Напредни бази на податоци

Фаза 3: Оптимизација на прашалници и погледи

Проект: PawCare

Ѓургица Танева 231053
Благица Јосифоска 231039

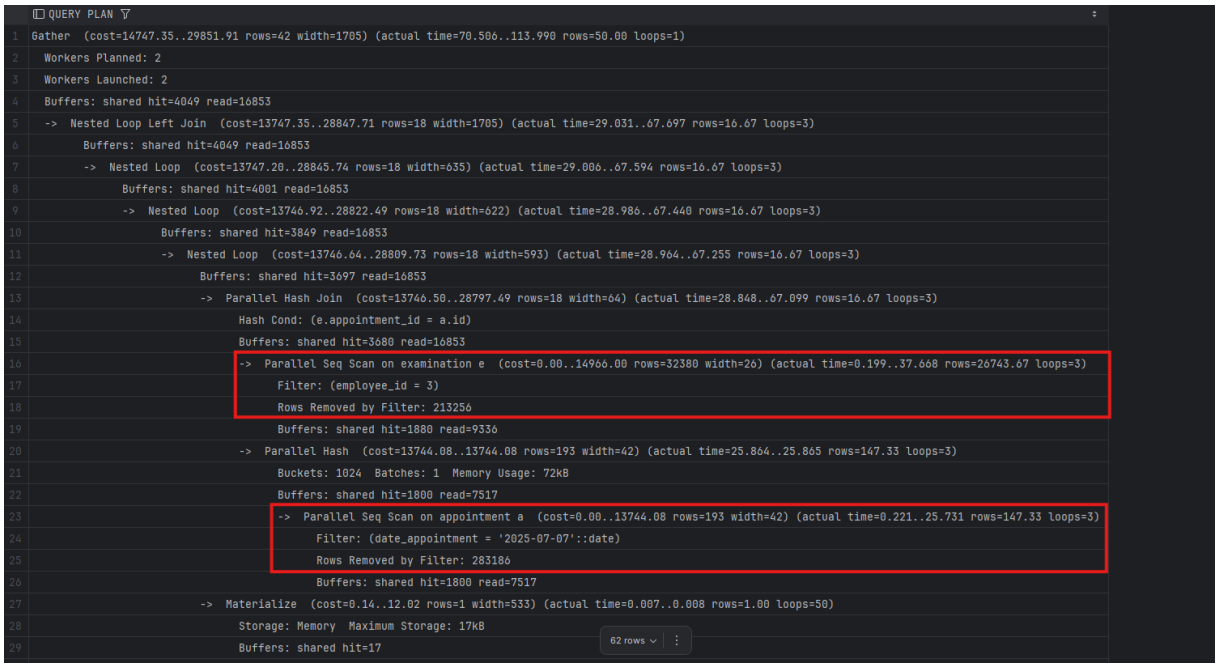
View1: Daily clinic schedule

1. Примарен филтер за погледот daily_clinic_schedule ќе биде според датум на закажан термин (date_appointment) или според id на одговорен ветеринар (employee_id).
2. Кога клиниката сака да добие преглед врз закажаните термини за даден датум и кога одреден вработен сака да добие дневен распоред за работа. За овој поглед ни се важни перформансите, бидејќи наменет е за секојдневна употреба.
3. Иницијалното време за извршување на погледот е 560ms (192ms execution, 368ms fetching) кога се пребаруваат термини за одреден датум и 537ms (183ms execution, 354ms fetching) кога вработен пребарува свои термини за даден датум.
4. Најбавните операции се full sequential scans на табелите appointment и examination.

```
[2026-09-09 11:45:51] vet_db.public> SELECT * FROM daily_clinic_schedule WHERE date_appointment = '2025-07-07'
[2026-09-09 11:45:52] 442 rows retrieved starting from 1 in 560 ms (execution: 192 ms, fetching: 368 ms)
```

```
[2026-09-09 12:02:35] vet_db.public> SELECT * FROM daily_clinic_schedule
                                     WHERE employee_id = 3 AND date_appointment = '2025-07-07'
[2026-09-09 12:02:36] 50 rows retrieved starting from 1 in 537 ms (execution: 183 ms, fetching: 354 ms)
```

```
QUERY PLAN
Gather  (cost=15045.23..30106.75 rows=464 width=1705) (actual time=83.538..158.236 rows=442.00 loops=1)
  Workers Planned: 2
  Workers Launched: 2
  Buffers: shared hit=3652 read=17323
  ->  Nested Loop Left Join  (cost=14045.23..29060.35 rows=193 width=1705) (actual time=39.250..107.658 rows=147.33 loops=3)
        Buffers: shared hit=3652 read=17323
        ->  Hash Join  (cost=14045.08..29052.25 rows=193 width=635) (actual time=39.222..107.273 rows=147.33 loops=3)
              Hash Cond: (a.pet_id = p.id)
              Buffers: shared hit=3602 read=17323
              ->  Hash Join  (cost=13837.24..28843.90 rows=193 width=622) (actual time=36.460..104.369 rows=147.33 loops=3)
                    Hash Cond: (a.owner_id = o.id)
                    Buffers: shared hit=3350 read=17323
                    ->  Hash Left Join  (cost=13757.29..28763.44 rows=193 width=593) (actual time=35.237..103.021 rows=147.33 loops=3)
                          Hash Cond: (e.employee_id = emp.id)
                          Buffers: shared hit=3245 read=17323
                          ->  Parallel Hash Right Join  (cost=13746.50..28750.00 rows=193 width=64) (actual time=35.008..102.684 rows=147.33 loops=3)
                                Hash Cond: (e.appointment_id = a.id)
                                Buffers: shared hit=3210 read=17323
                                ->  Parallel Seq Scan on examination e  (cost=0.00..14216.00 rows=300000 width=26) (actual time=0.243..23.487 rows=240000.00 loops=3)
                                      Buffers: shared hit=1598 read=9618
                                ->  Parallel Hash  (cost=13744.08..13744.08 rows=193 width=42) (actual time=34.392..34.392 rows=147.33 loops=3)
                                      Buckets: 1024  Batches: 1  Memory Usage: 104kB
                                      Buffers: shared hit=1612 read=7705
                                      ->  Parallel Seq Scan on appointment a  (cost=0.00..13744.08 rows=193 width=42) (actual time=0.527..34.180 rows=147.33 loops=3)
                                            Filter: (date_appointment = '2025-07-07'::date)
                                            Rows Removed by Filter: 283186
                                      Buffers: shared hit=1612 read=7705
                    ->  Hash  (cost=10.16..10.16 rows=50 width=533) (actual time=0.217..0.215 rows=50.00 loops=3)
                          Buckets: 1024  Batches: 1  Memory Usage: 12kB
70 rows
```



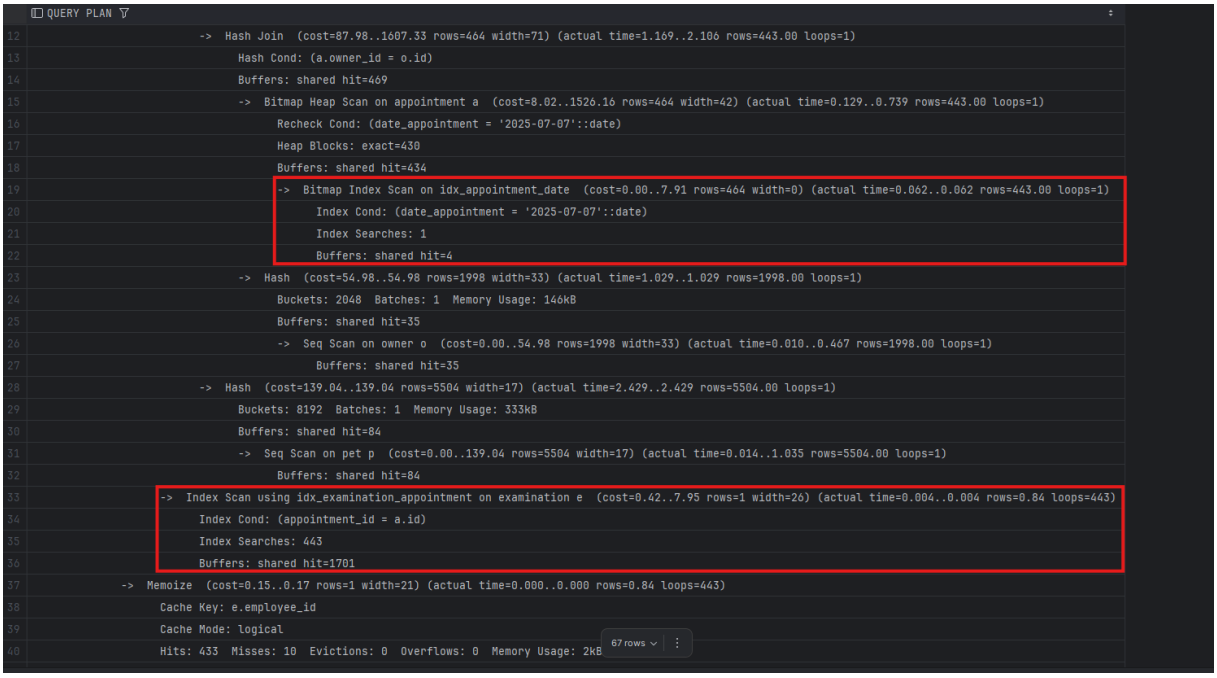
Времето изминато во извршување на операциите insert и update изнесува:

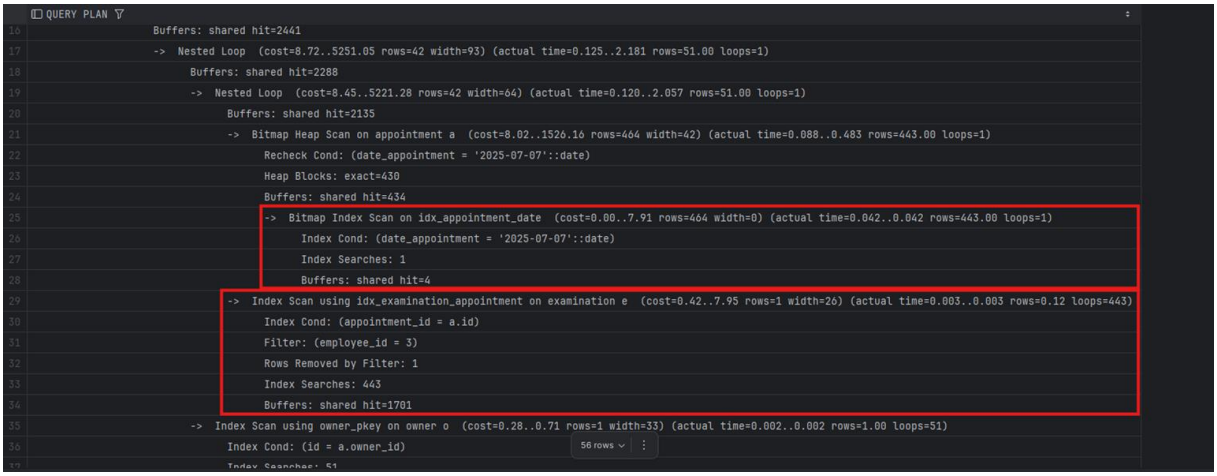
```
[2026-09-09 13:15:04] vet_db.public> INSERT INTO appointment (date_appointment, reason, phone, owner_id, pet_id)
                                     VALUES ('2025-07-07', 'Routine checkup', '+389 71 271 919', 1, 385)
[2026-09-09 13:15:04] 1 row affected in 24 ms
[2026-09-09 13:15:42] vet_db.public> UPDATE appointment
                                     SET reason = 'Follow-up visit'
                                     WHERE date_appointment = '2025-07-07' AND owner_id = 1
[2026-09-09 13:15:42] 2 rows affected in 90 ms
```

```
[2026-09-09 13:21:16] vet_db.public> INSERT INTO examination (date_examination, status, appointment_id, employee_id, examination_room_id)
                                     VALUES ('2025-07-10', 'scheduled', 850801, 3, 5)
[2026-09-09 13:21:16] 1 row affected in 17 ms
[2026-09-09 13:21:46] vet_db.public> UPDATE examination
                                     SET status = 'completed'
                                     WHERE employee_id = 3 AND date_examination = '2025-07-10'
[2026-09-09 13:21:46] 43 rows affected in 114 ms
```

```
CREATE INDEX idx_appointment_date ON appointment (date_appointment);
CREATE INDEX idx_examination_employee ON examination (employee_id);
CREATE INDEX idx_examination_appointment ON examination (appointment_id);
```

5. Времето изминато во извршување на query-то со индекси изнесува 414ms (22ms execution, 392ms fetching) и 396ms (<1ms execution, 396ms fetching). По индексирањето, времето на извршување (execution) значително се намали, времето на преземање на податоците (fetching) остана непроменето, бидејќи тоа зависи од бројот на вратени редици (443) и нивната ширина, а не од индексирањето.





Забелешка: Кај вториот прашалник (филтрирање по датум и вработен) idx_examination_employee не се користи, планерот наместо тоа го применува employee_id како преостанат филтер по join-от преку appointment_id, бидејќи множеството резултати филтрирано по датум е веќе доволно мало (443 редици) и не е потребно дополнително пребарување преку индекс. Овој индекс би бил корисен за прашалници кои филтрираат само по employee_id, без ограничување по датум, што не е идејата на овој поглед така што индексот го отстрануваме.

6. Времето изминато во извршување на операциите insert и update по индексирање изнесува:

```
[2026-09-09 14:18:14] vet_db.public> INSERT INTO appointment (date_appointment, reason, phone, owner_id, pet_id)
                                     VALUES ('2025-07-08', 'Vaccination check', '+389 77 979 331', 2, 230)
[2026-09-09 14:18:14] 1 row affected in 9 ms
[2026-09-09 14:19:15] vet_db.public> UPDATE appointment
                                     SET reason = 'Vaccination follow-up visit'
                                     WHERE date_appointment = '2025-07-08' AND owner_id = 2
[2026-09-09 14:19:15] 1 row affected in 4 ms
```

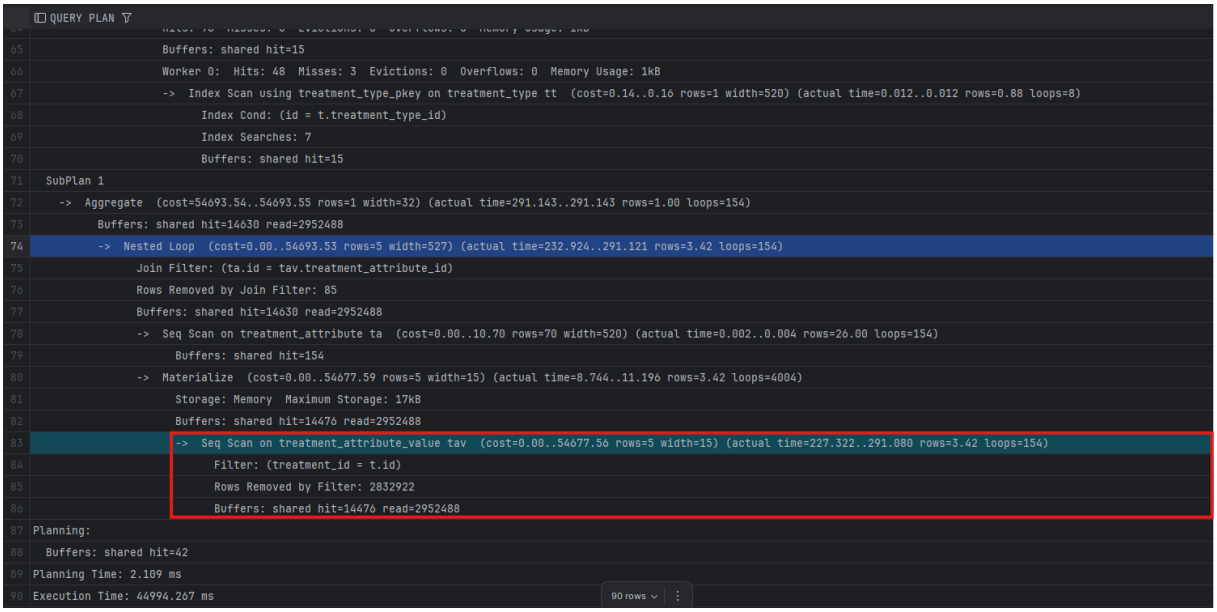
```
[2026-09-09 14:21:34] vet_db.public> INSERT INTO examination (date_examination, status, appointment_id, employee_id, examination_room_id)
                                     VALUES ('2025-07-15', 'scheduled', 850802, 3, 5)
[2026-09-09 14:21:34] 1 row affected in 3 ms
[2026-09-09 14:21:58] vet_db.public> UPDATE examination
                                     SET status = 'completed'
                                     WHERE employee_id = 3 AND date_examination = '2025-07-15'
[2026-09-09 14:21:58] 40 rows affected in 55 ms
```

View2: Pet medical history

1. Примарен филтер за погледот pet_medical_history ќе биде според id на миленичe, а уште ќе се користи и според id на сопственик и датум на одржан термин.
2. Примарен случај на употреба ќе е пребарување на целосната здравствена историја за едно миленичe при посета на клиниката: appointments, examinations и treatments, вклучувајќи ги сите type-specific атрибути како JSON за секој тип treatment (consultation/vaccination/prescription/operation) како резултат на EAV шемата што ја следи со различно множество на атрибути за секој од нив. За овој поглед ни се важни перформансите, бидејќи без него се губи време при извршување.
3. Иницијалното време на извршување на прашалникот е 48s 133ms. Ова не е прифатливо време за апликацијата па затоа пристапуваме кон индексирање.

```
[2026-09-10 13:45:11] vet_db.public> SELECT * FROM pet_medical_history WHERE pet_id = 9956
[2026-09-10 13:45:59] 154 rows retrieved starting from 1 in 48 s 133 ms (execution: 47 s 556 ms, fetching: 577 ms)
```

4. Најбавната операција е подпрашалникот кој го гради treatment_details: за секој од 154-те третмани на миленикот, табелата treatment_attribute_value целосно се скенира секвенцијално (Seq Scan), при што се отфрлаат 2.83 милиони редици што не се совпаѓаат (по секое скенирање), а тоа се извршува еднаш за секој ред од treatment.



Времето изминато во извршување на операциите insert и update изнесува:

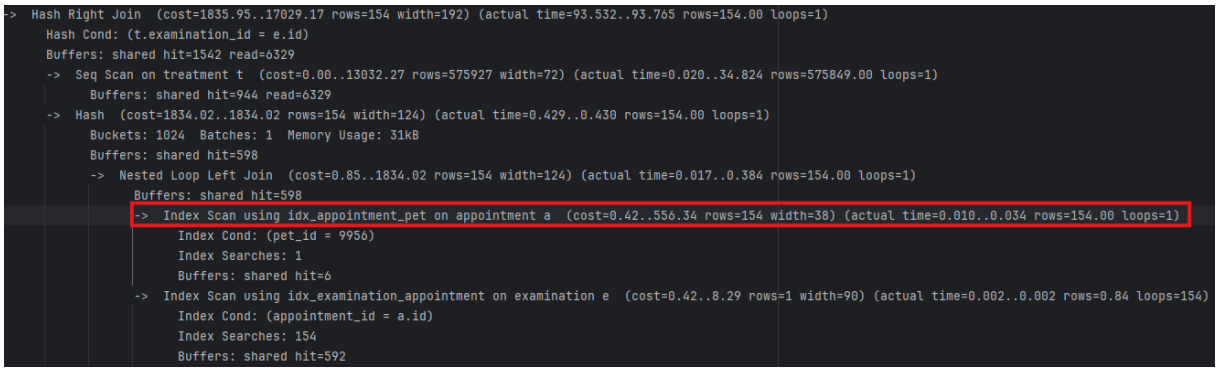
```
[2026-09-10 14:11:46] vet_db.public> INSERT INTO treatment (examination_id, treatment_type_id, date_treatment, notes)
                                     VALUES (1726, 2, CURRENT_DATE, 'Follow-up dosage adjustment')
[2026-09-10 14:11:46] 1 row affected in 24 ms
[2026-09-10 14:12:20] vet_db.public> INSERT INTO treatment_attribute_value (treatment_id, treatment_attribute_id, value)
                                     VALUES (577416, 13, 'false')
[2026-09-10 14:12:20] 1 row affected in 14 ms
```

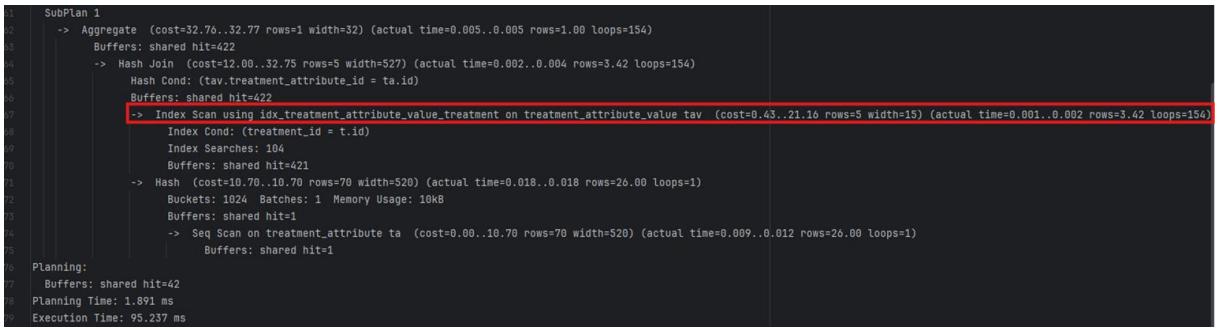
```
[2026-09-10 14:21:11] vet_db.public> UPDATE treatment
                                     SET notes = 'Updated post-op notes'
                                     WHERE id = 1577
[2026-09-10 14:21:11] 1 row affected in 9 ms
[2026-09-10 14:21:11] vet_db.public> UPDATE treatment_attribute_value
                                     SET value = '122'
                                     WHERE treatment_id = 1577 AND treatment_attribute_id = 23
[2026-09-10 14:21:11] 1 row affected in 253 ms
```

```
CREATE INDEX idx_appointment_pet ON appointment (pet_id);
CREATE INDEX idx_treatment_attribute_value_treatment ON treatment_attribute_value (treatment_id);
```

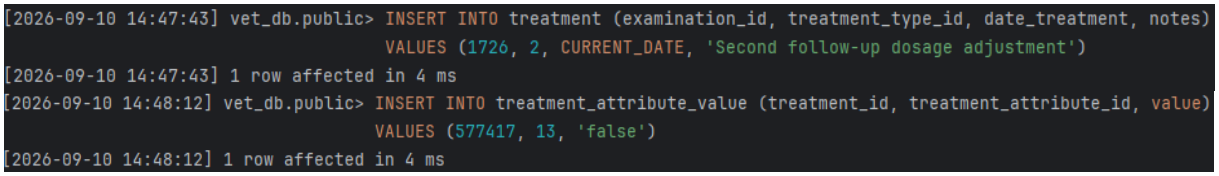
```
[2026-09-10 14:31:11] vet_db.public> SELECT * FROM pet_medical_history WHERE pet_id = 9956
[2026-09-10 14:31:11] 154 rows retrieved starting from 1 in 429 ms (execution: 76 ms, fetching: 353 ms)
```

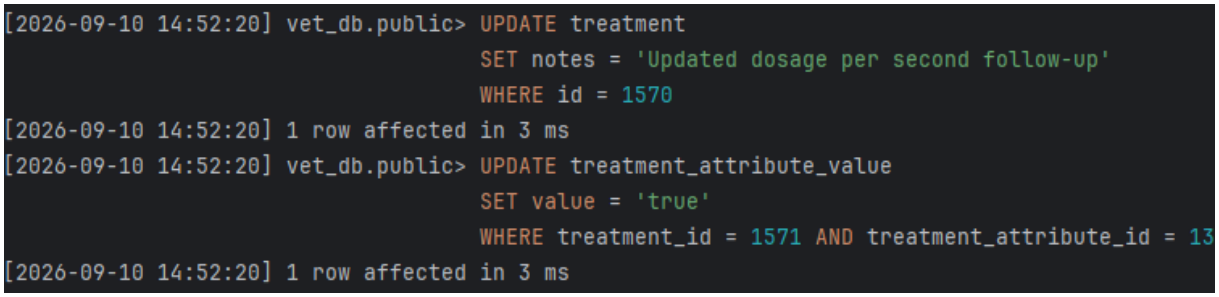
5. Времето изминато во извршување на query-то со индекси изнесува 429ms и тоа е прифатливо време.



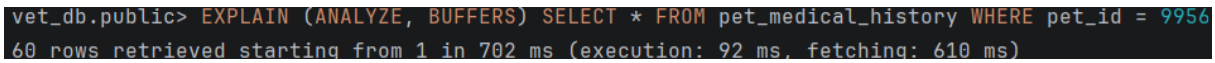


6. Времето изминато во извршување на операциите insert и update по индексирање изнесува:





Забелешка: Индексот idx_treatment_attribute_value_treatment го отстрануваме затоа што и без него перформансите се добри. Времето на извршување на прашалникот е 702ms (92ms execution):



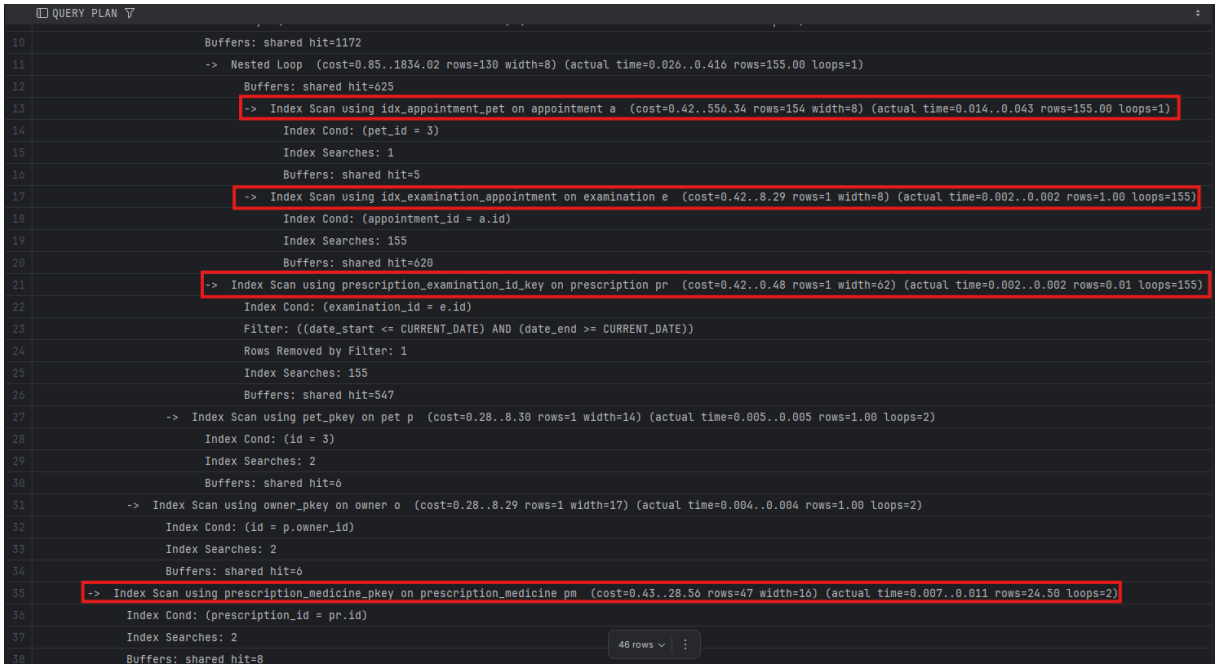
View3: Active prescriptions for pet

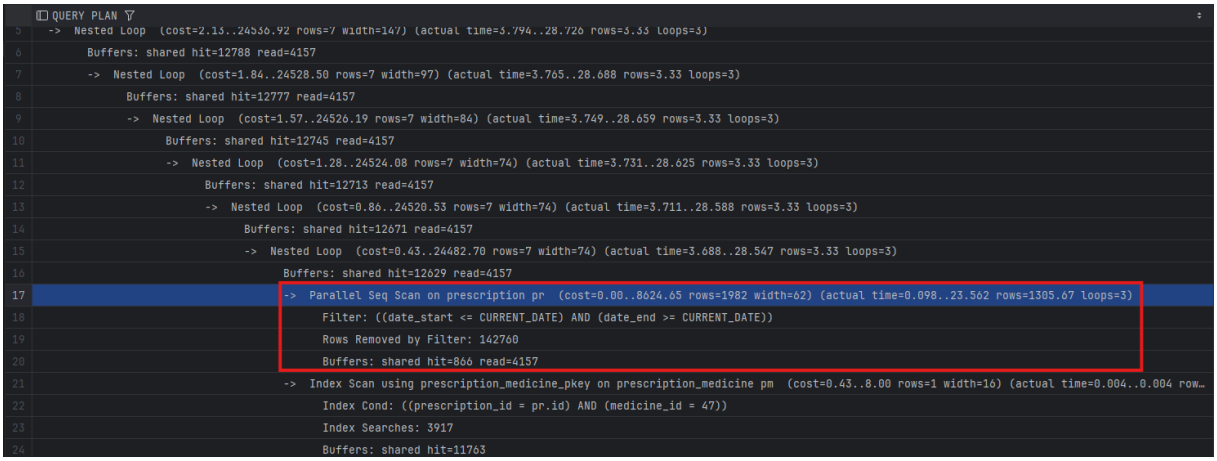
1. Примарен филтер за погледот active_prescriptions_for_pet ќе биде според id на миленичe, а уште ќе се користи и според id на лек.
2. Примарен случај на употреба е пребарување кои лекови одредено миленичe во моментот ги зема. Филтерот по medicine_id се користи кога клиниката треба да провери кои моментално активни пациенти се третираат со определен лек, на пример при повлекување на лек или проверка на интеракции меѓу лекови.
3. Иницијалното време на извршување на прашалникот по pet_id е 404ms (10ms execution) и 482ms (110ms execution) по medicine_id.

```
[2026-09-11 12:22:08] vet_db.public> SELECT * FROM active_prescriptions_for_pet WHERE pet_id = 3
[2026-09-11 12:22:09] 49 rows retrieved starting from 1 in 404 ms (execution: 10 ms, fetching: 394 ms)
[2026-09-11 12:22:12] vet_db.public> SELECT * FROM active_prescriptions_for_pet WHERE medicine_id = 47
[2026-09-11 12:22:12] 10 rows retrieved starting from 1 in 482 ms (execution: 110 ms, fetching: 372 ms)
```

4. Кај пребарувањето по pet_id ова е прифатливо време бидејќи сите операции во планот користат индекс и не постои непотребно скенирање на податоци, постоечкиот composite primary key на prescription_medicine и idx_appointment_pet веќе го покриваат овој пат на пребарување.

   За пребарувањето по medicine_id табелата најбавната операција е seq scan на prescription за да се вратат само 10 совпаѓачки редици. Ова не е прифатливо па затоа пристапуваме кон индексирање.





Времето изминато во извршување на операциите insert и update изнесува:

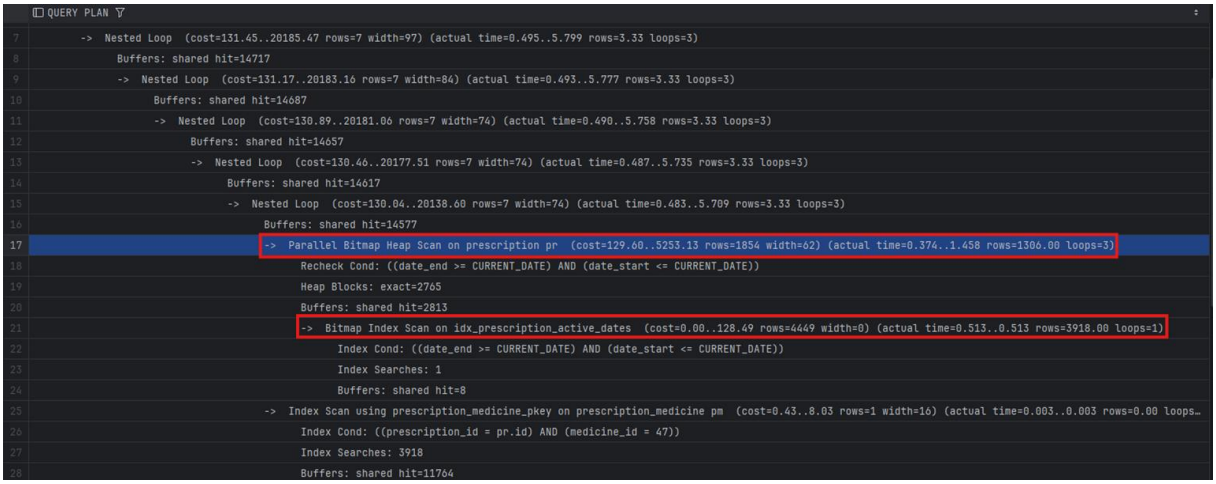
```
[2026-09-11 12:41:36] vet_db.public> INSERT INTO prescription (examination_id, date_start, date_end, description)
                                     VALUES (699, CURRENT_DATE, CURRENT_DATE + 10, 'Antibiotic course, 10 days')
[2026-09-11 12:41:36] 1 row affected in 15 ms
[2026-09-11 12:42:02] vet_db.public> INSERT INTO prescription_medicine (prescription_id, medicine_id, dosage, num_days)
                                    VALUES (432525, 1, 250, 10)
[2026-09-11 12:42:02] 1 row affected in 10 ms
```

```
[2026-09-11 12:44:56] vet_db.public> UPDATE prescription
                                     SET date_end = date_end + 5
                                     WHERE id = 328
[2026-09-11 12:44:56] 1 row affected in 6 ms
[2026-09-11 12:44:56] vet_db.public> UPDATE prescription_medicine
                                     SET dosage = 300
                                     WHERE prescription_id = 327 AND medicine_id = 8
[2026-09-11 12:44:56] 1 row affected in 4 ms
```

```
CREATE INDEX idx_prescription_active_dates ON prescription (date_end, date_start);
```

5. Времето изминато во извршување на query-то со индекси изнесува 346ms (7ms execution) по pet_id и 355ms (21ms execution) по medicine_id и тоа е прифатливо време.

```
[2026-09-11 12:55:32] vet_db.public> SELECT * FROM active_prescriptions_for_pet WHERE pet_id = 3
[2026-09-11 12:55:32] 49 rows retrieved starting from 1 in 346 ms (execution: 7 ms, fetching: 339 ms)
[2026-09-11 12:55:35] vet_db.public> SELECT * FROM active_prescriptions_for_pet WHERE medicine_id = 47
[2026-09-11 12:55:36] 10 rows retrieved starting from 1 in 355 ms (execution: 21 ms, fetching: 334 ms)
```



6. Времето изминато во извршување на операциите insert и update по индексирање изнесува:

```
[2026-09-11 13:02:48] vet_db.public> INSERT INTO prescription (examination_id, date_start, date_end, description)
                                     VALUES (700, CURRENT_DATE, CURRENT_DATE + 7, 'Follow-up course')
[2026-09-11 13:02:48] 1 row affected in 3 ms
[2026-09-11 13:02:59] vet_db.public> INSERT INTO prescription_medicine (prescription_id, medicine_id, dosage, num_days)
                                    VALUES (432526, 2, 200, 7)
[2026-09-11 13:02:59] 1 row affected in 2 ms
```

```
[2026-09-11 13:05:05] vet_db.public> UPDATE prescription
                                     SET date_end = date_end + 3
                                     WHERE id = 329
[2026-09-11 13:05:05] 1 row affected in 3 ms
[2026-09-11 13:05:06] vet_db.public> UPDATE prescription_medicine
                                     SET dosage = 150
                                     WHERE prescription_id = 329 AND medicine_id = 6756
[2026-09-11 13:05:06] 1 row affected in 2 ms
```

Забелешка: Индексот idx_prescription_active_dates го отстрануваме. Филтрирањето по датум се прави по спојувањето на appointment, examination, prescription кои веќе користат индекси по примарните клучеви.

View4: Employee Performance Summary

1. Примарен филтер за пребарување кај погледот employee_performance_summary е според id на вработен во клиниката, но исто така може да се пребарува и преку датум на извршен третман или пак одреден период помеѓу два датуми ако набљудувачот сака подетални информации.

2. Примарен случај за користење на овој поглед е при извршување на евалуација на вработените. При пребарување по id на вработен за него се прикашува неговата улога во клиниката, сите прегледи кои ги има извршено како и фактурите кои при припаѓаат на тие прегледи, со цел детална евалуација на работгата на вработениот и успешно извршување на задачите на клиниката. Пребарувањето по датум служи за периодични евалуациии на вработените преку кои може да се погледнат направените прегледи во даден временски период или на одреден датум.

3. Иницијалното време на извршување на погледот при пребарување по employee_id е: 1 in 1 s 119 ms (execution: 537 ms, fetching: 582 ms). За пребарување по date_examination е: 1 in 884 ms (execution: 248 ms, fetching: 636 ms).

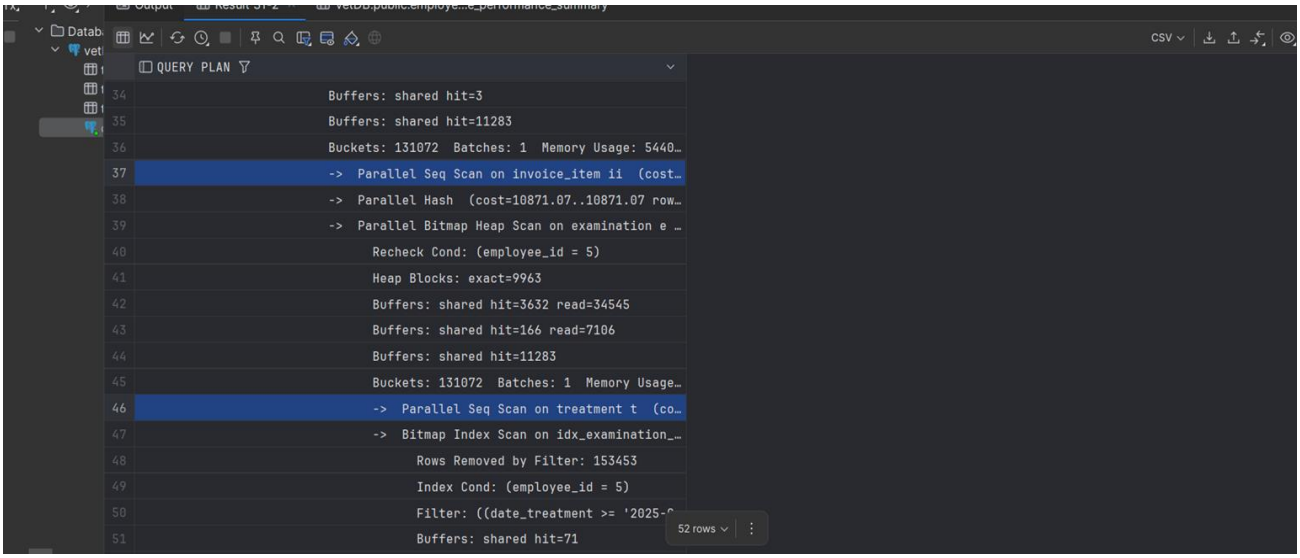
```
[2026-09-15 21:55:57] vetDB.public> SELECT * FROM employee_performance_summary WHERE employee_id = 5
[2026-09-15 21:55:58] 500 rows retrieved starting from 1 in 1 s 119 ms (execution: 537 ms, fetching: 582 ms)
[2026-09-15 21:55:58] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM employee_performance_summary WHERE employee_id = 5
[2026-09-15 21:56:00] 50 rows retrieved starting from 1 in 1 s 859 ms (execution: 1 s 498 ms, fetching: 361 ms)
[2026-09-15 22:06:15] vetDB.public> SELECT * FROM employee_performance_summary
                                    WHERE employee_id = 5 AND date_treatment >= '2025-01-01' AND date_treatment < '2026-01-01'
[2026-09-15 22:06:16] 500 rows retrieved starting from 1 in 884 ms (execution: 248 ms, fetching: 636 ms)
[2026-09-15 22:06:16] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM employee_performance_summary
                                                               WHERE employee_id = 5 AND date_treatment >= '2025-01-01' AND date_treatment < '2026-01-01'
[2026-09-15 22:06:18] 52 rows retrieved starting from 1 in 1 s 848 ms (execution: 1 s 128 ms, fetching: 720 ms)
```

4. За разлика од претходните погледи, ова е MATERIALIZED VIEW. Резултатот е физички зачуван, па SELECT-от го чита готовиот резултат наместо секој пат да го пресметува join-от. Со материјализирање на погледот, тешкиот join (кон invoice_item, treatment, examination) се пресметува еднаш при REFRESH, наместо при секој SELECT. Ова значи дека не мора да се додаваат дополнителни индекси на базните трансакциски табели (пред сè invoice_item, која е голема и често се ажурира) само за да се забрза овој поглед.

Баш заради ова беа отстранети некои од индексите кои ги испробавме, затоа што не придонесуваа значително подобрување на перформансите на погледот.

Најбавната операција е Parallel Seq Scan on invoice_item — целата табела invoice_item (околу 1.9 милиони редици, ~34 673 блока прочитани од диск по worker) се скенира

секвенцијално за да се направи Hash Right Join по ii.treatment_id = t.id, што трошинајголем дел од вкупното време (~880ms). Дополнително придонесува и Parallel Seq Scan on treatment (239 938 редици, 7234 блока read, ~58ms по worker).



Време на избршување на INSERT и UPDATE операции пред индексирање:

```
[2026-09-15 22:21:44] vetDB.public> INSERT INTO examination(date_examination, status, description, appointment_id, employee_id, examinat
                                    VALUES ('2026-08-01','completed','Regular check-up', 720800,6,3)
[2026-09-15 22:21:44] 1 row affected in 95 ms
[2026-09-15 22:21:44] vetDB.public> INSERT INTO treatment(date_treatment, notes, treatment_type_id, examination_id)
                                    VALUES ('2026-08-01','Follow-up plan agreed',2,715)
[2026-09-15 22:21:44] 1 row affected in 25 ms
[2026-09-15 22:21:44] vetDB.public> INSERT INTO invoice(date_invoice, total, coupon_id, owner_id)
                                    VALUES ('2026-08-01',56.33,398,79)
[2026-09-15 22:21:44] 1 row affected in 20 ms
[2026-09-15 22:21:44] vetDB.public> INSERT INTO invoice_item(num_item, invoice_id, price,quantity, type, shop_item_id, treatment_id)
                                    VALUES (1,24972,67.87,1,'treatment',null,223433)
[2026-09-15 22:21:47] 1 row affected in 2 s 551 ms
[2026-09-15 22:21:47] vetDB.public> UPDATE treatment
                                    SET notes = 'Updated: discussed follow-up diet plan'
                                    WHERE id = 5778001
[2026-09-15 22:21:47] completed in 11 ms
```

5. За оптимизација е креирани следнитот индекс:

```
CREATE INDEX idx_treatment_examination ON treatment (examination_id);
```

Време на извршување на пребарување по индексирање

```
[2026-09-15 22:23:01] vetDB.public> SELECT * FROM employee_performance_summary WHERE employee_id = 5
[2026-09-15 22:23:02] 500 rows retrieved starting from 1 in 837 ms (execution: 388 ms, fetching: 449 ms)
[2026-09-15 22:23:02] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM employee_performance_summary WHERE employee_id = 5
[2026-09-15 22:23:03] 50 rows retrieved starting from 1 in 1 s 161 ms (execution: 791 ms, fetching: 370 ms)
[2026-09-15 22:23:03] vetDB.public> SELECT * FROM employee_performance_summary
                                    WHERE employee_id = 5 AND date_treatment >= '2025-01-01' AND date_treatment < '2026-01-01'
[2026-09-15 22:23:04] 500 rows retrieved starting from 1 in 783 ms (execution: 251 ms, fetching: 532 ms)
[2026-09-15 22:23:04] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM employee_performance_summary
                                                               WHERE employee_id = 5 AND date_treatment >= '2025-01-01' AND date_treatme
[2026-09-15 22:23:05] 52 rows retrieved starting from 1 in 1 s 202 ms (execution: 827 ms, fetching: 375 ms)
```

6. Време за извршување INSERT и UPDATE операции по индексирање:

```
[2026-09-15 22:24:17] vetDB.public> INSERT INTO examination(date_examination, status, description, appointment_id, employee_id, examinat
                                    VALUES ('2026-08-01','completed','Regular check-up', 720800,6,3)
[2026-09-15 22:24:17] 1 row affected in 42 ms
[2026-09-15 22:24:17] vetDB.public> INSERT INTO treatment(date_treatment, notes, treatment_type_id, examination_id)
                                    VALUES ('2026-08-01','Follow-up plan agreed',2,715)
[2026-09-15 22:24:17] 1 row affected in 7 ms
[2026-09-15 22:24:17] vetDB.public> INSERT INTO invoice(date_invoice, total, coupon_id, owner_id)
                                    VALUES ('2026-08-01',56.33,398,79)
[2026-09-15 22:24:17] 1 row affected in 8 ms
[2026-09-15 22:24:17] vetDB.public> INSERT INTO invoice_item(num_item, invoice_id, price,quantity, type, shop_item_id, treatment_id)
                                    VALUES (1,24972,67.87,1,'treatment',null,223433)
[2026-09-15 22:24:17] 1 row affected in 137 ms
[2026-09-15 22:24:17] vetDB.public> UPDATE treatment
                                    SET notes = 'Updated: discussed follow-up diet plan'
                                    WHERE id = 5778001
[2026-09-15 22:24:17] completed in 5 ms
```

View5: Invoice Billing Details

1. Примарен филтер за погледот invoice_billing_details ќе биде според invoice_id, но може да се пребарува и по owner_id

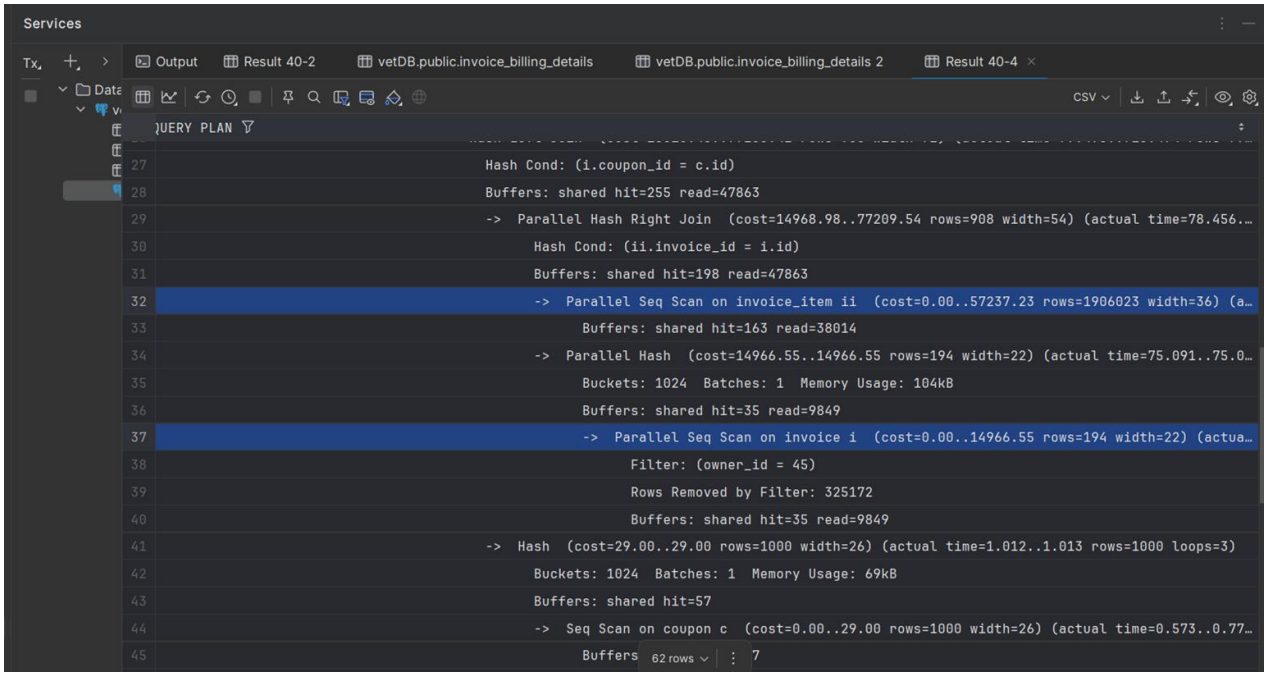
2. Примарен случај на употреба на овој поглед е вработените кои работат на каса да можат да ги разгледаат сите детали за една фактурна ставка. Значи да имаат преглед за сопственикот, третманите и производите кои сопственикот ги купува за своето милениче како и купони кои биле искористени во текот на наплатата.

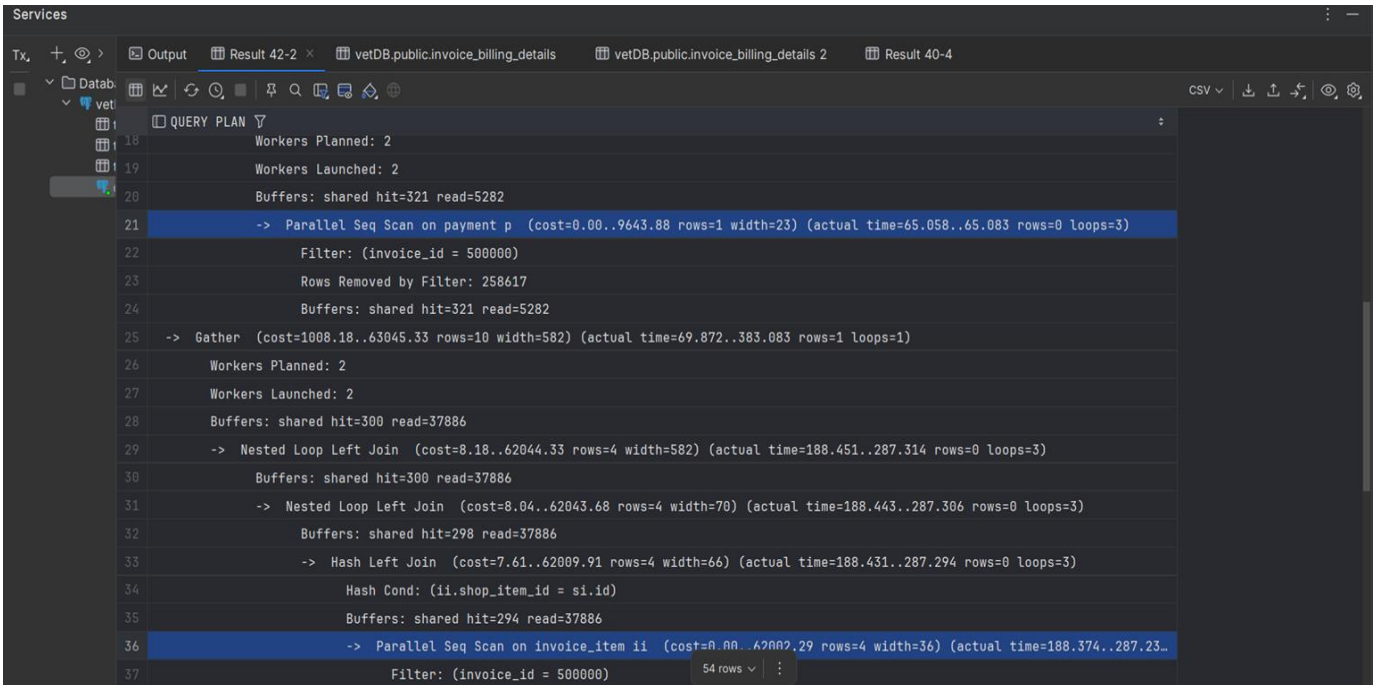
3. Иницијално време на извршување на погледот при пребарување по invoice_id е: 1 in 1 s 383 ms (execution: 963 ms, fetching: 420 ms), а при пребарување по owner_id е:1 in 1 s 721 ms (execution: 1 s 200 ms, fetching: 521 ms)

```
[2026-09-15 22:30:41] vetDB.public> SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE invoice_id = 500000
[2026-09-15 22:30:43] 1 row retrieved starting from 1 in 1 s 383 ms (execution: 963 ms, fetching: 420 ms)
[2026-09-15 22:30:43] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE invoice_id = 500000
[2026-09-15 22:30:44] 54 rows retrieved starting from 1 in 817 ms (execution: 402 ms, fetching: 415 ms)
[2026-09-15 22:30:44] vetDB.public> SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE owner_id = 45
[2026-09-15 22:30:45] 500 rows retrieved starting from 1 in 1 s 721 ms (execution: 1 s 200 ms, fetching: 521 ms)
[2026-09-15 22:30:45] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE owner_id = 45
[2026-09-15 22:30:47] 62 rows retrieved starting from 1 in 1 s 278 ms (execution: 899 ms, fetching: 379 ms)
```

4. Кај пребарувањето по invoice_id времето на извршување е 392.264 ms. Пребарувањето на invoice, owner и coupon користи постоечки primary key индекси, но најбавните операции се Parallel Seq Scan над табелите payment и invoice_item. Особено кај invoice_item, се скенираат голем број записи иако се бараат само записите за конкретен invoice_id. Затоа е потребно индексирање на invoice_item(invoice_id, num_item), додека за payment е предвиден индексот idx_payment_invoice.

Кај пребарувањето по owner_id времето на извршување е 889.622 ms, што не е прифатливо за пребарување по конкретен owner. Најбавните операции се Parallel Seq Scan над invoice и invoice_item. Табелата invoice се скенира за да се пронајдат фактурите со owner_id = 45, додека invoice_item се скенира за да се пронајдат ставките што припаѓаат на тие фактури. Затоа се користат индексите idx_invoice_owner и idx_invoice_item_invoice_id, со што се избегнува непотребно скенирање на целите табели.





Време на избршување на INSERT и UPDATE операции пред индексирање:

```
[2026-09-15 22:44:02] vetDB.public> INSERT INTO invoice (date_invoice, total, coupon_id, owner_id)
                                    VALUES (CURRENT_DATE, 62.50, NULL, 8)
[2026-09-15 22:44:02] 1 row affected in 4 ms
[2026-09-15 22:44:02] vetDB.public> INSERT INTO invoice_item (num_item, invoice_id, price,quantity, type, shop_item_id, treatment_id)
                                    VALUES (1, 24984,62.50, 1, 'shop_item', 9,null)
[2026-09-15 22:44:03] 1 row affected in 933 ms
[2026-09-15 22:44:03] vetDB.public> INSERT INTO payment (date_payment, amount, method, invoice_id)
                                    VALUES (CURRENT_DATE, 62.50, 'credit card', 24984)
[2026-09-15 22:44:03] 1 row affected in 38 ms
[2026-09-15 22:44:03] vetDB.public> UPDATE invoice
                                    SET total = 58.00
                                    WHERE id = 24984
[2026-09-15 22:44:03] 1 row affected in 10 ms
[2026-09-15 22:44:03] vetDB.public> UPDATE payment
                                    SET amount = 58.00
                                    WHERE invoice_id = 24984
[2026-09-15 22:44:03] 4 rows affected in 155 ms
```

5. За оптимизација се креирани следните индекси:

CREATE INDEX idx_invoice_owner ON invoice (owner_id);

CREATE INDEX idx_payment_invoice ON payment (invoice_id);

Време потребно за извршување на SELECT операции по индексирање

```
[2026-09-15 22:48:13] vetDB.public> SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE invoice_id = 500000
[2026-09-15 22:48:14] 1 row retrieved starting from 1 in 951 ms (execution: 566 ms, fetching: 385 ms)
[2026-09-15 22:48:14] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE invoice_id = 500000
[2026-09-15 22:48:15] 49 rows retrieved starting from 1 in 694 ms (execution: 356 ms, fetching: 338 ms)
[2026-09-15 22:48:15] vetDB.public> SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE owner_id = 45
[2026-09-15 22:48:16] 500 rows retrieved starting from 1 in 854 ms (execution: 410 ms, fetching: 444 ms)
[2026-09-15 22:48:16] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM invoice_billing_details WHERE owner_id = 45
[2026-09-15 22:48:17] 66 rows retrieved starting from 1 in 1 s 152 ms (execution: 811 ms, fetching: 341 ms)
```

6. Време за извршување INSERT и UPDATE операции по индексирање:

```
[2026-09-15 23:22:59] vetDB.public> INSERT INTO invoice (date_invoice, total, coupon_id, owner_id)
                                    VALUES (CURRENT_DATE, 62.50, NULL, 8)
[2026-09-15 23:22:59] 1 row affected in 15 ms
[2026-09-15 23:22:59] vetDB.public> INSERT INTO invoice_item (num_item, invoice_id, price,quantity, type, shop_item_id, treatment_id)
                                    VALUES (1, 24984,62.50, 1, 'shop_item', 9,null)
[2026-09-15 23:22:59] 1 row affected in 171 ms
[2026-09-15 23:22:59] vetDB.public> INSERT INTO payment (date_payment, amount, method, invoice_id)
                                    VALUES (CURRENT_DATE, 62.50, 'credit card', 24984)
[2026-09-15 23:22:59] 1 row affected in 13 ms
[2026-09-15 23:22:59] vetDB.public> UPDATE invoice
                                    SET total = 58.00
                                    WHERE id = 24984
[2026-09-15 23:22:59] 1 row affected in 11 ms
[2026-09-15 23:22:59] vetDB.public> UPDATE payment
                                    SET amount = 58.00
                                    WHERE invoice_id = 24984
[2026-09-15 23:22:59] 5 rows affected in 6 ms
```

View6: Low Stock Shop Items

1. Primary Filter: Основното пребарување е според името на категоријата на продукти category_name (но исто функционира и со ниво на залиха)

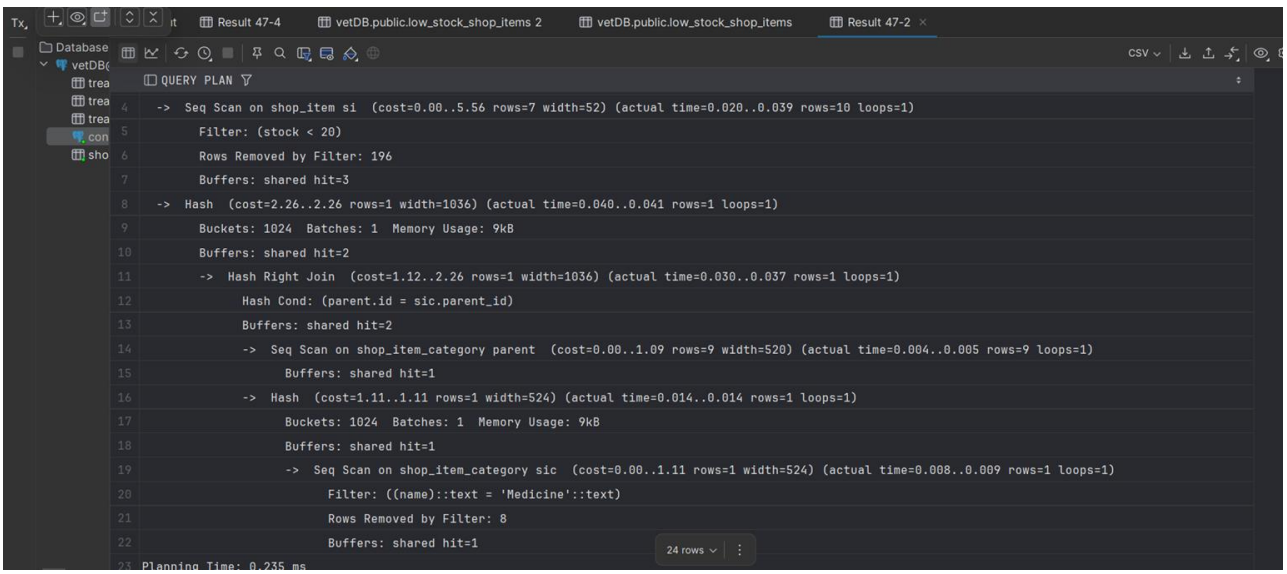
2. Primary Case: Погледот low_stock_shop_items ги прикажува производите со помалку од 20 единици на залиха, заедно со нивната цена, категорија и надредена категорија. Се користи за полесно идентификување на производите кои треба да се надополнат. Производите се поврзуваат со нивните категории, додека LEFT JOIN овозможува прикажување на надредената категорија доколку постои. Погледот поддржува пребарување според категорија и дополнително филтрирање според ниво на залиха.

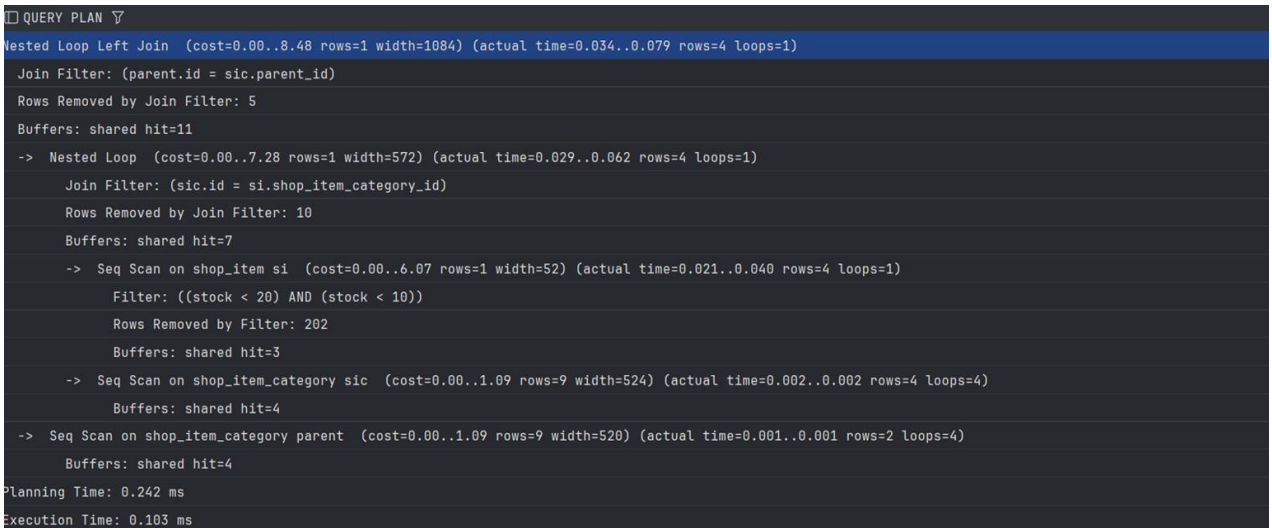
3. Иницијално време на извршување на погледот при пребарување по category_name е: 1 in 474 ms (execution: 25 ms, fetching: 449 ms) , а при пребарување по stock treshold е: 11 in 449 ms (execution: 9 ms, fetching: 440 ms)

```
[2026-09-15 23:39:17] vetDB.public> SELECT * FROM low_stock_shop_items WHERE category_name = 'Medicine'
[2026-09-15 23:39:17] 7 rows retrieved starting from 1 in 474 ms (execution: 25 ms, fetching: 449 ms)
[2026-09-15 23:39:17] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM low_stock_shop_items WHERE category_name = 'Medicine'
[2026-09-15 23:39:18] 24 rows retrieved starting from 1 in 439 ms (execution: 9 ms, fetching: 430 ms)
[2026-09-15 23:39:18] vetDB.public> SELECT * FROM low_stock_shop_items WHERE stock < 10
[2026-09-15 23:39:18] 4 rows retrieved starting from 1 in 449 ms (execution: 9 ms, fetching: 440 ms)
[2026-09-15 23:39:18] vetDB.public> EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM low_stock_shop_items WHERE stock < 10
[2026-09-15 23:39:19] 18 rows retrieved starting from 1 in 492 ms (execution: 9 ms, fetching: 483 ms)
```

4. Кај пребарувањето по stock < 10, времето на извршување е само 0.103 ms, што е прифатливо. Планот користи Seq Scan над shop_item, при што се проверуваат сите записи и се враќаат само оние кои го задоволуваат условот stock < 10. Бидејќи табелата содржи мал број записи, целосното скенирање не претставува проблем и додавање индекс за овој услов не е потребно. Во планот се појавуваат условите stock < 20 и stock < 10, бидејќи првиот услов е дефиниран во погледот, а вториот е дополнителен услов во пребарувањето.

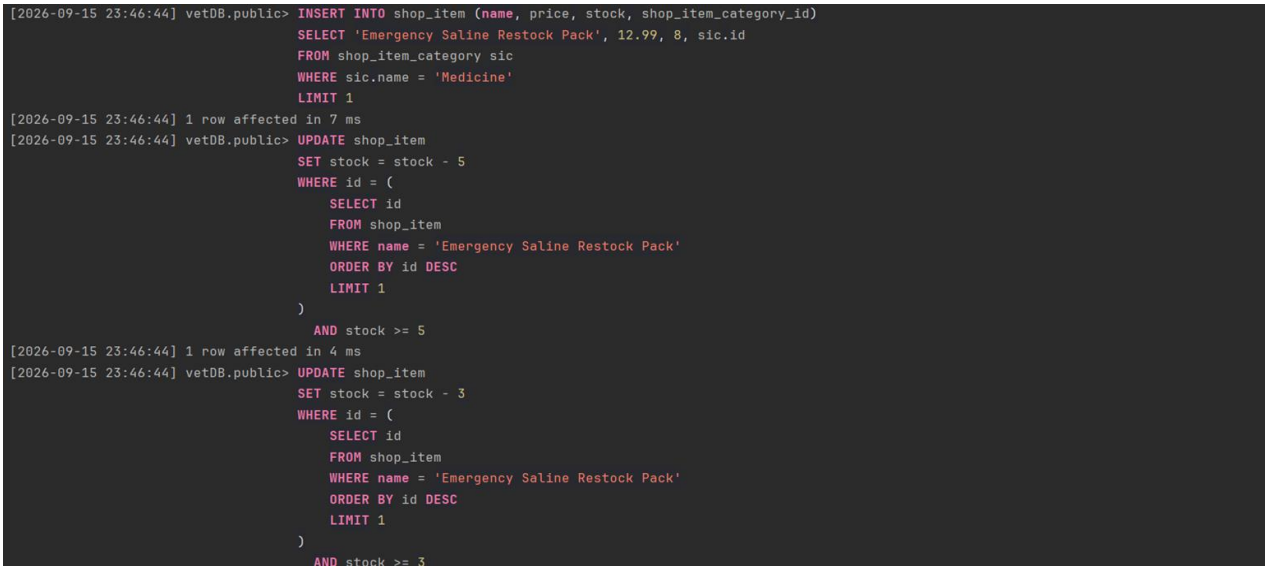
Кај пребарувањето по category_name = 'Medicine', времето на извршување е 0.137 ms, што исто така е прифатливо. Планот користи Seq Scan над shop_item и shop_item_category, како и Hash Join за нивно поврзување. Бидејќи shop_item и shop_item_category се мали табели, скенирањето на сите записи не создава значително оптоварување. Поради тоа, не е потребно дополнително индексирање за овие пребарувања.





```
QUERY PLAN
Nested Loop Left Join  (cost=0.00..8.48 rows=1 width=1084) (actual time=0.034..0.079 rows=4 loops=1)
 Join Filter: (parent.id = sic.parent_id)
 Rows Removed by Join Filter: 5
 Buffers: shared hit=11
 ->  Nested Loop  (cost=0.00..7.28 rows=1 width=572) (actual time=0.029..0.062 rows=4 loops=1)
       Join Filter: (sic.id = si.shop_item_category_id)
       Rows Removed by Join Filter: 10
       Buffers: shared hit=7
       ->  Seq Scan on shop_item si  (cost=0.00..6.07 rows=1 width=52) (actual time=0.021..0.040 rows=4 loops=1)
             Filter: ((stock < 20) AND (stock < 10))
             Rows Removed by Filter: 202
             Buffers: shared hit=3
       ->  Seq Scan on shop_item_category sic  (cost=0.00..1.09 rows=9 width=524) (actual time=0.002..0.002 rows=4 loops=4)
             Buffers: shared hit=4
 ->  Seq Scan on shop_item_category parent  (cost=0.00..1.09 rows=9 width=520) (actual time=0.001..0.001 rows=2 loops=4)
       Buffers: shared hit=4
Planning Time: 0.242 ms
Execution Time: 0.103 ms
```

Извршување на INSERT и UPDATE операции



```
[2026-09-15 23:46:44] vetDB.public> INSERT INTO shop_item (name, price, stock, shop_item_category_id)
                                    SELECT 'Emergency Saline Restock Pack', 12.99, 8, sic.id
                                    FROM shop_item_category sic
                                    WHERE sic.name = 'Medicine'
                                    LIMIT 1
[2026-09-15 23:46:44] 1 row affected in 7 ms
[2026-09-15 23:46:44] vetDB.public> UPDATE shop_item
                                    SET stock = stock - 5
                                    WHERE id = (
                                        SELECT id
                                        FROM shop_item
                                        WHERE name = 'Emergency Saline Restock Pack'
                                        ORDER BY id DESC
                                        LIMIT 1
                                    )
                                      AND stock >= 5
[2026-09-15 23:46:44] 1 row affected in 4 ms
[2026-09-15 23:46:44] vetDB.public> UPDATE shop_item
                                    SET stock = stock - 3
                                    WHERE id = (
                                        SELECT id
                                        FROM shop_item
                                        WHERE name = 'Emergency Saline Restock Pack'
                                        ORDER BY id DESC
                                        LIMIT 1
                                    )
                                      AND stock >= 3
```