

UNIVERZITA PARDUBICE  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Geneze pevných disků jakožto základní součásti PC

Tomáš Linhart

Bakalářská práce  
2012

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 11. 5. 2012

Tomáš Linhart

## **Poděkování**

Na tomto místě chci velmi poděkovat za poskytnutí cenných rad, zkušeností a také za zapůjčení pevných disků doc. Ing. Milanu Javůrkovi, CSc a Jakubovi Omrtovi. Také děkuji všem ostatním, kteří mně s prací pomáhali. Nakonec chci poděkovat těm, kdo se podíleli na gramatické úpravě textu.

## **Anotace**

V bakalářské práci je popsán princip činnosti pevných disků, technologie zápisu na pevný disk, fyzická a logická struktura disků. Je zde zmíněna i historie, vývoj disků a jejich rozhraní. Dále je provedeno malé porovnání pevných disků u stolních počítačů a notebooků. Mezi zajímavé kapitoly také patří budoucnost a vývoj pevných disků v několika dalších letech. Mezi poslední kapitoly patří správné zacházení s pevnými disky a porovnání životnosti dat na HDD a DVD.

V praktické části jsou testovány pevné disky různého stáří a kapacity. Je zkoumána především rychlost čtení a zápisu dat, přístupová doba a náhodný přístup. Použité testovací aplikace jsou navrženy tak, že dokážou simulovat potřebné operace. Výstup je v podobě grafů.

## **Klíčová slova**

Pevný disk, HDD, SSD, historie pevných disků, test pevných disků, ST506, ESDI, IDE, EIDE, SCSI, Serial ATA, SATA 1.0, SATA 2.0, SATA 3.0, budoucnost pevných disků.

## **Title**

Genesis of hard drive as a fundamental part of the PC.

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with hard drives, the technology of writing on the hard drives and their physical and logical structure. The history, development and hard drive interface is mentioned. A small comparison between laptop and desktop hard drives is drawn herein. Among other interesting chapters belongs the future and development of hard drives in the next few years. Among the last chapters belongs the correct treatment of the hard drives and a comparison between the lifespan of data on a HDD and a DVD.

Hard drives of various age and capacity are tested in the practical part. Data reading and writing speed, seek time and random access is primarily examined. The applications used for testing are designed to simulate the required operations and the output is in the form of a graph..

## **Keywords**

Hard drive, HDD, SSD, history of hard drives, test hard drives, ST506, ESDI, IDE, EIDE, SCSI, Serial ATA, SATA 1.0, SATA 2.0, SATA 3.0, the future of hard drives.

# Obsah

<b>Seznam zkratek.....</b>	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>10</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Úvodní informace .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Princip pevných disků.....</b>	<b>1</b>
2.1 Jak funguje disk.....	2
2.2 Technologie zápisu na HDD.....	2
2.2.1 Podélný zápis (LMR) .....	2
2.2.2 Kolmý zápis (PMR).....	2
2.3 Fyzická struktura disků.....	3
2.3.1 Zónový zápis (ZBR) .....	4
2.4 Logická struktura disků .....	4
2.4.1 Master Boot Record (MBR) .....	4
2.4.2 FAT (File Allocation Table).....	5
2.4.3 NTFS (New Technology File System) .....	5
<b>3 Historie .....</b>	<b>6</b>
3.1 Stručný vývoj pevných disků .....	7
<b>4 Vlastnosti a parametry .....</b>	<b>8</b>
4.1 Rozhraní pevných disků .....	8
4.1.1 ST506 .....	8
4.1.2 ESDI (Enhanced Small Device Interface).....	9
4.1.3 IDE nebo-li ATA .....	9
4.1.4 EIDE (Enhanced Integrated Device Electronics) .....	10
4.1.5 SCSI (Small Computer System Interface).....	11
4.1.6 Serial ATA - SATA 1.0, SATA 2.0, SATA 3.0.....	12
4.2 RAID - pole disků .....	14
4.3 Kapacita.....	14
4.4 Rychlost disku .....	14
4.5 Vyrovňovací paměť cache .....	15
<b>5 Porovnání pevných disků stolní PC x Notebook.....</b>	<b>15</b>
<b>6 Budoucnost pevných disků .....</b>	<b>15</b>

6.1 Paměti SONOS .....	17
6.2 Paměti FeRAM .....	17
6.3 Paměti MRAM .....	18
6.4 Paměti PRAM.....	19
6.5 Další možné vývoje v budoucnosti.....	20
<b>7 Jak správně zacházet s diskem (s počítačem) .....</b>	<b>21</b>
<b>8 Životnost dat na HDD a DVD.....</b>	<b>22</b>
<b>9 Testování disků .....</b>	<b>23</b>
9.1 Testovací počítač .....	23
9.2 Testovací aplikace .....	23
9.3 Testování a parametry pevných disků .....	25
9.3.1 Seagate 1.2 GB .....	26
9.3.2 Western Digital 1.5 GB .....	29
9.3.3 Fujitsu 4 GB .....	32
9.3.4 Samsung 20 GB .....	35
9.3.5 Samsung 40 GB .....	38
9.3.6 Seagate 80 GB .....	41
9.3.7 Western Digital 160 GB .....	44
9.3.8 Western Digital 250 GB .....	47
9.3.9 Seagate 250 GB .....	50
9.3.10 Seagate 500 GB .....	53
9.3.11 Samsung 500 GB .....	56
9.3.12 Shrnutí testů.....	59
9.4 Zjištění zabrané velikosti disku s různými clustery.....	61
<b>10 Závěr .....</b>	<b>63</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>64</b>
<b>Příloha A – Příložené CD .....</b>	<b>67</b>

## Seznam zkratek

Tabulka 1 - Seznam zkratek

CD	Compact Disk	Záznamové médium
CD-ROM	Compact Disk Read-Only Memory	Nepřepisovatelné optické záznamové médium
CPU	Central Processing Unit	Základní součást počítače, která vykonává strojový kód spuštěného počítačového programu
DMA	Direct Memory Access	Přímý přístup do paměti
DRAM	Dynamic Random Access Memory	Druh počítačové paměti
DTD	Data Trezor Disk	DVD disk s životností dat 160 let
DVD	Digital Video Disc	Optický datový nosič
EB	Exabyte	Jednotka velikosti
EIDE	Enhanced Integrated Device Electronics	Rozhraní pevného disku
eSATA	External Serial ATA	Rozhraní pevného disku
ESDI	Enhanced Small Device Interface	Rozhraní pevného disku
FAT	File Allocation Table	Souborový systém
FeRAM	Feroelektrická RAM	Využívá jevu, při kterém lze otočit orientaci atomů feroelektrického materiálu
GB	Gigabyte	Jednotka velikosti
HDD	Hard Drive	Pevný disk
IDE	Integrated Device Electronic	Rozhraní pevného disku
IOPS		Počet operací za sekundu
KB	Kilobyte	Jednotka velikosti
LMR	Longitudinal Magnetic Recording	Podélný zápis na disk
MB	Megabyte	Jednotka velikosti
MBR	Master Boot Record	Hlavní spouštěcí záznam, který je umístěn v prvním sektoru disku
MFT	Master File Table	Systémový soubor souborového systému NTFS
MRAM	Magnetorezistivní RAM	Je založena na změně vodivosti dvou magnetů, která se mění podle toho zda jsou magnety polarizovány stejným nebo opačným směrem.
NAND	Not AND	Paměťové čipy
NCQ	Native Command Queuing	Je technologie pro SATA umožňující nelineární načítání dat z pevného disku
NTFS	New Technology File System	Souborový systém
PIO	Processor Input Output	Režim přenosů dat po sběrnici v počítači mezi periferiemi
PMR	Perpendicular Magnetic Recording	Kolmý zápis na disk

PRAM	Phase Change Memory	Funguje na základě fyzikální změny materiálu
RAID	Redundant Array of Inexpensive/Independent Disks	Vícenásobné diskové pole nezávislých disků
RAM	Random Access Memory	Náhodný přístup do paměti, druh paměti
RAMAC	Random Access Method of Accounting and Control	První počítač firmy IBM s pevným diskem z roku 1956
RPM	Revolutions Per Minute	Počet otáček za minutu
SATA	Serial Advanced Technology Attachment	Rozhraní pevného disku
SCSI	Small Computer System Interface	Rozhraní pevného disku
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory	Paměť typu DRAM se synchronním způsobem přenosu dat
SMART	Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology	Monitorovací systém pro pevné disky
SONOS	Silicon-oxide-nitride-oxide-silicon	Paměťové buňky používající plovoucí bránu z nitridu křemíku, který lépe ukládá náboj
SSD	Solid State Drive	Pevný disk, který používá flash paměť
ST506	ST506	Rozhraní pevného disku
TB	Terabyte	Jednotka velikosti
USB	Universal Serial Bus	Univerzální sériová sběrnice, moderní způsob připojení periférií k PC
ZBR	Zone Bit Recording	Zónový zápis



## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Podélný a kolmý zápis [7] .....	3
Obrázek 2 - Schéma pevného disku [8].....	3
Obrázek 3 - Zónový zápis [9].....	4
Obrázek 4 - Rozhraní ST506 [17] .....	9
Obrázek 5 - Zapojení jednoho disku IDE [17] .....	9
Obrázek 6 - Zapojení dvou disků IDE [17] .....	10
Obrázek 7 - Zapojení pomocí EIDE [17] .....	11
Obrázek 9 - Princip NCQ [19].....	12
Obrázek 10 - Rozdíl mezi eSATA a SATA [21].....	13
Obrázek 11 - Schéma flash paměti [23] .....	16
Obrázek 12 - Princip paměti typu FeRAM [23].....	17
Obrázek 13 - Princip paměti typu MRAM [23] .....	18
Obrázek 14 - Princip paměti typu PRAM [23].....	19
Obrázek 15 - Princip paměti Racetrack [23] .....	20
Obrázek 16 - Princip paměti MILLIPEDE [23] .....	21
Obrázek 17 - HD Tune Pro.....	24
Obrázek 18 - Seagate 1.2 GB .....	26
Obrázek 19 - Seagate 1.2 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	27
Obrázek 20 - Seagate 1.2 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB.....	28
Obrázek 21 - Seagate 1.2 GB Random Access .....	28
Obrázek 22 - Western Digital 1.5 GB .....	29
Obrázek 23 - Western Digital 1.5 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	30
Obrázek 24 - Western Digital 1.5 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB.....	31
Obrázek 25 - Western Digital 1.5 GB Random Access.....	31
Obrázek 26 - Fujitsu 4 GB.....	32
Obrázek 27 - Fujitsu 4 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	33
Obrázek 28 - Fujitsu 4 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB .....	34
Obrázek 29 - Fujitsu 4 GB Random Access.....	34
Obrázek 30 - Samsung 20 GB .....	35
Obrázek 31 - Samsung 20 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB .....	36
Obrázek 32 - Samsung 20 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB .....	37
Obrázek 33 - Samsung 20 GB Random Access .....	37
Obrázek 34 - Samsung 40 GB .....	38
Obrázek 35 - Samsung 40 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB .....	39
Obrázek 36 - Samsung 40 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB .....	40
Obrázek 37 - Samsung 40 GB Random Access .....	40
Obrázek 38 - Seagate 80 GB .....	41
Obrázek 39 - Seagate 80 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	42
Obrázek 40 - Seagate 80 GB Random Access .....	43
Obrázek 41 - Seagate 80 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB.....	43
Obrázek 42 - Western Digital 160 GB .....	44

Obrázek 43 - Western Digital 160 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	45
Obrázek 44 - Western Digital 160 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB.....	46
Obrázek 45 - Western Digital 160 GB Random Access .....	46
Obrázek 46 - Western Digital 250 GB [30].....	47
Obrázek 47 - Western Digital 250 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	48
Obrázek 48 - Western Digital 250 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB.....	49
Obrázek 49 - Western Digital 250 GB Random Access .....	49
Obrázek 50 - Seagate 250 GB [31].....	50
Obrázek 51 - Seagate 250 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	51
Obrázek 52 - Seagate 250 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB.....	52
Obrázek 53 - Seagate 250 GB Random Access .....	52
Obrázek 54 - Seagate 500 GB [32].....	53
Obrázek 55 - Seagate 500 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB.....	54
Obrázek 56 - Seagate 500 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB.....	55
Obrázek 57 - Seagate 500 GB Random Access .....	55
Obrázek 58 - Samsung 500 GB [33] .....	56
Obrázek 59 - Samsung 500 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB .....	57
Obrázek 60 - Samsung 500 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB .....	58
Obrázek 61 - Samsung 500 GB Random Access .....	58
Obrázek 62 - Graf přístupové doby HD Tune .....	60
Obrázek 63 - Rozdíl přístupové doby HD Tune a Everest.....	60

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Seznam zkratk .....	8
Tabulka 2 - Testovací počítačová sestava .....	23
Tabulka 3 - Parametry Seagate 1.2 GB .....	26
Tabulka 4 - Parametry Western Digital 1.5 GB .....	29
Tabulka 5 - Parametry Fujitsu 4 GB.....	32
Tabulka 6 - Parametry Samsung 20 GB .....	35
Tabulka 7 - Parametry Samsung 40 GB .....	38
Tabulka 8 - Parametry Seagate 80 GB .....	41
Tabulka 9 - Parametry Western Digital 160 GB .....	44
Tabulka 10 - Parametry Western Digital 250 GB .....	47
Tabulka 11 - Parametry Seagate 250 GB .....	50
Tabulka 12 - Parametry Seagate 500 GB .....	53
Tabulka 13 - Parametry Samsung 500 GB .....	56
Tabulka 14 - Přehled testovaných disků a jejich parametrů.....	59
Tabulka 15 - Porovnání přístupové doby HD Tune a Everest.....	59
Tabulka 16 - Formát NTFS 512 B.....	61
Tabulka 17 - Formát NTFS 1 024 B.....	62
Tabulka 18 - Formát NTFS 4 096 B.....	62
Tabulka 19 - Formát 65 536 B .....	62

## 1 Úvodní informace

Pevné disky nebo jiná záznamová média dnes najdeme v každém počítači, notebooku, serverech a dalších zařízeních, u kterých potřebujeme trvale uchovávat data. Pevné disky uchovávají data i po vypnutí elektrického proudu na rozdíl od paměti **RAM**, která uchovává data pouze po dobu, kdy je napájena proudem.

Od padesátých let až do současnosti prošly pevné disky obrovským vývojem. Díky tomuto intenzivnímu vývoji došlo ke značnému zmenšení velikosti, zvýšení hustoty zápisu, zvýšení přístupové rychlosti a zlepšení odolnosti proti vnějším vlivům.

První počítač [1] s pevným diskem z roku 1956 se jmenoval IBM 305 **RAMAC**, který dokázal uchovat 5 milionů 7 bitových znaků, což představovalo kapacitu 4,2 MB. Disk s velikostí 24 palců a 50 plotnami nad sebou a hmotností jedné tuny se otáčel rychlostí 78 otáček za minutu. V tehdejší době tento disk stál \$35 000. Vzhledem k jeho obrovské hmotnosti je jasné, že takové „monstrum“ muselo mít obrovskou místnost, kam se celé mohlo vejít.

V dnešní době jsou na trhu již několik let **SSD** disky [2]. SSD disky jsou alternativa k běžným pevným diskům. Tyto disky mají malou spotřebu energie a mnohem rychlejší přenos dat oproti klasickým diskům. To je vše možné díky tomu, že SSD disky nepoužívají mechanicky pohybující se části jako je například motorek, rotující plotny a čtecí hlavičky. Jelikož tyto disky mají absenci ploten, tak data se ukládají na soustavu tzv. flash paměti. Pokud bychom chtěli zvýšit rychlost zápisu, tak stačí paralelně zapojit více NAND flash paměťových čipů. Tyto disky zatím nejsou příliš rozšířeny, protože mají poněkud vyšší cenu než klasické pevné disky. SSD disky mají životnost více jak 10 let běžného používání.

## 2 Princip pevných disků

Pevné disky se skládají z [3]: média, magnetické hlavy, motorku, elektroniky disku a desky rozhraní. Na datových médiích jsou uložena data. Tato média se skládají z několika ploten – kruhových desek pokrytých magnetickou vrstvou, které jsou uloženy nad sebou na hřídeli.

Dalším dílem disku jsou magnetické čtecí a zápisové hlavy. Tyto hlavy se vznášejí díky aerodynamickému vztlaku nad roztočenými plotnami ve vzdálenosti řádu několika mikrometrů. Přítomnost malého zrnka prachu by mohlo poškodit nenávratně disk. Proto je disk vzduchotěsně uzavřen. Mechanika magnetických hlav zajišťuje při vypnutí disku zavedení hlav do vyhrazené oblasti. Pokud by to takto nefungovalo, tak se hlavy dotknou datové oblasti a zničí se data. Staré disky toto prováděly programově.

## 2.1 Jak funguje disk

Úkolem magnetických hlav [4] je provádět čtení a zápis dat na disk. Každá plotna má dva povrchy a ty obsluhují dvě hlavy. Krajní plotny mají pouze jeden povrch z vnitřní strany. Všechny hlavy mají společné rameno.

O posun čtecí a záznamové hlavy se dříve staral krokovací motorek. Tento motorek se otáčel po částech, pokud dostal elektrický impuls. Na hřídeli motorku byl obtočen tenký pružný kovový pásek. Pásek se vlivem otáčení motorku navíjel nebo rozvíjel. Bohužel disky s tímto motorkem byly pomalé a měly malou hustotu záznamu.

Krokovací motorek v dnešní době nahradila vychylovací cívka. Cívka má pružinu a jádro s kruhovým průřezem. Při dodání elektrické energie do cívky vznikne elektromagnetické pole. To pak vysune jádro podle dodané energie. Použití pružiny v tomto mechanismu má za následek to, že působí opačnou silou na prut a to vede ke správnému vystavení hlav na požadovanou stopu.

## 2.2 Technologie zápisu na HDD

Technologie zápisu [5] na pevný disk je způsob jakým se data zapisují na plotnu disku. Může jít o podélný zápis nebo o kolmý zápis. První technologií byl podélný zápis, který již dnes nestačí kvůli malé hustotě záznamu na plotnu disku. Díky tomuto problému od roku 2005 odstartovala prodej disků s kolmým zápisem dat překvapivě společnost Toshiba. Tato metoda zatím dostačuje dnešním požadavkům.

### 2.2.1 Podélný zápis (LMR)

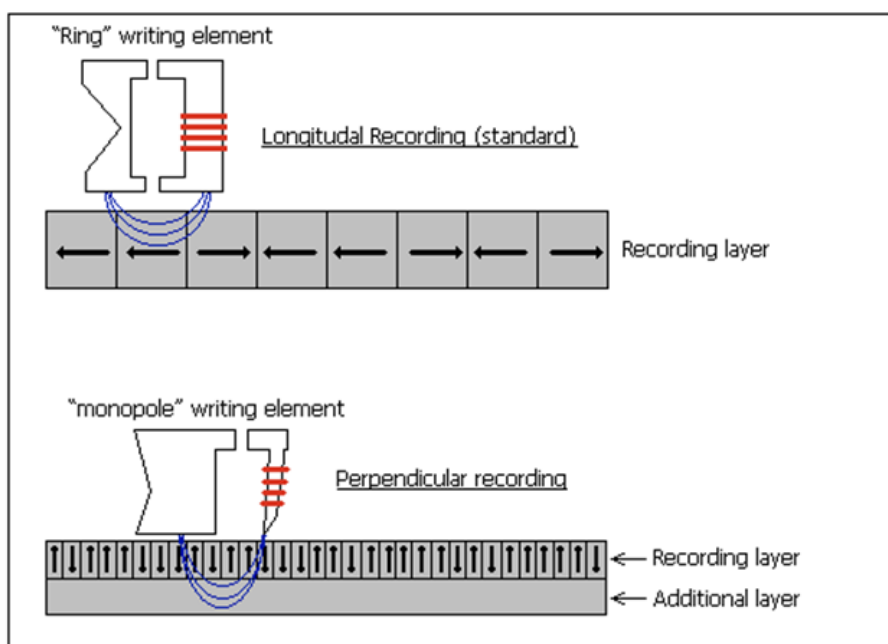
Tento způsob zápisu [5] je v dnešní době poněkud zastaralý. Zapisuje data vodorovně na plotnu disku. To znamená střídání záporných a kladných magnetických pólů v rovině disku (Longitudinal Magnetic Recording). Touto technikou [6] se dosáhne poněkud menší hustoty zápisu a to 150 GB na čtvereční palec. Pokud záznam dosáhne této hranice, tak nastane jev zvaný <sup>1</sup>superparamagnetismus, který způsobí ztrátu dat.

### 2.2.2 Kolmý zápis (PMR)

Tento způsob zápisu [6] se používá častěji a je opačný k předchozímu. Zde se jednotlivé bity neukládají podélně, ale ukládají se kolmo na plotnu disku. Tímto způsobem záznamu dostaneme zhruba dvakrát větší plochu. Výhodou u této metody je menší záznamová hlava, která umí zacílit jak záznamový povrch a také vrstvu pod ním. Bohužel i zde může dojít časem k superparamagnetismu. Ale dobré je, že ještě nebyla stanovena hodnota hustoty záznamu, která by tento jev způsobila.

---

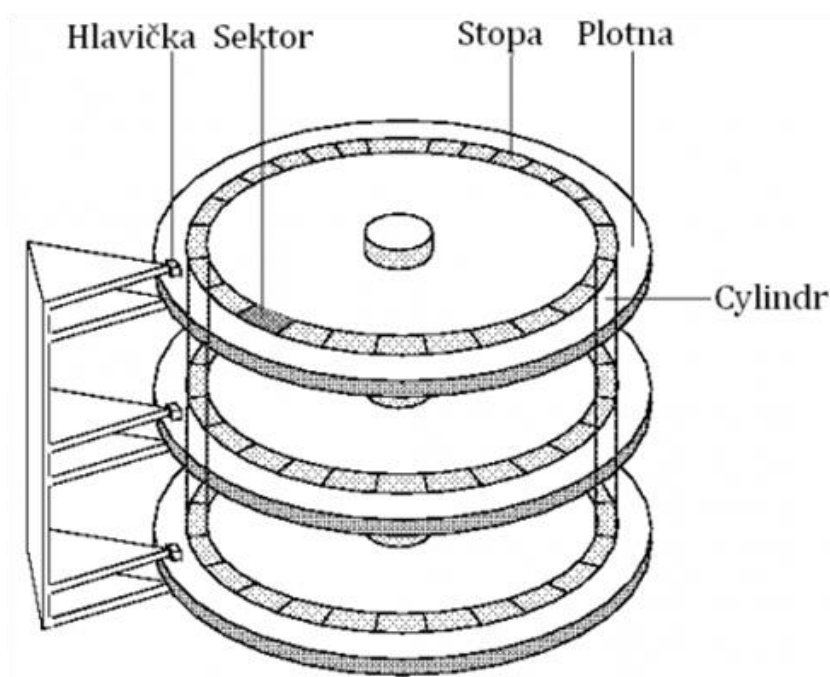
<sup>1</sup> Superparamagnetismus označuje magnetické síly, které zadržují "bity" na správném místě a vytvářejí tak záznam, se v takto vysoké hustotě rovnají energii okolní klidové teploty disku samotného.



Obrázek 1 - Podélný a kolmý zápis [7]

### 2.3 Fyzická struktura disků

Aby mohl řadič vyhledávat data na povrchu disku [3], musí znát přesné místo, kde se data nacházejí. Povrch disku je proto rozdělen na stopy, do kterých jsou zapisována naše data. Dále je každá stopa rozdělena na sektory, které jsou očíslovány. Sloupec stop pod sebou se nazývá cylindr nebo-li válec.

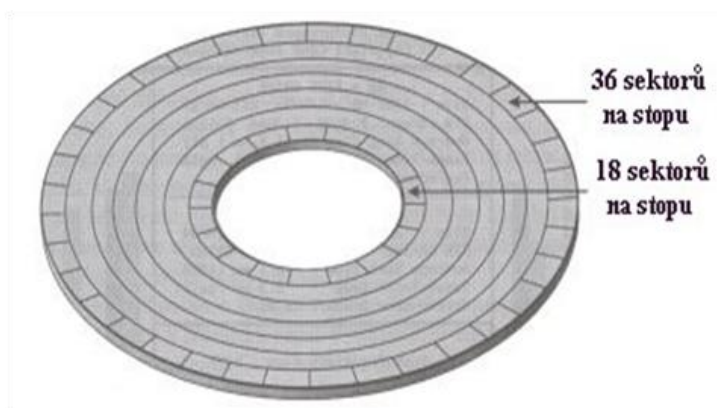


Obrázek 2 - Schéma pevného disku [8]

### 2.3.1 Zónový zápis (ZBR)

Každá stopa [9] pevného disku je rozdělena na sektory. Bohužel u většiny disků jsou všechny stopy rozděleny na stejný počet sektorů. To znamená, že vnější i vnitřní stopa obsahuje stejný počet sektorů. Takto se zbytečně plýtvá diskovým prostorem, protože vnitřní stopy jsou kratší než vnější, a tím se na ně dá umístit méně sektorů než na vnější stopu.

V dnešní době je tento problém vyřešen pomocí disků, které používají zónový zápis [9]. Tento způsob umožňuje rozdělit plochu disku na tzv. zóny, ve kterých je více stop. V praxi to znamená, že se na vnější stopy můžeme umístit více sektorů než na vnitřní stopy. Začátky sektorů jsou také posunuty podle vzdálenosti stopy od středu, aby se získal čas na vystavení hlav při vyhledávání ve vnitřních sektorech a nebylo nutno realizovat kompletní otočku ploten. Díky tomuto způsobu záznamu se lépe využívá záznamové médium, ale problémem je složitější přístup k datům na disku.



Obrázek 3 - Zónový zápis [9]

## 2.4 Logická struktura disků

Pro rychlé nalezení potřebných dat, která se zapisují do stop a sektorů na disku, je nutnost zorganizovat paměťový prostor [3]. Informace o diskovém prostoru najdeme v několika tabulkách, které na sebe navazují. Tyto tabulky potom tvoří logickou strukturu disku. Máme dvě tabulky logické struktury - první tabulkou je **FAT**, která se používala u starších operačních systémů, druhou tabulkou je **NTFS**, která se prosadila v novějších operačních systémech.

### 2.4.1 Master Boot Record (MBR)

MBR [10] je uložena v nulté stopě spolu s FAT a NTFS a se skládá ze dvou částí. První částí je zaváděcí systém, nebo-li boot record. Ten obsahuje program, který umí nalézt část, ze které načte operační systém. Druhá část má název partition table. Tato část

dělí disk na oblasti a vytváří se příkazem fdisk. To znamená, že na každém oddílu můžeme mít jiný operační systém.

### 2.4.2 FAT (File Allocation Table)

Z názvu je patrné, že se jedná o jakousi tabulku. Tato tabulka v sobě obsahuje informace [11] o tom kde se nachází daný soubor a kde se nachází jeho další části na disku. Tento souborový systém je podporován všemi operačními systémy, jako jsou například: MS-DOS, FreeDOS, Linux a další. Dále je velmi používaný u disket a **USB** flash disků. Výjimkou jsou **CD**, kde se tento souborový systém nepoužívá.

Proč je vlastně souborový systém tak důležitý? Pokud budeme uvažovat, že při ukládání souboru [12] by nám stačilo evidovat pouze adresu, kde soubor začíná a kde končí, tak nastane problém při mazání tohoto souboru. Při následném ukládání nového souboru je pravděpodobné, že se nevejde právě do tohoto volného místa, které vzniklo po předchozím smazání. Tímto se může snadno stát, že velmi rychle vyčerpáme kapacitu disku. Proto vznikly souborové systémy. U souborových systémů dochází ke ztrátám jen u posledního clusteru souboru, protože nemusí být plně využit.

Během vývoje disků bylo vydáno několik verzí souborového systému FAT [11]. Od sebe se lišily především v adresaci clusterů. Například FAT16, který byl vydán v roce 1983, mohl cluster být tvořen jedním nebo více sektory a to pouze mocninami dvou. Při použití jedno-sektorového clusteru měl logický disk velikost 32 MB.

Další verzí je FAT32 [11], která vyšla v roce 1997 a obsahuje 32bitové adresy clusterů. Tímto se zvětšila velikost diskového oddílu na 8 TB pro 32kB cluster a velikost souborů na 4 GB. Tento souborový systém je podporován až ve Windows 2000 a novějších.

### 2.4.3 NTFS (New Technology File System)

Tento souborový systém [13] vytvořily firmy IBM a Microsoft na konci 80. let a v dnešní době je používán snad u všech pevných disků. NTFS byl vyvinut pro Windows NT jako náhrada za zastaralý souborový systém FAT. Nový souborový systém s sebou přinesl spoustu novinek a vylepšení. Například obsahoval žurnálování, které funguje tak, že při zápisu na disk se data ukládají navíc ještě do jednoho speciálního souboru. Tento soubor se nazývá žurnál. Pokud se během zápisu zhroutl systém, tak lze rozpracované operace znova obnovit a tím nepřijdeme o žádná data. Další novinkou je například tzv. access control list, který umožňuje přidělování práv k souborům, nebo kvóty, které přidělují diskový prostor uživatelům.

Znatelným rozdílem NTFS [13] od FAT je používání adres clusterů. NTFS používá již 64-bitové adresy a díky tomu diskový oddíl má větší velikost. To znamená, že maximální velikost alokačních jednotek může být teoreticky  $2^{64}-1$  což odpovídá velikosti 16 EB (Exabyte), kterou v dnešní době a v řádu několika let vůbec nevyužijeme a je pro nás tím pádem nereálná.

Velkým problémem [13] u tohoto souborového systému je to, že trpí tzv. fragmentací. Fragmentace znamená to, že soubory na disku nejsou uloženy souvisle za sebou a tím pádem jsou „rozházeny“ po disku. To má potom za následek zpomalení práce na počítači.

Hlavní částí souborového systému NTFS je Master File Table (MFT) [14]. Tato část v sobě obsahuje informace o tom, jak jsou rozloženy všechny soubory, adresáře a metadata na disku. **MFT** se dále rozděluje na záznamy a v těchto záznamech se uchovávají metadata kde najdeme mimo jiné i atributy souboru, bezpečnostní a další jiná nastavení.

### 3 Historie

Historie magnetických médií [15] sahá až na konec 19. století kdy pan Poulsen vynalezl zařízení s názvem „telegrafon“. Byl to dlouhý magnetizovaný ocelový drát, který sloužil k záznamu hlasu. Přes tento drát přejíždělo nahrávací zařízení a tím se zaznamenával hlas. Později byl ocelový drát vylepšen tím, že byl svinut do cívky. Dále se pak ocelový drát nahradil kovovou páskou s magnetizovaným povrchem a o několik let později se tato páska nahradila plastem, který byl pokryt tenkou vrstvou magnetického materiálu (dnešní magnetofon).

Po válce [16] se výzkumu ujal Spojené státy, kde koncem 40. let byl vyvinut první skutečný magnetický disk s jednou plotnou. Tento disk umožňoval přímý přístup k požadovanému záznamu a hustota záznamu byla 800 bitů na čtvereční palec.

První představení pevného disku [1] zahájila firma IBM v roce 1956 s 24 palcovým pevným diskem, který měl kapacitu pouhých 4,2 MB a nesl název IBM 305 RAMAC. Data byla uložena již ve stopách na magnetickém povrchu.

Výchozím rokem v začátku historie pevných disků [15] byl až rok 1973, kdy se objevil na trhu první uzavřený disk s názvem Winchester. Měl kapacitu 30 MB pouze pro čtení a 30 MB pro čtení a zápis. Jeden kotouč byl v disku napevno a druhý byl výměnný. Princip tohoto disku se používal i v následujících deseti letech než přišly na trh osobní počítače.

Firma Seagate v roce 1980 [15] přinesla na trh nový 5,25“ pevný disk s novým rozhraním ST506. Toto rozhraní se používalo více než 10 let a umělo přenést [16] pouhých 625 kB/s a hlavy ovládal krokový motorek. Disk s tímto rozhraním měl kapacitu již 5 MB.

Nástupce rozhraní ST506 vyvinula firma Maxtor [16] s názvem **ESDI** (Enhanced Small Device Interface) a dostalo se na trh v roce 1983. ESDI již mohlo data přenášet rychlostí 2,4 MB/s. Do vývoje rozhraní a pevných disků se také přidala firma Western Digital, která v roce 1984 vyvinula rozhraní **IDE** (Integrated Disk Elektronik).



### 3.1 Stručný vývoj pevných disků

1983 - První 3.5" pevný disk, který vyvinula firma Rodime [15].

1985 - První pevný disk pro PC [15]. Původní myšlenka byla, že počítače by neměly mít pevný disk. Následně byla vyrobena ISA karta, pomocí které se dalo připojit pevný disk k počítači (řadič).

1986 – Elektromagnetický pohon hlav [15] od firmy Conner Peripherals s lineárním pohonem, který se používá dodnes.

1988 – 1“ tlustý pevný disk [15] opět vzešel z firmy Conner Peripherals a který se stal dalším standardem používaným dodnes.

1988 – 2,5" disk od firmy Prairie Tek [15]. Dnešní přenosné počítače využívají právě tohoto typu disků.

1990 – Magnetorezistivní hlava [15]. První disk s magnetorezistivní hlavou z firmy IBM měl kapacitu 857 MB. „*Magnetorezistivní zápisová hlava je induktivní, čtecí využívá změny vodivosti magnetorezistivních materiálů při změnách okolního magnetického pole vyvolaných průchodem zaznamenaných bitů pod hlavou.*“

1991 – 1,8" pevný disk od firmy Integrated Peripheral [15].

1992 – 1,3" pevný disk od firmy Hewlet Packard jako reakce na 1.8" [15].

1993 – pokořena hranice 7 200 otáček za minutu firmou Seagate Technology diskem Barracuda [15].

1997 – Giant magnetoresistive hlava [15]. „*Firma IBM začala ve svých produktech využívat vylepšenou technologii zápisu. Dosáhla tím dalšího zvýšení hustoty záznamu. Čtecí element tohoto typu hlav se skládá ze dvou magnetických vrstev obklopujících jako sendvič vodivou vrstvu o tloušťce jen několika atomů, podle změn magnetického pole vyvolaného průchodem média dochází ke změnám vodivosti. Tato technologie je poslední a umožňuje nejvyšší hustotu záznamu ze všech uvedených hlav.*“

1997 – pokořena hranice 10 000 otáček za minutu diskem Cheetah od firmy Seagate Technology s rozhraním SCSI [15].

1998 – rychlost otáčení diskových ploten [15] 5400 otáček za minutu, přenosová rychlost 2 – 8 MB/s, kapacita 2 – 8 GB, hustota záznamu na čtvereční palec 2 GB, cena za MB 1,5 - 3 Kč.

1999 – rychlost otáčení diskových ploten [15] začíná již na 7 200 otáček za minutu, přenosová rychlost 10 – 16 MB/s, kapacita 6 – 15 GB, hustota záznamu na čtvereční palec 5 GB, cena za MB 0,5 – 1 Kč.

2000 – rychlost otáčení diskových ploten [15] 5 400 a 7 200 otáček za minutu, přenosová rychlost 18 – 28 MB/s, kapacita 20 – 40 GB, hustota záznamu na čtvereční palec 15 GB, cena za MB 0,16 – 0,22 Kč.

2001 – rychlost otáčení diskových ploten [15] 5 400 a 7 200 otáček za minutu, přenosová rychlost čtení 30 – 40 MB/s, zápis 13 – 23 MB/s, kapacita 20 – 60 GB, hustota záznamu na čtvereční palec 20 GB, cena za MB 0,10 – 0,19 Kč.

2002 – rychlost otáčení diskových ploten [15] převážně 7 200 otáček za minutu, přenosová rychlost čtení 30 – 40 MB/s, zápis 25 – 30 MB/s, kapacita 40 – 180 GB, hustota záznamu na čtvereční palec 45 GB, cena za MB 0,04 – 0,10 Kč.

## **4 Vlastnosti a parametry**

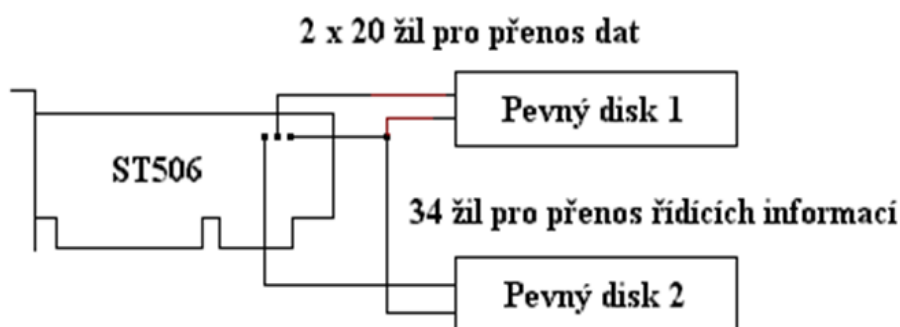
V této kapitole se budeme věnovat některým důležitým údajům a parametrům pevných disků. Především se bude jednat o hardwarové rozhraní, diskové pole RAID, kapacitu, rychlost disku a vyrovnávací paměť cache.

### **4.1 Rozhraní pevných disků**

S pevnými disky úzce souvisí i hardwarové rozhraní. Právě díky rozhraní je možné komunikovat mezi pevným diskem a samotným počítačem. Známe celkem dvě různá rozhraní a to paralelní a sériové. Éru pevných disků zahájilo právě paralelní rozhraní. Problém u paralelního rozhraní byla nízká frekvence. Použití vyšší frekvence způsobovalo rušení mezi vodiči. Na základě tohoto problému se postupně přešlo na sériové rozhraní, které disponuje již s vyššími přenosovými rychlostmi.

#### **4.1.1 ST506**

Toto rozhraní bylo jedním z prvních [17] hojně používaných rozhraní od roku 1979. Umělo pracovat s disky, které měly nejvýše 16 hlav a šlo k nim připojit pouze dva disky. Principem tohoto rozhraní je to, že se posílá modulovaný signál spolu se synchronizačními impulsy a ty se poté oddělí od datových bitů. Zmíněné synchronizační impulsy měly limit 5 miliónů impulsů za sekundu. Zajímavostí u tohoto rozhraní je to, že k disku bylo připojováno pomocí dvou kabelů. Jeden 20 žilový kabel se používal k přenosu dat a druhý 34 žilový kabel se používal k přenosu řídicích informací. Použitá kabeláž musela být kvalitní a krátká, aby odolávala okolnímu rušení. Toto rozhraní sloužilo pouze pro připojení pevných disků a dosahovalo přenosové rychlosti 625 kB/s.



Obrázek 4 - Rozhraní ST506 [17]

#### 4.1.2 ESDI (Enhanced Small Device Interface)

Toto rozhraní vzniklo začátkem 80. let [17] a mělo postupně nahradit rozhraní ST506, které se doposud používalo. ESDI přenášelo data sériově a řídicí informace paralelně. Dalším vylepšením oproti ST506 byla především přenosová rychlost, která dosahovala až 24 Mb/s. Dále ESDI umožňovalo dekódovat informaci přímo na desce pevného disku. Tím se snížila náchylnost na rušení a mohly se tak používat delší kabely na připojování. Pozitivní věcí u tohoto rozhraní bylo to, že se zde používala stejná kabeláž jako u předchozího ST506

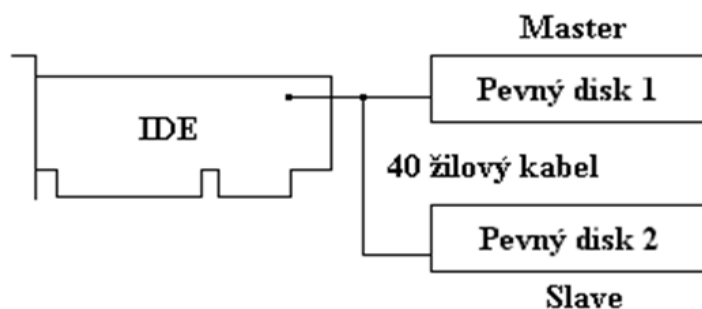
#### 4.1.3 IDE nebo-li ATA

Rozhraní IDE (Integrated Device Electronics) [17] - totéž jako ATA - pochází z roku 1986 a je používané dodnes především u starších modelů PC. Bylo představeno firmami Western Digital a Compaq. U IDE bylo stejné omezení jako v předchozím případě a to v propojujícím kabelu. Zde opět platilo čím delší je kabel, tím nižší je přenosová rychlost a vyšší okolní rušení. Tento problém byl vyřešen tím, že se hlavní řídicí jednotka přemístila přímo na pevný disk a tím se zkrátily kabely a také se snížila hladina šumu. Použitelná přenosová rychlost je zde kolem 1400 kB/s. Disky se zapojovaly pouze jedním 40-ti žilovým kabelem. Obrázek níže znázorňuje zapojení pouze jednoho disku.



Obrázek 5 - Zapojení jednoho disku IDE [17]

Další způsob zapojení je se dvěma disky, který je na obrázku číslo 6. Zapojují se trochu odlišným kabelem, který má celkem 3 koncovky. Jedna koncovka se zapojí přímo do rozhraní na základní desku a zbylé dvě se zapojí do dvou disků. Ještě je důležité přímo na pevných discích pomocí propojek nastavit to, který disk bude Master (hlavní), a který Slave (podřízený). Toto rozdělení je důležité, protože se operační systém zavádí z disku, který je právě označen jako Master.

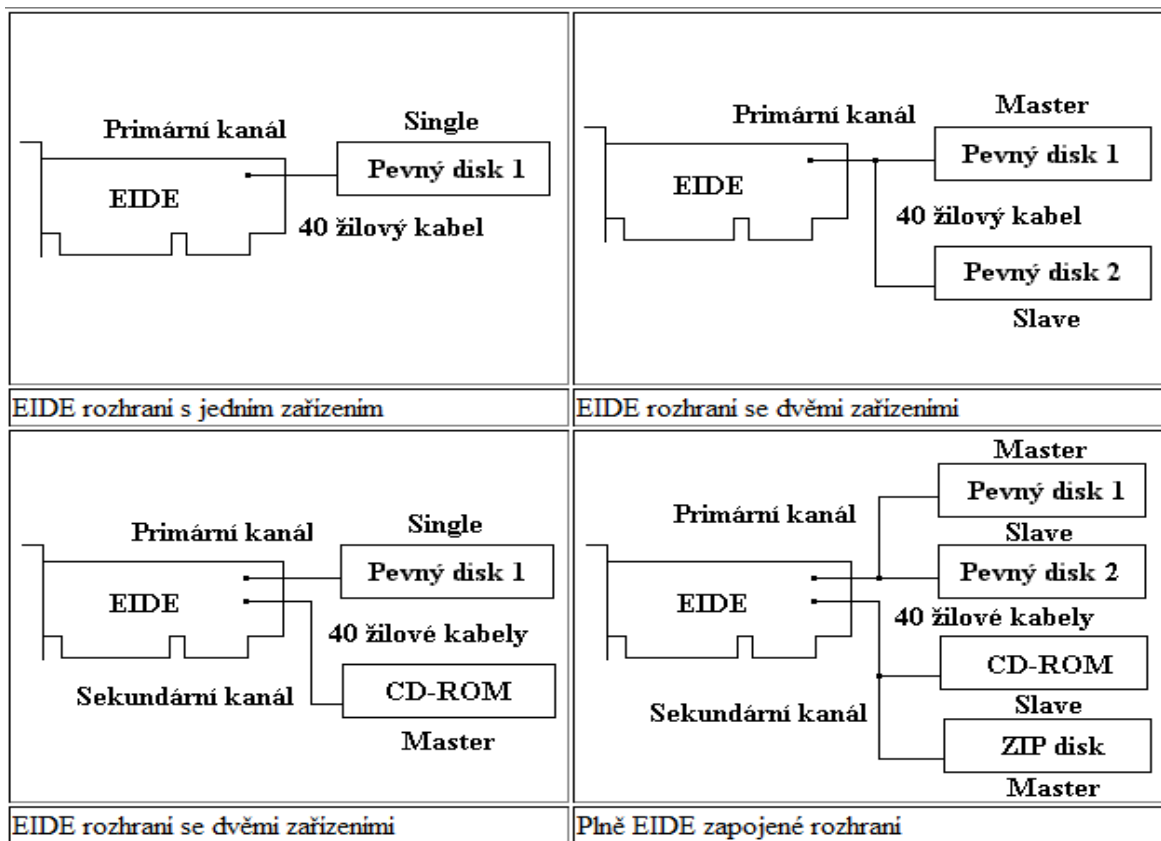


Obrázek 6 - Zapojení dvou disků IDE [17]

#### 4.1.4 EIDE (Enhanced Integrated Device Electronics)

EIDE [17] bylo navrženo v roce 1993 firmou Western Digital, jako jeho předchůdce IDE. Oproti IDE toto rozhraní bylo vylepšeno zejména o to, že pomocí tohoto rozhraní lze zapojit až čtyři zařízení a také jiná zařízení než pevné disky, například **CD-ROM** atd. Dále poskytuje vyšší přenosovou rychlost a komunikace probíhá pomocí režimu **PIO** (Precessor Input Output), nebo pomocí **DMA** (Direct Memory Access) režimu. PIO režim znamená, že veškerý přenos dat je řízen procesorem. DMA naopak nevyužívá k přenosu dat procesor.

K připojování zařízení se používá 40-ti žilový [17] IDE kabel. Opět je zde nutné dbát na správně nastavení propojek na pozice master a slave jako u předešlého IDE. Musíme dát pozor, abychom nezapojili rychlé a pomalé zařízení na jeden kabel. Pokud bychom zapojili na stejný kabel například pevný disk s CD mechanikou, došlo by ke zpomalení přenosové rychlosti. CD mechanika je totiž pomalejší než pevný disk.

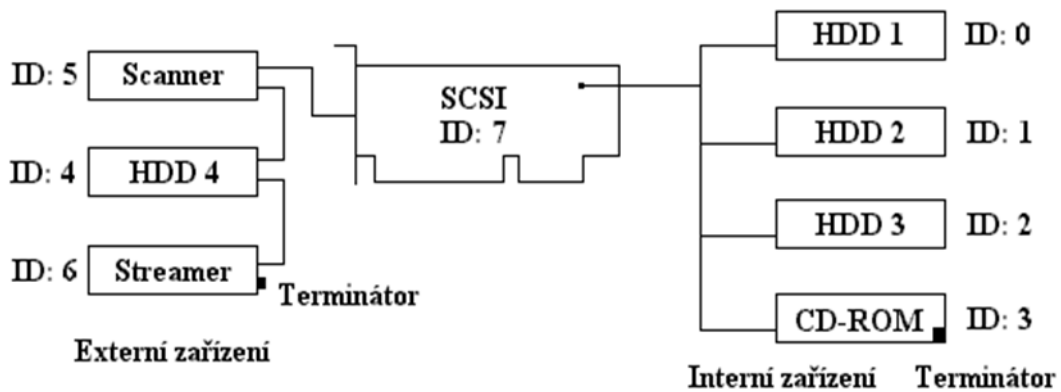


Obrázek 7 - Zapojení pomocí EIDE [17]

#### 4.1.5 SCSI (Small Computer System Interface)

Toto rozhraní [18] se začalo používat u počítačů značky Apple. SCSI obsahuje vlastní elektroniku, která řídí přenos dat, tudíž tím nezatěžuje tolik procesor při přenosu.

Cílem tohoto rozhraní [17] bylo připojovat na svoji sběrnici celkem osm různých zařízení. Mezi tyto zařízení patřily pevné disky, CD-ROM mechaniky, scannery, magnetooptické disky a další. Podmínkou bylo, aby alespoň jedno zařízení mělo svoje vlastní SCSI rozhraní. Dále byla možnost zapojovat i externí zařízení. K propojování mezi zařízeními se používá 50-ti vodičová sběrnice. Připojovaná zařízení jsou označena pomocí ID čísla od 0 do 7. Ze zařízení s ID 0 se načítá operační systém. Důležité je to, aby sběrnice byla ukončena ukončovacími odpory tzv. terminátory, které zamezí odrazu signálu od konce vedení. SCSI je možné používat buď jako zásuvný modul nebo jako externí modul přes paralelní port. Jak je vidět na obrázku 8, tak SCSI obsahují konektory pro připojování interních a externích zařízení.

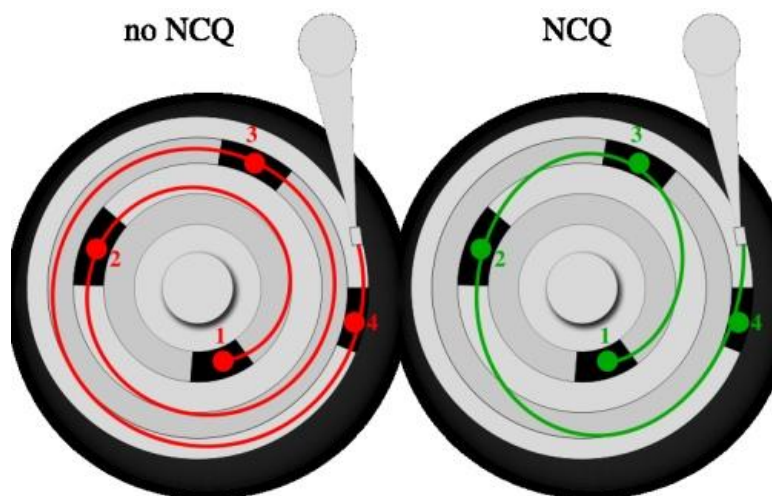


Obrázek 8- SCSI rozhraní [17]

První verze SCSI-1 [17] dosahovala přenosové rychlosti 2-4 MB/s. Druhá verze SCSI-2 je kompatibilní s první verzí, ale dosahuje vyšší přenosové rychlosti a to až 10 MB/s. Existuje ještě třetí verze SCSI-3, která umožňuje připojit celkem až 32 zařízení.

#### 4.1.6 Serial ATA - SATA 1.0, SATA 2.0, SATA 3.0

Jak napovídá název tohoto rozhraní, tak je patrné, že se jedná o sériový přenos dat. Výhodou je to, že se disky s tímto rozhraním [17] připojují samostatným kabelem přímo k řadiči a tím pádem se nemusí rozlišovat Master, Slave a Cable Select. Za zmínku stojí i to, že disky můžeme připojovat a odpojovat za chodu počítače. Rozhraní SATA podporuje i funkci NCQ [19] (Native Command Queuing). Tato funkce umí v některých případech zvýšit výkon pevných disků s rozhraním SATA 2.0. Celé je to založené na optimalizaci pořadí požadavků na čtení nebo zápis. Tímto se redukuje zbytečný pohyb hlaviček disku a zvýší se přenos dat mezi řadičem a diskem. NCQ obrázek je níže.

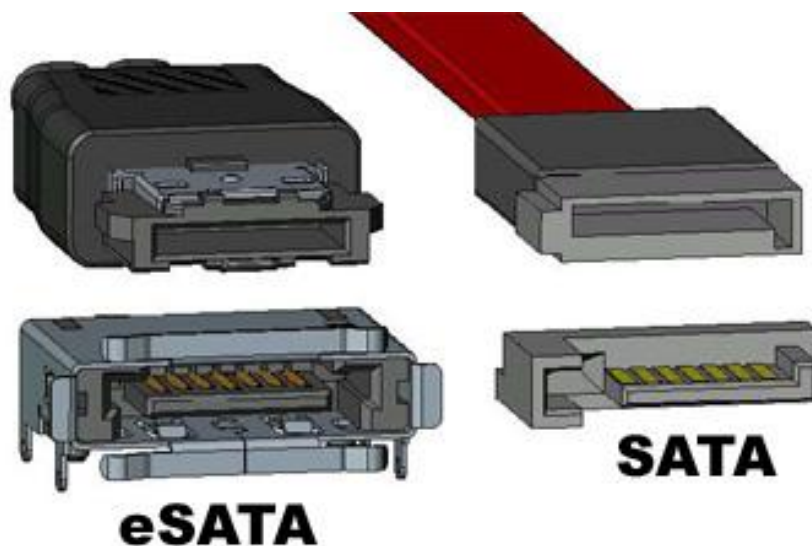


Obrázek 8 - Princip NCQ [19]

Uplatnění NCQ je v okamžiku, kdy se k disku snaží přistoupit více procesů najednou. Příkladem může být spuštěný antivirový test a práce na počítači.

Rozhraní SATA [20] od roku 2009 postupně vytlačilo starší rozhraní **PATA** u starých modelů. SATA kabel s délkou do jednoho metru byl pouze se sedmi vodiči a umožňoval full duplex (obousměrný přenos). Dnes známe celkem tři generace rozhraní SATA. Nesou označení SATA 1.0, SATA 2.0 a SATA 3.0. Od sebe se liší především v přenosové rychlosti, kdy první generace umožňuje data přenášet rychlostí 150 MB/s. Druhá generace potom dvojnásobek, což je 300 MB/s a poslední verze umí přenášet data rychlostí 600 MB/s. Mezi rozhraními SATA 1.0 a SATA 2.0 byla zachována i zpětná kompatibilita, která se řeší pomocí přepínacího jumperu. V roce 2010 se na trh dostává třetí generace SATA, jejíž přenosová rychlost má využití především s nejnovějšími SSD disky, které mají vyrovnávací paměť **DRAM**. S prvním takovým diskem s velikostí 2 TB přišla na trh firma Seagate.

**eSATA** [20] (externí SATA) je rozhraní, které vychází z klasického SATA a používá se pro připojování vnějších datových zařízení. Externí SATA disponuje stejnou přenosovou rychlostí jako klasické SATA. Na obrázku 10 vidíme rozdíl kabelů mezi eSATA a SATA. Jak je vidět z tvarů koncovek kabelů, tak je zřejmé, že tato rozhraní nejsou mezi sebou kompatibilní.



Obrázek 9 - Rozdíl mezi eSATA a SATA [21]

## 4.2 RAID - pole disků

Díky tzv. RAIDu [18] můžeme zapojit několik pevných disků do tzv. diskového pole. Poté se k diskům přistupuje jako k jednomu disku. U tohoto rozhraní je možné disky zapojit paralelně nebo sériově. Pokud jsou zapojeny paralelně, tak se ta samá data zapisují na všechny disky v poli. Pokud jsou zapojena do série, tak jsou data rozdělena a části dat se ukládá na jeden disk a další část na další disky v poli. Pokud ukládáme na disk důležitá data a jde nám zároveň o spolehlivost, tak bychom měli zvolit paralelní způsob zapojení. Pokud chceme rychlost a velkou kapacitu, tak zvolíme sériové zapojení. Zde výsledná kapacita je součet kapacit všech zapojených disků.

## 4.3 Kapacita

V dnešní moderní době, kdy máme potřebu stále více ukládat mnoho dat, požadujeme větší kapacitu pevných disků a dalších paměťových zařízení. Kapacita představuje objem dat, která mohou být uložena na záznamové medium. V minulých letech se kapacita pohybovala v řádech desítek GB, ale dnes jsou běžné disky s kapacitou řádově několika stovek GB. Tento skok se stal především díky značné úpravě záznamových hlaviček a použité technologie zápisu na disk. Pokud si připlatíme, tak lze mít i dokonce disk s kapacitou 1 TB. Disky s kapacitou několika desítek TB mají uplatnění spíše jako úložiště dat na zálohy ve firmách. Do budoucnosti se můžeme těšit spíše na zrychlování přenosové rychlosti než na zvyšování kapacity pevných disků.

## 4.4 Rychlost disku

Pomocí přístupové doby můžeme posuzovat rychlost disku [10]. Přístupová doba je čas, po který se vyhledávají data. Čím menší je přístupová doba, tím je lepší. Tato doba se dále skládá z doby vystavení a z doby čekání, která je zhruba 10 ms. Výrobce definuje, že doba vystavení je 1/3 doby potřebné pro pohyb hlavy přes celý disk. Zde platí, že doba vystavení by měla být co nejkratší a hlavy by se měla přesouvat minimálně. Doba čekání je doba, za kterou se pod hlavou otočí sektor, který potřebujeme. Tato doba odpovídá zhruba polovině otáčky disku. Dalším parametrem jsou otáčky disku. Začínalo se na 3 400 ot/min a dnes je běžné 5 400 nebo v lepším případě 7 200 ot/min. V dnešní době již otáčky přesahují hodnotu 10 000 ot/min. Posledním parametrem, pomocí kterého určujeme rychlost, je rychlost přenosu dat. To znamená, kolik se přečte MB dat za sekundu.



## 4.5 Vyrovnávací paměť cache

Vyrovnávací paměť [10] slouží k přenosu dat mezi diskem a základní deskou. Při přenosu skladuje data a tím koriguje rychlost disku, protože rychlost disků je v řádech milisekund, ale rychlost prvků na základní desce je v řádech nanosekund. Známe dva druhy vyrovnávací paměti. Prvním je hardwarová, která je součástí řadiče a druhá je softwarová a ta představuje vymezení části operační paměti. Velikost hardwarové paměti se pohybuje většinou kolem 128 KB nebo i více jak 1 MB. Velikost softwarové paměti je nad 1 MB.

## 5 Porovnání pevných disků stolní PC x Notebook

Hlavním rozdílem mezi pevným diskem v notebooku a v desktopu je především velikost z hlediska rozměrů. U stolních počítačů se setkáme většinou s velikostí 3,5“ což je 8,9 cm, kdežto v notebooku najdeme disk s velikostí 2,5“ což je 6,4 cm. Pokud se zmíním o externích pevných discích, tak zde jsou velikosti 1,8“, 2,5“ a 3,5“. Rozdíl mezi nimi je takový, že disky s velikostí 1,8“ a 2,5“ lze napájet pomocí USB na rozdíl od 3,5“ disků, které se musejí napájet ze síťové zásuvky přes adaptér.

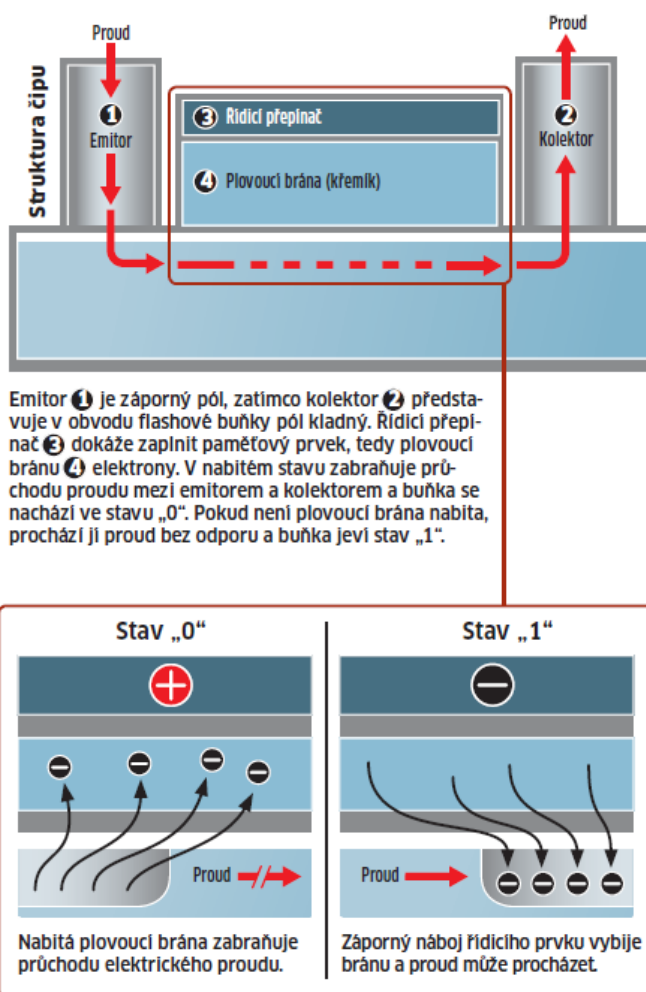
Dalším rozdílem je počet otáček za minutu [22]. Ve stolním počítači nepotřebujeme šetřit elektrickou energií tak jako v notebooku. Tím pádem ve stolním počítači najdeme disky s 7 200 otáčkami za minutu. Existují i disky s 10 000 a 15 000 otáčkami za minutu. Disky s takto vysokou rychlostí se používají spíše jako serverové disky. Naopak u notebooku jsme nuceni šetřit energií, tak zde jsou disky o něco pomalejší. Zde se disky standardně otáčejí rychlostí 5 400 otáček za minutu. Jsou i výjimky, kdy se disky umí otáčet rychlostí 7 200 otáček za minutu, ale například u starých modelů pouze 4 200 otáček za minutu. Pro představu rychlost 7 200 ot/min u disku s velikostí 3,5“ je po přepočítání rychlost něco málo přes 100 km/h.

## 6 Budoucnost pevných disků

Dnes na trhu najdeme výkonné SSD disky. Tato flashová úložiště můžeme najít v mnoha zařízeních jakou jsou tablety, smartphony, notebooky a další přístroje. Jejich výkonnost poznáme hlavně při používání v noteboocích nebo stolních počítačích. Ale je tu jeden háček. Budoucnost záznamových médií se bude totiž ubírat úplně jiným směrem než doposud. Flashové paměti [23] nebyly vyvinuty původně pro vysokokapacitní a dlouhotrvající záznamy. Důvodem jsou polovodičové buňky, které jsou pomalé a při opakovaném záznamu se opotřebovávají. Každý znalý IT člověk ví, že procesor a paměť RAM jsou několikanásobně rychlejší, než jaká je rychlost SSD disků.

Dnes se rýsuje několik zajímavých technologií, které by měly urychlit chod počítače a to především pevných disků. Některé z prvních technologií mají vyjít již v roce 2013. Tento krok s novými technologiemi je velmi potřebný, protože flashové buňky [23]

neumožňují jejich miniaturizaci, která je potřebná pro zvýšení záznamové hustoty, a nelze prodloužit jejich životnost. Princip flashových buněk je na obrázku číslo 11. Buňky si můžeme představit jako tranzistory, které mají tři kontakty: kolektor, emitor a řídicí linku. Řídicí linka umí řídit tok elektrického proudu a to tak, že proud do buňky pustí a tím se vyvolá stav „1“, nebo proud do buňky nepustí a zůstane ve stavu „0“. Další částí flashové buňky je plovoucí brána, která uchovává elektrický náboj v podobě elektronů a je nabitá na 10 až 20 voltů. Při čtení obsahu buňky jí probíhá slabý měřicí proud, díky kterému je plovoucí brána v nenabitěm stavu a buňka se přečte jako „1“. Pokud je ale měřicí proud blokován, tak brána musí být nabitá, a to představuje hodnotu „0“. Docela podstatný problém je využívání vysokého napětí při zápisu nebo mazání buněk. Jeho důvodem k použití je to, že plovoucí brána špatně udržuje uložené elektrony a tím pádem musí být obalena tlustou vrstvou izolačního materiálu. Tento izolační materiál se dá překonat pouze silným proudem. Při každém zápisu nebo vymazání obsahu buněk se snižuje vrstva izolačního materiálu a tím se zkracuje životnost buňky. U SSD disků buňky vydrží asi 10 000 zápisů.



Obrázek 10 - Schéma flash paměti [23]

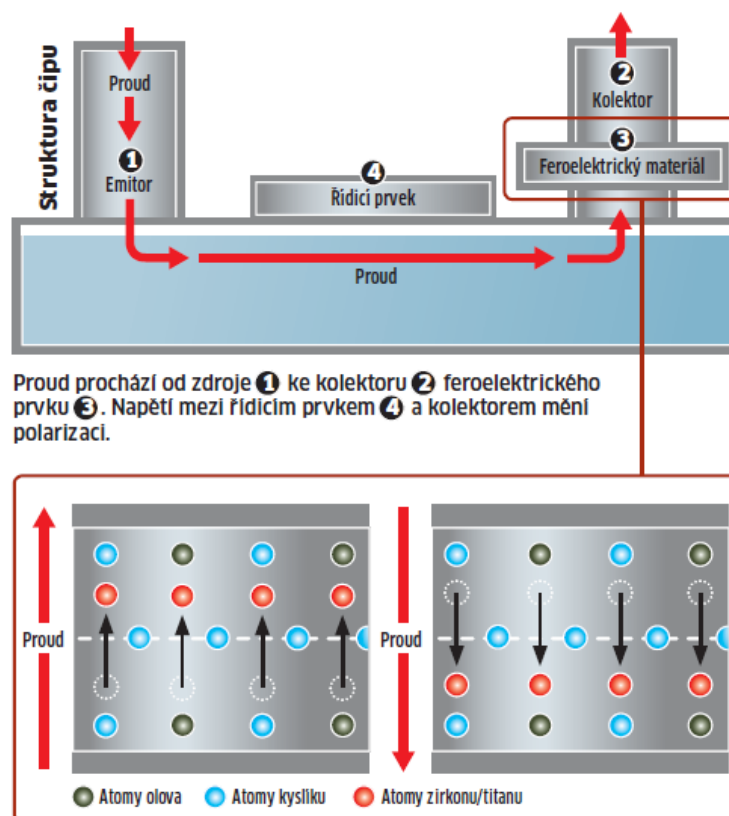
## 6.1 Paměti SONOS

Tato technologie [23] pochází z útrob firem Philips a Spansion. Její předností je to, že používá zhruba poloviční napětí než u předešlého případu a životnost buněk je zde o 1 000 až 10 000 cyklů delší. Další vylepšení se týká plovoucí brány, která je vyrobena z nitridu křemíku a tím pádem umí lépe vázat elektrony. To mělo za následek ztenčení izolační vrstvy a používání napětí v rozsahu 5 až 8 voltů. Čipy s těmito buňkami SONOS se dnes používají v armádě a v kosmickém průmyslu. Nevýhodou jsou zatím poměrně vysoké výrobní náklady, které brání komerčnímu nasazení.

## 6.2 Paměti FeRAM

U tohoto typu paměti [23] se uvádí, že by měl snést více jak 10 miliard zápisů. Princip je na obrázku číslo 12. Ukládání dat probíhá přeskupením atomů a to tak, že měřicí proud prochází feroelektrikem a zápisový proud umí posouvat atomy nahoru a dolů, čímž dochází ke změně vodivosti feroelektrika a buňka nabývá stavu „1“ nebo „0“. Použitý materiál si také umí udržet svoji polarizaci i po přerušení elektrického proudu.

FeRAM využívá jevu, při kterém lze otočit orientaci atomů feroelektrického materiálu. Změna polarizace ovlivňuje vodivé vlastnosti buňky.



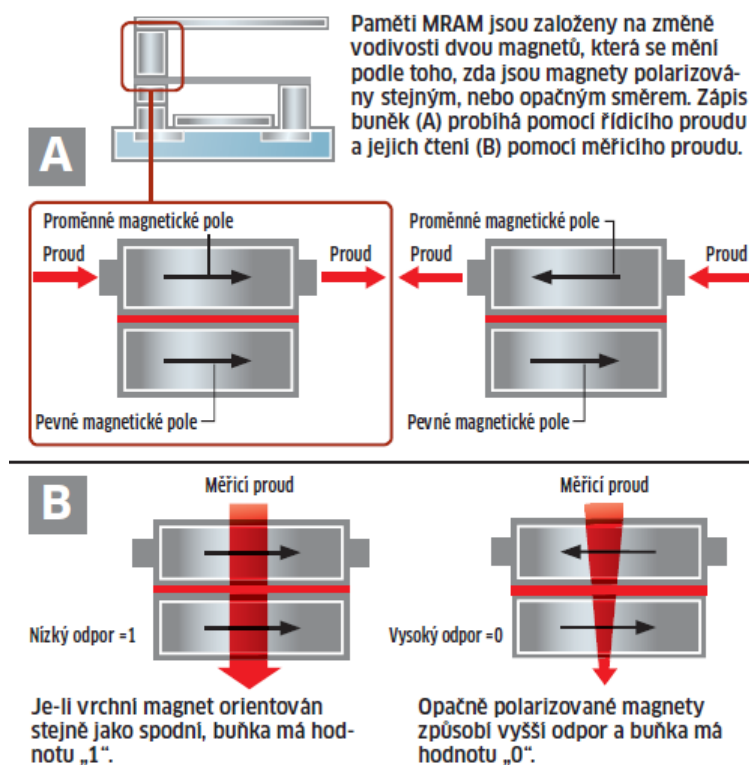
Obrázek 11 - Princip paměti typu FeRAM [23]

Čtení buňky [23] se pak provádí zapisováním stavu „0“ a procházením buňky měřicím proudem. Pokud v buňce již byl stav „0“, tak měřicí proud projde přes buňky bez jakékoliv změny a je přečtena „0“. Pokud je ale buňka ve stavu „1“, tak je změněnou polarizací feroelektrického materiálu způsoben větší napěťový impulz, který předá řadiči informaci o tom, že buňka měla stav „1“.

Velkou výhodou této technologie [23] je velmi nízké napětí používané při zápisu. Spotřeba je potom kolem poloviny spotřeby klasických flash pamětí, ale přitom je zápis rychlejší. Jenom pro zajímavost - zápis jednoho bitu zde trvá 150 nanosekund, kdežto u běžných flash pamětí to je 10 mikrosekund.

### 6.3 Paměti MRAM

MRAM [23] nebo-li magnetorezistivní RAM paměti disponují s dlouhou výdrží a vysokou rychlostí stejně jako FeRAM. V dnešní době je tato technologie miniaturizována do mikroskopické podoby integrovaného obvodu. Je založena na využití magnetické paměti a informace se ukládají v podobě magnetického pólování, které se dá měnit extrémní rychlostí. Princip je znázorněn na obrázku číslo 13 a jde o umístění magnetů blízko sebe, kde jeden z nich je napevno magnetizován jedním směrem, a u druhého lze měnit jeho polarizaci pomocí protékajícího proudu jedním nebo druhým směrem. Pokud jsou magnety polarizovány stejným směrem, tak obsah buňky je hodnota „1“, protože se čtecí proud nesetká s žádným odporem. Ale pokud je polarizace opačná, tak vznikne vysoký odpor a to nám říká, že buňka obsahuje hodnotu „0“.

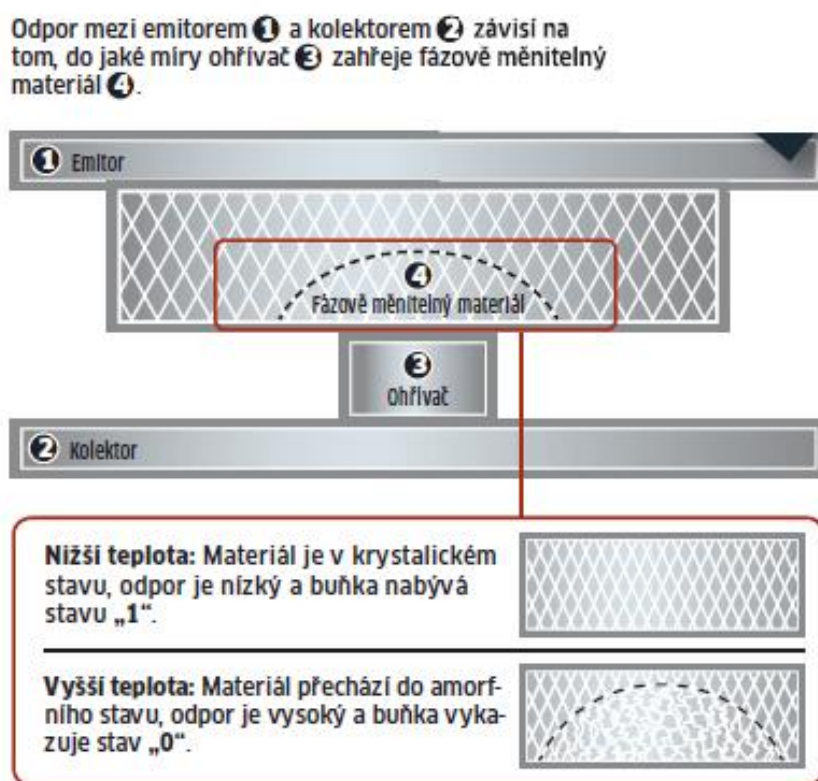


Obrázek 12 - Princip paměti typu MRAM [23]

Teoreticky nám tato technologie [23] umožňuje uložit například obsah 8GB DVD na MRAM SSD disk během 0,02 sekundy a na běžný SSD disk by to samé trvalo 21 sekund. Bohužel zde vzniká frekvence o hodnotě 400 MHz, při které se navzájem ovlivňují magnety. Tato technologie je opět pouze ve vývoji a je používána především v kosmickém průmyslu. Na vývoji se podílejí firmy, jako je například IBM a NEC. Pro zajímavost tento typ paměti je velmi odolný radiaci a byl použit na vesmírném Japonském satelitu Sprite.

## 6.4 Paměti PRAM

Tato technologie [23] je popsána na obrázku číslo 14 a je podobná technologii, kterou se zapisuje na přepisovatelná optická média. Jedná se o fyzikální změny materiálu. Tento materiál se může vyskytovat buď v krystalické, nebo nekystalické podobě. Krystalická podoba má nízký elektrický odpor a nekystalická podoba má vysoký elektrický odpor. Při zápisu dochází ke změně stavu materiálu pomocí impulzů napětí. Impulzy jsou dlouhé nebo krátké. Dlouhým impulzem je materiál rozpuštěn a krátký impulz materiál zahřeje pouze na nižší teplotu, která má uspořádanou krystalickou strukturu. Čtení buněk probíhá podobným způsobem jako u paměti typu MRAM.



Obrázek 13 - Princip paměti typu PRAM [23]

## 6.5 Další možné vývoje v budoucnosti

Jedním z prototypů paměti [23] je technologie NANO-RAM, která je založena na tzv. nanomostu, který je vytvářen pomocí napětí na vstup nebo výstup buňky, přičemž má buňka pokaždé jiný odpor. U této technologie připadá v úvahu vytvořit paměťové moduly s vysokou hustotou.

Zajímavější technologii, kterou vidíme na obrázku číslo 15, vyvíjí firma IBM s názvem Racetrack [23]. Tato technologie by měla ukládat data podobně jako pevné disky a to v podobě série magnetizovaných a polarizovaných buněk, které budou uloženy na pevném nanovlákně. Principem čtení a zápisu je posouvání magnetických polí pomocí elektrického proudu okolo hlaviček. Tato technologie slibuje rychlou přístupovou dobu.

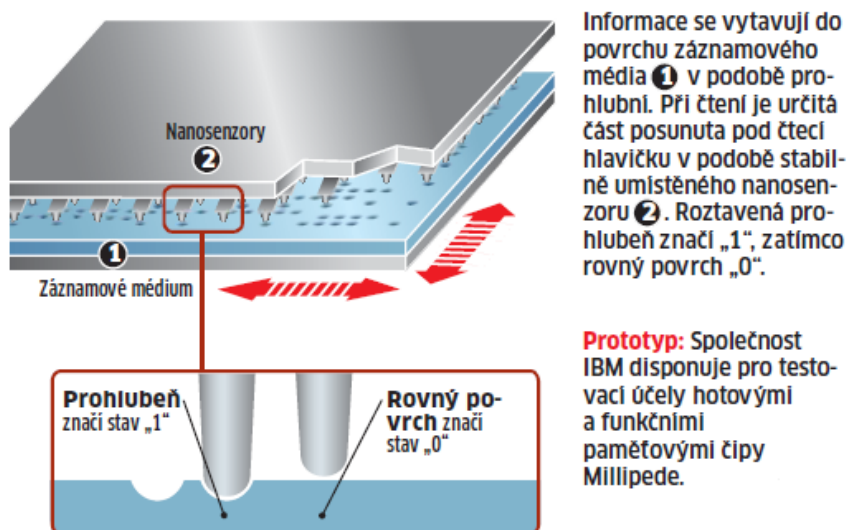
**Technologii paměti Racetrack vyvinula společnost IBM a spočívá v magnetickém ukládání informací na tenké nanovlákně. Během čtení a zápisu se magnetická pole pohybují po tomto vlákně.**



Obrázek 14 - Princip paměti Racetrack [23]

Jednou z posledních technologií je technologie s názvem MILLIPEDE [23]. Princip je vidět na obrázku číslo 16. Ukládání bitů je v podobě prohlubenin nebo-li „pitů“, nad kterými jsou umístěny snímače a provádí se na posuvný disk. Prohlubeniny, nebo-li hodnota „1“, vznikají roztavením materiálu a vytlačení prohlubně pomocí hrotu senzoru. Při zápisu hodnoty „0“ se záznamový materiál pouze roztaví a povrch se vyrovná do původní polohy. Čtení se provádí čtecími hlavičkami, které se přiblíží nad datový povrch a přečtou, zda se pod nimi nachází prohlubeň nebo ne.

Podobně jako u děrných štítků zaznamenává paměťová technologie Millipede od IBM informace v podobě děr. Jelikož mají ale tyto otvory průměr v řádu nanometrů, umožňují vysokou hustotu zapsaných dat.



Obrázek 15 - Princip paměti MILLIPEDE [23]

## 7 Jak správně zacházet s diskem (s počítačem)

Největší pozor [24] u pevných disků si musíme dávat na prudké otřesy a nárazy. Toto se týká především u notebooků, kde se jeho otřesy přenášejí na jeho pevný disk. Při zapnutém disku se plotny pohybují vysokou rychlostí a nad nimi jsou čtecí hlavy ve velmi malé výšce. V tomto případě může dojít k nežádoucímu kontaktu čtecí hlavy s povrchem disku a ten se může poškodit. Z tohoto vyplývá, že se musíme snažit zamezit otřesům nebo prudkým pohybům.

S prvním problémem souvisí i další problém, že bychom měli zkontrolovat, zda se při vypnutí notebooku [24] disk opravdu vypnul. Jinak nám hrozí opět ten samý problém jako v předešlém případě. To samé platí i u notebooku, který dáme do režimu spánku. Pokud je notebook v režimu spánku, tak se může kdykoliv sám od sebe probudit a zapisovat data na disk a pokud ho máme například v batohu, kde hrozí otřesy a podobně, tak se opět může poškodit disk.

Dalším poněkud důležitým pravidlem pro správné zacházení s diskem je, pokud omylem smažeme nějaká důležitá data [24] tak bychom měli omezit práci s počítačem. Důvodem je, že i po smazání těchto dat se tato data na disku stále nacházejí. Operační systém je smaže až v okamžiku, kdy je potřeba místo těchto dat zapsat jiná data. V tomto případě se radí ihned vypnout počítač „na tvrdo“ a vyhledat odbornou pomoc, pokud si smazaná data neumíme obnovit sami. Při vypínání počítače klasickým způsobem systém Windows ještě zapisuje na disk a mohl by přepsat naše smazaná data. V těchto případech je třeba disk vyjmout a připojit k jinému počítači.

Někteří méně znalí uživatelé si mylně myslí, aby předešli těmto problémům s pevnými disky, že si pořídí SSD disky. Je pravdou, že SSD disky [24] neobsahují žádné mechanické části tak jako běžné pevné disky, ale i tyto disky mají své problémy. Může se například porouchat řídicí čip a všechna data na disku se stanou nedostupná nebo tento disk nevidíme přihlášený v počítači. Obecně lze říci, že záchrana dat z flash paměti je zpravidla neúspěšná.

Abychom předešli nechtěné ztrátě dat [24], je dobré si data postupně zálohovat na nějaké další externí úložiště jako je například flash disk, externí disk nebo DVD. Dnes je stále ve větší oblibě zálohovat data na online úložiště, jako je například pro dokumenty Google Docs a další.

## 8 Životnost dat na HDD a DVD

Z výzkumu týkajícího se životnosti dat [25] na médiích vyplývá, že uvedená doba životnosti dat od výrobce různých typů záznamových médií vůbec neodpovídá skutečnosti. Pokud chceme zálohovat data, například fotografie, filmy nebo dokumenty, na nějaké médium, tak je potřeba vybrat to správné a základem je, aby na něm data vydržela co nejdelší dobu.

Většinu dat zálohujeme [25] na CD nebo DVD s domněním, že je tento způsob nejlepší. Právě výzkum životnosti CD a DVD dělají většinou sami výrobci těchto CD a DVD. Právě výrobci udávají životnost na 80 až 100 let. Podle nezávislé studie, která byla provedena v USA, je životnost pouhých 30 let a to za ideálních skladovacích podmínek. Problém je v tom, že ideální podmínky znamenají 25°C, žádné teplotní výkyvy, nevystavovat světlu a stabilní 50% vlhkost. Tyto podmínky však v domácnosti bohužel nikdy mít nebudeme. Názory mnohých uživatelů jsou i takové, že CD a DVD nejdou přečíst již po pěti letech i přes skladování v ideálních podmínkách. Nečitelnost médií může být zapříčiněno nejčastěji fyzickým opotřebením při manipulaci, jako je poškrábání na záznamové vrstvě. Větší škrábance pak mohou vychylovat i laser a tím se napáchá větší škoda.

Před nedávnem Česká republika začala vyrábět nový typ DVD [26] disků s označením Data Trezor Disk (DTD). Ty mají vydržet až 160 let a jsou odolné proti světlu, UV záření, vlhku, vysokým teplotám, magnetismu a radiaci. Jeden DTD disk má stejnou kapacitu jako běžný DVD disk, ale stojí v rozmezí od 80 do 100 korun. Od běžného DVD disku [27] se liší záznamovou vrstvou, která je vytvořena plasmovým naprašováním keramicko-kovových prvků. Výhodou je, že tento disk lze přehrát na běžné mechanice.

U pevných disků z hlediska skladování [25] je to velmi podobné. Musíme mít správnou teplotu, vlhkost atd. Udávaná doba životnosti dat u pevných disků se pohybuje v rozmezí od 5 do 10 let. Samozřejmě že velmi záleží na tom, jak se k disku chováme a jakým způsobem kontrolujeme a řešíme případné chyby. Pevné disky mají oproti DVD



několik výhod. První nejhlavnější výhodou je to, že se zálohovanými daty můžeme libovolně manipulovat a upravovat je.

Mezi další výhodou patřila do nedávna záruka [28] od výrobce, která se pohybovala i okolo pěti let. Výrobci ji ale bohužel začali postupně zkracovat. Například firma Western Digital snížila od 2. února 2012 u některých typů disků záruku ze tří na dva roky. Dalším problémem s životností dat disků může být i dnešní poněkud rychlý vývoj v oblasti informačních technologií. Například v době, kdy se hojně používaly děrné pásky, tak nikdo netušil, že dnes technologie záznamu bude odlišná.

## 9 Testování disků

Celkem bylo otestováno 8 pevných disků na stolním počítači a 3 notebookové disky. Notebookové disky byly vybrány hlavně proto, že nebyl k dispozici výkonný stolní počítač. V dnešních domácnostech mají lidé spíše notebooky a tak se zdálo užitečné sem zařadit i pár notebookových disků. Byla testována rychlost čtení disků, čtení a zápis souborů různých velikostí a náhodné čtení a zápis.

### 9.1 Testovací počítač

Pevné disky byly testovány na stolním počítači s parametry uvedenými v tabulce 1.

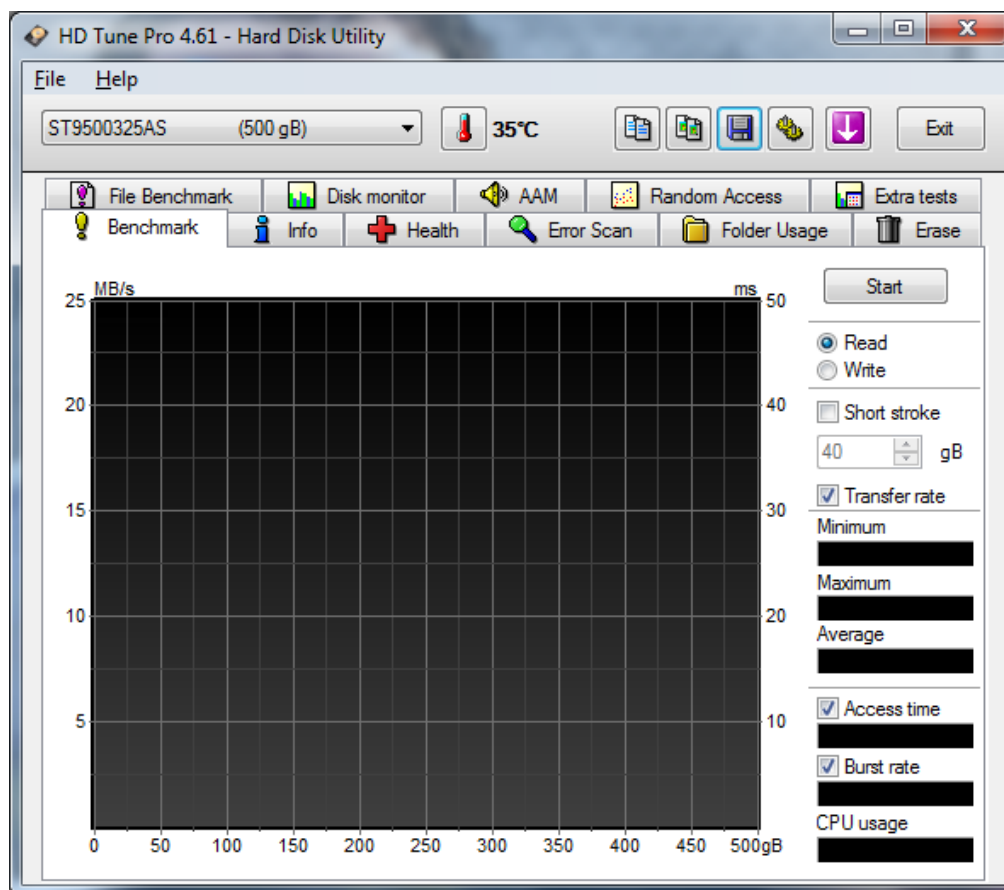
Tabulka 2 - Testovací počítačová sestava

CPU	Intel Celeron, 800 MHz
Paměť RAM	128 MB SDRAM, 64 MB SDRAM
Základní deska	FIC FR33(E)
Pevný disk s operačním systémem	Samsung 20 GB
Operační systém	Microsoft Windows XP Professional SP2

### 9.2 Testovací aplikace

Jako testovací aplikace bylo vybráno HD Tune Pro Version 4.61 a Everest Ultimate Edition Version 5.50.2100. Program Everest umožnil získat detailní údaje jak o testovaném počítači, tak i o pevných discích. Tento program slouží mimo jiné i k získání informací o systému, dále lze provádět i testy procesorů, operační paměti a také pevných disků.

Na detailní testování disků byl použit program HD Tune Pro, který je ke stažení na stránkách <http://www.hdtune.com/>. Program se skládá z několika záložek, jak je vidět na obrázku 11. Na záložce *Benchmark* [29] po zmáčknutí tlačítka Start se začne provádět test rychlosti čtení, které probíhá po celé struktuře disku. V průběhu testu se vykresluje do grafu příslušná křivka rychlosti. Po dokončení testu vidíme na pravé straně potřebné výsledky. Je zde minimální, maximální a průměrná přenosová rychlost, přístupová doba a vytížení procesoru.



Obrázek 16 - HD Tune Pro

Záložka *Info* [29] nám poskytuje základní informace o tom, jak je náš disk rozdělen na oddíly, jaký používáme souborový systém, kolik máme volného místa na disku a o tom, jaké funkce disk podporuje. Dále zde najdeme údaje o firmware disku a jeho sériové číslo, kapacitu, použité rozhraní a počet otáček za minutu.

Další záložka s názvem *Health* [29] je jakási tabulka, která získává údaje pomocí technologie S.M.A.R.T., podle které se dozvíme informace o fyzickém stavu disku. V tabulce je ID parametru, který je měřen, hodnoty, kterých parametr nabývá, nejhorší hodnoty, které byly zaznamenány od prvního použití disku, hranice, pod kterou by se neměla hodnota parametru dostat a stav daného parametru.

Další záložka *Error Scan* [29] testuje fyzické poškození disku. Zelené části zobrazené v testu jsou v pořádku a červené jsou chybné.

Další funkci, která byla používána pro testování disků, je na záložce *File Benchmark* [29]. Tento test umí testovat rychlost čtení a zápisu na disk souborů do bloků s různou velikostí. Bloky jsou vyznačeny na vodorovné ose x a jsou v rozmezí od 0,5 KB do 8 192 KB a zapisované soubory mohou mít velikost od 32 KB do 512 MB. Pokud chceme mít výsledky přesné, tak bychom měli velikost souboru zvolit větší.

Poslední test, který byl používán, je na záložce *Random Access* [29]. Tento test používá pro zápis soubory s náhodnou velikostí a to 512 B, 4 KB, 64 KB a 1 MB. Tyto velikosti si můžeme nastavit v dolní části programu pomocí check boxu. Výsledkem tohoto testu je potom počet operací za sekundu (IOPS) a platí zde čím vyšší hodnota, tím je lepší. Dalším výsledkem je průměrná přístupová doba v milisekundách provedená u jedné operace a maximální přístupová doba v milisekundách během testu. Zde platí čím nižší, tím je lepší. Poslední hodnotou výsledku je průměrná přenosová rychlost v MB/s pro dokončení operace a čím je vyšší, tím je lepší.

Program HD Tune Pro obsahuje ještě další zajímavé funkce a různá nastavení, ale pro tuto práci jsou nepotřebné.

### **9.3 Testování a parametry pevných disků**

Tato kapitola je věnována samotnému testování pevných disků. Každý disk je v jedné podkapitole. Samotná kapitola pak začíná obrázkem testovaného disku, pak následuje tabulka parametrů. Dále jsou vidět kopie obrazovek z testovacích programů. Nejprve byly testovány všechny disky programem Everest Ultimate a HD Tune Pro. Všechny testy, které byly udělány, jsou vidět na obrázcích u každého z disků a jsou v podobě grafů. Z těchto testů byla postupně zjišťována rychlost při čtení a zápisu disků, průměrná rychlost a další údaje.

Po otestování programem HD Tune Pro bylo provedeno otestování šesti disků programem Everest Ultimate. Tímto bylo třeba zjistit, zda jsou při měření mezi programy nějaké odchylky, popřípadě jak velké.

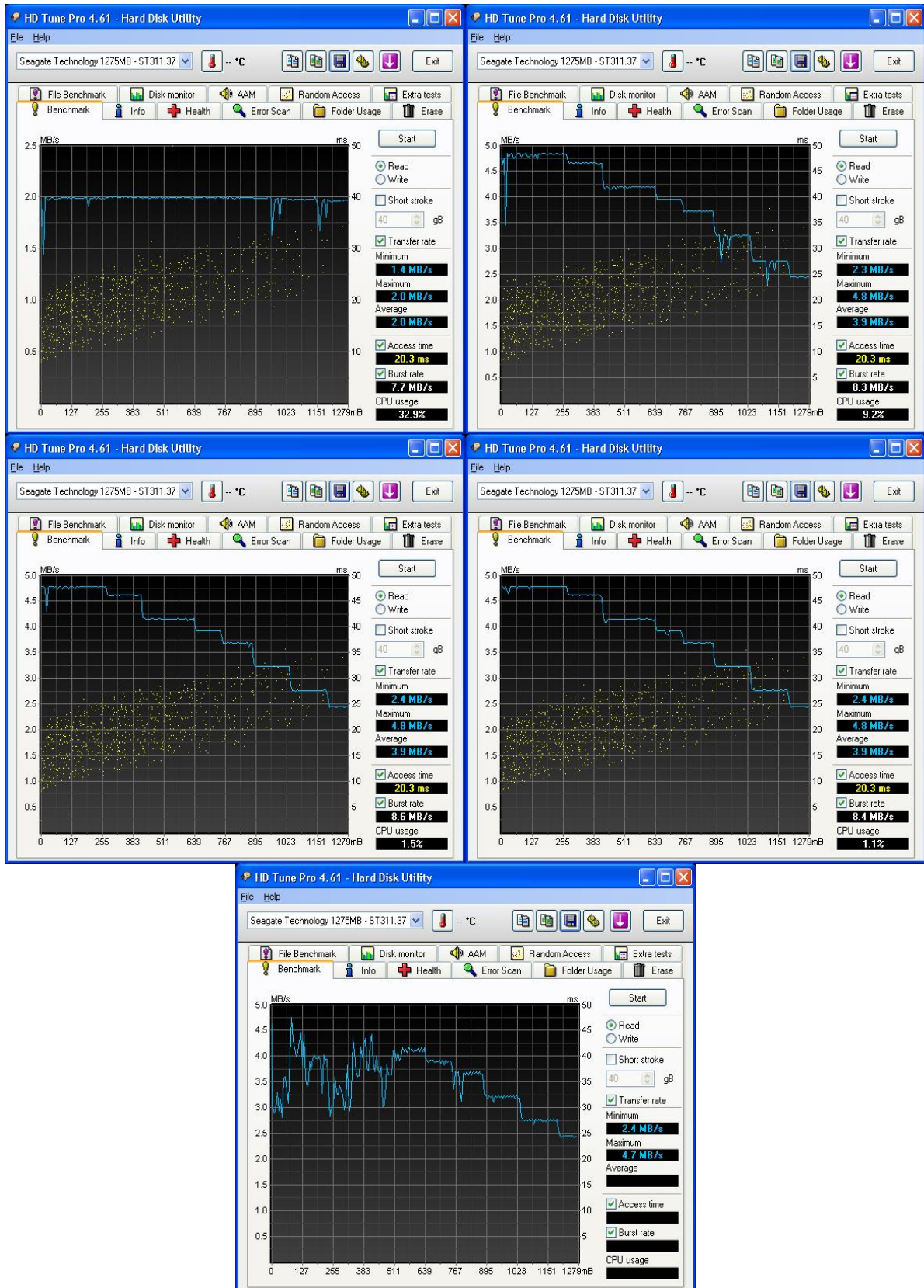
### 9.3.1 Seagate 1.2 GB



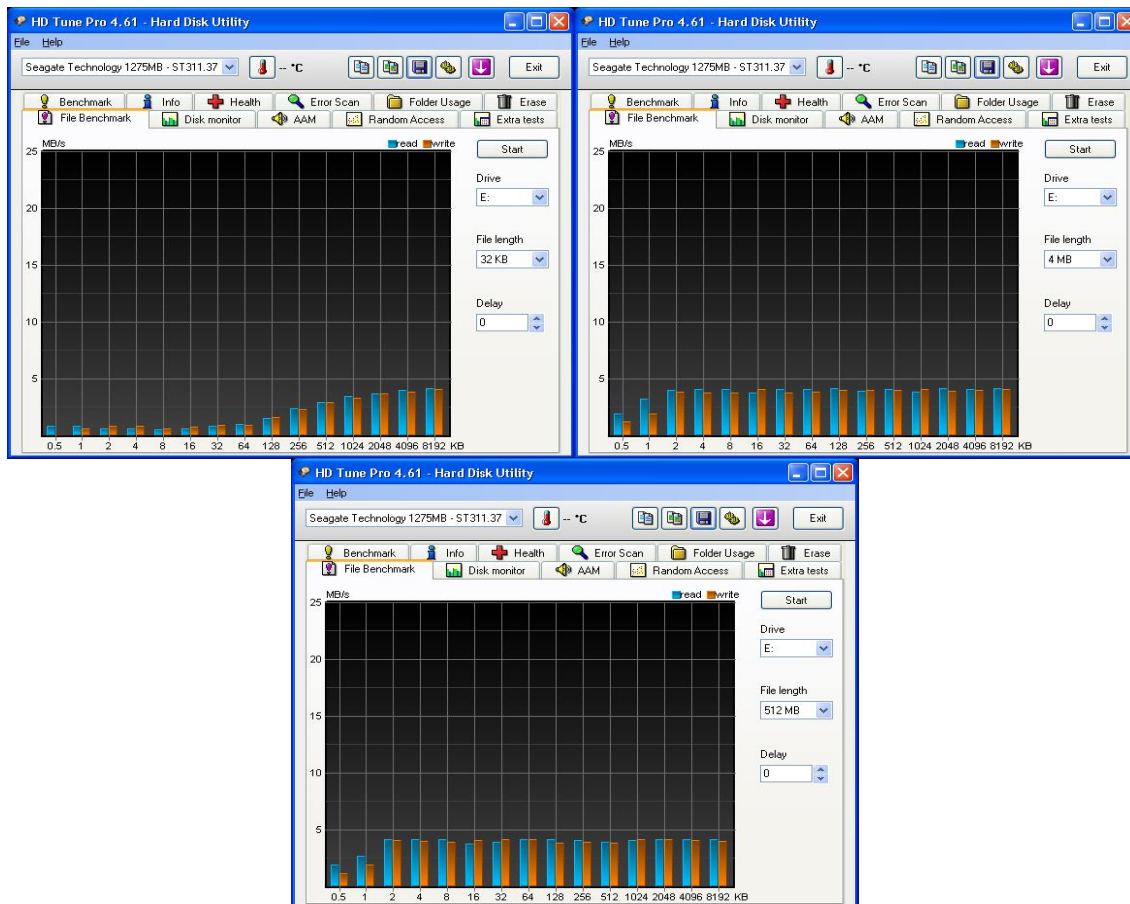
Obrázek 17 - Seagate 1,2 GB

Tabulka 3 - Parametry Seagate 1.2 GB

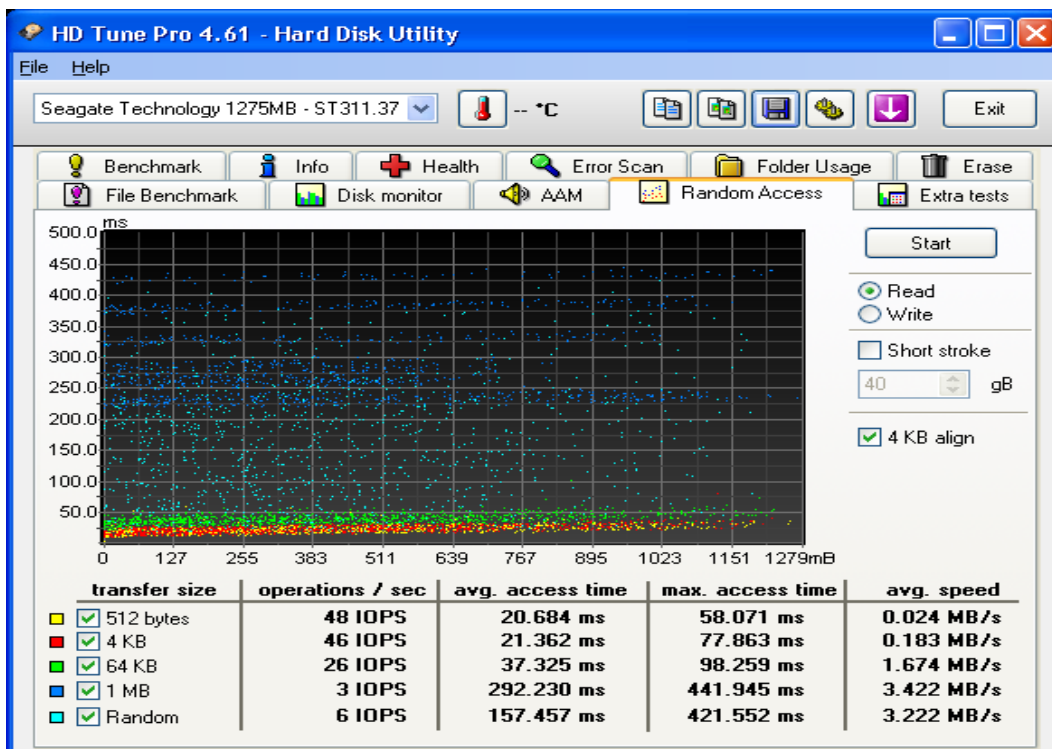
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	1 222	<i>Počet cylindrů</i>	2 482
<i>Velikost [GB]</i>	1,2	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	4 500
<i>Rozhraní</i>	Fast ATA-2	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovnávací paměť [KB]</i>	64	<i>Rok výroby</i>	1995



Obrázek 18 - Seagate 1,2 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 19 - Seagate 1,2 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 20 - Seagate 1,2 GB Random Access

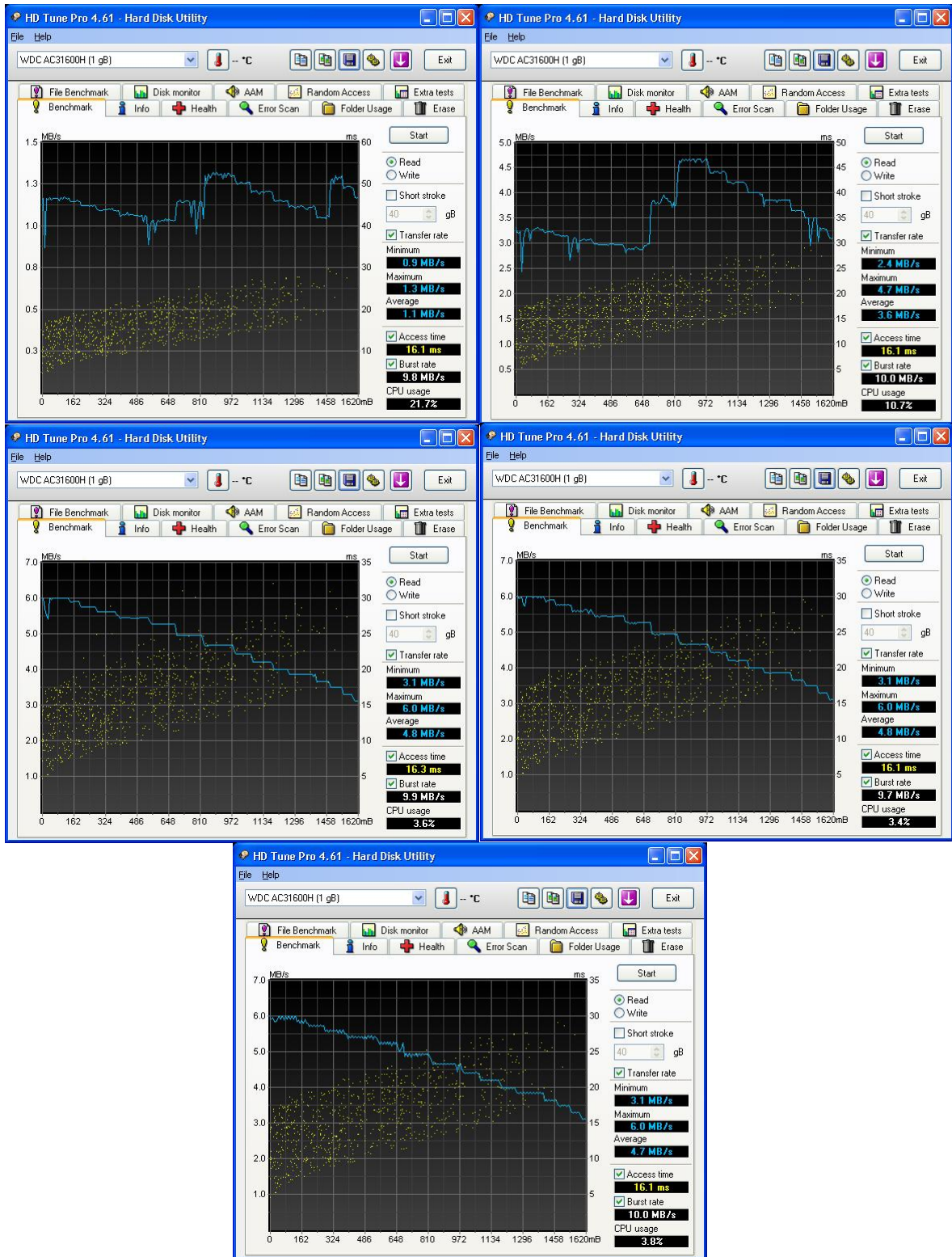
### 9.3.2 Western Digital 1,5 GB



Obrázek 21 - Western Digital 1,5 GB

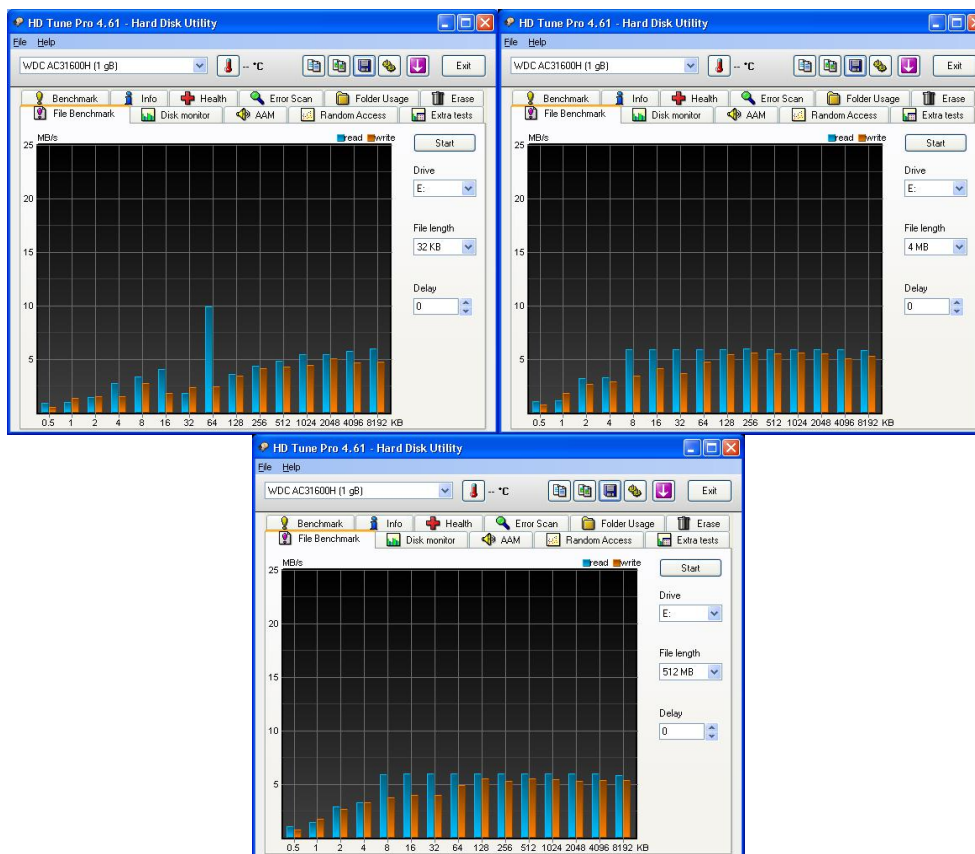
Tabulka 4 - Parametry Western Digital 1,5 GB

<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	1 816	<i>Počet cylindrů</i>	3148
<i>Velikost [GB]</i>	1,5	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	5 200
<i>Rozhraní</i>	ATA	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	NE	<i>Bajtů/sektor</i>	600
<i>Vyrovnávací paměť [KB]</i>	128	<i>Rok výroby</i>	1996

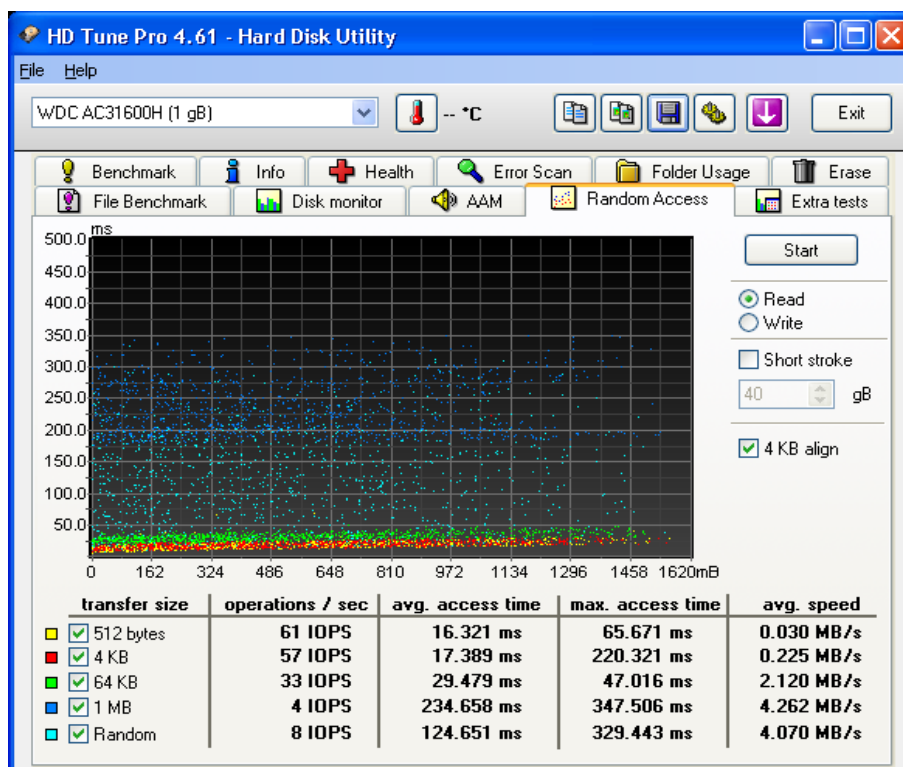


Obrázek 22 - Western Digital 1,5 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB





Obrázek 23 – Western Digital 1,5 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 24 – Western Digital 1,5 GB Random Access

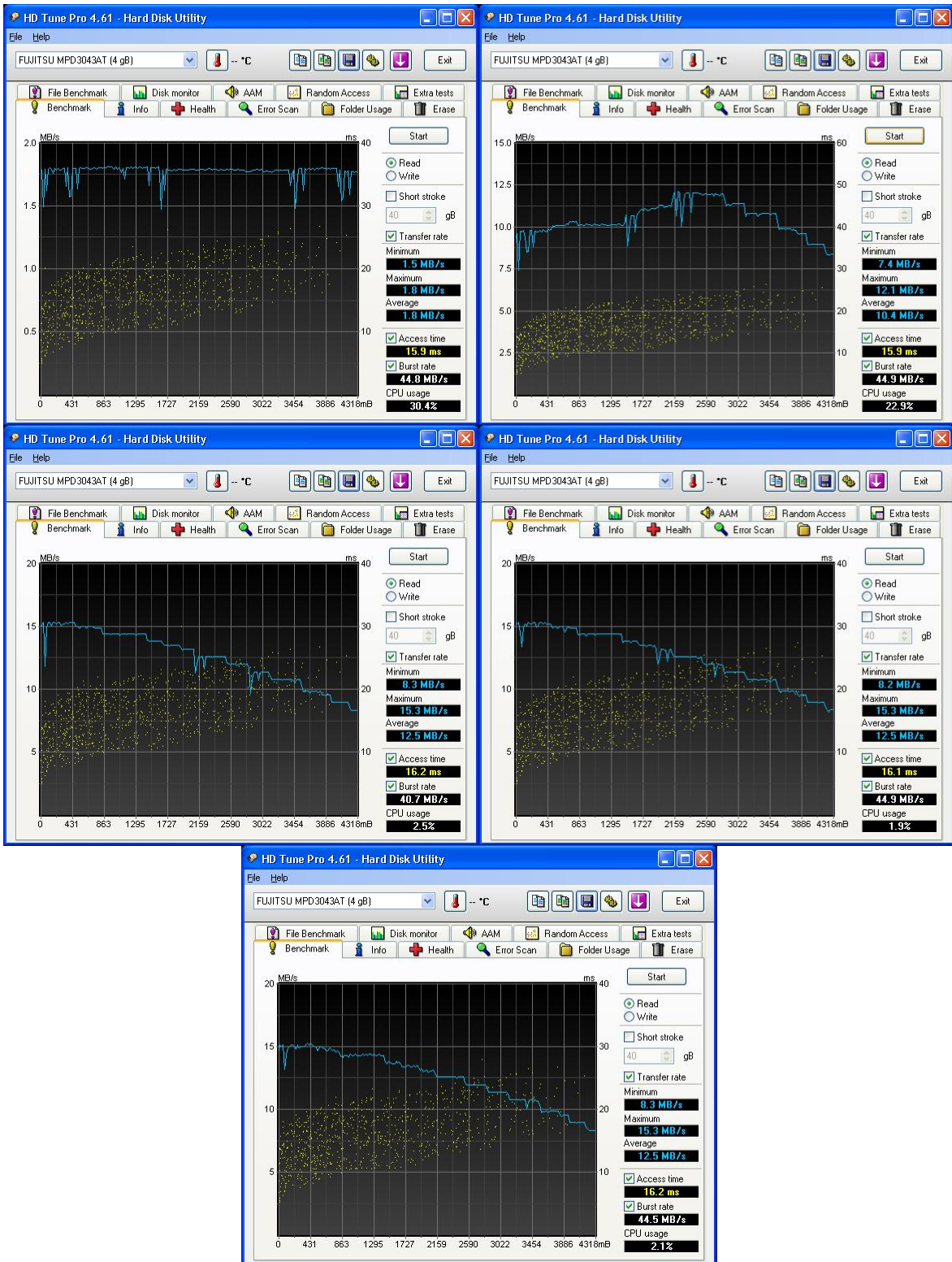
### 9.3.3 Fujitsu 4 GB



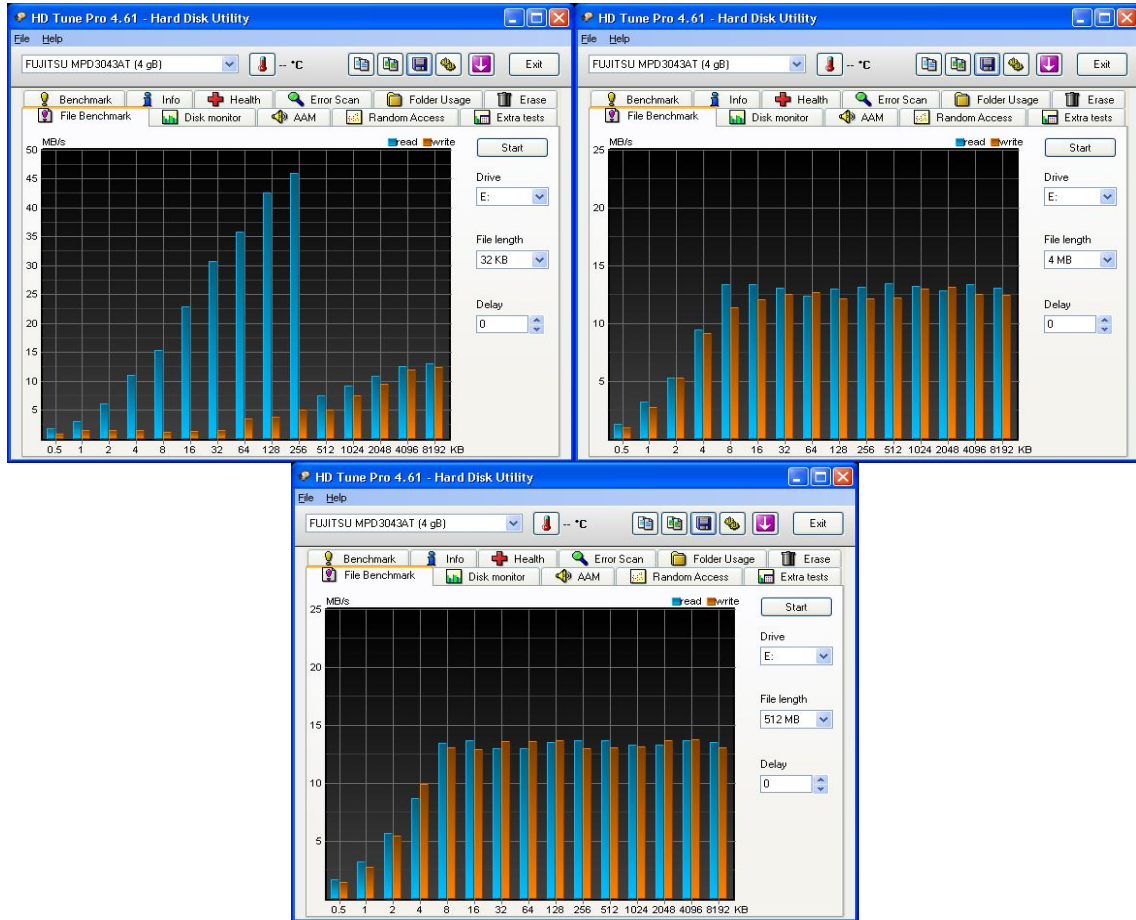
Obrázek 25 - Fujitsu 4 GB

Tabulka 5 - Parametry Fujitsu 4 GB

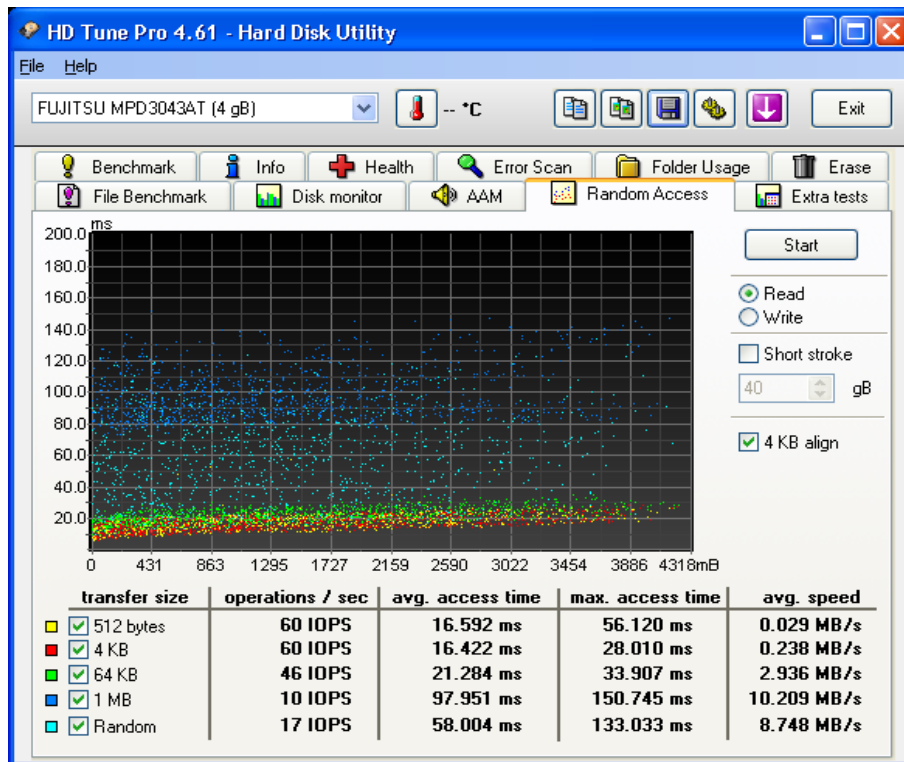
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	4 125	<i>Počet cylindrů</i>	8 940
<i>Velikost [GB]</i>	4	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	5 400
<i>Rozhraní</i>	Ultra ATA/33	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovňovací paměť [KB]</i>	512	<i>Rok výroby</i>	1999



Obrázek 26 - Fujitsu 4 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 27 - Fujitsu 4 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 28 - Fujitsu 4 GB Random Access

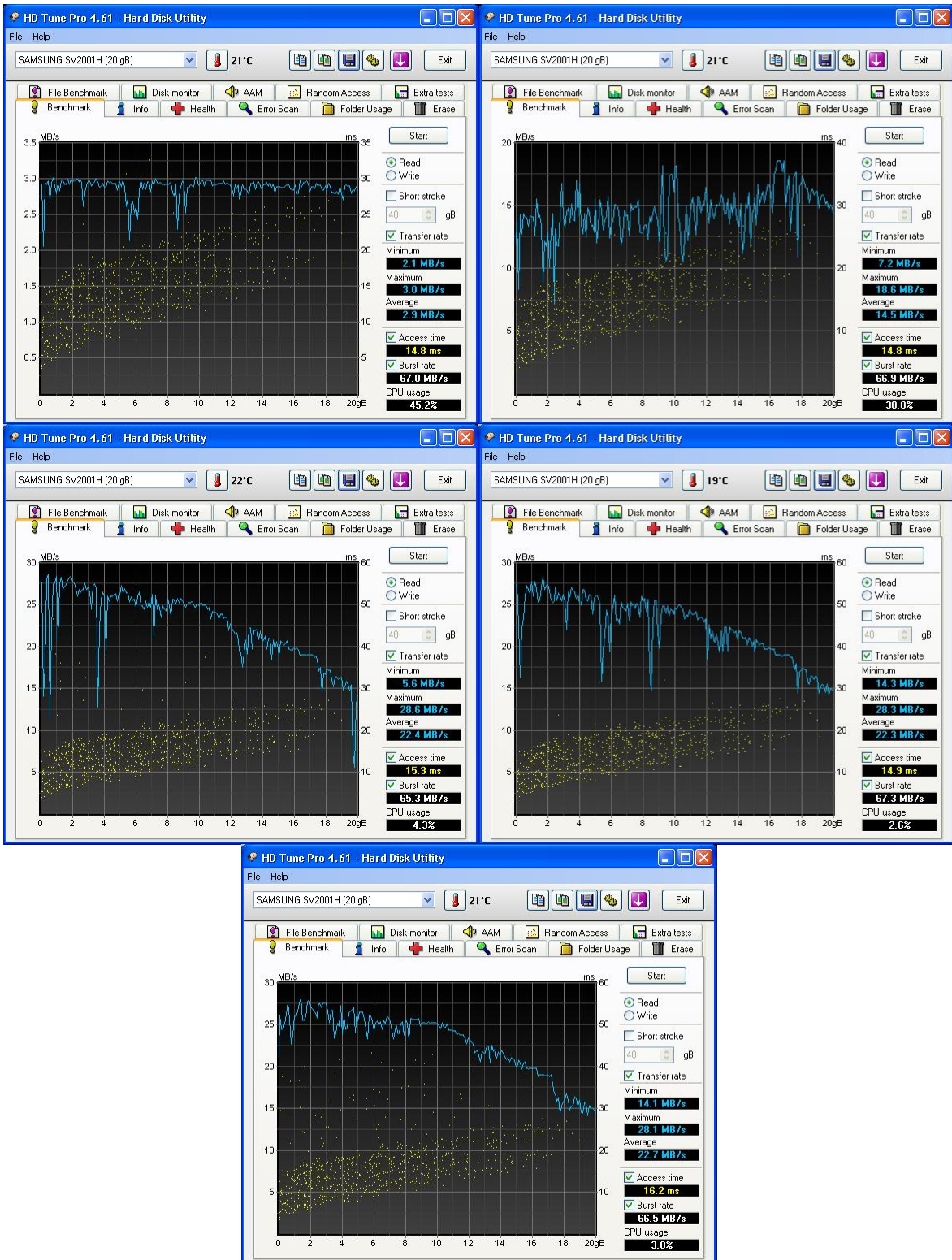
### 9.3.4 Samsung 20 GB



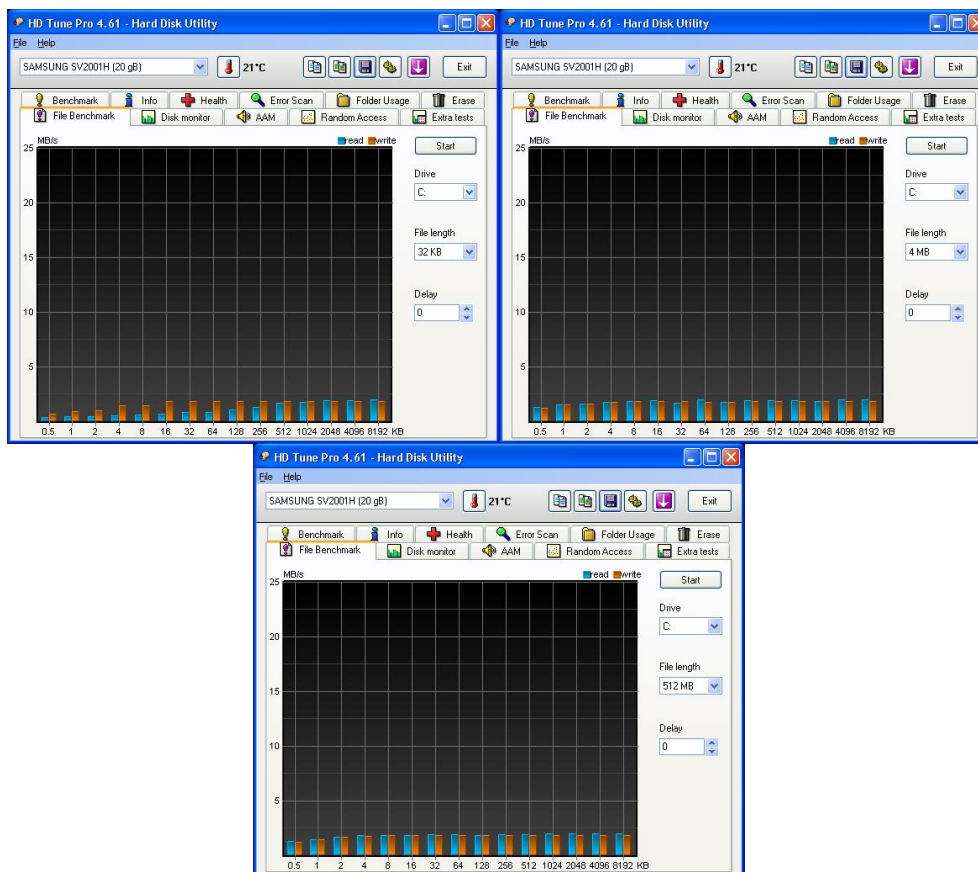
Obrázek 29 - Samsung 20 GB

Tabulka 6 - Parametry Samsung 20 GB

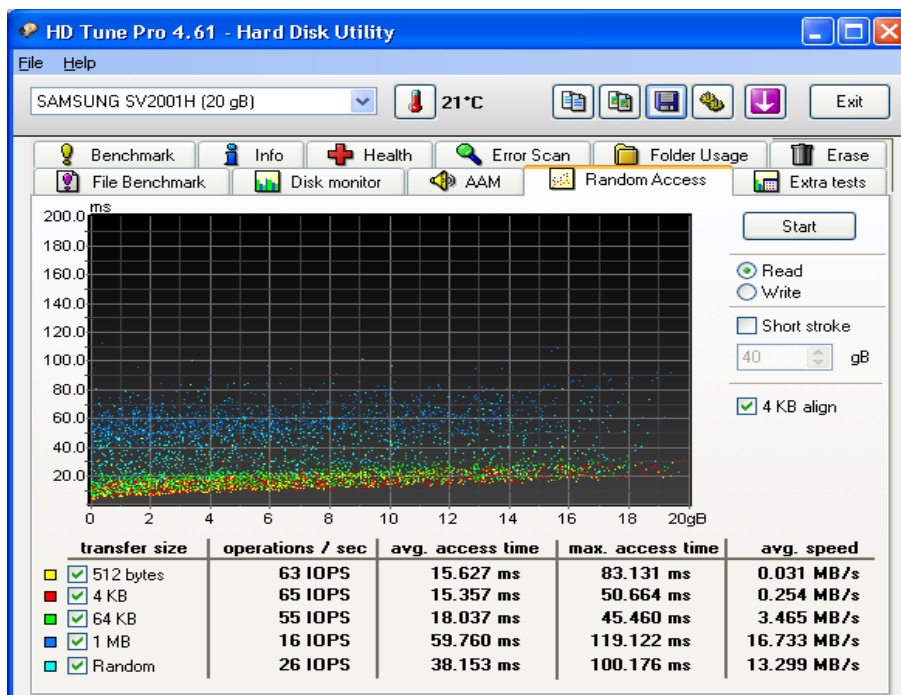
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	23 129	<i>Počet cylindrů</i>	38 869
<i>Velikost [GB]</i>	20	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	5 400
<i>Rozhraní</i>	Ultra ATA/100	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	619
<i>Vyrovňovací paměť [KB]</i>	1 945	<i>Roky výroby</i>	2001



Obrázek 30 - Samsung 20 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB

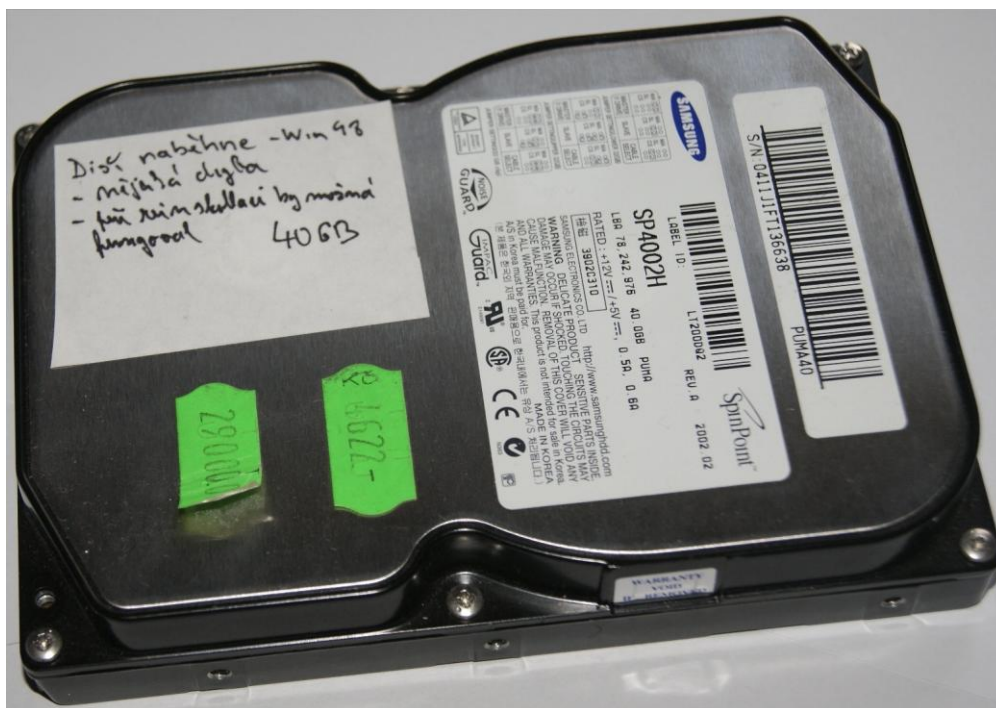


Obrázek 31 - Samsung 20 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 32 - Samsung 20 GB Random Access

### 9.3.5 Samsung 40 GB

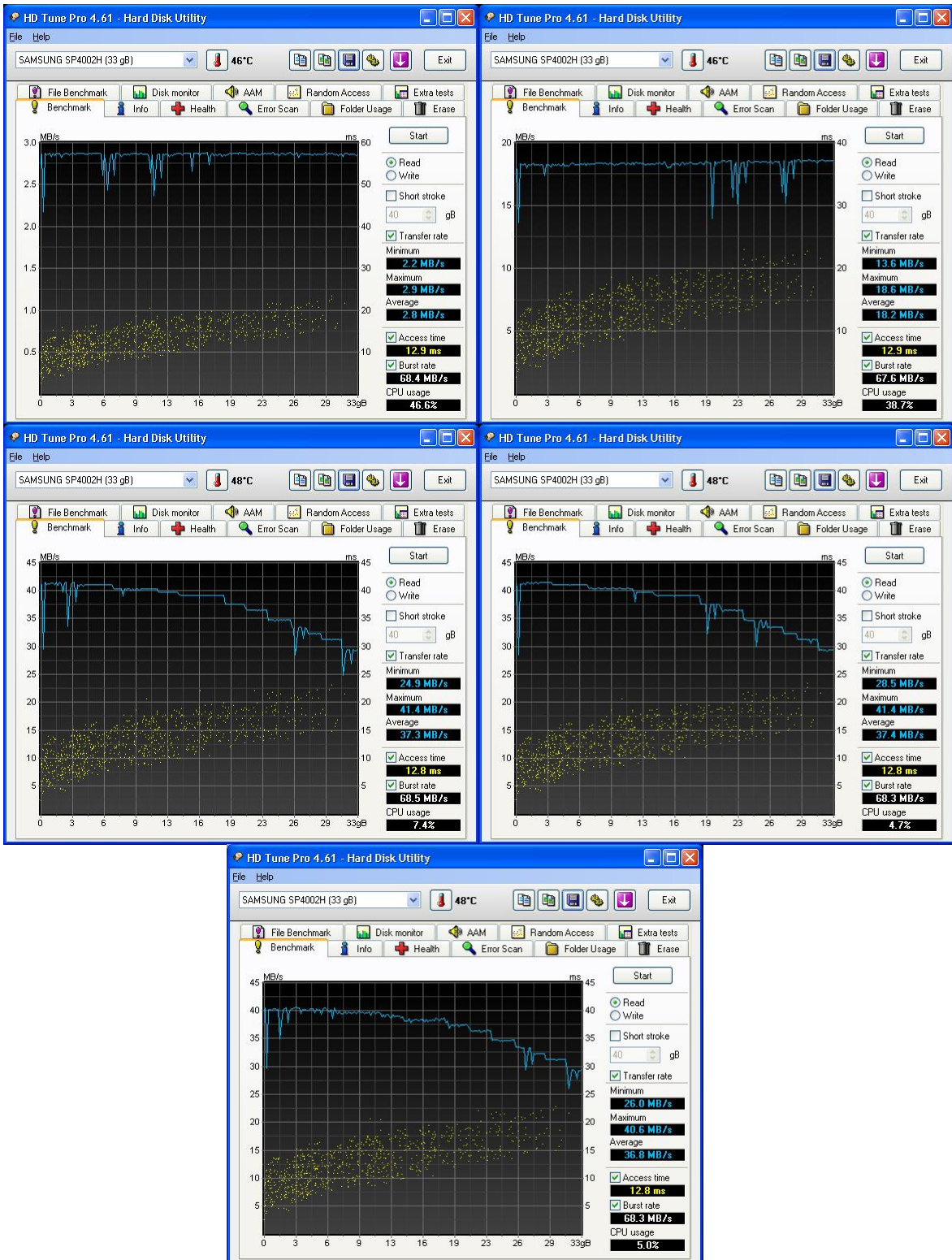


Obrázek 33 - Samsung 40 GB

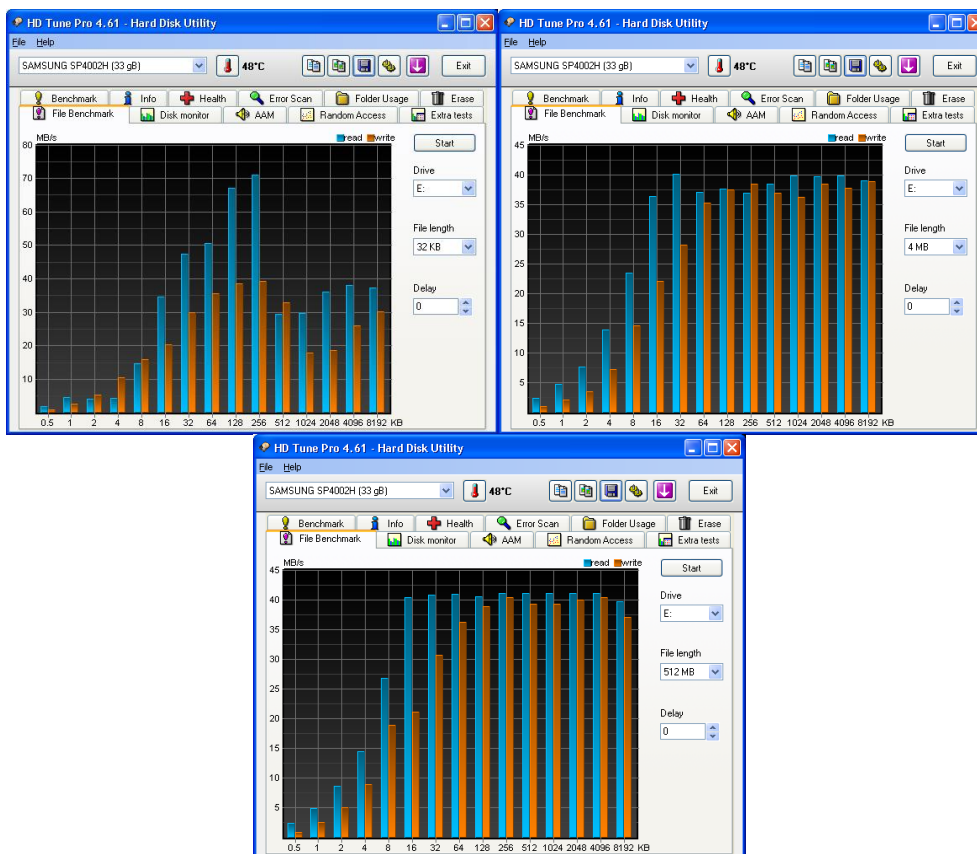
Tabulka 7 - Parametry Samsung 40 GB

<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	34 899	<i>Počet cylindrů</i>	65 531
<i>Velikost [GB]</i>	40	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	7 200
<i>Rozhraní</i>	Ultra-ATA/100	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	554
<i>Vyrovňovací paměť [KB]</i>	1 824	<i>Rok výroby</i>	2002

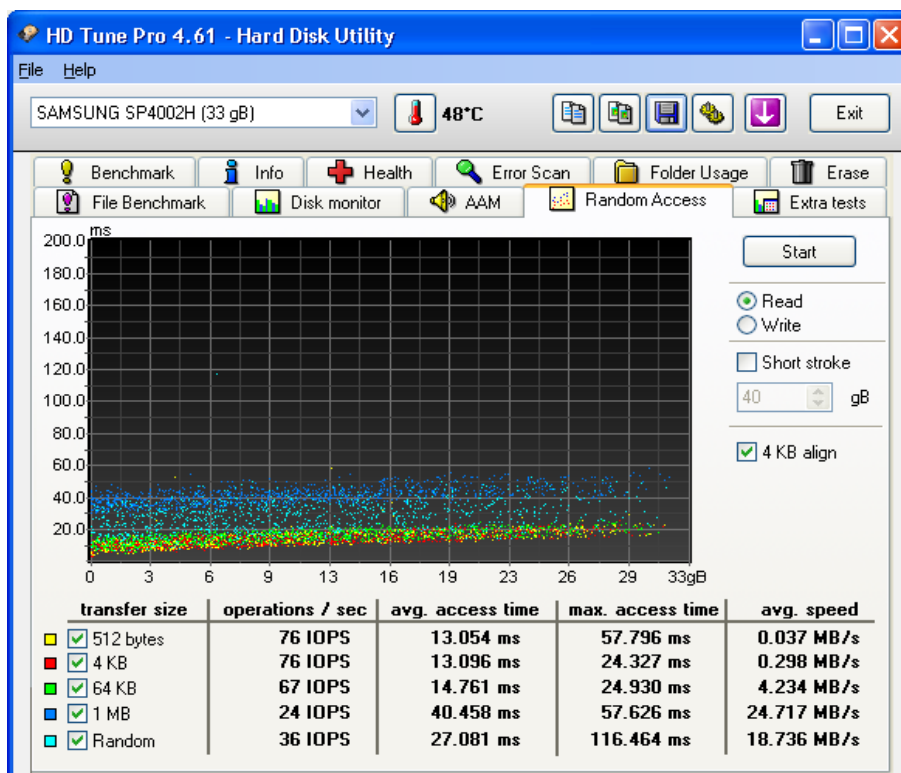




Obrázek 34 - Samsung 40 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 35 - Samsung 40 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 36 - Samsung 40 GB Random Access

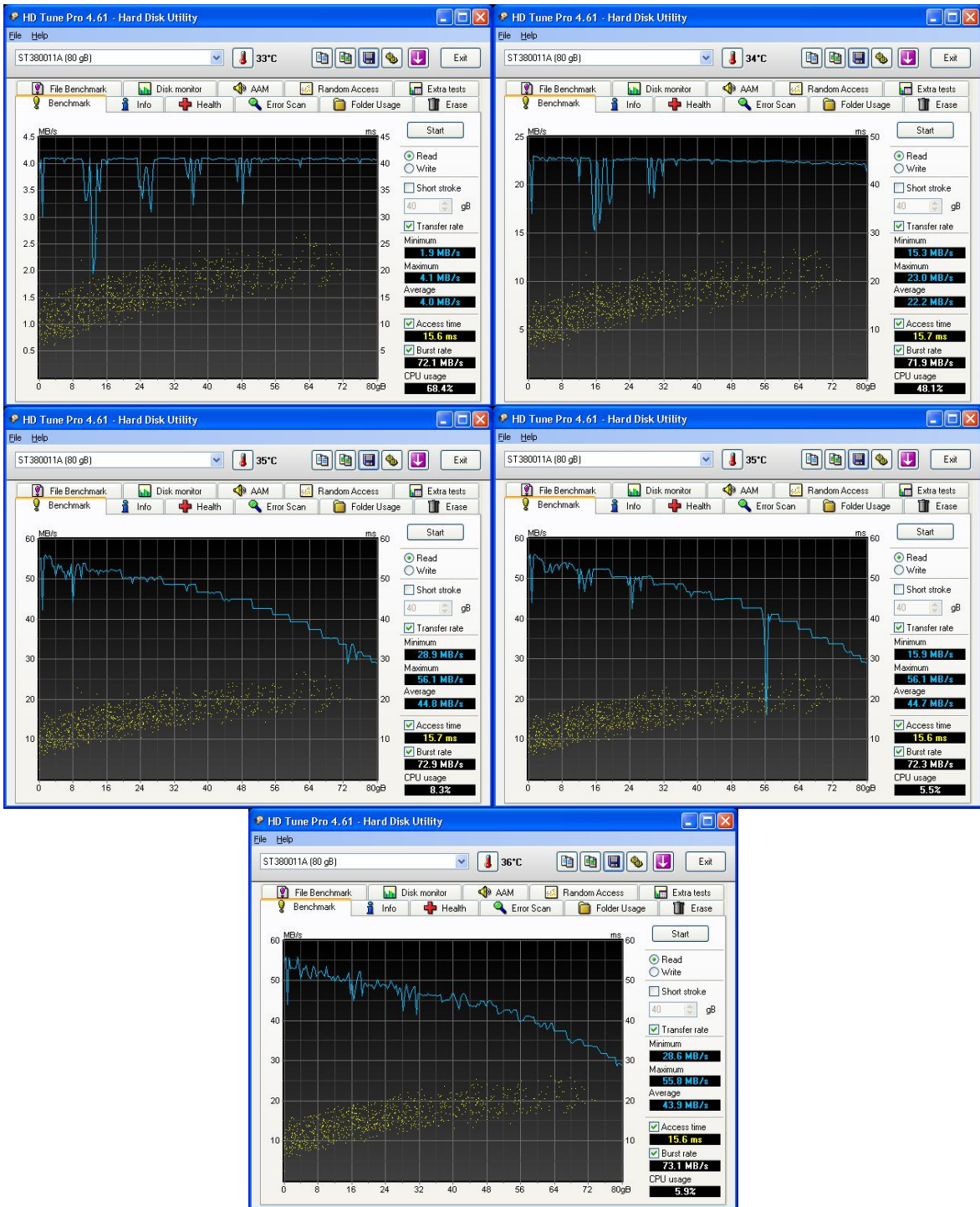
### 9.3.6 Seagate 80 GB



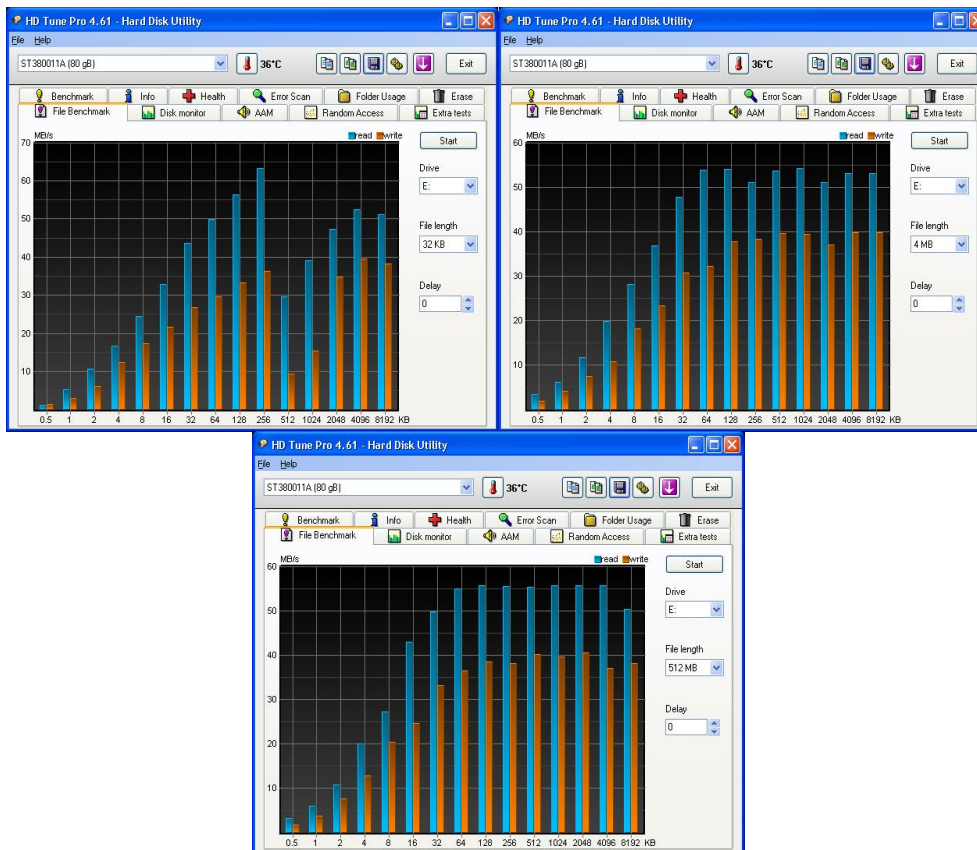
Obrázek 37 - Seagate 80 GB

Tabulka 8 - Parametry Seagate 80 GB

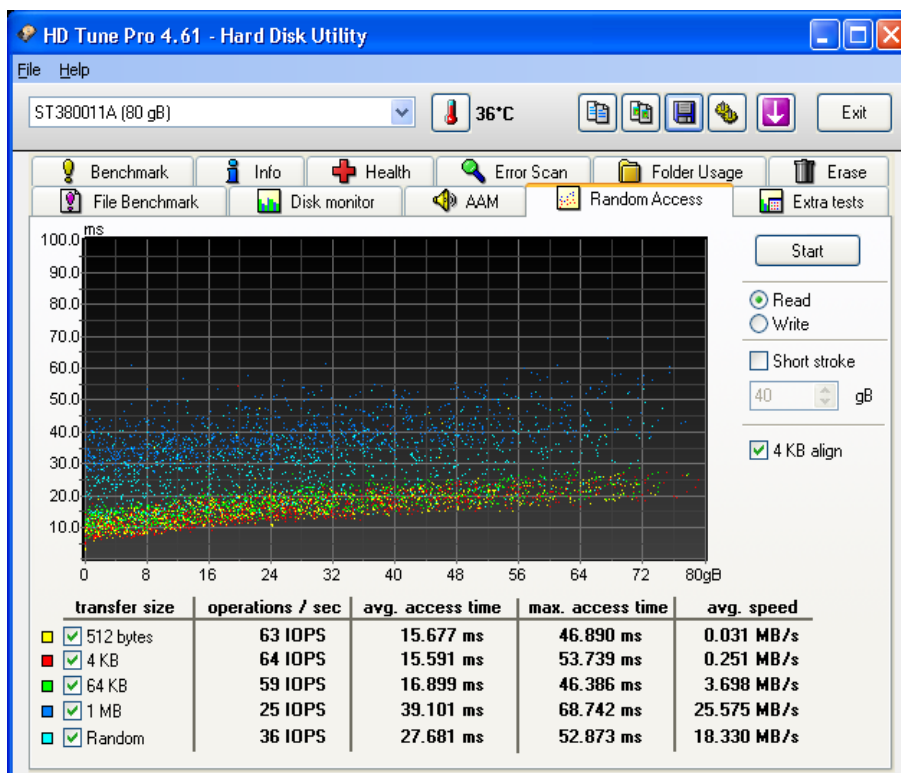
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	76 319	<i>Počet cylindrů</i>	155 061
<i>Velikost [GB]</i>	80	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	7 200
<i>Rozhraní</i>	Ultra-ATA/100	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovnávací paměť [MB]</i>	2	<i>Rok výroby</i>	2005



Obrázek 38 - Seagate 80 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 40 - Seagate 80 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 39 - Seagate 80 GB Random Access

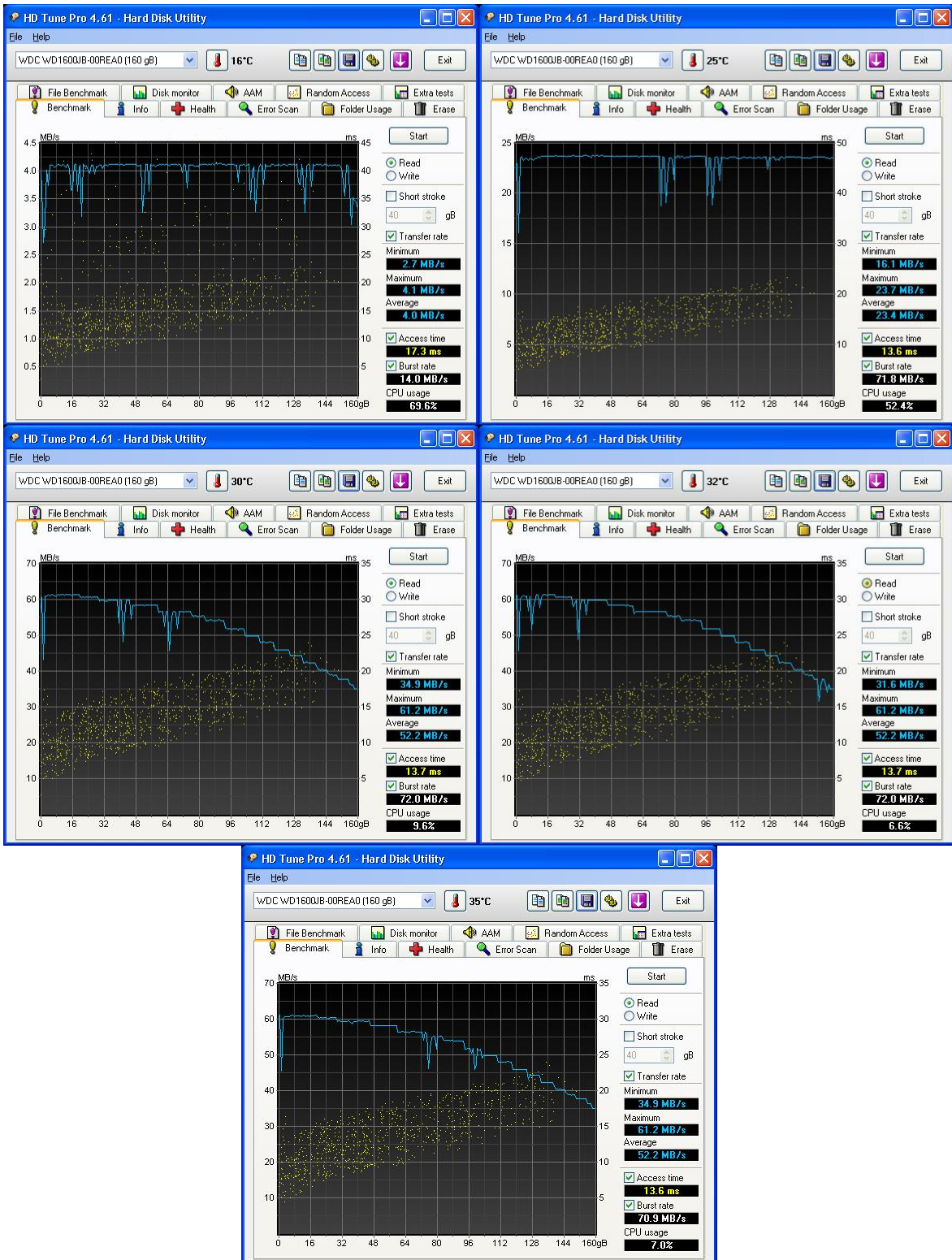
### 9.3.7 Western Digital 160 GB



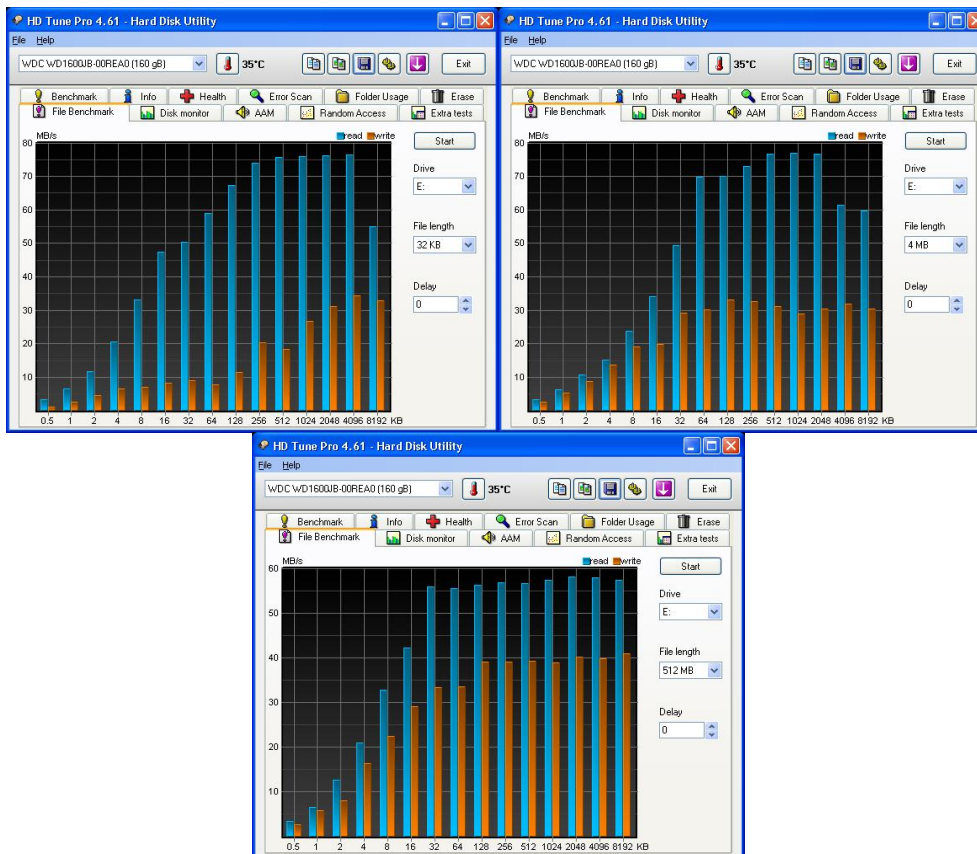
Obrázek 41 - Western Digital 160 GB

Tabulka 9 - Parametry Western Digital 160 GB

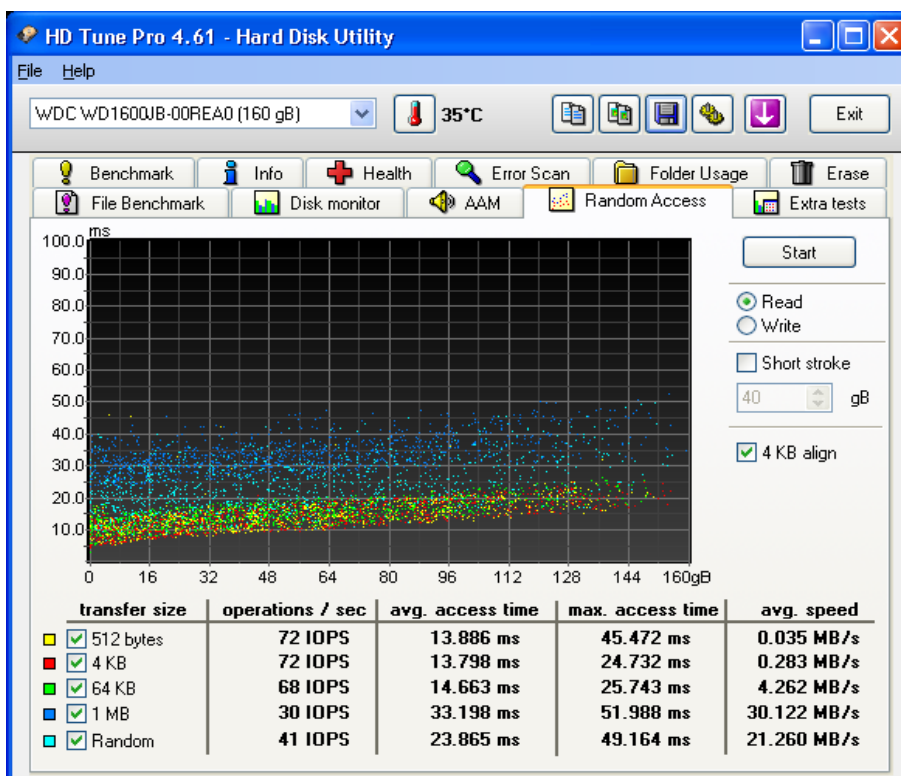
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	152 628	<i>Počet cylindrů</i>	310 101
<i>Velikost [GB]</i>	160	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	5 400
<i>Rozhraní</i>	Ultra-ATA/100	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovnávací paměť [MB]</i>	8	<i>Rok výroby</i>	2007



Obrázek 42 - Western Digital 160 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 43 - Western Digital 160 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 44 - Western Digital 160 GB Random Access



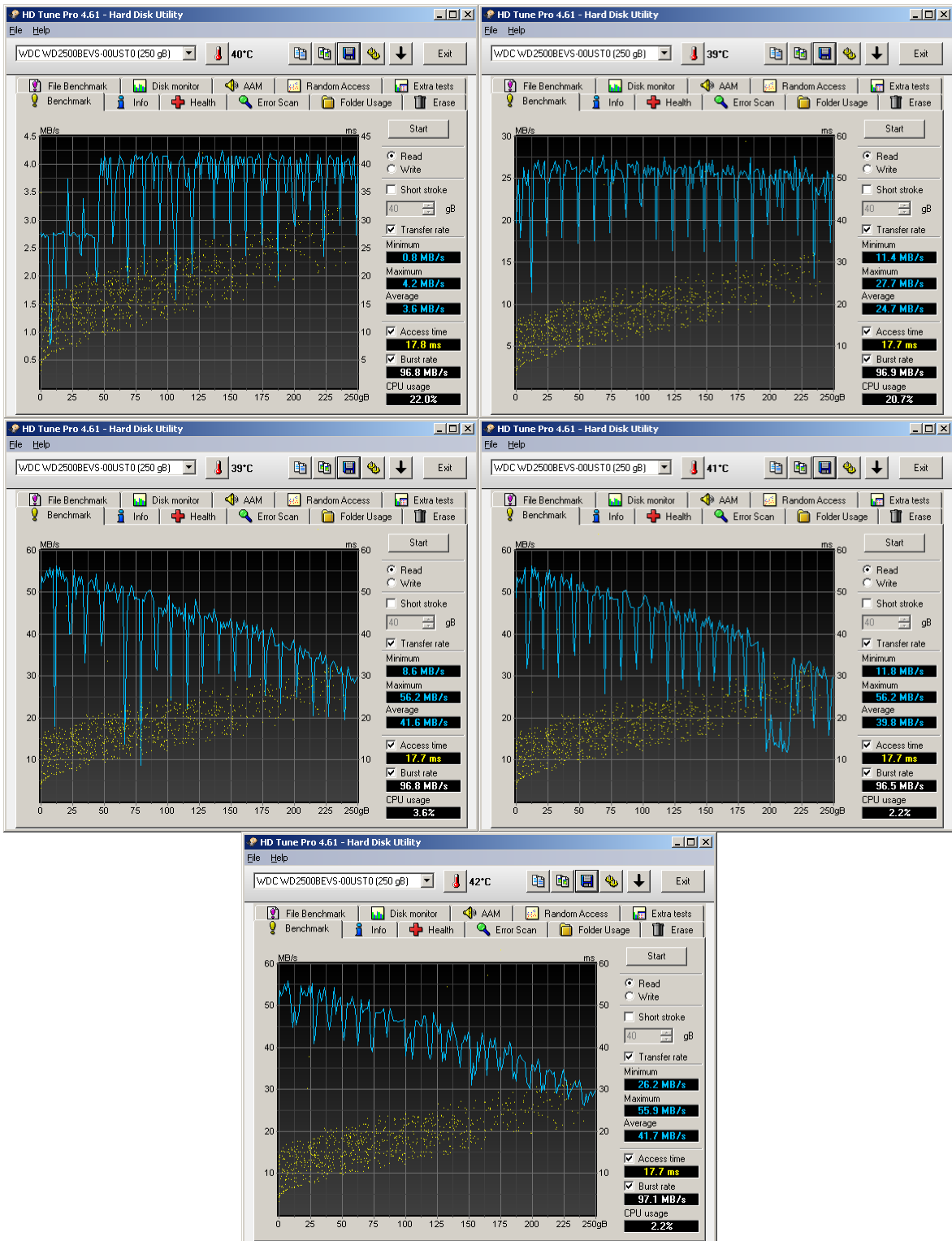
### 9.3.8 Western Digital 250 GB



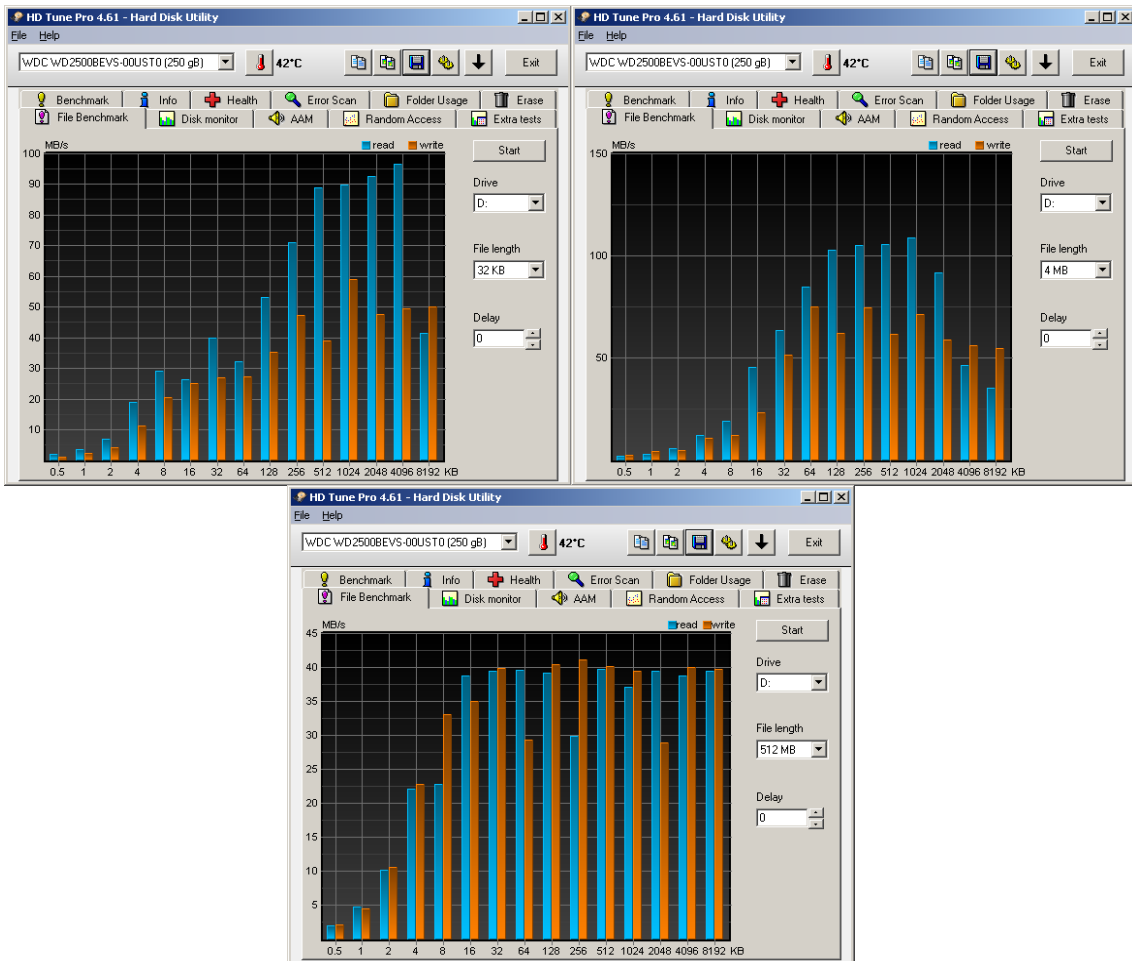
Obrázek 45 - Western Digital 250 GB [30]

Tabulka 10 - Parametry Western Digital 250 GB

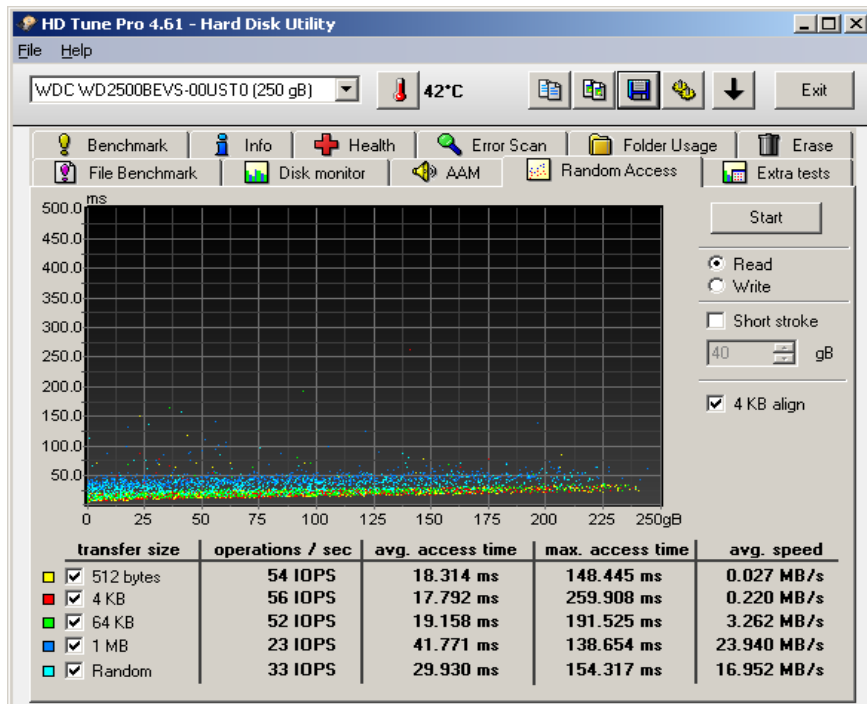
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	238 475	<i>Počet cylindrů</i>	484 521
<i>Velikost [GB]</i>	250	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	5 400
<i>Rozhraní</i>	SATA	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	2,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovnávací paměť [MB]</i>	8	<i>Rok výroby</i>	2008



Obrázek 46 - Western Digital 250 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 47 - Western Digital 250 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 48 - Western Digital 250 GB Random Access

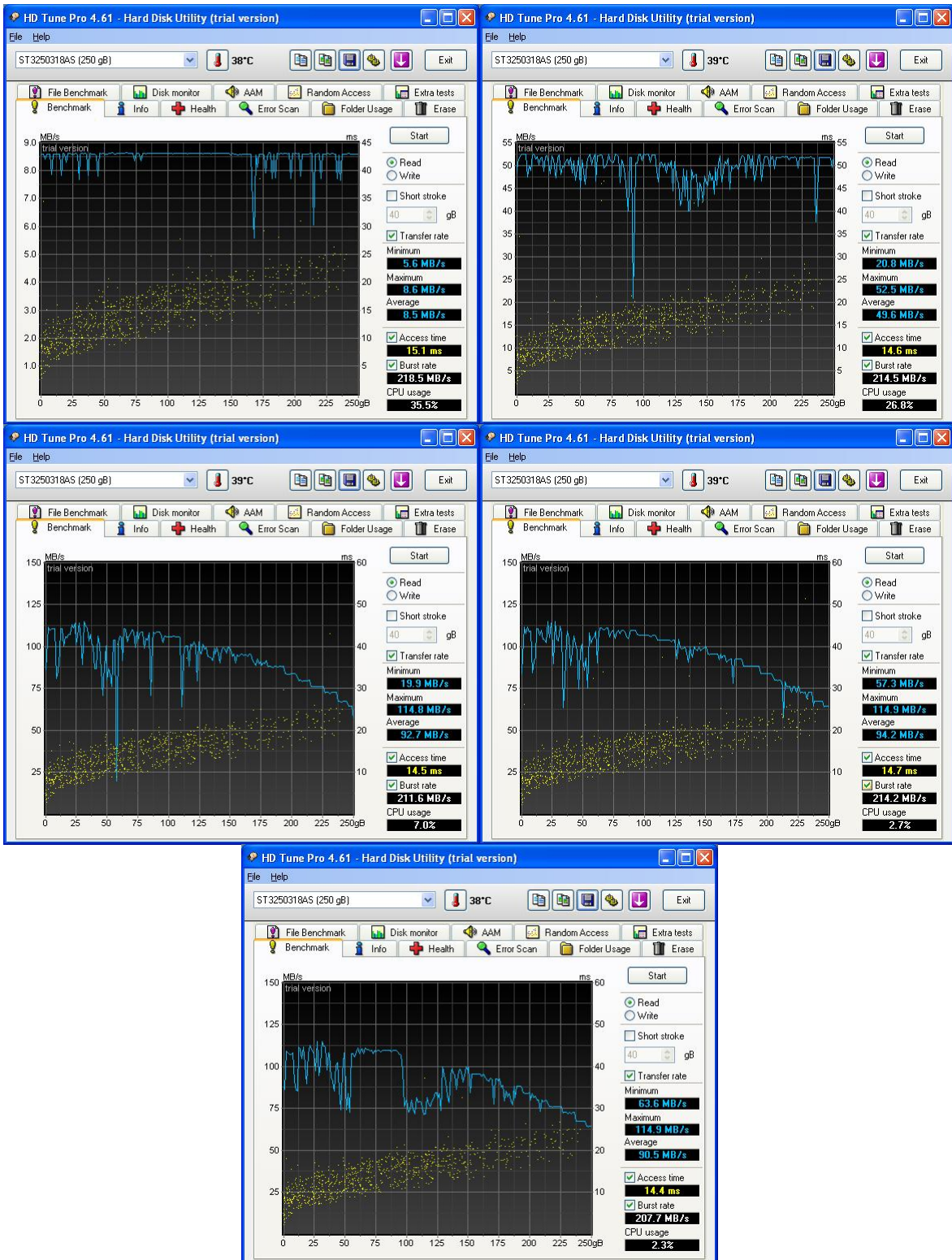
### 9.3.9 Seagate 250 GB



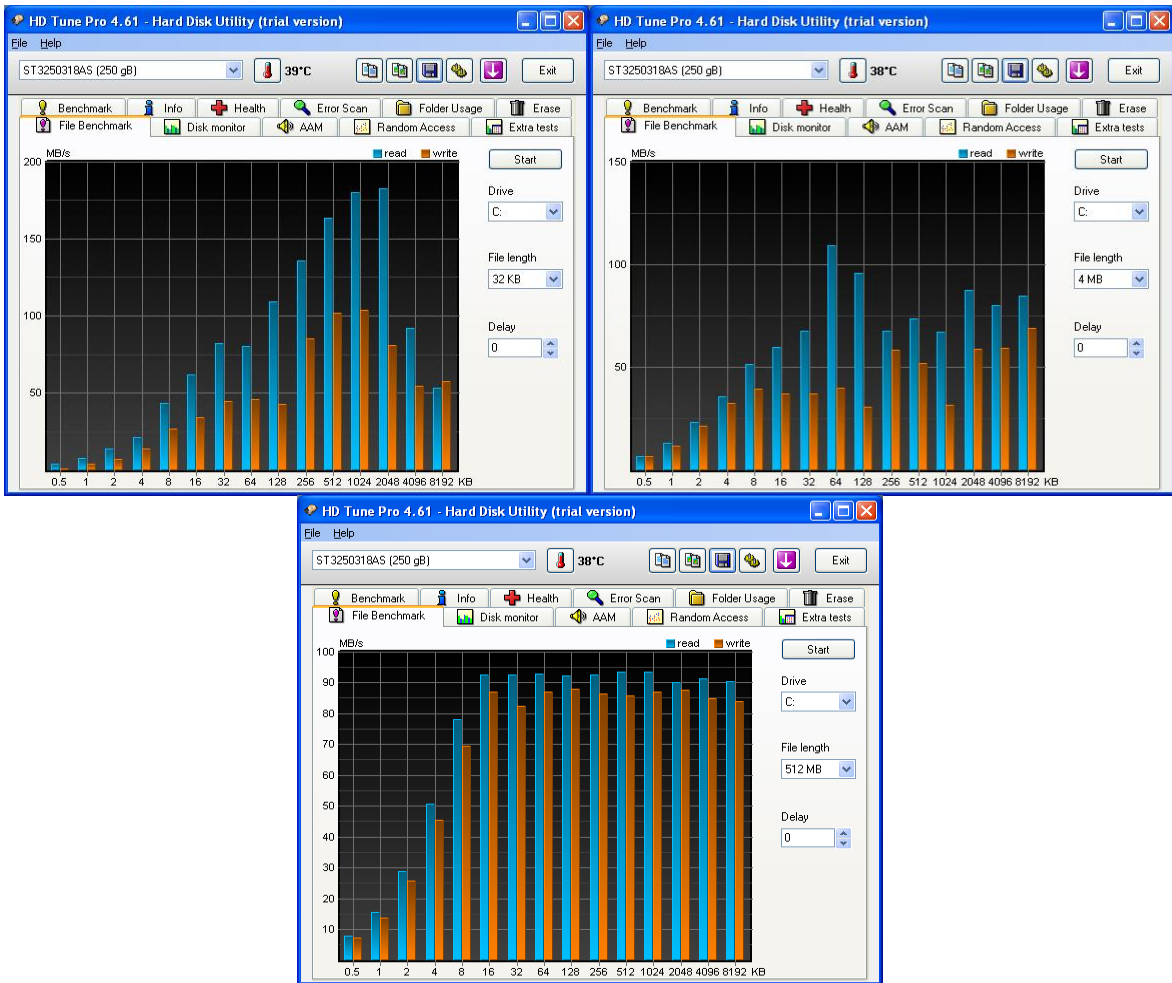
Obrázek 49 - Seagate 250 GB [31]

Tabulka 11 - Parametry Seagate 250 GB

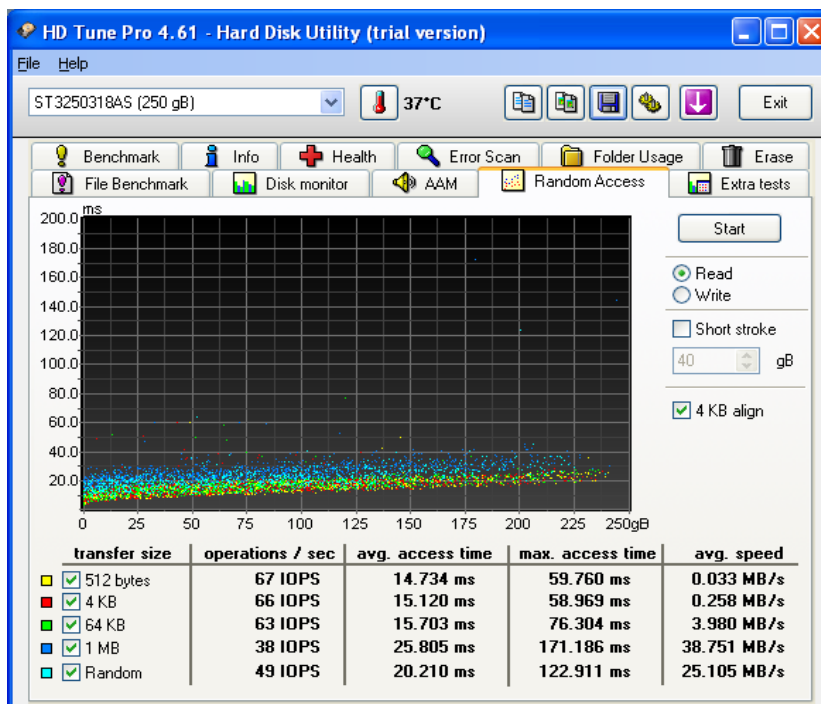
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	238 475	<i>Počet cylindrů</i>	484 521
<i>Velikost [GB]</i>	250	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	7 200
<i>Rozhraní</i>	SATA-II	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	3,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovňovací paměť [MB]</i>	8	<i>Rok výroby</i>	2009



Obrázek 50 - Seagate 250 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 51 - Seagate 250 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 52 - Seagate 250 GB Random Access

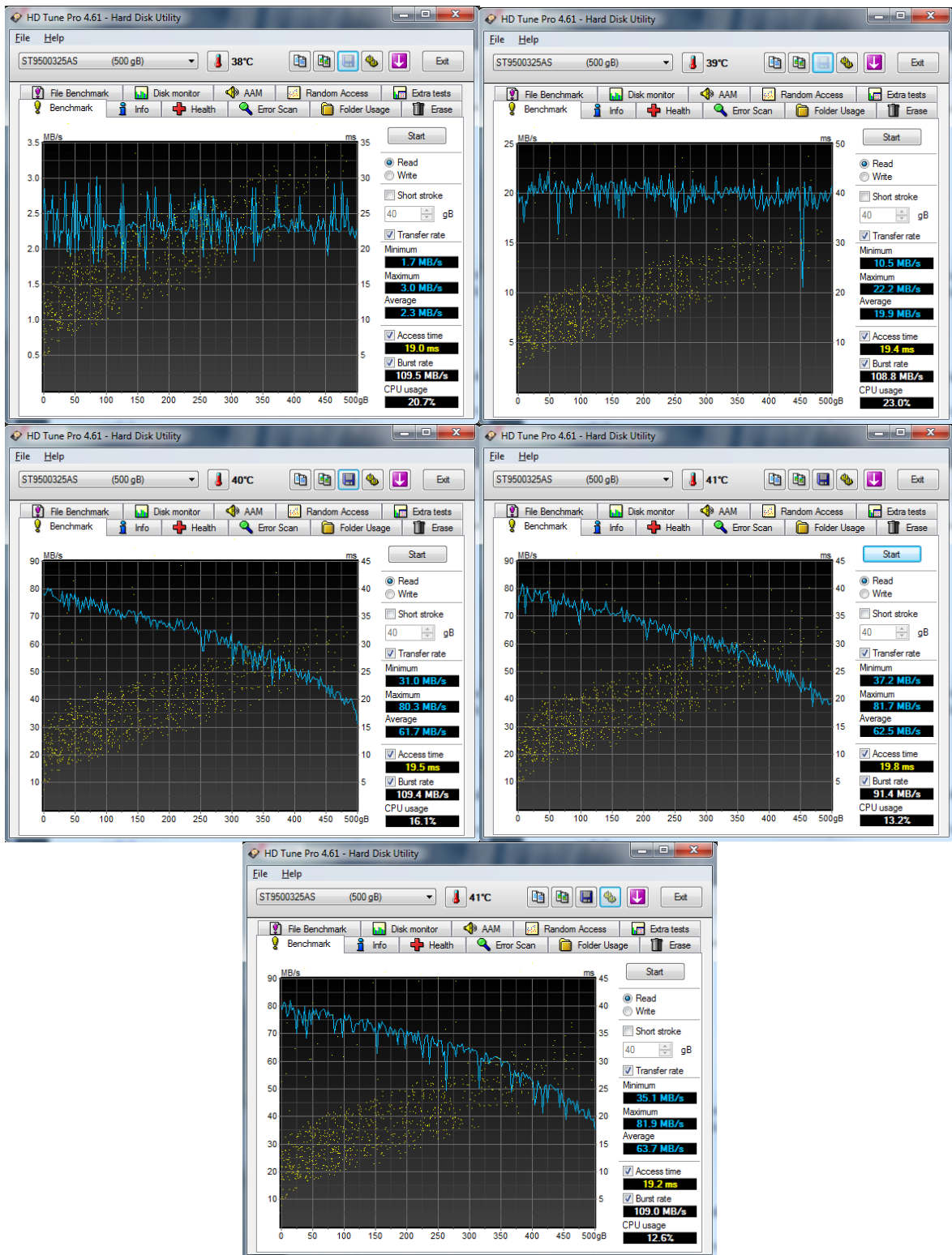
### 9.3.10 Seagate 500 GB



Obrázek 53 - Seagate 500 GB [32]

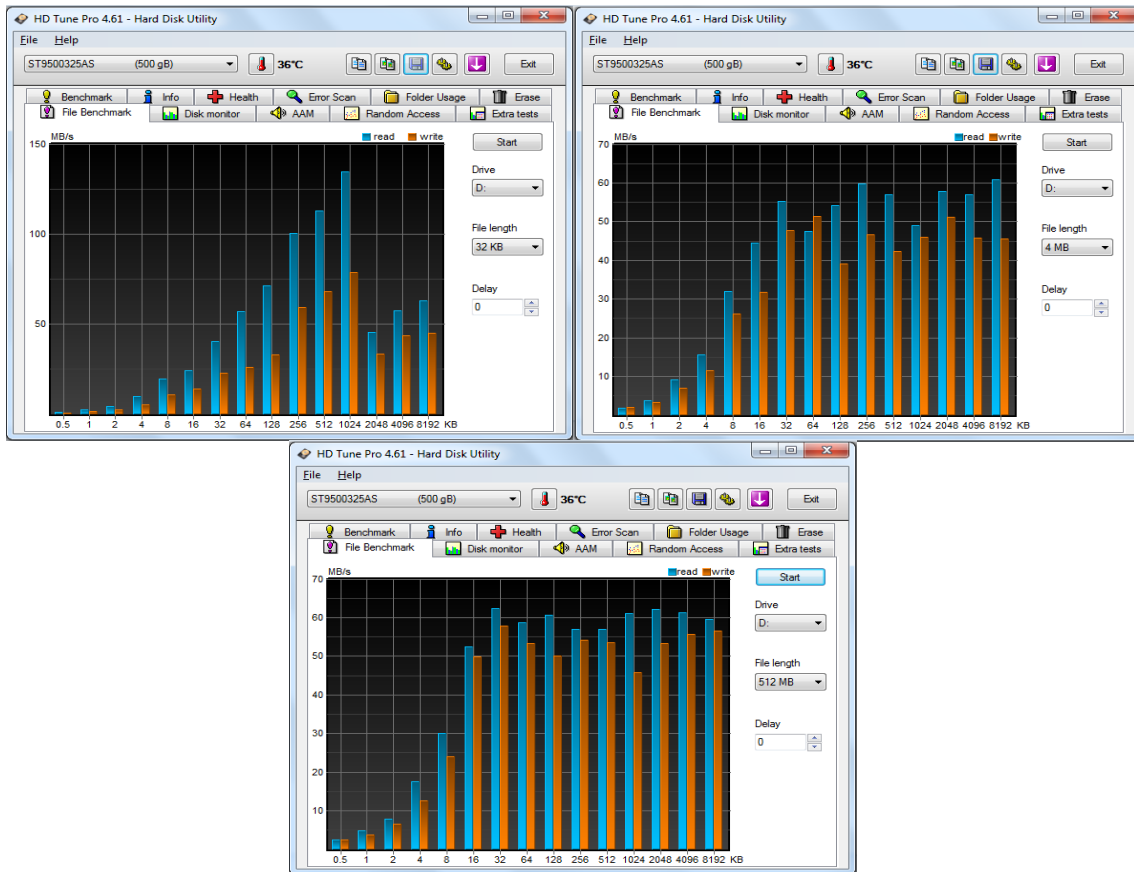
Tabulka 12 - Parametry Seagate 500 GB

<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	476 940	<i>Počet cylindrů</i>	969 021
<i>Velikost [GB]</i>	500	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	5 400
<i>Rozhraní</i>	SATA-II	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	2,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovňovací paměť [MB]</i>	8	<i>Rok výroby</i>	2008

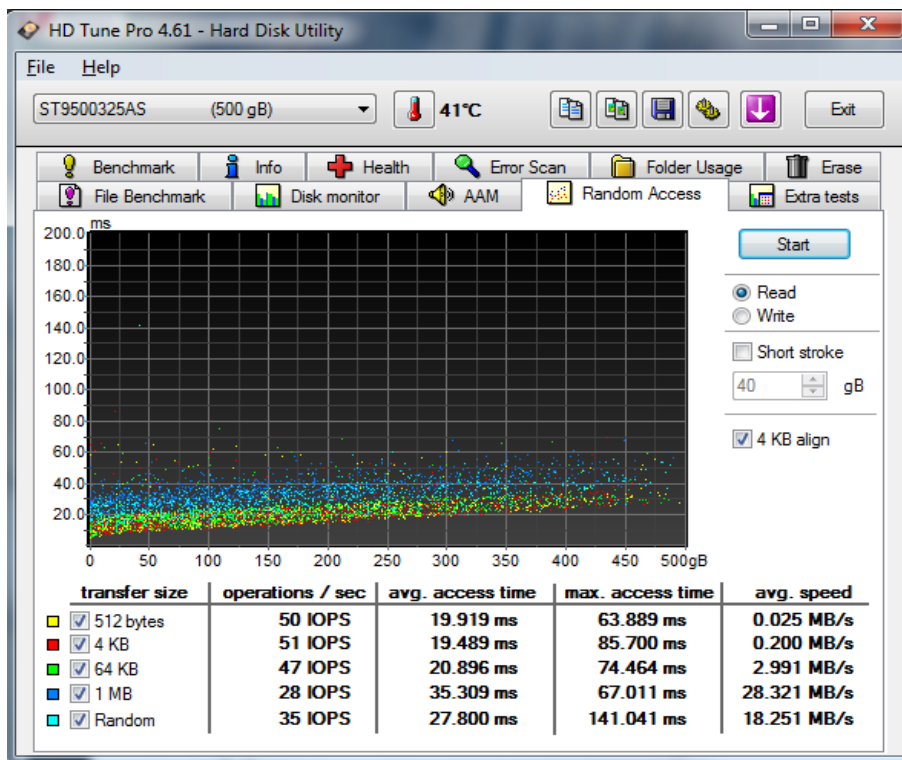


Obrázek 54 - Seagate 500 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB





Obrázek 55 - Seagate 500 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 56 - Seagate 500 GB Random Access

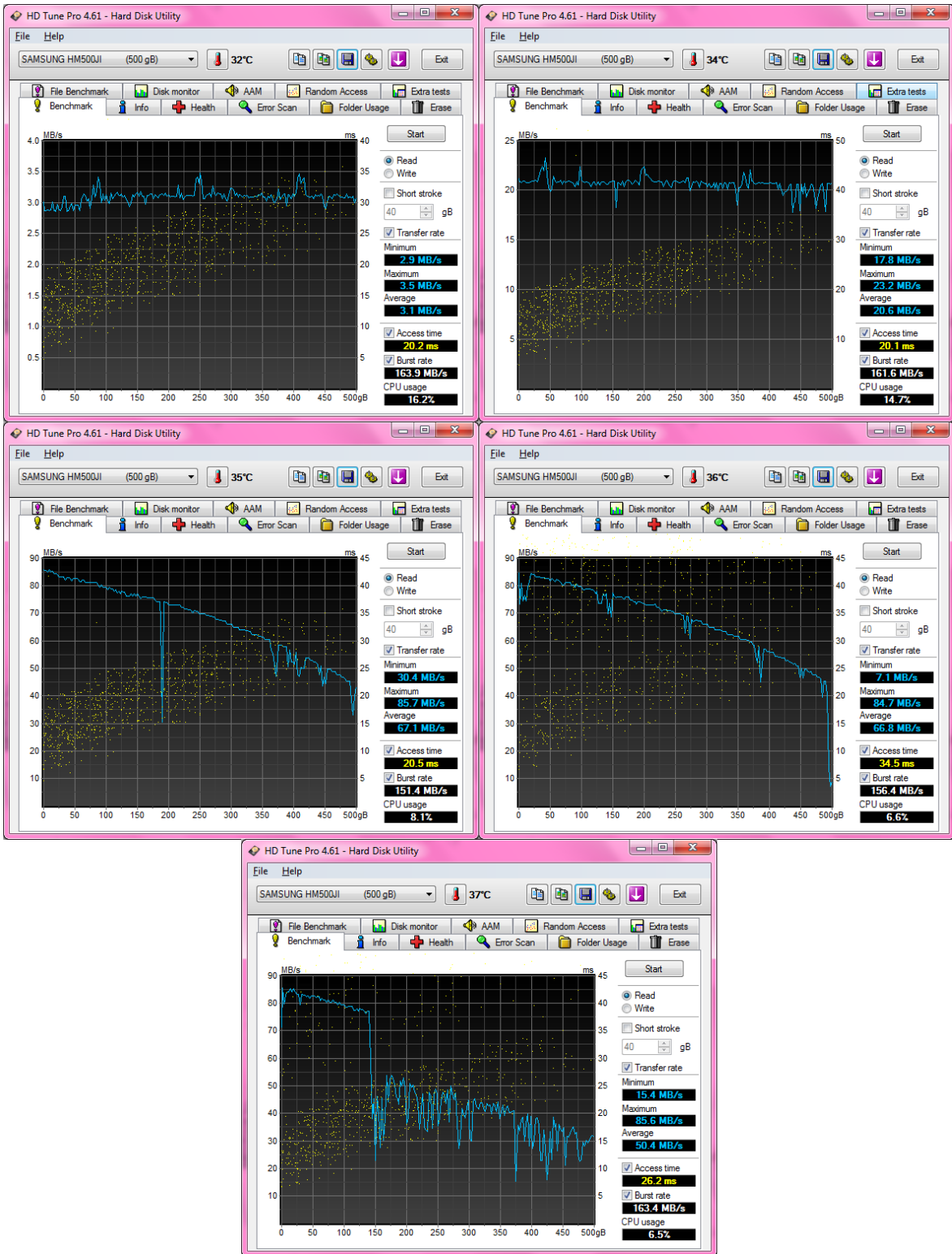
### 9.3.11 Samsung 500 GB



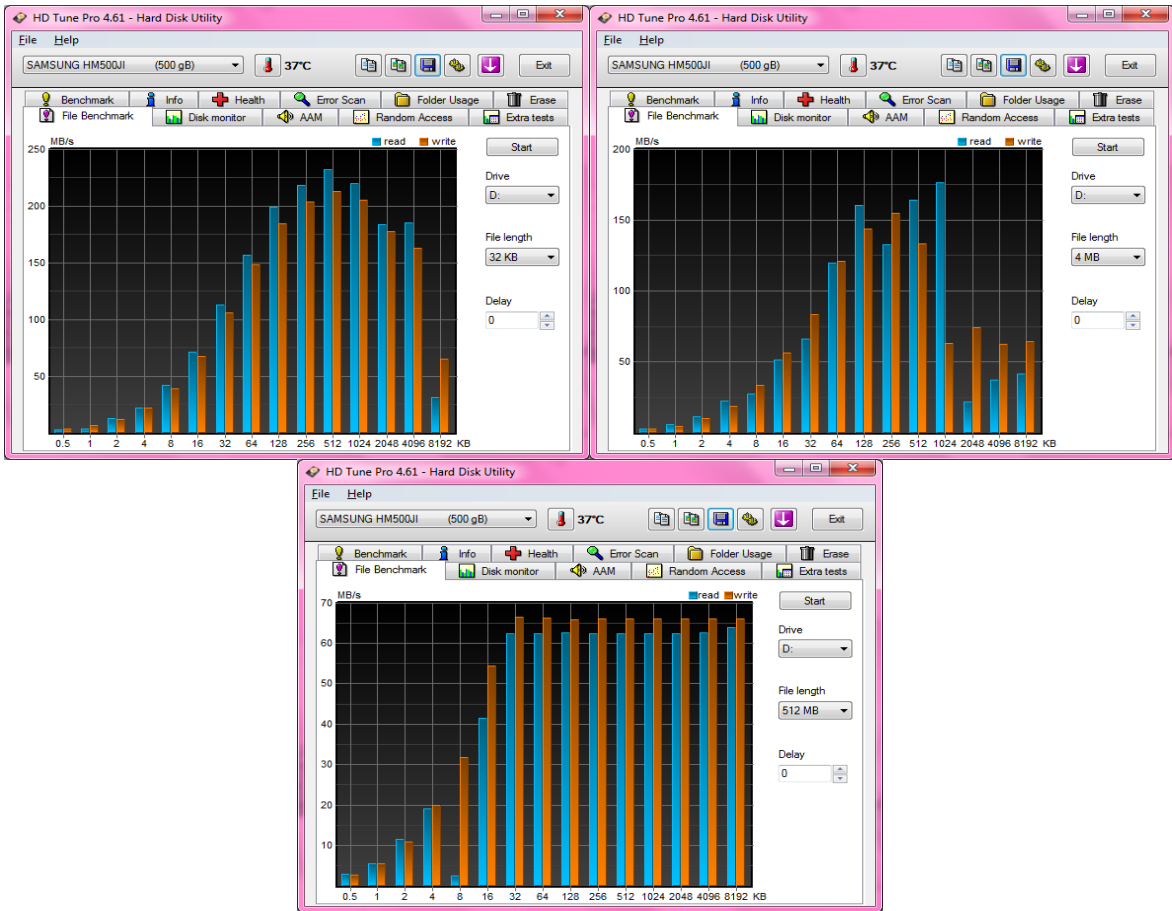
Obrázek 57 - Samsung 500 GB [33]

Tabulka 13 - Parametry Samsung 500 GB

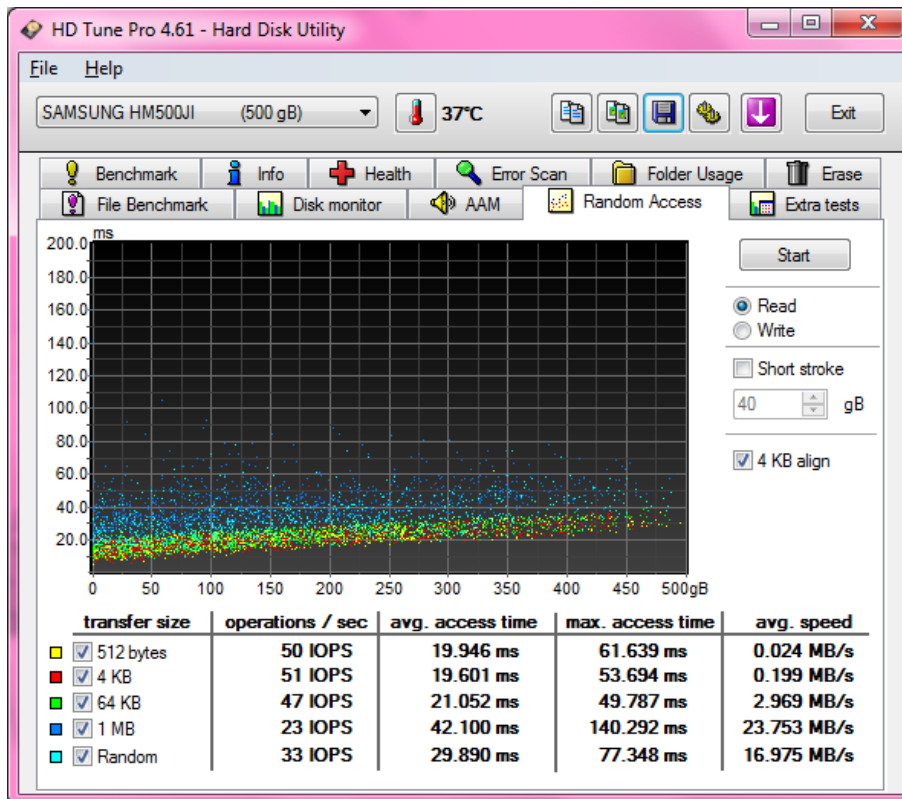
<i>Neformátovaná kapacita [MB]</i>	476 940	<i>Počet cylindrů</i>	969 021
<i>Velikost [GB]</i>	500	<i>Rychlost otáčení [RPM]</i>	5 400
<i>Rozhraní</i>	SATA-II	<i>Velikostní faktor [palců]</i>	2,5
<i>Podpora SMART</i>	ANO	<i>Bajtů/sektor</i>	512
<i>Vyrovňovací paměť [MB]</i>	8	<i>Rok výroby</i>	2008



Obrázek 58 - Samsung 500 GB Benchmark 512 B, 4 KB, 64 KB, 1 MB, 8 MB



Obrázek 59 - Samsung 500 GB File Benchmark 32 KB, 4 MB, 512 MB



Obrázek 60 - Samsung 500 GB Random Access

### 9.3.12 Shrnutí testů

V tabulce číslo 13 jsou uvedeny všechny testované pevné disky a jejich parametry. Některé parametry jsou zjištěné přímo z pevného disku, ale většina parametrů je vyhledána pomocí programu Everest Ultimate.

Tabulka 14 - Přehled testovaných disků a jejich parametrů

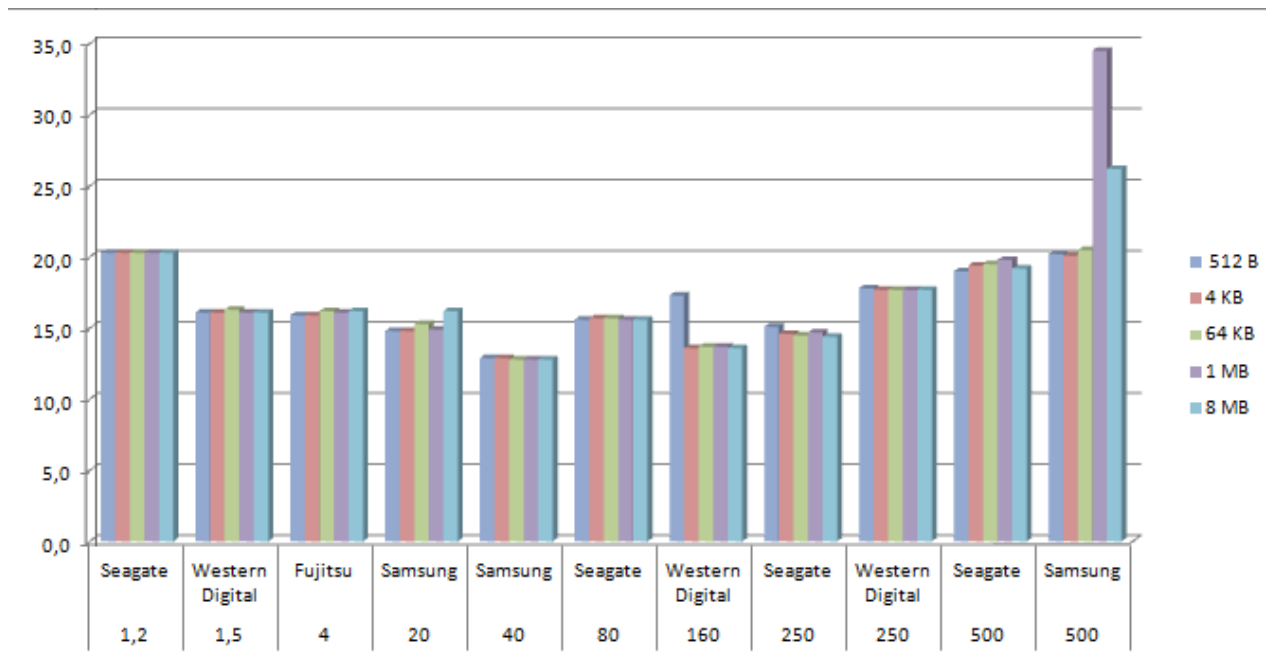
HDD GB	Výrobce	Rok	Velikost	Otáčky (RMP)	Rozhraní	Počet ploten	Počet povrchů pro záznam
1,2	Seagate	1995	3,5	4500	Fast ATA-2	2	4
1,5	Western Digital	1996	3,5	5200	ATA	-	-
4	Fujitsu	1999	3,5	5400	Ultra - ATA/33	1	2
20	Samsung	2001	3,5	5400	Ultra - ATA/100	1	1
40	Samsung	2002	3,5	7200	Ultra - ATA/100	1	2
80	Seagate	2005	3,5	7200	Ultra - ATA/100	1	2
160	Western Digital	2007	3,5	5400	Ultra - ATA/100	-	-
250	Seagate	2009	3,5	7200	SATA-II	1	1
250	Western Digital	2008	2,5	5400	SATA	1	1
500	Seagate	2008	2,5	5400	SATA-II	2	4
500	Samsung	2008	2,5	5400	SATA-II	2	4

V tabulce číslo 14 jsou vidět přístupové doby programu HD Tune a Everest s různou velikostí bloků. V programu Everest jsem to samé testoval pouze u pár disků a s velikostí bloku pouze 64 KB, abych mohl porovnat naměřené hodnoty.

Tabulka 15 - Porovnání přístupové doby HD Tune a Everest

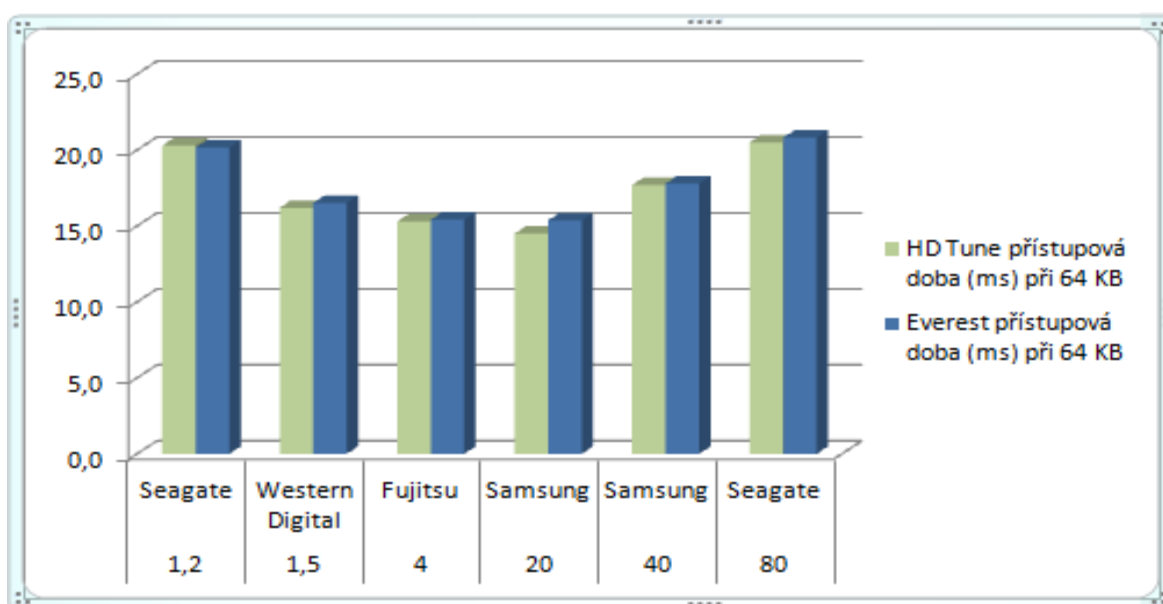
HDD GB	Výrobce	HD Tune přístupová doba (ms)					Everest přístupová doba (ms) při 64 KB
		512 B	4 KB	64 KB	1 MB	8 MB	
1,2	Seagate	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,17
1,5	Western Digital	16,1	16,1	16,3	16,1	16,1	-
4	Fujitsu	15,9	15,9	16,2	16,1	16,2	16,52
20	Samsung	14,8	14,8	15,3	14,9	16,2	15,42
40	Samsung	12,9	12,9	12,8	12,8	12,8	-
80	Seagate	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	-
160	Western Digital	17,3	13,6	13,7	13,7	13,6	-
250	Seagate	15,1	14,6	14,5	14,7	14,4	15,38
250	Western Digital	17,8	17,7	17,7	17,7	17,7	17,80
500	Seagate	19,0	19,4	19,5	19,8	19,2	-
500	Samsung	20,2	20,1	20,5	34,5	26,2	20,82

Všechny naměřené hodnoty jsou vidět na obrázku číslo 62. Na vodorovné ose jsou názvy a velikosti pevných disků a na svislé ose jsou hodnoty v milisekundách. U každého disku je celkem pět sloupečků, kde každý sloupeček představuje přístupovou dobu s různou velikostí bloků. Z grafu vyplývá, že s přístupovou dobou je na tom nejlépe poslední disk Samsung s velikostí 500 GB. Nejhorší přístupovou dobu má disk Samsung o velikosti 40 GB.



Obrázek 61 - Graf přístupové doby HD Tune

Na obrázku číslo 63 je vidět graf, ve kterém jsou porovnané naměřené hodnoty obou programů s velikostí bloku 64 KB. Z grafu je patrné, že se hodnoty liší pouze minimálně.



Obrázek 62 - Rozdíl přístupové doby HD Tune a Everest

## 9.4 Zjištění zabrané velikosti disku s různými clustery

Posledním testem je zjištění zabrané velikosti v závislosti na naformátování pevného disku s velikostí clusterů 512 B, 1 024 B, 2 048 B a 4 096 B. Po naformátování následuje kopírování mnoha malých souborů řádově bajtů, a následně pár velkých souborů řádově megabajtů.

Jako malý soubor ke kopírování byl zvolen klasický textový soubor, který obsahoval pouze jeden znak. Samotný soubor zabíral pouhý 1 B. Ačkoli má soubor velikost jenom 1 B, tak zabírá velikost podle toho, jak je velký cluster, který je pro systém základní adresovatelnou jednotkou. Zde je třeba si uvědomit, že pokud bychom měli těchto souborů celkem 1 000, tak na disku se zabere 512 000 B místo 1 000 B. V tomto případě se pak ztratí 511 000 B, což je zhruba 0,5 MB. Veškeré údaje záznamové kapacity se uvažují pro velikost sektoru 512 B, které jsou určeny pro záznam dat. Skutečná velikost sektoru je však 571 B, kdy jsou zaznamenána kontrolní data a adresy navazujících sektorů. Kromě pouhého součtu velikostí souborů je nutno počítat také s prostorem pro záznam systémových informací o uložených souborech. Informace o volném prostoru na discích byly odečítány ze systémových vlastností média. Je možné také použít režim příkazového řádku, údaje jsou zcela shodné.

Výsledkem následujících tabulek s číslem 16 až 19 jsou rozdíly velikostí při formátování s různou velikostí clusterů. Pro zjednodušení bylo počítáno přímo s hodnotami 512, 1 024, 4 096 a 65 536 B. Je patrné, že nejvíce místa je nevyužito při použití největší velikosti clusteru 65 536 B a to při celkovém počtu tisíc jednobajtových souborů představuje celkem 62,5 MB. V porovnání s naformátovaným clusterem o velikosti 512 B, kde je nevyužito 0,487 B, je to rozdíl 62 MB. Pokud se při stejné velikosti clusteru zkopíruje sto souborů s velikostí jednoho souboru 147 248 274 B, tak je nevyužito celkem 1,06 MB.

Poslední kopírování je alternativa ke dvěma předešlým velikostem. Byla kopírována polovina malých a polovina velkých souborů. Celková velikost je potom 6,86 GB. Při clusteru s velikostí 65 536 B se promrhá 31,78 MB. Další podrobnější údaje o velikostech clusterů a zabraného celkového místa jsou uvedeny níže v tabulkách.

**Tabulka 16 - Formát NTFS 512 B**

NTFS 512					
počet souborů	velikost jednoho souboru v [B]	skutečně zabraná velikost v [B]	teoretická velikost v [B]	rozdíl velikosti v [B]	rozdíl velikosti v [MB]
1 000	1	512 000	1 000	511 000	0,487
550		7 362 688 000	7 362 414 200	273 800	0,261
100	147 248 274	14 724 864 000	14 724 827 400	36 600	0,035

Tabulka 17 - Formát NTFS 1 024 B

NTFS 1 024					
počet souborů	velikost jednoho souboru v [B]	skutečně zabraná velikost v [B]	teoretická velikost v [B]	rozdíl velikosti v [B]	rozdíl velikosti v [MB]
1 000	1	1 024 000	1 000	1 023 000	0,976
550		7 362 969 600	7 362 414 200	555 400	0,530
100	147 248 274	14 724 915 200	14 724 827 400	87 800	0,084

Tabulka 18 - Formát NTFS 4 096 B

NTFS 4 096					
počet souborů	velikost jednoho souboru v [B]	skutečně zabraná velikost v [B]	teoretická velikost v [B]	rozdíl velikosti v [B]	rozdíl velikosti v [MB]
1 000	1	4 096 000	1 000	4 095 000	3,905
550		7 364 608 000	7 362 414 200	2 193 800	2,092
100	147 248 274	14 725 120 000	14 724 827 400	292 600	0,279

Tabulka 19 - Formát 65 536 B

NTFS 65 536					
počet souborů	velikost jednoho souboru v [B]	skutečně zabraná velikost v [B]	teoretická velikost v [B]	rozdíl velikosti v [B]	rozdíl velikosti v [MB]
1 000	1	65 536 000	1 000	65 535 000	62,499
550		7 395 737 600	7 362 414 200	33 323 400	31,780
100	147 248 274	14 725 939 200	14 724 827 400	1 111 800	1,060

Cluster [34] je vlastně nejmenší použitelná oblast dat a jeho velikost se liší použitým souborovým systémem pevného disku a podle celkové naformátované velikosti disku. Cluster může mít nejmenší velikost 512 B a u novějších disků potom 4 096 B. Pro testování byl zvolen souborový systém NTFS. Pro výběr správné velikosti clusteru si musíme předem uvědomit, jaké soubory budou na disku převládat. Pokud na disku budeme ukládat spíše malé soubory, tak zvolíme z praktického hlediska malou velikost clusteru. Malou velikostí clusteru lépe využijeme místo na disku. Naopak pokud chceme na disku uchovávat velké soubory, tak je dobré zvolit velikost clusteru spíše větší velikosti. Výhodou větší velikosti clusteru je následné rychlejší vyhledávání souborů na disku, neboť je méně adresovatelných jednotek a tudíž přehlednější adresář.



## 10 Závěr

V této bakalářské práci je popsána historie a vývoj pevných disků od padesátých let až do současnosti. Je velmi zajímavé pozorovat s odstupem času tento vývoj, který doslova letěl před očima. Dnes se můžeme pouze usmívat nad kapacitou, která byla na začátku éry pevných disků. Bohužel pevný disk patří zatím mezi jedny z pomalejších zařízení počítače a nezbývá nám doufat, že za pár let tomu bude jinak.

Počítače a pevné disky se dříve používali díky své velikosti spíše ve velkých továrnách na uchovávání pár megabajtů dat. Postupem času se disky výrazně zmenšovaly a tím se jejich použití rozšiřovalo i do jiných zařízení než jenom do počítačů.

Ten, kdo si dnes potrpí na rychlost, tak určitě sáhne po SSD discích. Právě SSD disky jsou zatím nejrychlejšími disky na trhu. Člověk bohužel musí sáhnout hlouběji do kapsy, protože SSD disky jsou v porovnání s klasickými disky stále drahé. Cena se může snížit příchodem nové technologie, která se plánuje uvést na trh během příštích pár let.

V praktické části této práce je vidět velký pokrok především v kapacitě disků. Byly použity disky s kapacitou od 1,2 GB až do 500 GB v rozmezí roků 1996 až 2008. Také je vidět malý vývoj v rychlosti otáčení, kde se začínalo na 4 500 otáčkách za minutu až do 7 200 otáček za minutu. Dnes u serverových disků se dosahuje i 10 000 otáček za minutu. Takto rychlé disky nebyly k dispozici pro testování.

V praktické testovací části se jako největší problém jevila nefunkčnost pevného disku. Některé kusy disků byly poměrně dost staré a tak nešly vůbec otestovat. Nefunkčnost mohla být způsobena stářím a také fyzickým poškozením. Zde je třeba si uvědomit fyzické možnosti zařízení a tudíž možnosti uchovávání dat v delším časovém horizontu. Druhým větším problémem u testování bylo při zjišťování zabrané velikosti na disku s různými velikostmi clusteru. To se projevilo zaseknutím počítače během kopírování souborů na testovaný disk a následně disk nebyl vidět, i když byl připojený v počítači. Tento problém byl vyřešen zapůjčením jiného a trochu výkonnějšího počítače.

Tato práce byla pro mě velmi přínosná. Prohloubil jsem si znalosti o historii, současnosti a o plánovaných technologiích budoucnosti pevných disků. Jednou zajímavostí této práce může být i to, že je v praktické části zahrnuto i pár disků, které se dnes již nepoužívají kvůli velmi malé kapacitě.

## Literatura

- [1] *Pevné disky – principy a technologie* [online]. 2006 [cit. 2011-10-25]. Pctuning.tyden.cz. Dostupné z WWW: <[http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6815&Itemid=4](http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=6815&Itemid=4)>.
- [2] *Jak věci fungují – záznamová média (pro začátečníky)* [online]. 2010 [cit. 2011-10-25]. Extrahardware.cz. Dostupné z WWW: <<http://extrahardware.cnews.cz/jak-veci-funguji---zaznamova-media-pro-zacatecniky?page=0,1>>.
- [3] HORÁK, Jaroslav. 2005. *Hardware učebnice pro pokročilé*. Brno : CP Books, a.s., 2005. ISBN 80-251-0647-0.
- [4] *Pevný disk a diskety* [online]. 2005 [cit. 2011-10-25]. Esphere.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.esphere.cz/kostka/Hardware/disk.htm>>.
- [5] *Technologie zápisu na HDD* [online]. 2008 [cit. 2011-10-25]. Wikiedia.cz. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Technologie\\_zápisu\\_na\\_HDD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Technologie_zápisu_na_HDD)>.
- [6] *Kolmý zápis – budoucnost pevných disků?* [online]. 2005 [cit. 2011-10-25]. Zive.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.zive.cz/clanky/kolmy-zapis---budoucnost-pevnych-disku/sc-3-a-126224/default.aspx>>.
- [7] *Kolmý zápis – boost pro kapacitu* [online]. 2006 [cit. 2011-10-25]. Notebook.cz. Dostupné z WWW: <<http://notebook.cz/clanky/technologie/2006/kolmy-zapis>>.
- [8] *Je váš pevný disk v dobré kondici?* [online]. 2009 [cit. 2011-10-25]. Magazín.stahuj.centrum.cz. Dostupné z WWW: <<http://g2.stahuj.centrum.cz/magazin/8503/geometrye-disku.png>>.
- [9] *Geometrie pevných disků*. [online]. [cit. 2011-11-10]. Fi.muni.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/GEOMHD.HTML>>.
- [10] *Pevný disk*. [online]. 2005 [cit. 2011-11-10]. Bernar.webzdarma.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.beranr.webzdarma.cz/hardware/hdd.html>>.
- [11] *File Allocation Table*. [online]. 2012 [cit. 2011-11-10]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/FAT>>.
- [12] *Práce se souborovým systémem FAT16*. [online]. 2006 [cit. 2011-11-10]. Elektronika.kvalitne.cz. Dostupné z WWW: <<http://elektronika.kvalitne.cz/ATMEL/necoteorie/FATtesty/FAT16info.html>>.
- [13] *NTFS*. [online]. 2012 [cit. 2011-11-10]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/NTFS>>.
- [14] *Popis NTFS*. [online]. [cit. 2011-11-10]. Milannemec.com. Dostupné z WWW: <<http://www.milannemec.com/ntfs.html>>.

- [15] *Historie a vývojové trendy v oblasti pevných disků*. [online]. [cit. 2011-11-25]. Fi.muni.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xkumpost.htm>>.
- [16] *Pevný disk a diskety*. [online]. [cit. 2011-11-25]. Esphere.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.esphere.cz/kostka/Hardware/disk.htm>>.
- [17] *Rozhraní pevných disků*. [online]. [cit. 2011-11-25]. Fi.muni.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/ROZHRHD.HTML>>.
- [18] *Jak funguje počítač - díl 3. - pevné disky a optické mechaniky*. [online]. 2006 [cit. 2011-11-25]. Levnapc.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.levnapc.cz/jak-funguje-pocitac-pevne-disky-opticke-mechaniky.html>>.
- [19] *NCQ*. [online]. 2011 [cit. 2011-11-25]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/NCQ>>.
- [20] *SATA*. [online]. 2012 [cit. 2011-11-25]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/SATA>>.
- [21] *Gigabajty na cestách - vyzkoušejte eSATA řešení*. [online] 5.6.2008 [cit. 2011-11-25]. Pctuning.tyden.cz. Dostupné z WWW: <<http://pctuning.tyden.cz/ilustrace3/zombux/esata/connectors.jpg>>.
- [22] *Pevný disk*. [online]. 20.4.2012 [cit. 2011-11-25]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Pevný\\_disk](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pevný_disk)>.
- [23] Potenciální nástupci SSD disků. *CHIP*, ročník 22 (2012), č. 1, s. 34 – 38. ISSN 1210-0684.
- [24] *Jak nepřijít o data uložená v notebooku?* [online]. 2011 [cit. 2011-12-10]. Zachrana-dat-notebook.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.zachrana-dat-notebook.cz/jak-neprijit-o-data>>.
- [25] LITTSCHWAGER, T. Data na věčné časy. *CHIP*, ročník 17 (2007), č. 8, s. 68 – 72. ISSN 1210-0684.
- [26] *Český vynález DTD: Nejlepší disk na světě!* [online]. 16.1.2011 [cit. 2011-12-10]. Blesk.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.blesk.cz/clanek/digital/147619/cesky-vynalez-dtd-nejlepsi-disk-na-svete.html>>.
- [27] *Data Trezor Disc (DTD) – Data čitelná i za 160 let*. [online] [cit. 2011-12-10]. Dtpstudio.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.dtpstudio.cz/poradace/dtd47gb>>.
- [28] *Western Digital zkrátí záruku u HDD ze tří na dva roky*. [online] 15.12.2011 [cit. 2011-12-10]. Pctuning.tyden.cz. Dostupné z WWW: <[http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=22767&catid=1&Itemid=57](http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=22767&catid=1&Itemid=57)>.

[29] Nápověda programu HD Tune Pro.

[30] *Western Digital Scorpio WD2500BEVS 250 GB*. [online] [cit. 2012-02-23].

Pctuning.tyden.cz. Dostupné z WWW:

<[http://pctuning.tyden.cz/ilustrace3/bathory/25disky/wd\\_WD2500BEVS\\_250/0001.jpg](http://pctuning.tyden.cz/ilustrace3/bathory/25disky/wd_WD2500BEVS_250/0001.jpg)>.

[31] *SEAGATE Barracuda 7200.12 250GB, 3,5", 7200rpm, SATAII, 8MB, ST3250318AS*.

[online] [cit. 2012-02-23]. Pevne-disky.heureka.cz. Dostupné z WWW: <[http://pevne-](http://pevne-disky.heureka.cz/seagate-barracuda-7200-12-250gb-3-5-7200rpm-sataii-8mb-st3250318as/galerie/)

[disky.heureka.cz/seagate-barracuda-7200-12-250gb-3-5-7200rpm-sataii-8mb-st3250318as/galerie/](http://pevne-disky.heureka.cz/seagate-barracuda-7200-12-250gb-3-5-7200rpm-sataii-8mb-st3250318as/galerie/)>.

[32] *SEAGATE Momentus 5400.6 500GB, 2,5", 5400rpm, SATAII, 8MB, ST9500325AS*.

[online] [cit. 2012-02-23]. Pevne-disky.heureka.cz. Dostupné z WWW: <[http://pevne-](http://pevne-disky.heureka.cz/seagate-momentus-5400-6-500gb-2-5-5400rpm-sataii-8mb-st9500325as/galerie/)

[disky.heureka.cz/seagate-momentus-5400-6-500gb-2-5-5400rpm-sataii-8mb-st9500325as/galerie/](http://pevne-disky.heureka.cz/seagate-momentus-5400-6-500gb-2-5-5400rpm-sataii-8mb-st9500325as/galerie/)>.

[33] *SAMSUNG - SPINPOINT M7 500GB 5400RPM 8MB BUFFER SATA-II 2.5INCH*

*NOTEBOOK DRIVE (HM500JI)*. [online] [cit. 2012-02-23]. Serversupply.com. Dostupné

z WWW: <<https://www.serversupply.com/SAMSUNG/HARD%20DRIVES/NOTEBOOK%20DRIVES/500GB-5400RPM/HM500JI.htm>>.

[34] *Cluster*. [online] [cit. 2011-12-20]. Svethardware.cz. Dostupné z WWW:

<<http://www.svethardware.cz/glos.jsp?doc=2C18D50EB557E97AC1257349003AA622>>.

## **Příloha A – Přiložené CD**

Přílohu tvoří CD s elektronickou podobou bakalářské práce v elektronickém formátu pdf a také souhrn tabulek a grafů v Excelu, které byly zde použity.