

# Linux vs Windows

En djupgående analys av prestandaskillnader mellan  
Microsoft Windows och Manjaro Linux

Eddie Englund

VT 2020



# NTI GYMNASIET GÄRDET

EXAMENSARBETE, APRIL 2020

**Student: Eddie Englund, [eddie.englund@elev.ga.ntig.se](mailto:eddie.englund@elev.ga.ntig.se) även  
[eddie.englund@protonmail.com](mailto:eddie.englund@protonmail.com)**

Handledare NTIG: Haris Kasumović, [Haris.Kasumovic@ntig.se](mailto:Haris.Kasumovic@ntig.se)

Examinator NTIG: Haris Kasumović, [Haris.Kasumovic@ntig.se](mailto:Haris.Kasumovic@ntig.se)

# Innehåll

Sammanfattning . . . . .	2
Inledning . . . . .	2
Bakgrund/Teori . . . . .	3
Syfte/Frågeställning . . . . .	3
Hypotes . . . . .	3
Linux . . . . .	3
Distributioner . . . . .	4
Repositories . . . . .	4
Absolut kontroll . . . . .	4
Öppen källkod . . . . .	5
Windows . . . . .	5
Skrivet i flera språk . . . . .	5
Proprietärt . . . . .	5
Metod . . . . .	6
Distribution . . . . .	6
Språk och program . . . . .	6
Val av programmeringsspråk . . . . .	6
Vad ska programmet utföra för uppgift, hur mäter jag prestandan och hur verifierar jag mina resultat?	7
Vad tror utvecklare? . . . . .	7
Resultat . . . . .	8
Enkät . . . . .	8
Prestanda skillnader . . . . .	10
Linux(Manjaro) . . . . .	10
Windows 10 . . . . .	11
Analys/diskussion . . . . .	12
Enkät . . . . .	12
Fråga 1 . . . . .	12
Fråga 2 . . . . .	12
Benchmark . . . . .	12
Problem med metodiken . . . . .	13
Enkäten och vinklad data . . . . .	13
Okända variabler som skulle kunna ha effekt på resultatet . . . . .	13
Använd mjukvara . . . . .	13
Datorer och värme . . . . .	14
Slutsats . . . . .	14

## Abstract

In this analysis, Manjaro Linux and Windows 10 are to be tested with a benchmark written by the author. The result of the benchmark was that Manjaro Linux was indeed faster than Windows 10 by about 10  $\mu$ s (read more on page: 10). However, while these results show that Manjaro Linux is indeed faster, it is not definitive. I recommend further investigation into the subjects as there's more tests that can be done to test other parts of the computer like the graphics card.

## Sammanfattning

I denna analys kommer det att ta reda på om Manjaro Linux och Windows 10 har lika eller olika prestanda. Dessutom så kommer det spekuleras kring varför resultaten är som dom är. Anledningen till denna undersökning är att ta reda på varför Linux är mer använt i server världen än vad Windows är.[1]. Resultatet av prestanda testerna var att Manjaro Linux hade högre prestanda fast med liten marginal. Jag rekommenderar att det bör göras fler utförliga tester i andra områden av mjukvara som t.ex Indigo[2] som testar grafik rendering vilket tar mycket mer på grafikkortets kapacitet än de tester som har gjorts i denna analys.

## Inledning

I och med att världen blir mer och mer digitaliserad för varje dag som går, så är det inte konstigt att det finns en massiv marknad med olika alternativ för nästintill allting i den digitaliserade världen. Allt från telefoner till hemdatorer, robotdammsugare eller också en robotgräsklippare. Alla dessa digitaliserade mirakel har en sak gemensamt. De alla har ett operativsystem.

Världens mest kända operativsystem[3] är Microsoft Windows. Microsoft har en lång rad med olika versioner av sitt operativsystem[4]: Windows XP, Windows Vista, Windows 7[...] och deras senaste (och förmodligen sista) operativsystem Windows 10.

Apple har flera olika operativsystem I deras olika produkter. I deras datorer så har dom macOS, i deras telefoner har dom iOS och i deras nya iPads så har dom iPadOS.[5] Det finns faktisk ett annat stort "operativsystem"; Linux är en så kallad Kernel [6] som är det man kan bygga ett operativsystem

på. Linux har många olika operativsystem som är kallade för distributioner eller förkortat "*distros*". Linux är välkänt, speciellt inom utvecklar världen eftersom att det är mycket vänligt för utvecklingsmiljöer, dessutom så har Linux (oftast) en mycket god prestanda på maskiner med mindre processorkraft[7]. På grund av detta så är bl.a: iPadOS, iOS, macOS, Android och nästintill allting annat som inte har så mycket processorkraft som t.ex en hiss någon form av Linux som operativsystem.

Men vad är skillnaderna på dom här operativsystemen och är prestandan annorlunda mellan dom?

## Bakgrund/Teori

### Syfte/Frågeställning

Undersökningens syfte är att ta reda på om Linux eller Windows har olika prestanda och varför. Är det så att dom har olika prestanda i olika typer av applikationer eller är prestanda skillnaden konstant? Undersökningen kommer att använda en rad olika tester för att ta reda på om hypotesen nedan är sann.

### Hypotes

Utifrån min egen upplevelse så är Linux (när man väl har konfigurerat det ordentligt) en mycket mer stabil och snabbare upplevelse än Windows 10. I och med mina tidigare upplevelser så tror jag att Linux kommer att vinna. Linux kanske inte kommer att ha så mycket bättre resultat med stora marginaler men jag tror att Linux kommer att ha bättre prestanda. Det finns en anledning till att Linux finns i majoriteten av operativsystem men också i majoriteten av servers som cloud serverar och liknande.

### Linux

Linux är inte ett operativsystem. Däremot, så är Linux det som kallas för en "kernel" [6]. Det är hjärtat av operativsystemet eller kanske lite bättre jämfört med hjärnan av operativsystemet. Kerneln är en typ av mellanhand, mellan mjukvaran och hårdvaran. Den hanterar minnet, olika typer av processer, drivrutiner, systemanrop och säkerhet[6].

## Distributioner

Eftersom att Linux är en kernel så finns det många så kallade distributioner/versioner (operativsystem). Skillnaderna mellan dem olika distributionerna kan variera högt, oftast handlar de största skillnaderna om vilka så kallad “repositories” (arkiv med mjukvara) man använder för att distribuera mjukvara. Dessutom så kan det handla om vilka filsystem man använder men också hur mycket eller hur lite förinstallerade program som finns när man installerar distributionen.

## Repositories

En högt definierande egenskap hos Linux är användandet av “repositories”. Repositories är arkiv eller en databank med mjukvara. Man använder sig utav dessa för att lättare och säkert installera program.

Normalt sett när man ska installera ett program på Windows eller Mac så öppnar man en webbläsare och söker på mjukvaran man vill ha, går till sidan, laddar ner en program installatör för det programet man vill ha, sedan kör man den. Efter det kan man ta bort installatören (om man kommer ihåg att göra det).

Men inte på Linux. På Linux så använder man oftast sig av en terminal och ett kommando (detta varierar på distron). På Manjaro som är Arch baserad så använder man sig utav pacman[8]. Pacman är en “package manager”[9]. Den hanterar paket (mjukvara) som man vill ta bort, installera eller kanske uppdatera.

För att installera ett program på Manjaro så skulle man skriva: `sudo pacman -S programnamn`. Notera att det går att installera program på andra sätt.

## Absolut kontroll

En annan fördel med Linux är att man har absolut kontroll. Man kan byta så kallade *window managers* eller förkortat *wm*[10]. Man kan även göra om Linux kerneln ifall man vill göra något specifikt eller kanske inte behöver bitar av den för att optimera sin maskin. Detta är mycket vanligt inom låg processor kraftiga maskiner som hissar eller smartklockor.

Allt detta är tack vare att Linux har en öppen källkod och tillåter användare att göra vad dom vill med det. Detta skulle aldrig vara möjligt på Windows eller Mac (om man inte crackar/gör illegala saker) eftersom att deras licenser säger att man inte får och dessutom så får man inte distribuera sina ändringar ifall man har gjort dem.

## Öppen källkod

Den största skillnaden mellan Linux och Windows är att Linux inte är proprietär och har öppen källkod vilket betyder att vem som helst kan bidra med kod för att göra kerneln eller distributionen bättre och dessutom lägga till fler användbara funktioner, men även också att fixa buggar. Öppen källkod har även en annan fördel och det är att koden oftast inte är så kallad "*bloated*", alltså att det finns kod eller funktioner som inte behövs eller att kod kvaliteten inte är bra. Detta leder till att prestandan på Linux är mycket hög.

## Windows

### Skrivet i flera språk

Windows 10 är till viss del skrivet i programmeringsspråket C# som är skapat av Microsoft[11]. Microsoft skapade C# för 20 år sedan (2000) när de ville skriva delar av Windows XP i Java, men det fick dem inte eftersom att Oracle sa nej. Så de utvecklade vad Klaus och Angelika Langer sa i ett blogginlägg att "Java and C# are almost identical programming languages. Boring repetition that lacks innovation".[12]

### Proprietärt

Windows är också ett operativsystem som är skrivet helt "in house" (det är inte öppen källkod). Eftersom att det inte är öppen källkod så vet vi inte riktigt va Windows faktiskt håller på med i bakgrunden. Det gör så att man inte kan ändra på saker lika mycket som man kan på Linux. Dessutom så gör det att Microsoft kan göra lite vad det vill eftersom att det inte måste informera sina användare om alla ändringar (om inte lagen kräver det). Dessutom så är Windows ganska restriktivt i och med att man inte har absolut kontroll över bl.a när man ska/vill uppdatera.

Men det finns faktiskt en fördel med att inte ha öppen källkod. Microsoft kan skapa en virtuell monopoli över vissa marknader. T.ex så är Windows (inom pc världen) det bästa operativsystemet att spela på. Det här är eftersom att dom flesta spelen är skapade för att köra på Windows. Det är eftersom att DirectX[13] finns på Windows men också eftersom att det inte är öppen källkod så är det inte särskilt lätt att piratkopiera spelen och deras innehåll.

## Metod

### Distribution

Den distributionen som jag har valt att använda är Manjaro[14]. Manjaro är en så kallad *Arch based distro*. Den är baserad på en annan distro som heter Arch Linux som ofta blir kallat för en av dom bästa distributionerna[15]. Däremot så gör Manjaro det lättare att komma igång och så har Manjaro dem flesta fördelarna som Arch Linux har.

### Språk och program

För att ta reda på om det finns prestandaskillnader mellan Windows och Linux (manjaro) så behövde jag ta reda på vilket programmeringsspråk som vore relevant för att mäta prestandan mellan Windows och Linux(Manjaro) och en del andra saker.

1. Vilket programmeringsspråk bör användas och varför?
2. Vad bör man utföra för uppgift i programet för att få maskinerna att arbeta?
3. Hur mäter vi prestandan?
4. Hur kan vi verifiera våra mätningar?

### Val av programmeringsspråk

När jag skulle ta reda på vilket programmeringsspråk jag skulle använda för att skriva benchmarket, spenderade jag mycket tid till att läsa litteratur kring programmeringsspråk. Detta var mycket svårt eftersom att det finns extremt många programmeringsspråk. Bara för att nämna ett par: Java, Javascript, Python, C, C++, C#, Ruby, Rust, mm.

Efter att jag hade läst litteraturen relaterande till programmeringsspråken så kom jag fram till att jag skulle skriva mitt program i språket Rust.[16] Anledningen till detta är att Rust är ett snabbt, stabilt och ett "systemnivå språk". Dessutom så har Rust lite så kallat "*garbage collection*"[17], alltså att Rust bl.a gör sig av med oanvända variabler som tar plats i RAM-minnet. Dessutom så valde jag Rust över C och C++ eftersom att jag har använt mig av det tidigare.

Jag valde att ta bort programmeringsspråken som är långsamma och de programmeringsspråk som är "*interpreted*"[18]. Dessutom så tog jag bort



språken som har kompatibilitets lager. Dessa kritiker tog bort: Java, Javascript, Ruby, C# och Python.

### **Vad ska programmet utföra för uppgift, hur mäter jag prestandan och hur verifierar jag mina resultat?**

Ett problem som uppstod när jag först försökte fylla en vektor med 1 gigabyte utav integers och sedan loopa programmet för att ha det igång så att jag kan verifiera att den gör det den ska, så la jag snabbt märke till att programmet inte tog i närheten så mycket som jag hade sagt åt språket att göra.

Så jag gjorde en del research och det visar sig att Rust till skillnad från C och C++ har lite så kallad "garbage collection" som är mycket smart. Om datan inte blir använd så är den datan inte registrerad utan data platsen i ram minnet är endast reserverat. Så jag fick ta ett steg tillbaka och tänka på vad jag kan göra istället.

Jag kom senare på en idé om att använda mig av ett bibliotek som heter "criterion" som är användbart för att göra så kallade "benchmarks", alltså att mäta prestandan. Med det biblioteket så skrev jag ett kort program som kör fibonacci sekvensen och kalkylerar den. Det är en mycket tung process som börjar trycka på gränserna av 64bit. Efter det så kör jag prestanda testet 20 gånger och sedan så tar jag genomsnittet av alla test värdena för att se till att testerna är precisa och exakta.

### **Vad tror utvecklare?**

För att ta reda på vad andra utvecklare har för hypotes/teori om prestandan mellan Linux och Windows 10, varför prestandan skulle vara annorlunda, vilket operativsystem de föredrar och varför, så delades det runt ett formulär runt omkring olika programmerings/utvecklingsforum men även genom kontakter lyckats skicka vidare enkäten i professionella utvecklingsmiljöer.

Notera att enkäten var skrivet på engelska för att kunna nå ut till så många utvecklare så möjligt.

OBS! Det fanns några frågor som var alternativa, till exempel: att motivera sina svar.

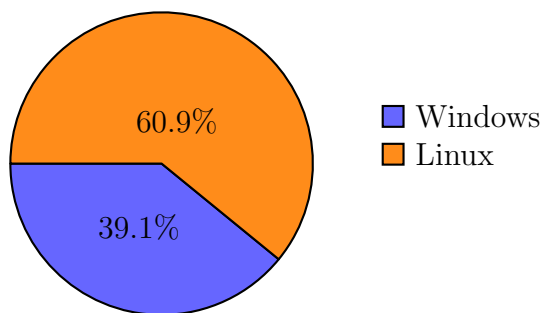
Vill ni läsa dessa motiveringar så finns dom här: <https://tinyurl.com/rccw2af>

## Resultat

### Enkät

Which operating system would have superior performance in tasks like, compiling code, executing code or even intensive workloads like working in a program like blender or unity?

I denna fråga så frågades olika utvecklare vad de trodde kring Linux. Tror dom att Linux eller Windows har bättre prestanda när det kommer till att kompilera/köra/använda olika applikationer/program?



[19]

I denna fråga så tog man reda på att 60.0% av 23 svar, ansåg att Linux skulle ha högre prestanda än Windows.

I enkäten så läts deltagarna motivera sina tankar (inte obligatoriskt). Ett mycket välmotiverat svar:

I don't have much, just wanted to say that linux will ofc perform better in day to day tasks due to the fact that it consumes less resources in the first place

on another note, let the numbers speak by themselves [...] just in general, the flexibility that linux provides is the main reason it performs better, as you can fit it much better to the job to have the maximum performance of your hardware

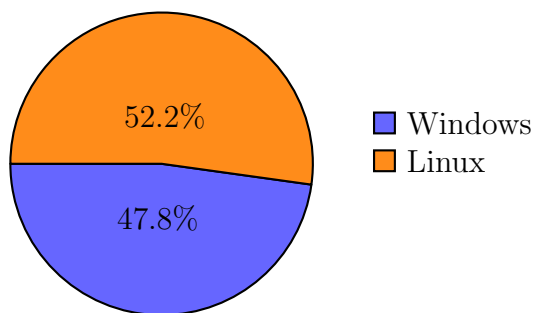
the way you compile the kernel can drastically change the performance of linux over an application, this can depend on the architecture and instructions you use to compile, small tweaks like buffer sizes to allow for better scalability on very high core

count cpu's, the compiler you use like ICC for intel, AOCC for Amd, Clang, GCC, etc..

Det här svaret från en av applikanterna är lik och en del av min egen hypotes (läs mer om detta på sida: 14)

If you had the option to choose between Windows and Linux which one would you choose? (of course, you can choose any distro for Linux)

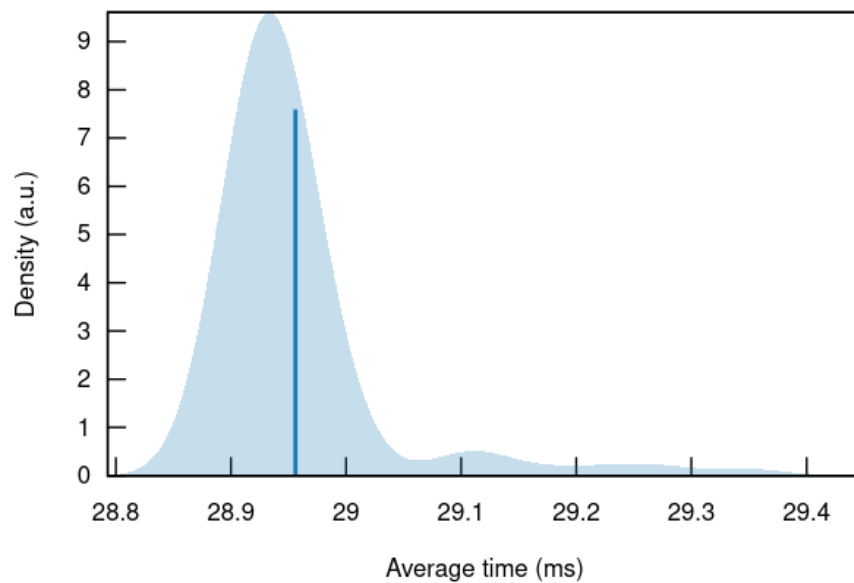
I Denna fråga så frågar vi utvecklare vilket operativsystem de skulle välja om de hade chansen. Vi fick ett ganska fascinerande resultat. Om vi hade fått ett jämt antal svar så hade det varit en rak 50 50 på denna fråga men den tjugotredje personen som svarade på frågan valde Linux över Windows.



[19]

## Prestanda skillnader

### Linux(Manjaro)

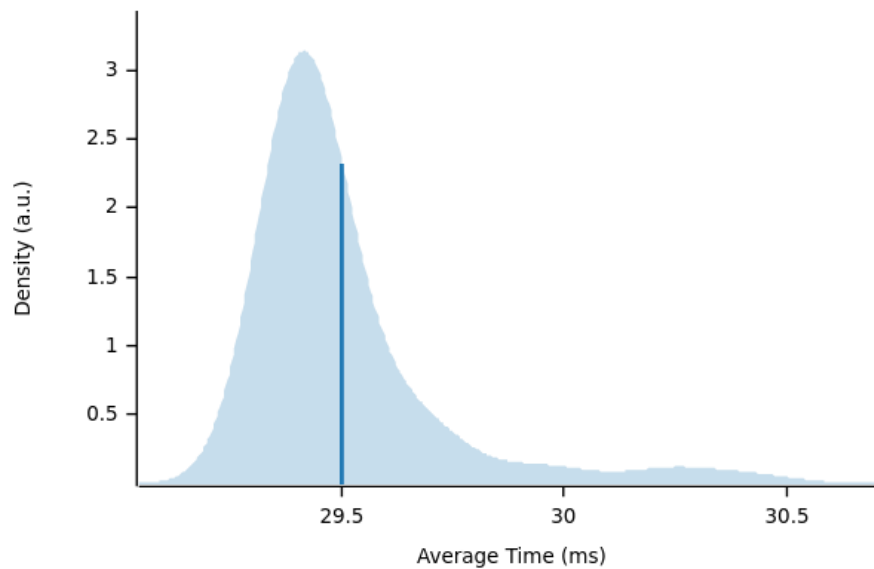


#### Additional Statistics:

	Lower bound	Estimate	Upper bound
Slope	28.945 us	28.960 us	28.977 us
R <sup>2</sup>	0.9991958	0.9992337	0.9991845
Mean	28.942 us	28.956 us	28.972 us
Std. Dev.	47.487 ns	77.237 ns	101.79 ns
Median	28.932 us	28.936 us	28.943 us
MAD	20.922 ns	28.154 ns	40.644 ns

Notera att en fel gjordes när graferna var skapade. Det ska **INTE** stå "Average time (**ms**)" utan det ska stå "Average time (**us**) alltså mikrosekunder.

## Windows 10



### Additional Statistics:

	Lower bound	Estimate	Upper bound
Slope	29.453 us	29.503 us	29.566 us
R <sup>2</sup>	0.9916745	0.9920796	0.9914703
Mean	29.464 us	29.503 us	29.547 us
Std. Dev.	143.77 ns	212.65 ns	270.37 ns
Median	29.406 us	29.420 us	29.457 us
MAD	52.755 ns	70.979 ns	102.20 ns

Notera att en fel gjordes när graferna var skapade. Det ska **INTE** stå “Average time (**ms**)” utan det ska stå “Average time (**us**) alltså mikrosekunder.

## Analys/diskussion

### Enkät

#### Fråga 1

Den första frågan var inom förväntningar. Anledningen till detta är att alla utvecklare inte känner till Linux på en djupare nivå än att Ubuntu är en av dom vanligaste distributionerna[20].

#### Fråga 2

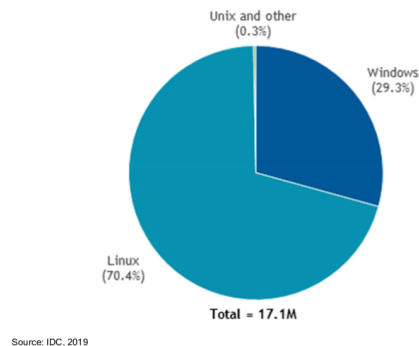
Den andra frågan var däremot ganska förvånande i och med att 52.5% av dem som svarade skulle välja Linux över Windows om de hade chansen. Detta är ganska förbryllande eftersom att Linux är välkänt för att kräva mycket konfiguration och/eller datorintresse. Man kan tänka sig att många utvecklare skulle vara högt dator intresserade men det är inte sant (enligt min upplevelse i och kring forum). Många frontend utvecklare använder sig ofta av proprietära program som Adobe Experience Design (Adobe Xd), vilket är en vanlig anledning att använda andra operativsystem en Linux baserade sådana eftersom att Adobe's produkter inte finns på Linux distros.

### Benchmark

Enligt test resultaten (se sida:10) så kan man se att Manjaro Linux har bättre prestanda en Windows 10 med ungefär 10 mikrosekunder. Medans detta kanske inte ser ut som speciellt mycket skillnad så är det mycket möjligt add denna mikro skillnad blir mycket större när man använder sig utav flera tunga program/processer samtidigt.

Detta kan man se och förstå när man tittar på användningen av Linux i servrar.

Worldwide Server Operating Environment Shipments/Subscriptions and Nonpaid Deployment Share by Operating Environment, 2018



[1]

## Problem med metodiken

### Enkäten och vinklad data

Vinklad data kan och är förmodligen ett problem med enkäten som jag har skickat ut. Anledningen bakom den vinklade datan som jag har fått ut av enkäten är ställena jag har skickat ut det. Jag har skickat enkäten på design/web/programmerings relaterade forum och även skickade det via min mor som är team leader för en grupp utvecklare. Om jag hade skickat enkäten på andra mer publika medium så hade förmodligen datan sett mycket annorlunda ut eftersom att majoriteten av befolkning inte känner till Linux även dock det finns över allt runt om kring oss (dem finns i våra telefoner, datorer, klockor, mm.).

## Okända variabler som skulle kunna ha effekt på resultatet

### Använd mjukvara

Om man ska utföra ett så precist benchmark så möjligt när det kommer till mjukvara så bör man ha helt nya versioner och inga andra program som inte är nödvändiga. Detta eftersom att annars kan det finns oidentifierade program eller bakgrundsprocesser som tar upp prestanda. Detta kan leda till att det finns fler bakgrundsprocesser igång vilket teoretiskt sett skulle kunna leda till försämrade resultat.

Om jag skulle kunna gjort det, så skulle jag ha rensat min maskin helt och ominstallerat båda operativsystemen och sedan endast installerat de paket/mjukvara jag behöver.

## Datorer och värme

Alla datorer kräver elektricitet. Min CPU (Amd ryzen r7 1700 3.0 GHz) drar 65 W(TDP)[21] men den kräver förmodligen mer än så eftersom att jag har överklockat min CPU till 3.9 GHz. Dessutom så har jag en GTX 1070 Armored OC från MSI[22] och den drar 150 W.

Eftersom att det finns el i systemet så kräver det att man kyler ner det på grund av spillvärme[23] som man måste bli av med för att kunna behålla prestandan. Kylningen är nästan aldrig konstant om man inte har en värme kontrollerat rum eller låda. Eftersom att jag inte har det så kan jag inte garantera mina resultat eftersom att jag gjorde dom på olika dagar och vid olika tidpunkter. Detta gör att rumstemperaturen kan vara annorlunda. En dators komponenter kan aldrig bli kallare än vad rummet är med luft kylning[24] om man inte använder sig av kemikalier som Ln<sub>2</sub>.

## Slutsats

Analysen har gått mycket bra och analysen visar att Manjaro Linux har högre prestanda än vad Windows 10 har (se sida: 10). Jag anser dock att för att definitivt säga att Linux har högre prestanda än Windows så bör det testas på fler sätt än vad jag har kunnat göra i denna analys. Några idéer gällande vad man bör testa vore: grafik relaterade processer som Blender[25] och/även standardiserade tester som t.ex Indigo Bench[2]. Detta eftersom att det finns olika typer av prestanda att mäta. Bara för att nämna ett par: fps (frames per second), kompilerings tider, exekveringstider, mm.



# Litteratur

- [2] URL: <https://www.indigorenderer.com/indigobench#download>.
- [3] *Desktop Windows Version Market Share Worldwide*. URL: <https://gs.statcounter.com/windows-version-market-share/desktop/worldwide/#monthly-201809-201908-bar>. (Accessed on 2020-04-4).
- [4] *Windows Versions*. URL: [https://microsoft.fandom.com/wiki/Windows\\_Versions](https://microsoft.fandom.com/wiki/Windows_Versions). (Accessed on 2020-03-22).
- [5] *List of Apple operating systems*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Apple\\_operating\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Apple_operating_systems). (Accessed on 2020-04-4).
- [6] RedHat. *What is the Linux kernel?* URL: <https://www.redhat.com/en/topics/linux/what-is-the-linux-kernel>. (Accessed on 2020-02-25).
- [7] *What is Linux?* URL: <https://www.linux.com/what-is-linux/>. (Accessed on 2020-04-4).
- [8] *pacman*. URL: <https://wiki.archlinux.org/index.php/Pacman>. (Accessed on 2020-04-10).
- [9] *Package manager*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Package\\_manager](https://en.wikipedia.org/wiki/Package_manager). (Accessed on 2020-04-10).
- [10] *Window Manager*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Window\\_manager](https://en.wikipedia.org/wiki/Window_manager). (Accessed on 2020-04-4).
- [11] *C sharp programming language*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/C\\_Sharp\\_%28programming\\_language%29](https://en.wikipedia.org/wiki/C_Sharp_%28programming_language%29). (Accessed on 2020-04-2).
- [12] *After Java and C# - what is next?* URL: <https://www.artima.com/weblogs/viewpost.jsp?thread=6543>. (Accessed on 2020-04-2).
- [13] *DirectX*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/DirectX>. (Accessed on 2020-04-4).
- [14] Manjaro. *Manjaro official website*. URL: <https://manjaro.org/>. (Accessed on 2020-02-25).
- [15] *Best Linux distros of 2020: for beginners and advanced users*. URL: <https://www.techradar.com/best/best-linux-distros>. (Accessed on 2020-04-17).

- [16] *Rust the programming language*. URL: <https://rust-lang.org>. (Accessed on 2020-04-17).
- [17] *Garbage collection (computer science)*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Garbage\\_collection\\_\(computer\\_science\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Garbage_collection_(computer_science)). (Accessed on 2020-04-17).
- [18] *Interpreted language*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Interpreted\\_language](https://en.wikipedia.org/wiki/Interpreted_language). (Accessed on 2020-04-17).
- [19] Eddie Englund. *Linux vs Windows*. URL: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-z11yr\\_POA4UBoPdx8Bt\\_0tTK3yrz2fDyEVU\\_jJIvb4/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-z11yr_POA4UBoPdx8Bt_0tTK3yrz2fDyEVU_jJIvb4/edit?usp=sharing). (Make sure to change this).
- [20] *10 of the Most Popular Linux Distributions Compared*. URL: <https://www.howtogeek.com/191207/10-of-the-most-popular-linux-distributions-compared/>. (Accessed on 2020-04-12).
- [21] *AMD Ryzen<sup>TM</sup> 7 1700 Processor*. URL: <https://www.amd.com/en/products/cpu/amd-ryzen-7-1700>. (Accessed on 2020-04-14), please go down to the specifications page.
- [22] *GeForce GTX 1070 ARMOR 8G OC*. URL: <https://www.msi.com/Graphics-card/GeForce-GTX-1070-ARMOR-8G-OC/Specification>. (Accessed on 2020-04-16).
- [23] *Waste heat*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Waste\\_heat](https://en.wikipedia.org/wiki/Waste_heat). (Accessed on 2020-04-16).
- [24] *Second law of thermodynamics*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Second\\_law\\_of\\_thermodynamics](https://en.wikipedia.org/wiki/Second_law_of_thermodynamics). (Accessed on 2020-04-16).
- [25] URL: <https://www.blender.org/>.

# Bilagor

- [1] The Red Hat Enterprise Linux Team. *Red Hat: Leading the enterprise Linux server market*. URL: [https://www.redhat.com/cms/managed-files/styles/wysiwyg\\_full\\_width/s3/IDC2019ServerOS\\_Figure2.png?itok=izrm-r-w](https://www.redhat.com/cms/managed-files/styles/wysiwyg_full_width/s3/IDC2019ServerOS_Figure2.png?itok=izrm-r-w). (Accessed on 2020-04-17).