembe ni bilo mogoče izvesti.

Opazila sva tudi, da je zaradi odprte posode dušik v njej ostal le nekaj sekund, kar je pomenilo, da je skozi celoten proces bilo potrebo dolivati dušik, zato da je procesor ostal ohlajen. Ko je bil dušik v posodi, je vse delovalo pravilno. V grafih temperature lahko zato vidimo nekakšno nihanje med nizkimi in visokimi temperaturami. Ko je bil dušik dodan, je temperatura hitro padla in se z izhlapevanjem počasi spet začela dvigovati.

Slika 10: Vliv tekočega dušika v posodo



Slika 11: Temperatura posode z tekočim dušikom

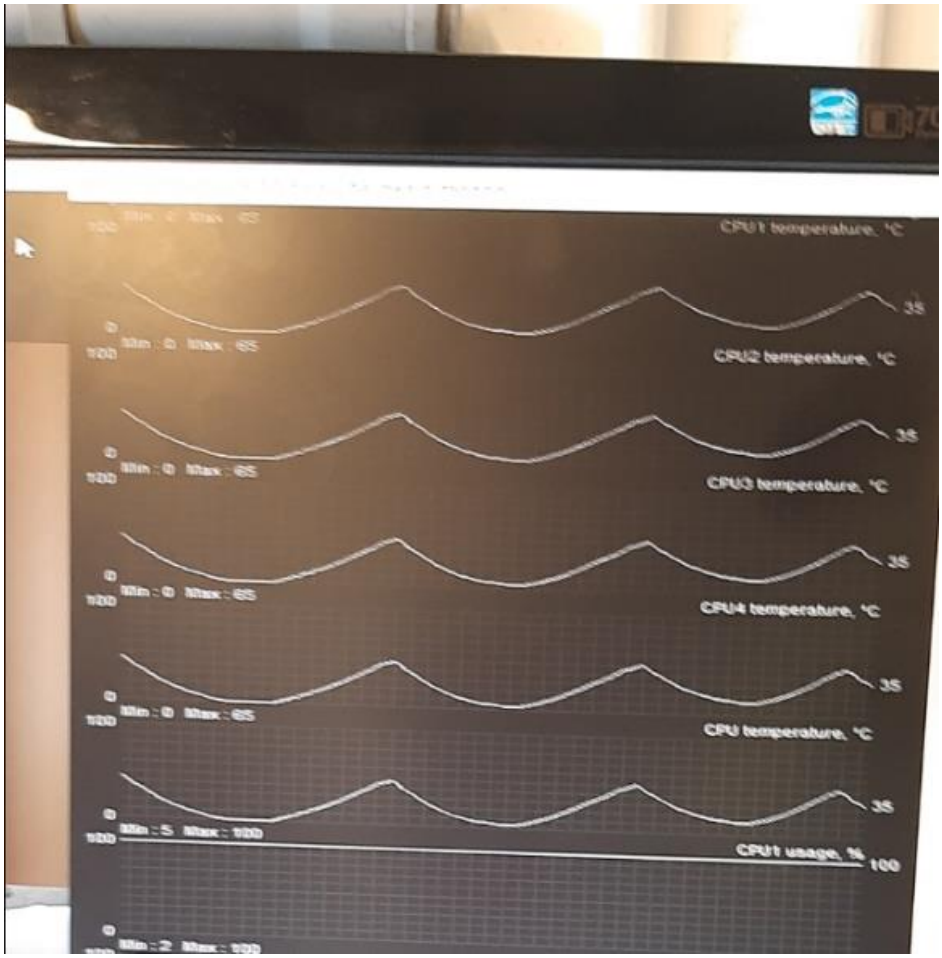
Slika 12: Temperatura bloka med posodo in procesorjem

Slika 13: Segrevanje posode

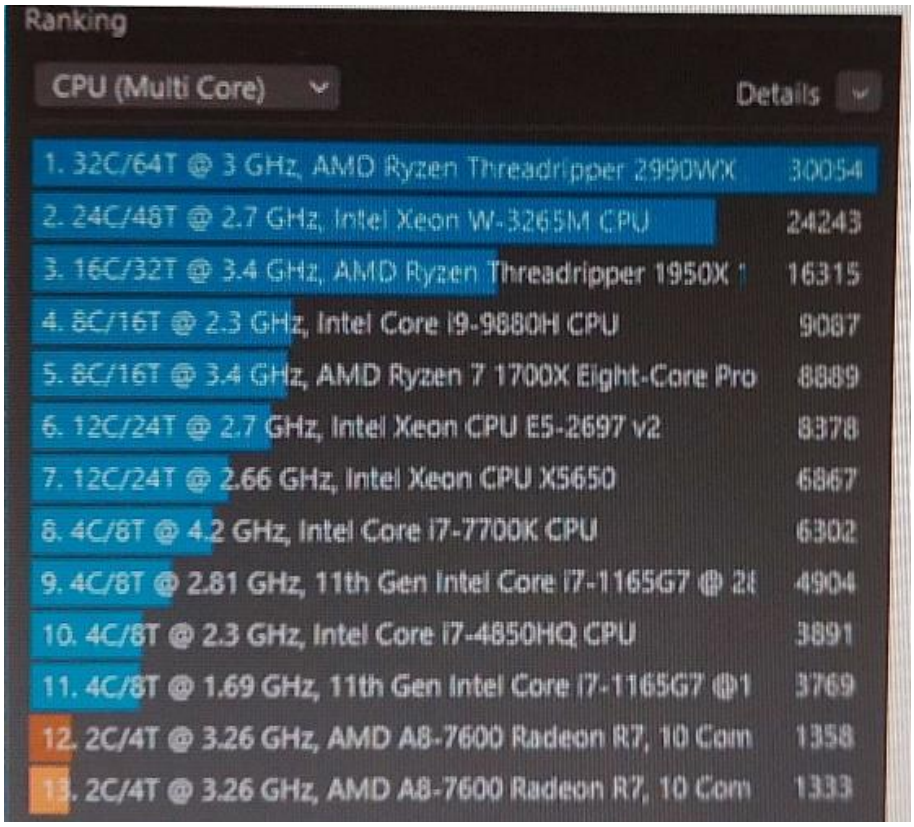
4. REZULTATI

Hlajenje z zrakom je povzročilo, da je temperatura CPU-ja zrasla skoraj na 70 stopinj, kar je bil maksimum, ki ga je računalnik dovolil. Cinebench je sliko risal 30 minut in ob koncu vrnil 1333 točk zanesljivosti.

Ob hlajenju z uporabo tekočega dušika pa je temperatura CPU-ja naraščala in padala z dodajanjem tekočega dušika, vendar večino časa ostala pod ničlo. Prav tako je program končal skoraj 5 minut hitreje in vrnil 1358 točk zanesljivosti, torej je delovanje CPU-ja bilo uspešnejše pri hlajenju s tekočim dušikom.



Slika 14: Nihanje temperature procesorja pod vplivom tekočega dušika



Slika 15: Razlika v učinkovitosti med dušikom in zrakom

5. INTREPRETACIJA REZULTATOV

Prispeli smo do veliko zanimivih ugotovitev. Računalniški procesor je pri hlajenju s tekočim dušikom bil konstantno pod ničlo, seveda dokler je dušik bil v posodi, kar je povzročilo hitrejše delovanje procesorja. Procesor je imel omejitev -70 stopinj Celzija, pri katerih bi se računalnik prisilno ugasnil, da bi preprečil poškodbe, vendar do tega nikoli ni prišlo, niti takrat, ko je posoda bila do polovice napolnjena s tekočim dušikom. Test programa se je zaradi hitrejšega delovanja procesorja tudi hitreje zaključil. Glede na vse rezultate lahko rečemo, da je poizkus bil uspešen in se skladal z najino hipotezo, da je delovanje procesorja učinkovitejše ob hlajenju z dušikom ne pa z zrakom. Edina slabost tega načina hlajenja je bilo hitro izhlapevanje tekočega dušika, kar pa bi se dalo rešiti z nekakšnim pretokom tekočine, kot je pri hlajenju računalnika z vodo.

5.1. MOŽNOSTI IZBOLJŠAV

Projekt bi lahko izboljšali tako, da bi namesto odprtega sistema naredili zaprt sistem, pri čemer bi tekoči dušik krožil po ceveh in v sistemu ostal dlje časa. Prav tako bi rezultati bili bolj natančni, če bi uporabljali novejše komponente.

6. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Ta način hlajenja lahko zelo pripomore pri večjih podjetjih, s sobami polnimi strežnikov ali »super« računalnikov. Zaradi nevarnih ter nedostopnih materialov je takšna oblika hlajenja še vedno težko dosegljiva za posameznika, ter daleč od množične uporabe, vendar pa je naloga prikazala, da je metoda izvedljiva.

7. ZAKLJUČEK

Hlajenje procesorja z uporabo tekočega dušika je precej zanesljivo in če smo dovolj previdni, lahko to metodo hlajenja uporabimo tudi doma, saj pomaga pri delovanju procesorja in s pravo izolacijo ne poškoduje drugih komponent.

8. VIRI

[1] Članek Cooling With Liquid Nitrgoen
Dostopno na:
https://www.process-cooling.com/articles/88573-cooling-with-liquid-nitrogen

[2] Članek With A Little Liquid Nitrogen Doom Eternal Can Run At 1000 Fps On A Pc
Dostopno na:
https://www.pcmag.com/news/with-a-little-liquid-nitrogen-doom-eternal-can-run-at-1000-fps-on-a-pc

[3] Članek Can You Cool a PC With Liquid Nitrogen
Dostopno na:
https://www.quora.com/Can-you-cool-a-PC-with-liquid-nitrogen

[4] Video The 6.9GHz CPU - LN2 Cooling
Dostopno na:
https://www.youtube.com/watch?v=FnwhYEUHw7k

[5] Video "Closed-Loop" Liquid Nitrogen Cooler | EVGA Roboclocker Computex
Dostopno na:
https://www.youtube.com/watch?v=kgnfvb2t-TQ