

# **Virtualizace operačních systémů**

Operating System Virtualization

Bc. Kateřina Kollariková

---

Diplomová práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina Kollariková**  
Osobní číslo: **A11716**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Virtualizace operačních systémů**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma virtualizace operačních systémů.
2. Zaměřte se blíže na nejpoužívanější produkty.
3. Zpracujte postupy pro instalaci vybraných technologií.
4. Provedte srovnání vlastností těchto technologií.
5. Otestujte technologie virtualizace pro různé operační systémy.
6. Navrhněte a provedte zátěžové testy jednotlivých subsystémů (CPU, RAM, NET, DISK).
7. Výsledky vyhodnoťte.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. RUEST, Danielle a Nelson RUEST. Virtualizace Podrobný průvodce. Brno: COMPUTER PRESS, 26.01.2010. ISBN 978-80-251-2676-9.
2. STERLING, Mike a John KELBLEY. Microsoft Windows Server 2008 R2 Hyper-V: Podrobný průvodce administrátora. Brno: COMPUTER PRESS, 11.05.2011. ISBN 978-80-251-3286-9.
3. Microsoft-Technet: Microsoft virtualization [online]. 2013 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://blogs.technet.com/b/technetczsk/p/microsoft-virtualizace.aspx>
4. VÝŠEK, Ondřej. Optimalizovane IT: Microsoft Hyper-V Server 2012 [online]. 12.9.2012 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://www.optimalizovane-it.cz/windows-server-2012/microsoft-hyper-v-server-2012.html>
5. LOWE, Scott. Mistrovství ve VMware v Sphere 4. 2. vydání. Brno: COMPUTER PRESS, 2010. ISBN 978-80-251-2915-9.
6. Xen.org [online]. 2005-2013 [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: <http://www.xen.org/>

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Martin Sysel, Ph.D.**

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

**22. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce:

**22. května 2013**

## ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na HW podporu virtualizace. V úvodu práce je definován pojem virtualizace, techniky virtualizace a možnosti jejího využití v praxi. V další části této práce jsou představeny nejpoužívanější desktopové a serverové virtualizační řešení. Podrobně je věnována pozornost Hyper-V a VMware ESX a ESXi. Seznamuje s jejich architekturou, doporučenými požadavky na hardware a také jsou uvedeny podporované hostované operační systémy.

Praktická část je zaměřena na postupy nastavení HW podpory virtualizace, instalace VMware ESXi a Windows Server Datacenter 2012 s rolí Hyper-V. Na závěr jsou u těchto technologií provedeny zátěžové testy subsystémů CPU, RAM, HDD, NET, 3D grafické rozhraní a jejich vyhodnocení.

Klíčová slova: Virtualizace, Hyper-V, VMware ESX/ESXi, Xen, VMware Workstation, VirtualBox, Virtual PC, Výkonnostní testy

## ABSTRACT

The thesis is focused on a hardware virtualization support. The introduction defines the concept of virtualization, virtualization technology and its application in practice. In the next section of this thesis are presented the most widely used desktop and server virtualization solutions. Detailed attention deals with Hyper-V and VMware ESX and ESXi. It introduces the architecture, recommended hardware requirements and supported guest operating systems.

The practical part aims at the HW setting procedures of virtualization support, installation of VMware ESXi and Windows Server 2012 Datacenter with role of Hyper-V. At the conclusion of these technologies are performed stress tests and evaluation of subsystems like CPU, RAM, HDD, NET and 3D graphical interfaces.

Keywords: Virtualization, Hyper-V, VMware ESX/ESXi, Xen, VMware Workstation, VirtualBox, Virtual PC, Performance tests

Poděkování:

Ráda bych poděkovala panu Doc. Ing. Martinu Syslovi, Ph.D. vedoucímu mé práce za cenné rady a připomínky, které pro mě byly velkým přínosem.

Děkuji také všem vyučujícím na Fakultě aplikované informatiky Tomáše Bati ve Zlíně, kteří měli tolik trpělivosti a poskytli mi možnost vzdělání v oboru informačních technologií.

Také bych chtěla poděkovat rodině, přátelům v mém okolí, kteří mě podporovali a motivovali dál ve studiu a samozřejmě k vypracování této diplomové práce.

Motto:

„Počítač je zařízení sloužící k řešení problémů, které by vůbec bez něj nevznikly.“

Murphyho počítačové zákony

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 22. 5. 2013

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>1 VIRTUALIZACE.....</b>  | <b>11</b> |
| 1.1 STRUKTURA VIRTUALIZACE .....  | 11        |
| 1.2 HYPERVIZOR NEBOLI VIRTUAL MACHINE MONITOR (VMM) .....                             | 12        |
| 1.2.1 Architektura hypervizorů .....  | 12        |
| 1.3 TYPY VIRTUALIZACE .....   | 13        |
| 1.3.1 Softwarová a hardwarová virtualizace.....                                       | 14        |
| 1.3.2 Emulace.....  | 14        |
| 1.3.3 Paravirtualizace .....  | 14        |
| 1.3.4 Virtualizace s podporou procesoru.....  | 15        |
| <b>2 TECHNOLOGIE SERVEROVÉ VIRTULIZACE .....</b>                                      | <b>17</b> |
| 2.1 HYPER-V .....   | 17        |
| 2.1.1 Edice Windows Server 2012 .....   | 17        |
| 2.1.2 Úrovně konfigurace .....  | 18        |
| 2.1.3 Hyper-V na Windows Server 2008 R2 a Windows Server 2012 .....                   | 19        |
| 2.1.4 Zajištění vysoké dostupnosti virtuálních počítačů Failover Hyper-V Cluster..... | 20        |
| 2.1.5 Migrace .....   | 21        |
| 2.1.6 Hyper-V Replica.....  | 22        |
| 2.1.7 Microsoft System Center 2012.....   | 23        |
| 2.1.8 Podporované operační systémy .....  | 24        |
| 2.2 VMWARE VSPHERE .....  | 25        |
| 2.2.1 Produkty a funkce VMware vSphere.....   | 25        |
| 2.2.2 Další produkty a funkce vSphere .....   | 30        |
| 2.2.3 Hardwarové požadavky pro VMware ESX a ESXi .....                                | 30        |
| 2.2.4 Výběr vhodné serverové platformy .....  | 30        |
| 2.2.5 Architektura datového úložiště.....   | 31        |
| 2.2.6 Síť .....   | 31        |
| 2.2.7 Podpora OS na VMware .....  | 31        |
| 2.3 XEN .....   | 32        |
| <b>3 TECHNOLOGIE DESKTOPOVÉ VIRTUALIZACE.....</b>                                     | <b>33</b> |
| 3.1 VIRTUAL PC .....  | 33        |
| 3.2 WINDOWS 8 .....   | 33        |
| 3.3 VMWARE WORKSTATION.....   | 34        |
| 3.4 VMWARE PLAYER.....  | 35        |
| 3.5 VIRTUALBOX.....   | 35        |
| <b>4 VLASTNOSTI A ROZDÍLY HYPER-V, VMWARE A XEN.....</b>                              | <b>36</b> |
| 4.1 ROZDÍLY V ARCHITEKTUŘE.....   | 36        |
| 4.2 ROZDÍLY V PARAMETRECH .....   | 37        |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>  | <b>38</b> |
| <b>5 PODPORA HW VIRTUALIZACE.....</b>   | <b>39</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.1      | PLATFORMA INTEL .....                               | 39        |
| 5.2      | PLATFORMA AMD .....                                 | 39        |
| <b>6</b> | <b>VÝKONNOSTNÍ TESTY .....</b>                      | <b>41</b> |
| 6.1      | HARDWARE PRO TESTOVÁNÍ .....                        | 41        |
| 6.2      | TESTOVACÍ PLATFORMA .....                           | 42        |
| 6.3      | PASSMARK .....                                      | 43        |
| 6.3.1    | Testování procesoru .....                           | 43        |
| 6.3.2    | Testování operační paměti .....                     | 48        |
| 6.3.3    | Testování disku .....                               | 51        |
| 6.4      | SANDRA TESTY .....                                  | 54        |
| 6.4.1    | CPU Arithmetic .....                                | 55        |
| 6.4.2    | RAM Memory Bandwidth .....                          | 57        |
| 6.4.3    | Testování rychlosti cache .....                     | 59        |
| 6.4.4    | Testování harddisku .....                           | 60        |
| 6.5      | GEEKBENCH TESTY .....                               | 61        |
| 6.5.1    | Testy na celočíselné operace .....                  | 62        |
| 6.5.2    | Testy na operace s plovoucí desetinnou čárkou ..... | 63        |
| 6.5.3    | Testy na operační paměť .....                       | 64        |
| 6.6      | TESTY CRYSTAL DISK MARK .....                       | 64        |
| 6.6.1    | Diskové testy na čtení .....                        | 65        |
| 6.6.2    | Diskové testy na zápis .....                        | 68        |
| 6.7      | PRIME BENCHMARK .....                               | 71        |
| 6.8      | DACRIS TESTY .....                                  | 72        |
| 6.8.1    | Test na rychlost procesoru .....                    | 72        |
| 6.8.2    | Test na rychlost operační paměti .....              | 73        |
| 6.9      | TEST IPERF .....                                    | 73        |
| 6.10     | 3D GRAFIKA TEST .....                               | 75        |
| <b>7</b> | <b>VYHODNOCENÍ TESTŮ .....</b>                      | <b>77</b> |
|          | <b>ZÁVĚR .....</b>                                  | <b>78</b> |
|          | <b>CONCLUSION .....</b>                             | <b>79</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>              | <b>80</b> |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>     | <b>83</b> |
|          | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                         | <b>85</b> |
|          | <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                         | <b>87</b> |
|          | <b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>                          | <b>88</b> |



## ÚVOD

Tato práce se zabývá hardwarovou virtualizací. Virtualizace patří ve světě IT mezi moderní technologie. Umožňuje na jednom fyzickém systému spustit najednou více operačních systémů. Nabízí například konsolidovat servery, což umožňuje ušetření finančních prostředků na koupi dalšího hardware. Díky virtualizaci je možnost testovat a ladit programy bez nutnosti instalovat další testovací verze operačního systému.

Hlavním prvkem pro hardwarovou virtualizaci je hypervizor někdy označován jako VMM *Virtual Machine Monitor*, který se stará o to, aby jednotlivá jádra nesahala tam, kam nemají. Hardwarová podpora virtualizace převádí některé úkoly VMM do režie hardware.

V této práci jsou představeny nejpoužívanější desktopové a serverové virtualizační řešení. Podrobně je věnována pozornost Windows Server 2012 Hyper-V a VMware ESX a ESXi. Seznamuje s jejich technologií a doporučeným nastavením. Windows Server 2012 s rolí Hyper-V je produkt od Microsoftu, který v roce 2012 přišel s dalšími novými vylepšeními, které mají administrátorům, umožnit snáze a efektivněji spravovat IT prostředí. Systém VMware vSphere, je dalším pokračováním virtualizačních produktů VMware je robustnější, více škálovatelný a spolehlivější serverový virtualizační produkt.

V praktické části jsou uvedeny postupy instalací Windows Server 2012 s rolí Hyper-V a od VMware ESXi 5.1.0. Počítač, který byl určen pro testování, není kompatibilní pro VMware ESXi 5.1.0, proto byla instalace provedena na jiném PC a zátěžové testy byly provedeny pouze u Windows Server 2012 s rolí Hyper-V.

Testování bylo provedeno na dvou harddiscích. Na prvním harddisku byl nahrán Windows 7 bez virtualizace, zde byly nainstalovány desktopové virtualizační řešení VMware Workstation a Virtual PC. Na VMware Workstation byl nainstalován Windows 7 64-bit a na Virtual PC Windows 7 32-bit. Na druhém harddisku byl nainstalován Windows Server 2012 s rolí Hyper-V, kde byly postupně nainstalovány Windows 8 64-bit, Windows 7 64-bit, Windows XP 32-bit. Výsledky těchto testů byly pak porovnány s operačním systémem Windows 7 64-bit bez virtualizace. Výstupy výsledků těchto testů jsou uvedeny v přehledných grafech. V závěru této práce je provedeno celkové zhodnocení výsledků z testů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VIRTUALIZACE

Umožňuje provozovat více operačních systémů na jednom fyzickém hardware. Dovoluje spustit více systémů najednou, přičemž přepínání mezi nimi je díky hardwarové podpoře rychlé a efektivní. Hardwarová implementace virtualizace zjednodušuje návrh software, snižuje režii, zvyšuje rovněž bezpečnost jednotlivých virtuálních strojů jejich zvýšenou izolací.

Virtuální stroje můžeme například použít pro:

- Testování a ladění programů bez nutnosti instalovat testovací verze operačního systému.
- Presentaci a výuku, kdy na jednom počítači můžeme předvádět několik operačních systémů (např. Linux a Windows Server) zároveň.
- Simulaci provozních stavů.
- Konsolidaci serverů bez nutnosti kupovat další hardware – na jednom počítači pracuje několik serverových operačních systémů.

Společnosti, které se v současnosti zabývají hardwarovou virtualizací:

- Intel zavádí postupně u nových procesorů technologii původně označovanou Vanderpool, jejíž oficiální název je *Intel Virtualization Technology*.
- AMD vyvíjela virtualizační technologii pod názvem Pacifica, její oficiální název zní *AMD Virtualization*. [1,2]

### 1.1 Struktura virtualizace

Vlastností virtualizace je obsluha procesoru a hlavně jeho privilegovaných instrukcí.

Z důvodu ochrany procesor zavádí ochranné úrovně - ring. Jsou celkem 4 ringy, které rozdělují privilegia k přístupu k samotnému hardware.

#### a) Režim jádra

Režim jádra se provádí v Ring 0. Tento Ring má nejvyšší pravomoci a kód vykonávaný v tomto ringu může pracovat se samotným HW – tedy může vykonávat privilegované instrukce. Je zde umístěno jádro operačního systému.

b) Aplikace uživatelského režimu

Provádí se v Ring 3, kde jsou k dispozici všechny neprivilegované instrukce. Mnoho aplikací se provádí v uživatelském režimu. Například Poznámkový blok, který se používá pro procházení textových souborů, se provádí v uživatelském režimu.

Ring 1 a 2 jsou většinou nepoužívané.

## 1.2 Hypervizor neboli Virtual Machine Monitor (VMM)

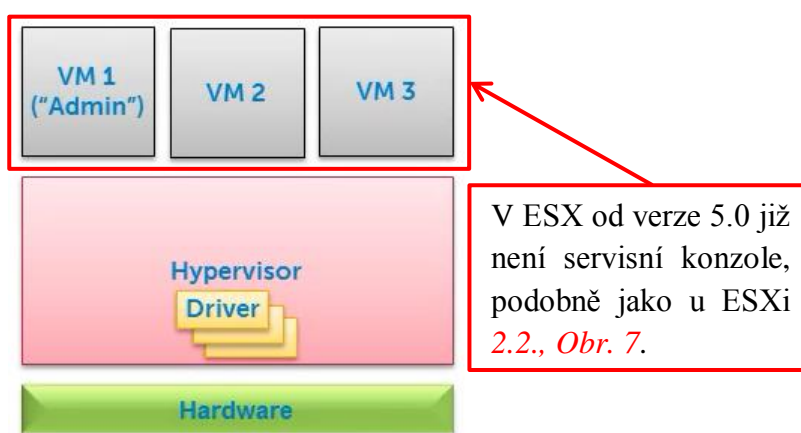
Je nejzákladnějším prvkem hardwarové virtualizace. Jelikož se obvykle virtualizuje více operačních systémů, je tedy nutné je oddělit tak, aby se vzájemně nepoškozovaly. Jejich jádro se přesouvá do ring 1 a do ring 0. Zde se zavádí hypervizor (nebo taky obecně – *Virtual Machine Monitor*), který se stará o to, aby jednotlivá jádra nesahala, kam nemají, poskytuje jim rozhraní pro volání (paravirtualizace), stará se o binární překlad instrukcí atd. [3]

### 1.2.1 Architektura hypervizorů

Monolithic hypervizor:

- Jednodušší nežli moderní kernel OS, stále komplexní
- Vlastní driver model

Tuto architekturu využívá VMware ESX/ESXi. [5]

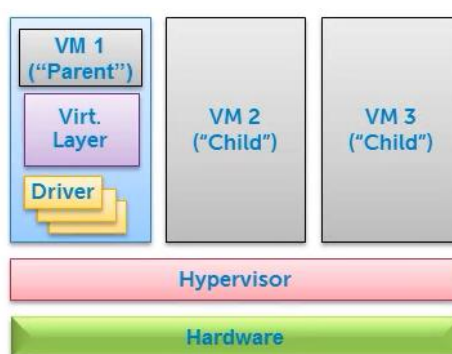


Obr. 1 Monolithic hypervizor [5]

Microkernel hypervizor:

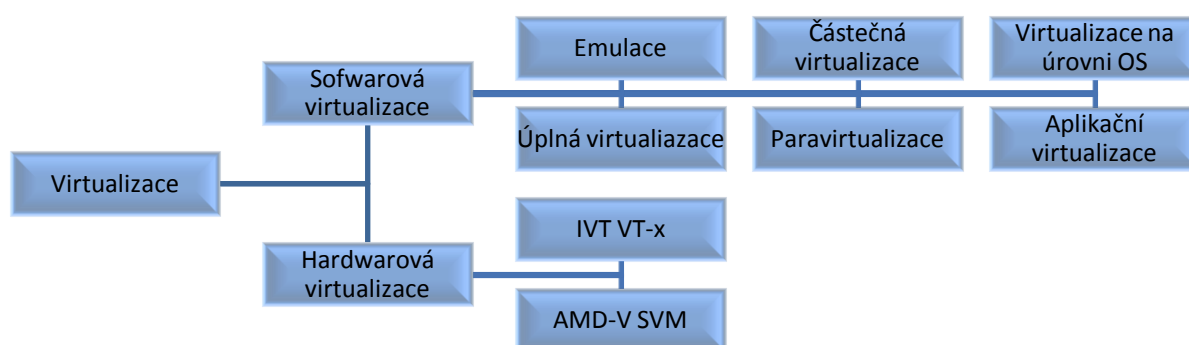
- Jednoduchý partitioning
- Zvýšený výkon
- Žádný cizí kód
- Všechny ovladače jsou ve VM syntetické

Tato architektura se využívá u Hyper-V, Xen. [5]



Obr. 2 Microkernel hypervizoru [5]

### 1.3 Typy virtualizace



Obr. 3 Schéma technik virtualizace [3,4]

### 1.3.1 Softwarová a hardwarová virtualizace

#### Hardwarová virtualizace (HardV)

Kód hypervizoru integrován přímo do hardwaru a jednoduše vystavuje hardware hostitelského serveru virtuálním počítačům, které nad ním běží. [6]

Př. ESX, ESXi, Hyper-V

#### Softwarová virtualizace (SoftV)

Potřebuje ke své činnosti nějaký hostitelský operační systém, který podporuje vstupně/výstupní zařízení a správu paměti. Tento hypervizor běží na druhé úrovni a hostované operační systémy běží na třetí úrovni nad hardwarem. Často se spoléhá na jednodušší a často bezplatné technologie. [6]

Př. VMware Server, MS Virtual Server

Dále budou představeny techniky Emulace, Paravirtualizace a techniky Hardwarové virtualizace – od *IVT Intel Virtualization Technology VT-x* a od *AMD-V AMD Virtualization SVM Secure Virtual Machine* s podporou hypervizoru.

### 1.3.2 Emulace

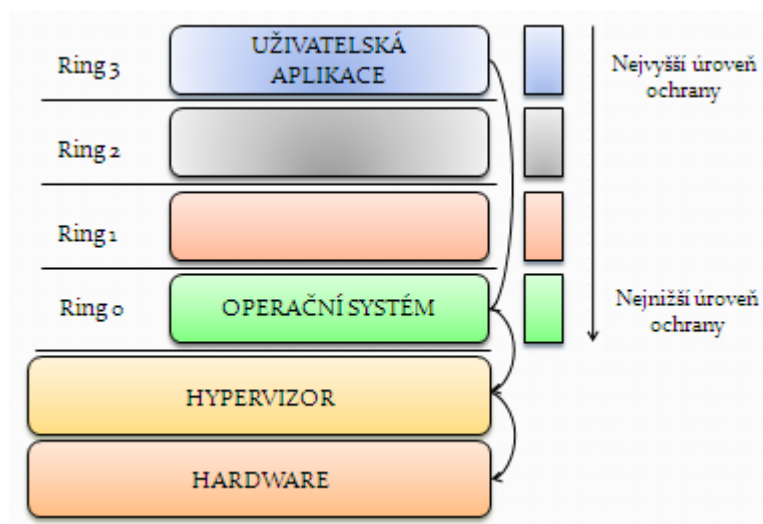
Virtuální stroj simuluje celý hardware, dovoluje běh neupraveného OS hosta na odlišném procesoru. Emulace umožňuje programům běžet na jiné platformě, než pro jakou jsou naprogramovány tzn., že ovladače neumožňují fyzický přístup k HW. [4]

### 1.3.3 Paravirtualizace

Při paravirtualizaci se prostředí pro virtualizovaný stroj nevirtualizuje plně. Překlad probíhá na úrovni zdrojového kódu. Není dále pak nutné překládat za běhu instrukce. Samozřejmostí je, že tato technika je použitelná jenom v tom případě, že máme přístup do zdrojového kódu systému pro provedení změn.

Hlavní úpravou je samozřejmě úprava kritických operací. Hostovaný systém je upraven na nová systémová volání, která jsou nahrazena tzv. hypercall voláním.

Velkou výhodou paravirtualizace je tedy značné urychlení a to hlavně odstraněním nutnosti překladu instrukcí, kdy se volá přímo hypervizor pomocí jeho rozhraní *API Application Programming Interface*. Odpadá tedy značná část nutné režie. [3]



Obr. 4 Paravirtualizace [3]

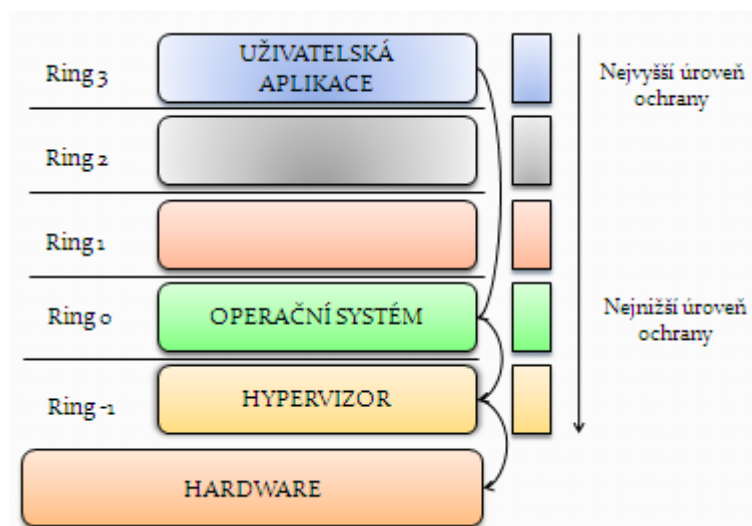
#### 1.3.4 Virtualizace s podporou procesoru

IVT a AMD-V nabídl hardwareovou podporu virtualizace. Základní myšlenkou hardwareové virtualizace je snažit se zachytit všechny výjimky procesoru a všechny privilegované instrukce vložím vynuceného přechodu z hostovaného OS do VMM.

##### ➤ Model hardwareově podpořené virtualizace

Jde o rozšíření možností procesoru tak, že přibývá další úroveň ochrany s ještě většími oprávněními „ring -1“, která je nadřazena všem úrovním. Na této úrovni přibývají speciální instrukce. Úroveň ring -1 je určen pro běh VMM. Díky tomu může OS hostovaného systému běžet na své určené úrovni ochrany, kterou je ring 0. Virtuální stroje tak pracují v prostředí, které se neliší od nativního.

Hostovaný OS poskytuje uživatelské aplikaci služby jádra a VMM zasáhne pouze, když systémové volání vyvolá kritické instrukce. To znamená, že nyní už systémové volání *system call* automaticky neznamená zásah VMM. [3]



Obr. 5 Virtualizace s podporou procesoru [3]



## 2 TECHNOLOGIE SERVEROVÉ VIRTULIZACE

Virtualizace u serverových operačních systémů odstraňuje závislosti na fyzickém hardwaru, čímž ji umožňuje přesunutí a nahrazení. Například plánovanou údržbu HW, můžeme nyní přímo migrovat virtuální počítač na jiný fyzický prostředek a provést tak kdykoliv údržbu fyzického serveru. [6]

### 2.1 Hyper-V

Hyper-V je služba, která je součástí Windows Server 2012. Hyper-V používá hypervisor v podobě mikrojádra, který na rozdíl od monolitického hypervizoru neobsahuje ovladače zařízení. Tím se snižuje nebezpečí napadení cizím kódem. Bezpečnost je zajištěno především na zabezpečení hlavního oddílu a všech podřízených oddílů.

Jelikož se jedná o plně hardwarovou virtualizaci, je k provozu serveru s technologií Hyper-V třeba i speciální hardware. Hyper-V je možné provozovat pouze na architektuře x64bit, dále je potřeba zajistit hardwarovou podporu pro virtualizaci AMD-V<sup>1</sup> nebo Intel VT<sup>2</sup>. Podmínka x64bit systému v tomto případě platí pouze pro hostitelský server. Servery virtualizované na této platformě mohou být jak 64-bitové, tak i 32-bitové. [15]

#### 2.1.1 Edice Windows Server 2012

Skupina produktů Windows Server 2012 je od předchozí verze Windows Server 2008 R2 optimalizována a zjednodušena.

Foundation Edition - pro malé firmy s maximálně 15 uživateli při zakoupení jednoprocessorových serverů od výrobců OEM. Je určena pro malé firmy.

Essentials Edition - pro malé firmy s maximálně 25 uživateli (provozovaná na serverech až se dvěma procesory). Tato verze je určena pro malé a střední firmy.

Standart Edition - pro lehce nebo zcela nevirtualizovaná prostředí. Je možno využít dvě instance. Je určen převážně pro střední a velké firmy.

---

<sup>1</sup> AMD-V – AMD Virtualization

<sup>2</sup> Intel VT – Intel Virtualization Technology

Datacenter Edition - pro vysoce virtualizované privátní cloudy. Zde je možno využít neomezený počet instancí. Je určen převážně pro střední a velké firmy.

Edice Standart a Datacenter nemají žádné omezení ve funkcionalitě a nabízí roli Hyper-V. V edicích Foudation a Essentials je možné standardně využívat role služeb jako například DHCP server, DNS server, faxový server, souborová služba je zde omezena. Role Hyper-V u těchto dvou edicí není k dispozici. [16]

### 2.1.2 Úrovně konfigurace

#### 1. Windows Server 2012

Kompletní rozhraní GUI. Instalace *Desktop Experience* umožňuje spouštět aplikace ve stylu Metro apps. [17]

#### 2. Minimal Server Interface

Full Server bez části GUI. Není zde Explorer, Internet Explorer ani další asociované soubory. Jsou k dispozici Server Manager a některé aplety ovládacího panelu. Poskytuje mnoho výhod Server Core pro ty aplikace nebo uživatele, kteří ještě nepřešli na Server Core. [17]

#### 3. Windows Server Core

Velice se podobá úplné instalaci Windows Serveru 2012. Windows Server Core používá stejné ovladače zařízení, má na disku nainstalováno stejné jádro a chová se stejně jako úplná instalace Windows Serveru. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že grafický subsystém Windows, společně s dalšími službami a produkty, v instalaci Server Core chybí. [17]

Výhody:

- Menší nároky na údržbu – ve výchozím nastavení obsahuje instalace Windows Serveru Core pouze několik aplikací. To znamená položky jako je například Internet Explorer a Windows Mail, byly odstraněny.
- Menší prostor pro útok – protože na serveru běží méně aplikací a služeb, má útočník méně příležitostí k zneužití slabín. Slabiny komponent, které na serveru neexistují, není možné zneužít.

- Menší nároky pro správu – protože je v systému nainstalováno méně komponent, jeho správa je méně obsáhlá.
- Menší nároky na volné místo na disku – méně aplikací nainstalovaných na disku znamená menší nároky na diskový prostor.
- Menší nároky na paměť – ve výchozím nastavení v systému je nainstalováno méně komponent a neexistuje přítěž v podobě GUI, využívá Windows Server Core zpravidla o 500 MB až 1 GB méně paměti než kompletní instalace. Ušetřenou paměť mohou použít na virtuální stroje.

Windows Server Core obsahuje službu RSAT „*Remote Server Administration Tools*“ služba na vzdálenou správu.

Oproti předchozí verze Windows Server 2008 R2 je možnost instalace například Windows 2012 s kompletním rozhraním GUI a poté GUI rozhraní odinstalovat. Odpadá tím oproti předchozí verze reinstalace celého operačního systému. Takto je možnost využívat režim Windows Server Core a jeho výhod. [7, 17]

### 2.1.3 Hyper-V na Windows Server 2008 R2 a Windows Server 2012

| Systém  | Popis   | Hyper-V 2008 R2 | Hyper-V 2012 |
|---------|---|-----------------|--------------|
| VM      | Přidělení virtuálních procesorů                       | 4               | 64           |
|         | Paměť pro hosta                                       | 64 GB           | 1 TB         |
|         | Počet aktivních virtuálních strojů v rámci jednoho PC | 384             | 1024         |
| Cluster | Maximum nodů  | 16              | 64           |
|         | Maximum virtuálních strojů na nodu                    | 1000            | 4000         |

Tab. 1 Parametry Windows Server Hyper-V 2008 R2, 2012 [8]

V Tab. 1 jsou uvedeny odlišnosti Windows Server 2008 R2 s rolí Hyper-V a Windows Server 2012 s rolí Hyper-V. Dokáže přidělit více virtuálních procesorů, paměť pro hosta.

Na jednom hostiteli může být 1024 virtuálních strojů. V clusteru se zvýšil počet nodů a na nod je možnost více virtuálních strojů.

Windows Server 2012 používá formát disku VHDX, který nyní umožňuje kapacitu až 64 TB. [8]

#### **2.1.4 Zajištění vysoké dostupnosti virtuálních počítačů Failover Hyper-V Cluster**

Failover cluster se snaží čelit chybám hardwaru. Vysokou dostupností se rozumí ochrana proti výpadku plánovaných a neplánovaných odstávek fyzického počítače. Mezi plánované výpadky patří například instalace aktualizací a následné restartování, výměna HW apod. K neplánovaným výpadkům dochází například zásahu trafostanice bleskem, přeseknutím datového kabelu těžkou technikou nebo také neuváženým odstraněním účtu služby nebo stroje administrátorem.

Failover cluster je skupina počítačů (označovaných za uzly), které koordinovaně spolupracují za účelem zvýšení dostupnosti specifických služeb nebo aplikací. Failover Clustery se typicky používají ke zvýšení dostupnosti tím, že chrání před ztrátou fyzického serveru v důsledku neočekávané chyby anebo proaktivní správou fyzického systému. Clustering chrání před plánovanými i neplánovanými výpadky, protože proaktivní správa hardwaru zpravidla způsobí odstavení systému a má za následek nedostupnost.

Cluster se skládá z 2 až 64 fyzických počítačů, které sdílejí alespoň jedno datové úložiště a jsou vzájemně propojeny komunikační sítí. [7]

#### **Hardwarové požadavky na clustering**

Před tím, než se začne s propojováním systémů do failover clusteru, mělo by se zajistit, aby všechny uzly clusteru využívaly podobný systém. Konfigurace systémů v clusteru (uzly) by se měly v ideálním případě shodovat. Je to z toho důvodu, že čím více se uzel clusteru liší od ostatních systémů clusteru, tím menší je pravděpodobnost, že úspěšně převezme funkci aplikace nebo služby.[7]

- **Procesor**

Za normálních okolností by se měly procesory v clusteru shodovat. Nemůže být v jednom clusteru procesor od společnosti Intel a v druhém od AMD. Funkce a charakteristika procesorů se liší, i když jsou od stejného výrobce. Způsob jakým se spravuje paměť a také

dostupné instrukce, se liší v závislosti na rodině procesorů a jejich verzí. Tyto odlišnosti jsou v případě failover clusteringu důležitou rolí, protože virtuální stroje migrují za běhu, z jednoho uzlu na druhý. [7]

- Sít'

Síťová komunikace je v případě failover clusterů důležitou funkcí. S její pomocí se mohou systémy navzájem informovat o svém stavu a přistupovat k úložišti (v případě iSCSI). Každé síťové rozhraní by mělo sloužit k určitému účelu (správa, přístup k úložišti, aplikace/virtuální stroje atd.), aby zajistil optimální výkon, bezpečnost a dostupnost síťových prostředků. [7]

- Sdílené úložiště

Kromě připojení k několika sítím a fyzickým systémům s Hyper-V se neobejde také bez sdílených úložišť, místo kde se budou ukládat virtuální stroje a jejich konfigurace. Uzly v failover clusteru přistupují ke svazkům přes Fibre Channel a síť SAN nebo jiných sdílených úložných subsystémů. Pro blokový přístup se používají úložiště iSCSI. Je možné naistalovat a spravovat s nižšími náklady a složitostí. [7]

Windows Server 2012 přináší novou verzi 3.0 protokolu SBM 3<sup>3</sup> - pro vytvoření vysoce dostupného Hyper-V clusteru stačí dva Windows Servery 2012 s rolí Hyper-V a jeden Windows Server 2012 s rolí File and Storage Services. [14]

### 2.1.5 Migrace

Při vývoji poslední verze Hyper-V 2012, bylo kladeno za cíl vytvořit hypervisor, který nebude mít žádné limity a to jak výkonové, tak i funkční. Live Migration prošla výkonovým vylepšením, byla přidána možnost spuštění více Live Migration v jednom okamžiku a navíc byly ještě představeny dvě nové možnosti přesunu VM – Live Storage Migration a Shared-Nothing Live Migration. Live Storage Migration umožňuje administrátorovi přesouvat datové soubory VM mezi fyzickými diskovými úložišti a to za běhu VM. To je tedy záchrana v případě nedostatku místa/výkonu či údržbě diskových polí. Díky kombinaci uvedené Live Migration a Live Storage Migration byla navíc

---

<sup>3</sup> SBM 3 - Server Message Block 3 – Je to protokol aplikační vrstvy. Tento protokol umožňuje sdílení tiskáren, souborů, adresářů, apod.

představena naprosto revoluční myšlenka – přesun běžící VM mezi fyzickými hostiteli bez potřeby sdíleného úložiště. Tato funkce se jmenuje Shared-Nothing Live Migration a jediné co k pohybu VM je potřeba je síťový kabel.

- Quick Migration

Quick Migration za pomoci sdíleného úložiště v rámci Hyper-V Clusteru dokáže přesunout běžící VM mezi nody clusteru, ale po tuto dobu je VM v pozastaveném stavu.

- Live Migration

Live Migration oproti Quick Migration dokáže celý přesun provést za běhu VM bez omezení její funkčnosti. Celý proces je velice podobný s Quick Migration. Nedochází zde ovšem k přesunu paměti pomocí dočasného souboru, ale za pomoci synchronizace.

Live Migration je možné nově provádět i mezi Hyper-V servery, které nejsou členy clusteru. Protože se ale jedná o přesun konfigurace VM a její paměti a ne o přesun datových souborů, je stále nutné mít k dispozici sdílené datové úložiště.

- Live Storage Migration

Live Storage Migration je ve Windows Server 2012 úplnou novinkou. Umožňuje administrátorovi přesouvat datové soubory VM opět bez omezení běhu.

- Shared-Nothing Live Migration

Přelomovou funkcí je v novém Hyper-V dožijte migrace VM mezi fyzickými hostiteli bez jakéhokoli sdíleného prostředku kromě síťového propojení. Jak již bylo zmíněno, Shared-Nothing Live Migration lze provádět také přes WiFi připojení. Oficiálně podporovaná rychlost linky je ale minimálně 1Gb/s. Průběh Shared-Nothing Live Migration je vlastně kombinací Live Migration a Live Storage Migration. [18]

### 2.1.6 Hyper-V Replica

Tato technologie užívá systému snímování VM a plánovaného pravidelného kopírování těchto snímků například do záložního datacentra. Jednoduše po snadné konfiguraci je možnost zvolit, které VM budou udržovány jako replika na jiném serveru s Hyper-V rolí.

Opět platí, že to nemusí být servery spojené v clusteru či se stejným datovým úložištěm. Dokonce nemusí být ani ve stejné doméně Active Directory. Protože se jedná o pravidelné kopírování snímků, v případě neplánovaného výpadku se při zapnutí VM v záložní lokalitě může server z pohledu svého stavu vrátit o určitý časový úsek zpět. Tento časový úsek je tak dlouhý, jak dlouhá je doba mezi poslední replikací VM a časem výpadku. Při plánovaném výpadku se nejdříve provede replikace VM a následně se přepne mezi primární a záložní lokalitou. [14]

### 2.1.7 Microsoft System Center 2012

Je komplexní platforma pro správu, která umožňuje administrátorovi snáze a efektivněji spravovat IT prostředky (výpočetní výkon, síť, úložiště) do privátního cloudu. Je jednoduše integrován se službami veřejného cloudu a vytváří tak prostředí hybridního cloudu, které je následně spravováno jednou sadou nástrojů.

Produkty Microsoft Systém Center 2012:

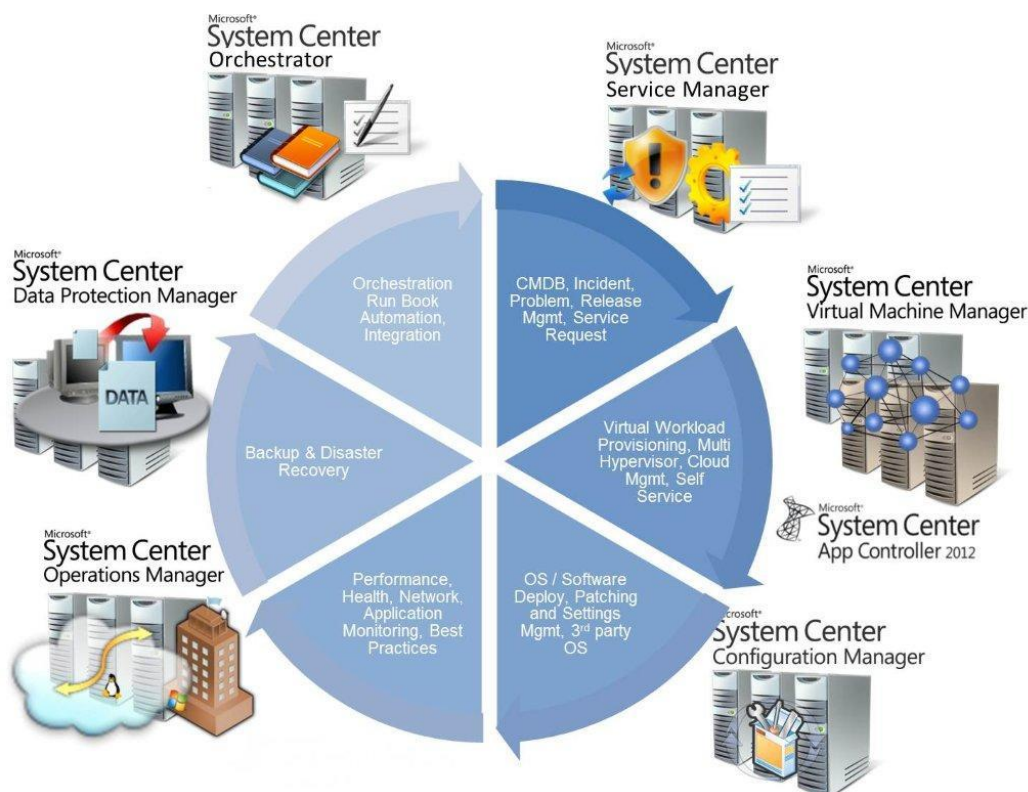
- Virtual Machine Manager (SCVMM)

Dokáže spravovat virtuální počítače na Hyper-V, ale také i konkurenčních nástroje VMware vSphere 4.1 a Citrix XEN server. Podporuje prostředí PowerShell. Automatizuje opravy pro clustery Hyper-V zvyšuje provozní efektivitu bez dalších rizik.

- Operations Manager

Poskytuje flexibilní a nákladově efektivní monitorování infrastruktury, které zajišťuje předvídatelný výkon a dostupnost důležitých aplikací a nabízí ucelené monitorování datacenter a privátního i veřejného cloudu.

- Orchestrator
- Service Manager
- Data Protection Manager
- Endpoint Protection
- Configuration Manager
- App Controller [19]



Obr. 6 Služby Microsoft System Center [27]

### 2.1.8 Podporované operační systémy

#### Linuxové operační systémy:

- Cent OS 6.0 - 6.2
- Red Hat Enterprise Linux 6.0 –6.2
- SUSE Linux Enterprise Server 11 SP2

Hyper-V nepodporuje desktopové linuxové operační systémy.

#### Desktopové operační systémy Windows:

- Windows 8
- MS Windows 7 SP1
- MS Windows 7
- MS Windows Vista SP2
- MS Windows XP SP3
- MS Windows XP SP2 x64



**Serverové operační systémy Windows:**

- MS Windows Server 2012
- MS Windows Server 2008 R2 SP1
- MS Windows Server 2008 R2
- MS Windows Server 2008 SP2
- MS Windows Server 2008
- MS Windows Home Server 2011
- MS Small Bussiness Server 2011
- MS Windows Server 2003 R2 SP2

[5]

**2.2 VMware vSphere**

Systém VMware vSphere je dalším pokračování virtualizačních produktů společnosti VMware. vSphere je mnohem robustnější, škálovatelnější a spolehlivější serverový produkt.

Produktová řada VMware vSphere obsahuje produkty a funkce, které spolu tvoří úplnou sadu podnikové virtualizační funkcionality. [9]

**2.2.1 Produkty a funkce VMware vSphere****VMWARE ESX A ESXi**

Hypervizory VMware ESX a ESXi mají shodné virtualizační nástroje, oba podporují stejné virtualizační funkce a oba se instalují přímo na hardware. VMware ESX a ESXi se liší pouze v balení.

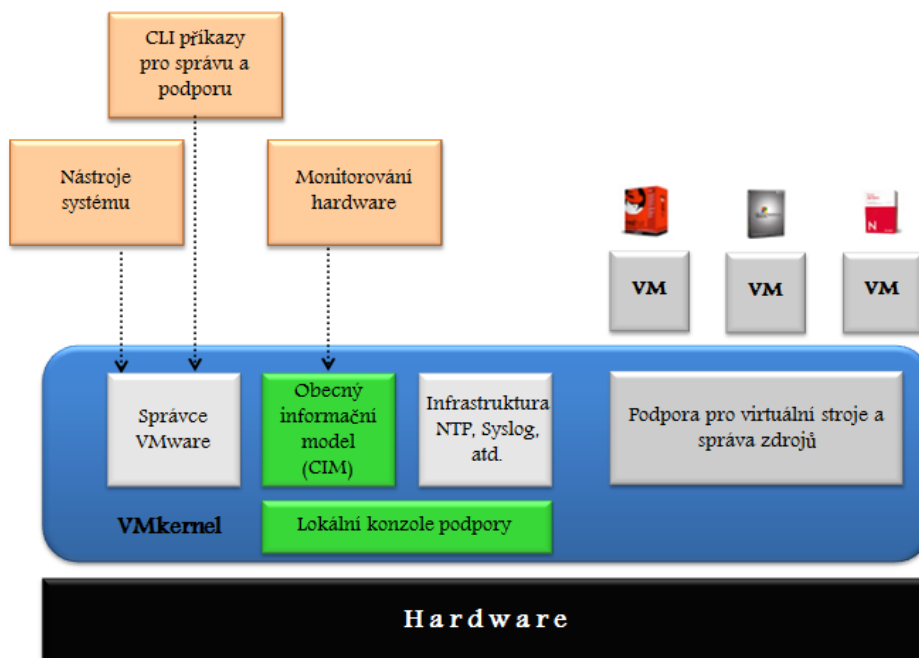
Ve verzi ESX 5.0 byla odstraněna servisní konzole, která byla založena na Linuxu. Tato změna představuje krok vpřed ve spolehlivosti pro správu virtualizace. Oproti předchozí verze má nyní o 5% méně velikosti. Nová architektura zlepšuje hypervizor, řízení v oblasti bezpečnosti, nasazení a konfiguraci.

Manažerské funkce, které byly v servisní konzoli, byly implementovány přímo do jádra kernel podobně jako u ESXi.

### ➤ VMware ESXi

Je hypervizor druhé generace virtualizačních nástrojů VMware. Všichni VMware agenti jsou spuštěni přímo ve VMkernelu. Infrastrukturní služby jsou poskytovány nativně prostřednictvím modulů obsažených v jádru VMkernel. Stejně tak mohou být spuštěny ve VMkernelu moduly autorizovaných třetích stran. Jsou to ovladače hardwaru a komponenty monitorování hardware.

ESXi si vystačí s pouhými 32 MB. Sdílí stejný základ VMkernel jako ESX a podporuje stejnou množinu virtualizačních funkcí. [9,13]



Obr. 7 Architektura ESX/ESXi [9]

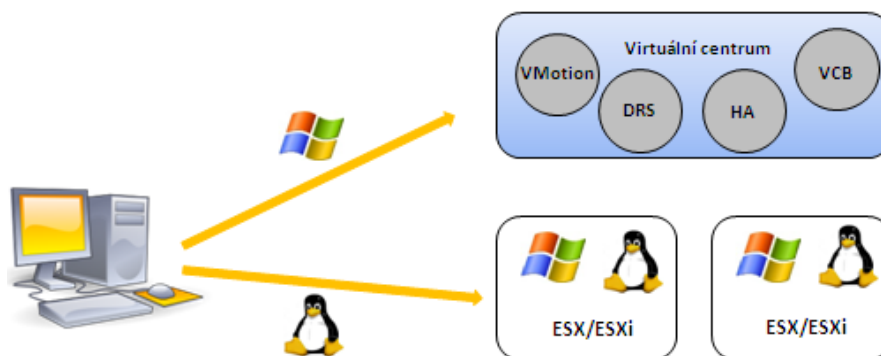
### Server VMware vCenter

vCenter Server je databázová aplikace systému Windows umožňující správcům IT rozmisťovat, spravovat, monitorovat, automatizovat a zabezpečovat virtuální infrastrukturu. Administrační databáze (Microsoft SQL Server nebo Oracle), která se vCenter používá, ukládá všechna data o hostitelích a virtuálních počítačích. [9]

## VMware vSphere Client

VMware vSphere Client je aplikace systému Windows umožňující správu hostitelů ESX/ESXi buď přímo nebo prostřednictvím vCenter Server. Nainstalovat jej lze buď tak, že navštívíme URL hostitele ESX/ESXi nebo serveru vCenter a vybereme příslušný odkaz na instalaci. Produkt vSphere Client je uživatelským grafickým rozhraním (GUI), který se používá ke každodenním správním úkonům a pro pokročilé konfigurace virtuální infrastruktury.

vSphere Client má na starost autentizovat jednotlivé hostitele ESX/ESXi s účtem, který je vzhledem k tomuto hostiteli lokální. Avšak prostřednictvím účtu systému Windows provádí autentizaci celého podniku k vCenter Serveru. [9]



Obr. 8 VMware ESX/ESXi vSphere Client [9]

## VMware VMotion a Storage VMotion

Tato funkce, které se také říká živá migrace, je funkce ESX/ESXi a vCenter Serveru, která umožňuje přesun běžícího virtuálního stroje z jednoho fyzického hostitele na jiný, aniž by bylo nutné stroj vypnout. Celá operace proběhne bez jeho odstavení a bez přerušení síťového připojení.

Storage VMotion je založen na principech VMotion, jehož snahou je snižovat plánované odstávky pomocí přesouvání virtuálních strojů za chodu.

Pokud bychom potřebovali migrovat ze starého diskového pole na nové, postará se o to Storage VMotion sám. Diskový prostor běžícího virtuálního stroje přesouvá mezi datovými úložišti. Podobně jako VMotion, i Storage VMotion pracuje bez odstavování virtuálního počítače. [9]

### VMware Distributed Resource Scheduler (DRS)

DRS je funkce, která má za cíl zajišťovat automatickou distribuci využívání prostředků na všech hostitelích ESX/ESXi, které jsou nakonfigurované v klastru.

Klaster ESX/ESXi je absolutním souhrnem výkonu CPU a paměti všech hostitelů v klastru. Bude-li mít v klastru dva servery ESX/ESXi, každý po 32 GB RAM, souhrnná kapacita klastru je 64 GB. V daném okamžiku však žádný virtuální počítač nemůže využít víc než 32 GB paměti RAM. [9]

### VMware High Availability (HA)

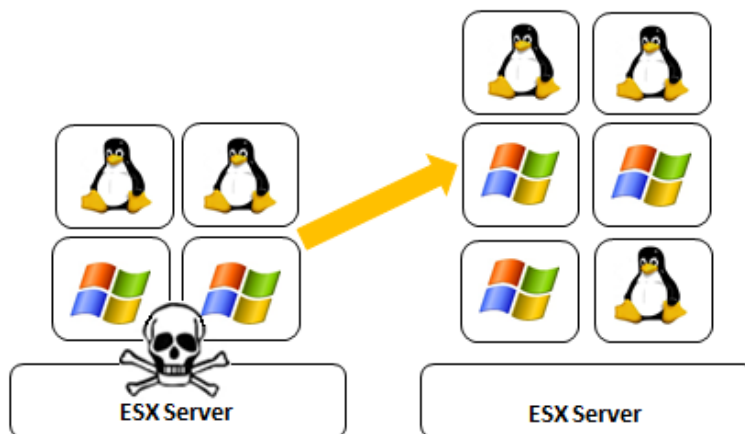
Funkce High Availability obsahují automatickou proceduru pro restartování virtuálních strojů běžících na ESX/ESXi v době chyby serveru.

Tato funkce udrží za chodu všechny virtuální stroje, které běžely na serveru ESX, na němž došlo k poruše.

Na rozdíl od VMware Distributed Resource Scheduler nepoužívá High Availability k migracím jiného hostitele technologie VMotion. High Availability nemůže chybové stavy nijak předvídat. Není to plánované odstavení a není tedy čas aktivovat VMotion.

High Availability řeší neplánované výpadky způsobené chybou na fyzickém hostiteli ESX/ESXi.

High Availability implicitně neošetřuje chyby operačního systému, i když High Availability můžeme nakonfigurovat tak, aby monitoroval virtuální stroje a při výpadku způsobeném nějakou vnitřní příhodou je automaticky restartoval. [9]



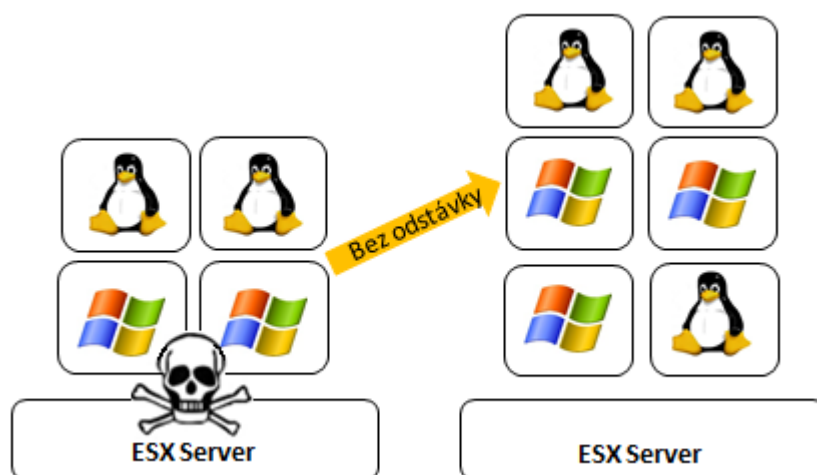
Obr. 9 VMware ESX/ESXi High Availability [9]

### VMware Fault Tolerance (FT)

Tato funkce je určena pro uživatele, kteří vyžadují větší úroveň dostupnosti, než jakou může nabídnout High Availability.

Funkce High Availability poskytuje ochranu proti neplánovaným výpadkům serverů způsobených chybou na fyzickém hostiteli prostřednictvím automatického restartu virtuálního stroje. Když dojde k chybě na fyzickém hostiteli, nevyřešený zůstává krátký výpadek-obecně tak do tří minut-způsobený restartem virtuálního stroje. Funkce Fault Tolerance jde dál, a dojde-li k chybě na fyzickém hostiteli, eliminuje všechna odstavení. Pomocí technologie vLockstep provozuje tato funkce sekundární zrcadlený virtuální stroj na jiném fyzickém hostiteli, který „drží krok“ s primárním virtuálním strojem. Vše, co se přihodí na primárním (chráněném) stroji, proběhne současně i na sekundárním (zrcadleném) stroji, takže dojde-li na fyzickém hostiteli k výpadku, ihned vstoupí do hry sekundární stroj a pokračuje v činnosti bez činnosti a ztráty konektivity. Stejně tak, když dojde k chybě na fyzickém hostiteli, na němž běží sekundární stroj, High Availability znovu automaticky vytvoří sekundární (zrcadlený) stroj na jiném hostiteli. Tím je zajištěna trvalá ochrana primárního virtuálního stroje.

Dojde-li na hostiteli k více výpadkům, třeba na hostiteli, na němž běží primární i sekundární virtuální stroj - High Availability zavede primární stroj na jiný dostupný server a Fault Tolerance automaticky vytvoří nový sekundární stroj. [9]



Obr. 10 VMware ESX/ESXi Fault Tolerance [9]

Fault Tolerance může spolupracovat s VMotion, ale ne však s Distributed Resource Scheduler, takže na virtuálním chráněném Fault Tolerance musí být Distributed Resource Scheduler ručně zablokován.

### 2.2.2 Další produkty a funkce vSphere

- VMware Consolidated Backup
- VMware Center Update Manager
- Virtuální symetrické paralelní zpracování v systému VMware
- VMware vShield Zones
- VMware vCenter Orchestrator [9]

### 2.2.3 Hardwarové požadavky pro VMware ESX a ESXi

#### VMware ESX vs ESXi

ESX a ESXi využívají v jádrech stejný 64bitový hypervizor, který běží přímo na hardwaru systému (označovaný jako VMkernel). ESX a i ESXi, které lze spravovat pomocí vCenter Serveru a oba produkty podporují pokročilou virtualizační funkcionalitu, např. VMotion, Storage VMotion, VMware Distributed Resource Scheduler, VMware High Availability nebo VMware Fault Tolerance.

ESXi je distribuován ve dvou verzích.

- ESXi Installable - lze nainstalovat na pevné disky serverů
- ESXi Embedded - spouští se přímo z USB paměti

Kromě způsobu nasazení jsou obě funkce stejné. Mají stejnou architekturu i kód. [9]

### 2.2.4 Výběr vhodné serverové platformy

Produkty ESX a ESXi mají mnohem přísnější hardwarová omezení. ESX i ESXi rozhodně nepodporují jakoukoliv paměťovou řídicí jednotku nebo každý síťový adaptér, který se na trhu nabízí. Zejména produkt VMware ESXi Embedded má značně omezený seznam podporovaných hardwarových platforem. Hardwarovou komptabilitu si můžeme ověřit na vyhledávacím seznamu kompatibilního hardwaru HCL<sup>4</sup>. [12]

---

<sup>4</sup> HCL-Hardware Compatibility List

Je důležité dopředu vědět, zda bude potřeba využívat malé nebo velké servery. Pokud se budou používat velké servery postačí čtyři CPU a 128 GB RAM, pokud se budou využívat malé servery, stačí si zakoupit PC s duální podporou CPU a 64 GB RAM. [9]

### 2.2.5 Architektura datového úložiště

vSphere přímo podporuje řadu typů úložišť a má jednoduchou, modulární architekturu využívající doplňky (plug-in), takže podpora budoucích technologií úložišť bude snazší. vSphere podporuje úložiště na bázích Fibre Channel, SCSI a úložiště přístupná prostřednictvím systému Network File System (NFS). Navíc vSphere podporuje v jednom řešení více protokolů, tak aby jedna část vSphere mohla používat Fiber Channel a druhá NFS. [9]

### 2.2.6 Síť

Ve většině nasazení vSphere má hostitel ESX/ESXi nejméně pět síťových karet, často jich má osm, deset nebo dokonce dvanáct.

- Jednu síťovou kartu potřebuje i VMotion. Zde by to měla být nejméně gigabitová ethernetová karta.
- Pokud budeme využívat VMware Fault Tolerance, budeme potřebovat další kartu. Měla by to být znovu alespoň gigabitová ethernetová karta, ještě lepší by bylo, kdyby byla 10 GB.
- Pro nasazení využívající iSCSI nebo NFS je potřeba nejméně jedna další karta, doporučuje se však raději dvě. Zde opět gigabitový nebo desetigigabitový ethernet.
- Alespoň dvě síťové karty, které budou potřeba při zahájení provozu z vlastních virtuálních strojů. I zde se doporučuje gigabitová karta nebo rychlejší. [9]

### 2.2.7 Podpora OS na VMware

VMware podporuje následující systémy Windows, Linux, Unix, Macintosh a další operační systémy. Zde jsou uvedeny pouze nejznámější.

#### Operační systém Windows

Windows Server 2012, Windows 8, Windows Server 2008 R2, Windows 7, Windows Server 2008, Windows Vista, Windows XP.

### **Linux operační systémy**

CentOS, Debián, Fedora, Mandriva, Novell, Oracle Enterprise, Red Hat Enterprise Linux, Red Hat Linux, SUSE Linux, Ubuntu a další.

### **UNIX a další operační systémy**

Mac OS X Server, eComStation, FreeBSD, IBM OS/2 Warp, Netware Solaris a další. [11]

## **2.3 Xen**

### **Vývoj Xenu**

Společnost Citrix nabízí několik různých nástrojů. Koncem roku 2007 společnost Citrix koupila firmu XenSource, která vyvinula produkt XenServer a díky této aktivizaci vytvořila základ své nabídky virtualizačních řešení. Firma XenSource byla založena jako společnost spojením několika vývojářů, kteří pracovali na vývoji rozšíření Xen pro Linux prostřednictvím open-source projektu. [6]

Xen podporoval paravirtualizaci, ale s příchodem HW podpory virtualizace začal od verze 3.0 podporovat plnou virtualizaci. Xen vyžaduje modifikaci jádra operačního systému, je určen hlavně pro linuxové operační systémy. V době, kdy přišly na trh nové verze procesorů (v roce 2006 firma AMD), je možné naistalovat i operační systémy od společnosti Windows.

Podobně jako u Windows se provádějí všechny vstupně/výstupně operace virtuálních strojů již v režimu jádra. Tím zajišťuje větší HW kompatibilitu s více operačními systémy.

[9]



### 3 TECHNOLOGIE DESKTOPOVÉ VIRTUALIZACE

#### 3.1 Virtual PC

Windows Virtual PC je virtualizační nástroj pro MS Windows. Je zdarma volně ke stažení ze stránek Microsoftu. Na Virtual PC lze naistalovat pouze 32-bit operační systémy.

Vlastnosti:

- Podpora vícevláknového zpracování

Lze spustit současně více virtuálních počítačů, každý z nich bude mít vlastní vlákno pro lepší stabilitu a výkonnost.

- Podpora a přesměrování USB

Připojí periferní zařízení jako digitální kamery, flash paměti, tiskárny, které jsou připojeny k hostiteli.

- Windows XP mód

Balíček obsahující virtuální počítač pro Windows Virtual PC s předinstalovanou a licencovanou kopií Windows XP Professional SP3 jako hostovaným operačním systémem. Předinstalovaná integrace dovoluje běžet uvnitř virtualizovaného prostředí, ale zároveň i přímo v hostitelském systému. Lze tím sdílet desktop a nabídku Start systému Windows 7 stejně jako asociace souborů. Ve Windows XP módu lze spouštět starší operační systémy.

- Přesměrování paměťových karet připojených k hostiteli

#### 3.2 Windows 8

V systému Windows je Windows Virtual PC z Windows 7 nahrazen za Hyper-V. Tím nyní je k dispozici i na klientech využívat tuto hlavní virtualizační technologii, která dosud byla dostupná jenom na serverech. Hlavním důvodem je to, že na Virtual PC není hostovat

virtuální stroje 64-bitových operačních systémů. Také je zde omezena další konfigurace například nastavení pouze jednoho procesoru apod.

Hyper-V je součástí v edicích Professional a Enterprise.

Požadavky k instalaci a parametry:

- 64-bit instalace
- Doporučená podpora NX<sup>5</sup> a SSE2<sup>6</sup>
- 32 virtuálních CPU
- 512 GB RAM
- 64 TB virtuální disky formátu VHDX
- 64bitový procesor podporující SLAT – Intel EPT nebo AMD RVI.

Klientské Hyper-V dále podporuje:

- WiFi síťové adaptéry
- USB zařízení uvnitř VM
- Dynamic Memory – dynamická regulace velikosti RAM paměti u VM
- PowerShell
- Může být nasazeno a spravováno z System Center Configuration Manager
- Hot-Add úložiště – připojování virtuálních disků za běhu VM
- iSCSI, SMB, USB úložiště pro virtuální stroje
- Serverové i klientské OS uvnitř VM
- Stejná podpora pro Linux jako u serverového Hyper-V
- Živá migrace datových úložišť bez výpadku [14, 22, 23]

### 3.3 VMware Workstation

Je to desktopový virtualizační nástroj, který je od společnosti VMware. Tento nástroj je určen pro x86, x64 počítače. Je to placený nástroj – lze si stáhnout 30-denní zkušební verzi. Uživatelům dovoluje vytvářet více virtuálních počítačů. Každý virtuální počítač může spustit vlastní operační systém například Linux, Windows apod.

---

<sup>5</sup> Non eXecute

<sup>6</sup> Streaming SIMD Extensions 2

Kromě existujících hostitelských zařízení, jako jsou síťové adaptéry, optické mechaniky, pevné disky a USB zařízení, VMware Workstation také poskytuje simulovat hardware. Je možnost připojit ISO soubor jako optickou mechaniku, VDMK jako pevné disky a také je možnost nastavit síťové adaptéry pro NAT. [20]

### **3.4 VMware Player**

VMware Player je freewarový – pro domácí a nekomerční použití virtualizační software. Může být použit za běhu do virtuálních zařízení. Dále je možné vytvářet virtuální počítače.

Rozdíl mezi VMware Playerem a VMware Workstation je v tom, že Player neposkytuje vývojářské nástroje pro klonování, zabezpečení pomocí virtuální správy oprávnění.

### **3.5 VirtualBox**

VirtualBox je vyvíjen ve dvou samostatných řadách. Oracle VM VirtualBox, která je komerční – pro domácí použití zdarma a VirtualBox OSE, která je vyvíjena komunitou vývojářů jako Open Source Software.

VirtualBox se instaluje do operačního systému (nemůže běžet samostatně), jako klasická aplikace. Je to nástroj pro plnou virtualizaci prostředí. Lze v něm vytvořit virtuální počítač, na který je možné instalovat operační systém a následně další aplikace. [20]

## 4 VLASTNOSTI A ROZDÍLY HYPER-V, VMWARE A XEN

### 4.1 Rozdíly v architektuře

Jak systém Microsoft Hyper-V tak i Citrix XenServer provádějí všechny V/V<sup>7</sup> operace virtuálních strojů v „rodičovské oblasti“ nebo „dom0“. To obvykle zajišťuje větší hardwarovou komptabilitu s mnohem více produkty. Třeba v případě Hyper-V platí, že bude Windows Server 2008, 2012 - obecný operační systém běžící v režimu jádra - podporovat určitý typ hardwaru, Hyper-V jej bude podporovat také. Hyper-V „se veze“ na zádech hardwarových ovladačů pro Windows a V/V zásobníku. Totéž lze říci o systému XenServer, i když jeho „dom0“ běží pod Linuxem, nikoli pod Windows. Výhodou je, že zde kód není z třetí strany.

Na druhé straně v systému VMware ESX/ESXi se zpracovávají V/V v samotném hypervizoru. Tím je obvykle zajištěna větší průchodnost a menší režie, i když za cenu poněkud omezenější hardwarové komptability. Větší hardwarovou podporu a aktualizaci ovladačů zařízení je nutno provádět prostřednictvím aktualizace hypervizoru, neboť jak tyto ovladače, tak i V/V zásobníky jsou jeho součástí. Nevýhodou je, že kód je z třetí strany. Od verze ESX 5.0 odpadá servisní konzole, která zlepšuje hypervizor, řízení v oblasti bezpečnosti, nasazení a konfiguraci.

Tyto rozdíly v architekturách jsou zcela zásadní. Nikde nejsou tak patrné jako právě v systému ESX/ESXi, který zabere málo místa, a přesto poskytuje plnohodnotné virtualizační řešení. Jak systém Citrix XenServer, tak i Microsoft Hyper-V potřebují pro svoji činnost mít režim jádra resp. ring 0 nainstalovaný plný operační systém (v případě Hyper-V je to Windows Server 2008, 2012, XenServer zase potřebuje Linux). [5, 9]

---

<sup>7</sup> V/V vstupně/výstupní operace

## 4.2 Rozdíly v parametrech

| Systém  | Popis                                       | VMware vSphere 5.1 | Hyper-V 2012 |
|---------|---|--------------------|--------------|
| VM      | Počet virtuálních procesorů                 | 8                  | 64           |
|         | Paměť pro hosta                             | 1 TB               | 1 TB         |
|         | Počet virtuálních strojů v rámci jednoho PC | 512                | 1024         |
| Cluster | Maximum nodů                                | 32                 | 64           |
|         | Maximum virtuálních strojů na nodu          | 3000               | 4000         |

Tab. 2 Parametry VMware vSphere 5.1 a Hyper-V 2012 [24]

V Tab. 2 jsou uvedeny rozdíly mezi VMware ESX/ESXi a Windows Server 2012. Windows Server Hyper-V 2012 nabízí více virtuálních strojů, počet virtuálních strojů na jednom fyzickém PC, dále je možnost nastavit více virtuálních strojů na jednom nodu. [24]

Migrace a neplánovaný výpadek je ze strany funkcionality u Hyper-V a VMware ESX/ESXi stejný.

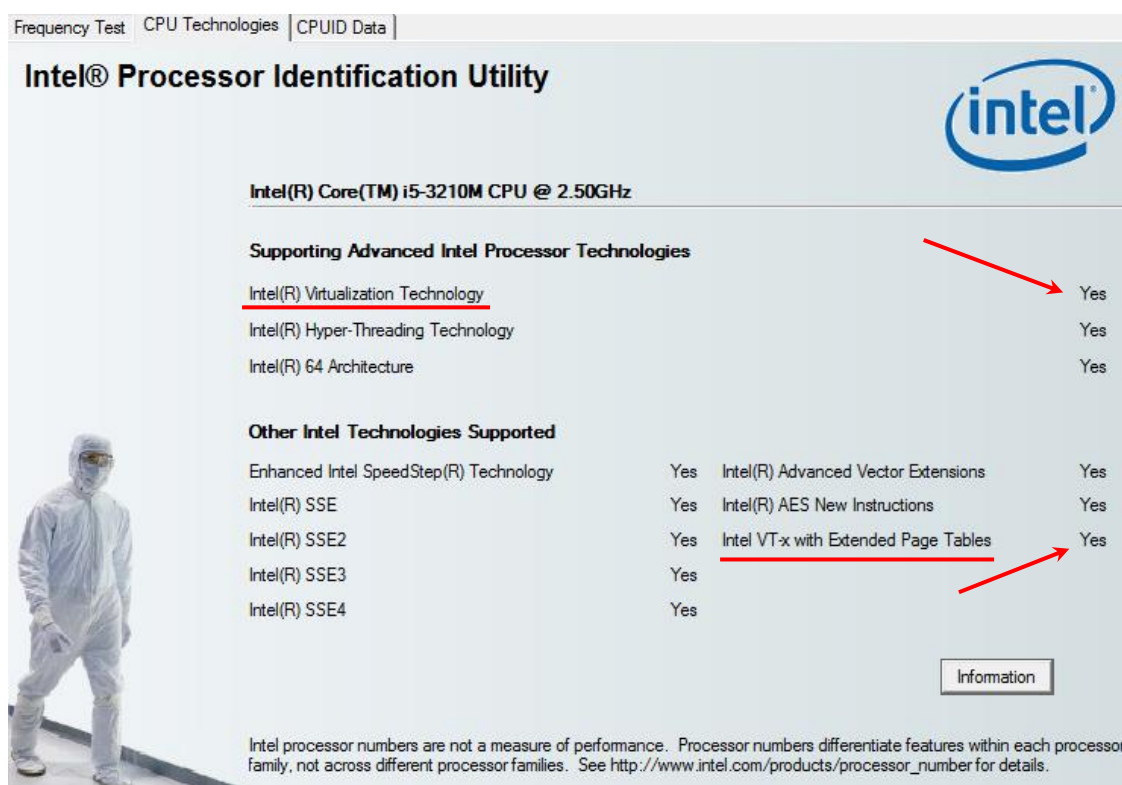
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 PODPORA HW VIRTUALIZACE

### 5.1 Platforma Intel

HW podpora se u Intelu zkráceně označuje VT-x. Pro zpřístupnění této funkce softwaru se na některých základních deskách se musí zapnout v Biosu.

Pro zjištění HW podpory je nutné si nainstalovat *Intel Processor Identification Utility*. Instalaci získáme na stránkách Intelu. Po odkliknutí záložky CPU Technologies se zobrazí tyto informace:



Obr. 11 Výpis diagnostické Utility u Intelu

Na linuxových systémech se HW podpora ověřuje pomocí výpisu `/proc/cpuinfo`, kde bude uveden příznak „vmx“.

### 5.2 Platforma AMD

HW podpora u AMD se zkráceně označuje AMD-V. Stejně jako u Intelu se musí nastavit HW virtualizace v Biosu.

Na stránkách AMD si stáhneme nástroj *AMD Virtualization Technology and Microsoft Hyper-V System Compatibility Check Utility*. Tento nástroj identifikuje typ procesoru v našem počítači včetně všech jeho funkcí, které má integrovány.

Na linuxových systémech se HW podpora ověřuje pomocí výpisu `/proc/cpuinfo`, kde bude uveden příznak „svm“. [26]



## 6 VÝKONNOSTNÍ TESTY

Měření probíhalo na Windows 7 Professional 64-bit bez virtualizace, kde byly následně nainstalovány virtualizační nástroje Virtual PC a VMware Workstation, na další harddisk byl nainstalován Windows Server 2012 Datacenter s nástrojem Hyper-V.

VMware ESXi byl instalován na jiný PC, protože není kompatibilní s HW, který byl určen k testování, byly proto využity výsledky z desktopových virtualizačních nástrojů.

K testování výkonu byly použity nejpoužívanější benchmarky. Měření probíhalo celkem sedmkrát, poté byl vždy proveden restart počítače. Z výstupů testů byl spočítán aritmetický průměr, který byl použit do celkového výsledku.

Na Virtual PC a VMware Workstation se již měření bylo prováděno pouze třikrát protože, mezi jednotlivými měřeními nebyly velké odlišnosti.

U měření harddisku byl otestován i Windows Server 2012. Byly sledovány výkonnostní propady Windows Server 2012 a virtuálních strojů, které byly nainstalovány na Hyper-V (výsledky těchto testů jsou v grafech označeny zeleně).

Desktopové virtualizační řešení Virtual PC a VMware Workstation 8.0 instalované na Windows 7 bez virtualizace byly vyhodnoceny zvlášť.

Důraz byl kladen zejména na:

- výkon procesoru
- rychlost paměti
- 3D grafické operace
- diskové operace
- propustnost sítě

### 6.1 Hardware pro testování

K testování byl použit notebook Lenovo G580.

- Procesor

Mobile DualCore Intel Core i5-3210M, 2.50 GHz

- Operační paměť

RAM - Single Channel DDR3 – 1600 SDRAM - 4 GB

➤ Harddisk

K testování byly použity 2 harddisky:

1. HDD 1 TB SATA – 5400 rpm
2. HDD 160 GB SATA – 5400 rpm

➤ Síťový adaptér - 10/100 Mb/s Ethernet

➤ Grafika

typ: NVIDIA GeForce GT635M

paměť: 2000 MB

rozhraní: PCI Express x16

VGA výstup: ano

digitální výstup: HDMI

## 6.2 Testovací platforma

1. Harddisk – SATA 1 TB – 5400 rpm, byl nainstalován Windows 7 Professional 64-bit, který byl rozdělen na dva diskové oddíly C s kapacitou 200 GB a D s kapacitou 800 GB.

Na Windows 7 64-bit Professional byl od Microsoftu nainstalován Virtual PC a od VMware Workstation. Dále byl na Virtual PC nainstalován Windows 7 SP1 32-bit Professional a na VMware Workstation byl nainstalován Windows 7 64-bit.

Virtuální stroj na Virtual PC byl nastaven s těmito parametry:

- Harddisk - Virtual PC byl nainstalován na disk D. Virtuálnímu stroji, bylo přiděleno 20 GB paměti.
- CPU – 1 procesor.
- RAM – na Windows 7 Professional 32-bit bylo nastaveno 1 GB.

Virtuální stroj na VMware Workstation 8.0 byl nastaven s těmito parametry:

- Harddisk - VMware Workstation byl nainstalován na disk D. Virtuálnímu stroji, bylo přiděleno 20 GB paměti.

- CPU – 4 procesory.
- RAM – na Windows 7 Professional 64-bit bylo nastaveno 2 GB.

Oba virtuální stroje byly nainstalovány na disk D.

2. Harddisk – SATA 160 GB – 5400 rpm, byl nainstalován Windows Server 2012 s nástrojem Hyper-V.

Na Hyper-V byly nainstalovány tři virtuální stroje Windows XP Professional SP3 32-bit, Windows 7 Professional 64-bit a Windows 8 Professional 64-bit.

Virtuální stroje byly nastaveny s těmito parametry:

- Virtuální stroje byly nastaveny na dva diskové oddíly C s kapacitou 20 GB a D s kapacitou 5 GB. Diskové testy byly následně prováděny na disku D, který byl nastaven pro všechny tři virtuální stroje na stejné pozici, aby testy na diskové operace byly mezi OS srovnatelné.
- CPU – 4 procesory.
- RAM – na Windows 7 Professional 64-bit a Windows 8 Professional 64-bit bylo nastaveno 2 GB, na Windows XP Professional SP3 32-bit bylo nastaveno 1 GB.

## 6.3 Passmark

Je to jednoduchý benchmarkový nástroj, na kterém je možnost otestovat rychlost procesoru, operační paměti a harddisku. Dále se může otestovat 2D a 3D grafika, šířka pásma sítě, CD a DVD výkon. Je volně ke stažení 30-denní trial verze na domovských stránkách.

Testy byly prováděny ve verzi 8.0, který je určen jak pro x64 tak i x86 OS.

### 6.3.1 Testování procesoru

K testování procesoru byly vybrány tyto testy:

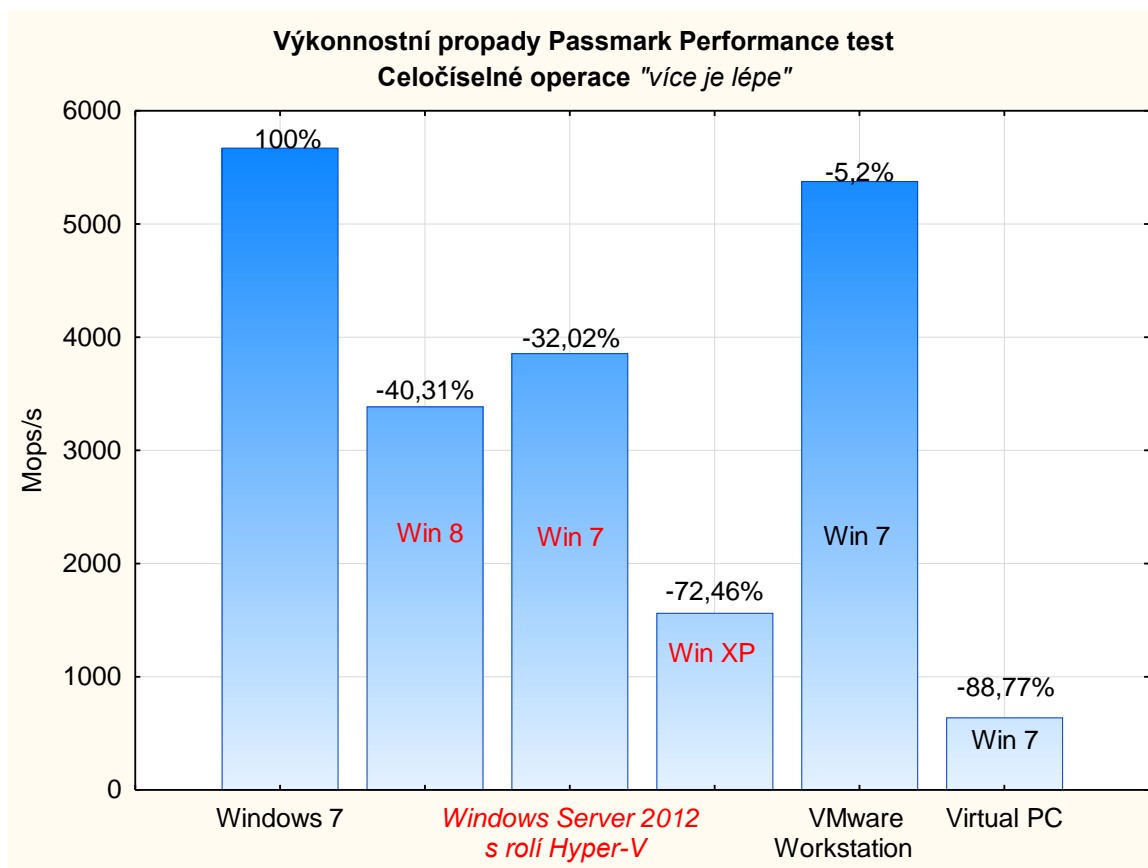
- celočíselné operace [Mops],
- výpočty pohyblivé řadové čárce [Mops],
- hledání prvočísel [tisíc prvočísel za sekundu],
- komprese [KB/s],

- kódování [KB/s].

Z grafů je patrné, že výkonnostní propady OS na Hyper-V jsou vysoké. Průměr výkonnostních propadů se pohybuje kolem 5-10%. Je to z důvodu, že serverový virtualizační nástroj byl nainstalován na notebook.

Aby byla zjištěna příčina tak vysokého propadu na Hyper-V, byl ještě doinstalován VMware Workstation, na který byl nainstalován Windows 7<sup>8</sup>. Výsledky těchto testů, vyšly ze všech měření nejlépe. VMware Workstation je desktopový virtualizační nástroj, který může být nainstalován na desktopový počítač.

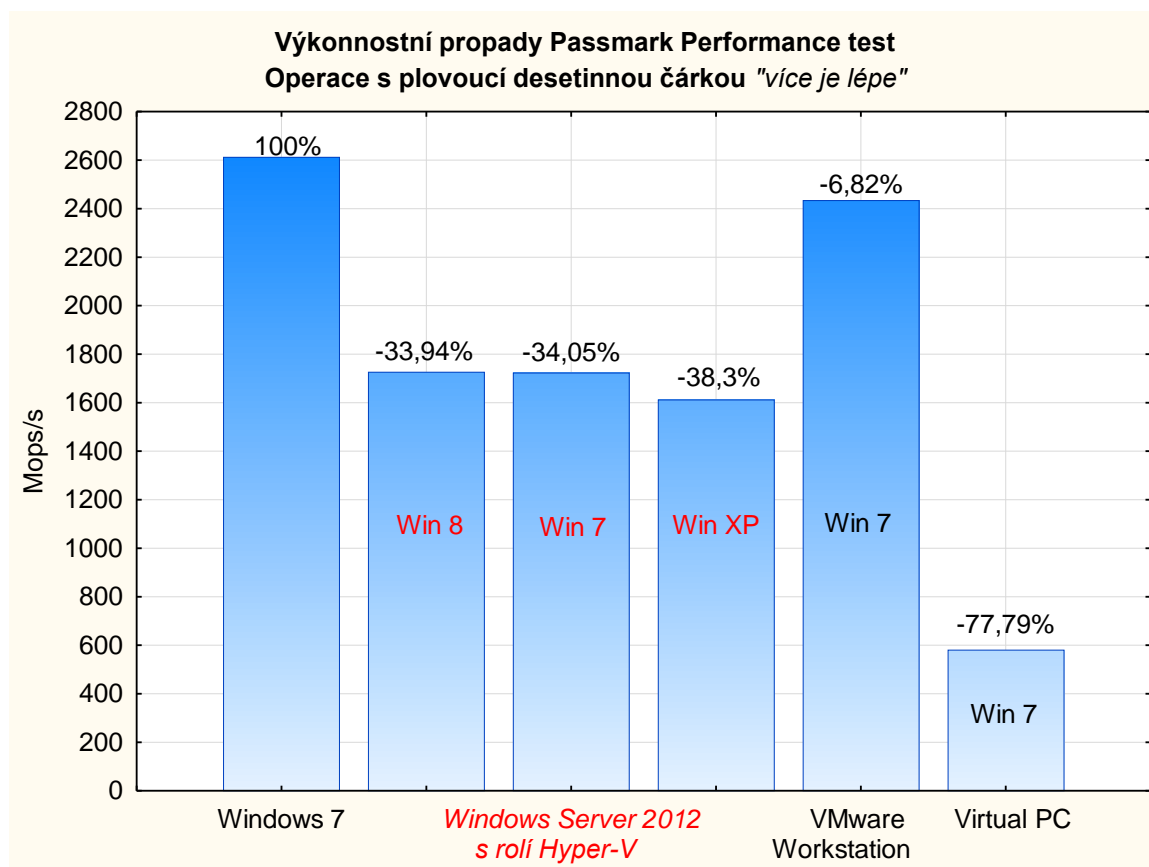
Tento virtualizační nástroj byl použit u všech níže použitých benchmarků.



Obr. 12 Graf Passmark s výkonnostními propady na celočíselné operace

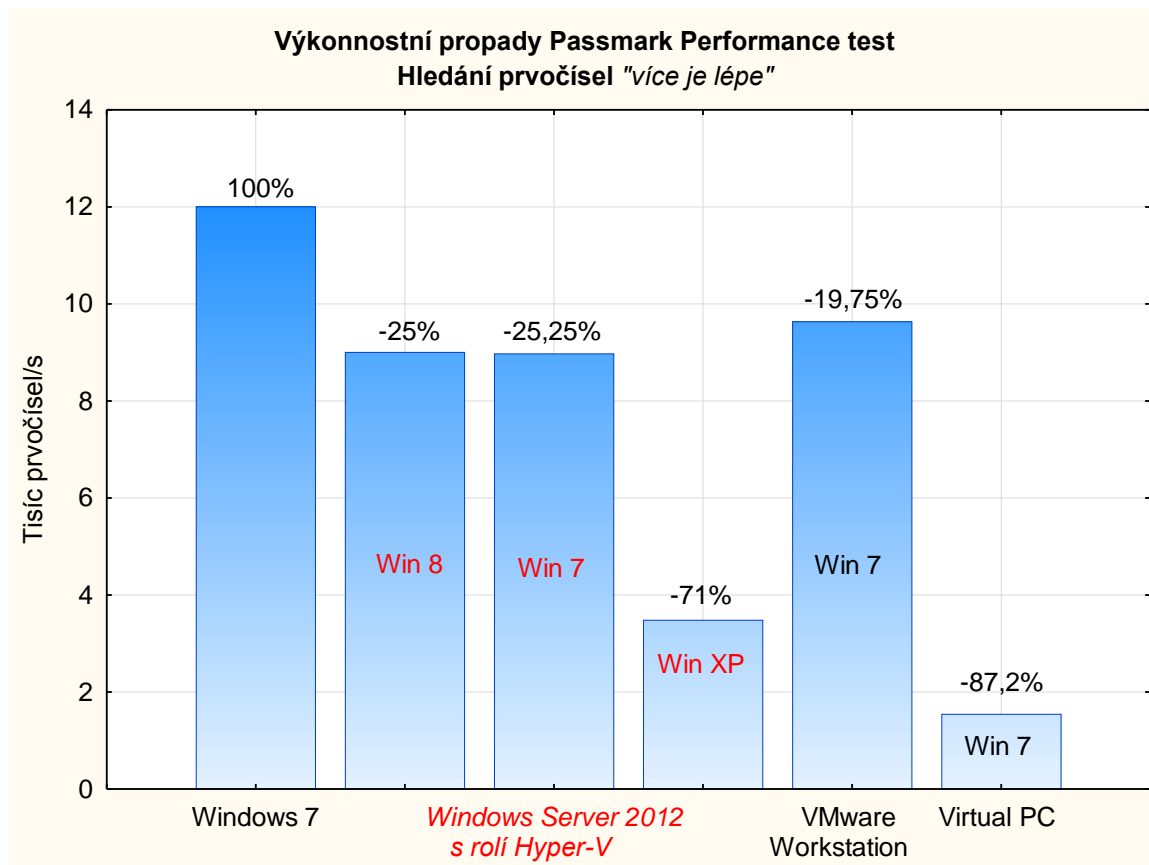
<sup>8</sup> Windows 7 x64 Professional nainstalován na VMware Workstation byl nastaven se stejnými parametry jako virtuální stroje na Hyper-V.

Na Obr. 12 jsou uvedeny výkonnostní propady na celočíselné operace. Na Hyper-V výkonnostně vyšel nejhůře Windows XP s výsledkem -72,46%. Windows 7 má výkonnostní propad -32,02% a Windows 8 má výkonnostní propad -40,31%. Z desktopových řešení má nejlepší výsledky VMware Workstation s Windows 7 s výsledkem -5,2%. Windows 7 pod Virtual PC má výkonnostní propad -88,77% – na Virtual PC lze nastavit jeden procesor, proto má nejhorší výsledky.



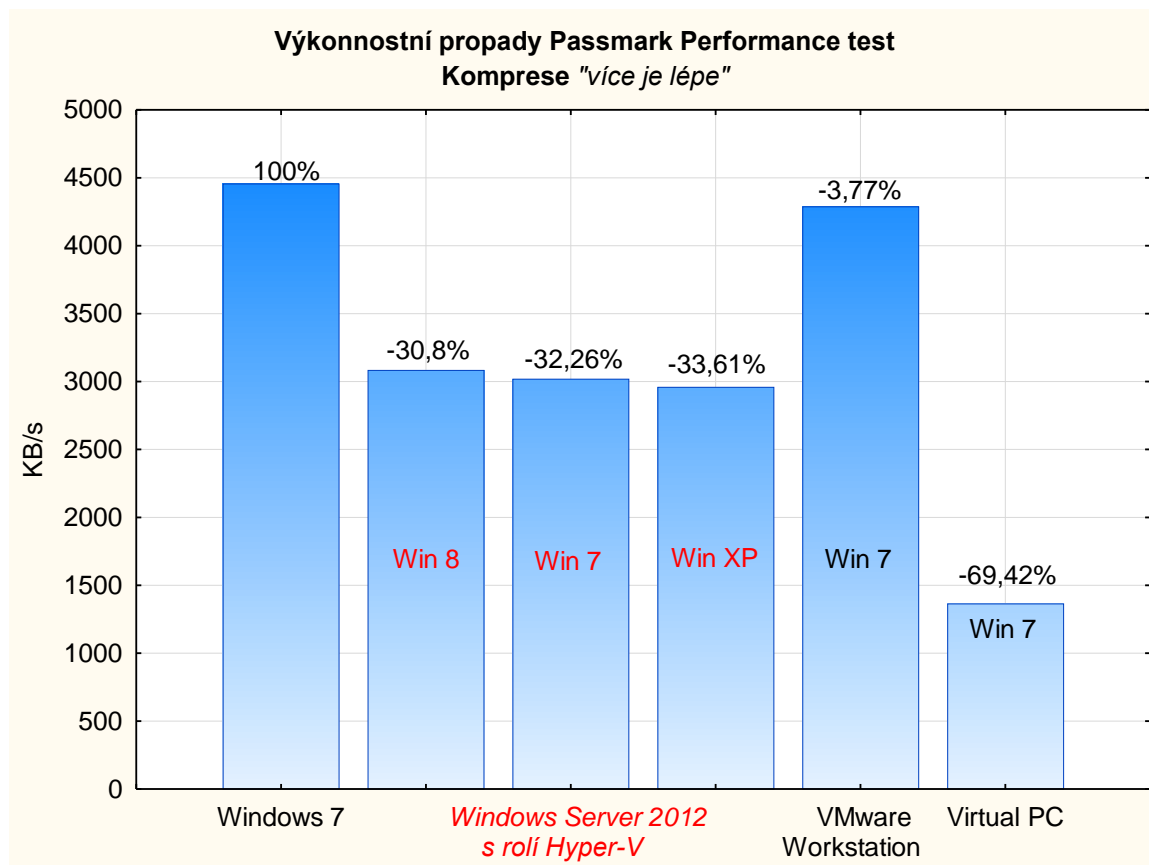
Obr. 13 Graf Passmark s výsledky na operace s plovoucí desetinnou čárkou

Na Obr. 13 jsou uvedeny výsledky na operace s plovoucí desetinnou čárkou. Pod Hyper-V mezi Windows 7 a Windows 8 nejsou velké výkonnostní rozdíly. Nejhorší výsledky na Hyper-V má Windows XP -38,3%. Nejlépe si vedl Windows 7 na VMware Workstation, který má výkonnostní propad -6,82%. Windows 7 pod Virtual PC má výkonnostní propad -77,79%.



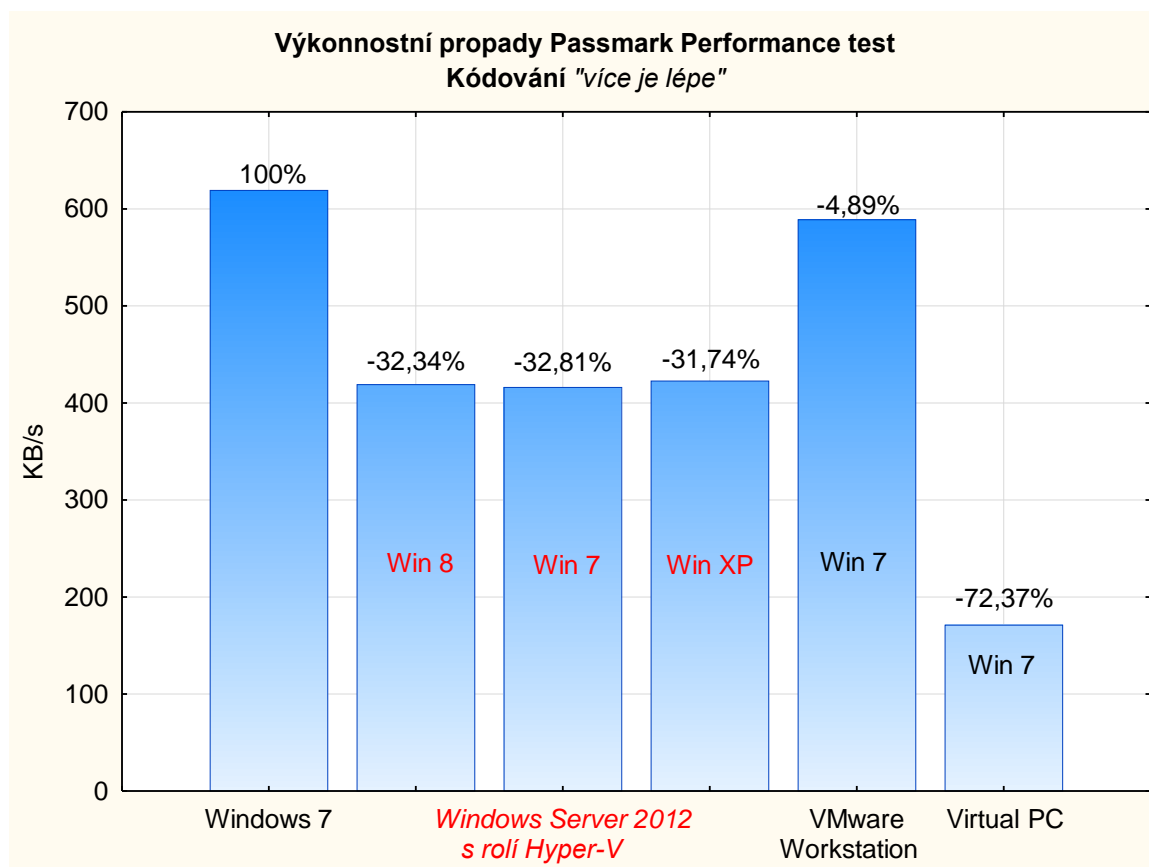
Obr. 14 Graf Passmark s výsledky na hledání prvočísel

Z Obr. 14 jsou znázorněny výsledky na hledání prvočísel. Na Hyper-V výsledky z testování jsou na Windows 7 a Windows 8 srovnatelné, nejhůře si vedl Windows XP s propadem -71%. Z desktopových řešení má nejlepší výsledky Windows 7 pod VMware Workstation s výkonnostním propadem -19,75%, nejhůře vyšel Windows 7 na Virtual PC a to -87,2%.



Obr. 15 Graf Passmark test komprese

Na Obr. 15 jsou výsledky testů na kompresi. Výsledky testů mezi virtuálními stroji na Hyper-V nebyli výkonnostně rozdílné, nejhorší výsledky má Windows XP s výkonnostním propadem 33,61%. Z desktopových řešení si nejlépe vedl Windows 7 pod VMware Workstation, Nejhůře vyšel opět Windows 7 na Virtual PC.



Obr. 16 Graf Passmark s výkonnostními propady na kódování

Na Obr. 16 je znázorněn graf s výkonnostními propady na rychlost kódování. Virtuální stroje na Hyper-V nemají mezi sebou vysoké výkonnostní rozdíly, zde má Windows 7 nejvyšší propad -32,81%. Z desktopových virtualizačních řešení si opět vedl nejlépe Windows 7 na VMware Workstation s výsledkem -4,87%, dále pak největší výkonnostní propad vyšel Windows 7 pod Virtual PC -72,37%.

### 6.3.2 Testování operační paměti

K testování operační byly vybrány tyto testy:

- cachované čtení paměti [MB/s],
- necachované čtení paměti [MB/s],
- zápis paměti [MB/s].

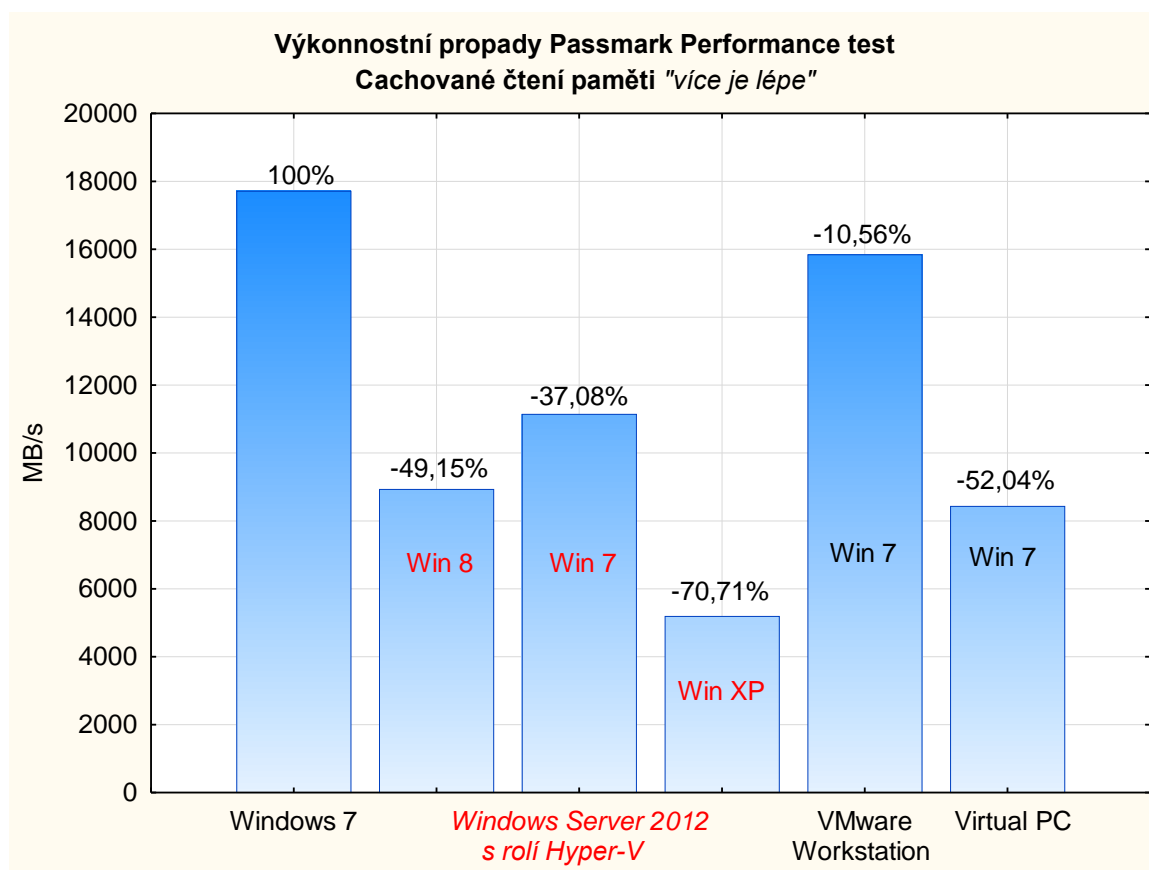
U všech níže výkonnostních testů jsou výsledky výkonnostních propadů opět vysoké.



Paměť cache – je to jakýsi meziklad dat mezi různě rychlými komponentami počítače. Jeho účelem je vzájemně přizpůsobení rychlosti – rychlejší data čte z cache a nemusí tak čekat na pomalejší komponentu (která si cache paměť načetla dopředu).

Cachovaná paměť – procesoru je dovoleno si načíst tuto paměť do cache. Může to provést bez ohledu na to, jestli má běžící program zájem na čtení této paměti. Procesor potom může držet obsah této paměti ve své řádce tak dlouho, jak chce, podléhá pouze explicitnímu požadavku – uvolnit daný řádek z cache, který přijde odněkud ze systému.

Necachovaná paměť – každé čtení nebo zápis generovaný softwarem je předáván přímo zařízení, pro které je určeno a cache procesoru se nevyužívá. [26]

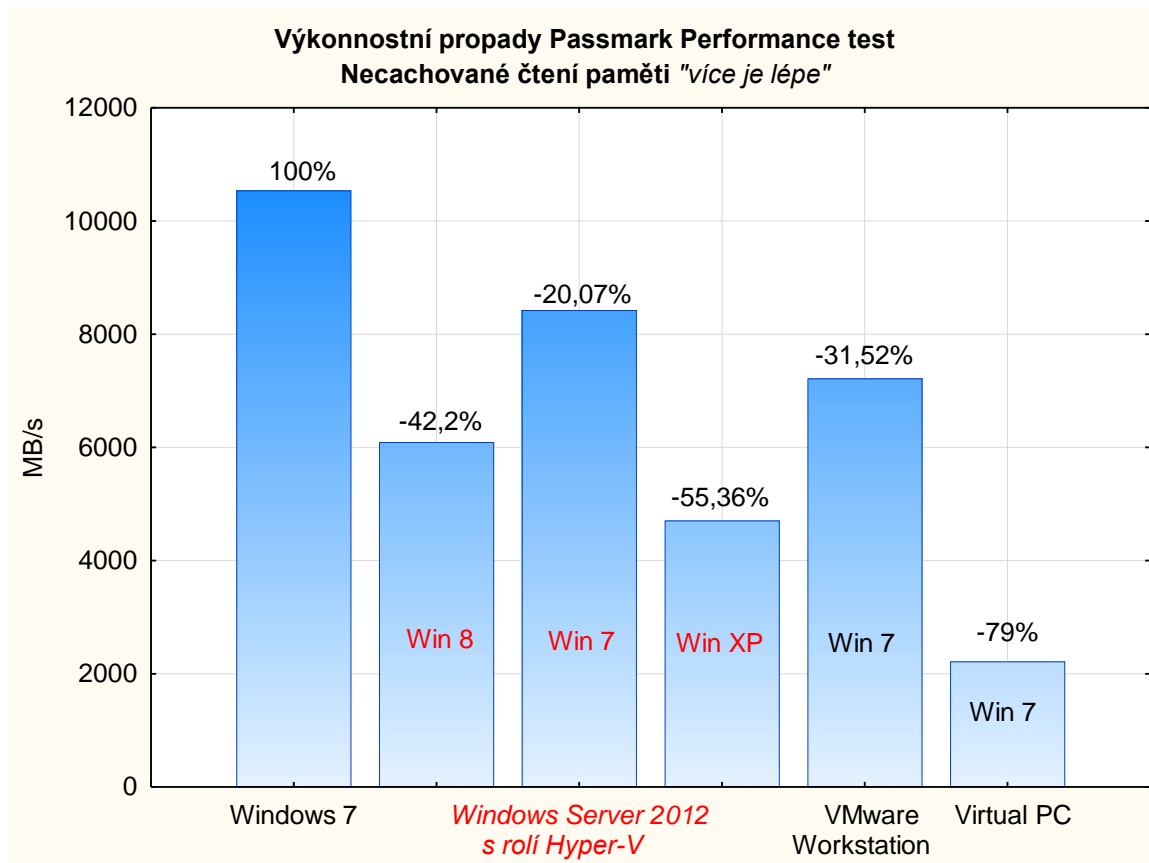


Obr. 17 Graf Passmark s výkonnostními propady cachované paměti

Na Obr. 17 jsou uvedeny výsledky výkonnostních propadů cachované paměti. Z virtuálních strojů instalovaných na Hyper-V vyšel nejhůře Windows XP s výsledkem -70,71%, dále pak Windows 8 s výsledkem -49,15% a nakonec Windows 7 s výsledkem -37,08%. Nejlépe si vedl Windows 7 VMware Workstation, je to z důvodu, že data jsou

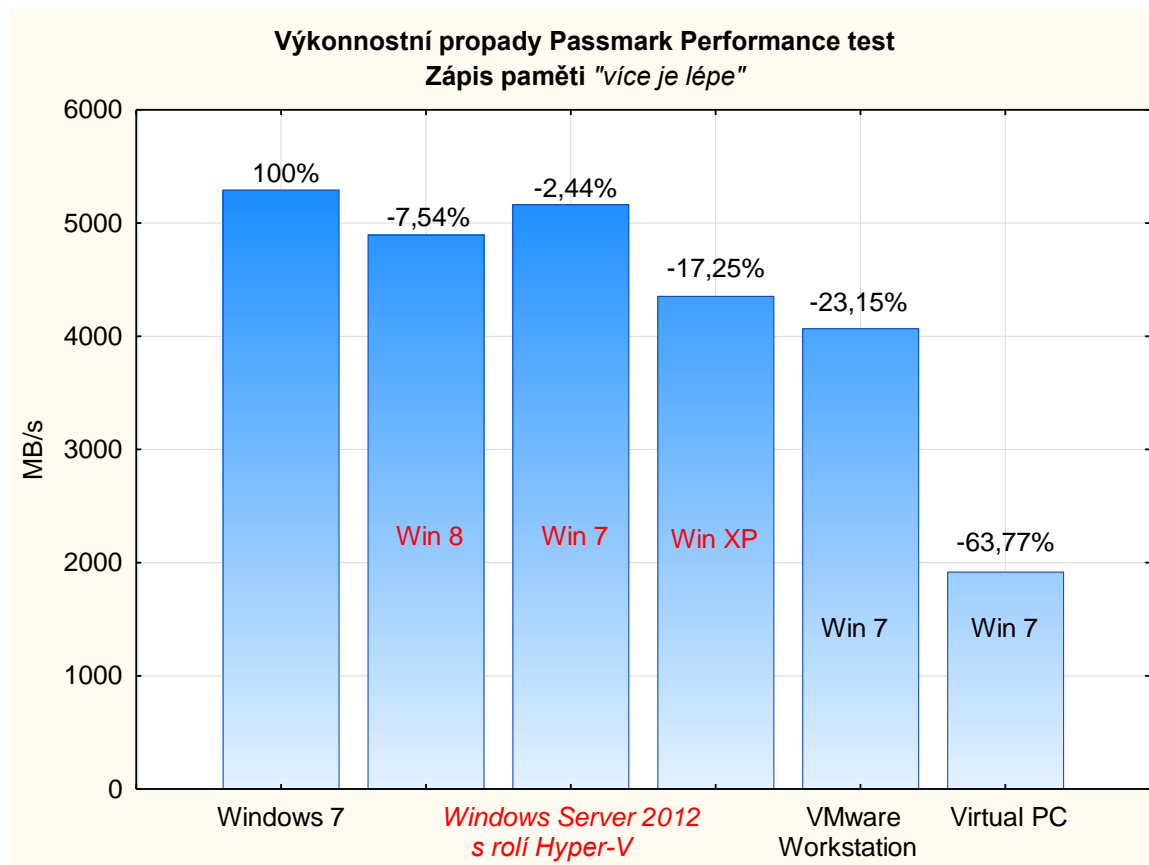
cachované. VMware Workstation v předchozích testech na výkon procesoru měl nejlepší výsledky. Windows 7 na Virtual PC má výsledek -52,04%.

Windows XP na Hyper-V je tak z celého testování nejhorší.



Obr. 18 Graf Passmark s výkonnostními propady necachované operační paměti

Z Obr. 18 jsou znázorněny výkonnostní propady necachované operační paměti. Z grafu je patrné, že pod Hyper-V Windows 7 má propad -20,07% a z tohoto testování si vedl nejlépe. Windows 8 má výkonnostní propad -42,2% a Windows XP má propad -55,36%. Z desktopových řešení má lepší výsledky Windows 7 pod VMware Workstation s propadem -31,52%. Výkonnostní je zde propad nižší, protože – data jsou spravovány přímo operační pamětí, což vede k vyšší režii. Největší výkonnostní propad má Windows 7 s Virtual PC.



Obr. 19 Graf Passmark s výkonnostními propady na zápis operační paměti

Na grafu Obr. 19 jsou znázorněny výkonnostní propady na zápis operační paměti. Virtuální stroje na Hyper-V mají lepší výsledky než desktopové virtualizační zařízení. Windows 7 na Hyper-V s výkonnostním propadem -2,44% má nejlepší výsledky, dále pak Windows 8 s výsledkem -7,54%. Windows XP pod Hyper-V má zde nejhorší výsledky -17,25%. Z desktopových řešení si lépe potom vedl Windows 7 pod VMware Workstation a nejhorší výsledky s výkonnostním propadem -63,77% má Windows Virtual PC.

### 6.3.3 Testování disku

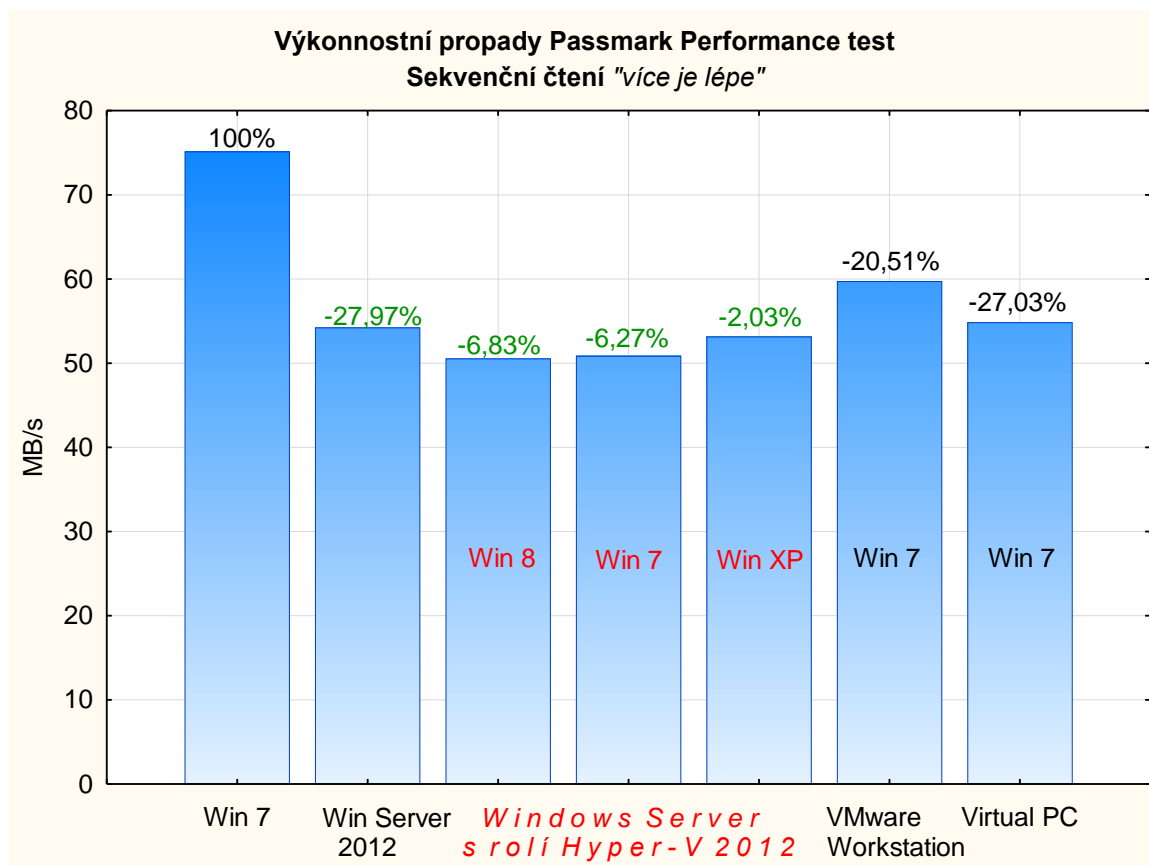
U testování disku bylo zaměřeno na:

- sekvenční čtení [MB/s],
- sekvenční zápis [MB/s].

Sekvenční přenosová rychlost – jedná se průměrnou rychlost přenosu velikého souboru. Zde však platí, že tato rychlost není stejná. Čím je soubor uložen více ke středu disku, tím je rychlost nižší. [29]

Čtení souboru – probíhá tak, že blok připraví prázdné místo v paměti a nechá do něj načíst část souboru.

Zapisování souboru – může probíhat tak buď přidáváním souboru na konec souboru, nebo přepisováním existující části souboru. Proces zapisuje data tak, že připraví větší souvislý blok dat k zapsání, nebo data zapisuje postupně po bajtech či jiných malých částech.



Obr. 20 Graf Passmark s výkonnostními propady na sekvenční čtení disku

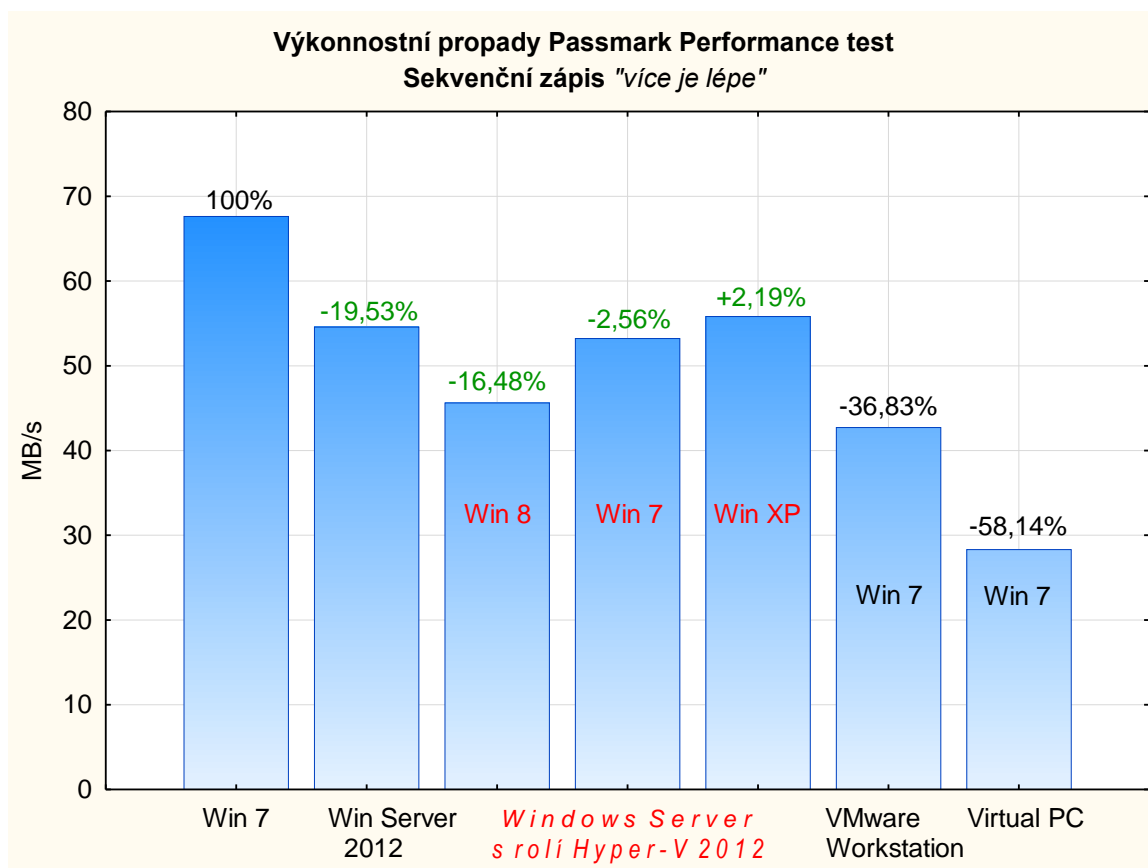
Na Obr. 20 jsou znázorněny výkonnostní propady na dvou harddiscích.

Windows Server 2012 k Windows 7 bez virtualizace má výkonnostní propad -27,97%.

1. Harddisk – zde má lepší výsledky VMware Workstation s Windows 7 s propadem -20,51%. Výkonnostní propad na Virtual PC je -27,03%. Tyto propady mohou být způsobeny tím, že virtuální stroje byly nainstalovány na dál od okraje disku. – na disk D.

2. Harddisk – nejlepší výsledek je na Windows XP, kde je výkonostní propad -2,03%. Výsledky na Windows 7 a Windows 8 vyšly téměř stejně. Windows XP nejsou náročné na HW, proto může mít lepší výsledky.

Z tohoto testování má lepší výsledky desktopové virtualizační řešení.



Obr. 21 Graf Passmark s výkonostními propady na sekvenční zápis disku

Na Obr. 21 jsou uvedeny výkonostní propady na sekvenční zápis.

Windows Server 2012 má k Windows 7 bez virtualizace výkonostní propad -19,03% .

1. Harddisk – k Windows 7 bez virtualizace je výkonostní propad u VMware Workstation -36,83%. Na Virtual PC je výkonostní propad -58,14%. Tyto propady mohou být způsobeny tím, že virtuální stroje byly nainstalovány dál od okraje disku na disk D.

2. Harddisk – zde je Windows XP výkonostně lépe o +2,19% než na Windows Server 2012. S výkonostním propadem -2,56% je Windows 7 a s nejhorším výsledkem -16,48% je na Windows 8.

Z tohoto testování má lepší výsledky serverové virtualizační řešení.

## 6.4 Sandra testy

Tento nástroj je určený pro celkovou diagnostiku počítače, testování spolehlivosti a výkonu. Dále získáme informace o hardwaru a softwaru a perifériích.

K testování byly využity tyto nástroje:

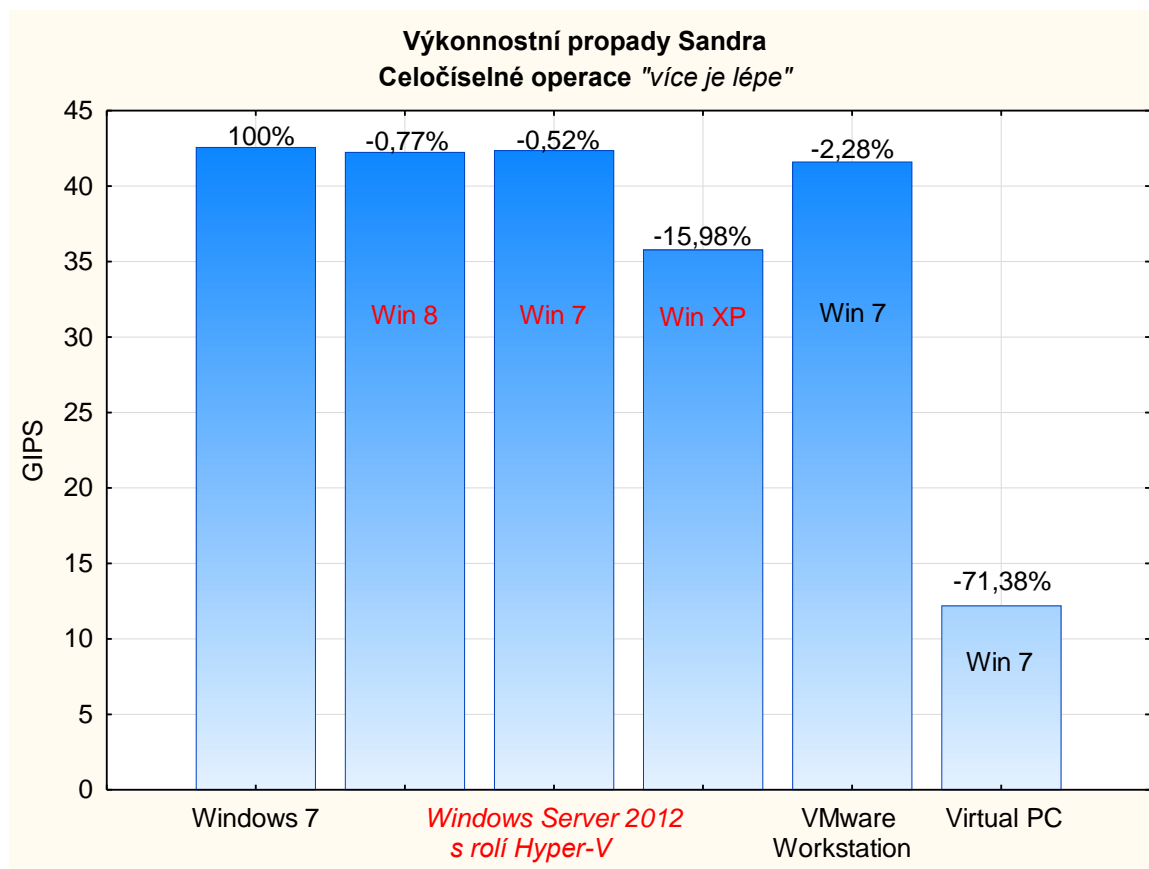
- testování procesoru – vybrány byly tyto testy:
  - Procesor Arithmetic Dhrystone - celočíselné operace [GIPS]<sup>9</sup>.
  - Procesor Arithmetic Whetstone - výpočty v plovoucí desetinné čárce [FLOPS]<sup>10</sup>.
- testování operační paměti – vybrány byly testy:
  - Memory Bandwidth [GB/s] – testy na propustnost paměti, založené na celočíselné výpočty a operace s plovoucí desetinnou čárkou.
  - Cache Bandwidth [GB/s] - měří rychlost mezioperační paměti.
- testování harddisku [ms] – vybrán byl test na náhodný přístup na disk (Random Access time).

---

<sup>9</sup> GIPS – milion operací za sekundu

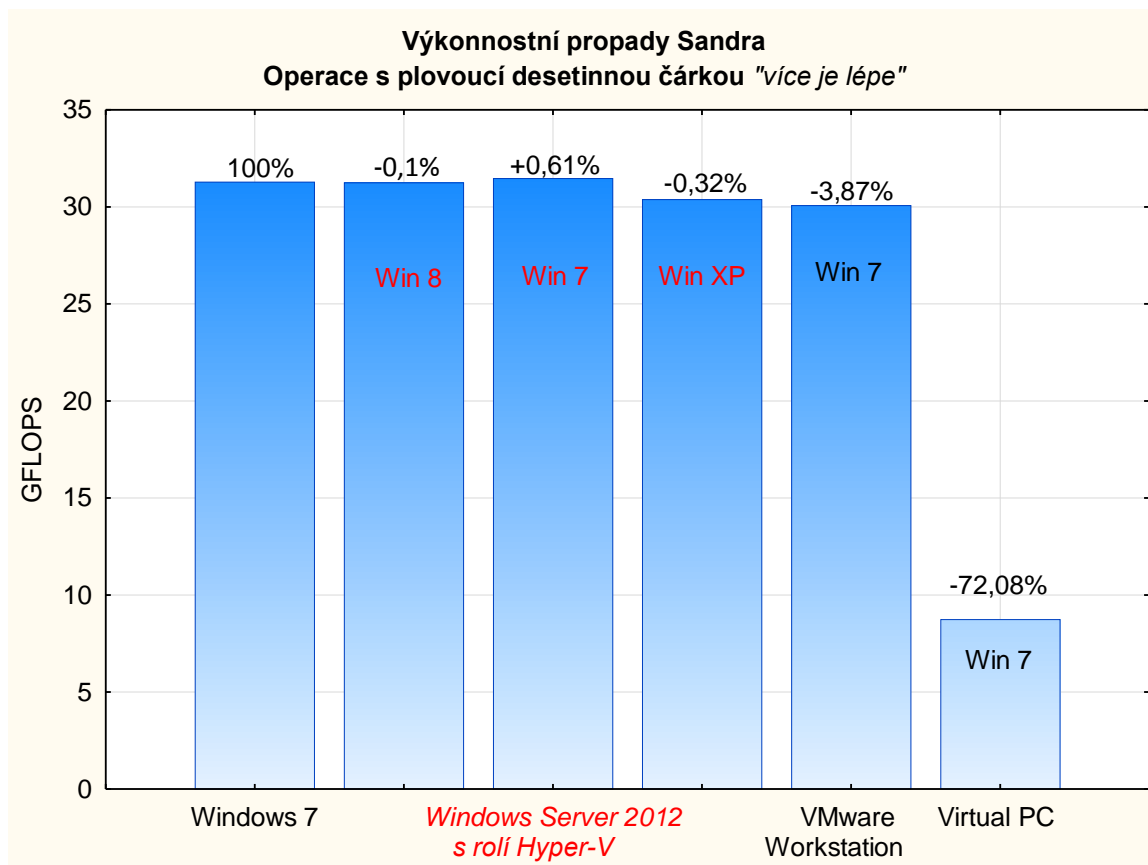
<sup>10</sup> FLOPS – **F**loating-point **O**perations per second – počet operací v plovoucí řadové čárce.

#### 6.4.1 CPU Arithmetic



Obr. 22 Graf Sandra s výkonnostními propady na celočíselné operace

Na Obr. 22 je znázorněn graf s výkonnostními propady na celočíselné operace. Virtuální stroje na Hyper-V z nichž nejhorší výsledek má Windows XP s propadem -15,98%. Mezi Windows 8 a Windows 7 s Hyper-V nejsou velké výkonnostní rozdíly. Z desktopových řešení má lepší výsledky Windows 7 pod VMware Workstation, který má výkonnostní propad -2,28%. Nejnižší výsledky -71,38% má opět Windows 7 pod Virtual PC.

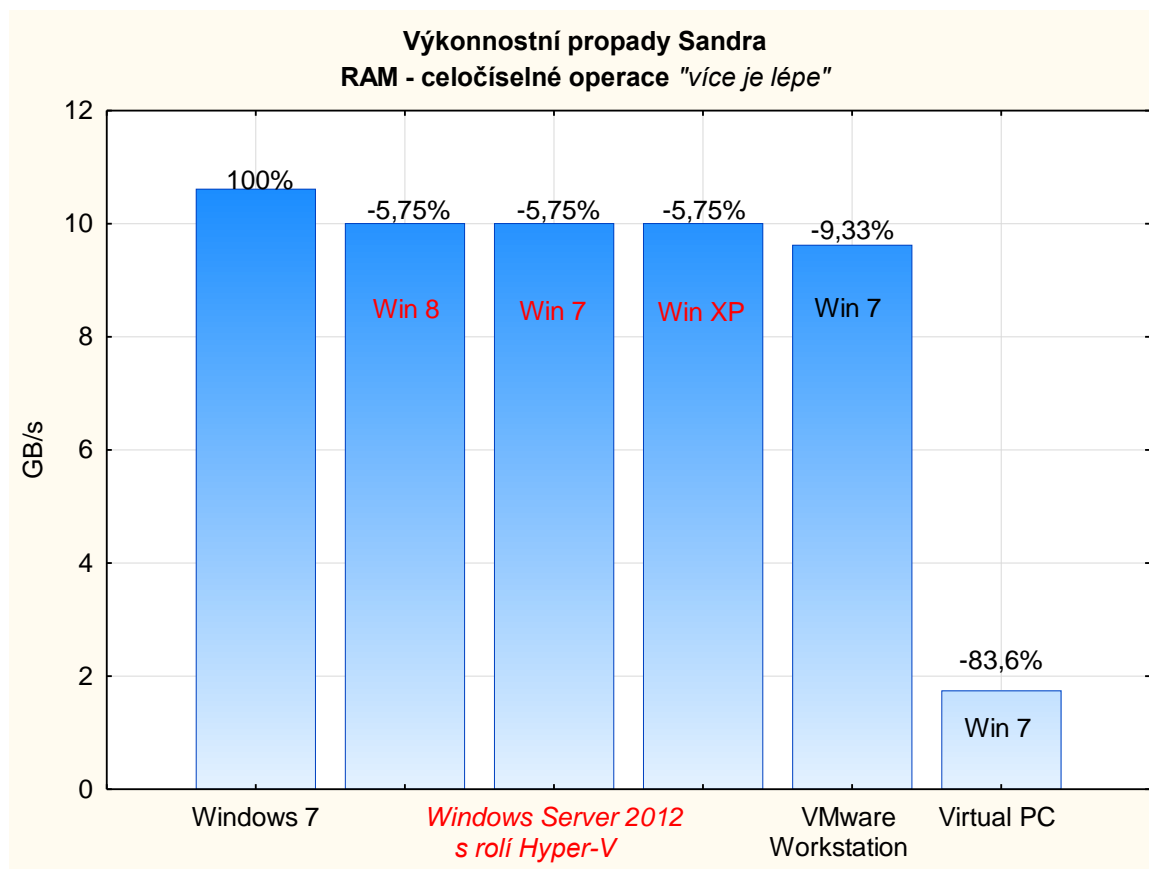


Obr. 23 Graf Sandra s výkonnostními propady na operace s plovoucí desetinnou čárkou

Na Obr. 23 je znázorněn graf na výkonnostní propady s plovoucí desetinnou čárkou. Zde mají nejlepší výsledky virtuální stroje instalované na Hyper-V. Nejlepší výsledek má Windows 7 s nárůstem o +0,61%, dále potom výkonnostní propady na ostatních virtuálních strojích jsou minimální. Z desktopových zařízení si lépe vedl Windows 7 na VMware Workstation a nejhorší výsledky -72,08% z celého tohoto testování má Windows 7 s Virtual PC.

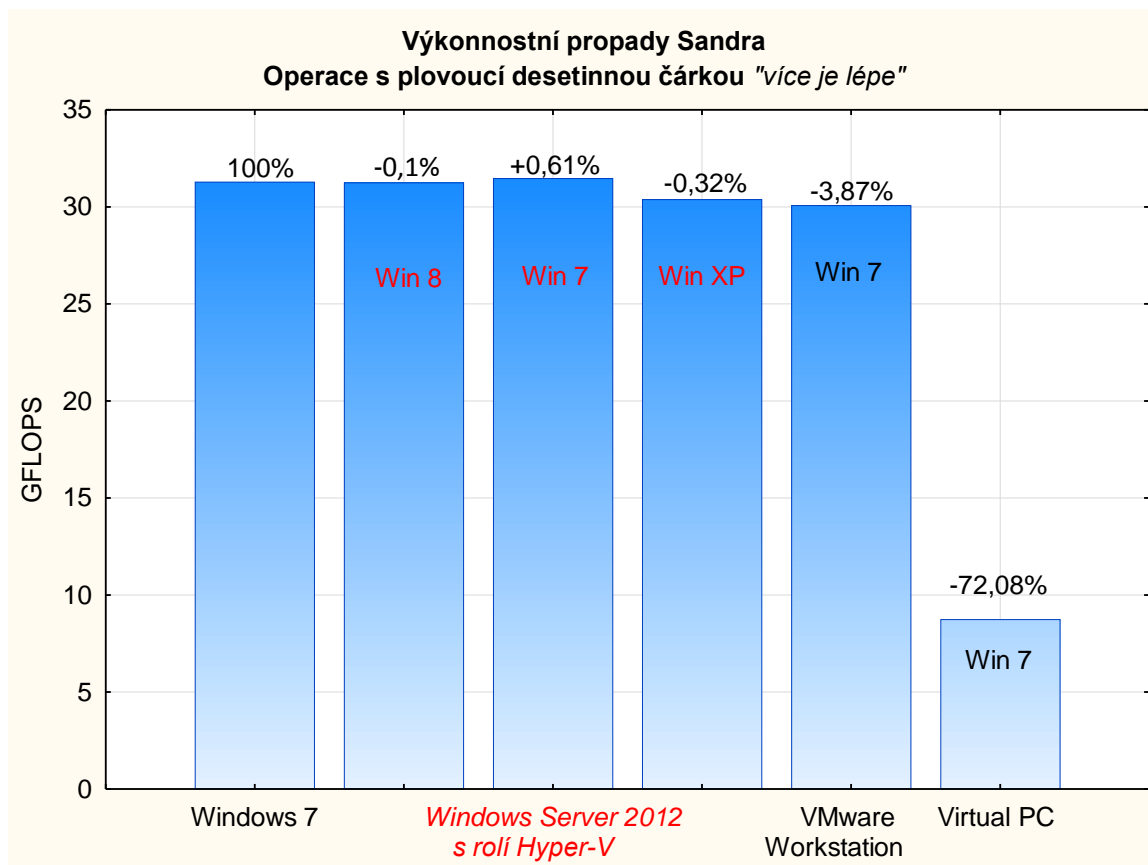


#### 6.4.2 RAM Memory Bandwidth



Obr. 24 Graf Sandra s výkonnostními propady RAM na celočíselné operace

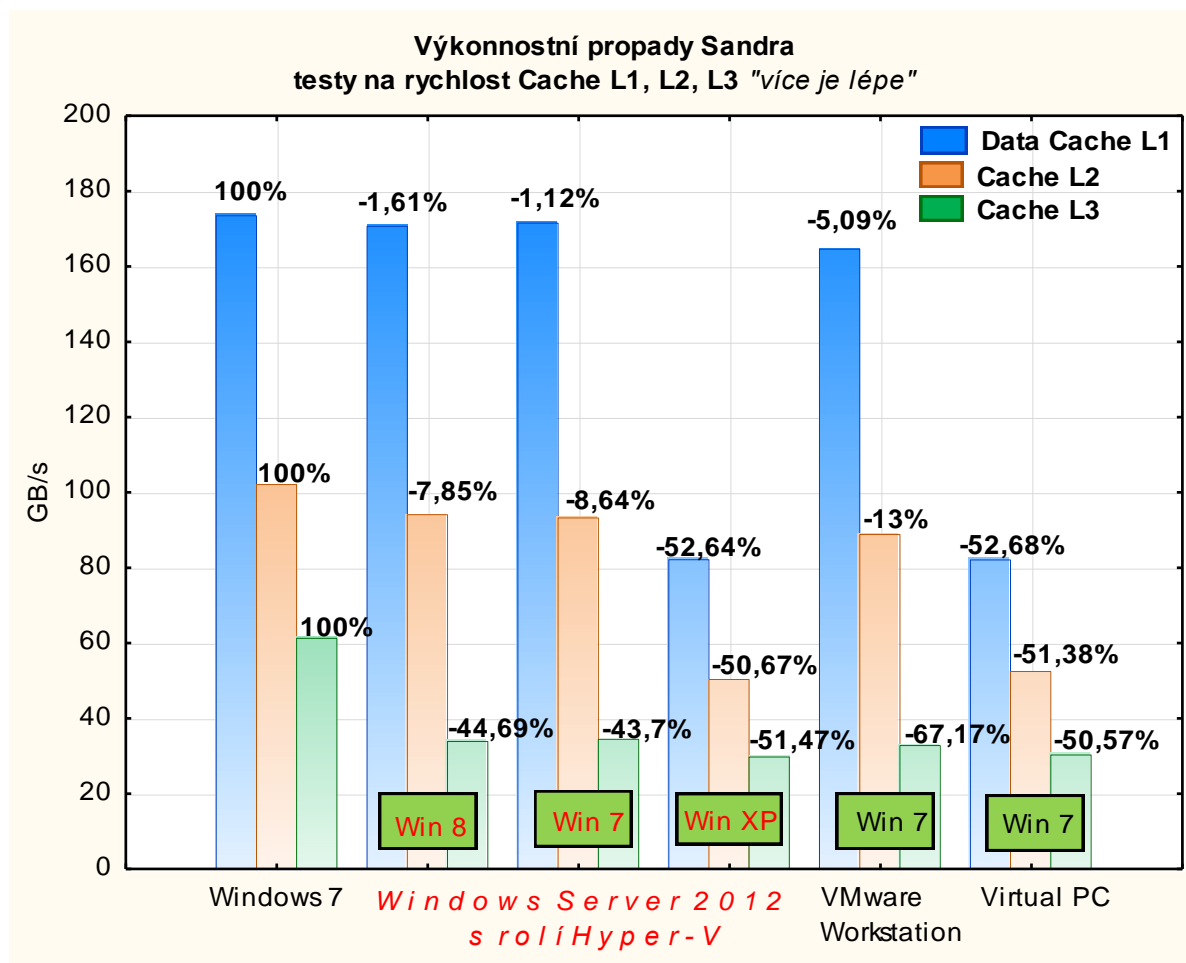
Na Obr. 24 jsou znázorněny výkonnostní propady operační paměti na celočíselné operace. Zde mají nejlepší výsledky virtuální stroje na Hyper-V, kde výkonnostní propady jsou u všech tří operačních systémů -5,75%. Z desktopových virtualizačních řešení si zde nejlépe vede Windows 7 s VMware Workstation s propadem -9,33% a opět nejhorší výsledky z tohoto testu má Windows 7 s Virtual PC s propadem -83,6%.



Obr. 25 Graf Sandra s výkonnostními propady na operace s desetinnou čárkou

Na Obr. 25 jsou znázorněny výsledky s výkonnostními propady na operace s desetinnou čárkou. Podobně jako na předchozím grafu jsou výsledky virtuálních strojů instalovány na Hyper-V nejlepší. Výkonnostní propady na všech těchto virtuálních strojích jsou shodné s výkonnostním propadem -5,84%. Z desktopových zařízení si lépe vedl Windows 7 s VMware Workstation a nejhorší výsledky -82,62% z celého tohoto testování má Windows 7 s Virtual PC.

### 6.4.3 Testování rychlosti cache



Obr. 26 Graf Sandra výkonnostními propady cache paměti

Na Obr. 26 jsou znázorněny výkonnostní propady paměti cache L1, L2, L3.

U testování cache L1 - minimální jsou výkonnostní propady na virtuálních strojích u Hyper-V Windows 7 s výsledkem -1,61% a Windows 8 s výsledkem -1,12%. Windows XP má nejhorší výsledek -52,64%. Z desktopových zařízení si vedl lépe VMware Workstation s výsledkem -5,09%. Windows 7 s Virtual PC má nejhorší výsledky -52,68%.

U testování cache L2 - výkonnostní propady jsou u všech virtuálních strojů vyšší než na cache L1. Nejlepší mají výsledky virtuální stroje na Hyper-V na Windows 7 s výsledkem -7,85% a Windows 8 s výsledkem -8,64%. Podobně jako u cache L1 má nejhorší výsledek na Hyper-V Windows XP s výsledkem -50,67%. Z desktopových zařízení si opět vedl lépe VMware Workstation s výsledkem -13%. Windows 7 s Virtual PC má nejhorší výsledky -51,38%.

U testování cache L3 - výsledky dopadly stejně jako u cache L1 a L2, ale s vyššími výkonnostními propady. Windows 7 s výsledkem -44,69% a Windows 8 s výsledkem -43,7%. Podobně jako u cache L1, L2 nejhorší výsledek má Windows XP s výsledkem -51,47%. Z desktopových zařízení si opět vedl lépe VMware Workstation s výsledkem -67,17%. Windows 7 s Virtual PC má nejhorší výsledky -50,57%.

Dále byl kladen důraz na 32-bitové operační systémy. Windows XP pod Hyper-V a Windows 7 pod Virtual PC měli téměř shodné výsledky u cache L1, L2, L3.

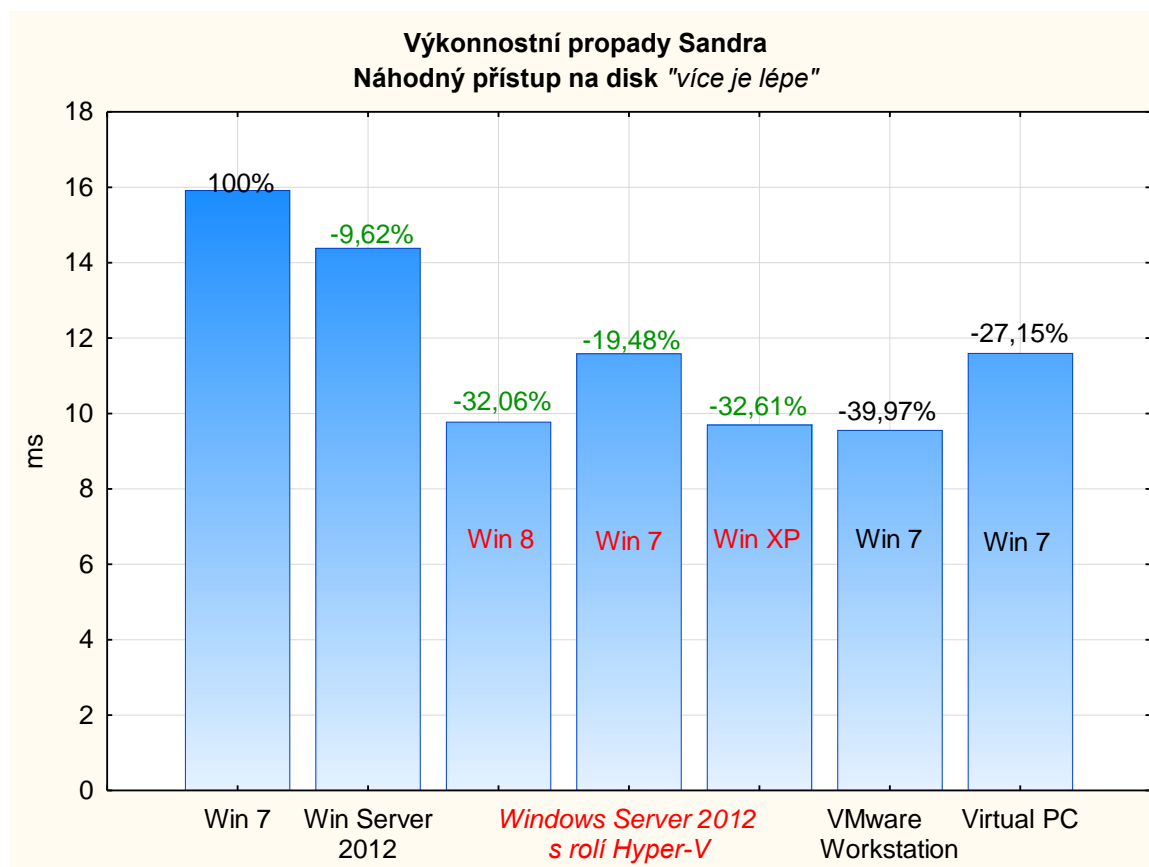
Z tohoto testování dopadly nejhůře, což mohlo být způsobeno tím, že 32-bit OS mají vyšší režii.

#### **6.4.4 Testování harddisku**

Náhodný přístup – disk umožňuje přejít na libovolné místo na disku, který přistupuje pomocí operací seek<sup>11</sup> přesune pozici čtení/zápis na požadované místo a pak s ním pracuje.

---

<sup>11</sup> Seek – změna pozice čtení/zápisu



Obr. 27 Graf Sandra výkonnostní propady na náhodný přístup disku

Na Obr. 27 je graf s výkonnostními propady na náhodný přístup disku. Opět zde byly sledovány dva harddisky.

Na Windows Server 2012 je k Windows 7 bez virtualizace výkonnostní propad -9,62%.

1. Harddisk - zde má lepší výsledky Windows 7 s Virtual PC, který má propad -27,15%. Windows 7 s VMware Workstation má nejvyšší propad -39,97% a zároveň dopadl z tohoto testování nejhůře.

2. Harddisk - nejlepší výsledky má na Hyper-V Windows 7, kde výkonnostní propad k Windows Server 2012 je -17,6%. Ostatní dva virtuální stroje jsou cca o 29% pomalejší.

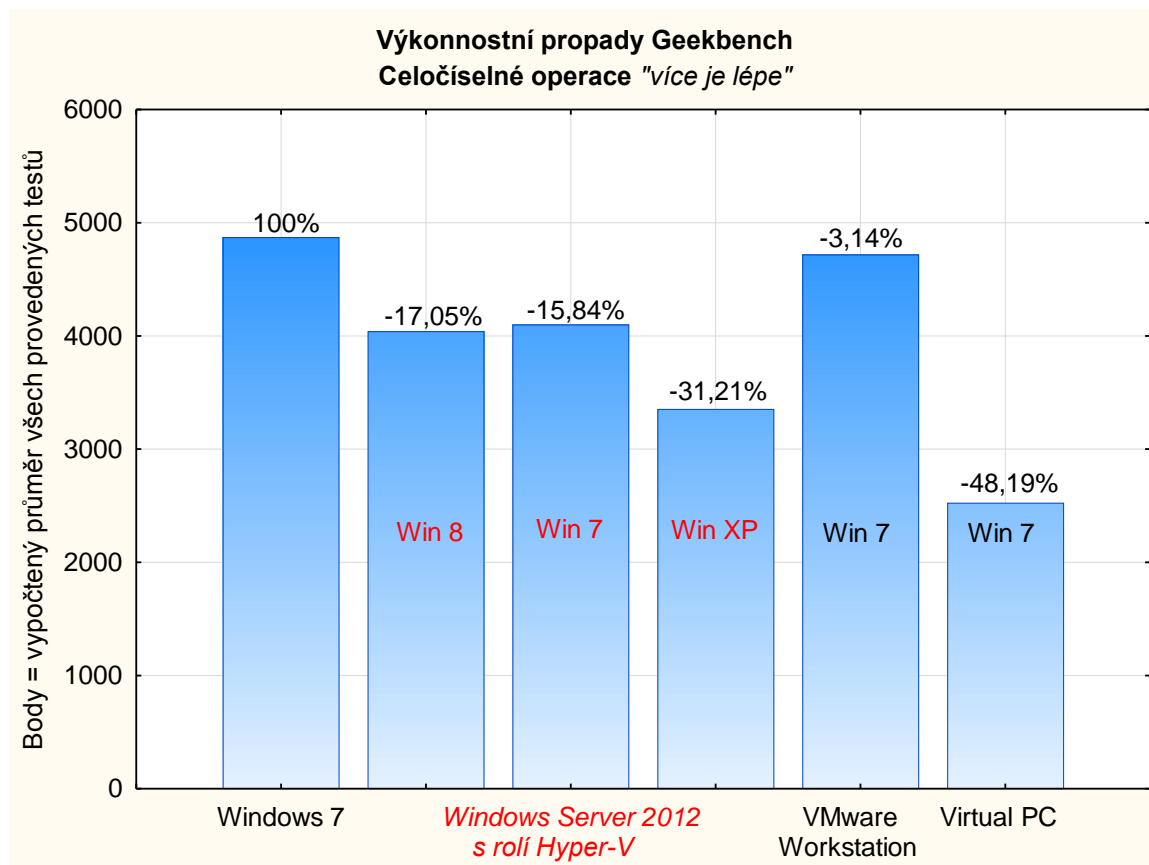
## 6.5 Geekbench testy

Je to benchmark, který dokáže rychle změřit rychlost procesoru a operační paměti. Test trvá 2-3 minuty. Je k dispozici 32-bitová a 64-bitová verze k dispozici na domovských stránkách.

Byly využity testy:

- procesor - celočíselné operace  
- operace s plovoucí desetinnou čárkou
- operační paměť

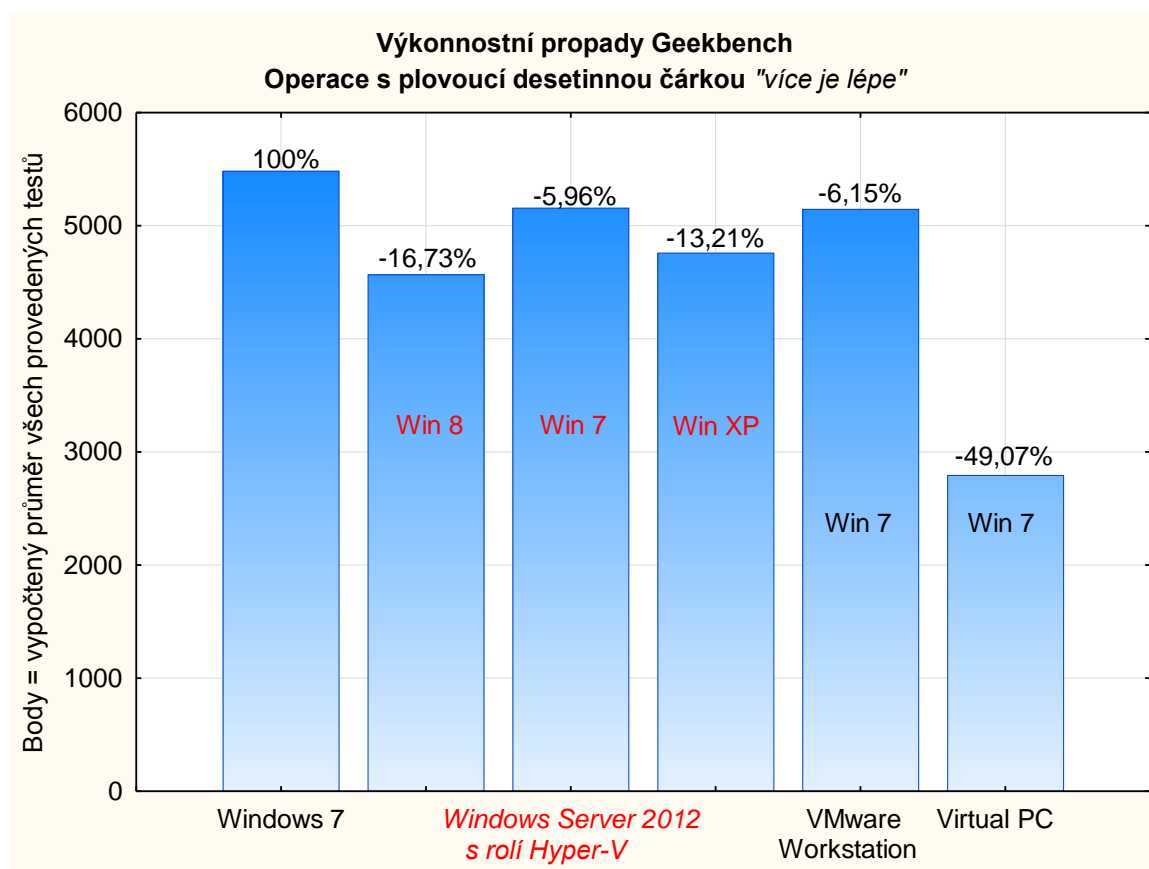
### 6.5.1 Testy na celočíselné operace



Obr. 28 Graf Geekbench s výkonnostními propady na celočíselné operace

Na Obr. 28 jsou znázorněny výkonnostní propady na celočíselné operace. U virtuálních strojů instalované na zařízení Hyper-V dopadl nejlépe Windows 7, pak Windows 8 a nejhůře Windows XP. Z desktopových řešení má nejlepší výsledky Windows 7 s VMware Workstation. Největší výkonnostní propad -48,19% vyšel u Windows 7 s Virtual PC.

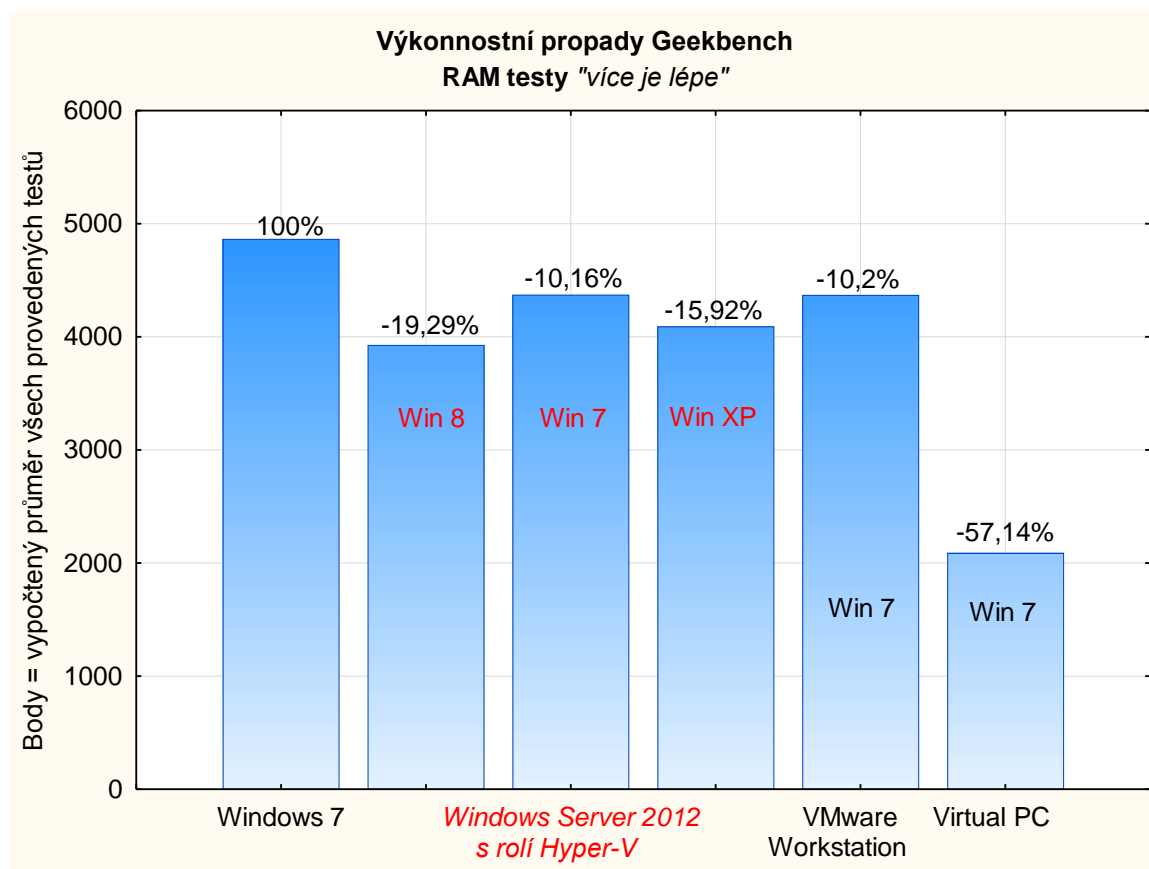
## 6.5.2 Testy na operace s plovoucí desetinnou čárkou



Obr. 29 Graf Geekbench s výkonnostními propady na operace s plovoucí desetinnou čárkou

Na Obr. 29 je uveden graf s výkonnostními propady na operace s desetinnou čárkou. Na Hyper-V si nejlépe vedl Windows 7 s výsledkem -5,96%, hned za ním Windows XP, nejhorší výsledky má Hyper-V Windows 8. Z desktopových řešení má lepší výsledky Windows 7 pod VMware Workstation s výkonnostním propadem -6,15%. Nejhorší výsledky z tohoto testu má Windows 7 s Virtual PC s výsledkem -49,07%.

### 6.5.3 Testy na operační paměť



Obr. 30 Graf Geekbench s výkonnostními propady na RAM

Na Obr. 30 je znázorněn graf s výkonnostními propady na operační paměť. Z virtuálních strojů na Hyper-V si nejlépe vedl Windows 7 s výsledkem -10,16%, pak Windows XP s propadem -15,92% a s nejhorsími výsledky na Hyper-V dopadl Windows 8 s propadem -19,29%. Z desktopových zařízení má lepší výsledek Windows 7 s VMware Workstation s propadem -10,2% a nejhorsí výsledky z tohoto testování má Windows 7 pod Virtual PC s výsledkem -54,14%.

## 6.6 Testy Crystal Disk Mark

Je to benchmark pro měření čtení a zápisu pevného disku. Rychlost disku je možno zjistit sekvenční metodou i náhodných čtením a zápisem. Dále je možnost nastavení velikosti testovacího souboru pro testování. Tento nástroj je určen pro x86 a x64 OS.



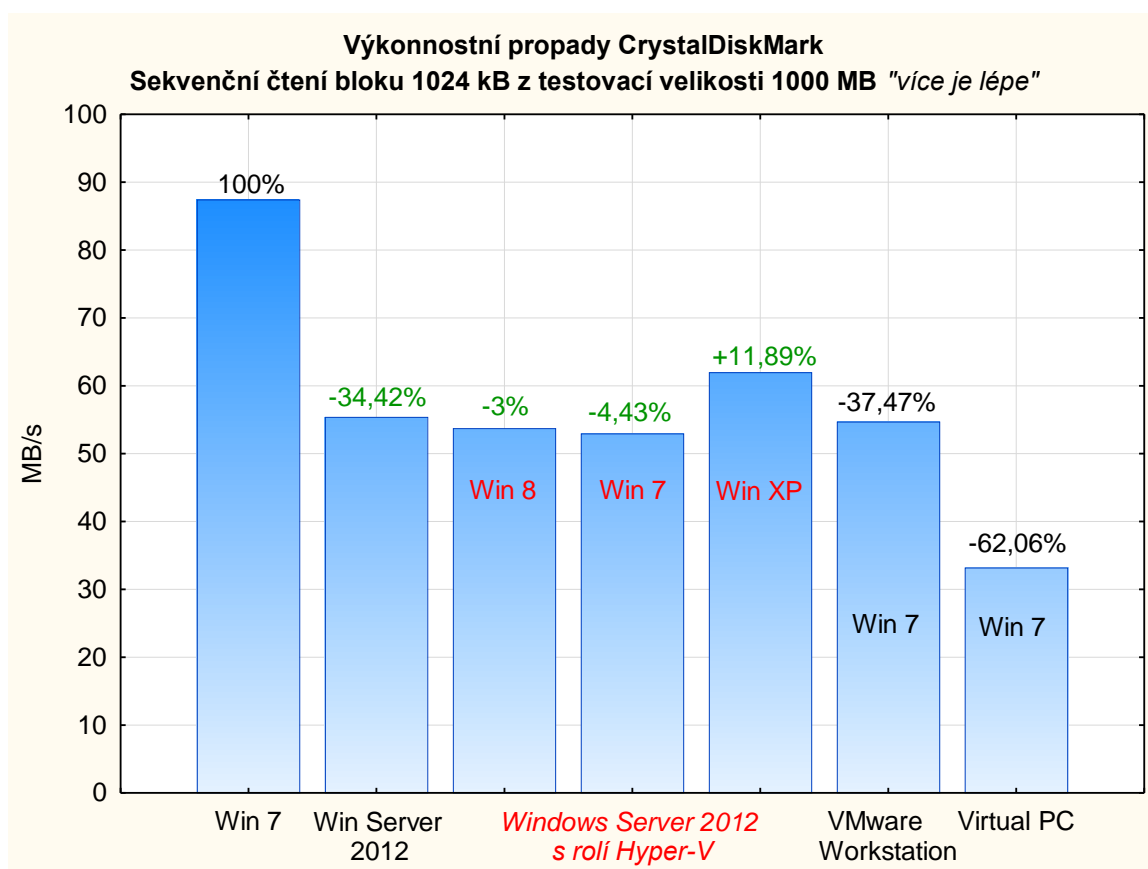
Byly použity tyto testy:

- Sekvenční čtení bloku 1024 kB z testovací velikostí 1000 MB
- Náhodné čtení bloku 512 kB z testovací velikostí 1000 MB
- Náhodné čtení bloku 4 kB z testovací velikostí 1000 MB
- Sekvenční zápis bloku 1024 kB z testovací velikostí 1000 MB
- Náhodný zápis bloku 512 kB z testovací velikostí 1000 MB
- Náhodný zápis bloku 4 kB z testovací velikostí 1000 MB

U níže provedených testů jsou vyznačeny vyšší výkony na virtuálních strojích, které byly instalovány na Hyper-V. Tyto výkonnostní nárůsty mohou být způsobeny tím, že se k nim přistupuje jako k souboru, kde je rychlejší režie.

U desktopových virtualizačních řešení jsou naopak výkonnostní propady vyšší, což je způsobeno tím, že virtuální stroje byly nainstalovány na Disk D – dál od okraje disku.

#### 6.6.1 Diskové testy na čtení



Obr. 31 Graf Crystal Disk Mark s výkonnostními propady na sekvenční zápis na disk

Na Obr. 31 jsou uvedeny výkonnostní propady na disk. Je použito sekvenční čtení bloku 1024 kB a byla nastavena testovací velikost na 1000 MB.

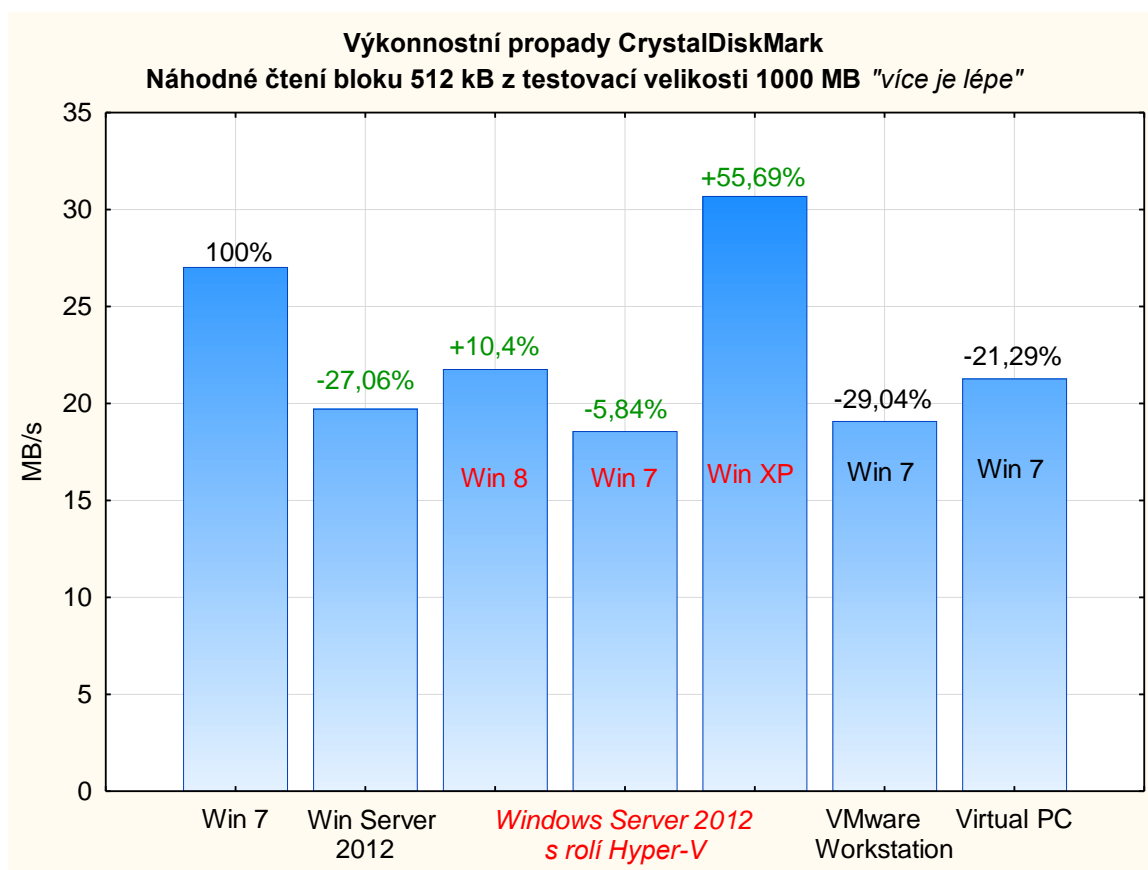
Výkonnostní propad Windows Server 2012 k Windows 7 bez virtualizace byl -34,12%.

Byly srovnávány dva harddisky:

1. Harddisk – Windows 7 s VMware Workstation si vedl lépe než Windows 7 s Virtual PC. Windows 7 s VMware Workstation má výkonnostní propad -37,47% a Windows 7 s Virtual PC má výsledek -62,06%.

2. Harddisk – nejlépe si na Hyper-V vedl Windows XP, který má k Windows Server 2012 výkonnostní nárůst +11,89%. U Windows 8 je výkonnostní propad - 3% a Windows 7 je výkonnostní propad -4,43%.

Virtuální stroje na Hyper-V si vedly výkonnostně lépe než desktopové virtualizační řešení.



Obr. 32 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonnostními propady na náhodné čtení bloku 512 kB

Na Obr. 32 je uveden graf s výkonnostními propady na náhodné čtení bloku 512 kB a testovací velikost byla nastavena na 1000 MB.

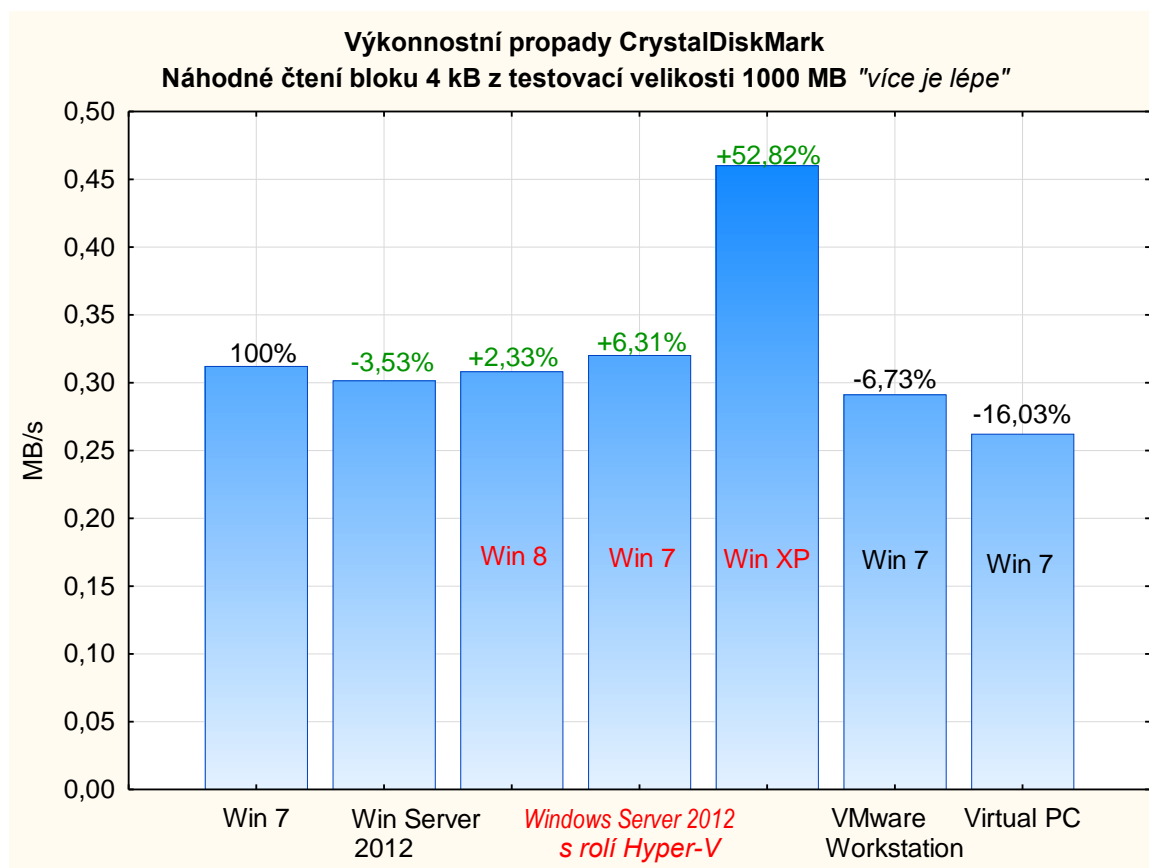
Byly zde sledovány dva harddisky:

Windows Server 2012 má výkonnostní propad k Windows 7 bez virtualizace -27,06%.

1. Harddisk – zde si lépe vedl Windows 7 na Virtual PC s výsledkem -21,29%. Windows 7 VMware Workstation má propad -29,04%.

2. Harddisk – na Hyper-V si vedl nejlépe Windows XP, který má k Windows Server výkonnostní nárůst +55,69%, dále pak Windows 8 s výkonnostním nárůstem +10,4%. U Windows 7 byl výkonnostní propad -5,84%.

Zde mají lepší výsledky virtuální stroje na Hyper-V.



Obr. 33 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonnostními propady na náhodné čtení bloku 4kB

Na Obr. 33 je uveden graf s výkonnostními propady na náhodné čtení bloku 4 kB a testovací velikost byla nastavena na 1000 MB.

Byly zde sledovány dva harddisky:

Windows Server 2012 má výkonnostní propad k Windows 7 bez virtualizace -3,53%.

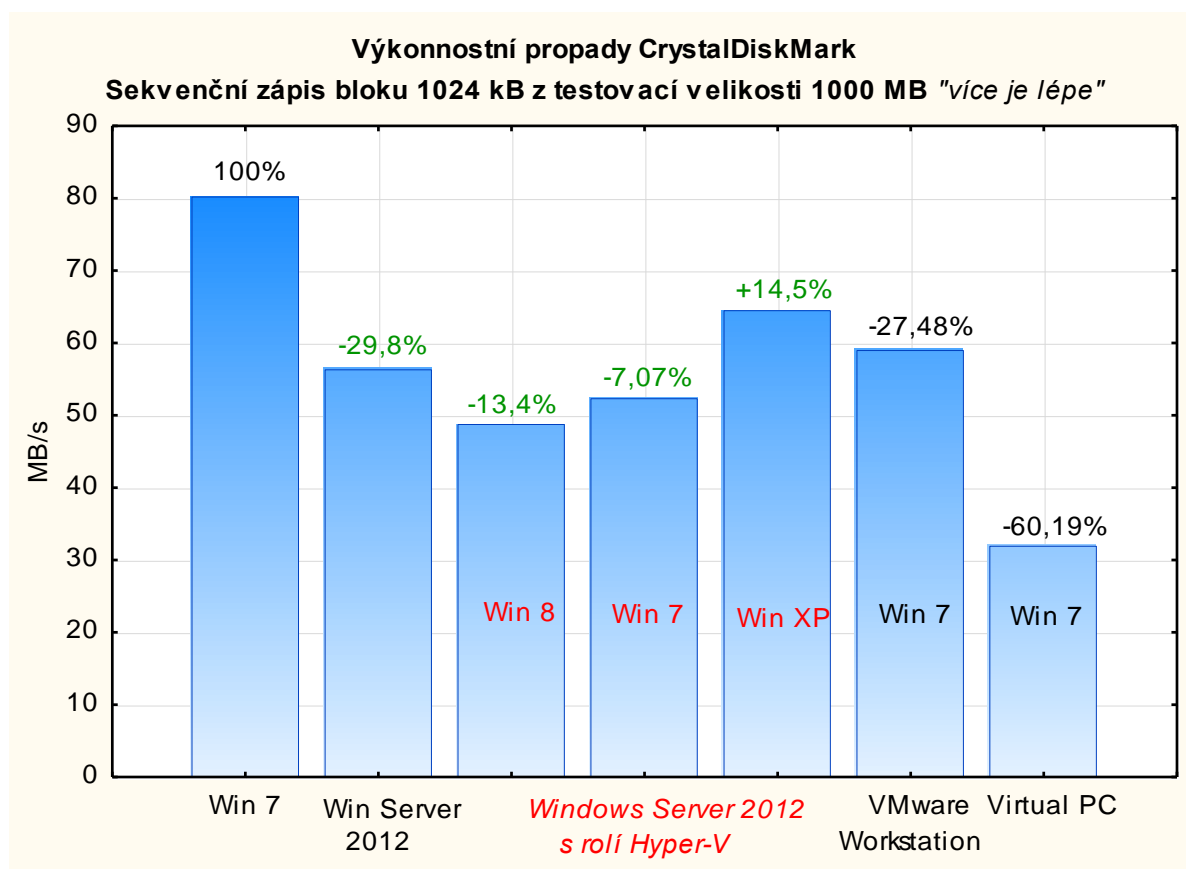
1. Harddisk – zde si lépe vedl Windows 7 s VMware Workstation s výsledkem -6,73%.

Windows 7 na Virtual PC má výkonnostní propad -16,03%.

2. Harddisk – na Hyper-V si vedl nejlépe Windows XP s výkonnostním nárůstem +52,82%, dále pak Windows 7 s výkonnostním nárůstem +6,31%. U Windows 8 je výkonnostní nárůst +2,33%.

Zde mají lepší výsledky virtuální stroje na Hyper-V.

### 6.6.2 Diskové testy na zápis



Obr. 34 Graf Crystal Disk Mark na sekvenční zápis bloku

Na Obr. 34 je uveden graf s výkonnostními propady na sekvenční zápis bloku 1024 kB a testovací velikost byla nastavena na 1000 MB.

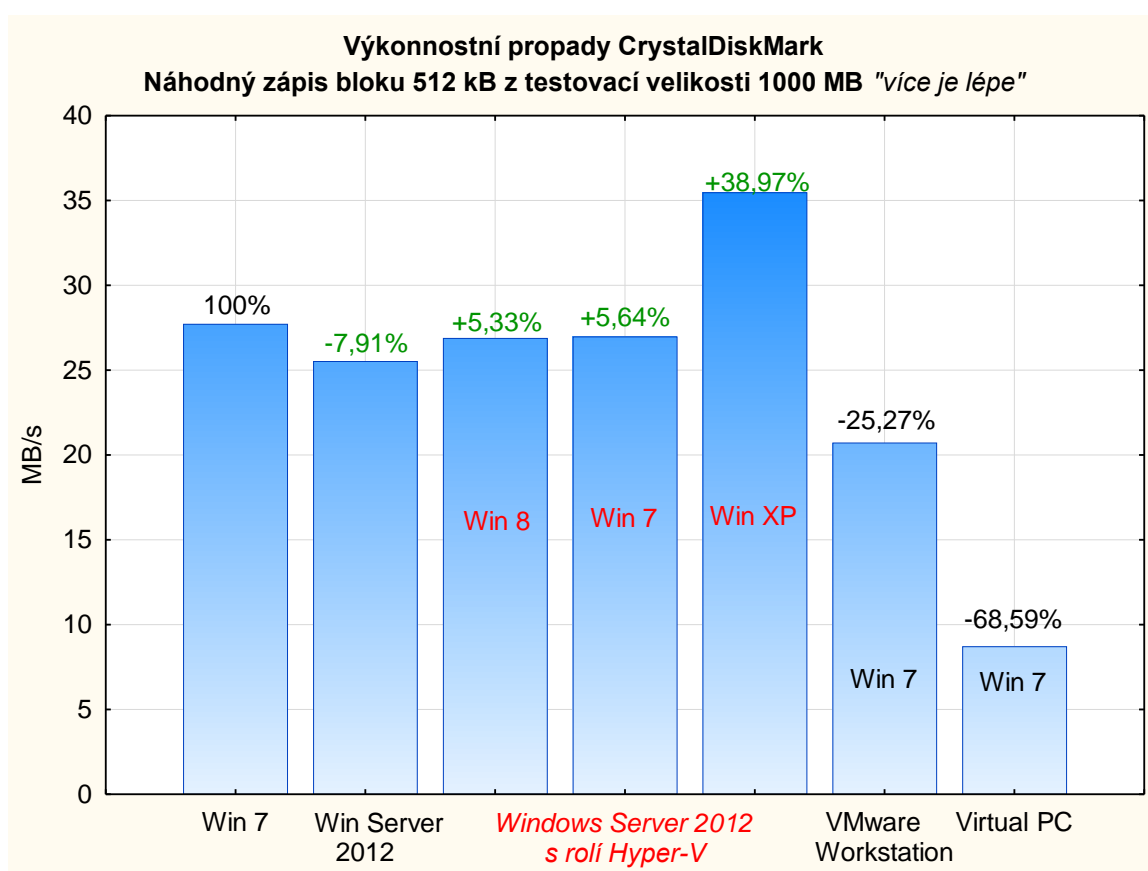
Windows Server 2012 má výkonnostní propad -29,8%.

Byly zde sledovány dva harddisky:

1. Harddisk – zde si lépe vedl Windows 7 s VMware Workstation s propadem -27,48%. Windows 7 na Virtual PC má výkonnostní propad -60,19%.

2. Harddisk – na Hyper-V si vedl nejlépe Windows XP s výkonnostním nárůstem k Windows Server +14,05%, dále pak Windows 7 s výkonnostním propadem -7,07%. U Windows 8 byl výkonnostní propad -13,4%.

Zde mají lepší výsledky virtuální stroje na Hyper-V.



Obr. 35 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonnostními propady na náhodný zápis bloku 512 kB

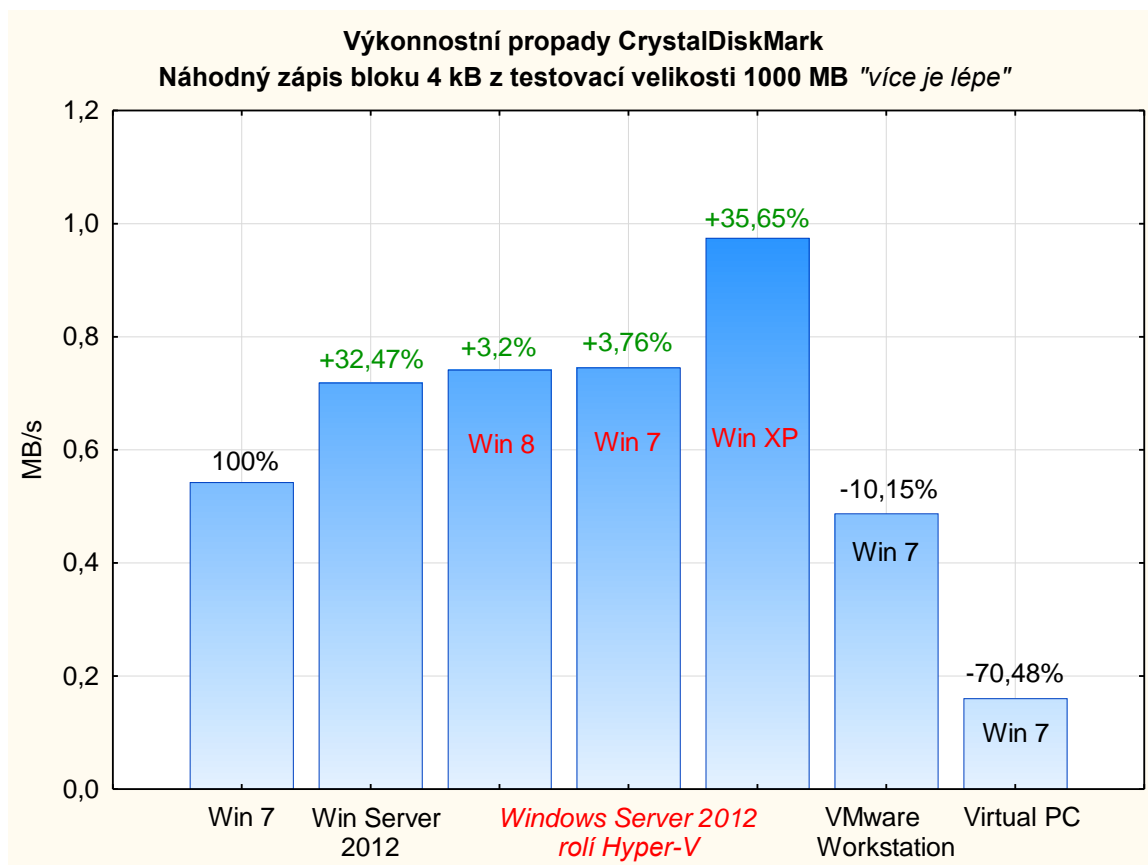
Na Obr. 35 je uveden graf s výkonnostními propady na náhodný zápis bloku 512 kB a testovací velikost byla nastavena na 1000 MB.

Windows Server 2012 má výkonnostní propad k Windows 7 bez virtualizace -7,91%.

Byly zde sledovány dva harddisky:

1. Harddisk – zde si lépe vedl Windows 7 VMware Workstation na s výsledkem -25,27%. Virtual PC s Windows 7 má propad -68,59%.

2. Harddisk – na Hyper-V si vedl nejlépe Windows XP, který má k Windows Server výkonnostní nárůst +38,97%, dále pak Windows 7 s výkonnostním nárůstem +5,64%. U Windows 8 byl výkonnostní nárůst +5,33%.



Obr. 36 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonnostními propady na náhodný zápis bloku 4kB

Na Obr. 36 je uveden graf na s výkonnostními propady na náhodný zápis bloku 4 kB a testovací velikost byla nastavena na 1000 MB.

Windows Server 2012 má výkonnostní nárůst +32,47%.

Byly zde sledovány dva harddisky:

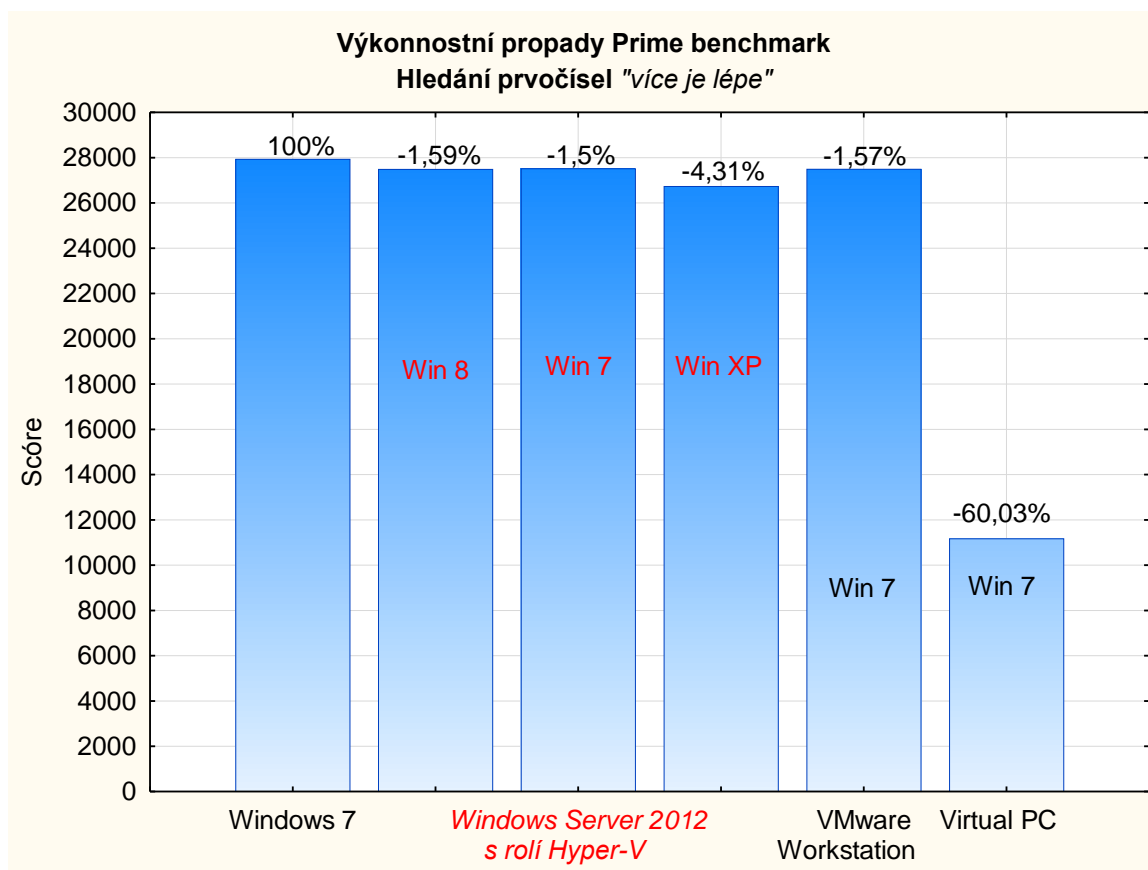
1. Harddisk – zde si lépe vedl Windows 7 s VMware Workstation s propadem -10,15%. Windows 7 na Virtual PC má výkonnostní propad -70,48%.

2. Harddisk – na Hyper-V si vedl nejlépe Windows XP s výkonnostním nárůstem +35,65%, dále pak Windows 7 s výkonnostním nárůstem +3,76%. U Windows 8 je výkonnostní nárůst +3,2%.

Zde mají lepší výsledky virtuální stroje na Hyper-V.

## 6.7 Prime benchmark

Tento software vytvořil Vlastimil Burian. Je to jednoduchý srovnávací test výkonu procesoru založený na hledání prvočísel. Délka trvání testu je jedna minuta a je zde plná podpora multi-threadingu – více procesorů, více jader a hyper-threading.

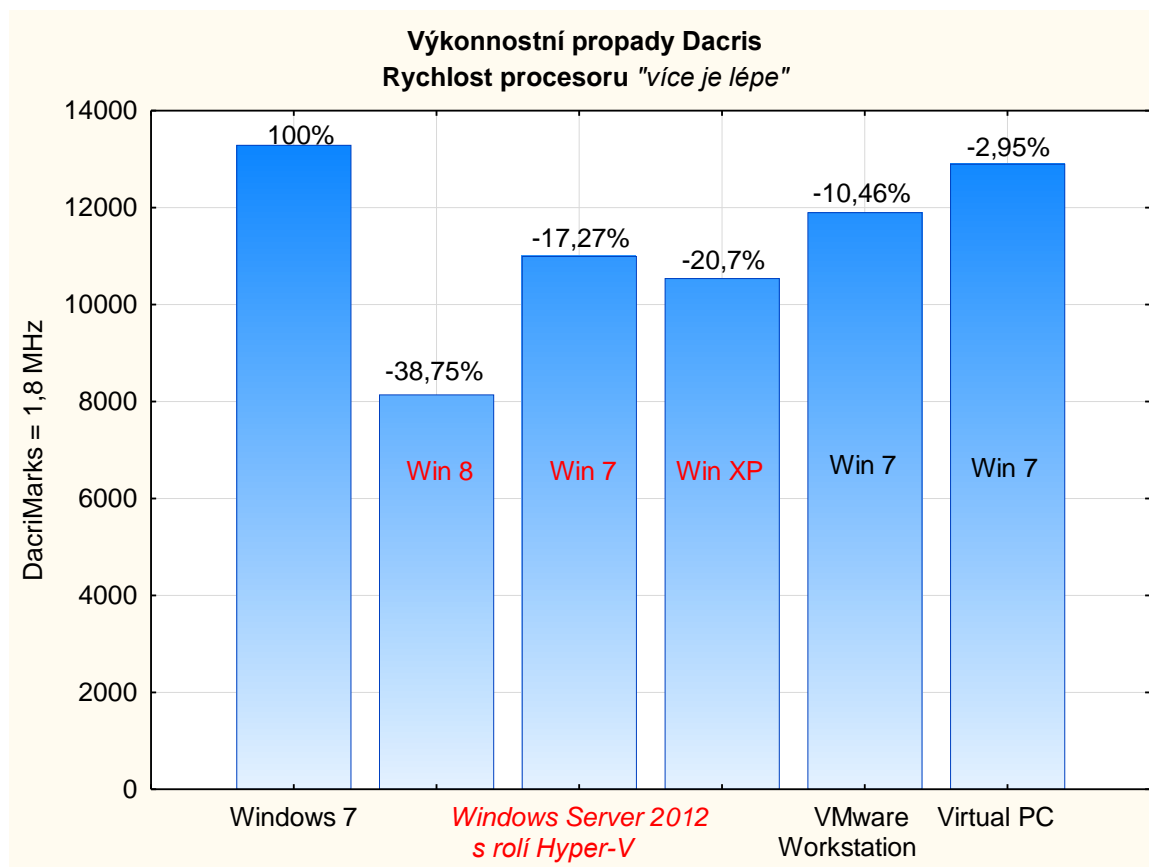


Obr. 37 Graf Prime benchmark s výkonnostními propady na hledání prvočísel

Na Obr. 37 je graf na hledání prvočísel. Výkonnostní propady všech virtuálních strojů až na Windows 7 na Virtual PC byly minimální. To je způsobeno tím, že na tento virtuální stroj lze nastavit pouze jeden procesor.

## 6.8 Dacris testy

### 6.8.1 Test na rychlost procesoru



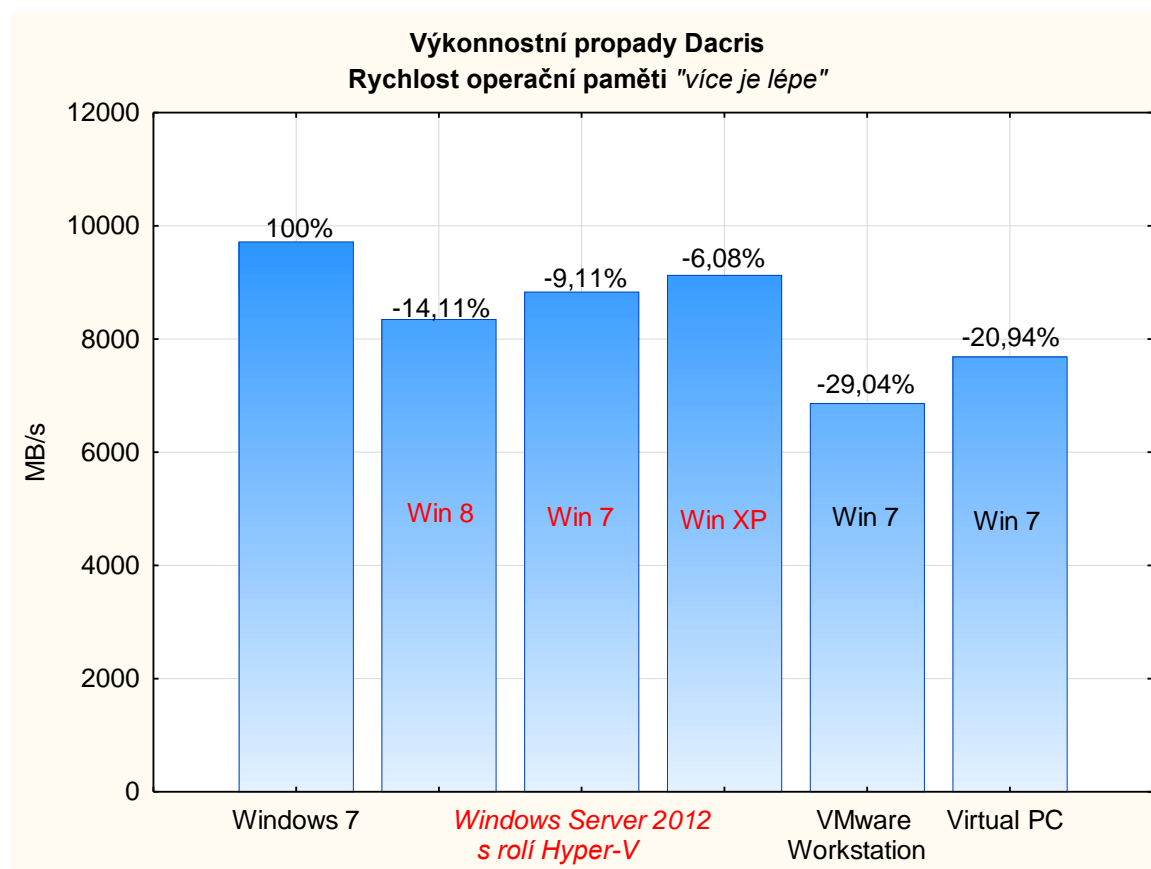
Obr. 38 Graf Dacris s výkonnostními propady na rychlost procesoru

Na Obr. 38 je uveden graf s výkonnostními propady na rychlost procesoru. Na Hyper-V si nejlépe vede Windows 7 s propadem -17,27%, dále pak Windows XP s propadem -20,7% a nejhorší výsledky má Windows 8 s výsledkem -38,75%. Z desktopových řešení nejlépe z celého testu vyšel Windows 7 na Virtual PC s propadem -2,95% a poté Windows 7 s VMware Workstation s propadem -10,76%.

Lepší výsledky má v tomto měření desktopové virtualizační řešení, což je způsobeno tím, že mají nižší nároky na režii než serverové virtualizační řešení.



### 6.8.2 Test na rychlost operační paměti



Obr. 39 Graf Dacris s výkonnostními propady na rychlost operační paměti

Na Obr. 39 jsou testy s výkonnostním propadem na rychlost operační paměti. Na Hyper-V má nejlepší výsledky Windows XP s výkonnostním propadem -6,08%, dále pak Windows 7 s propadem -9,11% a nejhorší výsledky má Windows 8 s propadem -14,11%. S desktopových virtualizačních řešení má lepší výsledky Windows 7 na Virtual PC s propadem -20,94% a dále pak Windows 7 s VMware Workstation s propadem -29,04%.

Nejlépe v tomto měření vyšel Hyper-V, kde celkově výkonnostní propady jsou nižší.

## 6.9 Test Iperf

Je to program, který může běžet buď v serverovém nebo v klientském režimu. Po navázání spojení začne maximální možnou nebo nastavenou rychlostí posílat data a na konci zobrazí informace o přenosu. Základem ke každému pokusu je spustit server a na druhém počítači client. [28]

Postup:

K testování byly použity dva počítače, které byly propojeny UTP kabelem, aby byla možnost navázat spojení LAN. Každému počítači byla nastavena statická IP adresa a maska podsítě, tak aby počítače mohli mezi sebou komunikovat.

Testy byly prováděny celkem třikrát, z nichž byla vybrána nejlepší hodnota. U níže uvedených tabulek jsou uvedeny výsledky z testů OS, které byly nastaveny v režimu server.

Byly provedeny tyto testy:

- test na 1 vlákno s velikostí 8 KByte
- test na 1 vlákno s velikostí 300 KByte
- test na 2 vlákna s velikostí 300 KByte

| <b>IPERF 8 KByte<br/>1 vlákno</b> | Interval - sec | Transfěr –<br>Mbytes | Šířka kanálu Mb/s |
|-----------------------------------|----------------|----------------------|-------------------|
| win7                              | 10             | 113                  | 94,5              |
| win8 s Hyper -V                   | 10             | 112                  | 94                |
| win7 s Hyper-V                    | 10             | 112                  | 94                |
| XP s Hyper-V                      | 10             | 112                  | 93,5              |
| win 7 s VirtPC                    | 10             | 111                  | 93,3              |

Tab. 3 Testy Iperf 8 KByte 1-vlákno

V Tab. 3 jsou uvedeny testy Iperf s 8 KByte, kde byly sledovány výsledky na šířku kanálu Mb/s. Výsledky jsou ve všech případech uspokojivé a s minimálním výkonnostním propadem.

| <b>IPERF<br/>300 KByte<br/>1 vlákno</b> | Interval - sec | Transfěr –<br>Mbytes | Šířka kanálu Mb/s |
|---|----------------|----------------------|-------------------|
| win7                                    | 10,8           | 114                  | 90,7              |
| win8 s Hyper -V                         | 10             | 112                  | 94,5              |
| win7 s Hyper-V                          | 10,5           | 113                  | 90,4              |
| XP s Hyper-V                            | 10,6           | 113                  | 90,1              |
| win 7 s VirtPC                          | 10,3           | 113                  | 92,8              |

Tab. 4 Testy Iperf 300 KByte 1-vlákno

V Tab. 4 jsou uvedeny testy Iperf na 300 KByte, kde byly sledovány výsledky na šířku kanálu Mbits/s. Výsledky jsou opět ve všech případech uspokojivé a s minimálním výkonnostním propadem.

| <b>IPERF<br/>300 KByte<br/>2 vlákna</b> | Interval -<br>sec<br>1. vlákno | Interval -<br>sec<br>2. vlákno | Transfěr<br>MBytes<br>1. vlákno | Transfěr<br>MBytes<br>2. vlákno | Šířka<br>kanálu<br>Mbits/s<br>1. vlákno | Šířka<br>kanálu<br>Mbits/s<br>2. vlákno |
|---|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---|
| win7                                    | 10,1                           | 10,8                           | 57                              | 56,7                            | 44,2                                    | 43,9                                    |
| win8<br>s Hyper-V                       | 10                             | 10                             | 52,8                            | 59,9                            | 44,3                                    | 50,3                                    |
| win7 s<br>Hyper-V                       | 10,1                           | 10,5                           | 56,9                            | 56,8                            | 46,2                                    | 45,1                                    |
| XP<br>s Hyper-V                         | 10,1                           | 10,6                           | 56,8                            | 57                              | 45,9                                    | 45,2                                    |
| win 7<br>s VirtPC                       | 10                             | 10,3                           | 57,2                            | 56                              | 46,9                                    | 45,9                                    |

Tab. 5 Testy Iperf 300 KByte 2-vlákna

V Tab. 5 jsou uvedeny testy Iperf na 300 KByte, kde byly navíc sledovány 2 vlákna. Také byly sledovány výsledky na šířku kanálu Mbits/s. Kromě Windows 8, který byl nainstalován na Windows Server 2012 s rolí Hyper-V, kde je první vlákno pomalejší, jsou u všech provedených testů první vlákna rychlejší.

Výsledky jsou ve všech případech uspokojivé a s minimálním výkonnostním propadem.

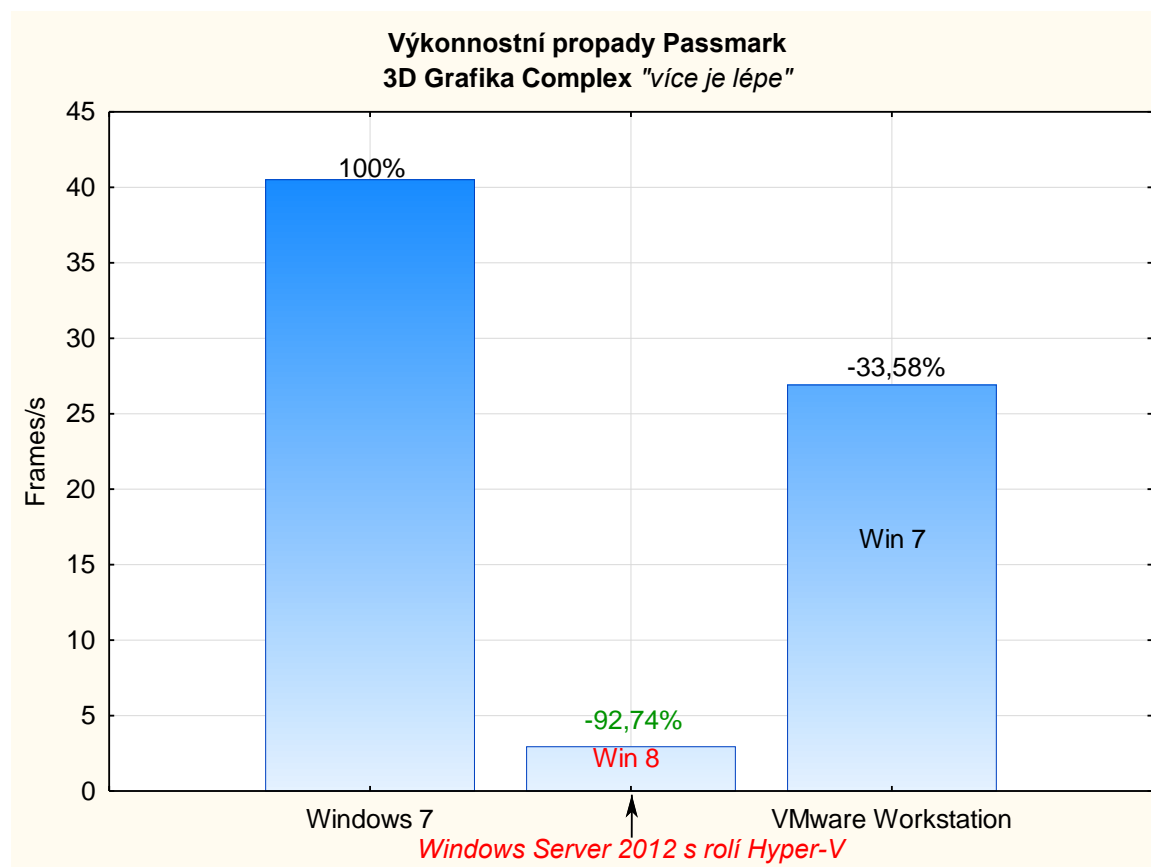
## 6.10 3D Grafika test

K tomuto testování byl použit Performace Passmark Test verze 7.0. Cílem tohoto testování bylo ověřit, zda u výše uvedených virtuálních strojů je podporována 3D akcelerace.

U virtuálních strojů, které byly nainstalovány na Windows Server 2012 s rolí Hyper-V je podporován pouze Windows 8. U Windows 7 a Windows XP není pod Hyper-V podpora.

U níže uvedených výsledků v Obr. 40 je podpora u VMware Workstation s Windows 7, u Virtual PC s Windows 7 není podpora.

Dále byl proveden test i na Windows 7 bez virtualizace.



Obr. 40 Graf Passmark s výkonnostními propady 3D Grafika-Complex

Na Obr. 40 je uveden graf s výkonnostními propady na 3D Grafika-Complex. Výsledky z grafu ukazují, že na Windows 8 pod Windows Server 2012 s rolí Hyper-V je podporována 3D akcelpace, ale oproti Windows 7 bez virtualizace má vysoký výkonnostní propad -92,74%. VMware Workstation s Windows 7 je výkonnostní propad -33,38%.

## 7 VYHODNOCENÍ TESTŮ

U testování výkonů procesoru a operační paměti jsou u všech virtuálních strojů instalovaných pod Windows Server s rolí Hyper-V velké výkonnostní propady. Po konzultaci s p. Ondřejem Výškem, který zastupuje společnost Dell a má dlouholeté zkušenosti s nasazováním této technologie uvedl, že tyto propady mohou být způsobeny tím, že Windows Server 2012 s rolí Hyper-V byl nainstalován na notebook a zároveň nejsou k dispozici ovladače. Také mi předal informace, že zátěžové testy, které prováděli, dopadly při 100% zátěži s výkonnostním propadem cca 5%. Byly navíc provedeny zátěžové testy na VMware Workstation, kde byl nainstalován Windows 7. Výkonnostní propady u těchto testů dopadly nejlépe. Z výsledků lze uvést, že k nasazování technologie Hyper-V je potřeba serverový počítač, aby tato technologie byla využita. Nejhorší výsledky měl Virtual PC, kde lze nastavit pouze jeden procesor a navíc podporuje pouze jen 32-bit operační systémy. Do budoucna lze říci, že tato technologie bude nahrazena klientským Hyper-V pod Windows 8, která se svou funkcionalitou podobá serverové technologii.

Jiné benchmarky naměřily výkonnostní propady nižší. Je to z toho důvodu, že tyto nástroje jsou jinak provedené a proto se nemohou porovnávat výsledky jiných benchmarků.

U diskových testů si více vedly lépe virtuální stroje pod Windows Server 2012 s rolí Hyper-V. Dále zde byly sledovány výkonnostní nárůsty, které byly způsobené tím, že se k nim při přístupu jako k souboru, kde režie je rychlejší. U desktopových řešení se výkonnostní propady pohybovaly cca -30% u Virtual PC v některých případech byl výkonnostní propad až -80%. Tyto propady mohly být způsobené tím, že virtuální stroje byly instalovány dál od okraje disku, než Windows 7 bez virtualizace.

Dále byla sledována 3D akcelerace. U Windows Server 2012 s rolí Hyper-V je podpora pouze u Windows 8, zde byl výkonnostní propad nejvyšší. Z desktopových řešení byla podpora u VMware Workstation, kde byl nainstalován Windows 7, který si výkonově vedl lépe než Windows 8 pod Hyper-V.

U testování síťové propustnosti dopadly dobře všechny instalované operační systémy a nebyly zde výrazné výkonnostní propady.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá hardwarovou podporou virtualizace. Podrobně je věnována pozornost Windows Server 2012 Hyper-V a VMware ESX a ESXi.

Windows Server 2012 Hyper-V využívá architektury Microkernel. Nevyužívá kód z třetí strany a tím se stává bezpečnější. VMware ESX/ESXi využívá architektury Monolithic kernel. Uživatel je omezen při výběru HW, protože je zapotřebí HW s certifikovanými komponenty. Výhodou je lepší kontrola nad plánovanými zdroji, protože ovladače zařízení jsou integrovány přímo do hypervizoru.

Na základě provedených testů byly vysledovány velké výkonnostní propady u Hyper-V. To se hlavně projevilo u testování na procesor a operační paměti, kde ve větší míře byl na tom lépe desktopové zařízení VMware Workstation. Hlavním důvodem tohoto propadu je to, že Hyper-V je serverové zařízení, které bylo nainstalováno, na notebook a chyběly vhodné ovladače zařízení. U diskových testů si více vedly lépe virtuální stroje pod Windows Server 2012 s rolí Hyper-V. Dále zde byly sledovány výkonnostní nárůsty, které byly způsobené tím, že se k nim při přístupu jako k souboru, kde režie je rychlejší.

Dále byla sledována 3D akcelerace. U Windows Server 2012 s rolí Hyper-V je podpora pouze u Windows 8, kde byl výkonnostní propad nejvyšší. Z desktopových řešení byla podpora u VMware Workstation, kde byl nainstalován Windows 7, který si výkonově vedl lépe než Windows 8 pod Hyper-V.

U testování síťové propustnosti dopadly dobře všechny instalované operační systémy a nebyly zde výrazné výkonnostní propady.

Samotné testování nebylo prováděno za stejných podmínek. Na Virtual PC lze nastavit pouze jeden procesor a lze provést instalaci 32-bit OS. Výkonnostní propady se hlavně projevíly při testování procesoru a operační paměti. Na druhou stranu u některých diskových testů si vedl nejlépe.

## CONCLUSION

This thesis deals with the virtualization hardware support. This description pays attention in detail to the Windows Server 2012 Hyper-V and VMware ESX and ESXi. Windows Server 2012 Hyper-V uses the Microkernel architecture. It does not use the code from a third party and thus becomes more secure. VMware ESX/ESXi uses the Monolithic kernel architecture. A user is restricted to the choice of HW because there are needed HW with certified components. The advantage is a better control of scheduled resources because the device drivers are directly integrated into the hypervisor.

Based on these tests, the large performance declines have been traced for Hyper-V. This has been mainly reflected in testing on the CPU and memory where the VMware Workstation desktop devices worked better. The main reason for that decline was the Hyper-V is a server device which has been installed on a notebook where the suitable device drivers were not included.

Disk tests led to more better virtual machines under Windows Server 2012 with the Hyper-V role. In addition, the performance increases were observed here, that have been caused by the fact that when addressed, as a file, where the Director is faster.

Furthermore, a tracked 3D acceleration. For Windows Server 2012 with the Hyper-V role is to support only for Windows 8, there was a drop in the highest performance. From desktop solutions to support for VMware Workstation where you installed Windows 7, that's performance-led better than Windows 8 under Hyper-V.

For testing network throughput fell well all installed operating systems and have significant performance declines.

The testing was not accomplished by the same conditions. The one processor can be configured on the Virtual PC and the 32-bit OS installation can be done. The performance declines have been mainly reflected within the testing of CPU and operational memory. Over the way, it has been better within some disk tests.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HORÁK, Jaroslav. *Hardware: učebnice pro pokročilé*. 4. aktualizované vydání. Brno : Computer Press, a.s., 2007 . 360 s. ISBN 978-80-251-1741-5.
- [2] ŠURKALA, Milan. AMD představuje novou generaci Opteronů - Socket F. AMD představuje novou generaci Opteronů - Socket F [online]. 2006 [cit. 2013-01-31]. Dostupný z WWW: [http://www.svethardware.cz/art\\_doc-DA393B9268E69CEEC12571C70080750F.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-DA393B9268E69CEEC12571C70080750F.html).
- [3] KRÁL, Jan; KRAHULEC, Lukáš. *WikiHosting* [online]. 5.12.2008 [cit. 2013-01-31]. PAP\_Virtualizace\_referát\_(Krahulec\_Král).pdf. Dostupné z WWW: [http://wh.cs.vsb.cz/mil051/images/f/f5/PAP\\_Virtualizace\\_refer%C3%A1t\\_%28Krahulec\\_Kr%C3%A1l%29.pdf](http://wh.cs.vsb.cz/mil051/images/f/f5/PAP_Virtualizace_refer%C3%A1t_%28Krahulec_Kr%C3%A1l%29.pdf).
- [4] BERAN, Radek. *Mikroprocesor* [online]. Lispopad 2006 [cit. 2013-01-31]. Radek Beran's Homepage. Dostupné z WWW: <http://www.beranr.webzdarma.cz/hardware/mikroprocesor.html>.
- [5] Microsoft-Technet: Microsoft virtualization [online]. 2013 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://blogs.technet.com/b/technetczsk/p/microsoft-virtualizace.aspx>.
- [6] RUEST, Danielle a Nelson RUEST. *Virtualizace Podrobný průvodce*. Brno: COMPUTER PRESS, 26.01.2010. ISBN 978-80-251-2676-9.
- [7] STERLING, Mike a John KELBLEY. *Microsoft Windows Server 2008 R2 Hyper-V: Podrobný průvodce administrátora*. Brno: COMPUTER PRESS, 11.05.2011. ISBN 978-80-251-3286-9.
- [8] VÝŠEK, Ondřej. *Optimalizovane IT: Microsoft Hyper-V Server 2012* [online]. 12.9.2012 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://www.optimalizovane-it.cz/windows-server-2012/microsoft-hyper-v-server-2012.html>.
- [9] LOWE, Scott. *Mistrovství ve VMware v Sphere 4*. 2. vydání. Brno: COMPUTER PRESS, 2010. ISBN 978-80-251-2915-9.
- [10] Xen.org [online]. 2005-2013 [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: <http://www.xen.org>
- [11] VMware Guest Operating System Installation Guide. *VMware* [online]. 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://partnerweb.vmware.com/GOSIG/home.html>.



- [12] VMware Compatibility Guide. *VMware Compatibility Guide: System search* [online]. Copyright © 2013 VMware [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.vmware.com/resources/compatibility/search.php>.
- [13] Compare VMware ESX and ESXi Hypervisors for Simplified Virtualization Management. *VMware* [online]. 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.vmware.com/products/vsphere/esxi-and-esx/compare.html>.
- [14] Windows Server 2012 a Windows 8 silná dvojka. *Daquas* [online]. 4.12. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.daquas.cz/articles/556-windows-server-2012-a-windows-8-silna-dvojka>.
- [15] Co je Hyper-V. *Svět hostingu* [online]. 13.9. 2009 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://svet-hostingu.cz/2009/02/13/co-je-hyper-v/>.
- [16] Windows Server 2012 Informační list k licencování. *Microsoft* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com).
- [17] MS Fest 2012: Novinky ve Windows Server 2012 1. část. *WUG Windows User Group* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.wug.cz/zaznamy/116-MS-Fest-2012-Novinky-ve-Windows-Server-2012-1-cast>.
- [18] Hyper-V 2012 a mobilita VM - Živě. *Živě* [online]. 3.5. 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/hyper-v-2012-a-mobilita-vm/sc-3-a-168700/default.aspx>.
- [19] Microsoft System Center 2012. *Microsoft* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.microsoft.com/cs-cz/server-cloud/system-center/default.aspx>.
- [20] ŠIKA, Michal. *Virtuální počítač: Praktická řešení pro domácí uživatele*. Brno: Computer Press, a.s., 2011. ISBN 978-80-251-3334-7.
- [21] Stáhnout Virtual PC z webu Download Center společnosti Microsoft. *Microsoft* [online]. 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.microsoft.com/cs-cz/download/details.aspx?id=3702>.
- [22] VÝŠEK, Ondřej. Optimalizované IT: Windows 8 klientské Hyper-V [online]. 18.1.2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.optimalizovane-it.cz/windows-8/windows-8-klientske-hyper-v.html>.

- [23] Windows 8 Klienské Hyper-V. *Null Reference Exception* [online]. 20.8.2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://blog.imp.cz/post/2012/08/20/Windows-8-Klientske-Hyper-V>.
- [24] Microsoft Server Windows Hyper-V compared to VMware vSphere 5.1. *UP2V A roadmap for server virtualization, desktop virtualization and cloud computing by a virtualization evangelist* [online]. 4.9.2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://up2v.nl/2012/09/04/microsoft-windows-server-2012-hyper-v-compared-to-vmware-vsphere-5-1/>.
- [25] Ditt.cz. *Jak zjistit, že váš procesor podporuje hardwarovou virtualizaci* [online]. 6.5.2009 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/jak-zjistit-ze-vas-procesor-podporuje-hardwarovou-virtualizaci>.
- [26] BOUREK, Jirka. Jaderné noviny 14.5.2008. *ABC Linuxu* [online]. 2008 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/jaderne-noviny/jaderne-noviny-14.-5.-2008#ucime-se-zachazet-s-cachovanim>.
- [27] TechnetToolbox. [online]. 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: [http://technettoolbox.cloudapp.net/private\\_cloud/pages/6\\_1\\_3.html](http://technettoolbox.cloudapp.net/private_cloud/pages/6_1_3.html).
- [28] Iperf: měření rychlosti spolehlivosti spojení. *Root.cz* [online]. 27.7.2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/iperf-mereni-rychlosti-spojeni/>.
- [29] Jak změřit rychlost pevného disku - Magazín Stahuj.cz. POLÁŠEK, Roman. *Stahuj.cz - Magazín* [online]. 17. 08. 2010 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://magazin.stahuj.centrum.cz/jak-zmerit-rychlost-pevneho-disku/>.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

|       |   |
|-------|---|
| AMD-V | AMD-Virtualization.   |
| CPU   | Central Processing Unit – Procesor.   |
| DHCP  | Dynamic Host Configuration Protocol.  |
| DNS   | Domain Name System.   |
| DRS   | Distributed Resource Scheduler.   |
| EPT   | Extended Page Tables.   |
| GUI   | Graphical User Interface – uživatelské grafické rozhraní.   |
| HA    | High Availability.  |
| HW    | Hardware.   |
| HCL   | Hardware Compability List.  |
| IVT   | Intel Virtualization Technology.  |
| iSCSI | Internet Small Computer System Interface – Síťový protokol.   |
| FT    | Fault Tolerance.  |
| LAN   | Local Area Network – lokální síť.   |
| MS    | Microsoft.  |
| NAT   | Network Address Translation – překlad síťových adres.   |
| NFS   | Network File System - internetový protokol pro vzdálený přístup k souborům přes počítačovou síť.        |
| NX    | Non eXecute - technologie pro CPU sloužící k oddělení paměti pro instrukce procesoru a paměti pro data. |
| OEM   | Original Equipment Manufacturer - je obchodní termín, který označuje výrobce zařízení, komponenty.      |
| OS    | Operační systém.  |
| PC    | Personal Computer – Osobní počítač.   |
| RAM   | Random Access Memory – Operační paměť.  |

---

|       |  |
|-------|--|
| RSAT  | Remote Server Administrator Tools – Přístup ke vzdálené ploše.                     |
| RVI   | Rapid Virtualization Indexing.   |
| SAN   | Storage Area Network - Datová síť.   |
| SBM3  | Server Message Block 3 – Protokol aplikační vrstvy.                                |
| SCVMM | Systém Cental Virtual Machine Manager.   |
| SQL   | Structured Query Language – Databázový systém.                                     |
| SSE   | Streaming SIMD Extensions – Instrukční sada.                                       |
| SVM   | Secury Virtual Machine.  |
| USB   | Universal Serial Bus – Univerzální sériová sběrnice.                               |
| VDMK  | Virtual Machine Disk. Označení virtuálního disku u Vmware.                         |
| VHD   | Virtual Hard Disk. Označení virtuálního disku u Hyper-V.                           |
| VHDX  | Virtual Hard Disk. Označení virtuálního disku u Hyper-V s vyšší úložnou kapacitou. |
| VM    | Virtual Machine – Virtuální stroj.   |
| VMM   | Virtual Machine Monitor – Hypervizor.  |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|   |    |
|---|----|
| Obr. 1 Monolithic hypervizor [5].....   | 12 |
| Obr. 2 Microkernel hypervizoru [5].....   | 13 |
| Obr. 3 Schéma technik virtualizace [3,4] .....  | 13 |
| Obr. 4 Paravirtualizace [3].....  | 15 |
| Obr. 5 Virtualizace s podporou procesoru [3] .....  | 16 |
| Obr. 6 Služby Microsoft System Center [27] .....  | 24 |
| Obr. 7 Architektura ESX/ESXi [9].....   | 26 |
| Obr. 8 VMware ESX/ESXi vSphere Client [9] .....   | 27 |
| Obr. 9 VMware ESX/ESXi High Availability [9] .....  | 28 |
| Obr. 10 VMware ESX/ESXi Fault Tolerance [9] .....   | 29 |
| Obr. 11 Výpis diagnostické Utility u Intelu.....  | 39 |
| Obr. 12 Graf Passmark s výkonnostními propady na celočíselné operace.....                       | 44 |
| Obr. 13 Graf Passmark s výsledky na operace s plovoucí desetinnou čárkou .....                  | 45 |
| Obr. 14 Graf Passmark s výsledky na hledání prvočísel .....                                     | 46 |
| Obr. 15 Graf Passmark test komprese .....   | 47 |
| Obr. 16 Graf Passmark s výkonnostními propady na kódování .....                                 | 48 |
| Obr. 17 Graf Passmark s výkonnostními propady cachované paměti.....                             | 49 |
| Obr. 18 Graf Passmark s výkonnostními propady necachované operační paměti.....                  | 50 |
| Obr. 19 Graf Passmark s výkonnostními propady na zápis operační paměti .....                    | 51 |
| Obr. 20 Graf Passmark s výkonnostními propady na sekvenční čtení disku.....                     | 52 |
| Obr. 21 Graf Passmark s výkonnostními propady na sekvenční zápis disku .....                    | 53 |
| Obr. 22 Graf Sandra s výkonnostními propady na celočíselné operace.....                         | 55 |
| Obr. 23 Graf Sandra s výkonnostními propady na operace s plovoucí desetinnou<br>čárkou .....    | 56 |
| Obr. 24 Graf Sandra s výkonnostními propady RAM na celočíselné operace .....                    | 57 |
| Obr. 25 Graf Sandra s výkonnostními propady na operace s desetinnou čárkou .....                | 58 |
| Obr. 26 Graf Sandra výkonnostními propady cache paměti.....                                     | 59 |
| Obr. 27 Graf Sandra výkonnostní propady na náhodný přístup disku .....                          | 61 |
| Obr. 28 Graf Geekbench s výkonnostními propady na celočíselné operace .....                     | 62 |
| Obr. 29 Graf Geekbench s výkonnostními propady na operace s plovoucí desetinnou<br>čárkou ..... | 63 |
| Obr. 30 Graf Geekbench s výkonnostními propady na RAM .....                                     | 64 |

|  |    |
|--|----|
| Obr. 31 Graf Crystal Disk Mark s výkonostními propady na sekvenční zápis na disk.....                  | 65 |
| Obr. 32 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonostními propady na náhodné<br>čtení bloku 512 kB ..... | 66 |
| Obr. 33 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonostními propady na náhodné<br>čtení bloku 4kB .....    | 67 |
| Obr. 34 Graf Crystal Disk Mark na sekvenční zápis bloku .....  | 68 |
| Obr. 35 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonostními propady na náhodný<br>zápis bloku 512 kB.....  | 69 |
| Obr. 36 Graf Crystal Disk Mark s diskovými výkonostními propady na náhodný<br>zápis bloku 4kB.....     | 70 |
| Obr. 37 Graf Prime benchmark s výkonostními propady na hledání prvočísel.....                          | 71 |
| Obr. 38 Graf Dacris s výkonostními propady na rychlost procesoru.....                                  | 72 |
| Obr. 39 Graf Dacris s výkonostními propady na rychlost operační paměti .....                           | 73 |
| Obr. 40 Graf Passmark s výkonostními propady 3D Grafika-Complex .....                                  | 76 |

**SEZNAM TABULEK**

|  |    |
|--|----|
| Tab. 1 Parametry Windows Server Hyper-V 2008 R2, 2012 [8]..... | 19 |
| Tab. 2 Parametry VMware vSphere 5.1 a Hyper-V 2012 [24].....   | 37 |
| Tab. 3 Testy Iperf 8 KByte 1-vlákno .....                      | 74 |
| Tab. 4 Testy Iperf 300 KByte 1-vlákno.....                     | 74 |
| Tab. 5 Testy Iperf 300 KByte 2-vlákna.....                     | 75 |

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- PI      Dokumentační CD obsahující v elektronické podobě postupy instalací Windows Server 2012 s rolí Hyper-V a VMware ESXi a tuto diplomovou práci.