**Vysoká škola ekonomická v Praze**

**2012**

**Fakulta informatiky a statistiky**

**Závěrečné práce**

**Požadavky na formální úpravu závěrečných prací**



**Katedra**

**informačních**

**technologií í**

Obsah

[Úvod 3](#_Toc383599929)

[1.1 Cíle 3](#_Toc383599930)

[1.2 Rešerše 3](#_Toc383599931)

[1.3 Řešená oblast 5](#_Toc383599932)

[2 Analýza potřeb 7](#_Toc383599933)

[2.1 Kritéria 7](#_Toc383599934)

[2.2 Předvýběr množiny DBMS 8](#_Toc383599935)

[3 Měření 9](#_Toc383599936)

[3.1 Vstupní data, severy, metodiky 9](#_Toc383599937)

[3.2 Postup 9](#_Toc383599938)

[3.3 Výsledky 9](#_Toc383599939)

[4 Výběr 10](#_Toc383599940)

[4.1 Váhy kritérií výběru 10](#_Toc383599941)

[4.2 Výsledek 10](#_Toc383599942)

[5 Závěr 11](#_Toc383599943)

Úvod

* 1. Cíle

Cílem mé práce je dodat podklady pro výběr a vybrat konkrétní DBMS pro katalog dílů včetně vhodného enginu a architektury. Předvýběr i výběr provedu na základě kritérií, které si v práci vytyčím, data pro výběr poskytnou vhodná měření na strojích shodných s produkčními. Cíl bude naplněn, budou-li zevrubně porovnány výsledky alespoň tří enginů relačních DBMS a firma, které bude sloužit výsledek mé práce, bude mít dostatek podkladů, na základě kterých bude moci nasadit mnou navržený systém, či se na základě dodaných fakt rozhodnout jinak.

Důvodem, proč jsem si vybral tuto práci je to, že se jedná o skutečný problém, který v současné době řešíme v naší firmě a je to problém v oblasti, která mě zajímá a chtěl bych se jí i nadále v mé profesní kariéře věnovat.

Největším očekávaným přínosem mé práce bude možnost firmy učinit rozhodnutí o výběru konkrétního DBMS na základě mnou dodaných podkladů a v ideálním případě zrychlení cílové webové aplikace. Dalším přínosem této práce ukázat provozovatelům obdobných aplikací, jakým způsobem vybírat engine relačních DBMS a také ukázat, který je v konkrétním využití nejrychlejší.

* 1. Rešerše

Na téma porovnávání nejen nekomerčních databází existuje velké množství prací. Jednotlivé práce se zabývají jednak metodikami testování či samotným testováním. Samotné testování pak je prováděno na základě různých kritérií, kterými jsou především různé výkonnostní ukazatele, množina podporovaných funkcí, cena, či dostupnost podpory.

Mnoho metodických poznatků ohledně testování relačních databázovách systémů předkládá Bc. Jakub Král ve své bakalářské práci Porovnání open source databázových systémů s využitím TPC-C testu (1). Zabývá se potřebou testování databází, postupů v testování a standardizovanými testy, jejich historií a možnostem použití. Největší část této sekce je věnována TPC testům, nejvíce pak testu typu TPC-C, který je dodnes standardem v této oblasti.

Práce Jakuba Krále navazuje na bakalářskou práci Bc. Martina Matějky s názvem Implementace testu k porovnání výkonnosti databázových systémů (2). Ten se ve své práci, kromě teoretického základu věnuje praktickému vytvoření programu pro testování databází dle scénáře TPC-C. Jak Jakub Král kriticky hodnotí, implementace to není úplná a je záměrně vynecháno, nebo přepracováo několik částí tak, aby vyhovovala použití s vybranými open source databázemi.

Bc. Marek Véle v práci Porovnání open source databázových systémů (3) řeší hlavně licenční a funkční faktory databázových systémů. Zaměřuje se tak na výhodnost nasazení open source řešení v podnicích na úkor řešení komerčních. Věnuje se také různým způsobům ukládání dat, a to sloupcově orientovanému, používaném v MonetDB, a řádkově orientovanému používáném v MySQL a PostgreSQL, a v neposlední řadě také dostupnosti zmíněných DBMS pro různé architektury a platformy. V části výkonnostního porovnávání neklade velkou váhu bulk loadu dat do databází, protože z jeho pohledu se nejedná o častou operaci, naopak velkou váhu klade na operace select.

V práci Porovnání open source databázových systémů (4) od Ondřeje Kubáta je probírána hlavně teorie architektury datových modelů síťového, hierarchického, objektového a následně je podrobně popsán model relační. Autor srovnává DBMS Firebird, PostgreSQL, a MySQL dle výkonu a mnoha nevýkonnostních kritérií.

Od předchozích prací se liší práce Ing. Jana Filipa s názvem Ladění relačních databázových systémů (4). Cílem práce je nejen teoretický úvod do optimalizace výkonu databázových systémů, skládající se z návrhu a datového modelování, principů ukládání dat, používání indexů a úrovní izolace, ale i vytvoření metodiky ladění. Zároveň předkládá jednotlivé techniky a příležitosti jejich použití v konkrétních případech.

Další lehce odlišnou prací je Porovnání prostředí pro ukládání dat v MySQL (5) Bc. Adama Vopičky. V ní autor neporovnává jednotlivé DBMS, ale pouze storage enginy použitelné v MySQL. Úvodem práce je představení storage enginů a technických faktorů ovlivňujících výkon databázového systému. Ve druhé části představuje charakteristiky a funkcionalitu jednotlivých enginů, a to jak zabudovaných, tak enginů třetích stran. Dále autor nejen, že zveřejňuje výsledky testů jednotlivých enginů, ale také dodává čtenáři návod pro výběr pro určité připady nasazení podle různých kritérií.

Tyto práce mi dávají silný teoretický základ, ze kterého mám možnost čerpat. Rozhodně využiji poznatků z testu TPC-C, ačkoli pro mnou řešený případ není úplně vhodný ve všech směrech. Taktéž rozhodně využiji poznatky o úložných mechanismech a storage enginech systému MySQL v doprovodu výsledků práce o ladění databázových systémů, protože mnohdy je správná konfigurace klíčovou záležitostí.

V katalogu prací VŠE jsem nenalezl žádnou práci týkající se problematiky dotazování hierarchických dat uložených v relačním systému řízení báze dat, proto budu muset využít jiných, neakademických, zdrojů.

Z mimoškolních zdrojů jsem nalezl disertační práci s názvem Comparing the Performance of Open Source and Proprietary Relational Database Management Systems autora Seana Stevena Coatse, která by mohla být cenným vodítkem při určování metodologických postupů a způsobů hodnocení měření.

* 1. Řešená oblast

Předmětem mé bakalářské práce je výběr vhodného ukládacího enginu relačního databázového systému pro katalog dílů. Jedná se o webovou aplikaci společnosti, která nabízí autodíly v několika státech nejen střední Evropy. Tato společnost má již vybudovanou infrastrukturu počítačového vybavení včetně databázových strojů, na kterém provozují podnikový informační systém pro řízení skladů. Na základě dat z tohoto systému provozuje firma webový katalog, který by měl zjednodušit zákazníkům výběr a nákup zboží této firmy.

Webová aplikace je jednou ze samostatných služeb, které firma provozuje. Katalog má exkluzivní přístup k vlastní databázi, je tedy do jisté míry nezávislou službou firmy. Technologicky je webová aplikace rozdělená na část frontendovou a část backendovou. Frontendem se rozumí ta část aplikace, která slouží k zobrazování dat uživateli a zpracovávání uživatelských požadavků, obsahuje veškerou logiku, jak aplikační, tak prezentační a operuje nad daty, které jsou jí dodávány backendovou částí aplikace. Její serverová část je naprogramovaná v jazyce Python na webovém frameworku Django, který je na uživatelské straně doplněn JavaScriptem. V tomto projektu databázový stroj spadá pod frontendovou část, ačkoli v běžné praxi to není zvykem. Pro účely tohoto dokumentu budu používat toto označení, které je již v projektu zavedené. Backendová část aplikace je datová pumpa, která má za úkol periodicky aktualizovat data webové aplikace. Datová pumpa je vlastní řešení naší firmy, která slouží k vysokorychlostnímu přesunu velkých objemů dat mezi jednotlivými databázemi a pro potřeby různých projektů je parametrizována, popřípadě rozšiřována pomocí modulů. Jedná se o projekt naprogramovaný v .NETu, který může běžet na libovolném serveru a to i samostatně a nezávisle na cílové i zdrojové databázi. Architektura části systému je znázorněna obrázkem Obrázek 2 Architektura



Obrázek 1 Schéma DB

Přesuny dat jsou realizovány tak, že po načtení konfigurace daného projektu a ověření nutných předpokladů k úspěšnému přesunu, jsou postupně načítány celé tabulky ze zdrojové databáze. Poté jsou na cílovém databázovém systému vytvořeny schémata a tabulky, do který jsou následně vkládána hromadná data technikou bulk load. Tato technika je standardním postupem při vkládání dat velkých objemů, při které jsou data vkládána ze souboru či proudového zdroje přímo do databáze bez účasti SQL procesoru, čímž jsou ušetřeny systémové prostředky serveru a tím pádem je tento proces mnohem rychlejší než vkládání jednotlivých řádků. Případná omezení databázového modelu (tzv constrainty) jsou aplikovány až po načtení veškerých dat.

Webová aplikace

Backend

ERP

Zdrojová DB

Datová pumpa

Mnou vybíraný DBMS

Django Framework, HTML, JavaScript

Frontend

Obrázek 2 Architektura

Katalog umožňuje vyhledávat díly podle modelu automobilu, dostupnosti a kategorie dílu. Kategorie jsou implementovány pomocí několika kořenových stromů uložených v relační databázi schématem Modified Preorder Tree Travesal, zkráceně MPTT. Jedná se o způsob ukládání a dotazování hierarchických dat pomocí relačního schématu. Tento způsob byl vybrán mimo jiné proto, že v Django frameworku je pro něj dobrá podpora, zajištěná přímo modulem django.mptt. Kategorie jsou uspořádány tak, že každý produkt spadá alespoň do jedné kategorie, přičemž zároveň může spadat do kategorie jiné, či do několika jejích podkategorií. U každé kategorie produktů dostupných pro konkrétně vybraný model vozidla je zobrazena číslice udávající počet produktů dostupných v této kategorii. Po rozbalení této kategorie je u každé další její podkategorie zobrazen počet produktů. Tím, že jeden produkt může spadat do více kategorií zároveň, může se stát, že součet čísel vyjadřující počet produktů v jednotlivých podkategoriích je větší než číslice sdělující počet produktů v nadřazené kategorii. Řazení produktů do kategorií je nejen pro zákazníka velice důležité, zároveň však je jejich získávání velice náročné z pohledu databázového stroje a jedná se o jeden z nejčastějších zdrojů výkonnostních problémů. Například jednotlivé dotazy, které zjišťují počet produktů v podkategoriích, mnohdy trvají i stovky milisekund, čímž zdržují uživatelské rozhraní. V případech, kde je to vhodné, jsou jednotlivé komponenty uživatelského rozhraní načítány asynchronně, tudíž komponenta je vykreslena až ve chvíli, kdy jsou data, která jsou potřeba, dostupná. Ovšem v mnoha případech této aplikace postupné načítání působí rušivě, bylo tedy rozhodnuto, že budou vždy načítány všechny komponenty najednou, až ve chvíli, kdy budou dostupná všechna data. Tím pádem se stalo úzkým hrdlem získávání dat z databáze.

V aplikaci vystupují entitní množiny Vozidlo, Produkt, Strom. Nejdůležitější z nich je entitní množina Produkt, která reprezentuje jednotlivý díl. V databázi existuje 690 tisíc záznamů typu Produkt. Jednotlivé Produkty jsou vhodné pro jeden či více typů motorových vozidel. Typ vozidla je určen entitní množinou Vozidlo. Vozidel je v databázi 67 tisíc. Vazebná tabulka mezi Vozidlem a Produktem, která reprezentuje vhodnost dílu pro dané motorové vozidlo, obsahuje 55 milionů řádků. Jednou z nejdůležitějších je entitní množina Strom. Jedná se o stromovou strukturu 41 tisíc kategorií, do kterých patří entita Produkt. Produkt může nejen patřit do jednoho či více Stromů, ale zároveň i do podstromů určitého Stromu. Vazebná tabulka reprezentující příslušnost dílu určité kategorii, tedy vazba mezi Produktem a Stromem má 1,8 milionu řádků.

Logické schéma databáze jest znázorněno na obrázku Obrázek 1 Logické schéma databáze

Databázový systém je v současnosti PostgreSQL 9.1 a po mnoha optimalizacích zdrojového kódu aplikace stále přetrvává problém s rychlostí celé aplikace.

* + 1. Problém nedostatečná rychlost přesunu dat

Jedním problémovým místem je přenos dat datovou pumpou ze zdrojové databáze do databáze webové aplikace. Jde o proces, který byl dlouhodobě laděn také z organizačního hlediska, protože je žádoucí, aby data ze zdrojové databáze byla načítána v době, kdy je nejméně vytížena jinými požadavky, a proto tedy jsou data stahována jednou denně v určený čas. Celkový čas přenosu je v současnosti v řádu vyšších desítek minut a my bychom rádi tento čas snížili.

* + 1. Vysoká doba odezvy uživatelského rozhraní

Dalším z problémů je přílišná odezva uživatelského rozhraní webové aplikace v několika konkrétních případech. Jedná se jedny z nejčastějších požadavků uživatele v rámci aplikace, je proto vhodné, aby právě tyto akce probíhaly co nejrychleji. Jde o výběr produktů pro konkrétní vozidlo, výběr produktů na základě parametrů a získání počtu produktů v určité kategorii. Na základě již proběhnuvšího testování aplikace bylo zjištěno, že odezva je vysoká z důvodu dlouhotrvajících dotazů na databázi.

Moje práce je dílčí součástí procesu výzkumu optimalizace databázového řešení pro katalog dílů, který probíhá již několik měsíců a je v něm zapojeno několik lidí. Největší úsilí je věnováno právě optimalizaci SQL dotazů a optimalizaci ORM, které tyto dotazy produkuje. Tyto dotazy jsou analyzovány a rozebírány do nejmenších detailů. Také je v procesu zkoumání využití paralelního přístupu k databázi a paralelní vykonávání SQL dotazů, které je jedním z nejdůležitějších faktorů v databázích, ke kterým má v jednom okamžiku přístup mnoho uživatelů. Další významnou činností je analýza využívání cachovacích prostředků a jiných předpočítávacích mechanismů, a to jak vestavěných v dbms, tak prostředků ve formě samostatně stojícího produktu. Vzhledem k množství a rozmanitosti dat v této aplikaci není využití cache tak efektivní jako u rozsahem menších aplikací, proto by bylo ideální, aby přístup k datům a práce se samotnými daty byla tak rychlá, aby se vyrovnala rychlosti načítání předpočítaných dat. Rychlost přístupu k datům na médiu má na starosti komponenta nazývaná storage engine. Na ní záleží, jakým způsobem jsou data fyzicky ukládána na disku či jiném médiu a jakým způsobem se k datům na médiu přistupuje. A právě měření výkonu storage enginů ve specifických scénářích je náplní mé bakalářské práce a tím i částí řešení tohoto komplexního problému.

1. Požadavky na DBMS

Vzhledem k povaze celého systému, ve kterém je katalog dílů začleněn, je třeba vybrat takové řešení, které bude nejen, co nejefektivnější, ale zároveň nijak nenaruší současnou architekturu po technické a organizační stránce a tudíž přechod na nový DBMS bude co nejhladší. Technickou stránkou je myšleno zařazení do architektury systému, kompatibilita s ostatními částmi řešení, a to jak s backendem, tak frontendem, zejména s použitým webovým serverem a frameworkem. Organizační stránkou je myšleno především zajištění přístupu k datům ze zdrojové databáze. Není totiž možné ten server vytěžovat, jak se nám zachce, máme proto s klientskou firmou dohodnuto, jakým způsobem a kdy je možné jejich server využít. Je třeba zachovat určité vlastnosti databázového stroje, to znamená, že musím vybírat z takové množiny relačních databází, které se co nejvíce podobají současnému řešení.

Mezi vlastnosti, které chceme zachovat, je způsob jakým DBMS na logické úrovni data ukládá a přistupuje k nim. Budu tedy vybírat mezi relačními databázovými systémy, které ukládají řádkovým, nikoli sloupcovým způsobem a přístup k datům zajišťují pomocí některého z dialektů jazyka SQL. Další z klíčových vlastností, které musím bezpodmínečně zachovat je podpora databázových ovladačů přímo ve frameworku Django. Dalším z požadavků je možnost řízení přístupu přímo databázovým serverem. Z důvodu co nejnižších pořizovacích a provozních nákladů bylo již v cílech této práce vytyčeno, že musí jít o open-source řešení, a to takové, které nepodléhá restrikcím komerčního využití, a je dostupné zdarma. Z tohoto důvodu z výběru předem vypadává MySQL, které je jedním z nejpoužívanějších open-source DBMS (zdroj?)

Dle zadání není vyžadována podpora transakcí a diskové perzistence, je tedy možné využít paměťových databází.

* Kritéria hodnotící
  + Kritérium rychlost importu
  + Kritérium doba odezvy SQL dotazů na výběr produktů
  + Kritérium doba odezvy SQL dotazu na získání počtu produktů v dané kategorii
  + Kritérium doba odezvy SQL dotazu na získání produktů pro dané vozidlo
* Kritéria předvýběrová
  + Licence
  + Cena
  + Architektura
  + Dostupnost vhodných ovladačů pro použití v Django Frameworku na Linuxu
  + Oficiální vývoj
  1. Kritéria hodnotící

Jde o kritéria, která budou aplikována pro porovnání jednotlivých databázových enginů, které budou podrobeny měření v mojí práci. Tato kritéria budou sloužit ke kvantitativnímu hodnocení jednotlivých řešení a na jejich základě bude vybrán vhodný engine.

* + 1. Kritérium rychlost importu

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.3, v současné době je jedním z největších problémů nízká rychlost operací. Mezi operace, které je třeba zrychlit, patří rychlost bulk importu dat vyjádřená v záznamech za sekundu. Jedná se o stěžejní operaci, která neprobíhá zřídkakdy, během jejího vykonávání je zatížena jak síť, tak i zdrojový a cílový server, je proto žádoucí tento čas snížit na minimum. Operace bulk import se zakládá na vkládání dat to cílového dbms ze strukturovaného souboru. Tento soubor bude získán pomocí datové pumpy, a pro zajištění rovných podmínek bude soubor uložen a pro porovnání jednotlivých enginů bude vždy použit shodný soubor. Pro zajištění objektivního měření, bude ve všech dbms zajištěna taková struktura tabulek, aby sloupce měly nejen kompatibilní typ, ale zároveň i typ s pokud možno stejným datovým rozsahem, aby bylo k jednomu záznamu zapisováno stejné množství dat.

* + 1. Kritérium doba odezvy SQL dotazů na výběr produktů

Dalšími kritérii jsou rychlost výběru operací select v jednotlivých scénářích. Jedním z klíčových scénářů je výběr produktu na základě jeho parametrů. Jde o výběr z jedné tabulky nad indexovaným sloupcem. Které sloupce budou vybrány a jaké přesné SQL dotazy budou vykonávány, bude popsáno v kapitole Měření. Půjde především o sloupce, které se týkají fyzických atributů produktu, popisu a jeho ceny. Veškeré dotazy budou podrobně vypsány v tabulce, včetně doby odezvy jeho vykonávání.

* + 1. Kritérium doba odezvy SQL dotazu na získání počtu produktů v dané kategorii

Jedním z nejpomalejších dotazů je v současné době rychlost dotazu pro získání počtu produktů v dané kategorii. Jedná se o poměrně komplikovaný dotaz, zahrnující agregační funkci count. Z hlediska uživatelského rozhraní, jde o jeden z nejvíce zpomalujících faktorů, protože uživatel pohybující se skrz navigaci způsobuje, že každým průchodem se vykoná minimálně tolik dotazů, kolik kategorií je právě zobrazeno.

* + 1. Kritérium doba odezvy SQL dotazu na získání produktů pro dané vozidlo

Toto kritérium je specifickým případem kritéria 2.1.2. Jako samostatné kritérium bylo vytyčeno proto, že je mu přisuzována velká důležitost, je to jedno z nejzásadnějších kritérií. To vyplývá už jen z účelu webové aplikace a chování běžného uživatele v této aplikaci. Hlavním motivem, proč uživatel do aplikace katalogu autodílů přichází, je jeho potřeba najít vhodný díl pro konkrétní automobil.

* 1. Kritéria předvýběrová

Jedná se o takzvaná KO kritéria, nebo také binární kritéria. Jsou to kritéria filtrační, a budou použita ještě před samotným měřením. Na základě těchto kritérií budou vybrány jednotlivé databázové systémy a jejich storage enginy.

* + 1. Licence

Jednou z nejdůležitějších KO kritérií je licence jak samotného DBMS tak i storage enginu. Licence musí splňovat charakteristiku svobodné licence (1) a to z několika důvodů. Hlavním důvodem výběru open source licence je možnost přejít na kompatibilní odnož ve chvíli, kdy dodavatel původního softwaru začne například požadovat finanční prostředky, nebo zavede jiné restrikce použití. Další z výhod open source softwaru je možnost vlastní kompilace zdrojových kódů.

* + 1. Cena

Spolu s open source licencí je důležitým faktorem cena. Cena vybíraného řešení musí být nulová. Vzhledem k tomu, že samotná open source licence nezaručuje, že software je zdarma, je toto kritérium ustaveno samostatně.

* + 1. Architektura

Hlavním kritériem co se architektury týká, je relační způsob ukládání dat orientovaný řádkově. To z toho důvodu, že celá aplikace byla navržena pro použití tímto způsobem a data uložená ve zdrojové databázi jsou stejného charakteru. Zachováním tohoto kritéria zajistíme snadný přesun dat ze zdrojové databáze, protože nebude nutné data transformovat, a zároveň bude mít kompatibilní datové úložiště.

Další z požadavků je možnost řízení přístupu k datům na úrovni dbms. Tím je myšlena možnost vytvářet a spravovat uživatele a přiřazovat jim rozličná oprávnění k různým tabulkám.

Ohledně storage enginů, je požadavkem, aby daný engine dokázal data ukládat na médium databázového stroje, nemáme zájem o enginy, které pouze zajišťují přístup do jiného datového úložiště, nebo slouží k experimentálním účelům. Chci do měření zahrnout pouze enginy s podporou indexů

* + 1. Dostupnost vhodných ovladačů pro použití v Django Frameworku na Linuxu

Důležitým kritériem je použitelnost dbms pro účely naší aplikace, musí proto existovat vhodný a komunitou ozkoušený ovladač pro komunikaci mezi Django frameworkem a databázovým strojem. Podmínka dobré zkušenosti s ovladačem je nutná, chci se totiž věnovat práci s databázovými stroji a nikoli s ovladači. Vhodným ovladačem je takový ovladač, který je v Dajngo frameworku oficiálně podporován.

* + 1. Oficiální vývoj

Podmínkou zařazení dbms a jeho storage enginů do testování je skutečnost, že je řešení oficiálně vyvíjeno. Nechceme testovat velké množství různých forků a experimentálních řešení, chceme testovat opravdu široce používaná řešení, u kterých se dá předpokládat budoucí vývoj. U storage enginů budu vybírat jen ty, které jsou vyvíjeny stejným subjektem jako dbms, pro který jsou určeny.

* 1. Předvýběr množiny DBMS

Table 1 Seznam Relačních DBMS a jejich vlastností

| Produkt | Licence | Zdarma pro komerční využití | Vhodná architektura | Dostupnost oficiálních ovladačů | Oficiální vývoj | Splněna všechna kritéria |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4D (4th Dimension) | Proprietární | Ne | Ne, správa uživatelů | Ne |  |  |
| ADABAS | Proprietární |  | Ne | Ne |  |  |
| Adaptive Server Enterprise | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Advantage Database Server (ADS) | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Altibase | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Apache Derby | Apache | Ano |  | Ne |  |  |
| Clustrix | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| CUBRID | GPL |  |  | Ne |  |  |
| Datacom | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| DB2 | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Drizzle | GPL, BSD | Ano |  | Ne |  |  |
| Empress Embedded Database | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| EXASolution | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Firebird | IDPL | Ano |  | Ne |  |  |
| H2 | EPL | Ano |  | Ne |  |  |
| HP NonStop SQL |  |  |  | Ne |  |  |
| HSQLDB | BSD | Ano |  | Ne |  |  |
| Informix Dynamic Server | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Ingres | Proprietární, GPL |  |  | Ne |  |  |
| InterBase | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Linter SQL RDBMS | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| LucidDB | GPL | Ano |  | Ne |  |  |
| MariaDB | GPL | Ano | Ano | Ano | Ano | Ano |
| MaxDB | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| MemSQL |  |  |  | Ne |  |  |
| Microsoft Access | Proprietární | Ne | Ne, správa uživatelů | Ne |  |  |
| Microsoft SQL Server | Proprietární | Ne |  | Ne |  |  |
| Microsoft SQL Server Compact (Embedded Database) | Proprietární |  | Ne, správa uživatelů | Ne |  |  |
| Microsoft Visual Foxpro | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| MonetDB | MDBL |  |  | Ne |  |  |
| mSQL | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| MySQL | Proprietární,  GPL | Ne | Ano | Ano | Ano | Ne |
| Nexusdb | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Omnis Studio | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| OpenBase SQL | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| OpenEdge | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| OpenLink Virtuoso | Proprietární,  GPL |  |  | Ne |  |  |
| Oracle | Proprietární | Ne | Ano | Ano | Ano |  |
| Oracle Rdb | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Paradox | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Pervasive PSQL | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| Polyhedra DBMS | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| PostgreSQL | PostgreSQL | Ano | Ano | Ano | Ano | Ano |
| R:Base | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| RDM Server | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| SAP HANA | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| ScimoreDB | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| SmallSQL | LGPL |  |  | Ne |  |  |
| SQL Anywhere | Proprietární |  |  | Ne |  |  |
| SQLBase (2) | Proprietární |  | Ne | Ne |  |  |
| SQLite (2) | Public Domain | Ano | Ne, správa uživatelů | Ano | Ano | Ne |
| Superbase (2) | Proprietární | Ne | Ne | Ne | Ne |  |
| Teradata (3) | Proprietární | Ne | Ano | Ne | Ano | Ne |
| UniData (3) | Proprietární | Ne | Ano | Ne | Ano |  |
| Xeround Cloud Database | Proprietární | Ne | Ne, Saas | Ne |  |  |
| Libre Office Base | LGPL | Ano | Ne | Ne | Ano | Ne |
| OpenOffice Base | LGPL | Ano | Ne | Ne | Ano | Ne |

Postup předvýběru

V první řadě bylo nutné najít nějaký vhodný seznam dbms. Už v tomto kroku jsem aplikoval podmnožinu kritéria 2.2.3, a to takovou, že jsem hledal seznam relačních dbms. Jediný vhodný a dostatečně rozsáhlý seznam jsem našel bohužel jen na serveru wikipedia Seznam Relačních DBMS a jejich vlastností. V tomto seznamu se nachází mnoho užitečných informací o vlastnostech jednotlivých dbms, ale vzhledem k povaze serveru wikipedia a nízké důvěryhodnosti informací zde publikovaných, jsem musel každý údaj ověřit na webu příslušného dbms. Snažil jsem se co nejvíce omezit čerpání z tohoto zdroje a tak jsem pouze ověřoval data ze sloupce licence, všechna ostatní data pro kritéria jsem vyhledal jinde. Tím pádem jediné, co jsem získal z webu wikipedia, je pouze ucelený seznam relačních dbms.

Během zjišťování licencování jednotlivých dbms jsem také ověřoval, zda je možné využívat dané řešení i pro komerční účely bez restrikcí. V tomto kroku vypadla z množiny uvažovaných řešení MySQL z důvodu politiky Oraclu (2), která zakazuje použití MySQL Community Edition distributorům softwaru, který nesplňuje podmínky GNU-GPL, což naše webová aplikace nesplňuje. Mohli bychom využít pouze některou z vyšších edic, ale ty zase nesplňují naše kritéria Cena a Licence.

Na webech jednotlivých vydavatelů či distributorů konkrétních dbms jsem také zjišťoval, zdali uvažovaný databázový systém vyhovuje našim požadavkům ohledně architektury. Zde byl překážkou sloupcový způsob ukládání dat pro MonetDB (3) a ukládání přímo do souborových struktur bez možnosti kontroly přístupu uživatelů k datům pro SQLite (4), který by se jinak do užšího výběru dostal, a dále pro LibreOffice a OpenOffice Base a pro Microsoft Access, které by se ani tak to užšího výběru nedostaly.

Jedno z nejdůležitějších kritérií pro použitelnost v našem případě je dostupnost oficiálně dostupných ovladačů pro Django Framework. Zde jsem nemusel provádět žádný složitý průzkum, protože seznam je přímo na webu Djanga (5). Zde bylo možné zjistit, že oficiálně podporované ovladače existují pro MySQL, PostgreSQL, SQLite a Oracle. Překvapivé bylo zjištění, že ODBC ovladače jsou zařazeny do kategorie ovladačů nepodporovaných oficiálně, stejně jako třeba ovladače pro Firebird. Kvůli tomu se mnoho dbms do užšího výběru dostat nemohlo. Jeden z databázových systémů se ale do užšího výběru dostal navzdory tomu, že v tomto seznamu nebyl výslovně uveden. Do výběru se dostal dbms MariaDB, který je odnoží MySQL a je s ní binárně kompatibilní (6).

Do užšího výběru se dostaly pouze dva databázové systémy, a to PostgreSQL a MariaDB. Nyní je na řadě výběr jejich storage enginů. Vzhledem k tomu, že PostgeSQL využívá jeden jediný engine a MariaDB jich využívá několik, je potřeba je také podrobit předvýběru.

V MariaDB je možné využít tyto enginy (7):

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Engine | Vyvíjeny stejným vvojářem jako DBMS | Ukládají data | Úložiště kompatibilní se stávajícím řešením | Splňuje všechna kritéria |
| XtraDB | Ano | Ano | Ano | Ano |
| InnoDB | Ne | Ano | Ano | Ne |
| Aria | Ano | Ano | Ano | Ano |
| MyISAM | Ne | Ano | Ano | Ne |
| Archive | Ano | Ano | Ne | Ne |
| BLACKHOLE | Ano | Ne | Ne | Ne |
| Casandra | Ano | Ne | Ne | Ne |
| Connect | Ano | Ne | Ne | Ne |
| CSV | Ano | Ano | Ne | Ne |
| FederatedX | Ano | Ne | Ne | Ne |
| TokuDB | Ne | Ano | Ano | Ne |
| MEMORY | Ano | Ano | Ano | Ano |
| MERGE | Ano | Ne | Ne | Ne |
| Mroonga | Ne | Ano | Ne | Ne |
| OQGRAPH | Ano | Ano | Ne | Ne |
| ScaleDB | Ne | Ano | Ano | Ne |
| Sequence | Ano | Ne | Ne | Ne |
| ShinxSE | Ne | Ne | Ne | Ne |
| Spider | Ano | Ne | Ano | Ne |

Výběr MariaDB enginů sestával ze dvou částí. V první fázi jsem z webu zjistil, jaké enginy MariaDB podporuje, v druhé části jsem jednotlivé enginy podrobil výběru podle zadaných kritérií. Nejča

Maria – InnoDB(XtraDB), MEMORY, MyIsam(Aria)

* + CSV engine -> špatné řízení přístupů (viditelnost dat), cannot insert nullvalues
  + Archive -> absence podpory indexů
  + Blackhole -> neukládá data na médium
  + Casandra -> neukládá data na médium
  + Connect -> neukládá data na médium
  + federatedX -> neukládá data na médium, nevyvíjen
  + Toku -> není vyvíjeno stejným subjektem jako dbms
  + Merge -> neukládá data na médium

Prošly:

* Maria – InnoDB(XtraDB), MEMORY, MyIsam(Aria)
* PostgeSQL

1. Měření
   1. Vstupní data, severy, metodiky

Data maria

CREATE TABLE product

(

id integer NOT NULL,

supplier\_id int NULL,

elitsupplier\_id int NULL,

oldpartproduct\_id int NULL,

internal\_number varchar(22) NOT NULL,

active\_number varchar(22) NOT NULL,

active\_number\_normalized varchar(22) NOT NULL,

tecdoc\_article varchar(22) NULL,

tecdoc\_article\_normalized varchar(22) NULL,

description\_cs varchar(100) NULL,

extendeddescriptionpretext\_cs varchar(200)NULL,

extendeddescription\_cs varchar(200)NULL,

description\_sk varchar(100) NULL,

extendeddescriptionpretext\_sk varchar(200)NULL,

extendeddescription\_sk varchar(200)NULL,

description\_ro varchar(100) NULL,

extendeddescriptionpretext\_ro varchar(200)NULL,

extendeddescription\_ro varchar(200)NULL,

description\_ru varchar(100) NULL,

extendeddescriptionpretext\_ru varchar(200)NULL,

extendeddescription\_ru varchar(200)NULL,

description\_pl varchar(100) NULL,

extendeddescriptionpretext\_pl varchar(200)NULL,

extendeddescription\_pl varchar(200)NULL,

description\_hu varchar(100) NULL,

extendeddescriptionpretext\_hu varchar(200)NULL,

extendeddescription\_hu varchar(200)NULL,

description\_en varchar(100) NULL,

extendeddescriptionpretext\_en varchar(200)NULL,

extendeddescription\_en varchar(200)NULL,

retailprice\_cs numeric(19,2) NULL,

vatrate\_cs numeric(19,2) NULL,

priority\_cs int NOT NULL,

internal\_order\_quantity\_cs int NOT NULL,

donotorder\_cs boolean NOT NULL,

hideprice\_cs boolean NOT NULL,

noreturn\_cs boolean NOT NULL,

nodiscount\_cs boolean NOT NULL,

new\_from\_cs date,

new\_to\_cs date,

retailprice\_sk numeric(19,2) NULL,

vatrate\_sk numeric(19,2) NULL,

priority\_sk int NOT NULL,

internal\_order\_quantity\_sk int NOT NULL,

donotorder\_sk boolean NOT NULL,

hideprice\_sk boolean NOT NULL,

noreturn\_sk boolean NOT NULL,

nodiscount\_sk boolean NOT NULL,

new\_from\_sk date,

new\_to\_sk date,

retailprice\_ro numeric(19,2) NULL,

vatrate\_ro numeric(19,2) NULL,

priority\_ro int NOT NULL,

internal\_order\_quantity\_ro int NOT NULL,

donotorder\_ro boolean NOT NULL,

hideprice\_ro boolean NOT NULL,

noreturn\_ro boolean NOT NULL,

nodiscount\_ro boolean NOT NULL,

new\_from\_ro date,

new\_to\_ro date,

retailprice\_ua numeric(19,2) NULL,

vatrate\_ua numeric(19,2) NULL,

priority\_ua int NOT NULL,

internal\_order\_quantity\_ua int NOT NULL,

donotorder\_ua boolean NOT NULL,

hideprice\_ua boolean NOT NULL,

noreturn\_ua boolean NOT NULL,

nodiscount\_ua boolean NOT NULL,

new\_from\_ua date,

new\_to\_ua date,

retailprice\_pl numeric(19,2) NULL,

vatrate\_pl numeric(19,2) NULL,

priority\_pl int NOT NULL,

internal\_order\_quantity\_pl int NOT NULL,

donotorder\_pl boolean NOT NULL,

hideprice\_pl boolean NOT NULL,

noreturn\_pl boolean NOT NULL,

nodiscount\_pl boolean NOT NULL,

new\_from\_pl date,

new\_to\_pl date,

retailprice\_hu numeric(19,2) NULL,

vatrate\_hu numeric(19,2) NULL,

priority\_hu int NOT NULL,

internal\_order\_quantity\_hu int NOT NULL,

donotorder\_hu boolean NOT NULL,

hideprice\_hu boolean NOT NULL,

noreturn\_hu boolean NOT NULL,

nodiscount\_hu boolean NOT NULL,

new\_from\_hu date,

new\_to\_hu date,

available\_cs boolean NOT NULL,

available\_sk boolean NOT NULL,

available\_ro boolean NOT NULL,

available\_ua boolean NOT NULL,

available\_pl boolean NOT NULL,

available\_hu boolean NOT NULL

)

CREATE TABLE product\_vehicle

(

product\_id integer NOT NULL,

vehicle\_id integer NOT NULL

)

ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=utf8;

CREATE TABLE treenode\_product

(

treenode\_id integer NOT NULL,

treenodetype\_id integer NOT NULL,

product\_id integer NOT NULL,

is\_universal boolean NOT NULL

)

ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=utf8;

CREATE TABLE treenode

(

id integer NOT NULL,

treenodetype\_id integer NOT NULL,

parent\_id integer NULL,

parent\_treenodetype\_id integer NULL,

mptt\_min int NOT NULL,

mptt\_max int NOT NULL,

name\_cs varchar(100) NOT NULL,

name\_cs\_normalized varchar(100) NOT NULL,

name\_sk varchar(100) NOT NULL,

name\_sk\_normalized varchar(100) NOT NULL,

name\_ro varchar(100) NOT NULL,

name\_ro\_normalized varchar(100) NOT NULL,

name\_ru varchar(100) NOT NULL,

name\_ru\_normalized varchar(100) NOT NULL,

name\_pl varchar(100) NOT NULL,

name\_pl\_normalized varchar(100) NOT NULL,

name\_hu varchar(100) NOT NULL,

name\_hu\_normalized varchar(100) NOT NULL,

name\_en varchar(100) NOT NULL,

name\_en\_normalized varchar(100) NOT NULL

)

ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=utf8;

CREATE TABLE vehicle

(

id integer NOT NULL,

vehiclemodel\_id integer NOT NULL,

fueltype\_id integer,

axletype\_id integer,

bodytype\_id integer,

enginetype\_id integer,

drivetype\_id integer,

fuelmixturetype\_id integer,

vehicletype\_id integer NOT NULL,

year\_from date,

year\_to date,

name varchar(200),

kw integer,

hp integer,

cylinders smallint,

ccm integer,

gross\_weight\_tons integer,

nominal\_capacity smallint,

valves\_total smallint

)

ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=utf8;

Maria Indexy

<U+FEFF>ALTER TABLE product ADD PRIMARY KEY product\_pkey (id);

ALTER TABLE vehicle ADD PRIMARY KEY vehicle\_pkey (id);

ALTER TABLE treenode ADD PRIMARY KEY treenode\_pkey (id);

CREATE INDEX product\_vehicle\_product\_id\_idx ON product\_vehicle (product\_id);

CREATE INDEX product\_vehicle\_vehicle\_id\_idx ON product\_vehicle (vehicle\_id);

CREATE INDEX product\_supplier\_id\_idx ON product (supplier\_id);

CREATE INDEX product\_elitsupplier\_id\_idx ON product (elitsupplier\_id);

CREATE INDEX treenode\_treenodetype\_id\_idx ON treenode (treenodetype\_id);

CREATE INDEX treenode\_product\_treenode\_id\_idx ON treenode\_product (treenode\_id);

CREATE INDEX treenode\_product\_product\_id\_idx ON treenode\_product (product\_id);

CREATE INDEX treenode\_product\_treenodetype\_id\_idx ON treenode\_product (treenodetype\_id);

CREATE INDEX treenode\_parent\_id\_idx ON treenode (parent\_id);

CREATE INDEX treenode\_parent\_treenodetype\_id\_idx ON treenode (parent\_treenodetype\_id);

CREATE INDEX treenode\_mptt\_min\_idx ON treenode (mptt\_min);

CREATE INDEX treenode\_mptt\_max\_idx ON treenode (mptt\_max);

LOAD INDEX INTO CACHE product;

LOAD INDEX INTO CACHE product\_vehicle;

LOAD INDEX INTO CACHE vehicle;

LOAD INDEX INTO CACHE treenode;

LOAD INDEX INTO CACHE treenode\_product;

* 1. Postup

mysql> CREATE DATABASE test1 CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8\_general\_ci;$ mysql -u root -p test1 </tmp/mirek-db/mysql/mysql-create-table.sqlmysql> use test1

# MyIssam

load data infile '/tmp/mirek-db/mysql/product.txt' replace into table product;

Query OK, 740928 rows affected, 65535 warnings (22.06 sec),22.31, 20.68, 23.59, 25.28, 23.6, 22.38

Records: 740928 Deleted: 0 Skipped: 0 Warnings: 13377958

load data infile '/tmp/mirek-db/mysql/product\_vehicle.txt' replace into table product\_vehicle;

Query OK, 55252244 rows affected (30.98 sec), 35.02, 31.58, 34.75, 33.83, 41.35, 37.58

Records: 55252244 Deleted: 0 Skipped: 0 Warnings: 0

load data infile '/tmp/mirek-db/mysql/treenode.txt' replace into table treenode;

Query OK, 41573 rows affected (0.18 sec) 0.16, 0.18, 0.16, 0.17, 0.17

Records: 41573 Deleted: 0 Skipped: 0 Warnings: 0

load data infile '/tmp/mirek-db/mysql/treenode\_product.txt' replace into table treenode\_product;

Query OK, 1955081 rows affected (1.52 sec) 1.39, 1.41, 2.36, 1.38, 1.38, 1.37

Records: 1955081 Deleted: 0 Skipped: 0 Warnings: 0

load data infile '/tmp/mirek-db/mysql/vehicle.txt' replace into table vehicle;

Query OK, 66707 rows affected (0.23 sec) 0.97, 0.75, 0.40, 0.21, 0.22

Records: 66707 Deleted: 0 Skipped: 0 Warnings: 0

Vytvorenie a load indexov

mysql -u root -p test1 </tmp/mirek-db/mysql/mysql-indexes.sql

jednotlive selecty v příloze. Po kazdem selectu flush query cache; reset query cache

loadnuti novych indexu;

memory

The storage engine for the table doesn't support preload\_keys

Key caches not supported. Key caches are not supported for partitioned tables. The CACHE INDEX and LOAD INDEX INTO CACHE statements, when you attempt to use them on tables having user-defined partitioning, fail with the errors The storage engine for the table doesn't support assign\_to\_keycache and The storage engine for the table doesn't support preload\_keys, respectively.

U InnoDB

The storage engine for the table doesn't support preload\_keys

Vzpnout auto\_commit, jinak to trva dlouho

Postgres

V configuraku

Log\_min\_duration\_statement = 0 // puvodne bylo -1

Předpokládejme ze postgre cachuje jen provadeci plany

Z postgre se lip zjistujou statistiky

Vybirali jsme query, který mají kratkej vzpis, aby to nezpomalovalo. Nepouzivali jsme like a between, ackoli by to bylo v use casech vhodny, ale vyhledem k tomu, ze mezi porovnavanymi systémy jsou ruzne dbms, které mnohou jinak provádět nektere operace, byly tyto prikazy nahrayzenz jinými

Nejak jsem zanedbal vytvareni indexu…

* 1. Výsledky

1. Výběr
   1. Váhy kritérií výběru
   2. Výsledek
2. Závěr

Fakulta informatiky a statistiky

Katedra informačních technologií

Studijní program: Aplikovaná informatika

Obor: Informatika

Výběr open-source databázového systému pro katalog dílů

BAKALÁŘSKÁ práce

Student : Miroslav Čech

Vedoucí : Ing. Dušan Chlapek, Ph.D

Oponent : Jméno a příjmení s tituly

**2014**

# 

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu, ze které jsem čerpal.

V Praze dne den. měsíc 201x . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Jméno a příjmení studenta

# 

**Poděkování**

Zde je prostor pro vyjádření poděkování…………………………….

**Abstrakt**

Obsahuje zaměření a hlavní cíl práce, způsob dosažení cíle, přínos práce (vlastní příspěvek k řešenému tématu) a stručně popsanou strukturu práce.

**Klíčová slova**

Seznam nejvýznamnějších odborných výrazů charakterizujících téma závěrečné práce.

**Abstract**

Anglická verze abstraktu.

**Keywords**

seznam klíčových slov v anglickém jazyce.