

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Andri Poolakese

Protsessori valimine lauaarvutisse jõudlustestide ja mängude testimise põhjal

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Benson K. Muite, D.Phil

Tartu 2018

Protsessori valimine lauarvutisse jõudluste ja mängude testimise põhjal

Lühikokkuvõte:

Käesoleva töö eesmärgiks on anda teadmisi mille põhjal valida protsessorit video *renderdamiseks*, mängude mängimiseks või mängude *streamimiseks*. Töös võrreldakse kahe erineva mängu jõudlust, video *renderdamise* jõudlust ning mängupildi *streamimise* jõudlust kuuel erinevalt protsessoril. Töö lõpuks leiti, et video *renderdamisele* ja mängupildi *streamimisele* aitab põhiliselt kaasa suurem tuumade arv koos suurema lõimede arvuga. Mängude mängimise puhul tuli välja, et suurem tuumade ja lõimede arv ei anna oluliselt jõudlust juurde, kui protsessor on juba vähemalt neljatuumaline. Kui protsessor on juba neljatuumaline, siis põhiline jõudluse kasv saavutatakse kõrgema taktsageduse arvelt.

Võtmesõnad:

jõudlustestid, protsessori arhitektuur, arvuti komplekteerimine

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

How To Choose Processor For Personal Computer Based On Benchmarking and Testing Games

Abstract:

The aim of the thesis to give knowledge about selecting processor for video rendering or playing games and streaming them to online. The main contribution of the thesis is to compare two game benchmarks, video rendering benchmark and video streaming benchmark on six different processors. It was found that for a video rendering and a video streaming benchmark the processor's clock speed doesn't matter so much and main performance boost is gained by higher core and thread count. For the games benchmarks, it was found that after four cores additional cores and threads do not increase performance and the main factor that helps to get a higher framerate is the clock speed.

Keywords:

benchmarks, processor's architecture, computer assembly

CERCS: P170 Computer science, numerical analysis, systems, control

Sisukord

1	Sissejuhatus	4
1.1	Töö eesmärk	4
1.2	Eelnevalt tehtud sarnased tööd	5
2	Protsessorist lähemalt	6
3	Jõudlustestid	8
3.1	Cinebench	8
3.2	Geekbench 4	8
3.3	Video renderdamine	9
3.4	Stream	9
4	Populaarsemad mängud	10
4.1	Counter-Strike: Global Offensive	10
4.2	PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS	11
5	Praktiline osa	12
5.1	Cinebench	13
5.2	Geekbench 4	14
5.3	Video renderdamine	15
5.4	Counter-Strike: Global Offensive	18
5.5	PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS	21
5.6	Streamimine	23
6	Kokkuvõte	26
	Viidatud kirjandus	30
	Lisad	31
	I. Tunnustus	31
	II. Litsents	32

1 Sissejuhatus

1.1 Töö eesmärk

Käesoleva töö peamine eesmärk on leida lauaarvuti komplekteeriale võimalikult hea hinnaga võimalikult efektiivne protsessor. Kuna protsessorid on oma ülesehituselt väga erinevad, siis selle valik võib osutuda keeruliseks. Enamasti on kasutajal mingisugune hinnapiir, mille sisse peab mahtuma komponentide kogusumma. Protsessori hind võib kõikuda olenevalt valikust alates sajast kuni mitme tuhande euroni. Soovitud tulemuse saavutamiseks ei pruugi alati kõige parem valik olla kõige kallim protsessor, vaid sama-väärse tulemuse võib saada ka poole odavama protsessoriga. Kuna tegevusi on palju, siis antud töös leiti parim lahendus enim levinud tegevustele.

1. Produktiivsed tegevused - videotöötlus, mängupildi streamimine
2. Meelelahutus - mängude mängimine

Eelnevatest tegevustest on kõige suuremat jõudlus nõudev esimene kategooria. Kuna aga erinevad mängud ja produktiivsed tegevused võivad vajada efektiivse tulemuse jaoks väga erinevaid protsessoreid, siis valik võib osutuda väga keeruliseks. Seetõttu tehakse käesoleva töö lõpuks lugejale ülevaade milliseid protsessori parameetreid tuleks ostmisel jälgida ning antakse soovitus millist protsessorit osta.

Töö eesmärgi täitmiseks jooksutatakse kuue erineva protsessori peal erinevaid jõudluste ning võrreldakse jõudlustestide tulemusi eelpool kirjeldatud tegevustega. Selle abil tehakse kindlaks kas jõudlustestide põhjal on võimalik mainitud tegevuste jõudlust hinnata ning leitakse protsessori osad mille abil jõudluskasv on saavutatud.

1.2 Eelnevalt tehtud sarnased tööd

Varasemalt on tehtud sarnane töö taolisel teemal [Sch17], kuid töö tegija keskendus pisut teistele asjaoludele. Rio kasutas oma töös enda poolt komplekteeritud arvuteid ning kasutas ka tuttavate arvutitel jooksutatud teste. Tema eesmärk oli teada saada kas erinevate jõudlustestide andmebaasid on ausate tulemustega ning kas nende põhjal on võimalik omale arvuti komplekteerida. Oma töös keskendus Rio arvutile kui tervikule, kuid kuna maht oleks väga suureks läinud, siis kitsendas ta oma komponentide valikut ainult videokaardi ja protsessori muutmisele.[Sch17] Eelnevalt nimetatud kaks komponenti on arvutite ühed tähtsamad osad, mis tihtipeale määravad ära ka arvuti jõudluse. Käesolev töö erineb eelnevalt mainitud tööst selle poolest, et keskendutakse just ainult protsessori töö jõudlusele ning proovitakse leida just seda kõige optimaalsemat valikut, et kõik soovitud toimingud saaksid tehtud võimalikult efektiivse protsessoriga, mis samas oleks ka võimalikult odava hinnaga kättesaadav. Lisaks seletatakse lahti miks mingi protsessor sai parema tulemuse ning milliseid protsessori parameetreid testitud tegevuste jaoks jälgida tuleks.

Rio töö eesmärgiks oli kindlaks teha kas jõudlustestide andmebaasid on ausad ning kas nende põhjal on võimalik arvutit komplekteerida. Töö lõpuks tuli välja, et valitud seitsmest jõudlustesti tarkvarast kuus olid usaldusväärsete andmebaasidega.[Sch17] Kuna Rio töö tulemustest ei tulnud välja millised protsessori parameetrid tulemust mõjutasid, siis käesolevas töös on jõudlustestide tulemuste põhjused täpsemalt lahti seletatud.

Varasemalt on ka testitud protsessorite jõudlust mängude alal [Sib07], kuid testis piirduti ainult jõudlustesti tarkvaraga ning ühtegi reaalselt mängu ei testitud. Kuna valmis jõudlustestid ei anna täpset ülevaadet protsessori jõudlusest, siis käesolevas töös testiti erinevaid protsessoreid kahe erineva mängu peal ning jälgiti mängude kaadrisagedusi. Sealjuures oli mängude graafikasätteid kõige madalama peal, et tulemused ei jääks graafikakaardi tõttu madalamaks.

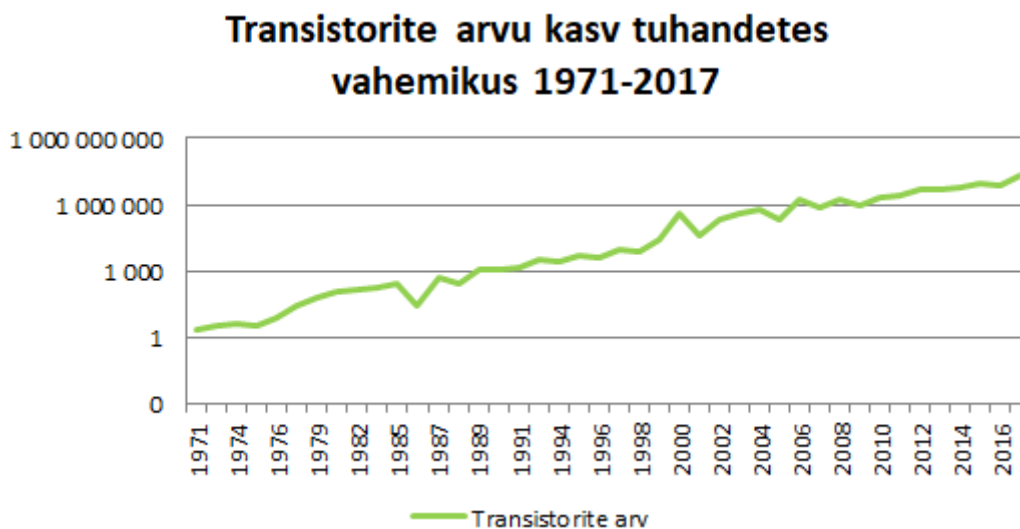
Olenemata sellest, et Fadi oma töös kasutas valmis jõudlustesti ning käesolevas töös kasutati erinevaid mängu, jõuti mõlemas töös samale järeldusele [Sib07]. Jõudluse kasv tuumade arvelt on saavutatav kuni nelja protsessorituumani. Üle nelja tuuma jõudluse kasv on väga väike ning parema jõudluse saavutamiseks aitab kaasa protsessori taktsagedus.

Lisaks jõudlustestidele on tehtud ka uuring mängude streamimise keskkonnast Twitch.tv, millest tuli välja, et 2015. aasta seisuga oli külastajate arvu kasv igas kuus kaheksa protsenti. Lisaks sellele oli Twitch.tv selleks ajaks neljandal kohal suurim internetiliikluse tekitaja US Internetis. [ZL15]

2 Protsessorist lähemalt

Protsessor (Central Processing Unit - CPU) on kiip, mis kontrollib arvuti tegevust. Lihtsalt öeldes on protsessor arvuti aju. Protsessori põhikomponendiks on Arithmetic Logic Unit - ALU, mille ülesandeks on aritmeetiliste ning loogiliste tehete arvutamine. [Hopb] Teine komponent on Control Unit - CU, mis jagab tarkvarale ja riistvarale käsked ning kontrollib sisend-väljund seadmete tööd. [Hopa]

Algsed protsessorid olid väga lihtsa ülesehitusega, neil oli ainult üks tuum ning protsessorite võrdlemiseks piisas enamasti ainult selle töö kiiruse taktsageduse võrdlemisest. Kuna aga jõudluse kasvuks ei suudetud enam ühe tuuma tööd niivõrd hästi arendada, siis arenesid välja mitmetuumalised protsessorid. Suurimaks jõudluse kasvu takistuseks on algetest protsessoritest kuni tänapäevaste toodeteni olnud transistorid. Kui algselt koosnes tuum paarist tuhandest [Int] transistorist, siis viimased väljalasked koosnevad juba miljarditest [MB] transistoritest. Kuigi transistorite arvu kasv on olnud miljonite kordne, siis protsessorite tootjad töötavad endiselt selle nimel, et veelgi rohkem transistoreid tuuma ära mahutada.



Joonis 1. Transistorite arvu kasv [Tra]

Tänu tuumade arvu kasvule suudavad tänapäevased protsessorid oma tööd jaotada erinevate tuumade vahel. Kui algselt oli ainult üks tuum, mis pidi talle etteantud probleemi ära lahendama, siis näiteks kahetuumaline protsessor jagab selle töö kahe tuuma vahel ära ning tulemus saadakse poole kiiremini. Seda eeldusel, et kahetuumalise protsessori ühe tuuma taktsagedus on võrdeline ühetuumalise protsessori taktsagedusega. [Hof]

Lisaks tuumade arvu kasvule on Intel välja töötanud ka tehnoloogia nimega Hyper Threading. Tehnoloogia seisneb selles, et operatsioonisüsteemi vaatepunktist on protsessoril kaks korda rohkem tuumi kui tegelikult. Ehk siis neljatuumaline protsessor Hyper Threading tehnoloogiaga on operatsioonisüsteemi silmis kahaksatuumaline protsessor. Kuigi reaalne tuumade arv jääb ikkagi samaks, siis virtuaalselt tuumi kaheks jagades ja sellega tuumade arvu kahekordistades suudab operatsioonisüsteem andmeid rohkem laiali jagada ning tänu sellele jõudlus kasvab. Andmete laialijagamine käib selliselt, et kui ilma Hyper Threading tehnoloogiata suudab üks tuum tegeleda ainult ühe etteantud ülesandega, siis tänu sellele tehnoloogiale suudab üks tuum töötada täisvõimsusel kahe ülesandega korraga. Tänu sellele ei teki olukorda, kus osa tuuma ressursse seisaks kasutult. [Hof]

Kuna protsessoreid on väga palju erinevaid, siis tihtipeale on igal põlvkonnal oma kindel emaplaadi pesa kuhu ta sobib. Kuigi erinevad protsessorite tootjad kasutavad väga erinevaid pesasid, siis isegi sama tootja protsessorid erinevad pesade suhtes. Näiteks kohe kindlasti ei leidu õiget pesa AMD protsessorile Inteli pesade hulgast, sama kehtib ka vastupidiselt. Isegi kui püsida sama tootja toodete hulgas, ei ole võimalik võtta viimase põlvkonna protsessorit ja panna seda emaplaadile, kus asetses varasemalt vanema põlvkonna protsessor. Eelpool seletatule leidub ka erindeid, näiteks Inteli kuues ja seitsmes põlvkond kasutavad täpselt sama pesa ning tarbijad kes uuendasid kuuendalt põlvkonnalt seitsmendale, ei pidanud ostma uut emaplaati. [Tro]

Eelnevas lõigust käisid läbi ka kaks suurimat protsessorite tootjat: AMD ja Intel. Kui võrrelda nende kahe tootja protsessoreid, siis AMD poolt pakutavad protsessorid on enamasti odavamad kui Inteli omad ning hinna suhtes on AMD protsessoritel rohkem tuumasid kui sama hinnaga Inteli protsessoritel. Kuid Inteli protsessorid hiilgavad seetõttu, et nende taktsagedus on oluliselt suurem kui AMD protsessoritel ning töötemperatuurid märgatavalt madalamad. [Smi]

Käesolevas töös testitakse ainult Inteli protsessoreid, sest töö autor ei leidnud kuskilt AMD uuema põlvkonna tooteid. AMD eelmise põlvkonna protsessorid on juba ligikaudu viis aastat vanad [amd] ning ei ole mõttekas osta nii vana protsessorit.

3 Jõudlustestid

3.1 Cinebench

Cinebench [Cina] on tasuta saadaolev jõudlustest, mis on loodud tarkvarafirma MAXON [Max] poolt. Cinebenchi aluseks on tarkvara nimega Cinema 4D [Cinb] mida kasutavad erinevaid stuudiod ja filmiprodutsendid üle maailma. Cinema 4D abil on tehtud näiteks tuntud film Iron Man 3 kui ka palju teisi filme.

Cinebenchi jõudlustest on jagatud kaheks: CPU ja GPU testiks. CPU testis tuleb protsessoril renderdada 3D stseen, mis koosneb ligikaudu 2000 objektist ja üle 300 000 polügonist. Stseenile on rakendatud väga palju jõudlust nõudvaid efekte nagu näiteks varjud, anti-aliasing, erinevad valgusefektid ja palju muudki. CPU test on võimeline kasutama kuni 256 protsessori lõime, mis tähendab, et antud testi saab kasutada ka suurtelõimeliste protsessorite testimiseks. Testi lõpus tagastatakse kasutajale tulemus skoorina ning mida suurem on skoor seda parem on tulemus [Cina]. Kuna käesoleva töö eesmärgiks on hinnata just protsessorite jõudlust, siis GPU testi ei jooksutatud.

3.2 Geekbench 4

Geekbench [Gee] on jõudlustest, mis on loodud Primate Labs [Pri] poolt. Tarkvara täisversioon on tasuline, kuid loojad jagavad ka tasuta prooviversiooni. Geekbench neljanda versiooni eelkäijateks olid Geekbench 3 ja Geekbench 2, millest viimane on kõige algsem versioon.

Geekbenchi CPU jõudlustest on jagatud kahte kategooriasse [Lab]: Üksikute tuumade testiks ning protsessori kui terviku testiks (kõik tuumad korraga). Kummagi kategooria puhul lastakse protsessoril töötada nelja erineva alamkategooria probleemide lahendamiseks. Nendeks kategooriateks on: krüptograafia-, täisarvu-, ujukomaarvu- ning mälu test. Selleks, et eelmise kategooria test ei hakkaks järgmise kategooria testi segama, on jõudlustest üles ehitatud selliselt, et kategooria vahetusel on väike paus sees, kus protsessorile ei anta mitte midagi ette. Pausi pikkuseks on vaikimisi määratud kaks sekundit. Testi lõpptulemuse skoor arvutatakse kõigi nelja alamkategooria tulemuste põhiselt. Kuid alamkategooriate väärtused on erinevad, näiteks krüptograafia testile kuulub lõpptulemusest viis protsenti, täisarvu testile 45 protsenti, ujukomaarvu testile 30 protsenti ning mälu testile 20 protsenti. Alamkategooriad jagunevad järgmiselt:

- Krüptograafia testis lastakse protsessoril lahti murda 32MB suurune sõne. [Lab]
- Täisarvu testis jooksutatakse 11 erinevat algoritmi: Lempel-Ziv-Markov algoritm, JPEG kompressioon, Canny, Dijkstra, SQLite, LLVM, HTML 5 parser, HTML 5 Dom, PDF, LUA ja kaamera kompressioon. [Lab]
- Ujukomaarvu testis jooksutatakse seitset erinevat algoritmi: GEMM (General Matrix Multiplication), FFT (Fast Fourier Transform), Gaussian blue, Ray trace,

N-keha füüsika, jääkade kehade füüsika arvutustehted ning hääle tuvastuse algoritm. [Lab]

- Mälu testis testitakse kolme erinevat väärtust: kopeerimiskiirust, mälu mahtu ning mälu läbilaskevõimet. [Lab]

3.3 Video renderdamine

Video renderdamine on protsess, mille käigus valmib videofail, mis koosneb muudatustest algele videofailile. [Dem] Muudatusteks võib lugeda videofaili lõikamise või erinevate efektide lisamise. Renderdamise protsessi käigus määratakse videovarjundid, -tekstuurid, videoelementide mõõtmed ja -efektid. [Dem] Olenevalt video pikkusest, lisatud efektide arvust ning määratud kvaliteedist võib ühe faili renderdamine aega võtta mitmeid tunde.

Kuna videotöötlusega tegelevaid inimesi on palju, aga jõudlustesti selle tegevuse testimiseks loodud pole, siis käesolevas töös on video renderdamise test ise välja mõeldud.

Käesolevas töös kasutatakse video renderdamist jõudlustestina nii, et võrreldakse aega, mis kulub igal protsessoril sama video renderdamiseks.

3.4 Stream

Streamimine ehk otseülekanne on tegevus, mille käigus näidatakse avalikkusele soovitud tegevusest otsepilti. Otseülekannet võib teha igalpool, kus on kättesaadav kaamera ja internetiühendus. Enamasti tehakse otseülekannet erinevatest tegevustest arvutis. Streamimise platvorme on väga palju erinevaid. Kõige kuulsam mängude streamimise platvorm on Twitch.tv. [Fil] Kõige kuulsam filmide/seriaalide streamimisplatvorm on Netflix. [Fil]

Kuna streamimise jõudluse testimiseks ei ole loodud valmis jõudlustesti, siis käesolevas töös on streamimise jõudluse test autori poolt välja mõeldud. Käesolevas töös testitakse streamimisjõudlus selliselt, et mängitakse töös mainitud mängu neli korda 15 minutit, samal ajal streamides seda Twitch.tv platvormil ning selle aja jooksul salvestatakse mängu minimaalne ja keskmine kaadrisagedus. Selle testiga on näha, kas antud protsessor on võimeline mängu streamima ning kas mängu kaadrisagedus jääb piisavalt kõrgeks.

4 Populaarsemad mängud

Järgnevalt kirjeldatud mängud on valitud testimiseks seetõttu, et mõlemad mängud kuuluvad top viis enimmängitud online mängude hulka. [Ste] Lisaks sellele, on Counter-Strike: Global Offensive mängijaskond öelnud, et selle mängu mängumootor ei suuda efektiivselt kasutada rohkem kui nelja protsessori tuuma. [CSGa] Counter-Strike: Global Offensive mängu stabiilseks kaadrisageduseks loetakse 200+ fps-i, sest mängimiseks mõeldud monitorid on minimaalselt 144hz ning et seda omadust täielikult ära kasutada peaks kaadrisagedus olema vähemalt 144+. Kuna aga täpselt 144 ei ole ikkagi piisav, siis lisasujuvust annab juurde suurem kaadrisagedus, sellepärast mängijad enamasti tahavadki mängida vähemalt 200+ kaadrisagedusega. PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS-i puhul on asjad teisiti kuna mäng ei ole veel päris e-Sporti sisenenud ning mäng ei ole täielikult valmis, siis 13.05.2018 seisuga on selle mängu jaoks vajalik kaadrisagedus 60+.

4.1 Counter-Strike: Global Offensive

Counter-Strike: Global Offensive (Edaspidi CS:GO) on Valve [CSGb] poolt välja töötatud tulistamismäng. CS:GO lasti välja 21. augustil 2012. Mäng käib kahe tiimi vahel: terroristid ja counter-terroristid. Igal kaardil, kus mängitakse, on kaks ala kuhu Terroristid peavad pommi maha panema. Neid alasid kaitsevad counter-terroristid, kes üritavad iga hinna eest terroriste sinna mitte lasta. Üks mäng kestab kokku 30 roundi ning võitja on see tiim, kes võidab esimesena 16 roundi. Kui tuleb viik (15 – 15), siis läheb mäng lisaajale (lisa roundid). Mängu teeb eriliseks see, et võitmiseks tuleb välja töötada erinevaid strateegiaid kuidas vastastiimi üle kavaldada.

Antud mängu mängitakse ka ülemaailmsel e-Spordi turniiridel, mille auhinnafondid ulatuvad miljonitesse dollaritesse. Kuna tegemist on e-Spordi mänguga, siis mängijaskond on huvitatud saavutamast parimat kaadrisagedust (Frames per-second – FPS), et mängupilt liiguks võimalikult sujuvalt. Kuigi mäng on juba kuus aastat vana, siis protsessorid, mida selle mängu jaoks soovitatakse, on üsnagi uued ja jõulised. [Inc] Mängumootoriks on Valve enda poolt välja töötatud Source engine. Antud mängumootori lasi Valve välja juba 2004. aastal. [Val] Kuna mängumootor on juba 14 aastat vana, siis see tekitab üsnagi suuri probleeme tänapäeval seoses sellega, et milliseid protsessori parameetreid tuleks jälgida, et saada paremat kaadrisagedust. Käesolevas töös testitakse eelpool kirjeldatud mängu selliselt, et mängitakse mängu neli korda 15 minutit ning selle aja jooksul salvestatakse minimaalne ja keskmine kaadrisagedus.

4.2 PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS

PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS (Edaspidi PUBG) on PUBG Corporationi poolt välja töötatud "last-man-standing"stiilis tulistamismäng. PUBG lasti välja 21. detsembril 2017. Mängu on võimalik mängida kuni neljase rühmaga. Mängu alguses lastakse mängijatel valida kaardil alguspunkt ning nad peavad otsima endale varustust, et teiste vastu võidelda ja viimasena ellu jääda. Mängu võidab see üksikmängija või meeskond, kes viimasena ellu jääb. [PUB]

Antud mäng on alles e-Spordi algusfaasis ning suuremaid üritusi veel ei toimu. Küll aga mängu arendatakse aktiivselt ja üritatakse jõuda faasi, kus antud mängus saaks korraldada ka suuri turniire. [Bro] Kuna mäng ei ole veel täielikult välja arendatud, siis selle jõudlus pole ka kõige paremini optimeeritud ning vajab väga jõulist protsessorit, et kõrgel kaadrisagedusel töödada. Käesolevas töös testitakse eelpool kirjeldatud mängu selliselt, et mängitakse mängu neli korda 15 minutit ning selle aja jooksul salvestatakse minimaalne ja keskmine kaadrisagedus.

5 Praktiline osa

Selles peatükis seletatakse lahti kuidas erinevaid jõudlusteste kasutati ning kuidas nende tulemusi võrreldi. Jõudlusteste kasutati kuue erineva protsessori peal. Kõik ülejäänud komponendid arvutis jäid samaks, vahetati ainult protsessorit koos emaplaadiga, et tulemused oleksid võimalikult hästi võrreldavad ja ei oleks mõjutatavad teistest komponentidest. Lõpetuseks antakse kogutud andmete põhjal hinnang, kas vanema põlvkonna protsessorite kasutajad peaksid uuendama oma protsessorit või kui võimsat protsessorit kasutaja soovitud tegevuseks vajada võiks.

Komponendid, mida kasutati jõudlustestide läbiviimisel:

- Videokaart - ASUS ROG Strix GeForce® GTX 1080
- Protsessorid - i3 6100, i5 6600k, i7 6700k, i3 8100, i5 8600k, i7 8700k
- Emaplaadid - ASROCK Z170A-X1/3.1, ASROCK H310M-HDV/M.2
- Vahemälu - 2 x HyperX HX424C15FB2/8 DDR4 2400MHz 8GB
- SSD - Samsung 850 EVO Series 250GB
- Toiteplokk - CORSAIR PSU RM750X 750W GOLD

Emaplaadiga ASROCK Z170A-X1/3.1 ühildusid i3 6100, i5 6600k ja i7 6700k.

Emaplaadiga ASROCK H310M-HDV/M.2 ühildusid i3 8100, i5 8600k, i7 8700k.

Testsüsteemide jaoks kasutatavatest protsessoritest kuulusid i5 6600k ja i3 6100 töö autorile. Ülejäänud protsessorid kuulusid autori tuttavatele. Ka emaplaadi ASROCK H310M-HDV/M.2 sai autor tänu oma tuttavatele. Kõik ülejäänud komponendid kuulusid autorile endale. Jõudlustestide läbiviimine toimus järgmiselt:

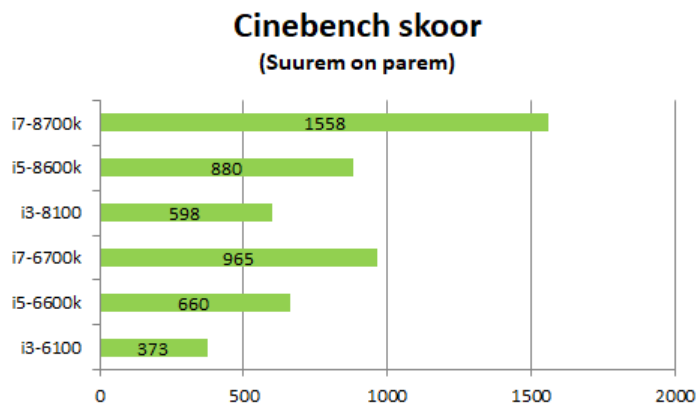
1. Kõigepealt komplekteeriti arvuti i3 6100 protsessoriga.
2. Installeeriti tühjale SSD-le Windows 10 Pro 64-bit.
3. Laaditi alla vajalikud programmid jõudlustestide läbiviimiseks.
4. Installeeriti programmid.
5. Jooksutati soovivat jõudlustesti neli korda.
6. Tulemused koos keskmisega kirjutati mälupulgal asuvasse Exceli faili.
7. Läbiviidud jõudlustesti tarkvara eemaldati arvutist.
8. Pärast kõikide jõudlustestide jooksutamist vahetati arvutis protsessor (vajadusel ka emaplaat) ning teostati eelnevalt kirjeldatud protseduur.

Protsessor	Taktsagedus	Tuumade arv	Lõimede arv	Hind Arvutitargas	Hind Amazonis
i3-6100	3.70 GHz	2	4	110.86€	95.85€
i5-6600k	3.50 GHz	4	4	240.71€	193.66€
i7-6700k	4.00 GHz	4	8	337.57€	352.59€
i3-8100	3.60 GHz	4	4	112.90€	99.41€
i5-8600k	3.60 GHz	6	6	249.90€	199.82€
i7-8700k	3.70 GHz	6	12	355.00€	290.17€

Joonis 2. Protsessorite andmed

5.1 Cinebench

Nagu eelnevalt protseduuri seletuse osas mainitud, siis antud testi jooksutati igal protsessoril neli korda ning lõpptulemuseks loeti nende nelja tulemuse keskmist. Kuna saadud numbrid ei ole just paljuütlevad, siis parema ülevaate saamiseks võrreldakse saadud tulemusi igapäevaste tegevuste testide tulemustega.



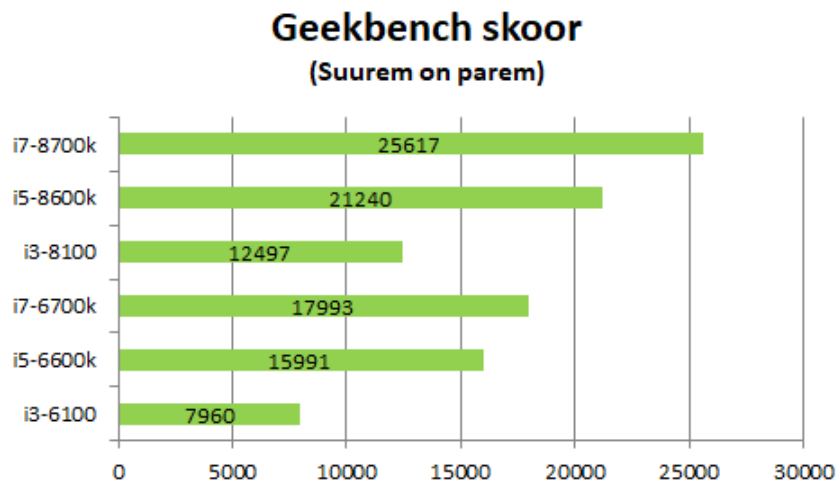
Joonis 3. Cinebench jõudlustestide tulemused

Jooniselt 3 on näha, et Cinebenchi jõudlustestiga sai kõige paremini hakkama i7 8700k protsessor tulemusega 1558. Paremuselt teiseks jäi i7 6700k tulemusega 965. Paremuselt kolmandaks jäi i5 8600k tulemusega 880. Paremusjärjestuselt neljas oli i5 6600k tulemusega 660. Paremuselt viiendaks ehk eelviimaseks tuli i3 8100 tulemusega 598 ning viimaseks jäi i3 6100 tulemusega 373.

Vaadates põlvkondi eraldi, siis mõlema põlvkonna puhul on märgata, et mida kõrgem seeria seda parem tulemus. Võrreldes aga tervet joonist, siis i7 6700k sai pisut parema tulemuse kui i5 8600k. i7 6700k protsessori tulemus oli parem tänu i7 seeriale omase Hyper-Threading tehnoloogiale, mille abil antud protsessor saavutas lõimede arvuks kaheksa. Kuigi i5 8600k protsessoril on kaks tuuma rohkem kui i7 6700k-l, siis lõimede arv on kahe võrra väiksem. Lisaks suuremale lõimede arvule on i7 6700k taktsagedus 0.40GHz võrra suurem kui i5 8600k taktsagedus.

5.2 Geekbench 4

Geekbench 4 jõudlustesti jooksutati samuti neli korda nagu Cinebenchi jõudlustesti. Lõpptulemuseks loeti nelja erineva tulemuse keskmist. Kuna Geekbench 4 testi tulemused on samuti mingid numbrid jõudlustesti oma süsteemis ning mittemidagiütlevad, siis antud testi tulemusi võrreldakse igapäevaste tegevuste testide tulemustega.



Joonis 4. Geekbench 4 jõudlustestide tulemused

Jooniselt 4 on näha, et Geekbench 4 jõudlustestiga sai kõige paremini hakkama i7 8700k protsessor, mis sai tulemuseks 25617. Paremuselt teiseks jäi i5 8600k tulemusega 21240. Paremuselt kolmanda tulemuse sai i7 6700k protsessor tulemusega 17993. Paremuselt neljas oli i5 6600k tulemusega 15991. Paremuselt viies oli i3 8100 tulemusega 12397 ning paremuselt kõige halvema tulemuse sai i3 6100 skooriga 7960.

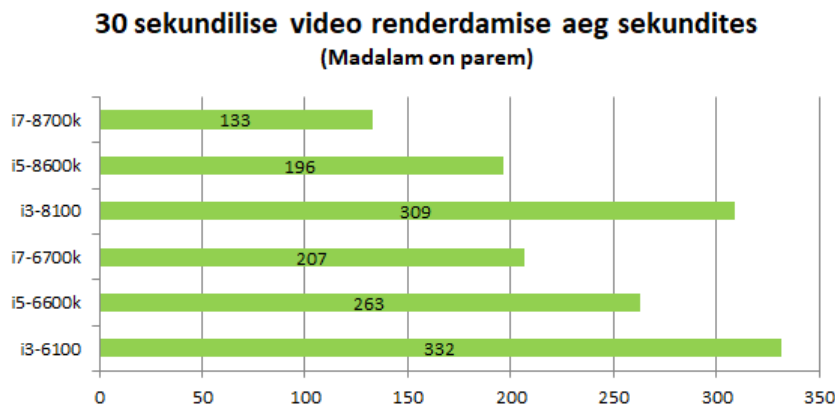
Kuna i5 8600k sai oluliselt parema tulemuse kui i7 6700k, siis võib öelda, et antud jõudlustesti puhul aitas tulemusele väga palju kaasa lisatumade arv, sest i7 6700k protsessori taktsagedus on 0,40 GHz võrra kiirem, aga tuumade arvu poolest jääb kahe tuuma võrra alla.

5.3 Video renderdamine

Video renderdamist testiti selliselt, et võeti 30 sekundit pikk videolõik. Videolõik renderdati uueks failiks kasutades järgmist formaati:

- Kodeerija - H.264
- Resolutsioon - 3840x2160(4K)
- Kaadrisagedus - 60 fps
- Bitikiirus - 80000 kbps

Võrreldavaks faktoriks oli selles testis aeg sekundites kui kaua läks protsessoril aega etteantud videofaili renderdamiseks.



Joonis 5. Video renderdamise jõudlustestide tulemused

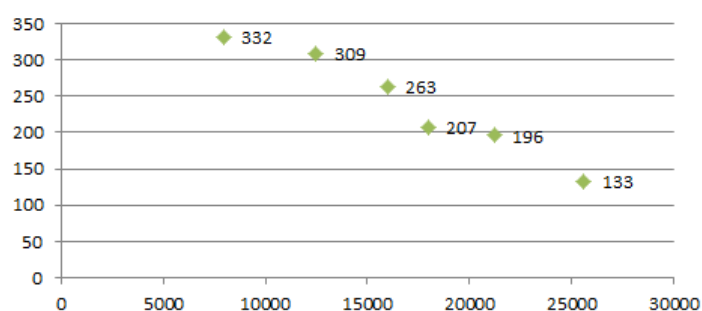
Jooniselt 6 võib välja lugeda, et vaieldamatult kiireima tulemuse saavutas i7 8700k protsessor. Kõige aeglasema tulemuse saavutas i3 6100 protsessor. Kõige kiirema ja aeglasema protsessori ajavahe tuli 199 sekundit, ehk siis kolm minutit ja 19 sekundit. Kuna videolõik oli ainult 30 sekundit pikk, siis võib julgelt öelda, et kui protsessori kasutaja tegeleb videotöötusega, siis i7 8700k protsessor hoiab kokku väga palju väärtuslikku aega. Videotöötuseks sobivateks protsessoriteks võib lugeda ka i5 8600k ning i7 6700k, aga ülejäänud testitavatest protsessoritest jäävad juba üsna aeglaseks selles valdkonnas.

Kui võrrelda video renderdamise testi tulemusi Cinebenchi jõudlustesti tulemustega, siis mõlemad graafikud jaotuvad üsnagi sarnaselt. Kõige parema tulemuse saavutas mõlemas testis i7 8700k. Teine ja kolmas koht on võrreldavates testides vastupidine, cinebenchi teiseks kõige parema tulemuse sai i7 6700k, aga videofaili suutis renderdada i5 8600k 11 sekundit kiiremini kui i6 6700k. Ülejäänud protsessorite tulemused jaotuvad samas järjekorras.

Võrreldes tulemuste andmeid, siis joonisel 3 sai Cinebenchi testis i7 8700k skooriks 1558 ning i3 8100 skooriks 598. i3 8100 skoor on ligikaudu 2,6 korda väiksem kui i7

8700k protsessori skoor. Vaadates aga video renderdamise aegu, siis i7 8700k protsessoril kulus 133 sekundit ning i3 8100 protsessoril 309 sekundit. Nende andmete põhjal on i3 8100 skoor ligikaudu 2,3 korda väiksem i7 8700k protsessori skoorist. Kui aga võrrelda omavahel i7 8700k protsessorit ning i3 6100 protsessorit, siis Cinebenchi tulemuste põhjal joonisel 3 on i3 6100 skoor ligikaudu 4,2 korda väiksem. Video renderdamise testi tulemusi võrreldes on i3 6100 protsessori skoor ainult 2,5 korda väiksem i7 8700k protsessori skoorist. Kuna antud võrdluse põhjal ei tule just kõige paremat jõudlustulemuse koefitsienti välja, siis töö autor on veendumusel, et Cinebenchi abil ei saa täpselt ennustada teiste protsessorite jõudlust.

Video renderdamise aja ja Geekbench 4 seos



Joonis 6. Video renderdamise jõudlustesti ja Geekbench 4 tulemuste seos

Kui võrrelda video renderdamise testi tulemusi Geekbench 4 jõudlustesti tulemustega joonisel 4, siis paremus järjekord on mõlemal joonisel täpselt sama. Kui aga võrrelda Geekbenchi tulemuste vahet, siis i7 8700k skoor on ligikaudu 2,1 korda suurem kui i3 8100 skoor. Video renderdamise osas on vaadeldavate protsessorite vahe aga 2,3 kordne. Võttes vaatluse alla i7 8700k ning i3 6100 protsessorid, siis Geekbench 4 tulemuste vahe on 3,2 kordne. Samas video renderdamise testi tulemustes on nende kahe protsessori vahe 2,5 kordne. Kirjeldatud võrdluse põhjal võib öelda, et Geekbench 4 annab täpsema ülevaate kui Cinebench protsessori jõudlusest videotöötlemise alal, kuid vahet ei ole ikkagi lähedane üks ühele. Seetõttu ei ole võimalik ka Geekbench 4-ga ennustada täpseid tulemusi.

Võttes arvesse, et nii Cinebench kui ka Geekbench 4 ei anna täpselt võrdväärseid vahetulemuste vahel, siis ei saa ka täpseid tulemusi nende testide tulemuste põhjal ennustada. Küll aga võib öelda, et Geekbench 4 tulemused on videotöötlemiseks kuluva aja võrdlemiseks natuke täpsemad kui Cinebenchi tulemused. Kuna Cinebenchi tulemuste järjekord joonisel 3 erines video renderdamise aegade paremusjärjekorrast joonisel 6, siis Cinebenchi abil ei ole võimalik ennustada võrreldavate protsessorite paremust. Küll aga võib vastupidist väita Geekbench 4 jõudlustesti kohta, kuna joonisel 4 oli paremusjärjekord sama mis joonisel 6. Seega Geekbench 4 abil on võimalik ennustada

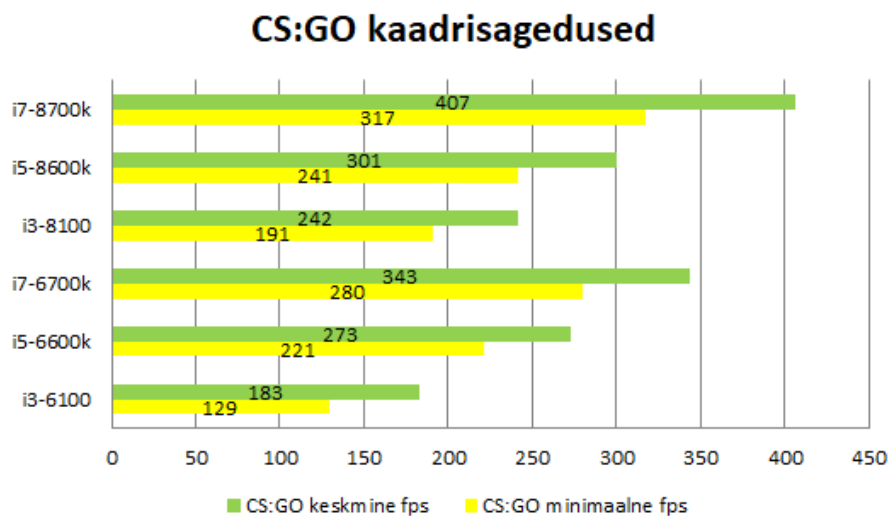
võrreldavate protsessorite paremust.

Vaadeldes protsessori töö jaotumist antud testis, siis kõikide protsessorite jõudluskaasutus oli testi vältel 99-100 protsenti. See tähendab, et kõik protsessorid suutsid kasutada kõiki oma ressursse antud testi jooksutamisel. Otsides faktorit, tänu millele teatud protsessorid parema tulemuse said, siis töö autor jõudis veendumusele, et põhiline jõudluse kasv saavutati tuumade ning lõimede arvu kasvuga. Kui i7 6700k protsessoril on ainult neli tuuma ning i7 8700k protsessoril kuus tuuma, siis võrreldes nende kahe tulemusi, tuleb tuumade arvu põhjal jõudluse kasv ilusti välja. Seda just seetõttu, et i7 8700k taktsageduseks on 3,70 GHz, aga i7 6700k taktsageduseks on 4,00 GHz. See näitab, et kuigi i7 6700k töötab kiiremal taktsagedusel, on i7 8700k tulemus ikkagi ligikaudu 1/3 võrra kiirem. Võrdväärne tulemus tuleb välja ka võrreldes teisi seeriaid. Võrreldes i5 seeriat omavahel, siis i5 8600k protsessoril on kuus tuuma ning i5 6600k protsessoril on neli tuuma. i5 6600k taktsageduseks on 3,50 GHz ning i5 8600k taktsageduseks on 3,60 GHz. Siit on näha, et kuigi mõlema töökiirus on üsnagi sarnane, siis i5 8600k protsessori tulemus on ligikaudu 1/4 ehk 25 protsendi võrra kiirem. Kui võrrelda omavahel i3 seeriat, siis i3 8100 protsessoril on neli tuuma ja i3 6100 protsessoril on kaks tuuma. i3 8100 protsessori taktsageduseks on 3,60 GHz ning i3 6100 protsessori taktsageduseks on 3,70 GHz. Järjekordselt on uuemal põlvkonnal väiksem taktsagedus, kuid tulemus on samaväärne eelnevalt võrreldud seeriatega. i3 8100 on ligikaudu seitse protsenti kiirem kui i3 6100. Kuna i3 seeria tulemuse paranemine oli kõige väiksem, siis tuleb välja, et ka lõimede arv mängib suurt rolli. Nimelt i3 6100 protsessoril on küll kaks tuuma, kuid neli lõime, ning i3 8100 protsessoril on neli tuuma, kuid endiselt neli lõime. i5 protsessorite seerial on nii tuumade kui ka lõimede arv kasvanud kahe võrra. See tähendab, et kui i5 6600k protsessoril on neli tuuma ja neli lõime, siis i5 8600k protsessoril on kuus tuuma ja kuus lõime. Ning i7 protsessorite seerial on tuumade arv kasvanud kahe võrra, kuid lõimede arv nelja võrra. See tähendab, et kui i7 6700k protsessoril on neli tuuma ja kaheksa lõime, siis i7 8600k protsessoril on kuus tuuma ja 12 lõime. Eelnevalt välja toodud informatsiooni põhjal võib öelda, et kuna i7 seeria kasv oli kõige suurem, siis seda soodustas nii tuumade kui lõimede arvu kasv, kus ühe lisatuuma kohta tuli juurde kaks lisa lõime. i5 seeria puhul oli kasv ligikaudu kaheksa protsenti väiksem kui i7 seeria puhul ja seda seetõttu, et iga lisa tuuma pealt tuli juurde ainult üks lisa lõim. Ning i3 seeria kasv oli oluliselt väiksem, sest lisatuumadega lõimi juurde ei tulnud.

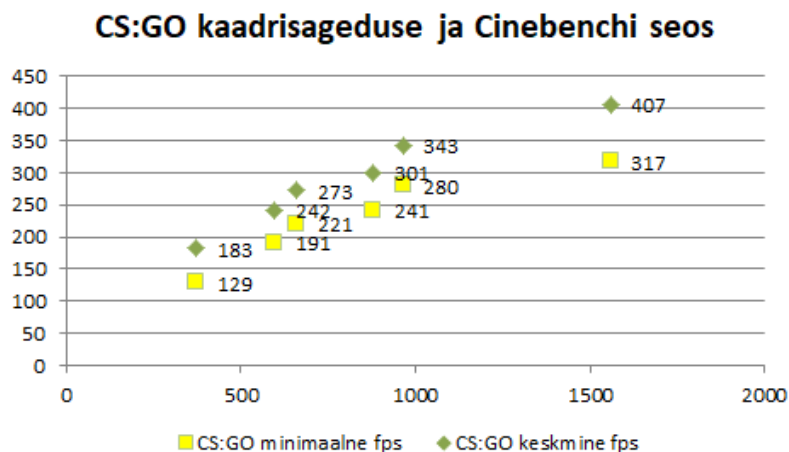
Võttes arvesse eelnevat analüüsi, siis parima tulemuse saavutamiseks tuleks kasutajal vaadata i7 seeria poole. Kuna viimase põlvkonna i7 hind on väga sarnane eelnevate põlvkondade i7 seeria protsessoritele, siis alati tuleks vaadata just viimase põlvkonna poole. Võrreldes aga vanema ja uuema põlvkonna i7 seeriat, siis uuema põlvkonna i7 tulemus 30 sekundilise videoklipi pealt oli 74 sekundit. Kui kasutaja tegeleb igapäevaselt videotöötusega, siis uuema põlvkonna i7 seeria ostmise väärib oma hinda, sest päeva jooksul hoitakse sellega väga palju aega kokku.

5.4 Counter-Strike: Global Offensive

CS:GO-d testiti selliselt, et jälgiti mängu kaadrisagedust testaja jooksul. Testajaks oli 15 minutit ning mängu mängiti neli korda 15 minutit. Mängu graafikasätted olid pandud kõige madalama peale, et vältida videokaardi poolt tekitavat "pudelikaela" efekti. Tulemuste võrreldavaks faktoriks oli antud testis kaadrisagedus(fps). Jälgiti nii minimaalset kui ka keskmist kaadrisagedust. Maksimalset kaadrisagedust ei jälgitud seetõttu, et kui mingil põhjusel kaadrisagedus teeb hüppe kõrgema poole, siis mängupilt on endiselt sujuv, kui aga kaadrisagedus langeb korraks madalaks, siis mängupildi sujuvust võib see rikkuda.



Joonis 7. Counter-Strike: Global Offensive kaadrisageduse testi tulemused



Joonis 8. Counter-Strike: Global Offensive kaadrisageduse ja Cinebenchi testide seos

Kuna CS:GO "heaks"kaadrisageduseks loetakse stabiilset 200+ fps-i, siis i3 6100 protsessor jääb siinkohal kohe kindlasti selle mängu jaoks arvestatavate protsessorite listist välja. i3 8100 on selline kaheldav, kui kasutaja on rohkem hobimängur, siis antud protsessor võib isegi sobida, kuid kui kasutajal on huvi tõsisemalt antud mängu mängida, siis pigem oleks soovitatav vaadata kummagi i5 või i7 poole. Kui soov on leida parimat tulemust võimalikult odava raha eest, siis siinkohal soovitab töö autor vaadata i5 seeria poole. Ning nagu tulemustest näha, on uuema põlvkonna i5 märgatavalt võimekam kui vanema põlvkonna i5. Küll aga ei näe töö autor mõtet uuendamaks protsessorit i5 6600k pealt i5 8600k peale kuna jõudluse kasv ei ole seda hinda väärt. i5 8600k maksab 30.04.2018 seisuga Arvutitargas 250 eurot. [860] i5 6600k maksab 30.04.2018 seisuga Arvutitargas 238 eurot. [660]

Võrreldes Cinebenchi tulemusi joonisel 3 CS:GO minimaalse kaadrisageduse tulemustega joonisel 7, tuleb välja, et i7 8700k ja i3 8100 vahe on ligikaudu 1,6 kordne. Eelnevalt leitud Cinebenchi tulemuste hulgas joonisel 3 oli kahe vaadeldava protsessori tulemuste vahe ligikaudu 2,6 kordne. Võrreldes omavahel i7 8700k ning i3 6100 protsessorit, siis Cinebenchi skooride vahe oli 4,2 kordne. Vaadates aga joonist 7, on nende kahe protsessori tulemuste vahe ligikaudu 2,5 kordne. Juba nende kahe tulemuse põhjal võib öelda, et minimaalset kaadrisagedust ei ole võimalik Cinebenchi tulemuste põhjal ennustada.

Võttes vaatluse alla keskmise kaadrisageduse joonisel 7, siis i7 8700k ning i3 8100 protsessorite tulemuste vahe on 1,7 kordne. Eelnevalt juba leitud samade protsessorite tulemuste vahe Cinebenchi tulemustes oli 2,6 kordne. Võrreldes ka omavahel i7 8700k ning i3 6100 protsessorid, on joonisel 7 nende kahe tulemuste vahe 2,2 kordne. Joonisel 3 Cinebenchi skooride hulgas oli vaadeldavate protsessorite tulemuste vahe aga 4,2 kordne. Siinkohal võib juba öelda, et ka CS:GO keskmist fps-i ei ole võimalik Cinebenchi tulemuste põhjal ennustada.

Võrreldes omavahel Geekbench 4 tulemusi joonisel 4 ja CS:GO minimaalse kaadrisageduse tulemusi joonisel 7, siis i7 8700k ja i3 8100 vahe joonisel 7 on ligikaudu 1,6 kordne. Geekbench 4 tulemuste vahe joonisel 4 on aga 2,1 kordne. Võrreldes ka omavahel i7 8700k ja i3 6100 protsessorit, siis joonisel 7 on nende kahe tulemuste vahe 2,5 kordne. Geekbench 4 tulemuste vahe on aga 3,2 kordne. Võttes võrdlusesse i7 8700k ja i5 8600k protsessorid, on joonisel 7 vaadeldavate protsessorite tulemuste vahe 1,3 kordne. Samade protsessorite tulemuste vahe joonisel 4 on aga 1,2 kordne. Kuigi tulemused võivad tunduda üsnagi sarnased, siis paremusjärjekord on joonisel 4 ja joonisel 7 erinev. Näiteks sai joonisel 4 i5 8600k oluliselt parema tulemuse kui i7 6700k, aga joonisel 7 on olukord vastupidine. Võttes arvesse, et tulemuste vahed on üsna väikesed, aga järjekord erinev, siis töö autor on veendumusel, et Geekbench 4 tulemuste põhjal ei ole võimalik CS:GO minimaalset kaadrisagedust ennustada.

Kui võrrelda CS:GO keskmist kaadrisagedust joonisel 7 Geekbench 4 andmetega joonisel 4, siis i7 8700k ja i3 8100 vahe joonisel 7 on ligikaudu 1,7 kordne. Eelnevalt

leitud vaadeldavate protsessorite vahe joonisel 4 oli aga 2,1 kordne. Võrreldes omavahel i7 8700k ja i3 6100 tulemusi, siis joonisel 7 on võrdluses olevate protsessorite tulemuste vahe 2,2 kordne. Joonisel 4 oli samade protsessorite vahe 3,2 kordne. Kuna viimase võrdluse kahe tulemuse vahe on juba üks ning tulemuste paremusjärjekord erinev, siis võib siinkohal öelda, et ka keskmist kaadrisagedust ei ole võimalik Geekbench 4 tulemuste põhjal ennustada.

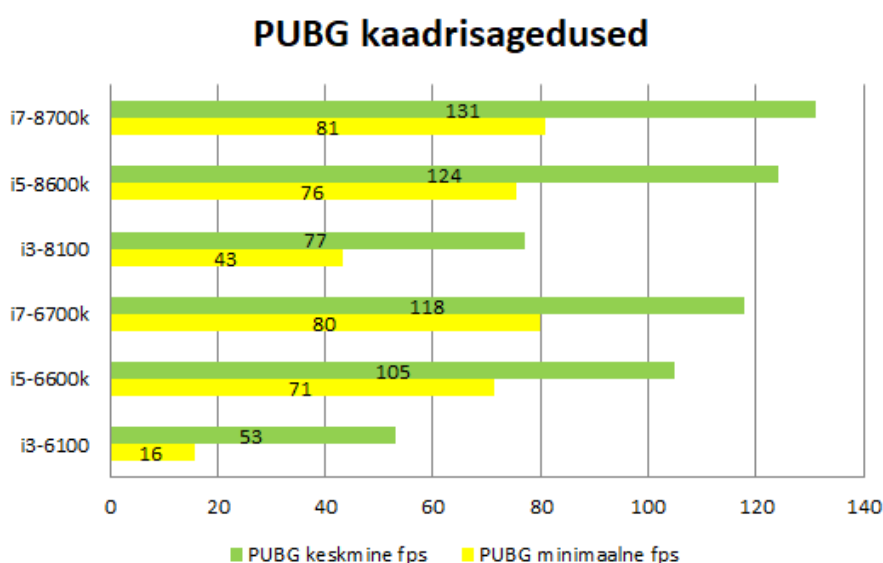
Kuigi tulemuste ennustamine on välistatud, siis vaadeldes tulemuste järjekorda joonisel 3 ja minimaalset kaadrisagedust joonisel 7, on näha, et tulemuste paremusjärjekord on täpselt sama. Samuti on paremusjärjekord täpselt sama joonisel 3 ja joonisel 7 oleval keskmisel kaadrisagedusel. Selle põhjal võib öelda, et Cinebenchi tulemuste abil võib spekuloida võrreldavate protsessorite paremust. Kuna joonise 4 ja joonise 7 tulemuste järjekord on erinev nii keskmise kui ka minimaalse kaadrisageduse puhul, siis Geekbench 4 tulemuste abil ei saa ennustada kaadrisageduse paremust.

Kui vaadata CS:GO keskmise kaadrisageduse tulemusi, siis on näha, et mida suurema numbriga seeria, seda parem on tulemus. Võrreldes omavahel i7 seeriat, siis uuema põlvkonna i7 tulemus oli ligikaudu 16 protsendi võrra parem. Vaadates aga i5 seeriat, siis erinevate põlvkondade kaadrisageduse vahe oli juba ainult üheksa protsenti. Küll aga suutis üllatada oma tulemustega uuema põlvkonna i3 seeria, kus jõudluse kasv võrreldes vanema põlvkonna i3 seeriaga oli ligikaudu 24 protsenti. Selle põhjal võib öelda, et kui protsessoril on vähem kui neli tuuma, siis tuumade arvu kasv mõjutab suuresti ka kaadrisageduse kasvu. Seda seetõttu, et i3 6100 protsessoril on kaks tuuma ja neli lõime, aga i3 8100 protsessoril on neli tuuma ja neli lõime. Kui vaadata aga i5 seeriat, siis kaadrisageduse kasv oli ainult üheksa protsenti, aga uuema põlvkonna i5 seeriaga kasvas tuumade ja lõimede arv neljalt kuuele. Sealjuures vanema põlvkonna protsessorid töötavad kiiremal taktsagedusel kui uuema põlvkonna protsessorid.

5.5 PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS

PUBG-i testiti selliselt, et jälgiti mängu kaadrisagedust testaja jooksul. Testajaks oli 15 minutit ning mängu mängiti neli korda 15 minutit. Mängu graafikasätted olid pandud kõige madalama peale, et vältida videokaardi poolt tekitavat "pudelikaela" efekti. Tulemuste võrreldavaks faktoriks oli antud testis fps (kaadrisagedus). Jälgiti nii minimaalset kui ka keskmist kaadrisagedust. Maksimalset kaadrisagedust ei jälgitud seetõttu, et kui mingil põhjusel kaadrisagedus teeb hüppe kõrgema poole, siis mängu pilt on endiselt sujuv, kui aga kaadrisagedus langeb korraks madalaks, siis mängupildi sujuvust võib see rikkuda.

Kuna mäng on pidevas arenduses, siis testimise käigus oli kasutusel versioon 3.7.30.8.



Joonis 9. PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS kaadrisageduse testi tulemused

Kuna PUBG on alles arenemisjärgus ning halvasti optimiseeritud mäng, siis isegi parimad protsessorid jäävad mänguga kohati hätta. Erinevalt CS:GO-st on aga PUBG-i heaks kaadrisageduseks juba stabiilne 60+ fps. Keskmise fps-i graafikult tuleb väga hästi välja ka see, et parema kaadrisageduse saavutamiseks aitavad kõvasti kaasa kaks lisatuuma, mis on kaheksanda põlvkonna protsessoritel. Minimaalse kaadrisageduse graafikult võib välja lugeda, et mõlemad i3 protsessorid langevad alla 60, seetõttu võib mängimiseks jällegi i3 protsessorid valikud välja jätta. Küll aga väga sarnase keskmise tulemusega on mõlemad i7 protsessorid koos i5 8600k protsessoriga. Siinkohal võib öelda, et töö autor soovib parima tulemuse saavutamiseks võimalikult odavaks protsessoriks i5 8600k, mis 30.04.2018 seisuga maksab Aruvtitargas 250 eurot. [860]

Vaadates joonist 9, siis on näha, et i5 ja i7 protsessorite tulemused on väga sarnased. Vaadates aga Cinebenchi või Geekbench 4 tulemusi joonistel 3 ja 4, siis on näha mitme-

kordseid erinevusi kõigi nelja protsessori tulemuste vahel. Kuna PUBG minimaalse ja keskmise kaadrisageduste erinevused on niivõrd väikesed ning Cinebenchi ja Geekbenchi tulemuste erinevused mitmekordsed, siis siin võib ilma arvutusi tegemata öelda, et kummagi jõudlustesti abil ei ole võimalik kaadrisagedust ennustada.

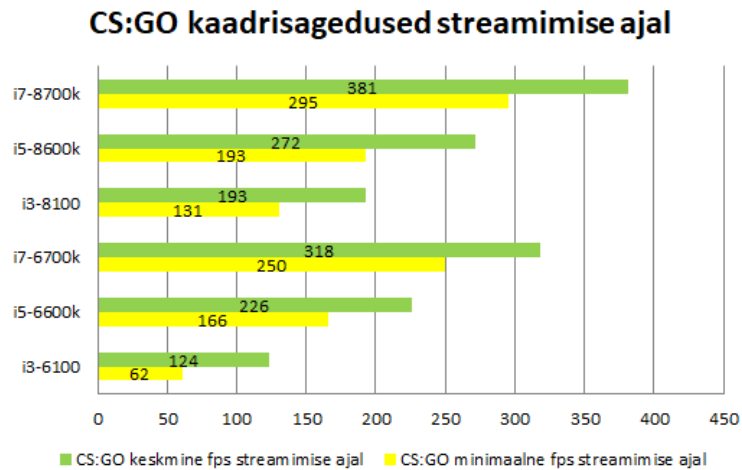
Kui võrrelda joonisel 9 olevat minimaalset kaadrisagedust joonisega 3, siis tuleb välja, et nende paremusjärjekord on täpselt sama. Selle põhjal võib öelda, et Cinebenchi abil on võimalik spekuloida võrreldavate protsessorite paremust, kuid mitte täpsemat tulemust mis sai välistada eelneva informatsiooni põhjal. Võrreldes joonisel 9 olevat keskmist kaadrisagedust joonisega 3, siis paremusjärjekord on erinev ning seetõttu ei ole võimalik Cinebenchi abil ennustada protsessorite paremust keskmise kaadrisageduse osas.

Võrreldes omavahel joonisel 9 olevat minimaalset kaadrisagedust joonisega 4, siis on näha, et paremusjärjekord on erinev ning sellega on välistatud Geekbench 4 abil minimaalse kaadrisageduse paremuse ennustamine. Kui aga võrrelda omavahel joonisel 9 esindatud keskmist kaadrisagedust ja joonist 4, siis nende paremusjärjekord on täpselt sama. Selle põhjal võib öelda, et Geekbench 4 abil on võimalik spekuloida võrreldavate protsessorite keskmise kaadrisageduse paremust. Kuid nagu eelnevalt mainitud, siis täpseid tulemusi ei ole võimalik ennustada.

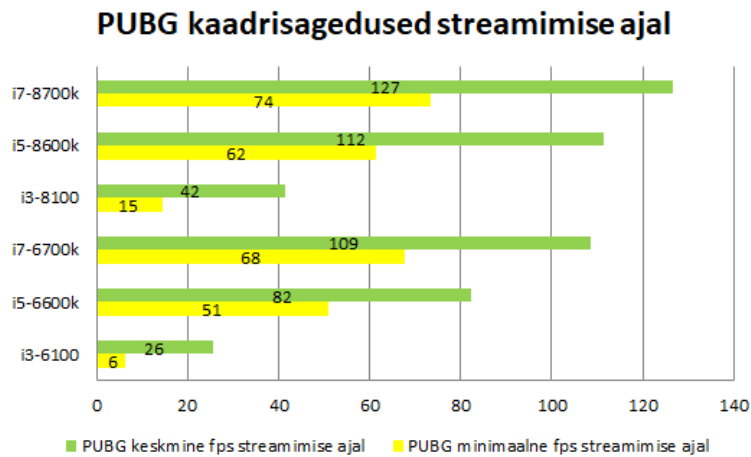
Otsides faktorit, mille põhjal on testidest välja tulnud jõudluse kasv saavutatud, siis võrreldes omavahel i7 seeria protsessoreid tuleb välja, et keskmise kaadrisageduse juures oli kasv ainult 10 protsenti. Võrreldes omavahel i5 seeriat, siis on näha, et uuema põlvkonna i5 protsessori tulemus oli ligikaudu 15 protsenti parem. Vaadates aga i3 seeria protsessoreid, siis uuema põlvkonna protsessori tulemus oli ligikaudu 31 protsenti parem. Ka selle mängu testide tulemusest tuleb välja, et kui protsessoril on tuumade arv väiksem kui 4, siis suurema tuumade arvuga protsessor tõstab mängu kaadrisagedust kõige rohkem. Küll aga kui protsessor on juba neljatuumaline, siis märkimisväärset jõudluse kasvu võib märgata ainult siis, kui võrreldaval protsessoril on tuumade arv võrdne või suurem kui neli ning taktsagedus on märkismisväärselt suurem.

5.6 Streamimine

Streamimist testiti selliset, et jälgiti eelpool testitud mängude kaadrisagedust testaja jooksul. Testajaks oli 15 minutit ning mõlemat mängu mängiti neli korda 15 minutit. Mõlema mängu puhul olid graafikasätted endiselt kõige madalama peal. Tulemuste võrreldavaks faktoriks oli kaadrisagedus. Jälgiti nii minimaalset kui ka keskmist kaadrisagedust.



Joonis 10. Counter-Strike: Global Offensive kaadrisageduse testi tulemused streamimise ajal



Joonis 11. PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS kaadrisageduse testi tulemused streamimise ajal

Vaadates CS:GO minimaalset ja keskmist kaadrisagedust streamimise ajal, siis jooniselt 10 on näha, et paremusjärjekord on täpselt sama mis oli joonisel 7, kus olid esindatud CS:GO minimaalne ja keskmine kaadrisagedus ilma streamimiseta.

Vaadeldes eraldi minimaalset kaadrisagedust jooniselt 10 ja jooniselt 7, siis on näha, et streamimise ajal on kõikide protsessorite puhul kaadrisagedus väiksem. Näiteks i3 6100 minimaalne kaadrisagedus langes 129 pealt 62 peale, ehk ligikaudu 52 protsenti. i3 8100 puhul oli langus 32 protsenti. See näitab, et kaks lisa tuuma i3 8100 protsessoril aitasid oluliselt paremini minimaalset kaadrisagedust kõrgemal hoida. Vaadates i5 seeria andmeid, siis i5 6600k minimaalse kaadrisageduse langus oli 25 protsenti. Sealjuures i5 8600k puhul oli kaadrisageduse langus ainult 20 protsenti. Vaadates i7 seeria andmeid, siis i7 6700k protsessori puhul oli langus ainult 11 protsenti. Vaadates i7 8700k protsessori minimaalse kaadrisageduse langust, siis antud protsessori puhul oli langus ainult seitse protsenti. Eelpool seletatud võrdlustest tuleb välja, et uuema põlvkonna protsessorid suudavad paremini toime tulla. Märkimisväärselt head tulemused said mõlemad i7 seeria protsessorid, mis tähendab, et tänu Hyper Threadingu abil saadud lisalõimedele suudavad i7 protsessorid säilitada paremini mängu algset kaadrisagedust.

Võrreldes eraldi keskmist kaadrisagedust jooniselt 10 ja jooniselt 7, siis tulemused on veelgi paremad. i3 6100 keskmise kaadrisageduse langus oli ligikaudu 32 protsenti. Vaadates i3 8100 andmeid, siis antud protsessori puhul oli langus ligikaudu 20 protsenti. Jõudes i5 seeria juurde, siis i5 6600k puhul oli keskmise kaadrisageduse langus 18 protsenti ning i5 8600k langus ainult 10 protsenti. i7 6700k protsessori puhul langes keskmine kaadrisagedus ainult ligikaudu seitse protsenti. i7 8700k protsessori tulemused olid veelgi paremad, kus kaadrisageduse langus oli ainult ligikaudu kuus protsenti.

Vaadates ka PUBG minimaalset streamimisest saadud kaadrisagedust joonistel 11 ja 9, siis tasuks ära märkida, et kuna mõlema i3 seeria minimaalne kaadrisagedus on niivõrd madal streamimise ajal, siis nende võrdlemisel pole mõtet, sest nende protsessoritega ei saaks seda mängu streamida. Vaadates aga i5 seeriat, siis i5 6600k protsessori puhul oli minimaalse kaadrisageduse languseks ligikaudu 27 protsenti. i5 8600k protsessori puhul aga 18 protsenti. i7 6700k protsessori tulemuste põhjal oli streamimise ajal minimaalse kaadrisageduse langus 15 protsenti. Sealjuures i7 8700k puhul oli langus ainult üheksa protsenti.

Võrreldes ka omavahel keskmise kaadrisageduse andmeid, siis i5 6600k protsessoriga streamides oli kaadrisageduse languseks 22 protsenti. i5 8600k puhul oli languseks aga märkimisväärselt ainult 10 protsenti. Vaadates i7 seeriat, siis i7 6700k protsessori puhul oli langus kaheksa protsenti. Sealjuures i7 8700k protsessoriga streamides langes keskmine kaadrisagedus ainult kolm protsenti.

Võttes arvesse mõlema mängu tulemusi, siis i3 seeria protsessoriga mängu streamida ei ole võimalik, sest mäng ei pruugi joosta sujuvalt. i5 seeria puhul on see võimalik, aga võivad tekkida hetkelised langused, kus kaadrisagedus kukub liiga madalale ning mängupilt ei ole enam sujuv. i7 seeria sai streamimisega väga hästi hakkama ning kuna

i5 ja i7 seeriat eristab suurel määral Hyper Threading, siis võib öelda, et streamimiseks sobib väga hästi i7 seeria tänu Hyper Threading tehnoloogiale. Hobikorras kasutajale sobib ka i5 protsessor, millega on võimalik streamida, kuid teatud mängude puhul võib kaadrisaagedus liiga madalale langeda

6 Kokkuvõte

Antud töö eesmärgiks oli leida võimalikult hea hinna ja jõudluse suhtega protsessor töös läbiviidud testide hulgast soovitud tegevuseks. Töö autor viis läbi erinevaid jõudlusteste valmis testide kui ka reaalsete tegevuste jõudluse jälgimise näol. Jõudlustestide tulemusi võrreldi ka reaalsete tegevuste jõudluste tulemustega, kuid kahjuks puudus tulemustel omavaheline seos ning töös testitud tegevuste jõudluse ligikaudset tulemust ei ole võimalik Cinebenchi ega ka Geekbench 4 abil ennustada. Küll aga tuli testide läbiviimise tulemusena välja, et teatud puhkudel on võimalik ennustada võrreldavate protsessorite paremust. Video renderdamise paremust on võimalik ennustada Geekbench 4 tulemuste põhjal, mida suurem on tulemus, seda väiksem on renderdamise aeg. Cinebenchi abil on võimalik ennustada CS:GO kaadrisagedust, kuid mitte PUBG kaadrisagedust, ehk siis paremusennustus võib kehtida osade mängude puhul, kuid mitte kõikide.

Käesoleva tööga selgitati välja, et kui lugeja soovib osta protsessorit videotöötamise jaoks, siis tulemustele aitab kaasa suurem tuumade arv koos lõimede arvu kasvuga. Lisaks eelnevale aitab kaasa ka Hyper-Threading, mis esineb ainult i7 seeria protsessoritel. Näiteks on väga head protsessorid videotöötamise jaoks Inteli kaheksanda põlvkonna i5 8600k ja i7 8700k. Kuid kui kasutaja tegeleb videotöötamisega elukutseliselt, siis tuleks kohe kindlasti vaadata kõige uuema põlvkonna i7 seeria poole.

Kui aga lugeja otsib omale sobivat protsessorit ainult mängimise jaoks, siis testide põhjal võib öelda, et i7 seeria protsessorid on juba liiast. Seda just seetõttu, et ostes i7 seeria protsessori, mille hind on olenevalt põlvkonnast ligikaudu 100 eurot kallim kui i5 seeria, siis jõudluse kasv on väga väike ning ei ole seda hinda väärt. Hyper-Threading võib teatud mängude puhul kaasa aidata, kuid jõudluse kasv ei ole märgatavalt suurem. Kuna i5 seeria on põhimõtteliselt nagu i7, ainult et i5 seerial puudub Hyper-Threading, siis efektiivsema tulemuse saamiseks aitab kaasa pigem kõrgem taktsagedus kui suurem tuumade arv või Hyper-Threadingu abil saavutatav suurem lõimede arv. Seda kõike juhul, kui vanal protsessoril on juba vähemalt neli tuuma. Ka kõige nõudlikumate mängude mängimiseks piisab täiesti i5 seeriast. Näiteks väga hea valik oleks 02.05.2018 seisuga i5 8600k. Kui kasutajal on huvi tegeleda ka streamimisega, siis testide põhjal võib öelda, et i5 seeria, olenevalt mängust, võib jääda lahjaks. Kuna mängimise ajal streamimine nõuab suuremat jõudlust ning protsessor tegeleb suuremas mahus andmetega, siis Hyper-Threadingu abil saavutatav suurem lõimede arv optimeerib protsessori jõudlust ning aitab säilitada mängu kaadrisagedust. Mängude streamimiseks tuleks pigem vaadata i7 seeria poole, ning väga hea valik oleks viimase põlvkonna i7, milleks 05.05.2018 seisuga on i7 8700k. Seda just seetõttu, et sellel protsessoril on kaks tuuma ja neli lõime rohkem kui eelnevate põlvkondade protsessoritel ning taktsagedus on samaväärne.

Kui lugeja soovib leida võimalikult odavalt võimalikult efektiivset protsessorit, et tegeleda protsessidega, mis ei nõua jõudlust, siis võib julgelt vaadata i3 seeria poole. Olenevalt mängust saab isegi i3 seeria mängude jookstatamisega hakkama, küll aga peab kasutaja arvestama võimaliku madala kaadrisagedusega, mille tulemusena ei pruugi

mängupilt soovitud sujuv olla. Kuna enamasti hinnavahe viimase ja eelnevate Inteli põlvkondade vahel on väga väike, enamasti kuni 20 eurot, siis tasuks alati vaadata just viimase põlvkonna protsessoreid.

Viidatud kirjandus

- [660] Intel® Core™ i5-6600K Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz) Tray. <https://arvutitark.ee/est/tootekataloog/0/Intel-Core-i5-6600K-Processor-6M-Cache-up-to-390-GHz-Tray-173436>. – külastatud: 13.05.2018
- [860] Intel® Core™ i5-8600K Processor (9M Cache, up to 4.30 GHz) Box. <https://arvutitark.ee/est/tootekataloog/0/Intel-Core-i5-8600K-Processor-9M-Cache-up-to-430-GHz-Box-313345>. – külastatud: 13.05.2018
- [amd] *List of AMD FX microprocessors.* https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_AMD_FX_microprocessors. – külastatud: 13.05.2018
- [Bro] BROWN, Fraser: *The challenges for PlayerUnknown's Battlegrounds becoming a great esport.* <https://www.pcgamer.com/the-challenges-for-playerunknowns-battlegrounds-becoming-a-great-esport/>. – külastatud: 03.05.2018
- [Cina] *Cinebench koduleht.* <https://www.maxon.net/en/products/cinebench/>. – külastatud: 03.05.2018
- [Cinb] *Cinema 4D koduleht.* <https://www.maxon.net/en/products/cinema-4d/overview/>. – külastatud: 03.05.2018
- [CSGa] *Arutelu Counter-Strike: Global Offensive protsessori kasutusest.* <https://www.hltv.org/forums/threads/1590593/of-cpu-cores-for-csgo>. – külastatud: 03.05.2018
- [CSGb] *Counter-Strike: Global Offensive kirjeldus.* https://en.wikipedia.org/wiki/Counter-Strike:_Global_Offensive. – külastatud: 03.05.2018
- [Dem] DEMS, Kristina: *What is Video Rendering?* <https://www.brighthub.com/multimedia/video/articles/81078.aspx>. – külastatud: 03.05.2018
- [Fil] FILMORA: *Top 15 Best Live Streaming Platforms.* <https://filmora.wondershare.com/screen-recorder/best-live-streaming-platform.html>. – külastatud: 03.05.2018
- [Gee] *Geekbench 4 koduleht.* <https://www.geekbench.com/>. – külastatud: 03.05.2018

- [Hof] HOFFMAN, Chris: *CPU Basics: Multiple CPUs, Cores, and Hyper-Threading Explained*. <https://www.howtogeek.com/194756/cpu-basics-multiple-cpus-cores-and-hyper-threading-explained/>. – külastatud: 03.05.2018
- [Hopa] HOPE, Computer: *Control Unit*. <https://www.computerhope.com/jargon/c/contunit.htm>. – külastatud: 03.05.2018
- [Hopb] HOPE, Computer: *CPU*. <https://www.computerhope.com/jargon/c/cpu.htm>. – külastatud: 03.05.2018
- [Inc] INCREMENTS, Logical: *Building the Best PC for Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO)*. <http://www.logicalincrements.com/games/csgo>. – külastatud: 03.05.2018
- [Int] INTEL: *The Story of the Intel® 4004*. <https://www.intel.com/content/www/us/en/history/museum-story-of-intel-4004.html>. – külastatud: 03.05.2018
- [Lab] LABS, Primate: *Geekbench 4 CPU Workloads*. <https://www.geekbench.com/doc/geekbench4-cpu-workloads.pdf>. – külastatud: 03.05.2018
- [Max] *Maxon koduleht*. <https://www.maxon.net/en/>. – külastatud: 03.05.2018
- [MB] MARK BOHR, Kaizad M.: *Intel's Revolutionary 22 nm Transistor Technology*. http://download.intel.com/newsroom/kits/22nm/pdfs/22nm-Details_Presentation.pdf. – külastatud: 03.05.2018
- [Pri] *Primate Labs koduleht*. <https://www.primatelabs.com/>. – külastatud: 03.05.2018
- [PUB] *PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS*. <https://playbattlegrounds.com/overview.pu>. – külastatud: 03.05.2018
- [Sch17] SCHULTS, Rio: *Lauaarvuti komplekteerimine kodukasutajale jõudluste tulumuste põhjal*, Tartu Ülikool, Bachelor Thesis, 2017
- [Sib07] SIBAI, Fadi N.: Performance Analysis and Workload Characterization of the 3DMark05 Benchmark on Modern Parallel Computer Platforms. In: *SIGARCH Comput. Archit. News* 35 (2007), Juni, Nr. 3, 44–52. <http://dx.doi.org/10.1145/1294313.1294315>. – DOI 10.1145/1294313.1294315. – ISSN 0163–5964

- [Smi] SMITH, Matt: *AMD vs. Intel: How does tech's oldest rivalry look in 2018?* <https://www.digitaltrends.com/computing/here-we-explain-the-basic-differences-between-intel-and-amd-cpus/>. – külastatud: 03.05.2018
- [Ste] STEAM: *Steam and Game Stats*. <http://store.steampowered.com/stats/>. – külastatud: 03.05.2018
- [Tra] *Transistor count*. https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count. – külastatud: 03.05.2018
- [Tro] TROTT, Joe: *How To Choose A Motherboard*. <http://www.tomshardware.co.uk/motherboard-buying-guide,review-33592-2.html>. – külastatud: 03.05.2018
- [Val] VALVE: *Valve Announces Link, Source 2, SteamVR, And More At GDC*. <http://www.valvesoftware.com/news/?id=16000>. – külastatud: 03.05.2018
- [ZL15] ZHANG, Cong ; LIU, Jiangchuan: On Crowdsourced Interactive Live Streaming: A Twitch.Tv-based Measurement Study. In: *Proceedings of the 25th ACM Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video*. New York, NY, USA : ACM, 2015 (NOSSDAV '15). – ISBN 978-1-4503-3352-8, 55-60

Lisad

I. Tunnustus

Autor on väga tänulik järgnevatele eraisikutele, kes olid lahkelt nõus jagama neile kuuluvaid protsessoreid: Sander Leetus, Oliver Kruusamägi ja Mattias Kosk.

II. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Andri Poolakese**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Protsessori valimine lauaarvutisse jõudlustestide ja mängude testimise põhjal

mille juhendaja on Benson K. Muite

- 1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 14.05.2018