



SPŠT

Střední průmyslová škola Třebíč

Maturitní práce

USB RAID POLE

Profilová část maturitní zkoušky

Studijní obor: Informační technologie

Třída: ITB4

Školní rok: 2024/2025 Michal Sedlák

**SPŠT****Střední průmyslová škola Třebíč**

Manželů Curieových 734, 674 01 Třebíč

Zadání ročníkové práce

Obor studia: **18-20-M/01 Informační technologie**

Celé jméno studenta: **Michal Sedlák**

Třída: **ITB4**

Školní rok: **2024/2025**

Číslo tématu: **16**

Název tématu: **USB RAID pole**

Rozsah práce: **15 - 25 stránek textu**

Specifické úkoly, které tato práce řeší:

Cílem práce je nalézt využití zastaralých paměťových médií jako například slabopaměťové USB flash disky s malou paměťovou kapacitou. Technologii RAID (NAS) pole v praxi implementujte na vícero RAID technologiích a vzájemně komparujte řešení. Komparujte chování navrženého systému minimálně na technologiích RAID 0, RAID 1 a RAID 5. Vytvořte vzdálené připojení na toto RAID pole s možností nahrání a stažení souborů po přihlášení uživatele (web login). K tomuto účelu vytvořte webovou aplikaci. Zabezpečte vzdálené připojení. Použité technologie: RAID, NAS, FTP, USB, Flash, HTML, PHP.

Termín odevzdání: **28. března 2025, 23.00**

Vedoucí projektu: **Ing. Ondřej Stejskal**

Oponent: **Ing. Drahomír Škárka**

Schválil: **Ing. Petra Hrbáčková, ředitelka školy**

ABSTRAKT

KLÍČOVÁ SLOVA

ABSTRACT

KEYWORDS

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Ondřejovi Stejskalovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování maturitní práce.

V Třebíči dne 18. března 2025

autora

podpis

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a uvedl v ní všechny prameny, literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil.

V Třebíči dne 18. března 2025

podpis autora

Obsah

Úvod.....	7
1 Teorie USB RAID pole a jejich součástí	8
1.1 Proč použít RAID.....	8
1.2 Technologie RAID	8
1.2.1 RAID 0	8
1.2.2 RAID 1	9
1.2.3 RAID 5	9
1.2.4 JBOD	10
1.2.5 Kombinace RAID pole.....	10
1.3 Ovladač RAIDu	11
1.3.1 Hardwarový ovladač	11
1.3.2 Softwarový ovladač.....	11
1.3.3 Firmwareový ovladač.....	12
1.4 Shrnutí technologie RAID	12
1.5 Technologie FTP	12
1.5.1 Historie SFTP.....	12
1.5.2 Použití SFTP	12
1.5.3 Jak funguje SFTP	13
1.6 MySQL	13
1.6.1 Co je MySQL	14
1.6.2 Benefity MySQL.....	14
1.7 HTML	14
1.7.1 HTML elementy a tagy	14
1.8 CSS	15
1.8.1 Bootstrap Framework.....	15
1.9 USB	15
1.9.1 Co je USB	15
1.9.2 Jak USB funguje	16
1.9.3 Jak fungují USB kabely	16
1.9.4 Klíčové funkce USB	16
1.10 Flash	17
2 Praktická část	18

2.1	Systém	18
2.2	Potřebné služby a aplikace	18
2.2.1	Cockpit	18
2.2.2	OpenSSH.....	19
2.2.3	PuTTY	19
2.2.4	Apache.....	20
2.3	MDADM RAID	20
2.4	Přístup k MDRAID disku.....	22
2.5	Nastavení webové stránky	22
2.6	První použití webové stránky	24
2.7	Funkcionalita stránky	26
2.8	Praktické porovnání úrovně RAID	26
2.9	Funkčnost webové stránky kódově.....	27
2.9.1	Úvodní stránka	27
2.9.2	Admin panel	29
2.9.3	SFTP klient	29
	Závěr.....	30
	Seznam použitých zdrojů	31
	Seznam použitých symbolů a zkratk	33
	Seznam obrázků	34
	Seznam tabulek	35
	Seznam příloh.....	36

Úvod

Tento projekt jsem si vybral z důvodu, že mě zajímají technologie, které se u tohoto projektu používají. Také se mě líbí nápad spojit Flash disky, které by se jinak zužitkovat nedaly, do RAID (Radundant Array of Independent Disks) pole a použít je například jako síťové uložení.

V této technické dokumentaci bude vysvětlena funkcionality RAID pole disků, jejich výhody a nevýhody a rozdíly mezi různými konfiguracemi RAID pole. Dále tato dokumentace bude objasňovat služby jako je FTP (File Transfer Protocol), HTML (HyperText Markup Language), PHP (Hypertext Preprocessor), USB (Universal Serial Bus), Flash, NAS (Network Attached Storage), MySQL (My Structured Query Language).

U FTP se podíváme na princip fungování této služby, kdy vznikla a jak ji implementovat do webového rozhraní pomocí PHP skriptu. U NAS si vysvětlíme, co je za potřebí, abychom mohli tuto službu použít a jak se dá uplatnit při použití RAID pole. Vysvětlíme si, proč se používá Flash oproti jiným druhům uložení, jeho výhody a jak souvisí s USB disky. Také si objasníme použití webové služby MySQL a jak ji napojit na PHP. Ukážeme si, jak databázi zašifrovat a ochránit proti útokům. Řekneme si, kde se používá PHP, na co je určen a jak se používá.

Prakticky si ukážeme, jak vytvořit RAID pole a rozdíly v rychlostech a spolehlivosti RAID polích typu 0, 1 a 5, jak vytvořit NAS a FTP a jak si zahostovat webovou stránku s HTML a PHP. Také si ukážeme, jak zabezpečit připojení mezi serverem a klientem pomocí SSL (Secure Sockets Layer).

1 Teorie USB RAID pole a jejich součástí

V teoretické části budou vysvětleny jednotlivé části USB RAID pole, použité technologie pro sestavení RAID pole, použité technologie pro přístup dat z webového prostoru a části použité pro sestavení webové stránky. Tato část objasní funkcionalitu RAIDu, proč ho použít, jaké jsou jeho výhody a nevýhody a vysvětlí rozdíly v ovladačích RAID pole a jejich náročnost.

1.1 Proč použít RAID

RAID může přidat na spolehlivosti disku za cenu snížené celkové kapacity. To znamená, že při selhání disku v poli data nebudou ovlivněna a je možné je obnovit. Toto řešení je spolehlivější než mít data rozhozená po více discích, protože nehrozí ovlivnění dat při selhání disku. [1]

Další využití RAIDu může být zvýšení rychlosti disku. Například při použití pomalých plotnových disků lze znásobit jejich rychlost, aby úkoly náročné na rychlost disků byly plynulejší.

1.2 Technologie RAID

Zkratka RAID znamená Redundant Array of Independent Disks (V češtině používáno „Vícenásobné pole levných disků“ nebo „Vícenásobné pole nezávislých disků“). Tato technologie umožňuje zápis dat napříč několika disky ve stejném systému. Nejčastěji používané RAID pole jsou RAID 0, RAID 1 a RAID 5. RAID pole se používají pro zvýšení výkonu, zvýšení odolnosti před ztrátou dat nebo se používá kombinace obojího. [2]

1.2.1 RAID 0

RAID úroveň 0 nabízí nejvyšší rychlost a maximální dostupnou kapacitu. RAID se nejčastěji používá pro ochranu dat, avšak RAID 0 nenabízí ochranu před ztrátou dat při selhání jakéhokoli disku. [2]

Tato konfigurace rozděluje data na menší části a zapisuje je odděleně na disky. Data se tímto rovnoměrně rozdělují na více disků a tím se dosahují nejvyšší rychlosti ze všech RAID polí. Na příklad, když k poli RAID 0 jsou připojeny dva disky, tak se data rovnoměrně rozdělují mezi tyto dva disky a rychlost se tímto zdvojnásobuje. [2]

RAID 0

Disk 0	Disk 1	Disk 2	Disk 3
0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	10	11
12	13	14	15

Obrázek 1: Ukázka funkcionality RAID 0 [1]

1.2.2 RAID 1

RAID 1 je nejlepší v zachovávání dat při selhání disku. Toto řešení se nejčastěji používá, pokud je ochrana dat první prioritou. Ochrana dat se dosahuje tím, že se ukládají oddělené kopie napříč připojenými disky. To znamená, že když v poli budou připojeny dva disky, tak se data zapíší na oba disky a při selhání jednoho disku se začne automaticky používat záložní disk. Avšak toto zapojení limituje rychlost na pouze jeden disk a použitelná velikost se zmenšuje na velikost jednoho disku z celkové kapacity. [2]

RAID 1

Disk 0	Disk 1	Disk 2	Disk 3
0	0	1	1
2	2	3	3
4	4	5	5
6	6	7	7

Obrázek 2: Ukázka funkcionality RAID 1 [1]

1.2.3 RAID 5

RAID 5 nabízí to nejlepší z předešlých RAID 0 a RAID 1. Pro toto zapojení je zapotřebí nejméně 3 nebo více disků. [2]

Pro zachování dat se u RAID 5 počítají parity, které se při selhání disku v poli použijí pro vypočítání ztracených dat. Nevýhodou je, že pole zvládne výpadek pouze jednoho

disku (nezáleží na počtu disků v poli), při selhání více než jednoho disku dochází k ztrátě dat. Dále RAID 5 nabízí zvýšenou rychlost oproti RAID 1, avšak zvýšení rychlosti není tak znatelné jako u RAIDu 0. [2]

RAID 5

Disk 0	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4
0	1	2	3	P0
5	6	7	P1	4
10	11	P2	8	9
15	P3	12	13	14
P4	16	17	18	19

Obrázek 3: Ukázka funkcionality RAID 5. P znázorňuje parity [1]

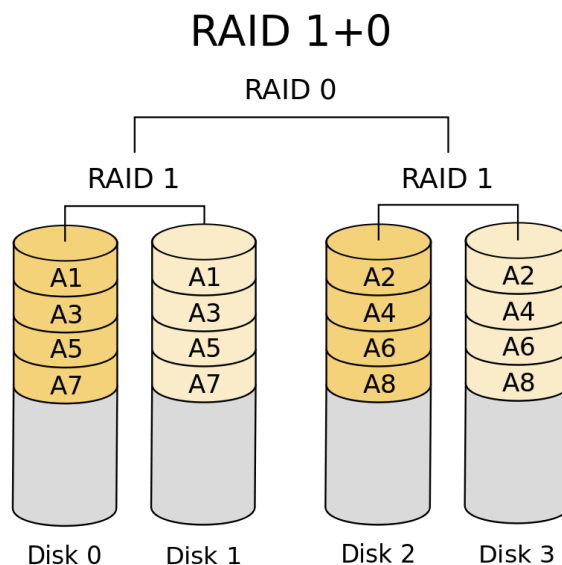
1.2.4 JBOD

Za zmínku stojí ještě JBOD. Zkratka JBOD v angličtině znamená „Just a Bunch of Disks“ (v češtině „jen hromada disků“). [2]

JBOD je hodně flexibilní, to znamená, že lze přidat nebo vyměnit další disky bez nutného formátování. Tato flexibilita je dosažena tím, že se každý disk chová zcela nezávisle a každý disk má vlastní oddíl. To také znamená, že při selhání disku se ztrácí data pouze z toho disku, který selhal. JBOD spojuje oddíly těchto disků a zobrazuje je jako jeden velký „logický“ oddíl. [2]

1.2.5 Kombinace RAID pole

RAID pole se dají kombinovat pro zvýšení rychlosti nebo odolnosti. Tyto kombinace se označují na příklad RAID 10 nebo RAID 50. Pro RAID 10 to znamená, že jsou zapojeny 2 skupiny disků do RAID 1 a výsledné dva RAIDy jsou poté zapojeny do RAID 0.



Obrázek 4: Ukázka RAID 10 [3]

1.3 Ovladač RAIDu

Ovladač RAIDu pracuje mezi operačním systémem a fyzickými disky. Tento ovladač se rozděluje na tři typy. Tyto typy jsou: hardwarový, softwarový a firmwarový. Ovladač RAIDu organizuje disky do pole RAID. [1]

1.3.1 Hardwarový ovladač

Hardwarový ovladač je fyzická jednotka, která obsluhuje celé pole RAID. Tato jednotka je schopna spravovat několik disků zapojených do této jednotky. Pro připojení k této jednotce se používá například SATA. Hardwarový ovladač se občas integruje přímo do základních desek počítače. Tento typ ovladače je nejlepší pro výkon počítače, protože pracuje nezávisle na počítači a nevyužívá jeho prostředky. [1]

1.3.2 Softwarový ovladač

Pro softwarový RAIDu není zapotřebí žádného externího zařízení. To znamená, že pro použití tohoto ovladače RAIDu je za potřebí procesor a paměť počítače, což může zpomalit ostatní služby běžící na počítači, nebo i samotný RAID. Z toho důvodu nemusí být softwarový RAID tak výkonný jako hardwarový RAID. [1]

1.3.3 Firmwarový ovladač

Tento ovladač také potřebuje pro svoje fungování procesor počítače. Na rozdíl od softwarového RAIDu se firmwarový RAID deklaruje již při spuštění počítače. Po spuštění operačního systému se RAID předává speciálním ovladačům počítače. Toto řešení je levnější než hardwarový ovladač. Toto řešení se také nazývá hardware-asistovaný software RAID, hybrid model RAID nebo falešný RAID. [1]

1.4 Shrnutí technologie RAID

Pro použití technologie RAID je třeba zvážit, jakou konfiguraci zvolit, a při použití softwarového nebo firmwarového ovladače je také potřeba vzít v potaz zvýšené využití procesoru počítače. Rychlé shrnutí dříve popsaných konfigurací:

- RAID 0 má uplatnění, pokud je rychlost hlavní prioritou. Nevýhodou je žádná protekce dat při selhání jakéhokoli disku.
- RAID 1 se hodí v případech, kdy nelze dovolit ztrátu jakýchkoli dat. Nevýhodou je vysoká náročnost na celkovou kapacitu.
- RAID 5 je zlatý střed mezi rychlostí a protekcí dat.
- JBOD má uplatnění, pokud je potřeba spojit několik rozdílných disků do jednoho velkého.

1.5 Technologie FTP

Tento projekt využívá službu SFTP (Secure File Transfer Protocol). SFTP používá pro svoji funkcionalitu zabezpečenou komunikaci SSH (Secure Shell). Oproti klasickému FTP se liší metodami, které používá pro přenos souborů. [4]

1.5.1 Historie SFTP

SFTP bylo vytvořeno v roce 1995. SFTP mělo nahradit starší, nezabezpečený protokol FTP. Díky tomu se stalo rychle populární, protože data mohly být bezpečně přesunuty mezi zařízeními. [4]

1.5.2 Použití SFTP

SFTP se používá pro bezpečný přenos dat. Používá se například pro přesun záloh, webových stránek, správu souborů nebo přesun důležitých dat webů (např.

objednávky). Jedná se o velmi bezpečný protokol, ale s nevýhodou nižší rychlosti oproti FTP nebo FTPS. [4]

Další nesporná výhoda SFTP je, že na serveru stačí mít otevřený jen jeden port jak pro navázání komunikace, tak pro přenos dat. SFTP využívá pouze portu 22 (port služby SSH), zatím co FTP používá port 20 pro přenos dat a port 21 pro navázání komunikace a posílání příkazů. Dále jelikož je SFTP nadstavba pro SSH, tak obě služby jedou na stejném portu, tudíž když na serveru již máme otevřenou komunikaci pomocí SSH, tak je SFTP velmi dobrá volba. [12]

Další výhoda pro server je, že služba SFTP funguje na straně klienta. To znamená že není potřeba další konfigurace na serveru.

1.5.3 Jak funguje SFTP

SFTP pro zabezpečení přesunu souborů používá datový tok SSH. Před přenosem autentizuje hosta a klienta a poté používá kryptografických funkcí, aby data byly při přenosu nečitelná. Na začátku otevře komunikaci mezi klientem a hostem pomocí TCP (Transmission Control Protocol), poté si klient a host vymění kryptografické klíče a TCP validuje porty. Přenos souborů je poté zprostředkován po zabezpečeném „tunelu“, který je zabezpečené spojení mezi SSH serverem a klientem. [5]

Pro zvýšení bezpečnosti je možné využít buď dvou fázové ověření, nebo používání klíčů pro připojení k SSH serveru, aby se zabránilo připojení nechtěných zařízení. [5]

Pro funkci se typicky používá port 22 a SFTP je zabudované ve většině SSH klientů, jako je například FileZilla, PuTTY nebo WinSCP. [5]

1.6 MySQL

MySQL je open source relační databáze. Používá se pro uskladňování dat a pro práci s nimi. Díky jeho spolehlivosti, výkonu, škálovatelnosti a jednoduchému použití se stal MySQL populární volbou mezi vývojáři. Důkazem toho jsou například služby jako Facebook, Netflix, Uber, Airbnb, ..., které využívají právě MySQL pro práci s daty. [6]

I přes to že je MySQL skoro tři dekády staré, neukazuje známky stárnutí nebo zastarání a stále se umísťuje na 2. místě ve světovém žebříčku nejpoužívanějších databází. [6]

1.6.1 Co je MySQL

MySQL je světově nejpopulárnější open source databázový systém. Databáze jsou nedílná součást dnešních aplikací. Používají se například při vyhledávání na webu, přihlašování, provozu e-shopu nebo při platbách. MySQL v těchto úkonech exceluje. [6]

SQL je zkratka pro Structured Query Language (Strukturovaný Dotazovací Jazyk). Používá se pro získání, aktualizaci, odstranění a další manipulaci s daty v relační databázi. [6]

MySQL je založena na SQL relační databázi. Je navržena pro skladování a zprávu strukturovaných dat, ale v nedávné době byla zavedena podpora pro JSON data. Tyto změny zavedla společnost Oracle. [6]

1.6.2 Benefity MySQL

MySQL je rychlá, spolehlivá, dobře škálovatelná a jednoduchá na použití. Původně bylo navrženo pro rychlou práci s velkými databázemi, proto je používáno ve vysoce náročných prostředí již několik let. MySQL má mnoho bohatých nástrojů a sety funkcí. Také je stále ve vývoji společností Oracle, aby byla zaručena funkčnost a stabilita. [6]

1.7 HTML

HTML znamená HyperText Markup Language. Jedná se o značkový jazyk, nikoli programovací, to znamená, že určuje zobrazení na stránce. Je to standardní jazyk pro vytváření webových stránek. Formuje základní strukturu webových stránek a poté je doplněn CSS (Cascading Style Sheets) styly a JavaScript interaktivitou. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

1.7.1 HTML elementy a tagy

HTML elementy jsou kompletní struktura. Skládá se většinou z otevíracího tagu, obsahu a uzavíracího tagu. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Tagy jsou klíčová slova uzavřená v závorkách (<>), které určují, jaký obsah má prohlížeč očekávat a podle toho je zpracovat. Tagy se dělí na párové (př. <div> </div>) a nepárové (př.). Tagy mohou obsahovat atributy (např. class, style, id, href,..), pokud jsou párové, tak i obsah vnořený v nich. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

HTML kód zpracovává prohlížeč. Elementy v kódu jsou zpracovávány postupně, od shora dolů, zároveň při jejich zpracování dochází k vykreslení ve webovém prohlížeči.

Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.

1.8 CSS

CSS stojí za názvem Cascading Style Sheets (kaskádové styly). Používá se pro stylování a vylepšování vzhledové stránky webů. CSS je jedna ze tří hlavních komponent webové stránky společně s HTML a JavaScriptem. CSS vyšlo roku 1996, tři roky po HTML. Hlavní účel byl zavedení grafiky na webové stránky. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.****Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

1.8.1 Bootstrap Framework

Bootstrap je open source framework používaný pro front-end vývoj webových stránek a aplikací. Bootstrap je kolekce syntaxí pro vytváření designu pomocí šablon. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Bootstrap poskytuje předdefinované části kódu, aby zjednodušil vývoj webových stránek. Je postaven na HTML, CSS a JavaScriptu. Díky tomuto frameworku je vývoj rychlejší a je zachována responzivita stránek. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Tento Framework pracuje na základě velikosti displeje uživatele a podle toho upravuje vzhled stránky, aby byla vždy čitelná a dobře vypadající. Díky tomu je vývoj jednodušší i na mobilní telefony, které mají vertikální zobrazení namísto horizontálnímu. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

1.9 USB

Universal serial bus (USB) je definovaný standart ve výpočetní technice. Stará se o jednoduchou a univerzální konektivitu mezi zařízeními a periferiemi. [9]

1.9.1 Co je USB

USB je mechanismus používaný pro propojení periferií k zařízením. Před zavedením USB se typicky používaly serial porty, paralel porty a občas i joystick porty. [9]

USB standard byl zaveden v 90. letech 20. století několika společnostmi, nejhlavnější z nich byly IBM, Intel a Microsoft, aby se zavedla standartní metoda pro připojení periferií. [9]

Rok 1998 byl pro USB průlomový, jelikož společnost Apple vydala první iMac, který zavedl podporu pouze USB konektorů. Tím donutil výrobce konečně přejít na tento standart. [9]

USB design nyní spravuje organizace USB Implementers Forum (USB-IF), která propaguje a dále rozvíjí tento standart. [9]

1.9.2 Jak USB funguje

Po zapojení periferie do počítače, počítač sám rozpozná, o jaké zařízení se jedná a podle toho nainstaluje potřebný driver. USB vysílá data na velikosti bitů, také známo jako pakety. Každý paket má předdefinovaný počet bytů. [9]

Při zapojení několika zařízení může dojít k přetížení řadiče. To u USB 2.0 je 480mbps nebo u USB 3.0 4.8gbps. Při dosáhnutí 90% zátěže počítač nepřijme další zařízení a zbylých 10% výkonu si nechá zálohovaných. [9]

1.9.3 Jak fungují USB kabely

USB kabely se používají pro propojení zařízení mezi porty. Pro tento účel je zapotřebí minimálně 4 vodiče, 2 pro napájení a 2 pro data. To platí pro USB 2.0 standart, u USB 3.0 je tento počet navýšen o další 4 pro přenos dat. Díky tomu dosahuje USB 3.0 vysoké rychlosti. [9]

1.9.4 Klíčové funkce USB

USB, oproti jiným druhům připojení, umí několik klíčových funkcí. Tyto funkce jsou Hot swapping, napájení zařízení a stínění. [9]

Hot swapping je jedna z nejhlavnějších funkcí USB, díky které není potřeba inicializovat zařízení při startu počítače, ale je možné zařízení připojit již za běhu systému. [9]

Další výhoda USB je možnost napájení zařízení. Standartně se jedná o napájení 5V o maximálním napětí 500mA. Toto napájení se používá hlavně pro napájení periférií jako jsou myš a klávesnice. [9]

Kabel USB je typicky stíněný. To zaručuje že data nemohou být narušena externími vlivy. Tato funkce je zásadní pro fungování USB přenosu. [9]

1.10 Flash

Flash paměť je typ nonvolatilní paměti. Používá se v široké míře v běžných zařízeních, firemních systémech a ve velkovýrobních aplikacích. Flash paměť uchovává data po dlouhou dobu i když zařízení je vypnuto. [11]

Paměť flash se využívá i v datacentrech, v síťových zařízeních a ve velké míře v zařízeních pro širokou veřejnost. Jedná se například o USB flashdisky, SD karty, paměť mobilních zařízeních, kamer, tabletů a počítačů. [11]

Využívají se dva typy těchto zařízení: NAND a NOR. NAND SSD (Solid State Drive) se často využívají pro zrychlení náhodných čtení a zápisu. Kvůli těmto vlastnostem se často využívají jako uložisti různých zařízení. Například počítačů a mobilů. NOR paměť se zase nejčastěji využívá pro uchovávání ovládacích kódů. Jedná se například o BIOS (Basic Input-Output System) počítače. [11]

2 Praktická část

V praktické části bude objasněno, jaké technologie byly použity pro realizaci a z jakého důvodu byly použity.

2.1 Systém

Pro realizaci projektu jsem využil Linux, protože Windows má v sobě zabudovaná pravidla, která zakazují zakládání RAID pole z přenosných zařízení. Tento problém se dá vyřešit externíma programy, ale já zvolil cestu Linuxu. Pro realizaci RAID pole jsem zvolil distribuci Ubuntu server.

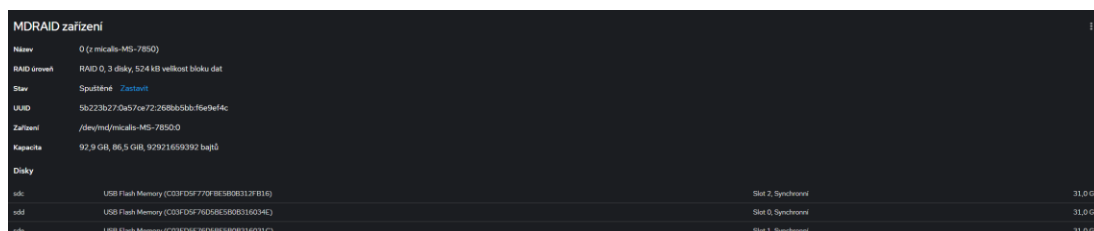
Ubuntu server je distribuce bez grafického rozhraní. Není určená pro každodenní používání běžným uživatelem. Jedná se o serverovou distribuci obsahující čistě CLI (Command Line) interface. Zároveň tato distribuce není určená pro přímou práci na zařízení, proto budeme využívat pár nástrojů pro práci s OS.

2.2 Potřebné služby a aplikace

Pro správu linuxového zařízení jsem zvolil webový admin interface zvaný Cockpit. Dále jsem využil PuTTY a OpenSSH pro SSH přístup k zařízení. Pro webový interface jsem zvolil Apache server s MySQL databází a PHP s moduly pro správu databází a externí knihovnu pro SFTP přístup. Dále pro RAID pole jsem zvolil službu mdadm. Pro SSH server jsem využil vestavěný OpenSSH.

2.2.1 Cockpit

Cockpit je webový admin panel pro správu serveru. Umožňuje sledování využití systémových prostředků, přístup k terminálu, a hlavně umožňuje správu uložistě s nativní podporou mdadm raidů.

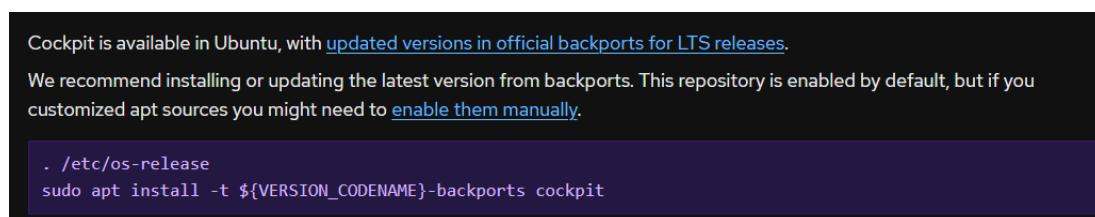


MDRAID zařízení			
Název	0 (z micalto-MD-7B5D)		
RAID úroveň	RAID 0, 3 disky, 524 KB velikost bloku dat		
Stav	Spustěné Zastavit		
UUID	5b223b27-0a57-ea72-268b-b5b0-9e9ef4c		
Zařízení	/dev/md/micalto-MD-7B5D.0		
Kapacita	92.9 GiB, 86.5 GiB, 92.921659392 bajtů		
Disky			
sdL	USB Flash Memory (C03F D5F 77CF 9836B031F B16)	Slot 2, Synchronní	31.0 GiB
sdD	USB Flash Memory (C03F D5F 76D59B53B0B316034E)	Slot 0, Synchronní	31.0 GiB
sdU	USB Flash Memory (C03F D5F 76D59B53B0B316031C)	Slot 1, Synchronní	31.0 GiB

Obrázek 5 Ukázka RAID pole v Cockpitu

Cockpit také nabízí vlastní doplňky vytvořené komunitou. Není problém si nainstalovat doplňky třeba pro benchmarkování disků nebo správu virtuálních zařízení.

Dále se vyznačuje jednoduchým nastavením. Pro prvotní nastavení Cockpitu stačí pár řádků bash kódu do terminálu z githubu a webový interface se hned zapne.

A screenshot of a terminal window with a dark background. The text is white and yellow. It shows instructions for installing Cockpit on Ubuntu, mentioning backports for LTS releases and providing a terminal command to install Cockpit from backports.

```
Cockpit is available in Ubuntu, with updated versions in official backports for LTS releases.  
We recommend installing or updating the latest version from backports. This repository is enabled by default, but if you  
customized apt sources you might need to enable them manually.  
  
. /etc/os-release  
sudo apt install -t ${VERSION_CODENAME}-backports cockpit
```

Obrázek 6: Instrukce pro instalaci Cockpitu[13]

Pro přihlašování se využívají účty na linuxovém zařízení. Tedy není zapotřebí jakkoli dále Cockpit nastavovat.

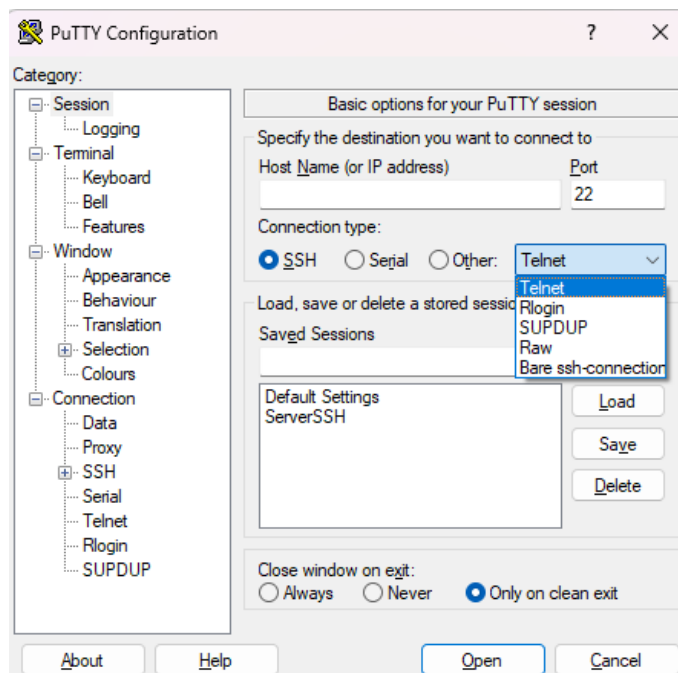
Dále také Cockpit v základu pracuje na zabezpečené komunikaci pomocí SSL, tudíž není třeba řešit následné zabezpečení komunikace mezi klientem a serverem.

2.2.2 OpenSSH

OpenSSH je nástroj pro SSH přístup k zařízení. Původně se jednalo o linuxový nástroj, ale v poslední době se stal zabudovaným nástrojem i ve Windows. Použití je velmi jednoduché, stačí do cmd napsat „ssh *uživatelské jméno@adresa hosta*“. U linuxových distribucí bývá OpenSSH také často předinstalovaný, není to však nutnost. U Ubuntu server je možnost nainstalovat OpenSSH při instalaci.

2.2.3 PuTTY

PuTTY je klient pro vzdálené připojení, dokáže navázat komunikaci zejména s SSH a Telnet. Ty slouží pro vzdálenou správu zařízení pomocí terminálu.



Obrázek 7: Ukázka PuTTY interfaceu

2.2.4 Apache

Apache je služba pro hostování webových stránek. V základu podporuje pouze HTML a JavaScript. Apache využívá i například XAMPP (Cross-Platform, Apache, MariaDB, PHP a Perl), který je populární volbou pro správu webového serveru na Windows a Linux¹. Apache dále podporuje různé moduly, například PHP. Pro správu databází pomocí Apache serveru je potřeba PHP modulu.

2.3 MDADM RAID

Pro vytvoření MDADM RAIDu máme několik možností. Můžeme použít terminál, nebo Cockpit panel, který jsem zmiňoval dříve. Při použití Cockpit panelu je proces jednodušší, protože se zároveň stará a uložení nastavení a automatického připojení RAIDu do FS (File System) linuxu.

¹ Pro linux se používá LAMPP (Linux, Apache, MariaDB, PHP a Perl), jedná se o port XAMPP na linux

Pro vytvoření MDADM RAIDu v Cockpitu stačí najet na záložku Uložiště, kliknout na 3 čárky a vybrat „Vytvořit MDRAID zařízení“. Poté stačí jen vybrat disky, pojmenovat nový RAID a vytvořit ho.

Vytvořit RAID zařízení

Název: raid

RAID úroveň: RAID 5 (distribuovaná parita)

Velikost bloku: 512 KiB

Disky:

- ☐ 477 GB Oddíl na Patriot Burst EI (PBEIBCB23022300809) /dev/sda3
- ☒ 31,0 GB nerozdělené místo na USB Flash Memory (C03FD5F76D5BE5B0B316034E) /dev/sdd
- ☒ 31,0 GB nerozdělené místo na USB Flash Memory (C03FD5F76D5BE5B0B316031C) /dev/sde
- ☒ 31,0 GB nerozdělené místo na USB Flash Memory (C03FD5F770FB5B0B312FB16) /dev/sdc

Vytvořit Storno

Obrázek 8: ukázka vytvoření MDRAID zařízení

Dále při selhání disku je jednoduché ho identifikovat. Při selhání se ukáže upozornění v Cockpit panelu a při rozkliknutí se můžeme dozvědět další informace.

MDRAID zařízení Přidat disk

MDRAID zařízení je v degradovaném stavu
1 disk chybí

Název	raid		
RAID úroveň	RAID 5, 3 disky, 524 kB velikost bloku dat		
Stav	Spuštěné Zastavit		
UUID	df0f2face467a403:754a214d:15c18141		
Zařízení	/dev/md/raid		
Kapacita	61,9 GB, 57,7 GiB, 61942530048 bajtů		
Disky			
sdc1	Oddíl - USB Flash Memory (C03FD5F770FB5B0B312FB16)	Slot 0, Synchronní	31,0 GB
sdd1	Oddíl - USB Flash Memory (C03FD5F76D5BE5B0B316034E)	Slot 1, Synchronní	31,0 GB
sde1	Oddíl - USB Flash Memory (C03FD5F76D5BE5B0B316031C)	Slot 2, Zotavování	31,0 GB

Zotavování MDRAID zařízení raid 6% za 1 hodinu

Obrázek 9: Ukázka selhání disku v MDRAID zařízení

Na obrázku se můžeme dozvědět, že disk **sde** selhal a při opětovném připojení začala automatická oprava.

2.4 Přístup k MDRAID disku

Pro přístup k RAIDu disků využívám webovou stránku s web loginem, která obsahuje SFTP klienta pro přístup k disku. Webová stránka je hostována pomocí Apache serveru s PHP, MySQL a doplňky pro PHP pro správu databáze.

```
// SFTP Configuration
$host = 'IP_ADDRESS';
$username = 'USER_NAME';
$password = 'PASSWORD';
$defaultPath = 'DEF_PATH';
```

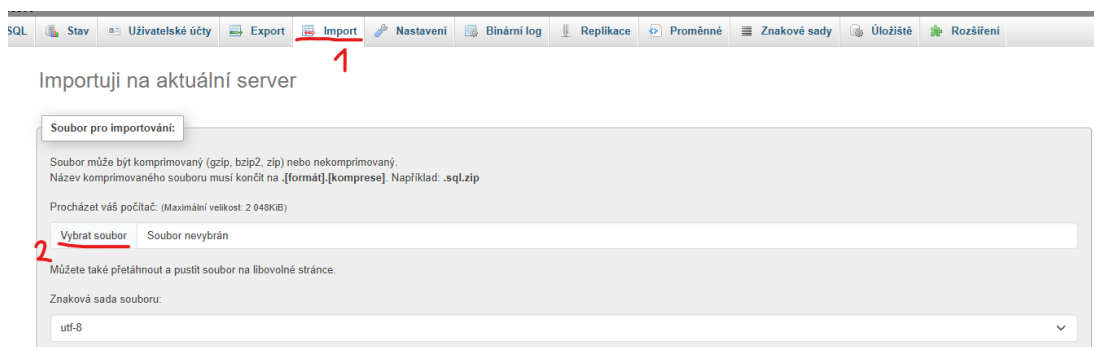
Obrázek 10: Ukázka konfigurace SFTP web klienta

Na obrázku si můžeme všimnout obsahu souboru **config.php**, který se nachází v **content/ftp**. Tato část je potřeba upravit pro funkčnost webové stránky. Do proměnné „host“ je zapotřebí napsat IP adresu, pokud je webová stránka a RAID disk na stejném zařízení, píšeme localhost IP adresu (tedy 127.0.0.1). To je z důvodu, že PHP pracuje lokálně, tedy není zapotřebí psát IP adresu zařízení v síti, protože data nepotřebují cestovat jinam než z localhostu. Dále je zapotřebí účet na linuxovém zařízení. Pro tyto účely doporučuji založit separátní účet, který bude mít přístup jen tam, kde to je třeba. Přihlašovací údaje tohoto účtu vypíšeme do proměnných „username“ a „password“. A poslední proměnná je „defaultPath“. Ta určuje, kam bude uživatel přesměrován po přihlášení. Uživatel nemůže jít výš, než je základní cesta, jinak pokud bude základní cesta „/mnt/raid“, uživatel se dostane nejvýše do tohoto bodu, ale do „/mnt“ už se nedostane.

2.5 Nastavení webové stránky

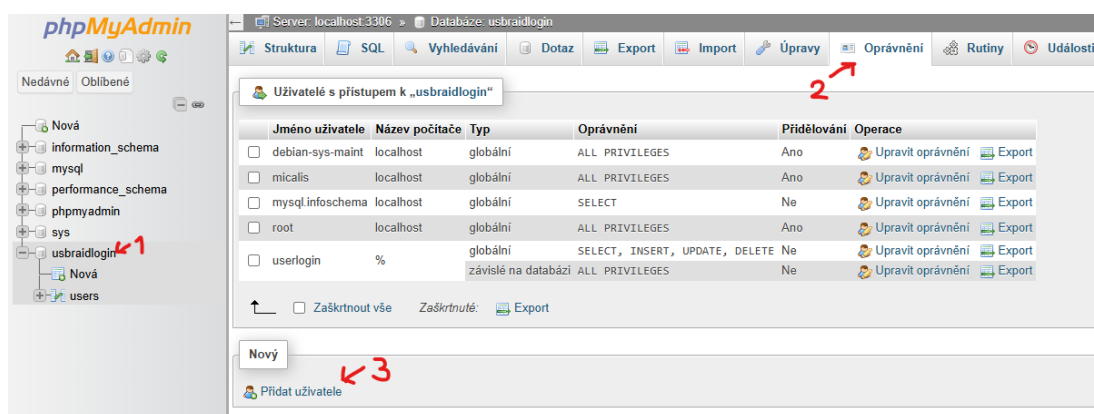
Předchozí krok se týkal SFTP klienta, nyní si vysvětlíme, jak nastavit databázi pro login, aby na webovce fungovala.

Pro zjednodušení jsem vytvořil export databáze. Tento export stačí nahrát do phpmyadmin² a vytvoří se databáze s tabulkou **users**.



Obrázek 11: Ukázka, jak importovat pomocí phpmyadmin

Dále potřebujeme uživatele, který může z databáze číst a zapisovat. Toho vytvoříme pomocí najetí na **databázi**, kliknutí na záložku **oprávnění** a přidáme **nového uživatele**.

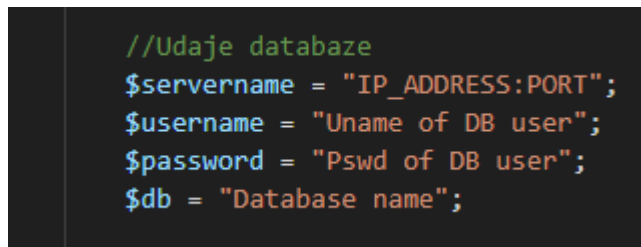


Obrázek 12: Ukázka, jak vytvořit uživatele

Po kliknutí na **Přidat uživatele** můžeme vytvořit uživatele, který bude mít přístup do databáze. Pro účely přihlášení stačí oprávnění pro **Data**.

² Phpmyadmin je webový nástroj pro správu MySQL databází. V základu je předinstalovaný pro XAMPP a LAMPP, nikoliv však pro Apache samotný.

Po vytvoření uživatele je potřeba jej zavést do PHP scriptů³ na webové stránce. Přesněji se jedná o scripty login.php a addusermanager.php. V těchto scriptech je potřeba nahradit proměnné **servername**, **username**, **password** a **db**.

A screenshot of a code editor showing PHP code for database connection. The code is as follows:

```
//Udaje database
$servername = "IP_ADDRESS:PORT";
$username = "Uname of DB user";
$password = "Pswd of DB user";
$db = "Database name";
```

Obrázek 13: Ukázka údajů databáze

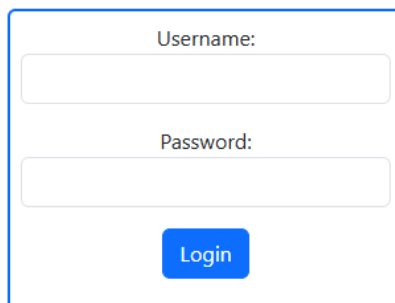
Tato část kódu na obrázku je v obou souborech v horní části scriptu. Pro funkčnost je třeba vyplnit údaje, které jsme zadávali při nastavování databáze. Do proměnné **servername** je třeba zadat IP adresu serveru. Pokud jede databáze na stejném zařízení jako webová stránka, můžeme použít localhost IP adresu (neboli 127.0.0.1) a port podle nastavení databáze (v základu se jedná o port 3306). Výsledný socket by mohl vypadat třeba takto: 127.0.0.1:3306. Dále je potřeba vyplnit údaje uživatele, kterého jsme vytvářeli v phpmyadmin. Konkrétně se jedná o proměnné **username** a **password**. V neposlední řadě je potřeba zadat název databáze. Při importu databáze podle instrukcí se jedná o databázi **usbraidlogin**. V jiném případě vyplňujeme jméno zvolené při zakládání databáze.

2.6 První použití webovky

Po nastavení webové stránky můžeme poprvé ověřit její funkčnost. Při otevření webové stránky se ukáže formulář s přihlášením. Základní údaje pro přístup je **admin** s heslem **admin**.

³ Pro správnou funkčnost je potřeba nahradit informace u všech scriptů.

USB Raid pole



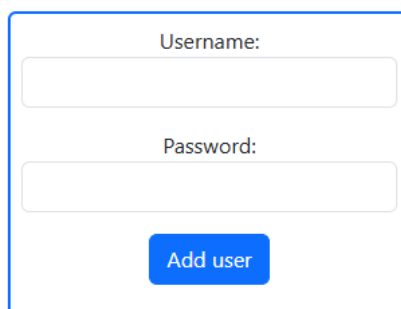
A login form with a blue border. It contains two input fields: 'Username:' and 'Password:'. Below the password field is a blue button labeled 'Login'.

Obrázek 14: Ukázka formuláře pro přihlášení

Po přihlášení pomocí těchto údajů se dostáváme na admin panel. V admin panelu můžeme vytvořit další uživatele. Uživatele vytvářejte na tomto formuláři z důvodu hashování hesel. Další nastavení uživatele provádíme v phpmyadmin. V databázi můžeme přidat roli admina pro uživatele a také zde můžeme odstranit uživatele.

USB Raid pole

Logout



An 'Add user' form with a blue border. It contains two input fields: 'Username:' and 'Password:'. Below the password field is a blue button labeled 'Add user'.

Obrázek 15: Ukázka admin panelu

2.7 Funkcionalita stránky

Pro správu přihlášení stránka využívá session. Po přihlášení je možné se odhlásit a tím zrušit session. Při neodhlášení zůstává session otevřená do restartu prohlížeče.

Drop files or folders here to upload	
Name	Actions
klipy/	<button>Delete</button>
4.rocnik.zip	<button>Delete</button> <button>Download</button>
MIsideMods.zip	<button>Delete</button> <button>Download</button>
lost+found/	<button>Delete</button>
obrazky/	<button>Delete</button>
3.rocnik.zip	<button>Delete</button> <button>Download</button>
POS.zip	<button>Delete</button> <button>Download</button>
usbraidlogin.sql	<button>Delete</button> <button>Download</button>
1. Viceformularve aplikace.zip	<button>Delete</button> <button>Download</button>

Obrázek 16: Ukázka SFTP klienta na webu

Po přihlášení pomocí uživatele bez administrátorského přístupu se dostáváme na SFTP klienta, kde můžeme nahrávat položky pomocí drag-and-drop menu, stahovat položky, procházet adresáře a mazat položky i adresáře.

2.8 Praktické porovnání úrovní RAID

Pro funkcionality webové stránky jsem sestavil RAID ze 3 USB flashdisků. Disky by měli být stejné kapacity, ale pokud jsou různé kapacity, je možné na nich udělat oddíly a přizpůsobit velikost nejmenšímu disku. Při tomto použití se ale ztrácí kapacita větších disků. Prakticky si ukážeme rychlosti RAID 0, 1 a 5. RAID úrovně 0 by měl podle teorie být nejrychlejší, úrovně 5 trochu pomalejší, ale rychlejší než úrovně 1, který je nejpomalejší.

Tabulka 1: Rychlosti různých úrovní RAID

	RAID 0	RAID 1	RAID 5
Read	30.5 MB/s	12.2 MB/s	20.3 MB/s
Write	271 MB/s	138 MB/s	249 MB/s

Z tabulky můžeme vidět, že nám praxe ověřila teorii. Rychlostně je nejlepší RAID 0, následuje ho RAID 5 a na posledním místě je RAID 1. RAID 1 by měl být podobně rychlý jako flashdisk samotný, protože na zbylé dva flashdisky se data pouze kopírují. RAID 5 by měl být rychlost zhruba dvojnásobnou oproti RAID 1, protože využívá rychlost jednoho disku pro parity a rychlost dvou disků pro data. A RAID 0 je nejrychlejší, protože pouze rozděluje data mezi 3 flashdisky, čím se rychlost teoreticky až ztrojnásobí.

V praxi jsou rychlosti trochu menší než teoretické maximum. To je hlavně zapříčiněno tím, že RAID je v mém případě nastavený softwarově, a procesor musí počítat kam data půjdou a v případě RAID 5 musí počítat i paritu dat. Kvůli těmto důvodům je rychlost kompromitovaná, protože data musí čekat na procesor, aby se rozdělily na disky.

Samozřejmě každá úroveň RAID má vlastní výhody a nevýhody, které jsou pokryty v teoretické části. Pro každodenní používání jsem pro svoji aplikaci zvolil RAID 5, jelikož se jedná o zlatý střed mezi redundancí a rychlostí. Moje zapojení obsahuje tři flashdisky, takže při selhání jednoho disku nebudou data ztracena.

2.9 Funkčnost webové stránky kódově

Webová stránka je rozdělena na několik podstránek. Každá podstránka je důležitá pro správnou funkčnost webové stránky.

2.9.1 Úvodní stránka

Úvodní stránka se nazývá **index.html** a nachází se v nejvrchnějším adresáři. V případě github repozitáře se jedná o adresář **web**. Pro stylizaci jsem zvolil Framework

bootstrap, který se stará o vzhled a responzivitu na všech podstránkách webu. I přes širokou podporu bootstrapu jsem si musel dopsat pár řádků kaskádového stylu.

```
<style>
    .topRow{
        height: 20vh;
    }
    .fixed {
        -ms-flex: 0 0 300px;
        flex: 0 0 300px;
        min-width: 300px;
    }
</style>
```

Obrázek 17: Ukázka stylů v index.html

Hlavní stránka obsahuje formulář pro přihlášení, který se dále zpracovává v **login.php**.

```
<form action="content/login.php" method="post">
    <div class="mb-3">
        <label for="uname">Username:</label>
        <br>
        <input type="text" name="uname" class="form-control" required>
    </div>
    <div class="mb-3">
        <label for="pswd">Password:</label>
        <br>
        <input type="password" name="pswd" class="form-control" required>
    </div>
    <div class="mb-3">
        <input type="submit" class="btn btn-primary" value="Login">
    </div>
</form>
```

Obrázek 18: Ukázka login formuláře

Dále hlavní stránka kvůli bootstrapu obsahuje celou strukturu, která se dá využít při rozšíření webu nebo i při zakládání nové stránky. Rozložení obsahuje záhlaví, dvě postranní části a hlavní část vprostřed stránky. Při potřebě zápatí je stránka na tuto aplikaci nachystána, stačí pouze dopsat tag.

2.9.2 Admin panel

Admin panel podporuje přidávání uživatelů do databáze. V původním návrhu měly být změny databáze vytvářeny v phpmyadmin nebo v terminálu, ale z důvodu hashování hesel pro bezpečnost je potřeba php funkce. Pro přidávání uživatelů používáme výhradně admin panel, jelikož při přihlašování se kontrolují hashe hesel, tedy při přidání záznamu manuálně je zapotřebí zadávat hash hesla. Pro účely hashování používám funkci php **password_hash**.

```
$sql = "INSERT INTO users(uname, pswd) VALUES (?, ?)";  
$stmt = $conn->prepare($sql);  
  
$hash = password_hash($pswd, PASSWORD_BCRYPT);  
  
$stmt->bind_param("ss", $uname, $hash);  
  
$stmt->execute();  
  
header("Location: addusersuccess.php");  
exit;
```

Obrázek 19: ukázka přidávání záznamů do databáze

Dále při přidávání záznamů se uživateli vypíše, zda byla akce úspěšná či nikoliv.

2.9.3 SFTP klient

SFTP klient se nachází v **content/ftp/index.php**. To je hlavní stránka, kterou vidí uživatel po přihlášení. Dále klient využívá podpůrné php stránky, které se starají o funkčnost. Ve složce se nachází například i **config.php**, který jsme nastavovali pár kroků nazpět. V tomto souboru se nastavují přihlašovací údaje a IP serveru, aby mohla být navázána SSH komunikace. Dále obsahuje další důležité kódy, jako je **delete.php** pro mazání souborů a složek, **download.php** pro stahování souborů a **upload.php** pro nahrávání souborů a složek.

Závěr

Tato práce se zabývala využitím zastaralých paměťových médií, konkrétně USB flash disků, v rámci technologie RAID. Cílem bylo vytvořit funkční USB RAID pole, implementovat jej na různých úrovních RAID (RAID 0, RAID 1 a RAID 5) a porovnat jejich vlastnosti. Dále byl vytvořen webový systém umožňující vzdálený přístup k RAID poli pomocí SFTP a zabezpečeného přihlašování.

Praktické testování potvrdilo teoretické předpoklady o rychlosti a spolehlivosti jednotlivých konfigurací. RAID 0 dosáhl nejvyšší rychlosti zápisu a čtení, ale neposkytoval žádnou ochranu dat. RAID 1 zajistil maximální bezpečnost, avšak na úkor využitelné kapacity. RAID 5 se ukázal jako nejvhodnější kompromis mezi výkonem a ochranou dat, což jej činí optimální volbou pro tento projekt.

Implementace webové aplikace umožnila uživatelům snadný přístup k souborům v RAID poli a správu obsahu. Integrace SFTP zajistila bezpečný přenos dat mezi uživatelem a serverem. Celkově byl projekt úspěšně realizován a ukázal možnosti recyklace starších USB disků pro účely síťového úložiště.

V budoucnu by bylo možné rozšířit projekt o další úrovně RAID (například RAID 10), optimalizovat výkon softwarového RAID pomocí výkonnějšího hardwaru nebo rozšířit webovou aplikaci o pokročilejší správu uživatelů a monitorování stavu RAID pole.

Seznam použitých zdrojů

- [1] GEEKSFORGEEKS. RAID (Redundant Arrays of Independent Disks). Online. GEEKSFORGEEKS. GeeksforGeeks | A computer science portal for geeks. 2024, 2024-5-10. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/raid-redundant-arrays-of-independent-disks/>. [cit. 2024-11-12].
- [2] WESTERN DIGITAL. RAID Storage Solutions & RAID Arrays. Online. WESTERN DIGITAL. High-Capacity HDDs for PCs, NAS, Gaming, Data Centers, and AI Data Cycles. 2024. Dostupné z: <https://www.westerndigital.com/solutions/raid>. [cit. 2024-11-11].
- [3] MASTERDC. RAID disková pole: jaké jsou základní typy a v čem se liší? Online. MasterDC. 2024. Dostupné z: <https://www.master.cz/blog/raid-diskova-pole-jake-jsou-zakladni-typy-a-v-cem-se-lisi/>. [cit. 2024-11-13].
- [4] NORDVPN. *Secure File Transfer Protocol*. Online. NORDVPN. NordVPN. 2012. Dostupné z: <https://nordvpn.com/cybersecurity/glossary/secure-file-transfer-protocol/>. [cit. 2025-01-18].
- [5] INTEGRATE. *The What's, How's and Why's of SFTP*. Online. INTEGRATE. Integrate. 2023. Dostupné z: <https://www.integrate.io/blog/the-whats-hows-and-why-of-sftp/>. [cit. 2025-01-19].
- [6] ORACLE. *MySQL: Understanding What It Is and How It's Used*. Online. ORACLE. Oracle Cloud Infrastructure (OCI). 2024. Dostupné z: <https://www.oracle.com/cz/mysql/what-is-mysql/>. [cit. 2025-01-28].
- [7] GEEKSFORGEEKS. *HTML Introduction*. Online. GEEKSFORGEEKS. GeeksforGeeks. 2025, 2024-12-24. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/html-introduction/>. [cit. 2025-02-05].
- [8] GEEKSFORGEEKS. *CSS Tutorial*. Online. GEEKSFORGEEKS. GeeksforGeeks. 2025, 04-02-2025. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/css-tutorial/>. [cit. 2025-02-05].
- [9] TECHTARGET. *Bootstrap*. Online. TECHTARGET. Bootstrap. 2000. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/bootstrap>. [cit. 2025-02-06].

- [10] SPICEWORKS. *What Is USB (Universal Serial Bus)? Meaning, Types, and Importance*. Online. SPICEWORKS. Spiceworks. 2023. Dostupné z: <https://www.spiceworks.com/tech/tech-general/articles/universal-serial-bus/>. [cit. 2025-02-06].
- [11] TECHTARGET. *Flash memory*. Online. TECHTARGET. TechTarget. 2000. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/flash-memory>. [cit. 2025-03-12].
- [12] THRU. *What Is Secure File Transfer Protocol (SFTP)? The Complete SFTP Guide*. Online. THRU. Thru. 2002. Dostupné z: <https://www.thruinc.com/what-is-sftp-secure-file-transfer-protocol/>. [cit. 2025-03-12].
- [13] COCKPIT. *Running Cockpit*. Online. COCKPIT. Cockpit. 2013. Dostupné z: <https://cockpit-project.org/running.html>. [cit. 2025-03-13].

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Veličina	Jednotka
mA	miliampér	<i>mA</i>
V	Volt	<i>V</i>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka funkcionality RAID 0 [1]	9
Obrázek 2: Ukázka funkcionality RAID 1 [1]	9
Obrázek 3: Ukázka funkcionality RAID 5. P znázorňují parity [1].....	10
Obrázek 4: Ukázka RAID 10 [3]	11
Obrázek 5 Ukázka RAID pole v Cockpitu.....	18
Obrázek 6: Instrukce pro instalaci Cockpitu[13]	19
Obrázek 7: Ukázka PuTTY interfaceu	20
Obrázek 8: ukázka vytvoření MDRAID zařízení.....	21
Obrázek 9: Ukázka selhání disku v MDRAID zařízení	21
Obrázek 10: Ukázka konfigurace SFTP web klienta	22
Obrázek 11: Ukázka, jak importovat pomocí phpmyadmin	23
Obrázek 12: Ukázka, jak vytvořit uživatele	23
Obrázek 13: Ukázka údajů databáze	24
Obrázek 14: Ukázka formuláře pro přihlášení	25
Obrázek 15: Ukázka admin panelu	25
Obrázek 16: Ukázka SFTP klienta na webu	26
Obrázek 17: Ukázka stylů v index.html	28
Obrázek 18: Ukázka login formuláře	28
Obrázek 19: ukázka přidávání záznamů do databáze	29

Seznam tabulek

Nenalezena položka seznamu obrázků.

Seznam příloh

Prázdná šablona maturitní práce