



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ  
ÚSTAV INFORMATIKY

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT  
INSTITUTE OF INFORMATICS

## OPTIMALIZACE DATOVÝCH ÚLOŽIŠŤ

OPTIMIZATION OF DATA STORAGES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

FILIP HORÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ KŘÍŽ, Ph.D.

BRNO 2009

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Horák Filip**

---

Manažerská informatika (6209R021)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává bakalářskou práci s názvem:

## **Optimalizace datových úložišť**

v anglickém jazyce:

## **Optimization of Data Storages**

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Vymezení problému a cíle práce

Analýza problému a současné situace

Teoretická východiska práce

Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

BOHÁČ, L. Komunikace v datových sítích. 2006. 121 s. ISBN 80-01-03536-0

DEMBOWSKI, K., MESSNER, H. Velká kniha hardware. 1. vydání. Brno: CP Books, 2005. 1224 s. ISBN 80-251-0416-8.

DOSTÁLEK, L. Velký průvodce protokoly TCP/IP: Bezpečnost. Computer Press. 2003. ISBN: 80-7226-849-X

POKORNÝ, J. Předdiplomní seminář. 2006. 58 s. ISBN 80-214-3254-3

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Kříž, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

L.S.

---

Ing. Jiří Kříž, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Anna Putnová, Ph.D., MBA  
Děkan fakulty

V Brně, dne 02.05.2009

**Anotace**

V této práci jsou popsány způsoby využití, zapojení a správy diskových polí RAID a jejich optimalizace vzhledem k moderním trendům v oblasti IT.

**Annotation**

In this work are described methods of using, connecting and managing RAID arrays and their optimization against modern trends in IT section.

**Klíčová slova**

Data, server, disk, úložiště, RAID, diskové pole, řadič, SCSI, SATA, SAS

**Keywords**

Data, server, disk, storage, RAID, disk array, controller, SCSI, SATA, SAS

**Bibliografická citace mé práce:**

HORÁK, F. *Optimalizace datových úložišť*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2009. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jirí Kříž, Ph.D.

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

.....

Filip Horák

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli nápomocní při zhotovování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a přátelům za všestrannou podporu po celou dobu mého studia.

# OBSAH

<b>1. Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Cíle práce</b> .....	<b>10</b>
<b>3. Výtah teoretických poznatků</b> .....	<b>11</b>
3.1 Definice File Serveru .....	11
3.2 Technologie RAID obecně .....	12
3.3 Popis technologie RAID 0 .....	13
3.4 Popis technologie RAID 1 .....	14
3.5 Popis technologie RAID 0+1 .....	15
3.6 Popis technologie RAID 10 .....	16
3.7 Popis technologie RAID 2 .....	17
3.8 Popis technologie RAID 3 .....	18
3.9 Popis technologie RAID 4 .....	19
3.10 Popis technologie RAID 5 .....	20
3.11 Popis technologie RAID 6 .....	21
3.12 Popis technologie RAID DG -Advanced Data Guarding .....	22
3.13 Popis technologie RAID 53 .....	22
3.14 Popis technologie RAID 30 .....	23
3.15 Popis technologie RAID 50 .....	23
3.16 Popis technologie RAID 7 .....	23
3.17 Shrnutí jednotlivých úrovní RAID .....	24
<b>4. Analýza současného stavu</b> .....	<b>25</b>
4.1 Anketa: Druh diskového pole .....	26
4.2 Anketa: Technologie řadiče .....	27
4.3 Anketa: Velikost jednoho disku v poli .....	28
4.4 Anketa: Velikost celého diskového pole .....	29
4.5 Anketa: Síťové připojení .....	30
4.6 Počet uživatelů .....	31
4.7 Porovnání technologií pevných disků .....	32
4.8 Srovnání rychlostí technologií disků a sítě .....	33
4.9 Problém se sběrnici PCI .....	34

<b>5. Návrh řešení</b> .....	<b>37</b>
5.1 Technologické trendy .....	38
5.2 Navrhované varianty řešení .....	38
5.3 Srovnání stávajícího a navrhovaného řešení v praxi .....	40
5.4 Problematika MTBF (Mean Time Between Failures) .....	42
<b>6. Závěr</b> .....	<b>43</b>
<b>7. Seznam použité literatury</b> .....	<b>44</b>
<b>8. Přílohy</b> .....	<b>45</b>
8.1 Anketa .....	45
8.2 Seznam použitých obrázků .....	46
8.3 Seznam použitých grafů .....	47

## 1. Úvod

Vzhledem k tomu, že pevný disk je složité zařízení kombinující elektroniku a jemnou mechaniku, je již ze svého principu náchylný k poruše. Toto je nepříjemné zejména u serverů, kde jednak cena uložených dat může představovat obrovské částky, jednak - i při pravidelném zálohování - jen odstávka serveru spojená s opravou a obnovou dat představuje značnou ztrátu na prostojích mnoha uživatelů.



**Obrázek 1. Detail pevného disku**

Proto byla zkonstruována disková pole, kde se pomocí speciálního řadiče více disků fyzických, navenek jeví jako jeden disk logický. Dalším důvodem použití pole je vytvoření větší diskové kapacity, než se vyrábí v podobě samostatného disku. Pole se ve zkratce nazývají RAID. Nejprve to znamenalo Redundant Array of Inexpensive Disks, dnes se zkratka překládá spíše jako Redundant Array of Independent Disks.

## 2. Cíle práce

Disková pole našla použití v organizacích s velkými výpočetními nároky. S postupem technologie se začala objevovat levná zařízení umožňující vytvořit si základní typy polí v podstatě doma.

Většina dnešních malých a středních firem používá jako úložiště souborového serveru diskové pole, nejčastěji výkonné SCSI RAID 5 pole. To je vesměs z historického důvodu, protože dříve nebyly diskové kapacity u jiných technologií řadiče disků natolik velké a dostatečně rychlé, aby jako jeden svazek stačily pro daná data.

Cílem této práce je ukázat firmám používajícím dosluhující SCSI obvykle navíc v režimu RAID5, že tato pole jsou již dávno překonaná a pro spoustu z nich zbytečná a nevyužitá, a že lze celý systém nahradit jednodušším, spolehlivějším a hlavně levnějším systémem.

### 3. Výtah teoretických poznatků

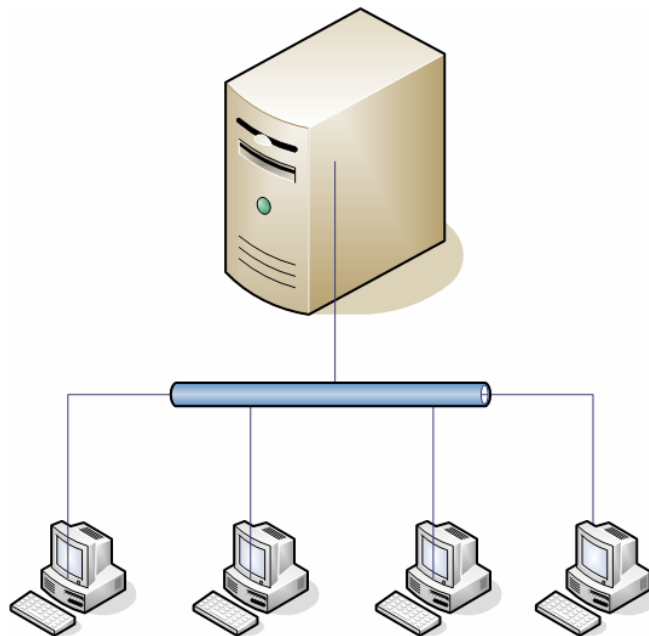
#### 3.1 Definice File Serveru

Souborový server (File Server) zajišťuje přístup k datům prostřednictvím systému souborů a adresářů (filesystem). Jeho úkolem je zabezpečit čtení a zápis souborů na vnější paměti počítače podle přidělených přístupových práv jednotlivých uživatelů.

Server zajišťuje operace otevření a zavření souboru, čtení ze souboru, zápis do souboru, posun na konkrétní pozici v souboru a zajištění souběžného přístupu k souboru a jeho zamykání, tj. zablokování přístupu dalším uživatelům.

Klient serveru (program) mapuje logické disky serveru na virtuální souborový systém, tzv. síťové disky (např. Z:\), přičemž přestože jsou tato zařízení fyzicky umístěna mimo počítač, jeví se jako by byly lokálními disky počítače.

Podle požadavku uživatele na souborové služby klient předává požadavky buďto lokálnímu operačnímu systému (na uživatelském počítači nebo je přesměruje na souborový server.(1)



Obrázek 2. File Server

### 3.2 Technologie RAID obecně

Technologie RAID má v porovnání s jedním diskem poskytovat uživateli vysokou ochranu uložených dat a velkou rychlost přístupu k nim. Díky diskovému poli nehrozí při selhání jednoho disku nebezpečí ztráty dat nebo havárie běžícího programu. Zásuvné jednotky jsou obvykle navrženy tak, aby bylo možno vyměnit vadný disk za chodu systému (**hot swap**). Pokud je detekován nový nebo záložní disk, data mohou být automaticky rekonfigurována.

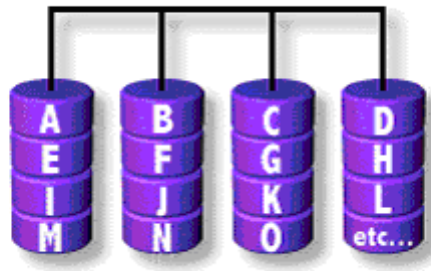
Různé způsoby uspořádání diskového pole také implikují různé minimální počty diskových jednotek. Tyto disky by měly mít stejnou velikost. V případě, že tomu tak není, všechny jednotky využívají maximálně velikost nejmenší z nich. Mohou být použity jak SCSI nebo SAS, tak i jednotky ATA nebo SATA, které jsou podstatně levnější. Vyžaduje-li architektura pole synchronizaci diskových jednotek, musí mít tyto jednotky stejnou geometrii.

Pro vyjasnění terminologie byly definovány tzv. úrovně RAID. Některé se s vývojem techniky již přestaly používat. V současné době jsou nejpoužívanější úrovně RAID 0,1 a 5. Kombinací typu 0 a 1 vznikne pole typu RAID 10. V poslední době se začínají používat také pole typu RAID 6 (zdvojená parita).

Základní novinkou u vyšších RAID levelů (viz dále) jsou **paritní data**. Vznikají při zápisu dat do diskového pole a jsou speciálním obrazem původních dat. Důležité je, že paritní data jsou vždy uložena jinde než originální - mohou to být například speciální paritní disky (RAID 3, 4). **(2)**

### 3.3 RAID 0 – striping

#### RAID 0



Obrázek 3. Funkční diagram RAID 0

Řadič rozděljuje data do bloků a každý blok je zapsán na zvláštní disk. Tento typ uspořádání může pracovat již od dvou jednotek (disků). Data plynou mnoha kanály na mnoho jednotek. Nejlepšího výkonu je dosaženo, když má každá jednotka svůj řadič. Toto řešení má největší přenosovou rychlost ze všech implementací polí, neboť se nevytváří žádná kontrola parity.

#### Výhody:

- jednoduchý návrh a jednoduché nasazení.
- vysoká rychlost při zápisu i při čtení dat.
- vysoká efektivita – 100% využití kapacity všech disků.

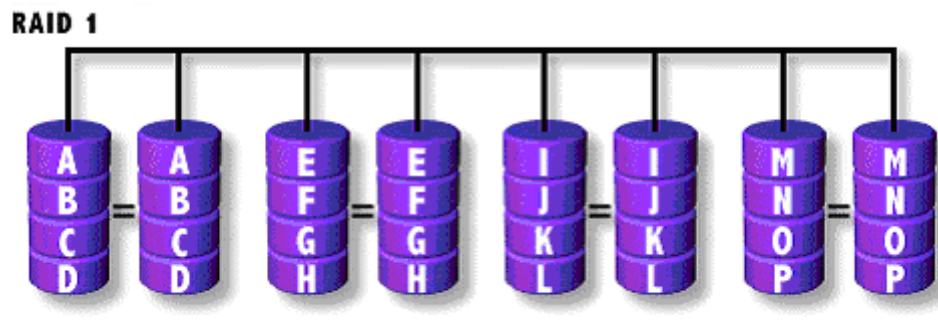
#### Nevýhody:

- řešení není odolné vůči chybám, proto chyba jedné jednotky zničí obsah celého pole.

#### Použití

- v domácnostech (při nárocích na vysokou propustnost dat za téměř nulovou cenu).
- nikdy by se nemělo nasazovat v případech, že data mohou být postrádána.
- stříh videa, práce s obrazem – obecně aplikace vyžadující vysokou propustnost.

### 3.4 RAID 1 – mirroring (shadowing, duplexing)



Obrázek 4. Funkční diagram RAID 1

Řadič zapisuje data vždy na dvojici disků a zrcadlí je. Uspořádání vyžaduje  $2n$ , ( $n=1,2,3,\dots$ ) jednotek. Řadič musí být schopen simultánního zápisu na zrcadlené jednotky a dvou paralelních čtení z jednotek. Doba zápisu je tak stejná jako na jednu jednotku (kvůli synchronizaci může být ještě o něco nižší), doba čtení je potom poloviční, přístupová doba je stejná. Toto řešení vytváří úplnou redundanci dat. Proto chyba či poškození jednotky neohrožuje uložená data, poškozenou jednotku lze jednoduše vyměnit a překopírovat na ní chybějící data. Pokud je použit jeden datový kanál pro oba disky, mluvíme o mirroringu. Použití dvou datových kanálů nazýváme duplexing. Duplexing je navíc odolný také proti výpadku jednoho z řadičů či datového kabelu.

#### Výhody:

- diskové pole může odolat i výpadku několika jednotek ve stejném okamžiku.
- nejjednodušší návrh.
- výborná dostupnost dat – data jsou stoprocentně na každém disku a v celku.
- v případě selhání disku a výměny nesprávného disku za nový nehrozí ztráta dat.

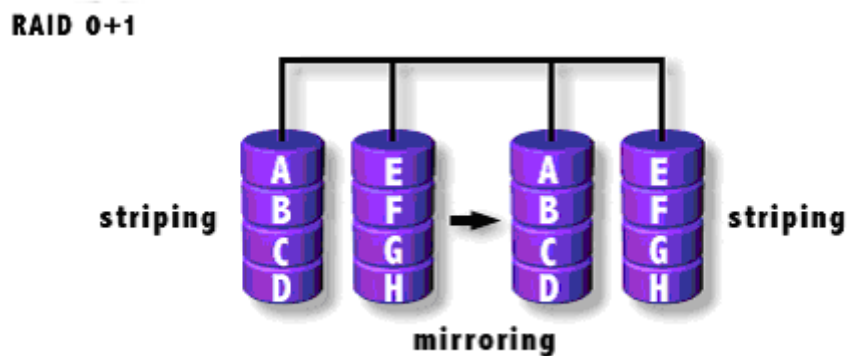
#### Nevýhody:

- málo efektivní kvůli 100% redundanci.

#### Použití:

- aplikace s maximálními nároky na bezpečnost a trvanlivost dat (typicky vedení účtů a jiných agend).

### 3.5 RAID 0+1 – mirrored striping array



Obrázek 5. Funkční diagram RAID 0+1

Kombinace výše uvedených dvou typů spojující vlastnosti redundantnosti dat a možnosti sekvenčního zápisu. Někdy se tento typ označuje jako RAID 10, což není přesné. Uspořádání spočívá ve  $4 + 2n$  ( $n = 0, 1, 2..$ ) discích. Jedná se o pole zrcadlených bloků disků. Disky uvnitř bloků jsou stripovány. RAID 0+1 má stejnou odolnost proti chybám jako RAID 5 (viz dále), při stejné režii této odolnosti jako RAID 1. Může být však rychlejší než RAID 1 díky stripingu.

#### Nevýhody:

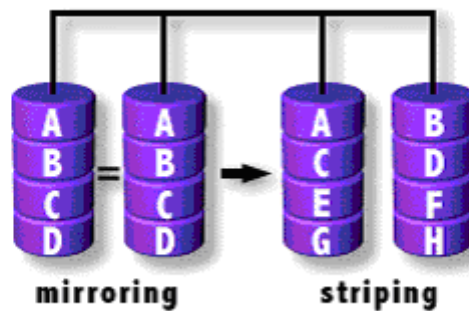
- při případném poškození jedné jednotky se z pole stává architektura RAID 0.
- nákladné řešení s velkou režii.
- špatná rozšiřitelnost pole.
- vysoká náchylnost na úplnou synchronizaci disků.

#### Použití:

- zpracování obrazu.
- souborové servery.

### 3.6 RAID 10 – striping with mirroring

#### RAID 10



Obrázek 6. Funkční diagram RAID 10

Obměna RAID 0+1. Tentokrát jde o pole rozdělovaných bloků disků, disky uvnitř bloků jsou zrcadleny. RAID 10 má stejnou odolnost proti chybám jako RAID 1 při stejné režii (je však rychlejší).

#### Výhody:

- v některých případech pole vydrží i selhání několika jednotek.

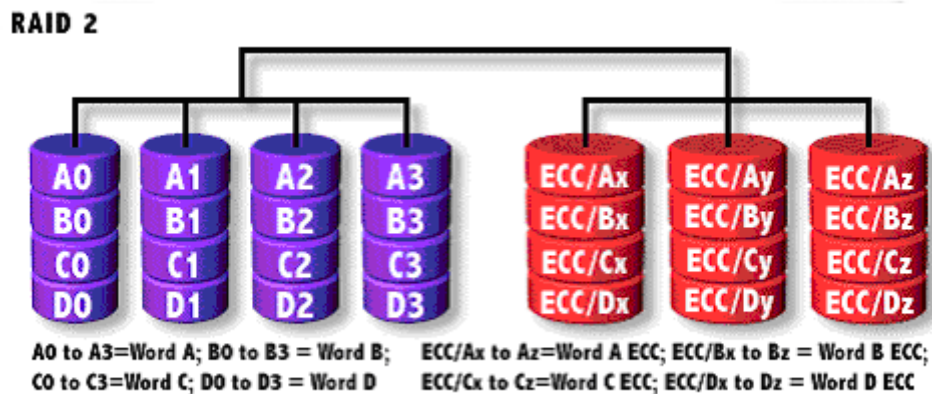
#### Nevýhody:

- nákladné řešení s velkou režii.
- špatná rozšiřitelnost pole.
- vysoká náchylnost na úplnou synchronizaci disků.

#### Použití:

- tam, kde je potřeba vyšší rychlost systému.
- databázové servery s nároky na dostupnost dat a odolnost proti chybám.

### 3.7 RAID 2 - bit stripping with correction code



Obrázek 7. Funkční diagram RAID 2

Založeno na základním RAID 0. Do pole jsou přidány diskové jednotky pro dodatečnou ochranu dat pomocí ECC korekce (Error Checking and Correction). Tato korekce však vyžaduje podporu ze strany pevných disků. Kontrolní informace se vytváří při zápisu, při čtení se pak výstup podle ní průběžně kontroluje. Toto uspořádání pole umožňuje velmi vysoké přenosové rychlosti. S rostoucí požadovanou rychlostí (potřebujeme více datových disků) klesá poměr datových/kontrolních disků a snižují se tak náklady na pole. Komerčně se však RAID 2 nikdy neujalo.

#### Výhody:

- lze dosahovat vysokých rychlostí.
- návrh řadiče je v porovnání s řadiči polí RAID 3, 4, 5 jednoduchý.

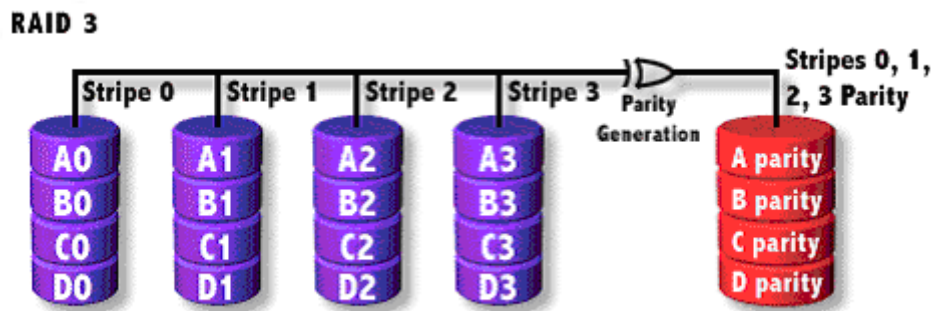
#### Nevýhody:

- vyžaduje speciální disky s podporou konkrétního typu ECC, které navíc využívá neefektivně.
- vysoké pořizovací náklady na pole, které ospravedlní jen opravdu velká potřeba vysoké propustnosti.

#### Použití:

- žádné - nedá se koupit, neexistují rozšířená řešení.

### 3.8 RAID 3 - bit stripping with correction code



Obrázek 8. Funkční diagram RAID 3

Obdobně jako RAID 2 je založeno na RAID 0. Oproti RAID 2 je použita efektivnější metoda ochrany integrity dat. Paritní informace je ukládána na vyhrazený disk. Pro sestavení pole jsou potřeba tedy nejméně 3 jednotky a data jsou na disk zapisována po několika bajtech. Paritní informace je pouze výsledek funkce XOR pro všechny bity, na stejné úrovni v rámci jednotek. V případě selhání jednotky a její následné výměně je možné ztracená data dopočítat z paritních informací. Naopak vytvářet (přečíst a znovu uložit) paritní informace snižuje rychlost zápisu. Výkon při čtení v případě RAID 3 je vyšší než při čtení z jednoho disku (zejména při vyšších objemech dat). Pokud se čtou data o malých objemech, rychlost čtení RAID 3 se přibližuje k rychlosti čtení z jedné jednotky (nevýhodné například pro databáze).

#### Výhody:

- pole zajišťuje vysokou propustnost při čtení i zápisu dat.
- selhání jednotky nepůsobí na propustnost pole.
- vysoká efektivita díky malému zastoupení disků pro paritní informace.

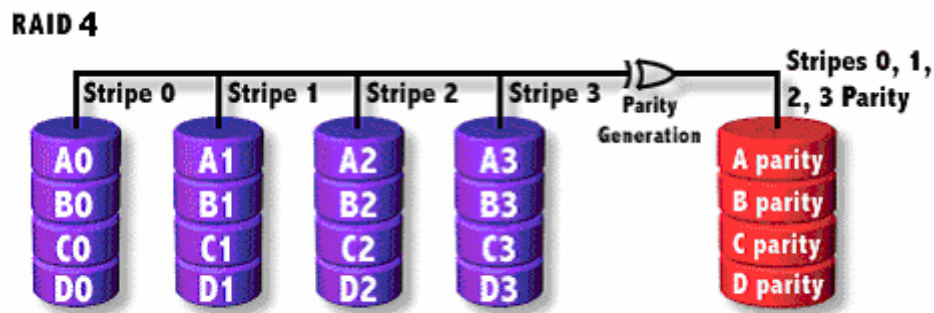
#### Nevýhody:

- řadič je poměrně složitý.
- náročné na implementaci SW řešení řadiče.

#### Použití:

- produkce videa včetně zpracování přímých přenosů.
- zpracování videa a obrazu obecně.
- aplikace náročné na datovou propustnost pole.

### 3.9 RAID 4 - striping with non synchronised disks



Obrázek 9. Funkční diagram RAID 4

Typ odvozený od RAID 3. Hlavní rozdíl vzhledem úrovni 3 spočívá ve změně výpočtu paritní informace. Oproti počítání parity z bitů je zde parita výsledkem paritní funkce nad bloky dat. Tím se otáčí výhodnost při čtení malých a velkých bloků dat. Je výhodné čtení velkého množství menších bloků, ale rychlost zápisu je nízká kvůli paritě.

#### Výhody:

- jako RAID 3.

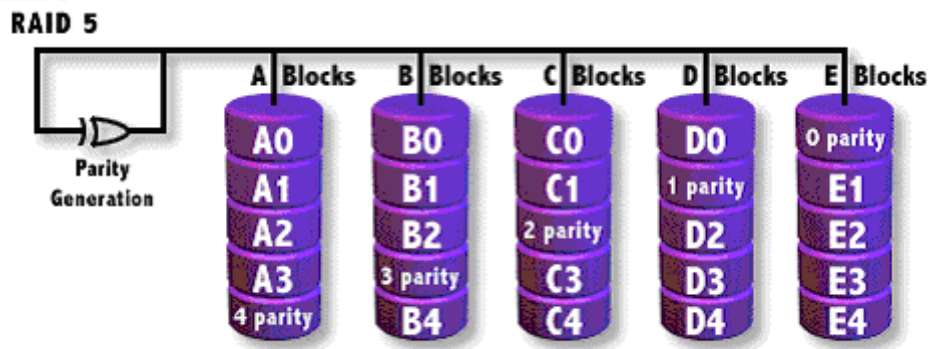
#### Nevýhody:

- řadič je hodně složitý.
- složité a neefektivní zotavování pole při selhání jednotky.

#### Použití:

- dnes se již nepoužívá.

### 3.10 RAID 5 – striping with no dedicated parity bit drivers



Obrázek 10. Funkční diagram RAID 5

Nezávislé datové diskové jednotky s distribuovanými bloky paritních informací. Oblíbený typ diskového pole překonávající některé nedostatky RAID 3 a 4. Paritní informace se již neukládá na vyhrazený disk, nýbrž je rozložena na všechny jednotky pole. Rychlost zápisu je proto rychlejší než v RAID 3 nebo 4. Nicméně stále je nutné při zápisu číst paritní informace a přepočítané je znova ukládat. Zápis v RAID 5 je o něco pomalejší než zápis v RAID 0. Výkon při čtení se obvykle optimalizuje nastavením velikosti bloku ukládaných dat pro aplikaci, která je nejčastěji používána. Opět jsou k sestavení pole zapotřebí nejméně tři jednotky. Rozdíl ve výkonu při čtení a zápisu je často řešen rozšířením pole metodami opožděného zápisu (caching) a implementací v systémech s více procesory.

#### Výhody:

- solidní rychlost čtení mnoha malých bloků dat.
- dobrá rychlost zápisu.
- klesající poměr dat a paritních informací s použitím více jednotek.

#### Nevýhody:

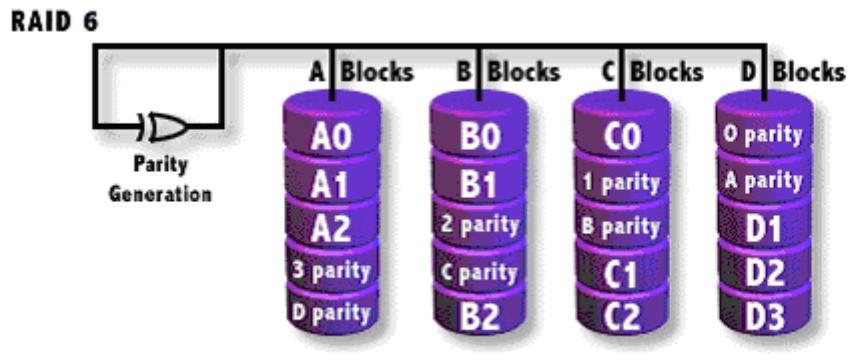
- dopad výpadku diskové jednotky na průchodnost systému (opět dopočítávání).
- zřejmě nejsložitější logika řadiče.

#### Použití:

- souborové a aplikační servery.
- databázové servery.
- intranetové i internetové WWW servery, NEWS apod.

### 3.11 RAID 6

Nezávislé datové diskové jednotky se zdvojenými distribuovanými paritními bloky.



Obrázek 11. Funkční diagram RAID 6

Jde o rozšíření konceptu pole úrovně 5. Pro zvýšení odolnosti pole proti chybám je použito ukládání druhé, nezávislé paritní informace (dvojdimenzionální parita). RAID 6 je díky tomu nejspolehlivější a i při výpadku dvou disků lze data znovu zrekonstruovat. Rychlost čtení je srovnatelná s RAID 5, avšak zápis je o něco pomalejší, protože je nutné vypočítat a uložit dvě sady paritních informací. Také cena RAID pole je o něco vyšší, používá se proto jen tam, kde je kladen opravdu maximální důraz na spolehlivost a přístupnost dat.

#### Nevýhody:

- velká režie řadiče pro výpočet paritních informací.
- horší výkon při zápisu.
- pro stejnou velikost jako u RAID 5 je potřeba jeden disk navíc.

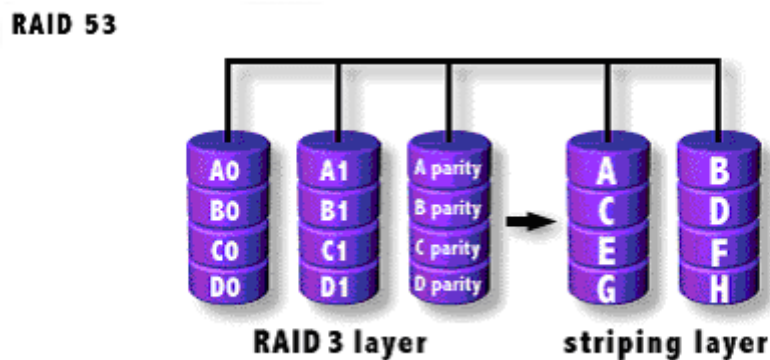
#### Využití:

- vhodné pro malé a střední databáze s důrazem na vysokou spolehlivost a dostupnost dat.
- v praxi se příliš nepoužívá.

### 3.12 RAID DG -Advanced Data Guarding

Podobně jako RAID 6 jde o rozšíření RAID 5 dovolující přidání další redundance použitím druhého nezávislého paritního schématu, které dále zvyšuje odolnost vůči chybám. Data jsou uložena přes všechny disky stejně jako v RAID 5, avšak s dodatečnou paritní informací, která dovoluje chybu i více disků beze ztráty dat. RAID ADG je určen pro pole s větším počtem disků (10-56 disků v jednom RAID poli) nebo většími nároky na bezpečnost při lepším využití diskového prostoru. Má stejnou výkonnost jako RAID 5 při čtení a pomalejší zápis dat. ADG je pouze rozšíření schématu, nejedná se o další specifikovanou úroveň polí.

### 3.13 RAID 53



**Obrázek 12. Funkční diagram RAID 53**

Podle dosud používané logiky značení by se mělo pole spíše označovat „RAID 03“ – jde totiž o pole využívající striping mezi bloky, jejichž jednotky tvoří pole RAID 3. Pro sestavení pole je potřeba minimálně pět disků. Tento typ pole má stejnou odolnost proti chybám jako RAID 3. Díky segmentům typu RAID 3 pole poskytuje vysokou rychlost velkých objemů dat.

#### **Nevýhody:**

- drahé při zavádění.
- diskové jednotky musí být synchronizovány.
- nižší efektivita uložení dat.

#### **Použití:**

- místo RAID 3 - tam, kde je potřeba zvýšit propustnost pole.

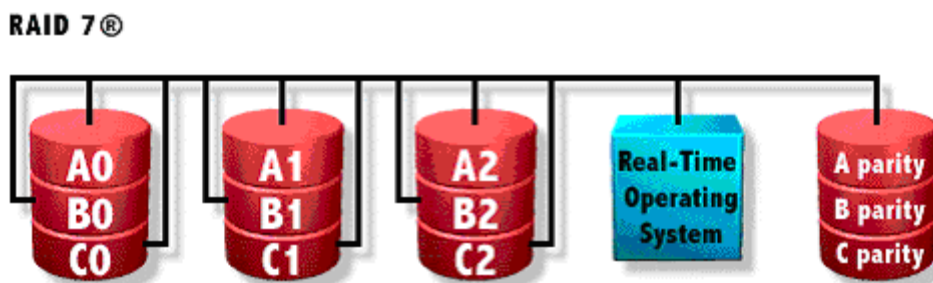
### 3.14 RAID 30

Funguje podobně jako RAID 10 s tím rozdílem, že jednotlivé větve RAID 0 tvoří RAID 3 pole. Data jsou nejprve rozdělena a jednotlivé části jsou uloženy v paritním RAID 3/5 poli. Velikostí bloku se dá RAID 30 pole optimalizovat pro sekvenční (např. video) nebo transakční (např. databáze) aplikace.

### 3.15 RAID 50

Obdobné jako RAID 30. Pole RAID 30 a 50 jsou vhodná pro středně velké databáze (transakční přenos) a datově náročné systémy.

### 3.16 RAID \* 7



Obrázek 13. Funkční diagram RAID 7

Hvězdička v názvu znamená, že tato úroveň nebyla specifikována v původním návrhu diskových polí. Jde o soukromý patent společnosti Storage Computers. RAID\* 7 funguje jako asynchronní systém s vlastní vyrovnávací pamětí a nezávislým řízením každého disku. Pole je řízeno mikroprocesorem s vlastním operačním systémem. Všechny vstupní/výstupní operace jsou asynchronní, nezávisle kontrolované a ukládané do vyrovnávací paměti. Všechna čtení i zápisy jsou ještě ukládány do vyrovnávací paměti centrálně. Soustava obsahuje alespoň jeden paritní disk. Na systém lze napojit 48 disků a 12 hostitelských počítačů. RAID\* 7 dokáže detekovat i sudý počet chyb, které si u předešlých systémů zachovávají paritu a není tudíž možné je odhalit. Systém používá standardní SCSI jednotky, standardní PC rozhraní, základní desky i paměti. Generování paritních informací je integrováno s vyrovnávací pamětí. Několik jednotek může být v systému označeno současně za nepřipravené (standby).

### Výhody:

- celkový výkon při zápisu je o 25 až 90% vyšší než při zápisu na jeden disk, a o 50 až 500% vyšší v porovnání s ostatními úrovněmi RAID.
- pokročilé techniky práce s vyrovnávací pamětí.

### Nevýhody

- řešení jediného výrobce podléhající patentu.
- extra vysoké náklady na jednotku informace.
- krátká záruka.
- nemožnost servisu samotným provozovatelem.
- nutná ochrana nepřerušitelným zdrojem energie – kvůli vyrovnávacím pamětem.

### 3.17 Shrnutí jednotlivých úrovní RAID

Úroveň pole	Výkon při čtení	Výkon při zápisu	Výkon při obnově dat	Spolehlivost	Počet jednotek
RAID 0	1	1	-	5	$\geq 2$
RAID 1	1	2	2	1	2,4,6,...
RAID 2	1	2	2	3	N+1
RAID 3	2	3	3	3	N+1
RAID 4	2	3	3	3	N+1
RAID 5	1	3	3	3	N+1
RAID 6	2	4	4	1	N+2
RAID 7	nejlepší	nejlepší	1	1	N+1
RAID 01	1	3	3	3	4,6,8,....
RAID 10	1	3	2	2	2,4,6...
RAID 30,50	2	3	3	1	N+2
RAID 53	1	3	3	3	$\geq 5$

**Tabulka 1. Shrnutí jednotlivých úrovní diskových polí do tabulky (3)**

#### **4. Analýza současného stavu**

Pro zjištění technologie hardwaru, používání či nepoužívání diskových polí RAID, síťových rozhraní atd. ve firmách jsem sestavil jednoduchou anketu, kterou jsem zaslal 50-ti různým českým firmám malého až středního charakteru.

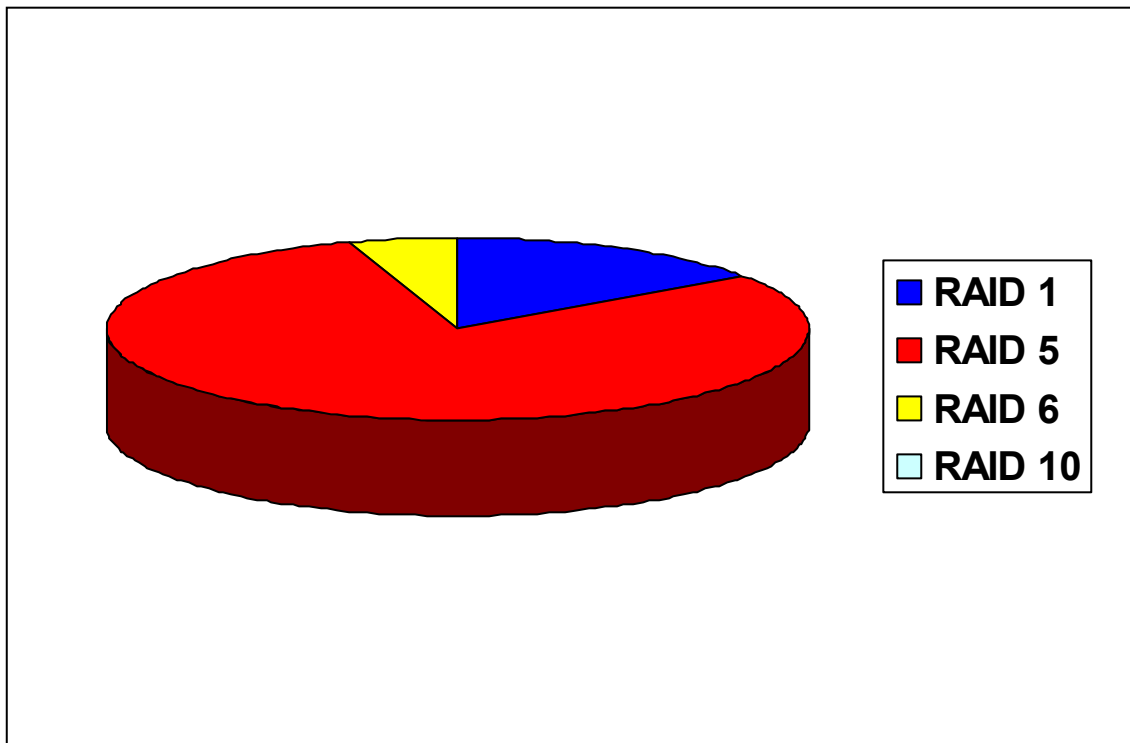
Tyto vybrané firmy používají datové úložiště jako klasický Fileserver, to znamená ukládání dokumentů, vedení účetnictví, menší databázové aplikace, atd.

Anketa, která byla na webových stránkách, byla jednoduchá, klikací, takže systémoví administrátoři s ní neměli velkou práci.

Možná také proto mi odpovědělo 40 firem. Úspěch mě těší. Firmám za jejich odpovědi děkuji.

Výsledky ankety s jednotlivými komentáři pokračují na další straně.

#### 4.1 Anketa: Druh diskového pole

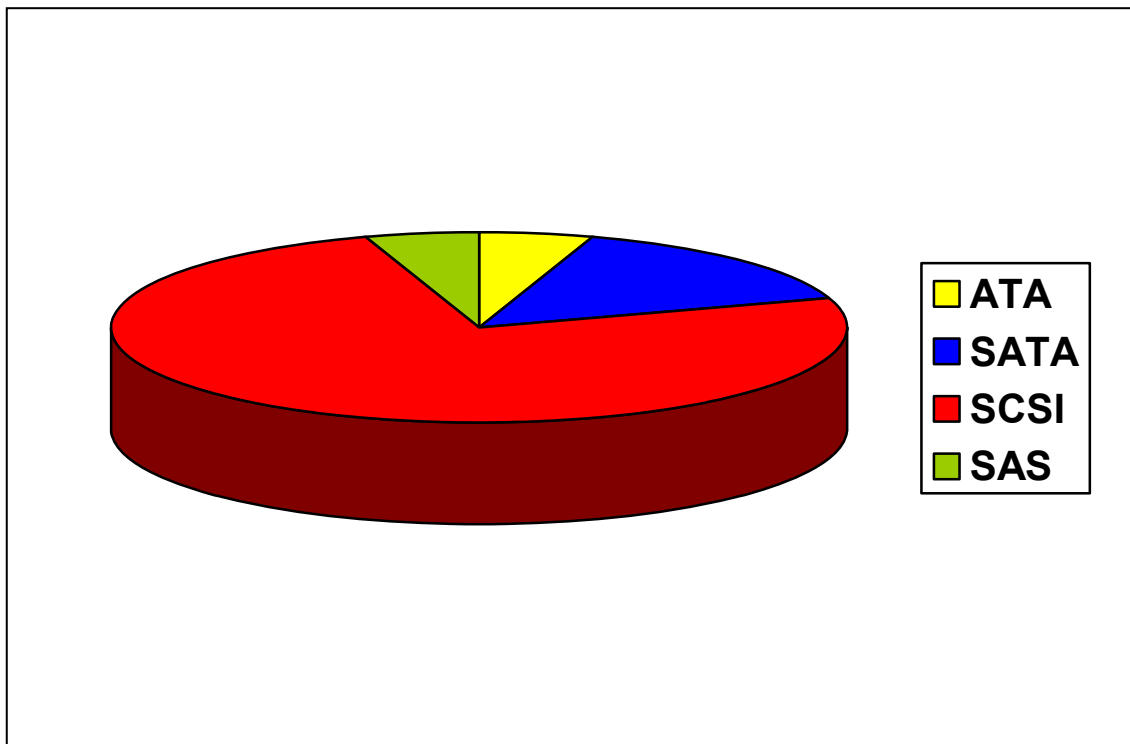


**Graf 1. Jaké používáte diskové pole?**

Jak je patrné z prvního grafu, velká většina firem používá RAID5. Začínají se však již objevovat výjimky, které používají moderní a jednoduchá „zrcadla“. O těchto zrcadlech pojednáváme dále.

Za povšimnutí stojí, že nejnovější technologii RAID 6, ve které někteří světoví odborníci vidí budoucnost a nahrazení osvědčeného RAID5, nepoužívá téměř nikdo z dotazovaných. Je to především kvůli ceně řadiče RAID6, nutnosti použití více disků a přitom jen malého zvýšení bezpečnosti a rychlosti.

## 4.2 Anketa: Technologie řadiče



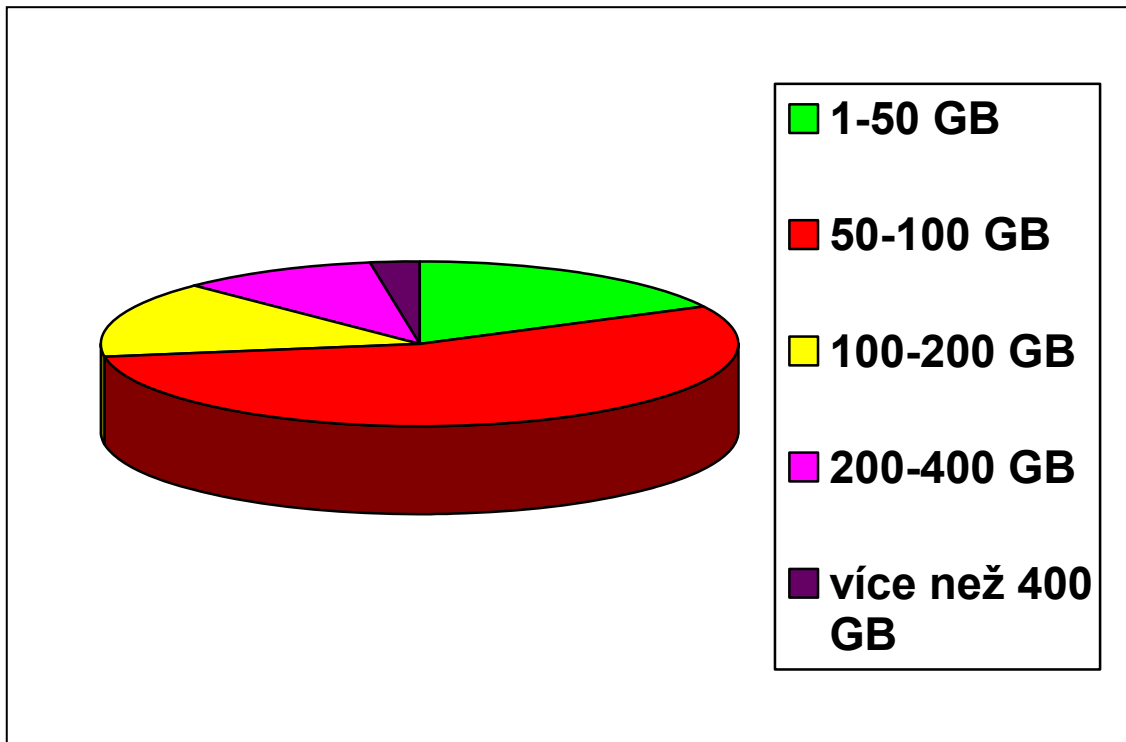
**Graf 2. Jakou používáte technologii řadiče?**

Zde můžeme vidět opět očekávané výsledky, které nám nastínil již první graf – RAID 5 měl v dřívějších dobách svůj význam hlavně v kombinaci s disky SCSI.

Dalším důležitým faktorem v minulosti byla kapacita, kterou klasické ATA disky neměly dostačující pro pokrytí potřeb firem. Proto bylo nutné použití více disků, které se spojovaly do diskového pole.

Další důvod používání tohoto řešení spočívá v tom, že řadiče RAID 5 byly vyráběny zejména pro SCSI disky a v té době byl jako jediný reálný konkurent pouze rozhraní ATA, které však díky své o dosti menší spolehlivosti a značné pomalosti oproti SCSI bylo nepoužitelné...

### 4.3 Anketa: Velikost jednoho disku v poli



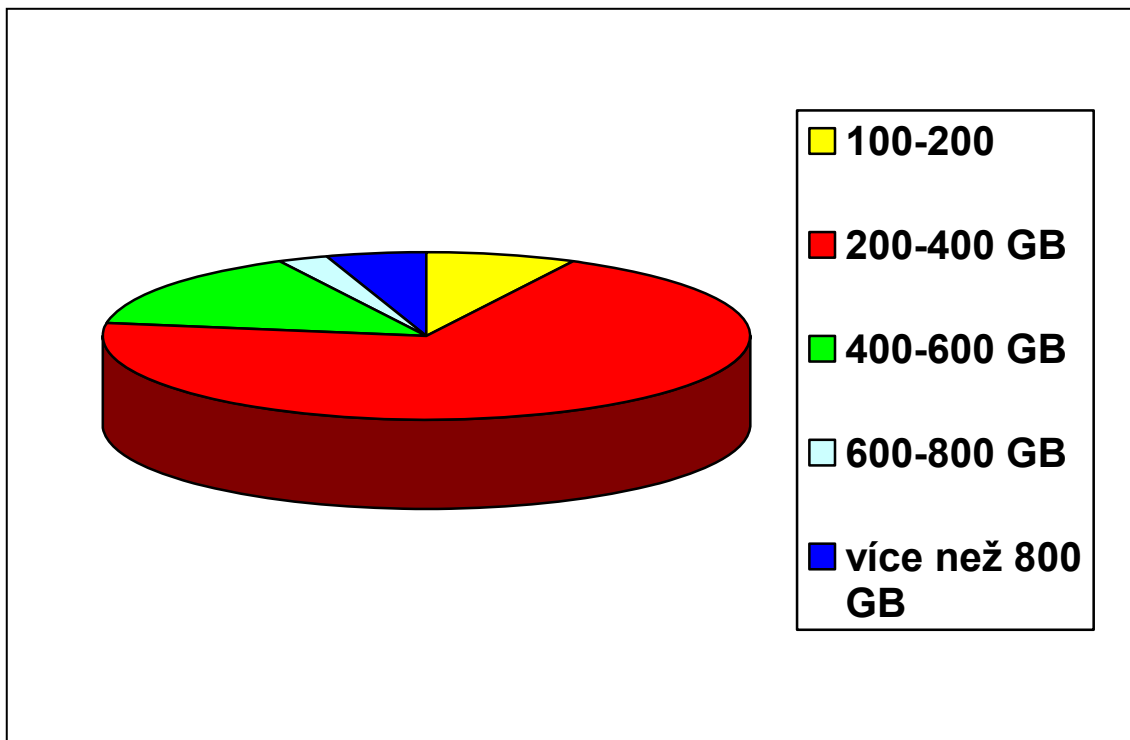
**Graf 3. Jaká je velikost jednoho disku v diskovém poli?**

Na tomto grafu je zřetelně ukázáno, že, máme-li pole RAID 5 (což znamená použití minimálně 3 disků) a s nějakou kapacitou jedné diskové jednotky „začneme“, a to obvykle z cenových důvodů, neboť tyto pevné disky byly, jsou a vždy budou velmi drahé (u SCSI se právě kvůli své ceně nejčastěji setkáme s dnes již malými kapacitami obvykle 36 nebo 72 GB), není možné kapacitu celého pole jednoduchým a hlavně cenově rozumným způsobem zvětšovat. Proto se musíme spokojit s tím, co máme v poli.

Pozn.: Jelikož se kapacita každého diskové pole počítá podle nejmenšího z disků, jediný způsob jak zvětšit kapacitu tohoto celého pole je, vyměnit všechny disky.

Vzhledem ke kapacitám a cenám, které se u SCSI pohybují geometrickou řadou v závislosti cena/kapacita, by tato snaha o jakékoliv zvětšení kapacity de facto znamenala výměnu celého pole za minimálně dvojnásobnou kapacitu a samozřejmě dvojnásobnou cenu.

#### 4.4 Anketa: Velikost celého diskového pole

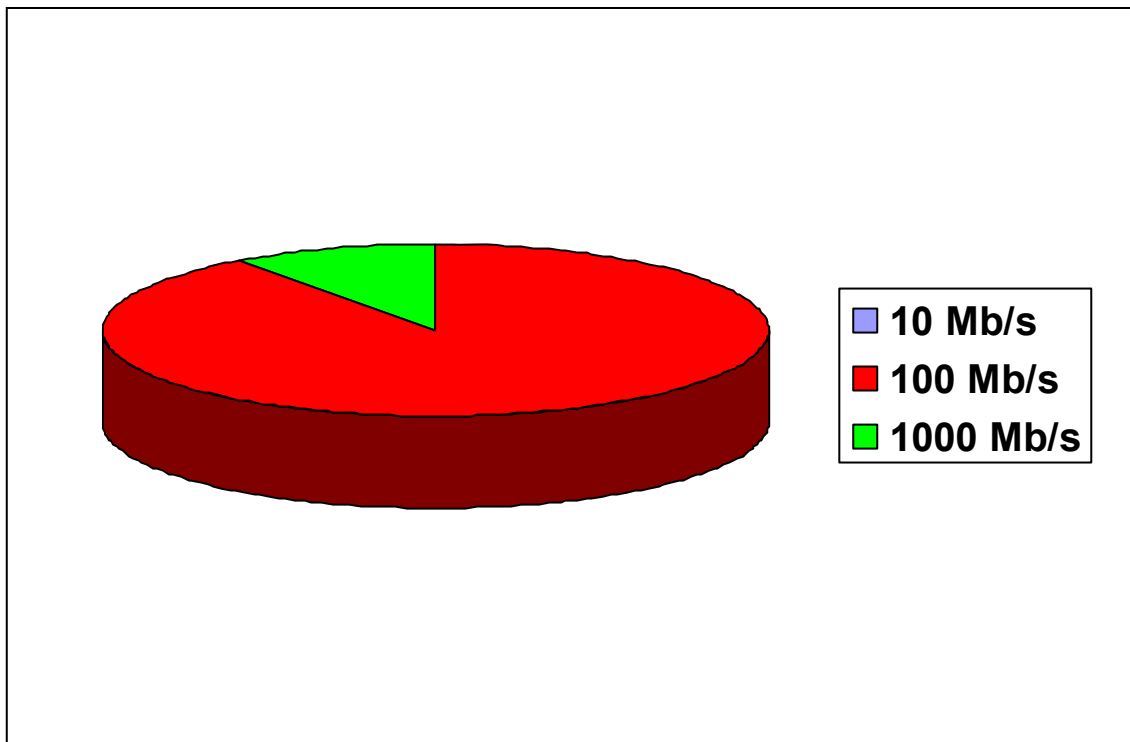


**Graf 4. Jaká je velikost celého diskového pole?**

Z tohoto grafu jasně vyplývá, jaký výsledek přináší používání takovýchto malých disků z předchozího grafu.

I když máme obrovské pole (co do fyzické plochy v serverovně), výsledná kapacita je na dnešní poměry, kde není problém mít několik set GB až několik TB různých dat, velmi nedostačující a vypadá spíše úsměvně.

#### 4.5 Anketa: Síťové připojení

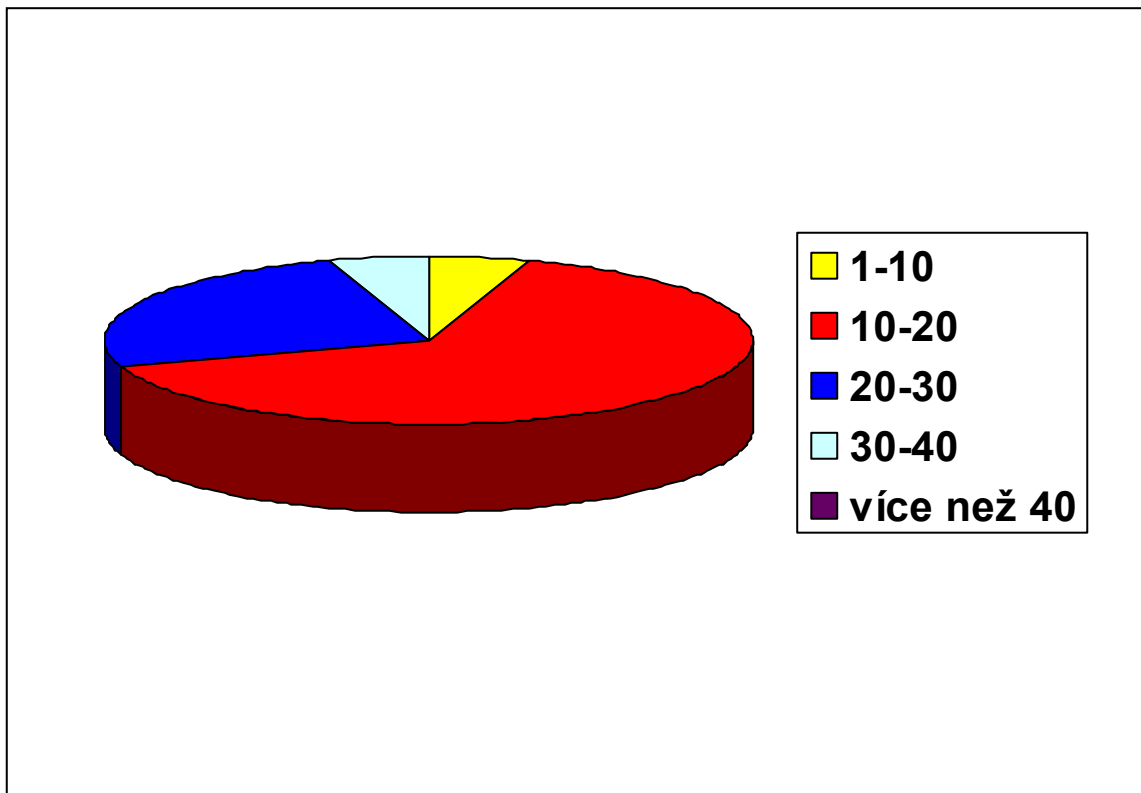


**Graf 5. Jaký používáte druh (rychlost) síťového připojení pracovních stanic k datovému úložišti**

Tento graf dokazuje, že spojení mezi datovým úložištěm a pracovními stanicemi vytváří úzké hrdlo mezi komunikací velkých a rychlých diskových polí a pracovních stanic, a proto nejsou tato pole vzhledem ke své rychlosti a ceně dostatečně využita.

S ohledem na výše uvedené jsou tato pole zbytečná a především finančně náročná na údržbu. Z důvodu nutnosti použití většího množství disků, kde každý z disků má svoji pravděpodobnost výpadku se tyto pravděpodobnosti výpadku navíc sčítají.

#### 4.6 Počet uživatelů



**Graf 6. Jaký je orientační počet uživatelů přistupujících k diskovému poli?**

Tento graf dokládá, že dotazované firmy byly malého až středního charakteru.

*Tato práce **není** určena pro firmy čítající stovky až tisíce pracovníků, pro velká datová centra, kde je kladen velký důraz na přenosové rychlosti a kapacitu a cena hraje podřadnou, někdy téměř nulovou roli. Samozřejmě, že by do výčtu, pro koho **není** práce určena, patřily také velké databázové, webové, aplikační, terminálové a další servery.*

#### 4.7 Porovnání technologií pevných disků

Disk	Kapacita	Rozhraní	Cena*	Čtení MB/S	Zápis MB/S	Kč za 1 GB
Seagate Barracuda 7200.11 (ST31500341AS)	1.5TB	SATA-300	3640,-	99,00	98,20	2,42
Seagate Barracuda 7200.11 (ST31000340AS)	1 TB	SATA-300	3113,-	80,00	80,00	3,11
Seagate Barracuda 7200.11 (ST3750330AS)	750 GB	SATA-300	2280,-	80,00	81,6	3,04
Seagate Barracuda 7200.11 (ST3500320AS)	500 GB	SATA-300	1544,-	81,90	81,00	3,09
Seagate Barracuda 7200.11 (ST3320613AS)	320 GB	SATA-300	1287,-	99,20	98,80	4,02
<b>Průměrná hodnota</b>				<b>73,35</b>	<b>73,27</b>	<b>3,14</b>

\* orientační ceny (duben 2009)

**Tabulka 2. Porovnání rychlostí, kapacit, cen za 1GB u disků s řadičem SATA**

*Hodnoty Čtení MB/S a Zápis MB/S jsou průměrné dosahované hodnoty z měření v laboratořích Tom's Hardware. (4)*

<b>Disk</b>	<b>Kapacita</b>	<b>Rozhraní</b>	<b>Cena*</b>	<b>Čtení MB/S</b>	<b>Zápis MB/S</b>	<b>Kč za 1 GB</b>
Hitachi Ultrastar 15K147 (HUS151414VL3600)	147 GB	SCSI- U320	8171,-	76,2	76,3	55,6
Hitachi Ultrastar 15K147 (HUS151473VL3800)	73 GB	SCSI- U320	4200,-	76,4	76,4	57,5
Hitachi Ultrastar 15K147 (HUS151436VL3800)	36 GB	SCSI- U320	3128,-	79,9	79,9	86,9
<b>Průměrná hodnota</b>				<b>77,5</b>	<b>77,53</b>	<b>66,67</b>

\* orientační ceny (duben 2009)

**Tabulka 3. Porovnání rychlostí, kapacit, cen za 1GB u disků s řadičem SCSI-U320**

*Hodnoty Čtení MB/S a Zápis MB/S jsou průměrné dosahované hodnoty z měření v laboratořích Tom's Hardware. (5)*

<b>Disk</b>	<b>Kapacita</b>	<b>Rozhraní</b>	<b>Cena*</b>	<b>Čtení MB/S</b>	<b>Zápis MB/S</b>	<b>Kč za 1 GB</b>
Seagate Cheetah 15K.5 (ST3450856SAS)	450 GB	SAS	14000,-	141,7	140,9	31,1
Seagate Cheetah 15K.5 (ST3300655SS)	300 GB	SAS	10988,-	107,8	104,7	36,6
Seagate Cheetah 15K.5 (ST373455SS)	73,4 GB	SAS	4665,-	107,5	107,3	63,5
<b>Průměrná hodnota</b>				<b>119</b>	<b>117,6</b>	<b>43,7</b>

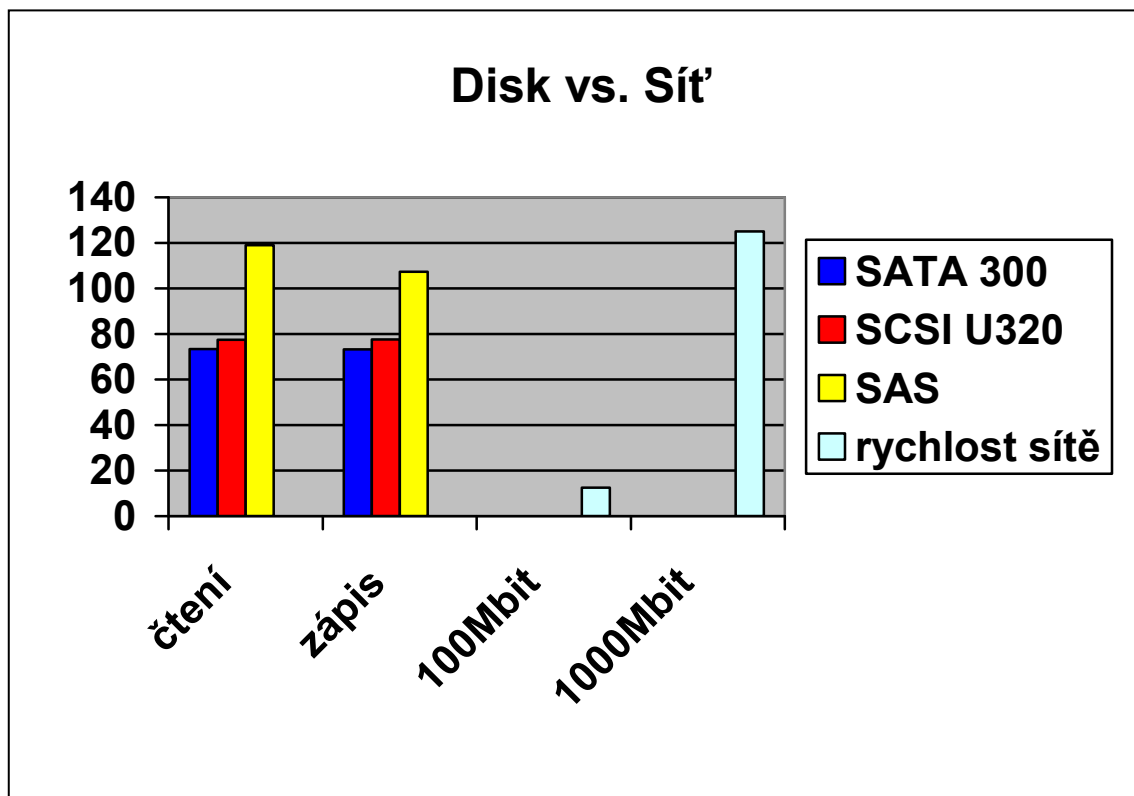
\* orientační ceny (duben 2009)

#### **Tabulka 4. Porovnání rychlostí, kapacit, cen za 1GB u disků řadičem SAS**

*Hodnoty Čtení MB/S a Zápis MB/S jsou průměrné dosahované hodnoty z měření v laboratořích Tom's Hardware. (4)*

*Pozn.: Tabulka 4 je uvedena spíše jako ukázka nejmodernější a také nejdražší technologie, ne za účelem srovnání s navrhovaným řešením. Pevné disky s technologií SAS nelze uvažovat díky své ceně pro datové úložiště středních firem, ale spíše pro servery např. s potřebou velkých datových přenosů, velmi vytížených databázových, aplikačních nebo webových serverů.*

#### 4.8 Srovnání rychlostí technologií disků a sítě



**Graf 7. Porovnání rychlostí pevných disků vůči propustnosti síťových rozhraní**

Dalším důležitým faktorem u datových úložišť je jejich spojení s pracovními stanicemi. Toto je v zásadě vždy řešeno síťovým rozhraním. A právě zde vzniká jedno z úzkých hrdel, kde by rychlé disky sice rády zapisovaly, případně četly data, bohužel jsou omezovány právě přenosovou rychlostí sítě, tudíž si musí na svoje data „počkat“. Tuto situaci bohužel neřeší ani použití gigabitového rozhraní konkrétního datového úložiště, protože nejen většina pracovních stanic ještě používá klasický 100 Mbit, ale také většina přepínačů v kancelářích bývá právě 100 Mbitových.

I kdybychom tyto přepínače vyměnili za gigabitové, narážíme na další problém, a tou je kabeláž – ve většině budov není provedena kabeláž podle dnešních norem a také se na těchto věcech poměrně často při stavbách budov šetřilo, takže výsledkem může být síť tvářící se jako gigabitová, ovšem této rychlosti nedosáhne třeba ani z poloviny, spíše bude srovnatelná s rychlostí klasického 100Mbitu.

Rychlosti pevných disků vůči propustnosti sítě jsou zobrazeny na grafu č. 7. Nutno zdůraznit, že tyto rychlosti jsou pouze teoretické a praxe znamená zpravidla úbytek až přibližně 20%!

#### 4.9 Problém se sběrnici PCI

Dalším neméně podstatným úzkým hrdlem zamezujícím rychlým SCSI diskům odvést rychle svou práci je sběrnice. Řadiče SCSI jsou obvykle řešeny externími zásuvnými kartami, které se vkládají do sběrnice PCI. Sběrnice PCI má několik svých variant hlavně z pohledu taktovací frekvence a tedy i rychlosti. Nejčastěji se můžeme setkat se sběrnici taktovanou na 33 MHz s šířkou datové části 32 bitů (teoretická maximální rychlost je tedy  $132 \text{ MB}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Teoretické maximální přenosové rychlosti sběrnice PCI jsou vypsány v následující tabulce. Opět je nutné zdůraznit, že reálné maximální rychlosti bývají o cca 10% až 20% nižší z důvodu latence při zpracování přerušení, většinou omezené velikosti dat přenášených v jednom bloku atd.

Taktovací frekvence	Šířka datové části	Maximální datový tok
33 MHz	32 bitů	$132 \text{ MB}\cdot\text{s}^{-1}$
33 MHz	64 bitů	$264 \text{ MB}\cdot\text{s}^{-1}$
66 MHz	32 bitů	$264 \text{ MB}\cdot\text{s}^{-1}$
66 MHz	64 bitů	$532 \text{ MB}\cdot\text{s}^{-1}$
133 MHz	32 bitů	$532 \text{ MB}\cdot\text{s}^{-1}$
133 MHz	64 bitů	$1066 \text{ MB}\cdot\text{s}^{-1}$

**Tabulka 5. Teoretické maximální datové propustnosti sběrnice PCI**

## 5. Návrh řešení

Cílem této práce je, jak bylo popsáno výše, ukázat firmám používajícím i nadále starší disky SCSI v režimu RAID5, že lze celý systém nahradit jednodušším, spolehlivějším a hlavně levnějším systémem, a to řešením RAID 1 neboli zrcadlením při použití disků SATA.

Výsledkem tohoto řešení jsou pole, která jsou nepoměrně levnější (pouze 3 Kč/1 GB), o mnoho větší (i přes 1TB) a přitom srovnatelně rychlá než stávající řešení SCSI v režimu RAID5 používané ve většině firem.

### 5.1 Technologické trendy

V technologii SATA došlo za posledních několik let k obrovskému poklesu cen. Disky disponují velkými kapacitami a velmi slušnými přenosovými rychlostmi a jsou tak dostupné téměř pro každého. Byly téměř dorovnány technologické nedostatky, kterými zaostávalo klasické ATA rozhraní oproti SCSI, kde jsou některé „moderní“ technologie standardem již několik let. Těmi jsou např. **NCQ** nebo **hotswap**.

**NCQ** je zkratka z anglického **Native Command Queuing**, česky přirozené řazení příkazů. Jedná se o technologii, která v některých případech umožňuje zvýšit výkon pevných disků s rozhraním SATA. Při použití NCQ pevný disk sám optimalizuje pořadí, ve kterém jsou vykonány požadavky na zápis nebo čtení. Tato optimalizace může redukovat nadbytečný pohyb hlaviček disku. Tím se zvýší rychlost přenosu dat mezi řadičem a diskem a rovněž se mírně sníží opotřebení disku. (6).

**Hotswap** znamená možnost výměny vadného disku za nový bez nutnosti vypínat počítač.

## 5.2 Navrhované varianty řešení

### Varianta A (levnější a méně výkonná)

1. Do stávajícího serveru zakoupit řadič SATA-300 **pro sběrnici PCI**  
(pokud již není dostatečně kvalitní řadič integrován na základní desce):

#### **Řadič Promise FastTrak TX2300**

- podpora 2 Serial ATA zařízení
- podpora RAID 0,1
- podpora až 2TB velikosti disku
- podpora Native Command Queuing (NCQ)
- podpora Tagged Command Queuing (TCQ)
- sběrnice PCI 32-Bit / 66 MHz
- podpora LBA – umožňuje připojit disky větší než 137GB
- aktivita disku pomocí LED
- cena (duben 2009): **1.850,- Kč**

2. Zakoupit 2 disky:

#### **Disk Seagate Barracuda 7200.11 (ST3500320AS)**

- kapacita **500 GB**
- rozhraní SATA
- Rozhraní Serial ATA 300
- Rychlost řadiče 300 MB/s
- Otáčky (RPM): 7200 ot./min
- Střední rotační doba (latency) 4,16 ms
- Vyrovnávací paměť L2 32 MB
- Spotřeba energie (práce/úsporný režim) 10,6/8 Watt
- Technologie kolmého zápisu (perpendicular recording)
- NCQ - Native Command Queuing (inteligentní řazení příkazů)
- cena (duben 2009): (2x) **1.550,- Kč**

**Varianta A celkem: 4.950,- Kč**

## **Varianta B (dražší a výkonnější)**

1. Do stávajícího serveru zakoupit řadič SATA-300 **pro sběrnici PCI-Express**

### **Řadič Adaptec 2405**

- RAID 0, 1, 10
- Native Command Queuing (NCQ)
- Tagged Command Queuing (TCQ)
- hot-swapping (výměna za chodu)
- sběrnice PCI-Express 8x
- lze připojit jak SATA tak SAS disky
- Low Profile karta (lze namontovat i do nízkých skříní)
- vlastní 128 MB cache (vyrovnávací paměť)
- cena (duben 2009): **6.800,- Kč**

2. Zakoupit 2 disky:

### **Disk Seagate Barracuda 7200.11 (ST31500341AS)**

- kapacita **1,5 TB**
- rozhraní SATA
- Rozhraní Serial ATA 300
- Rychlost řadiče 300 MB/s
- Otáčky (RPM): 7200 ot./min
- Střední rotační doba (latency) 4,16 ms
- Vyrovnávací paměť L2 32 MB
- Spotřeba energie (práce/úsporný režim) 10,6/8 Watt
- Technologie kolmého zápisu (perpendicular recording)
- NCQ - Native Command Queuing (inteligentní řazení příkazů)
- cena (duben 2009): (2x) **3.650,- Kč**

**Varianta B celkem: 14.100,- Kč**

### 5.3 Srovnání stávajícího a navrhovaného řešení v praxi

Následující tabulka porovnává již praktické výhody a nevýhody obou řešení, tedy SATA a SCSI. Zelenou barvou je vyznačena lepší vlastnost, červenou horší.

	SCSI RAID 5	SATA RAID 1
<b>Kapacita</b>	100-500 GB	Klidně i 2TB
<b>Počet disků</b>	Min 3	Min 2
<b>Cena</b>	66 Kč / 1GB	3 Kč /1GB
<b>Porucha disků</b>	Pokud selžou kterékoliv 2 disky, znamená to konec dat!	Pokud alespoň 1 z disků v poli přežije, data jsou stále k dispozici a ve 100% stavu.
<b>Porucha řadiče</b>	<p>Na každém disku jsou uloženy jen části (bloky) dat, o jejichž pozici a významu ví jen a pouze řadič.</p> <p>Jelikož se řadiče neustále vyvíjí a modernizují, není zaručeno, že vůbec dokážeme někde sehnat stejný nebo alespoň podobný řadič.</p> <p>V případě, že se nám toto podaří, pořád ještě nemáme vyhráno.</p> <p>Nový řadič může mít tyto výpočetní a logické mechanismy trochu jiné a může se stát, že při rekonfiguraci (rebuildu) o všechna data z pole přijdeme a tato operace je nevratná!!</p>	<p>Můžeme kterýkoliv disk zapojit jinam a pořád máme na každém z nich 100% dat, nikoliv jen jejich „kousky“!</p> <p>Všechny řadiče používají stejnou jednoduchou logiku pro čtení a zápis „zrcadlených“ disků.</p> <p>Žádné složité výpočty parity.</p>

<b>Výměna vadného disku</b>	Pokud vyměníme jiný než právě vadný disk, znamená to opět při rebuildu ztrátu všech dat!	Pokud vyměníme funkční disk místo vadného, nic se neděje, máme ještě pořád šanci toto napravit a vyměnit ten správný disk.
<b>Rekonfigurace (rebuild) při výměně špatného disku</b>	Na disky jsou při rekonfiguraci kladeny obrovské nároky. Zpravidla trvá rebuild několik hodin a v této době disky pracují na 100%, což opět zvyšuje pravděpodobnost, že během této doby odejde další disk. Tento stav by opět vedl ke kompletní ztrátě dat.	Starý disk jednoduše kopíruje „svoje„ data na nový disk, přičemž si jen hlídá zda na pole nikdo nic neukládá, pokud ano, předá změny i novému disku. Rebuild netrvá tak dlouho.
<b>Problémy s cache (vyrovnávací paměti)</b>	Při nečekaném výpadku proudu a současném zapisování na pole při použití write-cache může dojít k „rozsypání“ celého pole! Taktéž při poruše cache, kterou kontrolní systémy jako např. S.M.A.R.T. nezjistí, znamená, že „špatná“ data z cache se rozkopírují do ostatních disků, což opět může znamenat nekonzistenci v p0,02628oli a potenciální kompletní ztrátu dat!	Po výpadku proudu se pouze provede rebuild zrcadla. Samozřejmě přijdeme o data, která byla v cache a nestihla se zapsat na disk. Totéž by se však stalo i při použití jednoho disku.
<b>Seek time (čas, za který se hlavička disku nastaví na určený sektor</b>	3.4 ms (15.000 rpm)	8.2 ms (7.200 rpm)

<b>Záruka</b>	5 let	5 let, některé levnější typy jen 2-3 roky
<b>Spolehlivost</b>	1.000.000 MTBF*	800.000 MTBF*

**Tabulka 6. Porovnání SATA RAID1 vs SCSI RAID5 v praxi**

#### 5.4 Problematika MTBF (Mean Time Between Failures)

\***MTBF** - Meantime Between Failures označuje střední dobu v hodinách, po kterou se očekává, že zařízení bude bezchybně pracovat. Obecně platí, že čím větší číslo u hodnoty MTBF, tím je daná komponenta spolehlivější.

Samozřejmě se nepočítá s tím, že určitá součástka bude po dobu udávanou v MTBF neustále v provozu. Díky MTBF si můžeme jednoduše spočítat, jaká je pravděpodobnost poruchy zařízení po určitou dobu.

Dejme tomu, že máme pevný disk s udávanou MTBF 1.000.000 hodin. A chceme zjistit, jaká je pravděpodobnost, že v následujících třech letech bude mít poruchu. Platí jednoduchý vzoreček:

$$T_p = [T(h)/MTBF]$$

Tři roky si převedeme na hodiny, tj. 26280hodin. Počet hodin vydělíme udávanou MTBF, tj. 1.000.000 hodin. Dostaneme číslo 0,02628. Výsledkem je pravděpodobnost, že harddisk během tří let vypoví službu.

Používání více disků najednou toto riziko samozřejmě zvyšuje; logicky čím více disků je zapojených do jednoho pole, tím dříve některý z nich odejde.

U technologie SCSI, která je určena právě pro firemní klientelu, kde je kladen důraz na bezpečnost, kvalitu a výdrž, jsou některé výrobcem dávané hodnoty MTBF až nereálné. Jedním z hlavních důvodů je právě kombinace nasazení v nepřetržitém provozu a plotny neustále rotující kolem své osy obrovskou rychlostí 15.000 otáček za minutu, nemluvě o dalších mnoha neustále se pohybujících součástkách uvnitř disku.

## 6. Závěr

Tato práce není zaměřena proti technologii SCSI či diskovým polím RAID5. Jejím cílem rovněž není tyto technologie jakkoliv hanit nebo znevýhodňovat oproti navrhovanému řešení.

Každý kousek hardwaru a každá technologie má svoji historii, některé i svoji budoucnost. Technologie SCSI nás doprovází už více než 20 let a jistě s námi zůstane ještě několik let. Najde se i několik dalších spokojených zákazníků, kteří ji nadále budou nasazovat ve svých diskových polích.

Technologický pokrok se ubírá mílovými kroky kupředu. Nyní je na výsluní technologie SATA, kterou v brzké budoucnosti čeká nový standard SATA-600, jenž posune rychlost, spolehlivost a technologické možnosti o krůček dále.

Skvělou budoucnost bude mít i nejmodernější technologie SSD založená na flashových čípech, které jsou velmi levné a neskonale rychlé. O spolehlivosti čipu oproti klasickému pevnému disku složeného z mnoha pohyblivých součástí není pochyby.

Vývoj dává zelenou dalším lepším diskovým technologiím. Lze proto očekávat, že se vám za nedlouho dostane do rukou bakalářská práce mého následovníka, který bude srovnávat mnou navrhované řešení, coby dosluhující, s řešením novým, aktuálním.

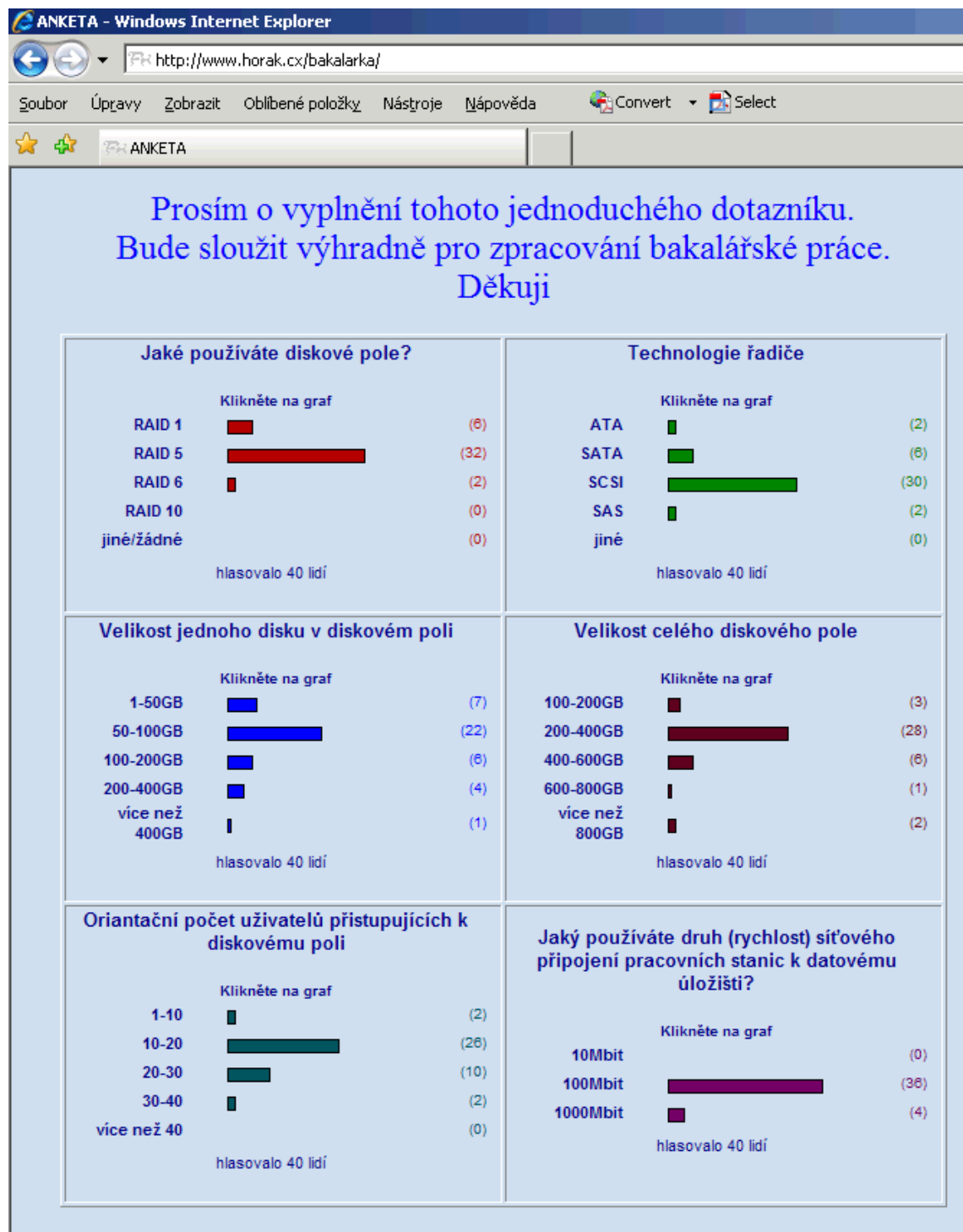
Buďme si však vědomi toho, že ne vždy je pro uspokojení potřeb uživatelů, kteří „jen potřebují ukládat svá data“, nejdražší a nejrychlejší řešení právě tím nejlepším.

## 7. Seznam použité literatury

- (1) GÁLA L., POUR J., TOMAN P. *Podniková informatika*. Grada Publishing a.s., 2006. 482 s. ISBN 80-2471-278-4.
- (2) Přehled všech režimů RAID [online]  
Dostupné z: <http://www.zive.cz/text.aspx?textart=1&article=111138>
- (3) AC&NC - RAID.edu - RAID Tutorial & Benchmarking Tools [online]  
Dostupné z: [http://www.acnc.com/04\\_00.html](http://www.acnc.com/04_00.html)
- (4) Benchmark 3,5“ hard Drives [online]  
Dostupné z : <http://www.tomshardware.com/charts/3.5-hard-drive-charts/benchmarks,24.html>
- (5) Benchmarks Enterprise Hard Drive Charts [online]  
Dostupné z: <http://www.tomshardware.com/charts/enterprise-hard-drive-charts/benchmarks,27.html>
- (6) NCQ - Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]  
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/NCQ>

## 8. Přílohy

### 8.1 Anketa: dostupné z: <http://www.horak.cx/bakalarka/>



## 8.2 Seznam použitých obrázků

Obrázek	Popis obrázku	Původ obrázku
Obr. 1	Detail pevného disku	<a href="http://data.pcworld.cz/img/article/img/83/7e0ef5c88c820a8c840de5417ceb54.jpg">http://data.pcworld.cz/img/article/img/83/7e0ef5c88c820a8c840de5417ceb54.jpg</a>
Obr. 2	File Server	<i>vlastní</i>
Obr. 3	Funkční diagram RAID 0	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf1.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf1.gif</a>
Obr. 4	Funkční diagram RAID 1	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf2.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf2.gif</a>
Obr. 5	Funkční diagram RAID 0+1	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf3.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf3.gif</a>
Obr. 6	Funkční diagram RAID 10	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf4.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf4.gif</a>
Obr. 7	Funkční diagram RAID 2	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf5.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf5.gif</a>
Obr. 8	Funkční diagram RAID 3	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf6.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf6.gif</a>
Obr. 9	Funkční diagram RAID 4	<i>vlastní</i>
Obr. 10	Funkční diagram RAID 5	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf7.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf7.gif</a>
Obr. 11	Funkční diagram RAID 6	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf8.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf8.gif</a>
Obr. 12	Funkční diagram RAID 53	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf9.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf9.gif</a>
Obr. 13	Funkční diagram RAID 7	<a href="http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf10.gif">http://www.zive.cz/Files/Obrazky/2003/4/RAID/graf10.gif</a>

### 8.3 Seznam použitých grafů

<b>Graf</b>	<b>Popis grafu</b>
Graf 1	Jaké používáte diskové pole?
Graf 2	Jakou používáte technologii řadiče?
Graf 3	Jaká je velikost jednoho disku v diskovém poli?
Graf 4	Jaká je velikost celého diskového pole?
Graf 5	Jaký používáte druh (rychlost) síťového připojení pracovních stanic k datovému úložišti?
Graf 6	Jaký je orientační počet uživatelů přistupujících k diskovému poli?
Graf 7	Porovnání rychlostí pevných disků vůči propustnosti síťových rozhraní