

## PostgreSQL ve verzi 13-14

createdb jménodb

Vytvoří novou databázi

dropdb jménodb

odstraní existující databázi

psql jménodb<sup>1</sup>

spustí SQL konzoli

pg\_dump jménodb > jméno\_souboru

Vytvoří zálohu databáze

## SQL konzole – psql

Umožní zadání SQL příkazu a zobrazí jeho výsledek.

## Přehled důležitých příkazů

Každý příkaz začíná zpětným lomítkem "`"`" a není ukončen středníkem.

<code>\c jménodb</code>	přepnutí do jiné databáze
<code>\l</code>	zobrazí seznam databází
<code>\d objekt</code>	zobrazí popis objektu (tabulky, pohledu)
<code>\dt+</code>	zobrazí seznam tabulek
<code>\dv</code>	zobrazí seznam pohledů
<code>\df *filtr*</code>	zobrazí seznam funkcí
<code>\sf funkce</code>	zobrazí zdrojový kód funkce
<code>\i</code>	importuje soubor
<code>\h SQL</code>	zobrazí syntaxi SQL příkazu
<code>\?</code>	zobrazí seznam psql příkazů
<code>\q</code>	ukončí konzolu
<code>\x</code>	přepíná řádkové a sloupcové zobrazení
<code>\timing on</code>	zapíná měření času zpracování dotazu

## Konfigurace konzole

Soubor `.psqlrc`

```
\set QUIET on

\setenv PAGER less2
\setenv LESS '-iMSx4 -RSFX -e'
\pset pager always
\pset linestyle unicode
\pset null 'NULL'
\set FETCH_COUNT 1000
\set HISTSIZE 5000
\timing
\set HISTFILE ~/.psql_history-:DBNAME
\set HISTCONTROL ignoredups
\set PROMPT1 '%n%M:%>' [%/] > '
\set ON_ERROR_ROLLBACK on
\set AUTOCOMMIT off3

\set QUIET off
```

- 1 Nastavením systémové proměnné PGDATABASE lze určit implicitní databázi
- 2 Alternativním pagerem může být pager `pspg`: <https://github.com/okbob/pspg>
- 3 Doporučeno pro produkci – vynucuje potvrzení změn explicitním COMMITem. Po vypnutí `autocommitu` se psql bude chovat podobně jako konzole Oracle.

## Export a import dat

### Příkaz COPY

Pomocí příkazu COPY můžeme číst a zapisovat soubory na serveru (pouze superuser) nebo číst ze `stdin` a zapisovat na `stdout`. Podobný příkaz `\copy` v `psql` umožňuje číst a zapisovat soubory na klientském počítači.

Export tabulky zaměstnanci do CSV souboru

```
COPY zamestnanci TO '/tmp/zam.csv'
CSV HEADER
DELIMITER ';' FORCE QUOTE *;
```

Import tabulky zaměstnanci z domovského adresáře uživatele (v konzoli)

```
\copy zamestnanci from ~/zamestnanci.dta
```

### pg\_dump – zajímavé parametry

Příkaz `pg_dump` slouží k jednoduchému zálohování databáze<sup>4</sup>.

<code>-f</code>	specifikuje cílový soubor
<code>-a</code>	exportuje pouze data
<code>-s</code>	exportuje pouze definice
<code>-c</code>	odstraní objekty před jejich importem
<code>-C</code>	vloží příkaz pro vytvoření nové databáze
<code>-t</code>	exportuje pouze jmenovanou tabulku
<code>-T</code>	neexportuje uvedenou tabulku
<code>--disable-triggers</code>	během importu blokuje triggerry
<code>--inserts</code>	generuje příkazy INSERT místo COPY
<code>-Fc</code>	záloha je průběžně komprimovaná s dodatečnými meta informacemi <sup>5</sup>

## Základní konfigurace PostgreSQL

Soubor `postgresql.conf`

Po instalaci PostgreSQL je nutné nastavit několik málo konfiguračních parametrů, které ovlivňují využití operační paměti (výchozí nastavení je zbytečně úsporné).

```
shared_buffers = 2GB
```

velikost paměti pro uložení datových stránek (1/5..1/3 RAM<sup>6</sup>)

```
work_mem = 10MB
```

limit paměti pro běžnou manipulaci s daty (10..100MB)

```
maintenance_work_mem = 200MB
```

limit paměti pro údržbu (100MB ..)

```
effective_cache_size = 6GB
```

odhad objemu dat cache (2/3 RAM)

```
max_connections = 100
```

max počet přihlášených uživatelů (často zbytečně vysoké)

- 4 Příkaz `pg_dump` nezalohuje uživatele. K tomuto účelu se používá příkaz `pg_dumpall` s parametrem `-r`. Zálohování příkazem `pg_dump` je vhodné pro databáze do velikosti cca 50GB. Pro větší databáze je praktičtější použít jiné metody zálohování.
- 5 Pro obnovu je nutné použít `pg_restore`, obnovit lze i každou vybranou tabulku.
- 6 Doporučené hodnoty platí pro tzv dedikovaný server – tj počítač, který je vyhrazen primárně pro provoz databáze s 8GB RAM.

Mělo by platit<sup>7</sup>:

```
shared_buffers + 2 * work_mem * max_connection <= 2/3 RAM
shared_buffers + 2 * maintenance_work_mem <= 1/2 RAM
max_connections <= 10 * (počet_CPU)
```

Pokud dochází k intenzivnímu zápisu, může mít smysl zvýšit hodnotu `max_wal_size`. Pokud velikost transakčního logu přesáhne tuto hranici, dojde k provedení CHECKPOINTU. Vyšší hodnota znamená nižší frekvenci checkpointů a naopak. Výchozí hodnota 1GB je pro obvyklé použití dostatečná.

```
max_wal_size = 1GB
```

Po CHECKPOINTU lze zahodit transakční logy vztahené k času před CHECKPOINTem. Za optimální frekvenci CHECKPOINTŮ se považuje 5 – 15 min.

```
listen_addresses = '*'
```

A pro vzdálený přístup povolit TCP

## SQL

Nejdůležitějším SQL příkazem je příkaz SELECT. Při zápisu je nutné dodržovat pořadí jednotlivých klauzulí:

```
SELECT AVG(a.sloupec1), b.sloupec4
FROM tabulka1 a
JOIN tabulka2 b
ON a.sloupec1 = b.sloupec2
WHERE b.sloupec3 = 'něco'
GROUP BY b.sloupec4
HAVING AVG(a.sloupec1) > 100
ORDER BY 1
LIMIT 10
```

## Sjednocení, průnik, rozdíl relací

Pro relace (tabulky) existují operace sjednocení (UNION), průnik (INTERSECT) a rozdíl (EXCEPT). Častou operací je sjednocení relací – výsledků dvou příkazů SELECT – operace sloučí řádky (a zároveň odstraní případné duplicitní řádky). Podmínkou je stejný počet sloupců a konvertibilní datové typy slučovaných relací.

Vybere 10 nejstarších zaměstnanců bez ohledu zdali se jedná o interního nebo externího zaměstnance:

```
SELECT jmeno, prijmeni, vek
FROM zamestnanci
UNION8
SELECT jmeno, prijmeni, vek
FROM externi_zamestnanci
ORDER BY vek DESC9
LIMIT 10;
```

## LIMIT

Pomocí klauzule LIMIT můžeme omezit počet řádků výsledné relace. Kromě proprietární klauzule LIMIT je podporován ANSI FETCH FIRST. U tohoto zápisu můžeme použít frázi WITH TIES, která zajistí doplnění výsledku o řádky, které mají stejnou hodnotu ve výrazu ORDER BY jako poslední řádek určený FETCH FIRST n. Pokud použijete FETCH FIRST a OFFSET dohromady, pak klauzule OFFSET musí být uvedena před klauzulí FETCH FIRST:

- 7 Jedná se o orientační hodnoty určené pro počáteční konfiguraci “typického použití” databáze.
- 8 Při použití UNION ALL nedochází k odstranění duplicitních řádků – což může zrychlit vykonání dotazu.
- 9 Klauzule ORDER BY se aplikuje na výsledek algebraických operací

```
SELECT * FROM obce
ORDER BY pocet_muzu + pocet_zen
OFFSET 0 FETCH FIRST 10 ROWS WITH TIES
```

## CASE

Konstrukce CASE se používá pro transformace hodnot – zobrazení, bez nutnosti definovat vlastní funkce. Existují dva zápisy – první hledá konstantu, v druhém se hledá platný výraz:

```
SELECT CASE sloupec WHEN 0 THEN 'NE'
           WHEN 1 THEN 'ANO' END
FROM tabulka;
```

```
SELECT CASE WHEN sloupec = 0 THEN 'NE'
           WHEN sloupec = 1 THEN 'ANO' END
FROM tabulka;
```

V případě, že se nenajde hledaná konstanta a nebo že žádný výraz není pravdivý, tak je výsledkem hodnota za klíčovým slovem ELSE – nebo NULL, pokud chybí ELSE.

## Agregační funkce s definovaným pořadím

Výsledek novějších agregačních funkcí – string\_agg, array\_agg závisí na pořadí ve kterém se zpracovává agregovaná data. Proto je možné přímo v agregační funkci určit v jakém pořadí bude agregační funkce načítat hodnoty. **Klauzule ORDER BY musí být za posledním argumentem agregační funkce.**

Vrátí seznam zaměstnanců v každém oddělení řazený podle příjmení:

```
SELECT sekce_id, string_agg(prijmeni, ',' ORDER BY prijmeni)
FROM zamestnanci
GROUP BY sekce_id
```

## Agregační funkce nad uspořádanou množinou

Tato speciální syntax se používá pouze pro funkce, jejichž výpočet vyžaduje seřazená data (např. výpočet percentilů). Následující dotaz zobrazí medián (50% percentil) mzdy zaměstnanců.

```
SELECT percentile_cont(0.5th) WITHIN GROUP (ORDER BY mzda)
FROM zamestnanci
```

## Poddotazy

Příkaz **SELECT** může obsahovat vnořené příkazy SELECT. Vnořené příkaz SELECT se nazývá **poddotaz** a vkládá se do obých závorek. Poddotazy se mohou použít i u dalších SQL příkazů.

## Poddotaz ve WHERE

Používá se pro filtrování – následující dotaz zobrazí obce z okresu Benešov:

```
SELECT nazev
FROM obce o
WHERE o.okres_id = (SELECT id
                   FROM okresy
                   WHERE kod = 'BN')
```

## Korelované poddotazy

Poddotaz se může odkazovat na výsledek, který produkuje vnější dotaz.

Pro každého zaměstnance zobrazí seznam jeho dětí:

```
SELECT jmeno, prijmeni,
       (SELECT string_agg(jmeno, ',')
        FROM deti d
         WHERE d.zamestnanec_id = z.id)
FROM zamestnanci z
```

Zobrazí zaměstnance, kteří mají děti:

```
SELECT jmeno, prijmeni
FROM zamestnanci z
WHERE EXISTS(SELECT id
             FROM deti d
             WHERE d.zamestnanec_id = z.id)
```

Zobrazí z každého oddělení dva nejstarší zaměstnance (více násobné použití tabulky)

```
SELECT jmeno, prijmeni
FROM zamestnanci z1
WHERE vek IN (SELECT vek
              FROM zamestnanci z2
              WHERE z2.sekce_id = z1.sekce_id
              ORDER BY vek DESC
              LIMIT 2)
```

## Spojení relací<sup>11</sup> JOIN

Příkaz JOIN spojuje relace (tabulky) vedle sebe a to na základě stejných hodnot v jednom nebo více atributech (sloupcích). Každé spojení specifikuje dvě relace (spojkou je klíčové slovo JOIN) a podmínku, která určuje, jak se tyto relace budou spojovaly (zapsanou za klíčovým slovem ON).

## Vnitřní spojení relací – INNER JOIN

Nejčastější varianta – do výsledku se zahrnou pouze řádky, které se podařilo dohledat v obou relacích (stejně hodnota/hodnoty) se našly v obou tabulkách.

Zobrazí jméno dítěte a jméno rodiče (zaměstnance) – v případě, že má zaměstnanec více dětí, tak jeho jméno bude uvedeno opakovaně:

```
SELECT d.jmeno, d.prijmeni, z.jmeno, z.prijmeni
FROM deti d
JOIN zamestnanci z
ON d.zamestnanec_id = z.id
```

## Vnější spojení relací – OUTER JOIN

Jedná se o rozšíření vnitřního spojení – kromě řádků, které se spárovaly se do výsledku zařadí i nespárované řádky z tabulky nalevo od slova JOIN (LEFT JOIN) nebo napravo od slova JOIN (RIGHT JOIN). Chybějící hodnoty se nahradí hodnotou NULL.

Často se používá dohromady s testem na hodnotu NULL – operátorem IS NULL<sup>12</sup>. Tím se vyberou nespárované řádky – např. pro zobrazení zaměstnanců, kteří nemají děti, lze použít dotaz:

```
SELECT z.jmeno, z.prijmeni
FROM zamestnanci z
LEFT JOIN deti d
ON z.id = d.zamestnanec_id
WHERE d.id IS NULL.
```

## Použití derivované tabulky

Poddotaz se může objevit i v klauzuli FROM – pak jej označujeme jako derivovaná tabulka<sup>13</sup>.

11 Tabulka je relací. Výsledek SQL dotazu je relací. Tudíž příkaz SELECT můžeme aplikovat na tabulku nebo i na výsledek jiného příkazu SELECT.

12 Pro hodnotu NULL není možné použít operátor =.

13 SELECT ze SELECTu

I derivovanou tabulku lze spojit s běžnými tabulkami (obojí je relací).

Následující příklad zobrazí seznam nejstarších zaměstnanců z každého oddělení:

```
SELECT z.jmeno, z.prijmeni
FROM zamestnanci z
JOIN (SELECT sekce_id, MAX(vek) AS vek
      FROM zamestnanci
      GROUP BY sekce_id) s
ON z.sekce_id = s.sekce_id
AND z.vek = s.vek
```

## Dotazy s LATERAL relacemi

Klauzule LATERAL umožňuje ke každému záznamu relace X připojit výsledek poddotazu (derivované tabulky), uvnitř kterého je možné použít referenci na relaci X. Místo derivované tabulky lze použít funkci, která vrací tabulku, a pak atribut(y) z relace X může být argumentem této funkce.

Pro každý záznam z tabulky a vrátí všechny záznamy z tabulky b, pro které platí, že atribut a je větší než dvojnásobek atributu b.

```
SELECT *
FROM a,
      LATERAL (SELECT *
              FROM b
              WHERE a.a > 2 * b.b) x;
```

Pro každou hodnotu vrátí součet všech kladných celých čísel menší rovno této hodnotě:

```
SELECT a, sum(i)
FROM a,
      LATERAL generate_series(1, a) g(i)
GROUP BY a
ORDER BY i;
```

LATERAL join lze využít pro efektivní provedení úlohy nalezení top N pro každou skupinu:

```
SELECT *
FROM okresy,
      LATERAL (SELECT *
              FROM obce
              WHERE obce.okres_id = okresy.id
              ORDER BY pocet_obyvatele DESC
              LIMIT 3);
```

## Analytické (window) funkce

Analytické funkce se počítají pro každý prvek definované podmnožiny, např. pořadí prvku v podmnožině. Na rozdíl od agregačních funkcí se podmnožiny nedefinují klauzulí GROUP BY, ale klauzulí PARTITION hned za voláním analytické funkce (v závorce za klíčovým slovem OVER). Mezi nejčastěji používané analytické funkce bude patřit funkce row\_number (číslo řádku) nebo ranking (pořadí hodnoty), případně dense\_rank a percent\_rank.

Pozor – pro analytické funkce nelze použít klauzuli HAVING – filtrování hodnot se řeší použitím derivované tabulky.

Následující dotaz vybere deset nejdéle zaměstnaných pracovníků (na základě porovnání osobních čísel):

```
SELECT jmeno, prijmeni
FROM (SELECT rank() OVER (ORDER BY id),
        jmeno, prijmeni
      FROM zamestnanci
      WHERE ukonceni_prac_pomeru IS NULL) s
WHERE s.rank <= 10
```

Zobrazení dvou nejstarších zaměstnanců z každého oddělení:

10 Rozšíření vůči ANSI/SQL umožňuje zadat více parametrů jako pole – výsledkem je opět pole.

```
SELECT jmeno, prijmeni
FROM (SELECT rank() OVER (PARTITION BY sekce_id
ORDER BY vek DESC),
jmeno, prijmeni
FROM zamestnanci) s
WHERE s.rank <= 2
```

Seznam tří nejlépe hodnocených pracovníků z každého oddělení:

```
SELECT jmeno, prijmeni
FROM (SELECT rank() OVER (PARTITION BY sekce_id
ORDER BY hodnoceni),
jmeno, prijmeni, hodnoceni, sekce_id
FROM zamestnanci) s
WHERE s.rank <= 2
ORDER BY sekce_id, hodnoceni
```

O síle analytických funkcí nás může přesvědčit následující příkaz. V tabulce *statistics* se ukládají aktuální hodnoty čítačů množství vložených, aktualizovaných a odstraněných řádek. Odečet čítačů se provádí každých 5 minut. Následující dotaz zobrazí počet vložených, aktualizovaných a odstraněných řádek pro každý interval:

```
SELECT dbname, time,
tup_inserted - lag(tup_inserted) OVER w as tup_inserted,
tup_updated - lag(tup_updated) OVER w as tup_updated,
tup_deleted - lag(tup_deleted) OVER w as tup_deleted,
FROM statistics WINDOW w AS (PARTITION BY dbname,
ORDER BY time)
```

## Počítání klouzavých průměrů, součtů

Díky analytickým funkcím není komplikované počítat klouzavou agregovanou hodnotu. Rozsah (okno) může být určeno klíčovými slovy: *RANGE* (maximálním rozdílem hodnot<sup>14</sup>), *ROWS* (počtem řádků) a *GROUPS* (počet unikátních hodnot):

```
SELECT ti,
count(*) OVER (ORDER BY ti
RANGE BETWEEN '30min' PRECEDING
AND '30min' FOLLOWING
FROM data;
```

## Common Table Expressions – CTE

Pomocí CTE můžeme dočasně (v rámci jednoho SQL příkazu) definovat novou relaci a na tuto relaci se můžeme opakovaně odkazovat.

## Nerekurzivní CTE

CTE klauzule umožňuje řetězení (pipelining) SQL příkazů (archivuje zrušené záznamy):

```
WITH t1 AS (DELETE FROM tabulka RETURNING *),
t2 AS (INSERT INTO archiv SELECT * FROM t1 RETURNING *)
SELECT * FROM t2;
```

Vrací čísla dělitelná 2 a 3 beze zbytku z intervalu 1 až 20 (zabíráje opakovanému výpočtu):

```
WITH iterator AS (SELECT i FROM generate_series(1,20) g(i))
SELECT * FROM iterator WHERE i % 2 = 0
UNION
SELECT * FROM iterator WHERE i % 3 = 0
ORDER BY 1;
```

V PostgreSQL mohou relace vzniknout i na základě DML příkazů (INSERT, UPDATE, DELETE).

```
WITH upsert17 AS (UPDATE target t SET c = s.c
FROM source s
WHERE t.id = s.id
RETURNING s.id)
INSERT INTO target
SELECT *
FROM source s
WHERE s.id NOT IN (SELECT id
FROM upsert)
```

## Rekurzivní CTE

Lokální relace vzniká jako výsledek iniciálního SELECTU *S1*, který vrací kořen a opakovaného volání SELECTU *S2*, který vrací všechny potomky uzlů, které byly dohledány v předchozí iteraci. Rekurse končí, pokud výsledkem *S2* je prázdná relace:

```
WITH RECURSIVE ti
AS (SELECT S1
UNION ALL
SELECT S2
FROM tabulka t
JOIN ti
ON t.parent = ti.id)
SELECT *
FROM ti;
```

Zobrazí seznam všech zaměstnanců, kteří jsou přímo nebo nepřímo podřízeni zaměstnanci *s.id = 1* (včetně hloubky rekurze):

```
WITH RECURSIVE os
AS (SELECT , 1 AS hloubka
FROM zamestnanci
WHERE id = 1
UNION ALL
SELECT z.*, hloubka + 1
FROM zamestnanci z
JOIN os
ON z.nadrizeny = os.id)
SELECT *
FROM os;
```

Za CTE výraz můžeme přidat klauzuli *CYCLE*<sup>18</sup> se seznamem sloupců, na kterých se má detekovat cyklus (nalezení duplicitních hodnot), klauzulí *SET*, ve které můžeme nastavit libovolný sloupec při detekci cyklu, a klauzulí *USING*, kterou definujeme název sloupce, ve které se drží historie průchodů:

```
WITH RECURSIVE dest AS ()
CYCLE departure, arrival SET is_cycle USING path
SELECT * FROM dest
```

Obdobně jako klauzulí *CYCLE* vytváříme hodnotu použitou k detekci cyklů, tak klauzulemi *SEARCH DEPTH FIRST* a *SEARCH BREADTH FIRST* si můžeme vytvořit hodnotu, a pokud podle ní budeme řadit, tak dostaneme výstup odpovídající prohledávání grafu do hloubky nebo do šířky:

```
WITH RECURSIVE dest AS ()
SEARCH BREADTH FIRST BY departure, arrival SET ordercol
SELECT * FROM dest ORDER BY ordercol
```

## GROUPING SETS

Klauzule *GROUPING SETS* zajistí vícenásobnou agregaci podle daného seznamu. klauzule *CUBE* vytvoří všechny kombinace z daného seznamu, klauzule *ROLLUP*<sup>19</sup> vytvoří agregace implementující drilování dat podle zadaného seznamu.

```
SELECT a,b, sum(x) FROM foo GROUP BY20 GROUPING SETS(a,b,())
```

je ekvivalentem dotazu

```
SELECT a, NULL, sum(x) FROM foo GROUP BY a
UNION ALL SELECT NULL, b, sum(x) FROM foo GROUP BY b
UNION ALL SELECT NULL, NULL, sum(x)
```

*CUBE* a *ROLLUP* se převádějí na *GROUPING SETS*:

```
CUBE(a, b) GROUPING SETS((a,b), a, b, ())
ROLLUP(a, b) GROUPING SETS((a,b), a, ())
```

Zobrazí prodeje podle lokality a názvu, podle lokality a prodeje celkem:

```
SELECT lokalita, nazev, sum(prodej)
FROM data_prodeje
GROUP BY ROLLUP(lokalita, nazev)
```

## Ostatní SQL příkazy

### INSERT

Jednoduchý INSERT s vložením defaultní hodnoty

```
INSERT INTO tab1(id, t) VALUES(DEFAULT, '2012-12-16');
```

Vícenásobný INSERT

```
INSERT INTO tab2(a, b) VALUES(10,20), (30,40)
```

INSERT SELECT – vloží výsledek dotazu včetně aktuálního času

```
INSERT INTO statistics
SELECT CURRENT_TIMESTAMP, *
FROM pg_stat_user_tables
```

### UPDATE

Aktualizace na základě dat z jiné tabulky

```
UPDATE zamestnanci z
SET mzda = n.mzda
FROM novy_vymer n
WHERE z.id = n.id
```

### DELETE

Příkaz DELETE odstraňuje záznamy z tabulky

```
DELETE FROM produkty
WHERE id IN (SELECT id
FROM ukoncene_produkty)
```

Častou úlohou je odstranění duplicitních řádek:

```
DELETE FROM lidi l
WHERE ctid21 <> (SELECT ctid
FROM lidi
WHERE prijmeni=l.prijmeni
AND jmeno=l.jmeno
LIMIT 1);
```

14 Funkce *lag* vrací předchozí hodnotu atributu v podmnožině.

15 Příklad obsahuje ukázkou sdílené definice okna (podmnožiny) *w*.

16 Vhodné pro typ *timestamp* - okno může být definováno např. 1h, 30min, ...

17 V případě, že záznam existuje, provede UPDATE, jinak INSERT.

18 Od verze 14

19 Implementace této klauzule je velice úspěšná

20 Od verze 14 je zde možné použít klíčové slovo *DISTINCT* pro redukci duplicitních agregačních výrazů.

21 *Ctid* je fyzický identifikátor záznamu – v podstatě je to pozice záznamu v datovém souboru. Hodí se pouze pro některého úlohy, neboť po aktualizaci má záznam jiné *ctid*.

## INSERT ON CONFLICT DO

Pomocí klauzule `ON CONFLICT DO` příkazu `INSERT` můžeme propojit příkazy `INSERT` a `UPDATE` do jednoho příkazu. Touto klauzulí se zavádí nový alias `EXCLUDED` pro kolizní vkládaný řádek.

Následující příkaz vloží obsah tabulky `boo` do tabulky `foo`. Neudělá nic, pokud se vložená hodnota `x` neliší od již existující:

```
INSERT INTO foo
SELECT * FROM boo
ON CONFLICT (id) DO
UPDATE foo SET x = excluded.x
WHERE x IS DISTINCT FROM excluded.x;
```

## Rozšiřující statistiky

Rozšiřující statistiky vytváříme příkazem `CREATE STATISTICS`. Aktuálně jsou podporovány víceloupcové statistiky, a funkcionální statistiky<sup>22</sup>.

```
CREATE STATISTICS s123 ON (pocet_muzu + pocet_zen) FROM obce;
CREATE STATISTICS s224 ON pocet_muzu, pocet_zen FROM obce;
```

## Často používané funkce a operátory

<code>substr('ABC' FROM 1 FOR 2)</code>	vrátí podřetězec
<code>upper('ahoj')</code>	převéde text na velká písmena
<code>lower('AHOJ')</code>	převéde text na malá písmena
<code>to_char(now(), 'DD.MM.YY')</code>	formátuje datum
<code>to_char(now(), 'HH24:MI:SS')</code>	formátuje čas
<code>trim(' aa ')</code>	odstraní krajní mezery
<code>EXTRACT(dow FROM now())</code>	vrátí den v týdnu
<code>EXTRACT(day FROM now())</code>	vrátí den v měsíci
<code>EXTRACT(month FROM now())</code>	vrátí měsíc
<code>EXTRACT(year FROM now())</code>	vrátí rok
<code>date_trunc('month', now())</code>	vrátí nejbližší začátek období
<code>COALESCE(a,b,c)</code>	vrátí první ne NULL hodnotu
<code>array_lower(a, 1)</code>	vrátí spodní index pole nté dimenze
<code>array_upper(a,1)</code>	vrátí horní index pole nté dimenze
<code>random()</code>	vrátí pseudonáhodné číslo [0..1)
<code>generate_series(l,h)</code>	generuje posloupnost od l do h
<code>array_to_string(a, ',')</code>	serializuje pole
<code>string_to_array(a, ',')</code>	parsuje řetězec do pole
<code>string_agg(a, ',')</code>	agreguje do seznamu hodnot
<code>concat('A',NULL,'B')</code>	spojuje řetězce, ignoruje NULL
<code>concat_ws(',','A',NULL,'B')</code>	spojuje řetězce daným separátorem
<code>start_with('Ahoj', 'Ah')</code>	test prefixu
<code>'Hello'    'World'</code>	spojuje řetězce (citlivé na NULL)
<code>10 IS NULL</code>	test na NULL
<code>10 IS NOT NULL</code>	negace testu na NULL
<code>10 IS DISTINCT FROM 20</code>	NULL bezpečný test na neekvivalenci
<code>10 IS NOT DISTINCT FROM 20</code>	NULL bezpečný test na ekvivalenci
<code>row_number()</code>	číslo řádku v podmnožině
<code>rank()</code>	pořadí v podm. – nesouvislá řada
<code>dense_rank()</code>	pořadí v podm. – souvislá řada
<code>lag(a, 1, -1)</code>	n-tá předchozí hodnota v podm.

`lead(a, 1, -1)` n-tá následující hodnota v podm.  
`ntile(10)` vrací číslo podmnožiny z n skupin<sup>25</sup>

`nazev ~ 'xx$'` test na regulární výraz (citlivé na velikost písmen)  
`název ~* 'xx$'` test na regulární výraz (bez ohledu na velikost písmen)  
`název ^@ 'prefix'` test prefixu

Přibližné dohledání mediánu:

```
SELECT max(a)
FROM (SELECT a, ntile(2) OVER (ORDER BY a)
FROM a) x
WHERE ntile = 1;
```

## Monitoring

### Offline

Základní úkolem je monitorování pomalých dotazů<sup>26</sup>, popřípadě monitorování událostí, které jsou obvykle spojeny s výkonnostními problémy.

```
log_min_duration_statement = 200
```

zapiše dotaz, který běžel déle než 200 ms

```
log_lock_waits = on
```

zaloguje čekání na zámek delší než detekce deadlocku (1 sec)

```
log_temp_files = 1MB
```

zaloguje vytvoření dočasných souborů většího než 1MB<sup>27</sup>

### Online

Dotazy do systémových tabulek můžeme zjistit aktuální stav a provoz databáze, případně využití jednotlivých databázových objektů.

Stav otevřených spojení (přihlášených uživatelů do db)

```
SELECT * FROM pg_stat_activity;
```

Přerušení všech dotazů běžících déle než 5 min

```
SELECT pg_cancel_backend(pid)
FROM pg_stat_activity
WHERE current_timestamp - query_start > interval '5 min';
```

Využití jednotlivých db (včetně aktuálně přihlášených uživatelů k db)

```
SELECT * FROM pg_stat_database;
```

Využití tabulek<sup>28</sup> (počet čtení, počet zápisů, ...)

```
SELECT * FROM pg_stat_user_tables;
```

Využití IO, cache vztažené k tabulkám

```
SELECT * FROM pg_statio_user_tables;
```

Po instalaci doplňku `pg_buffercache` můžeme monitorovat obsah PostgreSQL cache. Funkce z doplňku `pgstattuple` umožňují provést nízkoodrůvňovou diagnostiku datových souborů tabulek a indexů.

25 Rozdělí množinu do n podobně velkých podmnožin. Lze použít pro orientační určení mediánu a kvantilů.

26 Pro analýzu pomalých dotazů lze použít `pgFouine` nebo `pgbadger`. K monitorování lze použít extenze `auto_exp_lain` (zapiše do logu prováděcí plán pomalého dotazu)

27 Velké množství dočasných souborů může signalizovat nízkou hodnotu `work_mem`.

28 Pro indexy - `pg_stat_user_indexes`

## PL/pgSQL

PL/pgSQL je jednoduchý programovací jazyk vycházející z PL/SQL (Oracle) a potažmo ze zjednodušeného programovacího jazyka ADA. Je těsně spjat s prostředím PostgreSQL – k dispozici jsou pouze datové typy, které nabízí PostgreSQL a operátory a funkce pro tyto typy. Je to ideální lepidlo pro SQL příkazy, které mohou být vykonány na serveru, čímž se odbourávají latence způsobené sítí a protokolem.

## Základní funkce

Funkce slouží k získání výsledku nebo provedení nějaké operace nad daty. Funkce v PostgreSQL mohou vracet skalární hodnotu (jeden atribut), záznam (více atributů), pole, případně tabulku. Uvnitř funkcí nelze používat explicitně řízení transakcí<sup>29</sup>.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION novy_zamestnanec(jmeno text,
                                           plny_uvazek boolean)
```

```
RETURNS void AS $$
BEGIN
IF plny_uvazek THEN
INSERT INTO zamestnanci
VALUES(novy_zamestnanec.jmeno);
ELSE
INSERT INTO externisti
VALUES(novy_zamestnanec.jmeno);
END IF;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

```
SELECT novy_zamestnanec('Stehule', true);
SELECT novy_zamestnanec(jmeno => 'Stehule', true);
```

### Iterace nad výsledkem dotazu

V některých případech potřebujeme zpracovat výsledek dotazu – iterace `FOR SELECT` nám umožňuje provést určitý proces nad každým záznamem vrácené relace (pozor – v případě, že lze iteraci nahradit jedním čitelným SQL příkazem, měli bychom preferovat jeden SQL příkaz):

```
DECLARE r record;
BEGIN
FOR r IN SELECT * FROM pg_database
LOOP
RAISE NOTICE30 '%', r;
END LOOP;
END;
```

### Provedení akce pokud hodnota existuje

Jedná se o typický vzor, kde je začátečnickou chybou rozhodovat nad počtem záznamů – což může být řádově dražší úloha než test na existenci hodnoty:

```
BEGIN
IF EXISTS(SELECT 1
          FROM zamestnanci z
          WHERE z.jmeno = _jmeno
          FOR UPDATE31)
THEN
...
END IF;
END;
```

29 Používají se pouze subtransakce (implicitní) a to k zajištění ošetření zachycení výjimky.

30 Zobrazí text na ladicí výstup.

31 Pozor na případnou **RACE CONDITION**.

22 Statistky nad výrazy

23 Funkcionální statistika od verze Postgres 14

24 Víceloupcová statistika v tomto případě obsahující `ndistinct`, korelace (funkční závislosti) a více dimenzionální MCV (Most Common Values)

## Ošetření chyby

PL/pgSQL vytváří subtransakci pro každý chráněný blok<sup>32</sup> – v případě zachycení výjimky je tato subtransakce automaticky odvolána:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION fx(a int, b int)
RETURNS int AS $$
BEGIN
    RETURN a / b;
EXCEPTION WHEN division_by_zero THEN
    RAISE EXCEPTION 'delení nulou';
END;
$$ LANGUAGE plpgsql IMMUTABLE STRICT;
```

## Funkce s defaultními parametry

PostgreSQL podporuje defaultní hodnoty parametrů funkce – při volání funkce, lze parametr, který má přiřazenou defaultní hodnotu vynechat. Následující funkce vrátí tabulku existujících databází – a v případě, že parametr vynecháme, tak tabulku databází aktuálního uživatele:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION dblist(username text
                                DEFAULT CURRENT_USER)
RETURNS SETOF text AS $$
BEGIN
    RETURN QUERY SELECT datname::text
                  FROM pg_database d
                  WHERE pg_catalog.pg_get_userbyid(d.datdba)
                    = username;
RETURN;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT * FROM dblist('postgres');
SELECT * FROM dblist(username => 'postgres');
SELECT * FROM dblist();
```

## Variadické funkce

Variadická funkce je funkce s proměnlivým počtem parametrů. Posledním parametrem této funkce je tzv variadický parametr typu pole.

Následující ukázka je vlastní implementace funkce *least* – získání minimální hodnoty ze seznamu hodnot:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION myleast(VARIADIC numeric[])
RETURNS numeric AS $$
    SELECT MIN(v)
    FROM unnest($1) g(v);
$$ LANGUAGE sql;
```

Zde se nejedná o PL/pgSQL funkci, ale o SQL funkci – pro triviální funkce je vhodnější používat tento jazyk:

```
SELECT myleast(10,1,2);
SELECT myleast(VARIADIC ARRAY[10,1,2])
```

## Polymorfní funkce

Polymorfní funkce jsou generické funkce, navrženy tak, aby byly funkční s libovolným datovým typem. Místo konkrétního typu parametru použijeme generický typ – ANYELEMENT, ANYARRAY, ANYNONARRAY, ANYRANGE a ANYENUM (případně ANYCOMPATIBLE, ANYCOMPATIBLEARRAY, ANYCOMPATIBLENONARRAY, ANYCOMPATIBLERANGE).

Generická funkce *myleast* by mohla vypadat následujícím způsobem:

32 Vytvoření subtransakce má určitou režii – pozor na použití v cyklu, a nepoužívat, když není nezbytně nutné

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION myleast(VARIADIC ANYCOMPATIBLEARRAY)
RETURNS ANYELEMENT AS $$
    SELECT MIN(v)
    FROM unnest($1) g(v);
$$ LANGUAGE sql;
```

## SECURITY DEFINER funkce

Kód funkce v PostgreSQL běží s právy uživatele, který danou funkci aktivoval<sup>33</sup> (podobné je to i u triggerů). Toto chování lze změnit – pomocí atributu funkce SECURITY DEFINER. Tato technika se používá v situacích, kdy dočasně musíme zpřístupnit data, ke kterým běžně není přístup.

Následující funkci musí zaregistrovat (tím se stane jejím vlastníkem) uživatel s přístupem k tabulce *users*:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION verify_login(usrname text,
                                       password text)
RETURNS boolean AS $$
BEGIN
    IF EXISTS(SELECT *
              FROM users u
              WHERE u.passwd = md5(verify_login.password)
                AND u.name = verify_login.usrname)
    THEN
        RETURN true;
    ELSE
        RAISE WARNING 'unsuccessful login: %', usrname;
        PERFORM pg_sleep(random() * 3);
        RETURN false;
    END;
END;
$$ SECURITY DEFINER
LANGUAGE plpgsql;
```

Výhodou tohoto řešení je skutečnost, že i když útočník dokáže kompromitovat účet běžného uživatele, nezíská přístup k tabulce *users*.

## Triggery

Triggrem se v PostgreSQL myslí vazba mezi určitou událostí a jednou konkrétní funkcí. Pokud ta událost nastane, tak se vykoná dotyčná funkce. Triggerem můžeme sledovat změny dat v tabulkách (klasické BEFORE, AFTER trigger), pokus o změnu dat v pohledu (INSTEAD OF trigger), případně změny v systémovém katalogu (EVENT trigger).

Nejčastěji používané jsou BEFORE, AFTER triggery volané po operacích INSERT, UPDATE a DELETE. Vybrané funkce se mohou spouštět pro každý příkazem dotčený řádek (ROW trigger) nebo jednou pro příkaz (STATEMENT trigger). U řádkových triggerů máme k dispozici proměnnou NEW a OLD, obsahující záznam před provedením a po provedení příkazu. Modifikací proměnné NEW můžeme záznam měnit (v BEFORE triggeru). V době provedení funkcí BEFORE triggerů je dotčený záznam ještě v nezměněné podobě. Funkce AFTER triggerů se volají v době, kdy tabulka obsahuje nové verze všech záznamů<sup>34</sup>.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION pridej_razitko()
RETURNS trigger AS $$
BEGIN
    NEW.vlozeno := CURRENT_TIMESTAMP;
    NEW.provedl := SESSION_USER;
    RETURN NEW;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

33 Toto chování je podobné přístupu k uživatelským právům v Unixu. Pozor – prakticky ve všech ostatních db (včetně ANSI SQL) je to jinak – kód uvnitř funkce je vykonáván s právy vlastníka funkce.

34 AFTER triggery používáme, když potřebujeme vidět změny v tabulce. Provádějí se až po vložení, aktualizaci, odstranění všech řádků realizovaných jedním SQL příkazem a jsou proto o něco málo náročnější než BEFORE triggery – musí se udržovat fronta nevyhodnocených AFTER triggerů.

```
CREATE TRIGGER orazitkuj_zmenu_zamestnanci
BEFORE INSERT OR UPDATE ON zamestnanci
FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE pridej_razitko();
```

## Statement trigger

Ve verzi 10 už je možné prakticky používat statement triggery díky tzv přechodovým (transition) tabulkám. V nich jsou k dispozici změny, které provedl příkaz, který nastartoval trigger. Přechodové tabulky jsou k dispozici pouze pro AFTER trigger.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION audit()
RETURNS trigger AS $$
BEGIN
    INSERT INTO audit SELECT * FROM new_table;
    RETURN NULL;
END;

CREATE TRIGGER audit_trg
AFTER INSERT ON tab
REFERENCING NEW TABLE AS new_table
FOR EACH STATEMENT EXECUTE PROCEDURE audit();
```

## Event trigger

Event trigger je trigger, který je aktivován změnou systémového katalogu (např. přidáním tabulky, přidáním funkce, odstraněním uživatele). U těchto triggerů jsou následující události: ddl\_command\_start, ddl\_command\_end<sup>35</sup>, table\_rewrite a sql\_drop<sup>36</sup>.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION drop_trg_func()
RETURNS event_trigger AS $$
DECLARE r RECORD;
BEGIN
    FOR r IN
        SELECT * FROM pg_event_trigger_dropped_objects()
    LOOP
        RAISE NOTICE 'dropped object: %', r;
    END LOOP;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE EVENT TRIGGER on_drops_trg
ON SQL_DROP
EXECUTE PROCEDURE drop_trg_func();
```

k dispozici jsou automatické proměnné tg\_tag a tg\_event.

## Procedury

Novinkou v PostgreSQL 11 jsou procedury aktivované příkazem CALL. Díky tomu, že nejsou volány příkazem SELECT, který musí běžet v rámci transakce, tak v proceduře můžeme<sup>37</sup> explicitně ukončovat transakce příkazy COMMIT a ROLLBACK.

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE foo(INOUT a int)
AS $$
BEGIN
    a := 1;
    INSERT INTO tab1 VALUES(1);
    COMMIT;
    INSERT INTO tab1 VALUES(a + 1);
    ROLLBACK;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

35 Změny katalogu vrací tabulková funkce pg\_event\_trigger\_ddl\_commands().

36 Seznam rušených objektů vrací funkce pg\_event\_trigger\_dropped\_objects().

37 Za předpokladu, že procedura není volána z funkce, která je spuštěna příkazem SELECT.

```
CALL foo(10);
```

Procedury mohou modifikovat INOUT parametry.

## Kontrola SQL identifikátorů

Při registraci funkce se provede syntaktická kontrola vložených SQL příkazů. Nekontroluje se správnost identifikátorů<sup>38</sup>. Pro kontrolu identifikátorů musíme funkci (proceduru) spustit, a dotazy nechat vykonat. V mnoha případech postačí statická analýza pomocí extenze plpgsql\_check<sup>39</sup>:

```
CREATE EXTENSION plpgsql_check;
SELECT * FROM plpgsql_check_function('novy_zamestnanec');
```

Kromě jiného statická analýza provedená touto extenzí může identifikovat problémové operace z hlediska výkonu, bezpečnosti (detekce SQL injection), nebo nepoužívané proměnné nebo mrtvý kód.

## Profiling

U pomalejších nebo častěji používaných funkcí bychom měli vědět o úzkých hrdlech kódu funkce (procedury). Nejjednodušším nástrojem pro profilování kódu je statistika četnosti a doby volání funkcí v pohledu pg\_stat\_user\_functions<sup>40</sup>.

Pro detailnější pohled (na úrovni jednotlivých příkazů) je nutné nainstalovat externí profiler. K dispozici jsou dva – plProfiler<sup>41</sup> a integrovaný profiler v plpgsql\_check.

Profiler z extenze plpgsql\_check se aktivuje nastavením konfigurační proměnné plpgsql\_check\_profiler. Po vykonání libovolné funkce v PlpSQL se můžeme podívat na její profil:

```
SET plpgsql_check_profiler TO ON;
SELECT novy_zamestnanec('Stehule', true);
SELECT * FROM plpgsql_profiler_function('novy_zamestnanec');
```

## Partitioning

Partitioning umožňuje rozdělit data v relaci do definovaných fyzicky oddělených disjunktních podmnožin. Později, při zpracování dotazu se použijí pouze ty partitions, které jsou pro zpracování dotazu nezbytné.

## Dědičnost relací

Velice specifickou vlastností PostgreSQL je částečná podpora OOP – podpora dědičnosti. Relace může být vytvořena děděním jiné relace. Relace potomka obsahuje atributy rodiče a případně další. Relace rodiče obsahuje všechny záznamy relací, které vznikly jejím přímým nebo nepřímým podděděním. Například z relace *lidé* (*jméno*, *příjmení*) poddědím relace *studenti* (*jméno*, *příjmení*, *obor*) a *zaměstnanci* (*jméno*, *příjmení*, *zařazení*). Dotaz do relace *lidé* zobrazí jak všechny studenty tak všechny zaměstnance.

```
CREATE TABLE lidé(jmeno text, prijmeni text);
CREATE TABLE studenti(obor text) INHERITS (lidé);
CREATE TABLE zamestnanci(zarazeni text) INHERITS (lidé);
```

Partition je v PostgreSQL podděšená relace (tabulka) s definovaným omezením. Toto omezení by mělo časově invariantní (tj neměl bych se snažit o partition pro „posledních 30 dní“)

```
CREATE TABLE objednavka(vlozeno date, castka numeric(12,2));
```

```
CREATE TABLE objednavka_2012
(CHECK(EXTRACT(year FROM vlozeno) = 2012))
INHERITS (objednavka);
```

```
CREATE TABLE objednavka_2011
(CHECK(EXTRACT(year FROM vlozeno) = 2011))
INHERITS (objednavka);
```

## Omezení

- x Partitions se nevytváří automaticky<sup>42</sup> - musíme si je vytvořit manuálně.
- x Umístění záznamů do odpovídajících partitions se neprovádí automaticky<sup>43</sup> - musíme si napsat distribuční trigger<sup>44</sup>.
- x Počet partitions není omezen – neměl by ovšem přesáhnout 100 partitions jedné tabulky<sup>45</sup>.

## Redistribuční trigger

Úkolem tohoto triggeru je přesun záznamu z rodičovské tabulky do odpovídající podděšené tabulky<sup>46</sup> (pro větší počet partitions – cca nad 20 je praktické použití dynamického SQL).

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION public.objednavka_bi()
RETURNS trigger AS $$
BEGIN
CASE EXTRACT(year FROM NEW.vlozeno)
WHEN 2011 THEN
INSERT INTO objednavka_2011 VALUES(NEW.*);
WHEN 2012 THEN
INSERT INTO objednavka_2012 VALUES(NEW.*);
ELSE
RAISE EXCEPTION 'chybejici partition pro rok %',
EXTRACT(year FROM NEW.vlozeno);
END CASE;
RETURN NULL;
END;
$$LANGUAGE plpgsql

CREATE TRIGGER objednavka_before_insert_trg
BEFORE INSERT ON objednavka
FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE public.objednavka_bi()
```

## Použití

Při plánování dotazu se provádí identifikace partitions, které lze bezpečně vyjmout z plánování neboť obsahují pouze řádky, které 100% nevyhovují podmínkám, a tyto partitions se při zpracování dotazu nepoužijí. U každého dotazu, kde předpokládáme aplikaci partitioningu si ověřujeme (příkaz EXPLAIN), že dotaz je napsán tak, že planner z něj dokáže detekovat nepotřebné partitions.

```
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM objednavka
WHERE EXTRACT(year from vlozeno) > 2012;
QUERY PLAN

Result (cost=0.00..77.05 rows=1087 width=20)
-> Append (cost=0.00..77.05 rows=1087 width=20)
-> Seq Scan on objednavka
Filter: (date_part('year', vlozeno) > 2012)
-> Seq Scan on objednavka_2013
Filter: (date_part('year', vlozeno) > 2012)
```

- 42 Lze je vytvářet uvnitř triggerů, ale to nedoporučuji – hrozí race condition nebo ztráta výkonu z důvodu čekání na zámek. Nejjednodušší a nejpraktičtější je vyrobit partitions na rok dopředu.
- 43 Základem je distribuční BEFORE INSERT trigger nad rodičovskou tabulkou. V případě, že dochází při UPDATE k přesunu mezi partitions je nutný BEFORE UPDATE trigger nad každou podděšenou tabulkou.
- 44 Od verze 10 není nutné.
- 45 Při velkém počtu partitions je problém s paměťovými nároky optimizátoru.
- 46 Také aplikace může přesněji cílit a zapisovat do tabulek, které odpovídají partitions a nikoliv do rodičovské tabulky – tím se ušetří volání redistribučního triggeru a INSERT bude rychlejší.

## Deklarativní partitioning

V případě deklarativního partitioningu není nutné psát redistribuční trigger. Tento typ partitioningu může být založený na disjunktních intervalech (ranges):

```
CREATE TABLE data(a text, vlozeno date)
PARTITION BY RANGE(vlozeno);
CREATE TABLE data_2016 PARTITION OF data
FOR VALUES FROM ('2016-01-01') TO ('2017-01-01');
CREATE TABLE data_2017 PARTITION OF data
FOR VALUES FROM ('2017-01-01') TO ('2018-01-01');
CREATE TABLE data_other PARTITION OF data DEFAULT;
```

Další možností je partitioning založený na seznamech:

```
CREATE TABLE data(a text, vlozeno date)
PARTITION BY LIST(EXTRACT(YEAR FROM vlozeno));
CREATE TABLE data_2016 PARTITION OF data FOR VALUES IN (2016);
CREATE TABLE data_2017 PARTITION OF data FOR VALUES IN (2017);
```

## Kombinace bash a psql

psql lze použít i pro jednodušší skriptování (automatizaci) v kombinaci s Bashem. V jednodušších případech stačí použít parametr -c "SQL příkaz". Ten ovšem nelze použít, když chceme použít dotaz parametrizovat pomocí psql proměnných.

Ukázka využívá psql proměnných, heredoc zápis a binární ASCII unit separator :

```
SQL=$(cat <<EOF
SELECT datname, pg_catalog.pg_get_userbyid(d.datdba)
FROM pg_database d
WHERE pg_catalog.pg_get_userbyid(d.datdba) = 'owner'
EOF
)
echo $$SQL | psql postgres -q -t -A -v owner=$1 -F $'\x1f' \
while IFS=$'\x1f' read -r a b;
do
echo -e "datname='$a'\towner='$b'";
done
```

Oblíbeným trikem je vygenerování DDL příkazů v psql, které se pošlou jiné instanci psql, kde se provedou. Následující skript odstraní všechny databáze vybraného uživatele:

```
SQL=$(cat <<EOF
SELECT format('DROP DATABASE %I;', datname)
FROM pg_database d
WHERE pg_catalog.pg_get_userbyid(d.datdba) = 'owner'
EOF
)
echo $$SQL | psql postgres -q -t -A -v owner=$1 \
psql -e postgres
```

Jednodušší skripty můžeme napsat pomocí tzv online bloků<sup>48</sup> – kódu v plpgsql.

```
SQL=$(cat <<'EOF'
SELECT set_config('custom.owner', 'owner', false);
DO $$
DECLARE name text;
BEGIN
FOR name IN SELECT d.*
FROM pg_database d
WHERE pg_catalog.pg_get_userbyid(d.datdba)
= current_setting('custom.owner')
LOOP
RAISE NOTICE 'databaze=%', name;
END LOOP;
END;
$$
```

47 Default partition od verze 11

48 Předávání parametrů dovnitř online bloku je o něco málo komplikovanější.

38 V PlpSQL musí být SQL identifikátor validní až v okamžiku běhu dotazu.

39 Lze instalovat z komunitního repozitáře.

40 Aktualizace tohoto pohledu se zapíná nastavením track\_function na „pl“ nebo „all“. Toto nastavení může provést pouze superuser.

41 Umí html report a flame grafy

```
EOF
)

echo $$SQL | psql postgres -v owner=$1
```

Zajímavým trikem je generování obsahu ve formátu vhodném pro příkaz COPY, který se pomocí rouhy natlačí do další instance konzole. Následující příkaz uloží aktuální stav provozních statistik a uloží je do souhrnné tabulky v databázi *postgres*.

```
SQL_stat=$(cat <<'EOF'
SELECT current_database(), current_timestamp::timestamp(0),
sum(n_tup_ins) tup_inserted,
sum(n_tup_upd) tup_updated,
sum(n_tup_del) tup_deleted,
FROM pg_stat_user_tables
GROUP BY substring(relname from 1 for 2);
EOF
)

for d in `psql -At -c "select datname from pg_database where
pg_get_userbyid(datdba) <> 'postgres'"`
do
echo $$SQL_stat | psql -At $d -F$'\t' | \
psql postgres -c "COPY statistics FROM stdin"
done
```

Počínaje verzí 10 je možné v psql použít jednoduchý skriptovací jazyk:

```
SELECT pg_is_in_recovery() as is_slave \gset
\if :is_slave
\set PROMPT1 '\nslave %x$ '
\else
\set PROMPT1 '\nmaster %x$ '
\endif
```

## Paralelní vykonání příkazu

Častou úlohou může být provedení určitého příkazu pro každou databázi. Takové příkazy lze obvykle dobře paralelizovat a to jednoduše na unixových systémech díky příkazu *xargs*:

```
psql -At -c "SELECT datname FROM pg_database
WHERE NOT datistemplate AND dataallowconn" postgres |
xargs -n 1 -P 249 psql -c "vacuum full"
```

## Row Level Security

Každá bezpečnostní politika přidává filtr, který se aplikuje pro vybrané uživatele (případně pro všechny uživatele). Uživatel vidí obsah<sup>50</sup>, pokud filtr vrácí hodnotu true (klauzule USING).n Klauzule WITH CHECK<sup>51</sup> se uplatní u příkazů INSERT a UPDATE. V případě, že výraz v této klauzuli není pravdivý, potom příkaz selže.

```
CREATE TABLE foo(s text, owner regrole);
GRANT ALL ON foo TO public;
ALTER TABLE foo ENABLE ROW LABEL SECURITY;

CREATE POLICY owner_policy ON foo
USING (owner = current_user::regrole);
```

Výše uvedená politika způsobí, že uživatel vidí a může editovat záznamy, které sám vložil.

Výchozí politiky nejsou restriktivní – v případě, že k tabulce máme více politik, tak stačí jedna splněná politika, aby uživatel měl zpřístupněna data. Tzv restriktivní politiku vytvoříme pomocí klauzule RESTRICTIVE (musí být vždy splněné):

```
CREATE POLICY admin_local_only52 ON passwd
AS RESTRICTIVE TO admin
USING (pg_catalog.inet_client_addr() IS NULL);
```

## Online fyzické zálohování

### Kontinuální

Při kontinuálním zálohování archivujeme segmenty transakčního logu. Na základě obsahu transakčního logu jsme schopni zrekonstruovat stav databáze v libovolném okamžiku od vytvoření kompletní zálohy do okamžiku získání posledního validního segmentu transakčního logu.

#### Konfigurace

Pro vytvoření zálohy musíme povolit export segmentů transakčního logu a nastavit tzv *archive\_command*<sup>53</sup>:

```
archive_mode = on
archive_command = 'cp %p /var/backup/xlogs/%f'
archive_timeout = 300
```

#### Vytvoření zálohy

Vynucení checkpointu a nastavení štítku (label) plně zálohy

```
SELECT pg_start_backup(current_timestamp::text);
```

Záloha datového adresáře – bez transakčních logů

```
cd /usr/local/pgsql
tar -cjf pgdata.tar.bz2 --exclude='pg_xlog' data/*
```

Ukončení plně zálohy (full backup)

```
SELECT pg_stop_backup();
```

Adresář /var/backup/xlogs se začne plnit transakčními logy<sup>54</sup>.

#### Obnova ze zálohy

Rozbalení poslední plně zálohy

```
cd /usr/local/pgsql
tar xvfv pgdata.tar.bz2
```

Nastavte restore\_commad (analogicky k *archive\_command*):

```
restore_command = 'cp /var/backup/xlogs/%f %p'
```

Pokud je čitelný adresář s transakčními logy původního serveru, tak můžeme tento adresář zkopírovat do datového adresáře obnoveného serveru. Jinak vytvoříme prázdný adresář

```
mkdir pg_xlog
```

Nastartujeme server. Po úspěšném startu by měl být soubor *recovery.conf* přejmenován na **recovery.done** a v logu bychom měli najít záznam:

```
LOG: archive recovery complete
LOG: database system is ready to accept connections
```

PostgreSQL implicitně<sup>55</sup> provádí obnovu do okamžiku, ke kterému dohledá poslední validní segment transakčního logu. Záznam v logu referuje o postupu hledání segmentů:

- 52 Nedovolí přístup k tabulce *passwd*, pokud se uživatel přihlásil vzdáleně.
- 53 Vždy při naplnění segmentu transakčního logu nebo vypršení časového intervalu PostgreSQL volá *archive command*, jehož úkolem je zajistit zápis segmentu na bezpečné médium.
- 54 Transakční logy lze velice dobře komprimovat – např. asynchronně (viz *BARMAN*)
- 55 Nastavením *recovery\_target\_time* v *recovery.conf* lze určit okamžik, kdy se má s přehráváním transakčních logů skončit – například před okamžik, kdy došlo k odstranění důležitých dat.

```
LOG: restored log file "000000010000000000000007" from archive
LOG: restored log file "000000010000000000000008" from archive
LOG: restored log file "000000010000000000000009" from archive
cp: cannot stat `/var/backup/xlogs/00000001000000000000000A':
No such file or directory
LOG: could not open file
"pg_xlog/00000001000000000000000A": No such file or directory
```

## Jednorázové

Jednorázovým zálohováním se miní vytvoření klonu běžící databáze. Základem této metody je časově omezená replikace záznamů transakčních logů. Výhodou je jednoduchost použití – rychlost zálohování a obnovy ze zálohy je limitována rychlostí IO.

#### Konfigurace

Tato metoda vyžaduje úpravu konfiguračního souboru a uživatele s oprávněním REPLICATION a přístupem k fiktivní databázi *replication* (přístup se povoluje v souboru *pg\_hba.conf*).

```
wal_level = replica
max_wal_senders = 1

# v případě větších db zvýšit
wal_keep_segments = 100
```

úprava *pg\_hba.conf*:

```
local replication backup md5
```

Vytvoření uživatele *backup*:

```
CREATE ROLE backup LOGIN REPLICATION;
ALTER ROLE backup PASSWORD 'heslo';
```

Tato změna konfigurace vyžaduje restart databáze.

#### Vlastní zálohování

Spustíme příkaz *pg\_basebackup*, kde uvedeme adresář, kde chceme mít uložený klon.

```
[pavel@diana ~]$ /usr/local/pgsql91/bin/pg_basebackup -D \
zaloha9 -U backup -v -P -x -c fast
Password:
xlog start point: 0/21000020
50386/50386 kB (100%), 1/1 tablespace

xlog end point: 0/21000094
pg_basebackup: base backup completed
```

#### Obnova ze zálohy

Obsah adresáře zálohy zkopírujeme do adresáře clusteru PostgreSQL a nastartujeme server. Pozor - vlastníkem souborů bude uživatel, pod kterým byl spuštěn *pg\_basebackup*, což pravděpodobně nebude uživatel *postgres*, a proto je nutné nejprve hromadně změnit vlastníka souborů.

## Fyzická replikace

Potřebujeme opět uživatele s právem REPLICATION a přístupem k db *replication*. Základem sekundárního (ro) serveru je klon primárního serveru (*rw*).

#### Úpravy konfigurace – master

```
wal_level = replica
max_wal_senders = 10

# v případě větších db zvýšit
wal_keep_segments = 100
```

49 Příkaz VACUUM bude použitelný ve dvou paralelních procesech.

50 Předpokladem jsou odpovídající práva k tabulce.

51 Pokud tato klauzule chybí, použije se pro stejný účel klauzule USING.

## Úpravy konfigurace – slave<sup>56</sup>

Pozor, po naklonování se *slave* nikdy nesmí spustit jako samostatný server. Pokud možno, klonujte s konfigurací `wal_level = replica` na *masteru*.

```
hot_standby_feedback = on# pro zajištění pomalých dotazů na sl.
```

Na *slave* v `postgresql.conf` v sekci Standby servers:

```
primary_conninfo='host=localhost user=backup password=heslo'
hot_standby = on
```

Před startem repliky vymažte log a `pid` file. **Vytvořte prázdný soubor `standby.signal`**. Po startu by měl log obsahovat záznam:

```
LOG: entering standby mode
LOG: consistent recovery state reached at 0/300014C
LOG: record with zero length at 0/300014C
LOG: database system is ready to accept read only connections
LOG: streaming replication successfully connected to primary
```

Po startu je *slave* v **read only** režimu. Signálem jej lze přepnout do role *master*. Pozor – tato **změna je nevratná**. Nový *slave* se vytvoří kopii nového *masteru*.

```
su postgres
pg_ctl -D /usr/local/pgsql/data.repl/ promote
```

synchronizaci lze na každé replikovaném serveru dočasně blokovat – a během té doby můžeme provést fyzickou zálohu (zkopírování datového adresáře – *full backup*). K řízení replikace slouží následující funkce:

<code>pg_xlog_replay_pause()</code>	pozastaví replikaci
<code>pg_xlog_replay_resume()</code>	obnoví replikaci
<code>pg_is_xlog_replay_paused()</code>	vrátí true v případě pozastavené replikace
<code>pg_is_in_recovery()</code> <sup>57</sup>	vrátí true na standby serveru

## Logická replikace

Fyzická replikace replikuje instanci Postgresu. Pokud chceme replikovat jen vybrané tabulky, pak musíme použít tzv *logickou replikaci*<sup>58</sup>. Pro logickou replikaci je nutné pouze nastavit:

```
wal_level = logical
```

Dále je nutné vybrané tabulky zveřejnit:

```
CREATE TABLE foo(id int primary key, a int);
CREATE PUBLICATION test_pub FOR TABLE foo;
INSERT INTO foo VALUES(1, 200);
```

a na druhé straně aktivovat odběr zveřejněných tabulek:

```
CREATE TABLE foo(id int primary key, a int)59;
CREATE SUBSCRIPTION60 test_sub
CONNECTION 'port=5432' PUBLICATION test_pub
WITH (streaming=on);
```

## Využití systémového katalogu

V PostgreSQL jsou všechna data potřebná pro provoz databáze uložena v systémových

tabulkách. Orientace v systémových tabulkách a pohledech není jednoduchá, lze ovšem využít jeden trik – většina dotazů do těchto objektů je pokryta příkazy v **psql**. A pokud se `psql` pustí s parametrem `-E`, tak dojde k zobrazení všech SQL příkazů, které se posílají do DB – a tedy i dotazů do systémového katalogu.

```
bash-4.2$ psql -E postgres
psql (9.3devel)
Type "help" for help.

postgres=# \l
***** QUERY *****
SELECT d.datname as "Name",
       pg_catalog.pg_get_userbyid(d.datdba) as "Owner",
       pg_catalog.pg_encoding_to_char(d.encoding) as "Encoding",
       d.datcollate as "Collate",
       d.datctype as "Ctype",
       pg_catalog.array_to_string(d.datacl, E'\n') AS "privileges"
FROM pg_catalog.pg_database d
ORDER BY 1;
*****
```

Běžně se v systémovém katalogu dohledává seznam tabulek, databází, uživatelů. Systémový katalog můžeme využít k zobrazení tabulek obsahující určité sloupce nebo uložených procedur, které obsahují hledaný řetězec.

Zobrazí tabulky obsahující hledaný sloupec:

```
SELECT attrelid::regclass
FROM pg_catalog.pg_attribute a
WHERE a.attname = 'jmeno' AND NOT a.attisdropped;
```

Místo systémového katalogu lze použít standardizované `information_schema`:

```
SELECT table_name
FROM information_schema.columns
WHERE column_name = 'jmeno';
```

Zobrazí funkce, které ve zdrojovém kódu obsahují hledaný řetězec:

```
SELECT oid::regprocedure
FROM pg_proc
WHERE prosrc ILIKE '%hello%';
```

## Vyhledávání v textu

### Fulltext

Fulltext umožňuje case insensitive vyhledávání slov (případně prefixů slov) v textu. S drobnými úpravami lze vyhledávat *lexémy* a nebo lze při vyhledávání ignorovat diakritiku. Každé slovo se při fulltextovém zpracování definovaným způsobem transformuje. Seznam těchto transformací (každá třída slov může mít jinou transformaci) pro určitý jazyk nazýváme konfigurací. Nejjednodušší konfigurací je konfigurace `simple`. Pro urychlení fulltextového vyhledávání potřebujeme *fulltextový* index (*GiST*, *GIN* *funkcionální* index)

```
CREATE INDEX ON obce
USING gist ((to_tsvector('simple',navez)));
```

S tímto indexem lze efektivně fulltextově vyhledávat:

```
SELECT *
FROM obce
WHERE to_tsvector('simple',navez) @@61
to_tsquery('simple','skal:62 & !česká');
```

Vlastní konfigurace se vytvářejí kopii a následnou úpravou některé stávající. Následující konfigurace zahrnuje použití funkce *unaccent*<sup>63</sup>.

<sup>61</sup> Fulltextový operátor

<sup>62</sup> Hledání prefixu „skal“.

<sup>63</sup> Vyžaduje extenzi *unaccent*.

```
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION simple_unaccent
(COPY = simple );
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION simple_unaccent
ALTER MAPPING FOR hword, hword_part, word
WITH unaccent64, simple;

CREATE INDEX ON obce USING gist
((to_tsvector('simple_unaccent',navez)));

SELECT *
FROM obce
WHERE to_tsvector('simple_unaccent',navez) @@
to_tsquery('simple_unaccent','svaty');
```

### LIKE

Predikát s `LIKE`, kdy je žolík `%` za písmeny, lze urychlit vytvořením indexu s volbou `varchar_pattern_ops`.

```
CREATE INDEX ON obce(navez varchar_pattern_ops);
```

Dotaz jako je ten následující<sup>65</sup> dokáže využít index.

```
SELECT *
FROM obce
WHERE navez LIKE 'S%'
```

K optimalizaci dotazů s predikátem `LIKE` (i `ILIKE`) lze použít extenzi *pg\_trgm*, která obsahuje podporu pro *trigramový* index (index nad množinou tří písmenných kombinací z řetězce). Index je nutné vytvořit s volbou `gist_trgm_ops` nebo `gin_trgm_ops`

```
CREATE INDEX ON obce
USING GiST (navez gist_trgm_ops)
```

Tento typ indexu dokáže podporovat i dotazy, kde se hledá libovolný umístěný podřetězec:

```
SELECT *
FROM obce
WHERE navez ILIKE '%Ska%'
```

## Regulární výrazy

Pro vyhledávání lze použít i regulární výrazy – operátor `~` nebo `~*`<sup>66</sup>.

```
SELECT navez
FROM obce
WHERE navez ~ '^Sk[aáo]';
```

Také vyhledávání prostřednictvím regulárních výrazů může být urychleno trigramovým indexem<sup>67</sup>.

## pg\_rman

*pg\_rman*<sup>68</sup> je jednoduchá aplikace příkazového řádku pro zejména lokální zálohování a management záloh využívající mechanismus exportu transakčního logu. Požadavkem je přímý přístup k datovému adresáři, přístup k adresáři, kde budou uloženy zálohy a přístup k adresáři, kde se exportují segmenty transakčního logu.

<sup>64</sup> Každé slovo se transformuje slovníkem – slovník *unaccent* odstraňuje diakritiku, slovník *simple* nedělá nic – pro každou třídu slov můžeme mít definovanou posloupnost slovníků.

<sup>65</sup> `Varchar_pattern_ops` indexem je podporován pouze `LIKE`, který je case sensitive (nikoliv case insensitive `ILIKE`).

<sup>66</sup> Case insensitive varianta

<sup>67</sup> Za předpokladu, že je určen kompletní trigram (tři znaky)

<sup>68</sup> `pg_rman` zvládá plnou zálohu, inkrementální zálohu (redukovaná plná záloha), zálohu transakčních logů, zálohu logu Postgresu, retenci záloh a retenci exportovaných transakčních logů.

## Konfigurace

Postgres musí mít aktivní export segmentů transakčního logu – viz konfigurace: `archive_command`, `archive_mode`. K cílovému adresáři musí mít `pg_rman` přístup<sup>69</sup>. Dále musí mít přístup k datovému adresáři postgresu a k adresáři, kde budou umístěny zálohy. Tyto adresáře jsou identifikovány pomocí přepínačů nebo systémovými proměnnými `PGDATA` a `BACKUP_PATH`<sup>70</sup>.

Adresář pro uložení záloh musí být prázdný – inicializuje se příkazem

```
pg_rman init
```

Tento příkaz vytvoří v zadaném adresáři konfigurační soubor `pg_rman.ini`, kde lze ještě nastavit:

<code>BACKUP_MODE = F</code>	výchozí režim zálohování
<code>COMPRESS_DATA = YES</code>	aktivovat komprimaci
<code>KEEP_ARCLOG_FILES = 10</code>	retence počtu exportovaných segmentů WAL
<code>KEEP_ARCLOG_DAYS = 2</code>	retence stáří exportovaných segmentů WAL <sup>71</sup>
<code>KEEP_DATA_GENERATIONS = 4</code>	retence počtu úplných záloh
<code>KEEP_DATA_DAYS = 30</code>	retence stáří záloh

## Základní příkazy

Zobrazí seznam a podrobnosti provedených záloh<sup>72</sup>.

```
pg_rman show [ ( detail | čas zálohy ) ]
```

Vytvoří zálohu

```
pg_rman backup -backup_mode=incr
```

Validace zálohy – pouze z validovaných záloh lze obnovovat, a pouze vůči validovaným zálohám lze vytvořit inkrementální zálohu

```
pg_rman validate
```

Zrušení všech zbytných záloh starších než zadané datum

```
pg_rman delete datum
```

Z katalogu provedených záloh odstraní záznamy o zrušených zálohách

```
pg_rman purge
```

Obnova ze zálohy

```
pg_rman restore [ ( --recovery-target-time |
--recovery-target-xid |
--recovery-target-timeline ) bod obnovy ]
```

## Barman

*Barman*<sup>73</sup> je aplikační nadstavba nad vestavěným replikačním a zálohovacím systémem v PostgreSQL umožňující hromadnou administraci zálohování, evidenci a management záloh (komprimaci), řízení retenční politiky a samozřejmě obnovu ze zálohy do určeného adresáře.

69 konfigurační proměnná `ARCLOG_PATH`.

70 Doporučuje se je nastavit v profilu

71 Pro odstranění souborů je nutné splnit vždy obě podmínky.

72 čas vytvoření zálohy je zároveň jejím identifikátorem

73 Barman je OS aplikace napsaná v Pythonu ke stažení z <http://www.pgbarman.org>

## Konfigurace

Je požadována obousměrná ssh spojení mezi zálohovaným a zálohovacím serverem. Na serverech musí být nainstalována stejná verze Postgresu<sup>74</sup>, Python a `psycopy2` a `rsync`.

```
# zálohovaný systém @10.0.0.4
su - postgres
ssh-keygen -t rsa -N "" -f ~/.ssh/id_rsa
ssh-copy-id -i ~/.ssh/id_rsa.pub barman@10.0.0.8
# ssh barman@10.0.0.8

# zálohovací systém @10.0.0.8
su - barman
ssh-keygen -t rsa -N "" -f ~/.ssh/id_rsa
ssh-copy-id -i ~/.ssh/id_rsa.pub postgres@10.0.0.8
# ssh postgres@10.0.0.4
```

Dále musí být umožněn přístup k zálohované databázi uživateli postgres z zálohovacího serveru (úprava `pg_hba.conf`). Následující příkaz musí fungovat

```
[barman]$ psql -c 'SELECT version()' -U postgres -h 10.0.0.4
```

S právy roota se na zálohovacím serveru vytvoří adresář pro uložení záloh:

```
barman$ sudo mkdir /var/lib/barman
barman$ sudo chown barman:barman /var/lib/barman
```

Vlastní konfigurace je v `/etc/barman/barman.conf` – nutné přidat popis zálohovaného serveru<sup>75</sup>:

```
[dbserver01]
description = "PostgreSQL Database Server 01"
ssh_command = ssh postgres@10.0.0.4
conninfo = host=10.0.0.4 user=postgres
minimum_redundancy = 1
archiver = on
```

Dále je nutné nakonfigurovat zálohovaný PostgreSQL<sup>76</sup>:

```
wal_level = 'archive' # For PostgreSQL >= 9.0
archive_mode = on
archive_command = 'rsync
-a %p barman@backup:dbserver01/incoming?/%f'
```

## Základní příkazy

Verifikace konfigurace

```
barman check dbserver01
```

Vytvoření kompletní zálohy serveru (všech serverů)

```
barman backup [--immediate-checkpoint] ( all | dbserver01 )
```

Výpis seznamu záloh

```
barman list-backup (all | dbserver0 )
```

Lokální<sup>78</sup> obnova ze zálohy

```
barman recover dbserver01 20140419T23552479 ~/xxx
```

74 Barman sám Postgres nepoužívá, ale Posgres je nutný pro start lokálně obnovené databáze.

75 poté by již měl být funkční příkaz `barman check dbserver01`

76 `postgresql.conf`

77 musí souhlasit s položkou `incoming_walls_directory` zobrazené příkazem `barman show-server dbserver01`

78 s volbou `--remote-ssh-command COMMAND` lze obnovu provést na vzdáleném serveru.

Přepínačem `--target-time TARGET_TIME` lze nastavit bod obnovy.

79 Zálohu lze také specifikovat klíčovými slovy „oldest“ nebo „latest“

Informace k záloze

```
barman show-backup dbserver01 latest
```

Explicitní odstranění zálohy

```
barman delete dbserver01 oldest
```

## Repmgr

*repmgr*<sup>80</sup> je aplikační nadstavba nad vestavěnou replikací v PostgreSQL zjednodušující management a monitoring clusteru master/multi slave implementující failover. Doporučuje se symetrická architektura – každý uzel může dlouhodobě převzít roli mastera<sup>81</sup>.

## Konfigurace

Repmgr vyžaduje obousměrné ssh spojení bez nutnosti zadávání hesla pro uživatele postgres na všech serverech zapojených do clusteru (nastavení viz konfigurace Barmanu). Dále repmgr musí být nainstalován na všech uzlech

Server sloužící ve výchozí pozici jako master musí být nakonfigurován jako master hot-standby stream replikace (v `postgresql.conf`):

```
listen_addresses='*'
wal_level = 'hot_standby'
archive_mode = on
archive_command = 'cd .' # just does nothing
max_wal_senders = 10
wal_keep_segments = 5000 # 80 GB required on pg_xlog
hot_standby = on
```

Vytvoříme uživatele repmgr správem REPLICATION a SUPERUSER a povolíme mu přístup z IP používaných pro provoz slave serverů. Čistě z praktických důvodů (není nezbytné nutné) vytvoříme aplikačního uživatele repmgr na všech uzlech (*useradd*). Databázový uživatel repmgr musí mít přístup k explicitně vytvořené databázi repmgr na masteru i lokálně ze všech uzlů.

```
psql
-c "CREATE ROLE repmgr LOGIN SUPERUSER REPLICATION" postgres
```

v `pg_hba.conf`

host	repmgr	repmgr	10.0.0.8/32	trust
host	repmgr	repmgr	10.0.0.4/32	trust
host	replication	repmgr	10.0.0.8/32	trust

Ze slave bych se měl dokázat připojit k masteru jako uživatel repmgr

```
psql -U repmgr -h 10.0.0.4 repmgr
```

Následující příkaz vytvoří klon (parametr `-R` obsahuje uživatele pro `rsync`, `-U` uživatele databáze):

```
repmgr -D /usr/local/pgsql/data -d repmgr -p 5432 -U repmgr
-R postgres --verbose standby clone 10.0.0.4
```

V každém uzlu se vytvoří konfigurační soubor `/usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf`:

```
cluster=test
node=1
node_name=dell
conninfo='host=10.0.0.4 user=repmgr dbname=repmgr'
pg_bindir=/usr/local/pgsql/bin
master_response_timeout=60
reconnect_attempts=6
```

80 Pokud ji nenaleznete ve své distribuci, pak se překládá a instaluje jako *contrib* modul Postgresu. Dále `pg_ctl` a `pg_config` musí být v `PATH`.

81 I z toho důvodu se nedoporučuje používat v názvu instance slova master nebo slave.

```
reconnect_interval=10
failover=automatic
priority=-1
promote_command='repmgr standby promote
                -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf'
follow_command='repmgr standby follow
                -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf -w'
```

registrace konfigurace na masteru a start repmgrd:

```
repmgr -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf
                --verbose master register
repmgrd -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf --verbose --
monitoring-history > /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.log 2>&1
```

a totéž na slave

```
cluster=test
node=2
node_name=lenovo
conninfo='host=10.0.0.8 user=repmgr dbname=repmgr'
pg_bindir=/usr/local/pgsql/bin
master_response_timeout=60
reconnect_attempts=6
reconnect_interval=10
failover=automatic
priority=-1
promote_command='repmgr standby promote
                -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf'
follow_command='repmgr standby follow
                -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf -w'
```

Dále je nutná nastartovat repmgr démona, který zároveň zaregistruje slave

```
repmgrd -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf --verbose --
monitoring-history > /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.log 2>&1
```

Podpora failover vyžaduje nainstalovanou extenzi *repmgr\_func*.

```
psql -U repmgr repmgr <
/usr/local/pgsql/share/contrib/repmgr_funcs.sql
```

a preload této extenze (v *postgresql.conf*)

```
shared_preload_libraries = 'repmgr_funcs'
```

## Použití

Při správné konfiguraci by následující příkazy měly vypsat status uzlů v clusteru:

```
psql -x -d repmgr -c "SELECT * FROM repmgr_test.repl_status"
repmgr -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf cluster show
```

Spuštěním příkazu repmgr na příslušném uzlu můžeme dosáhnout:

povýšení slave na master

```
repmgr -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf standby promote
```

přesměrování slave na nového mastera<sup>82</sup>

```
repmgr -f /usr/local/pgsql/repmgr/repmgr.conf standby follow
```

vynucené klonování – změna mastera na slave

```
repmgr -D /usr/local/pgsql/data -d repmgr -p 5432 -U repmgr
-R postgres --force --verbose standby clone 10.0.0.4
```

## PgBouncer

*PgBouncer* vytváří cache (pool) spojení do PostgreSQL. Jedno nebo více spojení do konkrétní databáze pod konkrétním uživatelem se v *PgBounceru* označuje jako pool<sup>83</sup>. Specifikem *PgBounceru* je fiktivní databáze *pgbouncer* umožňující základní administraci a monitoring.

## Konfigurace

Vytvořte si systémový účet *pgbouncer*. Tento účet bude mít jako jediný přístup k hashům hesel databázových účtů a poběží pod ním aplikace *pgbouncer*.

V tomto adresáři je také skript *mkauth.py*<sup>84</sup>, který zkopíruje md5 hashe účtů v postgresu do zadaného souboru. Pro tyto účty je nutné nastavit (v *pg\_hba.conf*) md5 ověřování.

```
su - postgres -c '/etc/pgbouncer/mkauth.py
                /var/tmp/userlist.txt "host=localhost dbname=postgres"'

mv /var/tmp/userlist.txt /etc/pgbouncer/userlist.txt
chown pgbouncer:pgbouncer /etc/pgbouncer/userlist.txt

mkdir /var/log/pgbouncer
chown pgbouncer:pgbouncer /var/log/pgbouncer
mkdir /var/run/pgbouncer
chown pgbouncer:pgbouncer /var/run/pgbouncer
```

Do */etc/pgbouncer/pgbouncer.ini* zkopírovat minimální konfiguraci (s dynamickými pooly):

```
[databases]
* = host=10.0.0.4 port=5434

[pgbouncer]
logfile = /var/log/pgbouncer/pgbouncer.log
pidfile = /var/run/pgbouncer/pgbouncer.pid

listen_addr = 127.0.0.1
listen_port = 6432

auth_type = md5
auth_file = /etc/pgbouncer/userlist.txt

admin_users = postgres
stats_users = pavel, postgres

pool_mode = session
server_reset_query = DISCARD ALL

max_client_conn = 100
default_pool_size = 20

server_lifetime = 1200
server_idle_timeout = 60
server_connect_timeout = 15
server_login_retry = 15
client_idle_timeout = 3600
autodb_idle_timeout = 3600

tcp_keepalive = 1
```

Pod uživatelem *pgbouncer* spustíme aplikaci *pgbouncer*:

```
su - pgbouncer
pgbouncer /etc/pgbouncer/pgbouncer.ini
```

Nyní se můžeme přihlásit k libovolné databázi na portu 6432 nebo k databázi *pgbouncer* na téže portu.

```
psql -U postgres -p 6432 postgres
```

## Monitoring

Databáze *pgbouncer* umožňuje přístup ke statistikám a základní administraci. Pozor k této databázi přistupujeme pomocí *psql*, ale nepoužíváme SQL (příkaz `SHOW HELP`, `SHOW STATS`):

```
psql -U postgres -p 6432 pgbouncer -c "SHOW STATS"
```

## pspg

*pspg*<sup>85</sup> je unixový pager navržený s ohledem na prohlížení tabulek. Umí zafixovat řádek se jmény sloupců a prvních *n* sloupců s identifikátory řádků. Lze jej také použít pro prohlížení CSV a TSV souborů. Ovládání *pspg* vychází z ovládání pageru *less*, které opět v mnohém respektuje ovládání editoru *vi*. *Pspg* lze také ovládat pomocí menu (klikem myši nebo stiskem F9).

## Klávesové zkratky

0..9	fixace sloupců
q, F10, ESC 0	ukončení
KEY_UP, k	kurzor o řádek nahoru
KEY_DOWN, j	kurzor o řádek dolů
KEY_LEFT, h	o sloupec doleva
KEY_RIGHT, l	o sloupec doprava
CTRL HOME, g	kurzor na první řádek
CTRL END, G	kurzor na poslední řádek
HOME, ^	první sloupec
END, \$	poslední sloupec
PG_DOWN, ^f, space	skok na další stránku
PG_UP, ^b	skok na předchozí stránku
s	ulož obsah do souboru
/	zadat a hledat řetězec ve směru textu
?	zadat a hledat řetězec proti směru textu
n	hledat další výskyt řetězce v daném směru
N	hledat další výskyt řetězce v opačném směru
ALT k	definovat záložku (bookmark)
ALT j	skok na další záložku
ALT i	skok na předchozí záložku
a	řadit vzestupně podle vertikálního kurzoru
d	řadit sestupně podle vertikálního kurzoru
u	nastavit původní pořadí řádků
ALT c	přepnout zobrazení kurzoru
ALT m	přepnout ovládání myši (vlastní, terminál)
ALT n	přepnout zobrazení čísel řádků
ALT v	přepnout zobrazení vertikálního kurzoru
F9, ESC 9	aktivovat menu
CTRL o	dočasně zobrazí přímými obrazovku

82 Pro správnou funkci je nutná alespoň 9.3 a v *recovery.conf* `recovery_target_timeline='latest'`

83 Počet otevřených spojení v poolu lze omezit. V případě nedostatku volných spojení *PgBouncer* umí požadavek o spojení podržet předdefinovanou dobu.

84 aplikace vyžaduje *psycopy2*

85 Nachází se v repozitářích většiny linuxových distribucí, případně v komunitním repozitáři.

## Nerelační datové typy<sup>86</sup>

S použitím typů HStore, JSON, JSONB a XML můžeme emulovat nerelační databáze. V JSONB jsou data uložena binárně, ostatní typy se ukládá jako text<sup>87</sup>. XML a JSON se používají primárně pro uložení a výstup dat ve formátu, který je průmyslovým standardem. HStore a JSONB pak umožňují manipulaci a vyhledávání v datech v těchto formátech uložených v databázi.

### HStore

Typ *HStore* je emulace hash array. Lze jej použít coby efektivnější náhradu *EAV*<sup>88</sup> a je podporován GiST a GIN indexy. Ukládané hodnoty mohou být pouze texty nebo čísla, které se ukládají vždy v textovém formátu.

```
CREATE EXTENSION hstore;
CREATE TABLE lide(rc numeric PRIMARY KEY, ostatni hstore);
INSERT INTO lide VALUES(7307150888, 'jmeno=>Pavel,
prijmeni=>stěhule');
CREATE INDEX ON lide USING gist (ostatni);
```

Vrátí jména všech osob, jejichž příjmení je „stěhule“

```
SELECT ostatni->'jmeno'
FROM lide
WHERE ostatni @> 'prijmeni => stěhule';
```

Přidá atribut zaměstnání

```
UPDATE lide
SET ostatni = ostatni || 'zamestnani=>programator'
WHERE rc = 7307150888;
```

Vrátí všechny záznamy, které obsahují atribut zaměstnání – výsledkem je JSON

```
SELECT hstore_to_json(ostatni)
FROM lide
WHERE ostatni ? 'zamestnani';
```

Vytvoření funkcionálního indexu nad atributem zaměstnání a jeho použití:

```
CREATE INDEX ON lide ((ostatni->'zamestnani'));
SELECT *
FROM lide
WHERE ostatni->'zamestnani' = 'programator';
```

### Operátory a funkce

hstore -> text	získání hodnoty
hstore -> text[]	získání pole hodnot
hstore    hstore	spojení dvou hodnot typu hstore
hstore ? text	test, zda-li obsahuje klíč
hstore ?& text[]	test, zda-li obsahuje všechny klíče
hstore ?  text[]	test, zda-li obsahuje některý klíč
hstore @> hstore	test, zda-li levý op. obsahuje pravý operand
hstore #= hstore	změna vybraných klíčů
hstore - text	odstraní klíč
hstore - hstore	rozdíl dvou hodnot typu hstore
hstore(record)	konstruktor z kompozitního typu
hstore(text, text)	konstruktor klíč, hodnota
hstore_to_matrix(h)	převede na 2D pole
hstore_to_json(h)	převede na JSON

slice(h, text[])	vrátí vyjmenované klíče
each(h)	převede na tabulku klíč/hodnota
populate_record(t, h)	převede na záznam typu t

### JSON

Data jsou uložena v textovém formátu – při vyhledávání uvnitř dokumentu je nutné vždy dokument parsovat<sup>89</sup>. Pro indexaci položek je možné použít funkcionální index.

```
SELECT row_to_json(row(1, 'foo'));
```

### Operátory a funkce

json -> text	získání atributu
json -> int	získání prvku pole
json ->> text	získání atributu jako textu
json ->> int	získání prvku pole jako textu
json #> text[]	získání atributu určeného cestou
json #>> text[]	získání atributu určeného cestou jako textu
array_to_json(a)	převede pole na JSON
row_to_json(r)	převede kompozitní typ na JSON
hstore_to_json(h)	převede HStore (vše text) na JSON
hstore_to_json_loose(h)	převede HStore na JSON s ohledem na typy
to_json(anyelement)	převede hodnotu na validní JSON hodnotu
json_each(json)	rozvine JSON na tabulku klíč/hodnota
json_each_text(json)	rozvine JSON na tabulku klíč/hodnota jako text
json_populate_recordset()	převede JSON na řádek určeného typu
json_array_elements(json)	rozvine pole JSON na tabulku
json_build_object()	vytvoří nticí dvojici (klíč, hodnota)
json_build_array()	vytvoří posloupnost hodnot
json_strip_null(json)	redukuje NULL hodnoty
json_pretty(json)	formátuje JSON

```
CREATE TYPE x AS (a int, b int);
SELECT *
FROM json_populate_recordset(NULL::x,
['{"a":1,"b":2}, {"a":3,"b":4}'] );
SELECT json_build_object('foo',1,'boo',2);
SELECT json_build_array(1,2,3,'Hi',4);
```

### jsonb

*jsonb* vychází z typu HStore – data jsou uložena binárně (při hledání v dokumentu nedochází k parsování) a podporuje rekurzi – *jsonb* může obsahovat další vložené JSONB dokumenty. Na vstupu a výstupu se používá formát JSON.

```
SELECT '[1, 2, "foo", null]::jsonb;
SELECT '{"bar": "baz", "balance": 7.77,
"active":false}::jsonb;
```

Kromě podpory B-Tree funkcionálního indexu existuje podpora jsonb GIN indexu. **Pozor: zanořené tagy nejsou indexovány!**

```
CREATE INDEX idxgin ON api USING GIN (jdoc);
CREATE INDEX idxginh ON api USING GIN (jdoc jsonb_hash_ops90);
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name'
FROM api
WHERE jdoc @> '{"company": "MagnaFone"}';
```

<sup>89</sup> Lze vyřešit funkcionálním indexem.

<sup>90</sup> GIN HASH podporuje pouze operátor @>. Hash index by měl být menší.

Existující operátory a funkce pro typ jsonb je mix operátorů a funkcí typů HStore a JSON. Navíc jsou funkce (analogické funkcím pro JSON): *jsonb\_each*, *jsonb\_each\_text*, *jsonb\_populate\_record*, *jsonb\_populate\_recordset*, *jsonb\_array\_elements*, *jsonb\_array\_elements\_text* atd.

### SQL/JSON Path language (JSONPath)

Počínaje PostgreSQL 12 můžeme pro vyhledávání v JSON a jsonb používat dotazovací jazyk *JSONPath*:

.	přístup k položce struktury
[]	přístup k prvku pole (pole začínají nulou)
\$	hodnota
\$name	pojmenovaná hodnota
@	proměnná reprezentující výsledek
.key	přístup k položce
.\$name	přístup k položce prostřednictvím pojmenované proměnné
.*	použije všechny položky struktury
**	použije všechny položky struktury rekurzivně
[*]	všechny položky pole
&&	operátor AND
	operátor OD
==, <, >, ...	ostatní matematické operátory

Pro filtrování se dva základní operátory:

@?	true, když výsledek výběru není prázdný
@@	vrací výsledek logického výrazu nebo NULL

Pro zobrazení lze použít funkci *jsonb\_path\_query* :

```
SELECT '[1,2,3]::jsonb @? '$[*] ? (@ >= 2)';
SELECT '[1,2,3]::jsonb @@ '$[*] >= 2)';
SELECT jsonb_path_query('[1,2,3]', '$[*] ? (@ >= 2)');
```

### XML

Opět data jsou uložena v textovém formátu – dokumenty nad 2KB jsou efektivně komprimovány díky *TOAST*. Největší výhodou tohoto typu jsou uživatelsky přívětivé a silné funkce pro generování XML dokumentů dotazem respektující *ANSI SQL/XML*: *XMLCOMMENT*, *XMLCONCAT*, *XMLELEMENT*, *XMLFOREST*, *XMLPI*, *XMLROOT*, *XMLLAGG*.

```
SELECT
XMLROOT (
  XMLELEMENT( NAME gazonk,
    XMLATTRIBUTES ( 'val' AS name, 1 + 1 AS num ),
    XMLELEMENT ( NAME qux, 'foo' ) ),
  VERSION '1.0',
  STANDALONE YES );
```

Velice praktická funkce je *XMLFOREST*:

```
SELECT XMLFOREST( first_name AS "FName", last_name AS "LName",
  title AS "Title", region AS "Region")
FROM employees;
```

Dotazy ve kterých se používá SQL/XML funkcionality nemusí být dobře čitelné, lze si pomoci funkcemi:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cast_to_xml(date)
RETURNS xml AS $$
SELECT xmlelement(NAME "date", to_char($1, 'YYYY-MM-DD'));
$$ LANGUAGE sql;
```

<sup>86</sup> Mezi nerelační datové typy patří i pole a typy range a multirange, sloužící jako kolekce (ukládají data v nativním formátu (binárně)).

<sup>87</sup> Ve většině případů bez negativního vlivu na výkon.

<sup>88</sup> Entity Attribute Value model



## Inhouse školení PostgreSQL

Vyberte si z naší nabídky jednodenní školení pro začátečníky i pokročilé. Z těchto jednodenních školení je možné (na základě poptávky) kombinovat vícedenní školení. Tato školení vede a organizuje [Pavel Stěhule](#), který se také podílí na vývoji PostgreSQL a je dlouholetým uživatelem a propagátorem této databáze. Již pro tři Vaše zaměstnance jsou tato školení levnější (bez ohledu na úsporu času) než školení organizovaná počítačovými školami. Pokud byste měli zájem o in-house školení nebo se chcete informovat o nejbližším termínu, obraťte se, prosím, přímo na Pavla Stěhuleho ([kontakt](#)).

Cena za jeden den in-house školení je 14 tis. Kč (včetně DPH) pro 4 osob plus příplatek 1500 Kč za každého další účastníka (26 tis za max 12 osob). (veřejná školení se vypisují na základě poptávky více než 8 účastníků, cena je 4000 Kč za osobu). Pro bližší informace ohledně nejbližších termínů kontaktujte [Pavla Stěhuleho](#) pavel.stehule@gmail.com, mob: 724 191 000. V případě školení mimo Prahu jsou účtovány cestovní výdaje. V ceně jsou vytištěné školící materiály.

## Všeobecné základy

Školení je určeno začátečníkům a středně pokročilým uživatelům, kteří se během osmi hodinového kurzu dozvědí vše potřebné k efektivnímu používání tohoto databázového systému. K dispozici jsou [školící materiály](#). Školení předpokládá obecné znalosti SQL a IT problematiky u posluchačů (např. není vysvětlován pojem databáze, relace, SQL DML DDL příkazy atd). Účastníci školení by měli získat přehled o možnostech PostgreSQL a měli by být následně schopni efektivně používat PostgreSQL.

- Podpora PostgreSQL na internetu
- Instalace ve zkratce
- Porovnání o.s. SQL RDBMS Firebird, PostgreSQL, MySQL a SQLite
- Minimální požadavky na databázi, ACID kritéria
- Charakteristické prvky PostgreSQL MGA, TOAST
- Datové typy bez limitů - TOAST
- Spolehlivost a výkon - WAL
- Nutné zlo, příkaz VACUUM
- Rozšiřitelnost
- Základní příkazy pro správu PostgreSQL
- Export, import dat
- Efektivní SQL, indexy, optimalizace dotazů
- Funkce generate\_series

## Programování v PL/pgSQL

Tento kurz je určen především vývojářům, kteří chtějí zvládnout efektivní vývoj nad PostgreSQL, který není bez uložených procedur myslitelný. PostgreSQL podporuje jak SQL procedury tak tzv. externí procedury. K dispozici je několik jazyků od SQL až po PL/Perl. Každý jazyk nabízí jiné možnosti a po absolvování kurzu by se vývojář měl dokázat rozhodnout pro jeden konkrétní jazyk, který pro dané zadání nabízí největší možnosti. Školení je osmi hodinové - důraz je kladen na procvičení vyložené látky. K dispozici jsou [podklady](#) pro toto školení.

- Uložené procedury, kdy a proč
- Inline procedury v SQL
- Úvod do PL/pgSQL
- Syntaxe příkazu CREATE FUNCTION
- Blokovaný diagram PL/pgSQL

- Příkazy PL/pgSQL
- Dynamické SQL
- Použití dočasných tabulek v PL/pgSQL
- Triggery v PL/pgSQL
- Typy pro vývoj PL/pgSQL
- Příloha, Transakce

## Administrace

Z názvu je patrné, že toto školení je určené jak začínajícím tak i pokročilým administrátorům, které připravuje na každodenní správu PostgreSQL databází. Po absolvování kurzu by mělo být absolventům jasné, proč se provádí určité činnosti (pravidelné nebo nahodilé), a na co, při správě PostgreSQL, klást důraz. Školení je šesti hodinové. K dispozici jsou [podklady](#) pro toto školení.

- Omezení přístupu k databázi
- Údržba databáze
- Správa uživatelů
- Export, import dat
- Zálohování, obnova databáze
- Konfigurace databáze
- Monitorování databáze
- Instalace doplňků
- Postup při přechodu na novou verzi

## High performance

Tento kurz je určen pokročilejším uživatelům a vývojářům, kteří používají PostgreSQL. Zabývá se obecněji otázkou výkonu datově orientovaných aplikací postavených nad relační databázi. K dispozici jsou [podklady](#) pro toto školení.

- Základní faktory ovlivňující výkon databáze
- Aplikační vrstvy
- CPU, RAM, IO, NET
- Konfigurace PostgreSQL
- Identifikace hrdel
- Použití cache a materializovaných pohledů
- Použití indexů a psaní index friendly aplikací
- Cost based optimizer, projevy chyb v odhadech a jejich řešení
- Monitoring
- Doporučení

## Zálohování a replikace

Toto **připravené** školení je určeno pokročilejším uživatelům PostgreSQL. V rámci školení se účastníci seznámí s možnostmi zálohování a také si prakticky vyzkouší konfiguraci vestavěné replikace.

- Úvod - zálohování, replikace
- Konfigurace exportu transakčního logu
- pg\_basebackup
- Barman a repmgr
- Konfigurace vestavěné replikace

- Kombinace replikace a exportu transakčního logu

## Základy SQL

Toto školení je určeno především začátečníkům (z ne IT oborů), kteří chtějí využít SQL pro tvorbu vlastních reportů. Během kurzu jsou vysvětleny základní pojmy z teorie a praxe relačních databází. Dvě třetiny času osmihodinového školení je věnováno procvičování dotazů (od nejjednodušším ke středně složitým), tak aby po absolventu školení dokázal samostatně (pro svou praxi) získávat zajímavá data z SQL databázi. K dispozici jsou [školící materiály](#).

- Příkaz SELECT - spojování tabulek, filtrování, projekce, řazení
- Ostatní databázové objekty - sekvence, pohledy, indexy
- Zajištění referenční a doménové integrity - primární a cizí klíče, domény, trigger

## Moderní SQL v PostgreSQL

Toto školení je určeno IT profesionálům a pokročilým uživatelům. V posledních několika letech vývojáři PostgreSQL implementovali většinu rozšíření SQL, které vychází z ANSI SQL 2001. Některé dotazy, které dříve bylo nutné řešit aplikačně nebo pomocí uložených procedur, lze nyní napsat jednoduše a čitelně v SQL – což přináší úsporu času, redukuje kód a zvyšuje jeho čitelnost.

- Analytické (window) funkce
- Common Table Expression – rekursivní dotazy a dočasné pohledy
- Agregáčnící funkce nad seřazenými daty
- GROUPING SETS
- LATERAL join
- INSERT ON CONFLICT DO

Autor: [Pavel Stěhule](#)

Kontakt: pavel.stehule@gmail.com, tel: 724 191 000

Profil: [cz.linkedin.com/in/stehule/](https://www.linkedin.com/in/stehule/) [stackoverflow.com/users/176171/pavel-stehule/](https://stackoverflow.com/users/176171/pavel-stehule/)  
<http://www.root.cz/autori/pavel-stehule/>

Inhouse školení PostgreSQL – instalace, konfigurace, používání a administrace

Inhouse školení PL/pgSQL – vývoj uložených procedur

Inhouse i veřejné školení SQL

Konzultace, konfigurace PostgreSQL, audit produkčních PostgreSQL serverů

Komerční podpora PostgreSQL, migrace z Oracle