



Зниження сукупної вартості володіння та створення надійних баз даних із невеликим часом відгуку за допомогою Enterprise NVMe твердотільних накопичувачів Kingston DC1500M і гіперконвергентної інфраструктури VMware vSAN

Автор: Хазем Авадалла, системний інженер, Kingston Technology

Редактор: Кріс Селден, менеджер із розробки твердотільних накопичувачів, Kingston Technology



Вміст

- [Пояснювальна записка](#)
- [Загальні проблеми інфраструктури, з якими сьогодні стикаються реляційні системи керування базами даних у центрах обробки даних](#)
- [Рішення. Використання Enterprise NVMe твердотільних накопичувачів DC1500M від Kingston Technology для центрів обробки даних](#)
- [Тестове середовище](#)
 - [I. Інфраструктура](#)
 - [II. Конфігурація бази даних](#)
 - [III. Продуктивність сховища vSAN](#)
- [Результати тестування](#)
 - [Тест 1. Віртуальна машина SQL Server 2017 у vSAN системі зберігання даних на DC1500M на 960 ГБ із різним обсягом оперативної пам'яті](#)
 - [Результати тестування 1. Віртуальна машина SQL Server 2017 у vSAN системі зберігання даних на DC1500M на 960 ГБ із різним обсягом оперативної пам'яті](#)
 - [Тест 2. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Kingston DC500M \(SATA\), Micron 5200 Eco \(SATA\) й DC1500M \(NVMe\)](#)
 - [Результати тестування 2. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Kingston DC500M \(SATA\), Micron 5200 Eco \(SATA\) й DC1500M \(NVMe\)](#)
 - [Тест 3. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на DC1500M \(NVMe\) та Micron 5200 Eco \(SATA\), більший розмір схеми й більша тривалість тестування](#)
 - [Результати тестування 3. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на DC1500M \(NVMe\) та Micron 5200 Eco \(SATA\), більший розмір схеми й більша тривалість тестування](#)
 - [Тест 4. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, резервного копіювання та відновлення в системах vSAN на DC1500M \(NVMe\) та Micron 5200 Eco \(SATA\)](#)
 - [Тест 4. Результати. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, резервного копіювання та відновлення в системах vSAN на DC1500M \(NVMe\) та Micron 5200 Eco \(SATA\)](#)
 - [Тест 5. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, тест на «галасливого сусіда», накопичувачі DC1500M \(NVMe\) та Micron 5200 Eco \(SATA\) з vSAN](#)
 - [Результати тестування 5. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, тест на «галасливого сусіда», накопичувачі DC1500M \(NVMe\) та Micron 5200 Eco \(SATA\) з vSAN](#)
- [Висновок](#)

Пояснювальна записка

Протягом останніх років поява NVMe здійснила революцію в області зберігання даних, здійснивши великий стрибок уперед у максимізації продуктивності флеш-пам'яті NAND та використанні багатофункціонального, економічно вигідного й перспективного стандарту шини розширення PCI Express із високою пропускною здатністю. Наразі PCIe 5-го покоління забезпечує швидкість передачі даних до 8 ГБ/с на лінію, позбавляючи шину розширення її слабкого місця в області зберігання даних і відкриваючи шлях для інновацій і покращень не лише для SSD-контролерів і флеш-пам'яті NAND, але й для всього апаратного стеку. Процесори, конструкції корпусів, материнські плати й топології апаратного введення-виведення постійно вдосконалюються, щоб вони могли підтримувати додаткову пропускну здатність. У центрах обробки даних із мережевими топологіями відбуваються значні зміни, які дадуть їм змогу пристосуватися до роботи з NVMe; з появою специфікації NVMe-OF мережеві інтерфейси, комутатори й транспортні протоколи змінилися та продовжують удосконалюватися для підтримки підвищеної пропускної здатності, водночас зберігши підтримку технології QoS і передачі пакетів без утрат.

Але як поява NVMe вплине на продуктивність програм? Чи можна зменшити обсяг, який займає сховище, водночас підвищивши пропускну здатність і скоротивши час відгуку в транзакціях? Чи можна значно скоротити час резервного копіювання баз даних, щоб зменшити масштаб проблеми «галасливого сусіда» й мінімізувати її вплив на виробниче середовище? У цьому документі ми дамо відповіді на ці запитання, розглянувши типові робочі навантаження OLTP, визначені специфікацією TPCC, і наведемо кілька практичних порівнянь із впливом NVMe на продуктивність транзакцій у реальних робочих умовах.

[Загальні проблеми інфраструктури, з якими сьогодні стикаються системи керування реляційними базами даних у центрах обробки даних](#)

Вартість, планування потужностей і можливості масштабування

З величезним збільшенням пропускної здатності Інтернету, швидкості обробки інформації та бумом аналітики даних, що відбулися протягом двох останніх десятиліть, виробничі бази даних OLTP швидко збільшуються в розмірі – зазвичай набагато швидше, ніж планували розробники програм та інфраструктури. Базову архітектуру сховища та мережі потрібно створювати таким чином, щоб її можна було масштабувати з нуля для задоволення попиту, що зростає з часом, і забезпечення чудового балансу між вартістю, простотою керування та продуктивністю. Стає дедалі важче зробити вибір між тим, чи розробляти програму в локальному центрі обробки даних або скористатися хмарними сервісами, що надаються за принципом IaaS/PaaS. Робота програми в локальних центрах обробки даних дає розробникам рішення повний контроль над можливостями масштабування, безпекою, надійністю та продуктивністю, однак потребує ретельного планування й іноді передбачає великі авансові витрати. Використання хмарних сервісів, що надаються за принципом IaaS/PaaS, пришвидшує розгортання та спрощує роботу з масштабуванням, однак забезпечує менший рівень контролю за продуктивністю й надійністю, а також може швидко зростати в ціні, коли масштаб програми збільшуватиметься. Деякі організації віддають перевагу гібридному підходу: важливіші програми рівня Tier 1 можуть зберігатись у локальних центрах обробки даних, а програми рівня Tier 2 й застарілі програми переносяться в хмару. Для програм, які працюють локально, гіперконвергентні інфраструктурні рішення, як-от VMware vSAN із дисковими групами All-Flash, забезпечують чудовий баланс між вартістю, простотою, продуктивністю й легкістю масштабування.

Стійкість

Програми Tier 1 необхідно створювати в інфраструктурі або переносити в інфраструктуру, що здатна витримати відмову більше ніж одного компонента обладнання в усьому апаратному стеці. За умови неправильного планування відмова обладнання в центрах обробки даних може призвести до значних фінансових збитків через перебої в обслуговуванні або, у найгіршому випадку, до незворотної втрати даних. У середовищах зі спільними сховищами необхідно ретельно спланувати базову інфраструктуру, щоб вона могла витримувати збої в роботі сховища й перенавантаження компонентів.

Наприклад, у vSAN програми Tier 1 повинні мати мінімальне значення рівня відмовостійкості (FTT), що дорівнює 1, а високу доступність vSphere High Availability (HA) має бути ввімкнено, щоб забезпечити захист віртуальних машин програм і баз даних від щонайменше однієї відмови комп'ютера, мережі або сховища. Крім того, можна ввімкнути vSphere Distributed Resource Scheduler (DRS), щоб балансувати навантаження на ресурси ЦП/пам'яті між фізичними серверами в кластері.

Різні очікування щодо продуктивності

Потреба у вищій швидкості транзакцій і меншій затримці продовжує зростати, оскільки OLTP-програми й надалі збільшуються в масштабі та дедалі більша кількість користувачів створює транзакційне навантаження на внутрішню базу даних. Розробники рішень повинні планувати інфраструктуру для зберігання даних таким чином, щоб вона могла, у разі потреби, підтримувати такий підвищений попит і була достатньо адаптивною для міграції між різними рівнями сховища. Наприклад, бази даних SQL, розміщені на віртуальних дисках, для яких виділено масиви зберігання SAN, можна перенести в сховище даних NVMe All-Flash vSAN зі швидшими рівнями зберігання, як-от NVMe, з допомогою VMotion сховища VMware.

Дилема «галасливого сусіда»

Критично важливо розробити інфраструктуру, яка дасть ключовим робочим навантаженням змогу отримати ресурси, що необхідні для виконання завдання. У середовищі зі спільним сховищем, де розміщено кілька робочих навантажень, продуктивність може стати непередбачуваною, а робочі навантаження, що відхиляються від норми, можуть спричинити проблеми для виробничих робочих навантажень, що є критично важливими. Це і є визначенням проблеми «галасливого сусіда». Таким прикладом, який буде наведено далі в цьому документі, можуть бути незаплановані операції з резервного копіювання бази даних на одному сервері, що споживають ресурси сховища й мережі та впливають на продуктивність і затримку інших серверів, що використовують ті самі ресурси.

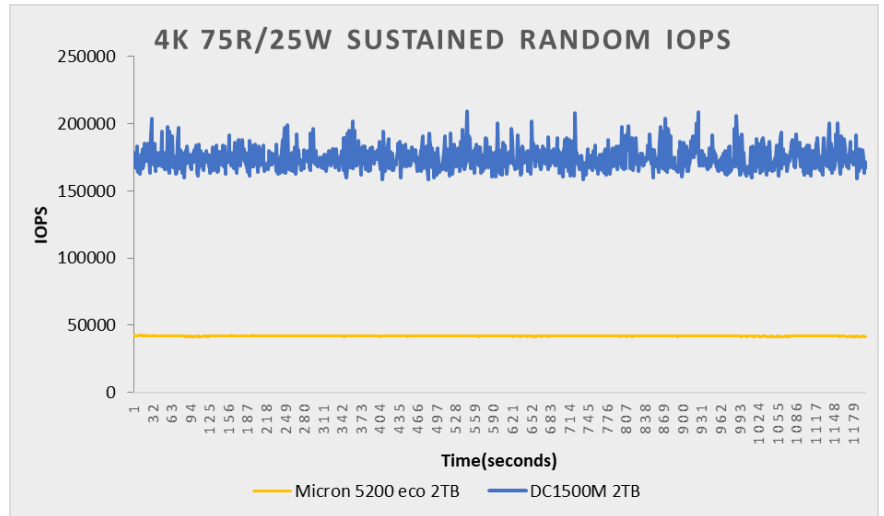
Знайомтесь: Enterprise NVMe SSD-накопичувачі Kingston DC1500M

Kingston DC1500M – це найновіша пропозиція Enterprise U.2 PCIe 3.0x4 NVMe накопичувачів від компанії Kingston з обсягом від 960 до 7680 ГБ. Його оснащено 16-канальним контролером і пам'яттю 3D TLC NAND, а також розроблено з чітким дотриманням вимог технології Quality of Service (QoS), щоб забезпечити стабільно високу продуктивність і узгодженість корпоративних навантажень, а також зберегти низький рівень затримок. Його мікропрограмне забезпечення, розраховане на потреби підприємств, підтримує такі функції, як збільшення резервного обсягу накопичувача, множинні простори назв (підтримка до 64 просторів назв), а також складніші алгоритми ECC, що забезпечують надійність індустріальних робочих навантажень протягом усього строку служби накопичувача.

Оскільки SSD-накопичувачі з інтерфейсом SATA й досі найчастіше використовуються в центрах обробки даних, у цьому документі ми хочемо показати, що перенесення або створення інфраструктури для зберігання даних на Enterprise NVMe SSD-накопичувачі, як-от DC1500M NVMe від Kingston, допоможе вирішити деякі з описаних вище проблем.

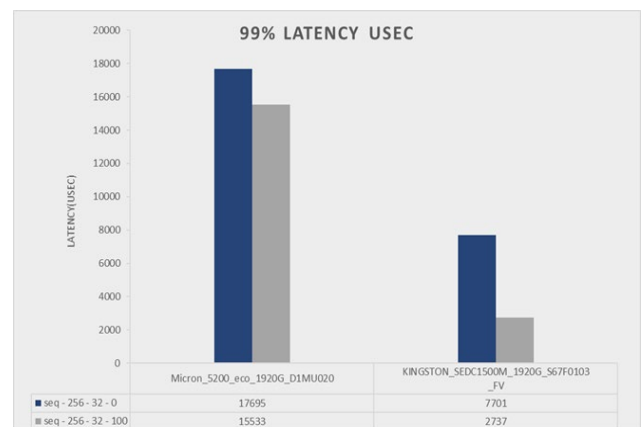
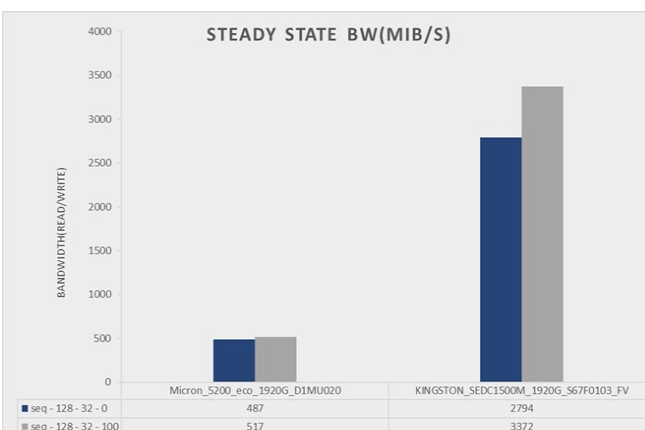
У межах нашого внутрішнього тестування один SSD-накопичувач Kingston DC1500M (NVMe) забезпечує збільшення пропускної здатності в 6,5 разів та зменшення затримок в 5,6 разів (мал. б нижче), порівняно з одним Enterprise SATA SSD-накопичувачем Micron 5200 Eco, а їхня вартість майже не відрізняється.

Такий рівень продуктивності в гіперконвергентному середовищі означає підвищення пропускної здатності транзакцій і зниження затримок для баз даних SQL Server. Це також призводить до зменшення обсягу, який займає сховище, а також до зменшення енергоспоживання. У цьому прикладі пропускна здатність одного накопичувача DC1500M дорівнює шістьом накопичувачам Micron 5200 Eco. Пізніше ми побачимо, як ця продуктивність проявляється в умовах реальних робочих навантажень SQL OLTP на VMware vSAN.



Значне підвищення продуктивності NVMe SSD-накопичувачів, як-от DC1500M, якщо порівняти з SSD-накопичувачами з інтерфейсом SATA, також означає, що їх використання в спільних гіперконвергентних середовищах може знизити вплив проблеми «галасливого сусіда» на програми Tier 1. Enterprise NVMe SSD-накопичувачі, такі, як DC1500M, можуть набагато швидше виконувати непередбачені робочі навантаження, наприклад операції резервного копіювання / відновлення, у робочий час, водночас забезпечуючи низькі затримки й високу пропускну здатність транзакцій для критично важливих виробничих робочих навантажень Tier 1, як описано далі в цьому документі (тести на «галасливого сусіда»).

Мал. а) Посекундне порівняння кількості операцій введення-виведення SSD-накопичувачів DC1500M 1920G (NVMe) та Micron 5200 ECO 1920G (SATA). Тестування здійснювалося на одному фізичному накопичувачі, який було підключено як додатковий до Linux-системи з FIO v3.17, після досягнення сталого рівня продуктивності. Розмір блока – 4к, відсоток зчитування – 75%, глибина черги – 32

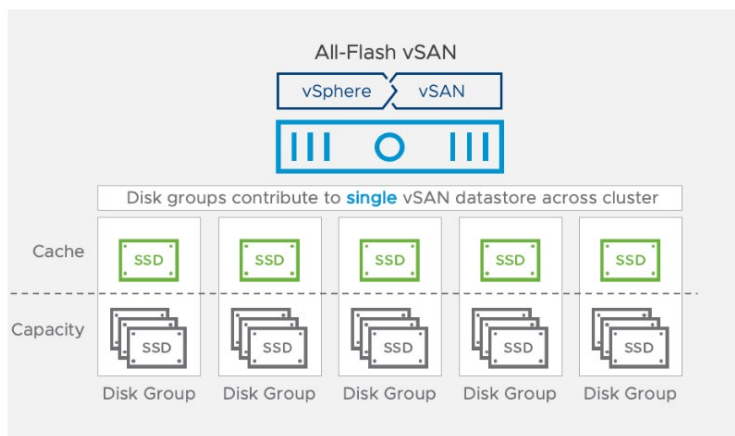


Мал. б) Порівняння пропускної здатності (МБ/с) послідовного зчитування/запису та затримок (мкс) SSD-накопичувачів DC1500M 1920G (NVMe) та Micron 5200 ECO 1920G (SATA). Тестування здійснювалося на одному фізичному накопичувачі, який було підключено як додатковий до Linux-системи з FIO v3.17, після досягнення сталого рівня продуктивності. Розмір блока – 256к, глибина черги – 32

I. Інфраструктура

Інформацію про наші середовища для тестування наведено на мал. 1.1 і 1.2 нижче. Як гіперконвергентну інфраструктуру було вибрано VMware vSAN, оскільки це надійний, централізований і економічно вигідний варіант зберігання даних із чудовими можливостями масштабування для гіперконвергентних віртуалізованих середовищ.

VMware vSAN дає користувачам змогу об'єднувати локальні пристрої зберігання даних із кількох серверів у єдине сховище даних, розподілене між усіма хостами в кластері vSAN. Фізичні диски кожного сервера розміщуються в дискові групи, де один диск чи дискова група використовується як пристрій кешування та до семи дисків чи дискових груп – як пристрої для зберігання даних. Щонайбільше в сервера може бути до п'яти дискових груп, тож у кластері vSAN може бути не більше 35 пристроїв для зберігання даних на сервері. Дискові групи всіх хостів ESXi у кластері vSAN об'єднуються в сховище даних vSAN, а трафік між хостами та сховищем даних vSAN ізолюється через виділену мережу для vSAN (10 Гбіт/с+ для всіх All-Flash vSAN – це обов'язкова вимога). Це дає адміністраторам змогу почати зі сховища з невеликим обсягом і за потреби додавати вузли зберігання, щоб збільшити місткість (до 64 вузлів/кластер), а також забезпечує відносно простий спосіб контролювати вимоги до продуктивності для окремих віртуальних машин.



Мал. 1. Архітектура All-Flash vSAN

vSAN використовує політики зберігання, щоб визначити рівні захисту й правила чергування для окремих віртуальних дисків. Якщо використовується політика зберігання за умовчанням, vSAN зеркально відображає всі об'єкти, отримані зі сховища даних vSAN, однак водночас дає адміністраторам змогу ретельно контролювати рівень захисту окремих дисків, до яких сховище даних vSAN надає віртуальній машині доступ. Наприклад, щоб у VMDK накопичувача з даними SQL була змога витримати хоча б один збій у кластері (весь

сервер, диск або мережевий інтерфейс), можна як значення для первинного рівня відмовостійкості (FTT) указати 1. Потім для об'єкта VMDK буде створено дзеркало RAID 1 з одним компонентом репліки на одному хості й іншим компонентом репліки на іншому хості в кластері vSAN. Аналогічним чином адміністратори можуть указати політику зберігання RAID 0 (лише чергування) зі значенням 0 для FTT, якщо потрібно, щоб у VMDK резервного диска не було відмовостійкості, а продуктивність була максимальною; якщо віртуальна машина має високу доступність через SQL AlwaysOn Failover Clustering або якщо для бази даних регулярно створюються резервні копії за допомогою поширених рішень для резервного копіювання, як-от Commvault чи NetBackup.

У нашому тестуванні й практичній перевірці SSD-накопичувачів від Kingston Technology, а також для цього документа використовувалися три [сервери PowerEdge R740xD](#), що підтримують вісім дискових секцій NVMe з формфактором 2,5" та 16 дискових секцій SATA/SAS із формфактором 2,5" на сервер, з виділеною мережею 10 GbE, робота якої підтримується двома [комутаторами Cisco Nexus 5k](#), для трафіку vSAN для тестування SSD-накопичувача з інтерфейсом SATA. Для тестування NVMe ми використовували 4-вузловий суперсервер Big Twin Supermicro [SYS-2029BT-HNR](#) з виділеною мережею 40 GbE, робота якої підтримується одним [комутатором Cisco 9k](#), для трафіку vSAN. У нашому тестуванні

було застосовано користувацьку політику зберігання (FTT = 0), призначену віртуальному диску гостьової віртуальної машини, щоб максимізувати продуктивність блокового сховища для всіх тестів, проведених у межах цього документа. Для різних тестів використовувалися різні SSD-накопичувачі, технічні характеристики яких наведено нижче на початку результатів кожного тестування, але як стандарт на кожен дискову групу використовувалися три фізичні накопичувачі з однаковою місткістю (як для тестування SATA, так і для NVMe). Для порівняльного тестування було вибрано популярний SATA SSD-накопичувач Micron 5200 Eco. Для керування й трафіку VMotion було використано мережу 1 GbE, робота якої підтримувалась одним 24-портовим керованим комутатором Netgear JGS524PE.

Тестове середовище NVMe (обладнання)	Тестове середовище SATA / SAS / гібридного сховища (обладнання)
4-вузловий кластер Supermicro SYS-2029BT-HNR із шістьма дисковими секціями 2,5" NVMe з «гарячою» заміною на сервер	3-вузловий кластер PowerEdge Dell R740xD, що підтримує вісім дискових секцій 2,5" NVMe та 16 дискових секцій 2,5" SATA/SAS на сервер
ЦП Intel(R) Xeon(R) Gold 6252 (48 ядер, 96 потоків) на 2,10 ГГц — 8 шт.	ЦП Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 (10 ядер, 20 потоків) на 2,20 ГГц — 8 шт.
Пам'ять 2Rx4 ECC REG DIMM Kingston DDR4-2933, 64 x 32 ГБ (16 x 32 ГБ на вузол), 512 ГБ/вузол, 2048 ГБ/кластер	768 ГБ пам'яті Kingston Dual Rank ECC (24 x 32 ГБ) на 2400 МГц/вузол, 2304 ГБ/кластер
Два комутатори датацентрового класу Cisco Nexus N5K-C5010 для мережевого трафіку vSAN (20 портів, 10 GbE)	Один комутатор датацентрового класу Cisco Nexus 9332PQ для виділеного мережевого трафіку vSAN (32 порти, 40 GbE)
	PERC H740P налаштовано в режимі HBA Passthru

Мал. 1.1. Обладнання, що використовувалося під час тестування

Тестове середовище NVMe (ОС і програмне забезпечення)	Тестове середовище SATA (ОС і програмне забезпечення)
Гіпервізор: VMware ESXi, 7.0.3, 19193900	Гіпервізор: VMware ESXi, 7.0.3, 19193900
vSAN 7U3c (VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 + VMware VirtualCenter 7.0.3, збірка 19234570)	vSAN 7U3c (VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 + VMware VirtualCenter 7.0.3, збірка 19234570)
Гостьова ОС: Windows Server 2019 Datacenter, v1809	Гостьова ОС: Windows Server 2019 Datacenter, v1809
Microsoft SQL Server 2017 (RTM), версія 14.0.1000.169 (x64)	Microsoft SQL Server 2017 (RTM), версія 14.0.1000.169 (x64)
HammerDB, версія 3.2	HammerDB, версія 3.2
HCIBench, версія 2.5.3	HCIBench, версія 2.5.3

Мал. 1.2. ОС і програмне забезпечення

II. Конфігурація бази даних

У проведених тестах використовувалася гостьова віртуальна машина Server 2019 з SQL Server 2017 і окремий диск VMDK, виділений зі сховища даних vSAN для даних, журналу й резервної копії. HammerDB – це програма з відкритим вихідним кодом для тестування баз даних із навантаженням, що підтримує запуск еталонного тесту TPCC для програм OLTP й еталонного тесту TPC-H для робочих навантажень з аналітики даних. Під час проведення різноманітних тестів у межах цього документа для моделювання транзакційних робочих навантажень OLTP та забезпечення відповідності й надійності результатів тестування було вибрано еталонний тест TPCC.

Еталонний тест TPCC (формальне визначення наведено на сайті tpc.org [домашня сторінка TPCC]) – це відомий галузевий стандарт еталонного тесту OLTP, у якому реалізується комп'ютерна система для виконання замовлень від клієнтів на постачання продукції компанії. Компанія продає 100 000 найменувань товарів і зберігає свої запаси на складах. За кожним складом закріплено 10 торговельних районів, і кожен район обслуговує 3000 клієнтів. Клієнти телефонують у компанію, її оператори приймають замовлення, кожне замовлення містить кілька позицій, потім замовлення зазвичай надсилаються з місцевого складу. Однак у певний момент кількох позицій немає на складі, і вони надсилаються з іншого складу. Важливо відзначити, що розмір компанії не фіксовано, і з ростом компанії вона може додавати склади й торговельні райони. З цієї причини ваша тестова схема може бути будь-якого розміру – більша схема призводить до збільшення бази даних TPC-C й потребує потужнішої комп'ютерної системи для обробки збільшеного рівня транзакцій (HammerDB).

Для написання цієї статті було проведено різноманітні тести з різною кількістю складів (розмір схеми) і віртуальних користувачів. Ці дані задокументовано на початку кожного тесту й пояснено в результатах тестування. Протягом усього тестування було записано результати роботи HammerDB в кожному тестовому запуску; водночас було записано статистику ЦП, мережі, пам'яті й дисків за допомогою монітора продуктивності Windows (Perfmon) і вбудованого модуля Get-counter у Windows PowerShell, а також монітора продуктивності vSAN, доступного на сервері vCenter.

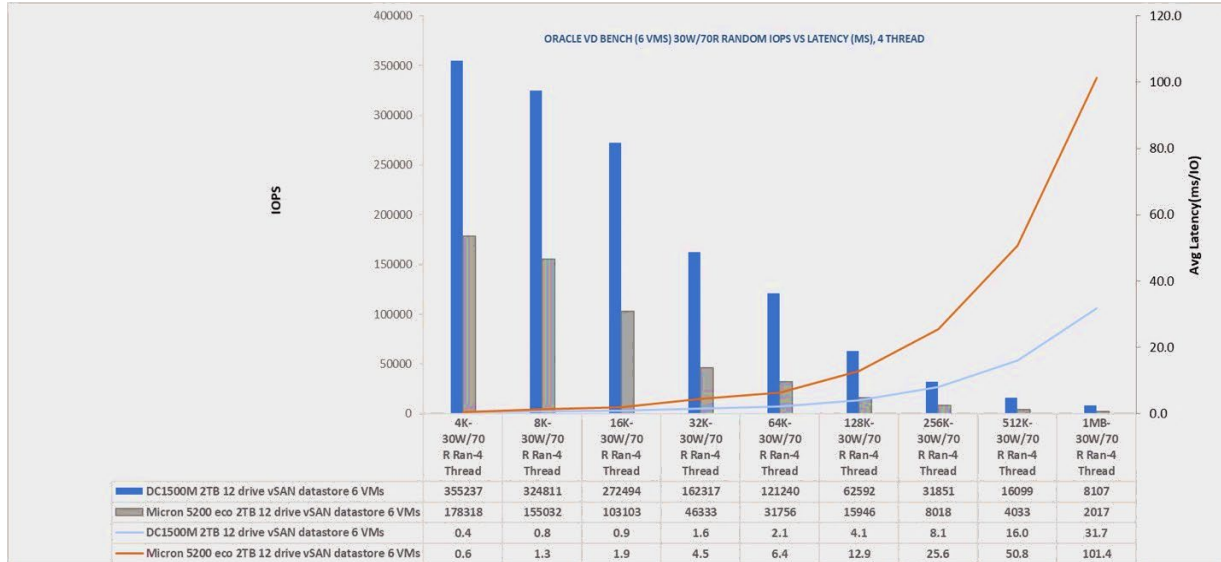
III. Продуктивність сховища vSAN

До запуску наших SQL-тестів було протестовано продуктивність сховища даних vSAN для конфігурацій, що розглядаються в цьому документі, щоб оцінити рівень продуктивності, який можна очікувати від SSD-накопичувачів DC1500M (NVMe) та Micron 5200 Eco (SATA) зі сховищем даних vSAN. Ми використали рекомендований VMware інструмент для тестування сховища даних vSAN – [HCI Bench версії 2.5.3](#), – який є набором засобів автоматизації, що дають змогу розгорнути кілька віртуальних машин на всіх хостах кластера vSAN і паралельно запустити певні робочі навантаження за допомогою Vdbench на всіх гостьових віртуальних машинах. Ми представляємо кілька результатів наших запусків із шістьма віртуальними машинами на NVMe vSAN кластері DC1500M і SATA кластері Micron 5200 Eco.

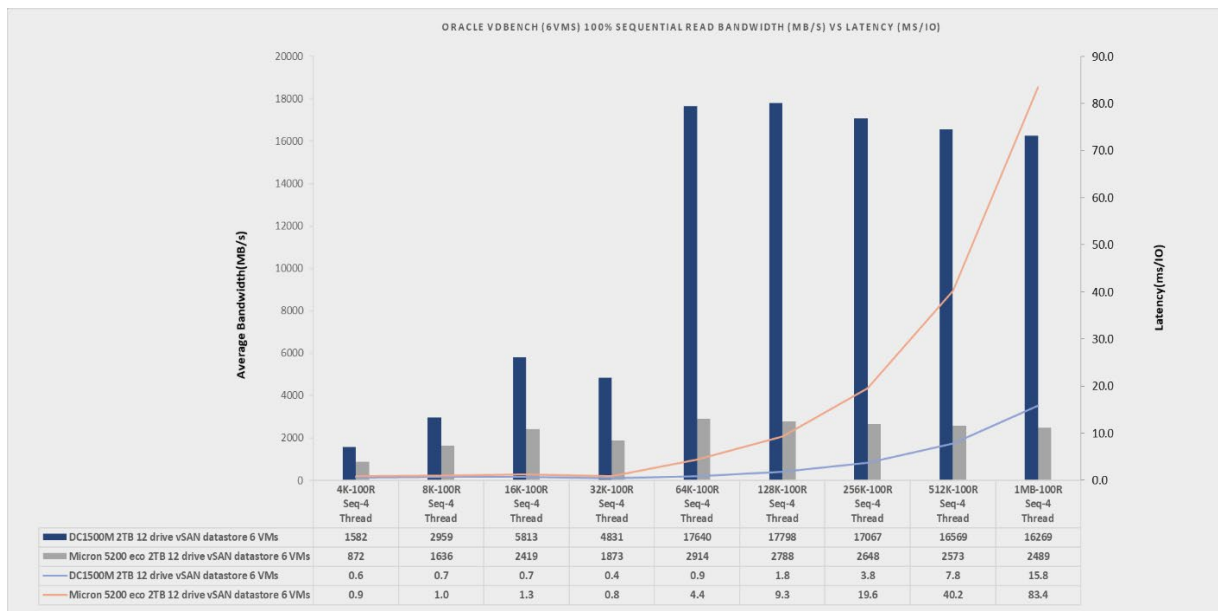
На мал. 1.3 й 1.4 показано результати змішаного робочого навантаження за умови сталого випадкового робочого навантаження (70% зчитування, 30% запису) з різними розмірами блоків протягом 30 хвилин для vSAN систем зберігання даних на DC1500M (NVMe) і Micron 5200 Eco (SATA). З розміром блока 4K NVMe vSAN системі зберігання даних DC1500M удалося виконати вдвічі більше операцій введення-виведення (70% зчитування / 30% запису; 355 тис. проти 178 тис.), ніж SATA SSD vSAN системі зберігання даних, а кожна операція введення-виведення завершувалася на 33% швидше (0,4 мс, порівняно з 0,6 мс в SATA SSD vSAN). Перевага NVMe в продуктивності стає очевидною зі зростанням розміру блоків, що передаються під час операцій введення-виведення. Якщо поглянути на результати випадкового робочого навантаження з розміром блока 64K (70% зчитування, 30% запису), NVMe vSAN системі зберігання даних удається виконати втричі більше операцій введення-виведення (121 240 проти 31 756), а затримка на кожну операцію введення-виведення нижча на 66% (2,1 мс, порівняно із 6,4 мс в SATA SSD vSAN).

На мал. 1.5 і 1.6 показано порівняння результатів тестування HCI Bench для пропускної здатності й затримок під час стабільного зчитування та запису з різними розмірами блоків для vSAN систем зберігання даних DC1500M (NVMe) й Micron 5200 Eco (SATA). Пропускна здатність NVMe системи зберігання даних DC1500M становила 17,8 ГБ/с (128к), що в 6,3 рази перевищує пропускну здатність зчитування SATA SAN системи зберігання даних (2,79 ГБ/с), а її затримка була в п'ять разів меншою (0,9 мс, порівняно з 4,4 мс в SATA vSAN). Під час запису vSAN система DC1500M забезпечила пропускну здатність 6,7 ГБ/с (128к), що також у 5,9 разу вище, ніж у SATA vSAN, а затримку – у п'ять разів нижчу.

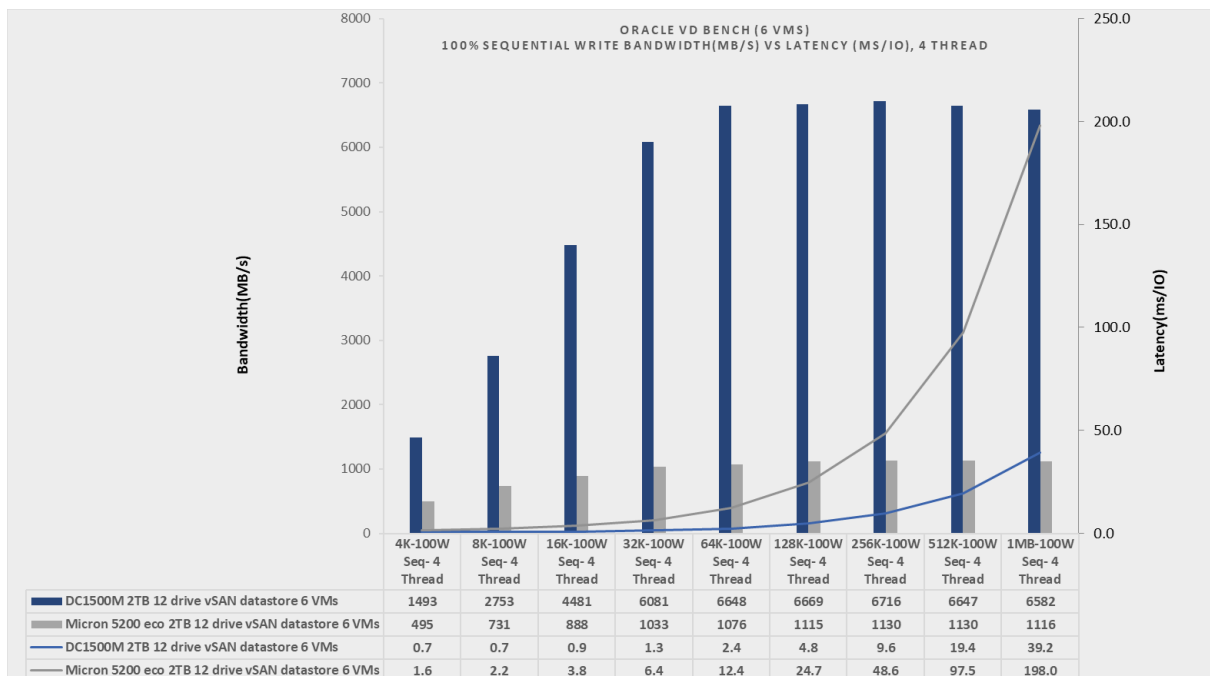
Наскільки велика ця різниця в продуктивності між системами зберігання даних NVMe та SATA vSAN, коли мова йде про продуктивність SQL? Чи виправдовує перевага NVMe в продуктивності витрати? Чи будуть операції резервного копіювання або відновлення SQL виконуватися швидше, що дасть змогу зменшити вплив на критично важливі робочі навантаження? У наступних розділах ми дамо відповіді на ці запитання, провівши кілька експериментів.



Мал. 13. Порівняння систем зберігання даних vSAN на DC1500M і Micron 5200 Eco, 4к, 70% зчитування / 30% запису, випадкове робоче навантаження, QD = 8, потоки = 4, 6 віртуальних машин, порівняння кількості операцій введення-виведення й середньої затримки (мс) за допомогою HClBench



Мал. 14. Порівняння систем зберігання даних vSAN на DC1500M і Micron 5200 Eco, 100% зчитування / 0% запису, послідовне робоче навантаження, QD = 8, потоки = 4, 6 віртуальних машин, порівняння пропускної здатності зчитування (МБ/с) і середньої затримки під час зчитування (мс на операцію введення-виведення) за допомогою HClBench



Мал. 1.5. Порівняння систем зберігання даних vSAN на DC1500M і Micron 5200 Eco, 100% запису / 0% зчитування, послідовне робоче навантаження, QD = 8, потоки = 4, 6 віртуальних машин, порівняння пропускної здатності зчитування (МБ/с) і середньої затримки під час зчитування (мс на операцію введення-виведення) за допомогою HClBench

Результати тестування

Тест 1. Віртуальна машина SQL Server 2017 у vSAN системі зберігання даних на DC1500M на 960 ГБ із різним обсягом оперативної пам'яті

Конфігурація vSAN системи зберігання даних: Три накопичувачі DC1500M 960G FW S67F0103 на дискову групу, усього чотири дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище NVMe vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою OC Server 2019 Datacenter.		
Опис тесту 1а	Опис тесту 1б	Опис тесту 1в
Віртуальний диск створено в vSAN системі зберігання даних DC1500M у тестовому середовищі NVMe. Було вибрано схему бази даних із 1200 складами, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 128 ГБ оперативної пам'яті. Ще одну віртуальну машину vSAN із 16 ядрами / 128 ГБ оперативної пам'яті було виділено для роботи як сервер генерування навантаження для відправлення транзакцій у систему, що тестувалася. Створена послідовність віртуальних користувачів: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89. Було вибрано дві хвилини для нарощування темпу та по п'ять хвилин на тестування послідовності користувачів.	Аналогічно до тесту 1а, однак кількість виділеної для гостьової віртуальної машини оперативної пам'яті було зменшено до 32 ГБ, щоб збільшити кількість операцій введення-виведення в область даних. Віддалений сервер генерування навантаження й надалі використовувався для надсилання транзакцій у тестову систему однак кількість виділеної для цього сервера оперативної пам'яті було також зменшено до 32 ГБ.	Аналогічно до тесту 1а, однак кількість виділеної для гостьової віртуальної машини оперативної пам'яті було зменшено до 32 ГБ, щоб збільшити кількість операцій введення-виведення в область даних, а тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині, щоб усунути будь-які слабкі місця в мережі.

Мал. 2.1. Тест 1: Різні конфігурації оперативної пам'яті vSAN системи зберігання даних DC1500M

Наша мета для тесту 1 – отримати базовий рівень продуктивності, що очікується від еталонного тесту TPCC на SQL Server 2017 у VMware vSAN із системою зберігання даних All-Flash DC1500M NVMe vSAN, з різним обсягом пам'яті, що виділяється для SQL Server. Ідея зміни обсягу оперативної пам'яті, виділеної для системи SQL, що тестувалася, базується на наведених далі принципах.

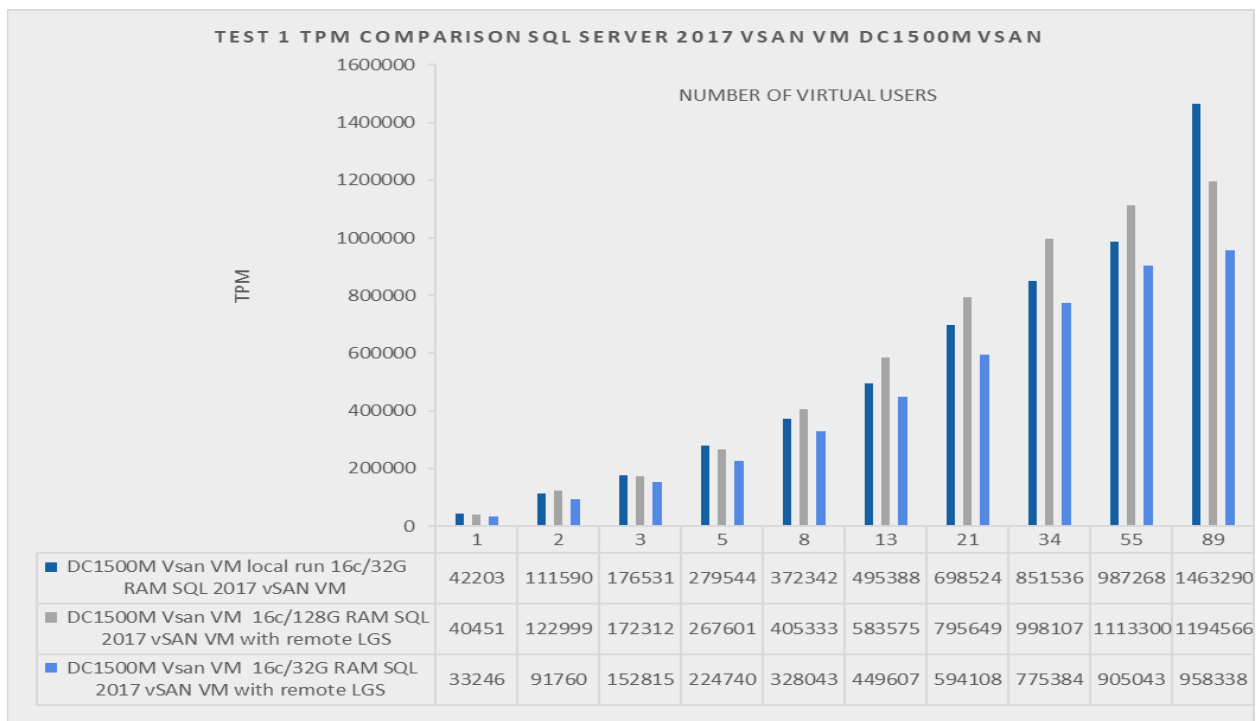
- Зменшення обсягу оперативної пам'яті, що виділяється для віртуальної машини бази даних SQL Server, збільшить кількість операцій введення-виведення в область даних і зробить більший акцент на продуктивність операцій введення-виведення бази даних, що містить схему (база даних OLTP на диску).
- Якщо віртуальна машина бази даних SQL Server матиме достатній обсяг оперативної пам'яті, під час тесту OLTP більша частина даних буде кешуватися, а кількість операцій введення-виведення в область даних буде мінімальною (тест OLTP у пам'яті).

Ми створили схему розміром 1200 складів, унаслідок чого розмір бази даних TPCC склав приблизно 100 ГБ. Під час першого тесту для системи, що тестувалася, було виділено 128 ГБ оперативної пам'яті, щоб у пам'яті помістилась уся схема. Потім було запущено послідовність віртуальних користувачів на віддаленому сервері генерування навантаження для імітації користувачів, які надсилають транзакції в базу даних; кількість користувачів збільшувалася від 1 до 89 відповідно до розміру схеми й обсягу виділених ресурсів ЦП/пам'яті для віртуальної машини SQL Server. Після завершення тесту базу даних TPCC було відновлено, обсяг оперативної пам'яті, виділеної для системи, що тестувалася, і сервера генерування навантаження, було зменшено до 32 ГБ, і той самий тест із тією самою послідовністю користувачів було повторено. Крім того, той самий тест було проведено локально на системі тестової віртуальної машини, щоб усунути будь-які слабкі місця в мережі, які створюються віддаленим сервером генерування навантаження.

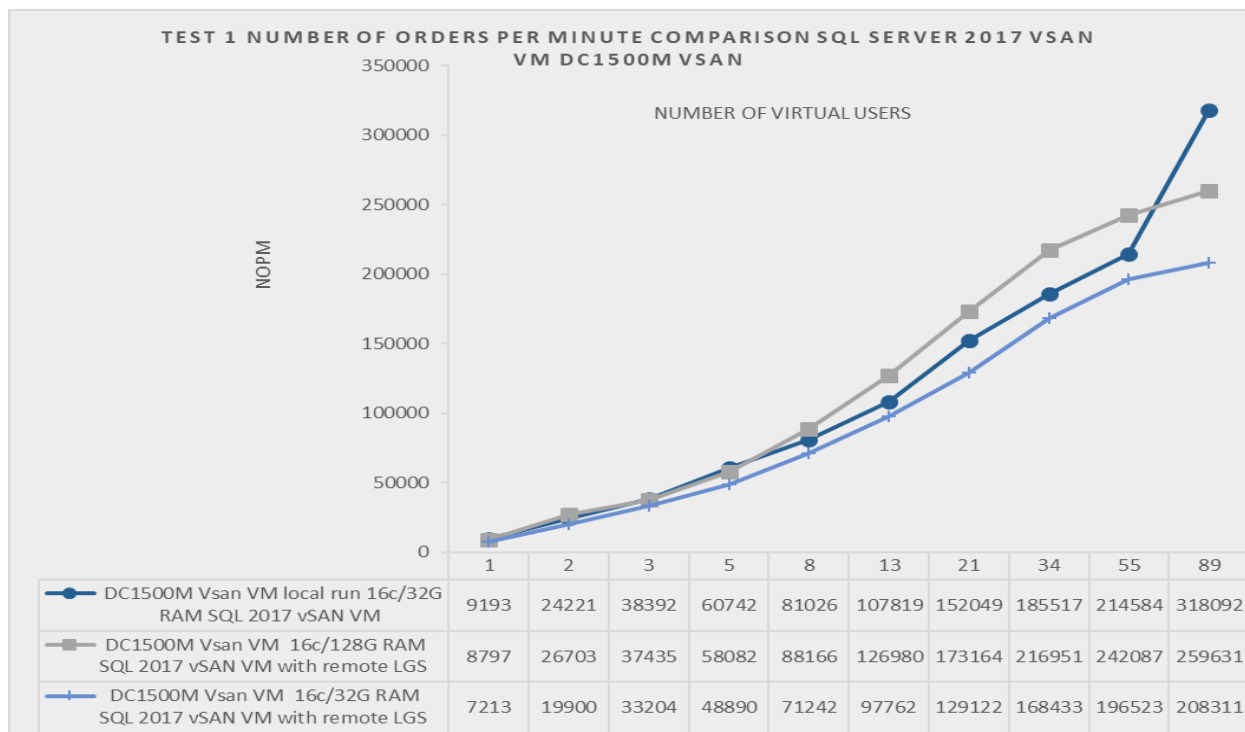
[Результати тестування 1. Віртуальна машина SQL Server 2017 у vSAN системі зберігання даних на DC1500M на 960 ГБ із різним обсягом оперативної пам'яті](#)

На мал. 2.2 й 2.3 показано кількість транзакцій на хвилину та нових замовлень на хвилину, якої було досягнуто в тестах 1a, 1б й 1в з використання системи зберігання даних DC1500M vSAN. В усіх тестах кількість транзакцій на хвилину та нових замовлень на хвилину зростає зі збільшенням кількості віртуальних користувачів. На 89 віртуальних користувачах віртуальній машині SQL Server 2017 із базою даних OLTP, що перебуває переважно в пам'яті, удалося досягти 1 113 300 транзакцій на хвилину та 259 631 нових замовлень на хвилину. Коли обсяг оперативної пам'яті, виділеної для системи тестової віртуальної машини, і сервера генерування навантаження, було зменшено до 32 ГБ, нам удалося досягти 958 338 транзакцій на хвилину та 208 311 нових замовлень на хвилину, однак коли тест було проведено локально на системі тестової віртуальної машини, ми досягли феноменальних 1 463 290 транзакцій на хвилину й 318 092 нових замовлень на хвилину!

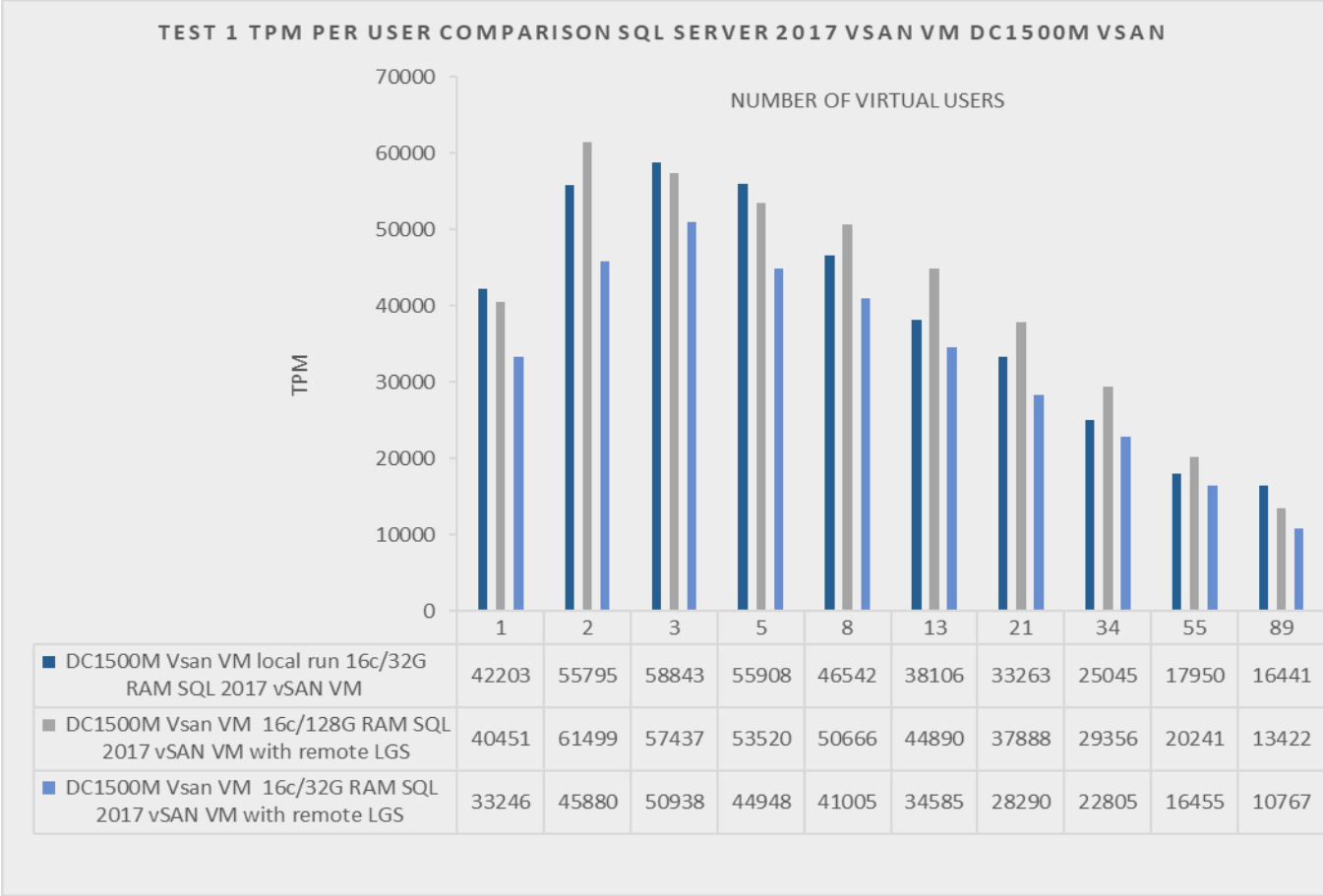
Саме тут ми бачимо переваги Enterprise NVMe SSD-накопичувачів щодо затримки в дії. Це означає, що зі зростанням кількості транзакцій і потребою бази даних SQL Server записувати дані з пам'яті у файл журналу транзакцій, коли виділяється недостатній обсяг пам'яті для кешування схеми, віртуальний диск NVMe може реагувати достатньо швидко, щоб підтримувати вищу пропускну здатність транзакцій і масштабуватися, поки ЦП не стане слабкою ланкою процесу. На мал. 2.4, у тесті 1в, видно, що навіть на 89 віртуальних користувачах кожен користувач може обробляти 16 441 транзакцій на хвилину. На основі цих емпіричних результатів можна зробити висновок, що створення бази даних у гіперконвергентній інфраструктурі NVMe дає змогу заощадити кошти на додатковій оперативній пам'яті, яку необхідно виділяти для SQL Server 2017.



Мал. 2.2. Тест 1а, б, в: Порівняння кількості транзакцій на хвилину за умови різного обсягу оперативної пам'яті у vSAN системі зберігання даних DC1500M



Мал. 2.3. Тест 1а, б, в: Порівняння кількості нових замовлень на хвилину за умови різного обсягу оперативної пам'яті у vSAN системі зберігання даних DC1500M



Мал. 2.4. Тест 1а, б, в: Порівняння кількості транзакцій на хвилину за умови різного обсягу оперативної пам'яті у vSAN системі зберігання даних DC1500M

Тест 2. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Kingston DC500M (SATA), Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)

<ul style="list-style-type: none"> • Конфігурація vSAN системи зберігання даних NVMe для тесту 1а: Три накопичувачі DC1500M 960G FW S67F0103 на дискову групу, усього чотири дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище NVMe vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою ОС Server 2019 Datacenter. (Тест 1а) • Конфігурація vSAN системи зберігання даних SATA для тесту 1б: Три накопичувачі DC500M 1920G FW SCEJK2.8 на дискову групу, усього три дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище SATA vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою ОС Server 2019 Datacenter. (Тест 1б) • Конфігурація vSAN системи зберігання даних SATA для тесту 1в: Три накопичувачі Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004 на дискову групу, усього три дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище SATA vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою ОС Server 2019 Datacenter. (Тест 1в) 		
Опис тесту 2а	Опис тесту 2б	Опис тесту 2в
<p>Віртуальний диск створено в vSAN системі зберігання даних DC1500M у NVMe тестовому середовищі.</p> <p>Було вибрано схему бази даних із 1200 складами, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Створена послідовність віртуальних користувачів: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89.</p> <p>Було вибрано дві хвилини для нарощування темпу та по п'ять хвилин на тестування послідовності користувачів. Тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині.</p>	<p>Віртуальний диск створено в системі зберігання даних D500M vSAN у тестовому середовищі SATA.</p> <p>Було вибрано схему бази даних із 1200 складами, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Створена послідовність віртуальних користувачів: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89.</p> <p>Було вибрано дві хвилини для нарощування темпу та по п'ять хвилин на тестування послідовності користувачів. Тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині.</p>	<p>Віртуальний диск створено в системі зберігання даних Micron 5200 Eco vSAN у тестовому середовищі SATA.</p> <p>Було вибрано схему бази даних із 1200 складами, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Створена послідовність віртуальних користувачів: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89.</p> <p>Було вибрано дві хвилини для нарощування темпу та по п'ять хвилин на тестування послідовності користувачів. Тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині.</p>

Мал. 3.1. Опис тесту 2: Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN SSD системах зберігання даних (SATA) й DC1500M (NVMe)

У тесті 2 порівнюється продуктивність еталонного тесту TPCC для SQL Server 2017 у системі тестової віртуальної машини, який було запущено локально в трьох vSAN системах зберігання даних: Enterprise Kingston DC1500M (NVMe), [Kingston DC500M](#) (SATA) і Micron 5200 Eco (SATA). Тест 2 було запущено локально в системі тестової віртуальної машини, у якій було розгорнуто SQL Server 2017, щоб збільшити кількість операцій введення-виведення в область даних і зробити акцент на продуктивності введення-виведення системи зберігання даних, у якій міститься схема, а також протестувати послідовність користувачів, що зростала від 1 до 89 відповідно до розміру схеми й обсягу виділених ресурсів ЦП/пам'яті для віртуальної машини SQL Server.

Результати тестування 2. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Kingston DC500M (SATA), Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)

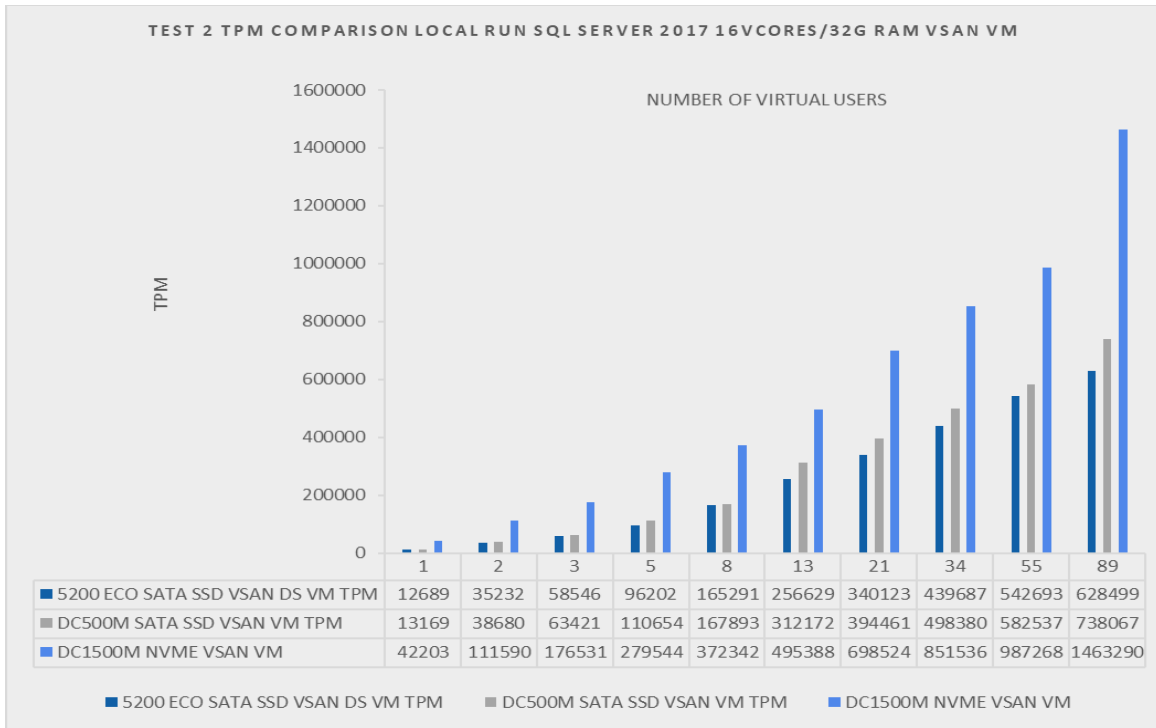
На мал. 3.2 й 3.3 показано кількість транзакцій на хвилину та нових замовлень на хвилину, якої було досягнуто в тестах 2а, 2б й 2в. В усіх тестах кількість транзакцій на хвилину та нових замовлень на хвилину зростає зі збільшенням кількості віртуальних користувачів, однак масштабування для NVMe та SATA значно відрізняється. На 89 віртуальних користувачах віртуальній машині SQL Server 2017 на DC1500M із vSAN системою зберігання даних удалося досягти 1 463 290 транзакцій на хвилину й

318 092 нових замовлень на хвилину. Для порівняння: ми досягли 738 067 транзакцій на хвилину / 160 410 нових замовлень на хвилину для віртуальної машини SQL Server з vSAN на DC500M і 628 499 транзакцій на хвилину / 136 436 нових замовлень на хвилину для vSAN системи зберігання даних на Micron 5200 Eco. Це означає, що, використовуючи ту саму кількість NVMe накопичувачів DC1500M в vSAN системі зберігання даних, ви можете фактично подвоїти пропускну здатність транзакцій і кількість замовлень на хвилину, порівняно із vSAN системою зберігання на SATA з тією самою кількістю SSD-накопичувачів. У контексті ведення бізнесу це означає, що якщо 89 користувачів одночасно надсилають транзакції в базу даних, кожен користувач зможе обробити на 235% більше транзакцій (що означає більшу кількість замовлень на хвилину) (мал. 3.4), якщо ви оновите інфраструктуру VMware за допомогою рішень Enterprise NVMe, як-от DC1500M.

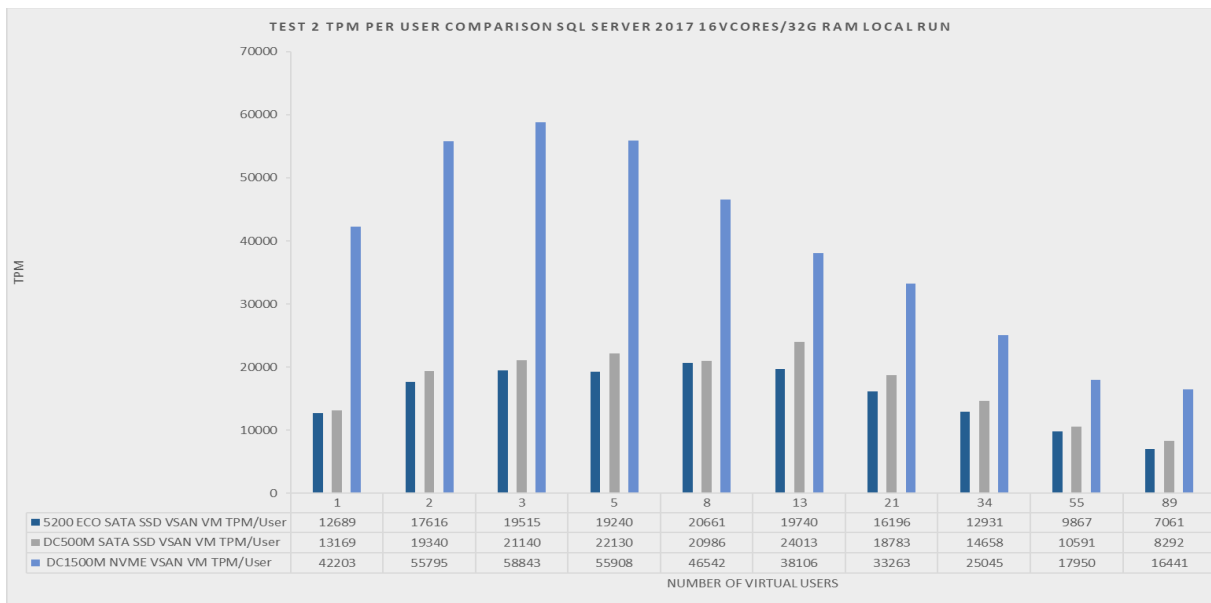
На мал. 3.5 показано середній час простою ЦП залежно від кількості віртуальних користувачів для тестів 2а, б, в. Це чудовий показник ефективності віртуального диска – того, наскільки швидко віртуальний диск може реагувати зі зростанням кількості транзакцій і потребою бази даних SQL Server записувати дані з пам'яті у файл журналу транзакцій. На 89 віртуальних користувачах час простою ЦП (час очікування операцій введення-виведення; iowait) для віртуальної машини vSAN на DC1500M (NVMe) становить 15,5%, порівняно з 37,8% для віртуальної машини з DC500M (SATA) і 44,2% для віртуальної машини з Micron 5200 (SATA). Це означає, що віртуальний диск NVMe набагато швидше реагує на запити введення-виведення, запобігаючи простою ЦП в очікуванні завершення операцій та даючи змогу обробляти більшу кількість транзакцій. У контексті ведення бізнесу це означає, що оновлення інфраструктури VMware за допомогою NVMe дає змогу ефективніше використовувати виділені для віртуальної машини SQL Server віртуальні ядра, щоб підвищити пропускну здатність транзакцій і знизити витрати, видаливши непотрібні ядра із застарілих віртуальних машин SQL, що працюють на повільніших рівнях зберігання.



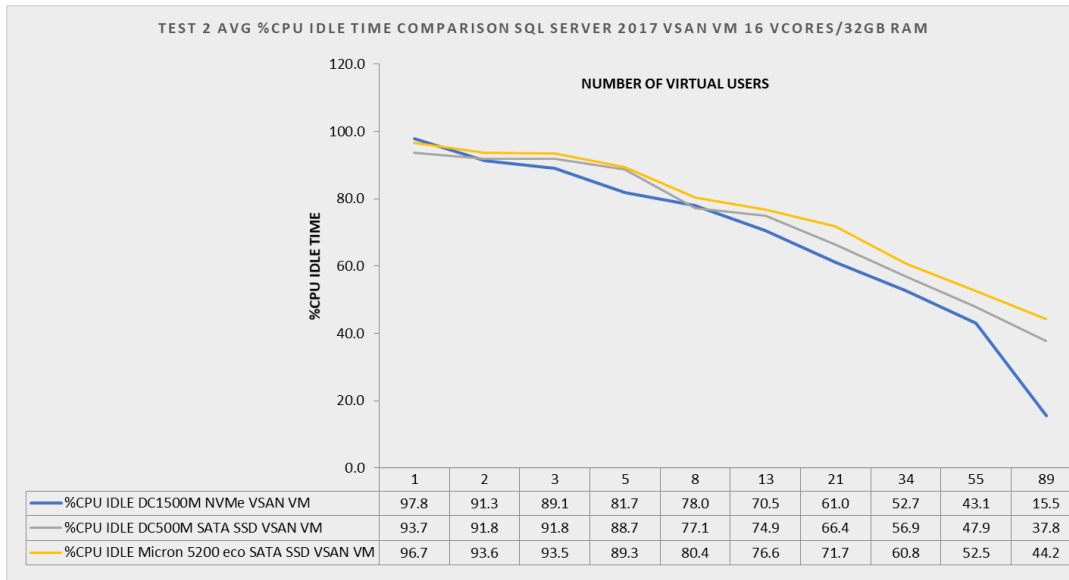
Мал. 3.2. Тест 2: порівняння кількості транзакцій на хвилину для vSAN систем зберігання даних NVMe та SATA



Мал. 3.3. Тест 2: порівняння кількості нових замовлень на хвилину для vSAN систем зберігання даних NVME та SATA



Мал. 3.4. Тест 2: порівняння кількості транзакцій на хвилину на користувача для vSAN систем зберігання даних NVME та SATA



Мал. 3.5. Тест 2: порівняння відсотка простою ЦП для vSAN систем зберігання даних NVMe та SATA

Тест 3. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на DC1500M (NVMe) та Micron 5200 Eco (SATA), більший розмір схеми й більша тривалість тестування

<ul style="list-style-type: none"> Конфігурація vSAN системи зберігання даних NVMe для тесту 3а: Три накопичувачі DC1500M 960G FW S67F0103 на дискову групу, усього чотири дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище NVMe vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою ОС Server 2019 Datacenter. (Тест 3а) Конфігурація vSAN системи зберігання даних SATA для тесту 3б: Три накопичувачі Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004 на дискову групу, усього три дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище SATA vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою ОС Server 2019 Datacenter. (Тест 3б) 	
Опис тесту 3а	Опис тесту 2б
<p>Віртуальний диск створено в vSAN системі зберігання даних DC1500M у тестовому середовищі NVMe.</p> <p>Було вибрано схему бази даних із 2000 складів, що є базою даних обсягом 157 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 40 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Створена послідовність віртуальних користувачів: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 89, 128.</p> <p>Було вибрано десять хвилин для нарощування темпу та по 20 хвилин на тестування послідовності користувачів.</p> <p>Тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині.</p>	<p>Віртуальний диск створено в vSAN системі зберігання даних Micron 5200 Eco у тестовому середовищі SATA.</p> <p>Було вибрано схему бази даних із 2000 складів, що є базою даних обсягом 157 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 40 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Створена послідовність віртуальних користувачів: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 89, 128.</p> <p>Було вибрано десять хвилин для нарощування темпу та по 20 хвилин на тестування послідовності користувачів.</p> <p>Тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині.</p>

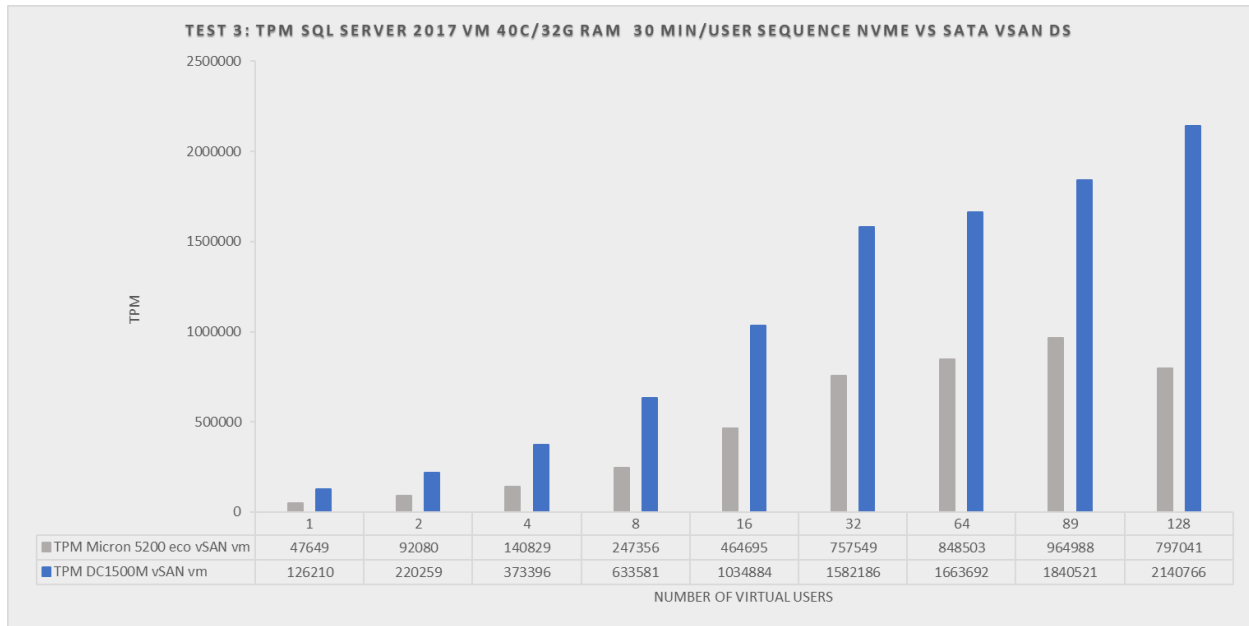
Мал. 4.1. Опис тесту 3: стрес-тест бази даних SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)

Цей тест було створено як стрес-тест із більшою тривалістю й більшим розміром схеми бази даних, щоб підтвердити наші попередні результати й порівняти продуктивність еталонного тесту TPCC для SQL Server 2017 у системі тестової віртуальної машини, коли її запущено локально у двох різних vSAN системах зберігання даних: Kingston DC1500M (NVMe) і Micron 5200 Eco (SATA). Цього разу ми вибрали схему розміром 2000 складів, унаслідок чого розмір бази даних TPCC склав 157 ГБ. Для кожної віртуальної машини SQL Server було використано 40 віртуальних ядер, щоб виділити достатню кількість ресурсів ЦП для генерування більшої кількості транзакцій і насичення пропускної здатності, однак оперативної пам'яті було виділено лише 32 ГБ, щоб пов'язати тест з операціями введення-виведення. Послідовність віртуальних користувачів було дещо змінено (вона збільшувалася від 1 до 128 користувачів), а кожна послідовність віртуальних користувачів працювала набагато довше (20 хвилин із 10-хвилинним періодом нарощування темпу). Це дало нам змогу збирати показники дискових затримок протягом усього періоду проведення тесту.

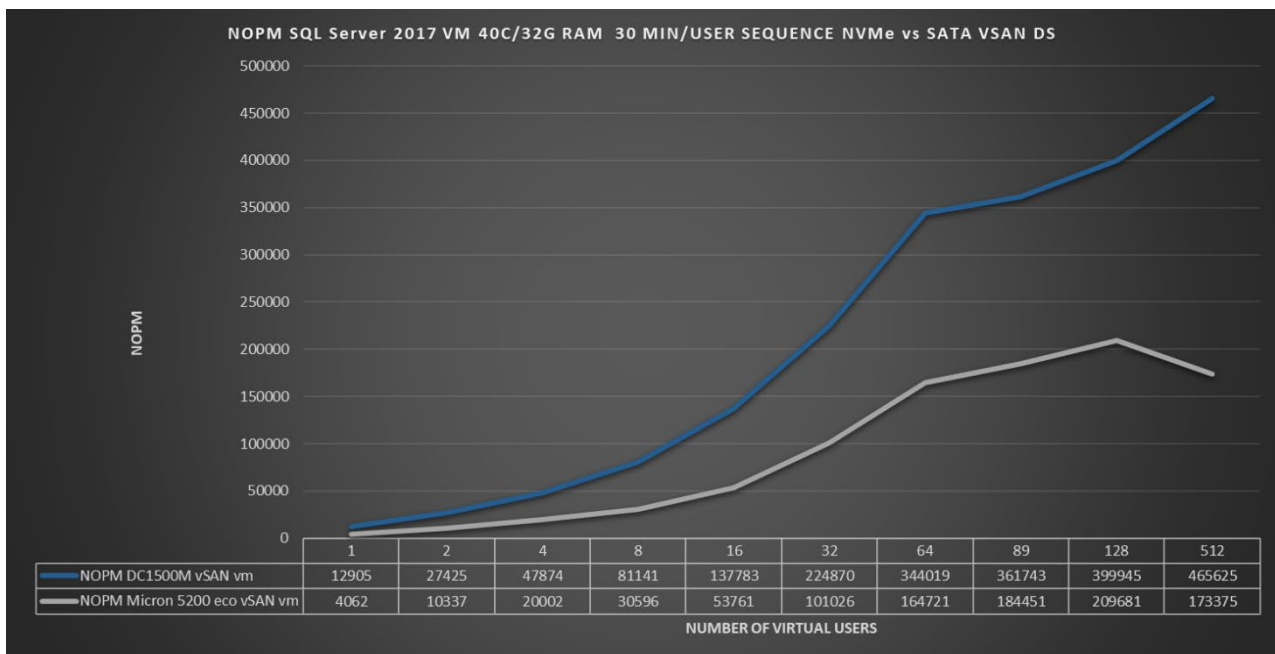
Результати тестування 3. Порівняння продуктивності SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на DC1500M (NVMe) та Micron 5200 Eco (SATA), більший розмір схеми й більша тривалість тестування

На мал. 4.2 й 4.3 показано кількість транзакцій на хвилину та нових замовлень на хвилину, якої було досягнуто в тестах 3а й 3б. Навіть за більшої тривалості обом віртуальним машинам SQL Server 2017 на SSD-накопичувачах NVMe та SATA вдавалося масштабуватися зі збільшенням кількості віртуальних користувачів до 128, однак ступінь масштабування NVMe набагато вищий. На 89 користувачах ми досягли 1,84 млн проти 0,96 млн транзакцій на хвилину й 361 743 нових замовлень на хвилину, порівняно зі 184 451 віртуальної машини vSAN SQL на SSD-накопичувачі з інтерфейсом SATA. Для vSAN системи зберігання даних на DC1500M (NVMe) це зростання на 200% у кількості транзакцій на хвилину / нових замовлень на хвилину, порівняно з віртуальною машиною з vSAN на Micron 5200 Eco із тією самою кількістю віртуальних ядер і обсягом виділеної оперативної пам'яті.

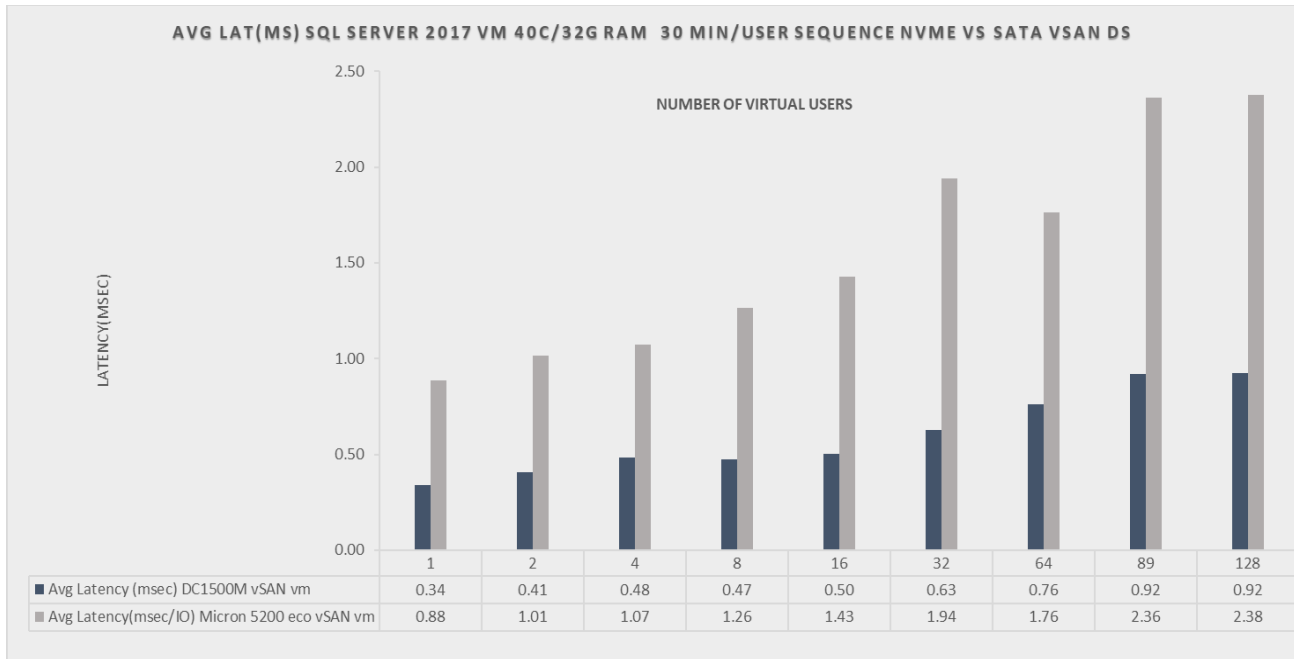
На мал. 4.4 й 4.5 показано порівняння середньої затримки віртуального диска та 99% затримок віртуального диска залежно від кількості користувачів, яке було отримано за допомогою монітора продуктивності Windows на віртуальних машинах vSAN SQL на SSD-накопичувачах NVMe та SATA. Для кожної послідовності віртуальних користувачів віртуальний диск на DC1500M може підтримувати середню затримку на рівні < 1 мс, навіть якщо кількість користувачів постійно зростає. На 89 віртуальних користувачах середня затримка віртуального диска на DC1500M на одну операцію введення-виведення становила 0,92 мс проти 2,36 мс у віртуального диска на SSD-накопичувачах з інтерфейсом SATA – на 256% вища середня затримка, порівняно з NVMe. Цікавішою є затримка QoS 99%: на 89 користувачах віртуальному диску на DC1500M удалося виконати 99% усіх операцій введення-виведення за 1,61 мс, тоді як віртуальному диску на SSD-накопичувачах з інтерфейсом SATA на це знадобилося 7,05 мс, тобто на 437% більше часу, порівняно з NVMe. Тут підкреслюється різниця в затримці між NVMe та SATA, і оскільки DC1500M розроблено для підтримки передбачуваної затримки QoS під час стабільних робочих навантажень OLTP, ми не помітили жодних різких стрибків затримок, навіть зі збільшенням кількості віртуальних користувачів, що означає більшу кількість одночасних запитів на операції введення-виведення на блоковому рівні. З погляду ведення бізнесу це означає, що оновлення інфраструктури VMware з SSD-накопичувачів з інтерфейсом SATA на накопичувачі Enterprise NVMe, як-то DC1500M, дасть змогу значно збільшити кількість транзакцій і знизити їхні затримки, завдяки чому програми зможуть швидко масштабуватися, а витрати знижуватимуться.



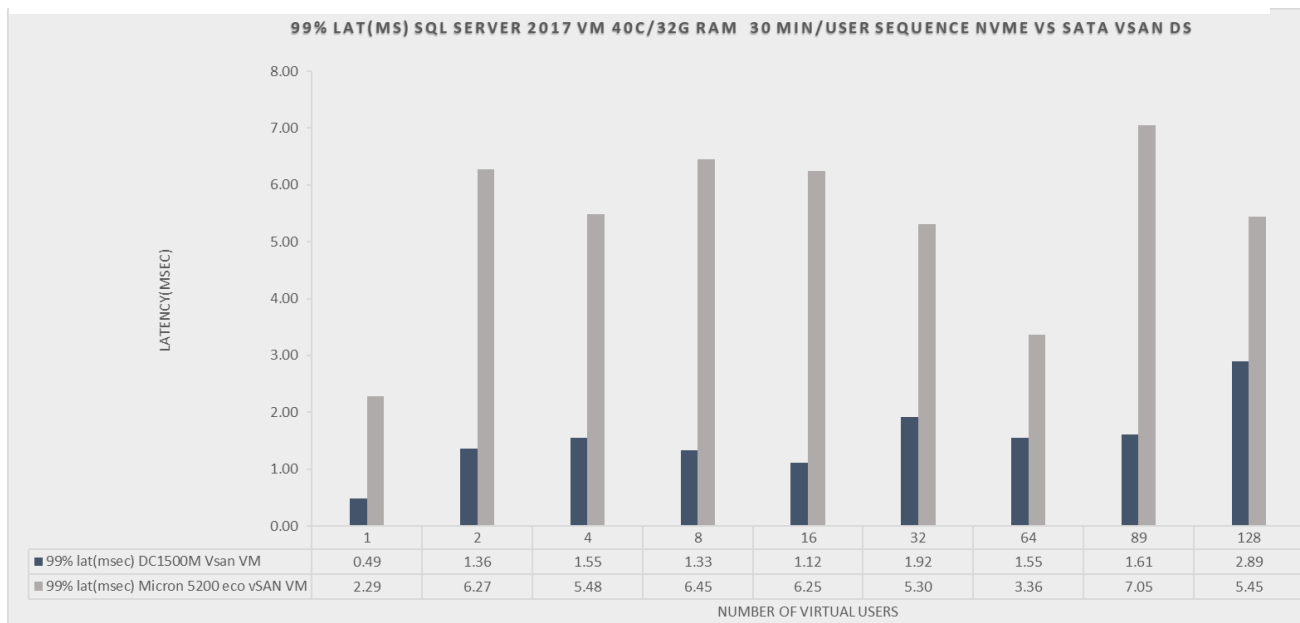
Мал. 4.2. Тест 3: порівняння кількості транзакцій на хвилину, стрес-тест бази даних SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)



Мал. 4.3. Тест 3: порівняння кількості транзакцій на хвилину, стрес-тест бази даних SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)



Мал. 4.4. Тест 3: порівняння середньої затримки (мс), стрес-тест бази даних SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)



Мал. 4.5. Тест 3: порівняння затримки 99% (мс), стрес-тест бази даних SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)

Тест 4. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, резервного копіювання та відновлення в системах vSAN на DC1500M (NVMe) та Micron 5200 Eco (SATA)

<ul style="list-style-type: none"> • Конфігурація NVMe vSAN системи зберігання даних для тесту 3а: Три накопичувачі DC1500M 960G FW S67F0103 на дискову групу, усього чотири дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище NVMe vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою ОС Server 2019 Datacenter. (Тест 4а) • Конфігурація SATA vSAN системи зберігання даних для тесту 3б: Три накопичувачі Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004 на дискову групу, усього три дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище SATA vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою ОС Server 2019 Datacenter. (Тест 4б) 	
Опис тесту 4а	Опис тесту 4б
<p>Віртуальний диск створено в vSAN системі зберігання даних на DC1500M у тестовому середовищі NVMe. На тестовій системі було створено схему бази даних із 2000 складів, що є базою даних обсягом 157 Гб. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 Гб оперативної пам'яті. Для резервного копіювання та відновлення бази даних TPCС було запущено три цикли сценарію резервного копіювання / відновлення, а показники продуктивності було записано за допомогою монітора продуктивності Windows. Тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині.</p>	<p>Віртуальний диск створено в vSAN системі зберігання даних Micron 5200 Eco у тестовому середовищі SATA. На тестовій системі було створено схему бази даних із 1200 складів, що є базою даних обсягом 157 Гб. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 Гб оперативної пам'яті. Для резервного копіювання та відновлення бази даних TPCС було запущено три цикли сценарію резервного копіювання / відновлення, а показники продуктивності було записано за допомогою монітора продуктивності Windows. Тест було проведено локально на тестовій віртуальній машині.</p>

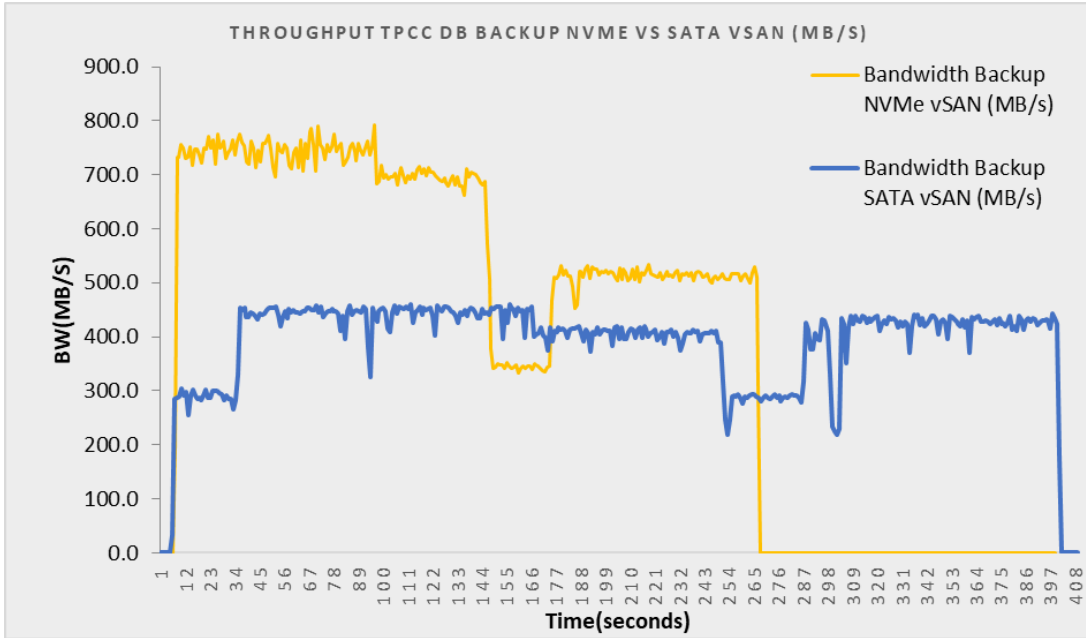
Мал. 5.1. Опис тесту 4: порівняння продуктивності резервного копіювання / відновлення бази даних SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)

Операції резервного копіювання та відновлення бази даних SQL – це чудовий спосіб виміряти пропускну здатність і затримки базового віртуального диска. Наша мета полягала у визначенні базових показників пропускну здатності й затримок однієї віртуальної машини vSAN на NVMe й SATA. Для цього ми записали показники віртуального диска за допомогою монітора продуктивності Windows під час запуску операцій резервного копіювання / відновлення TPC-C.

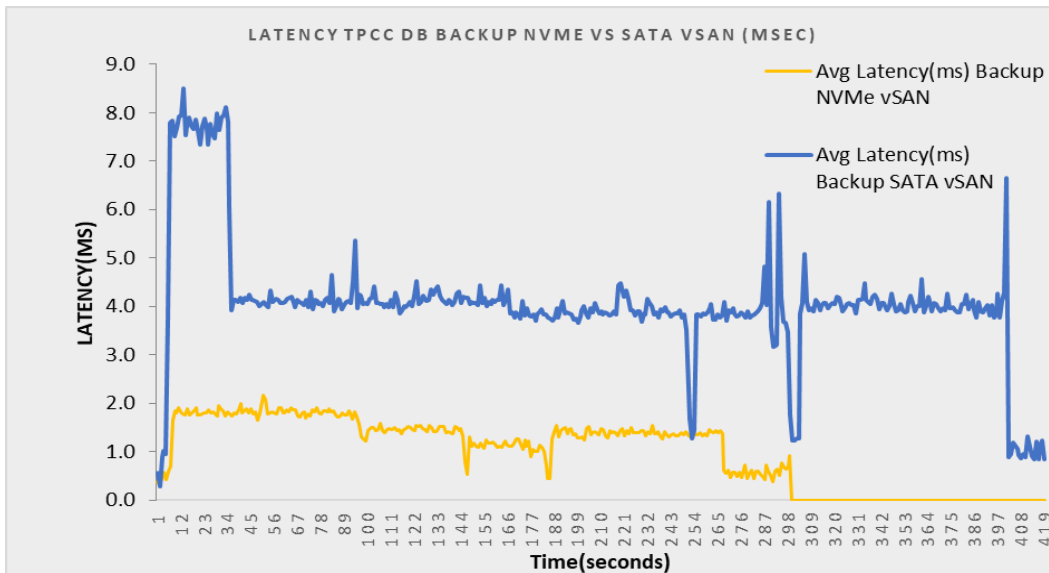
Тест 4. Результати. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, резервного копіювання та відновлення в системах vSAN на DC1500M (NVMe) та Micron 5200 Eco (SATA)

На мал. 5.2–5.4 показано дані про посекундну пропускну здатність і затримки, зібрані сценарієм монітора продуктивності Windows для одного з циклів резервного копіювання / відновлення для тестів 4а й 4б. Віртуальна машина SQL Server в vSAN системі зберігання даних на DC1500M (NVMe) виконала операцію резервного копіювання бази даних TPCС за 265 секунд – середня пропускну здатність складала 593 МБ/с, а середня затримка становила 1,46 мс на операцію введення-виведення. Операцію відновлення бази даних TPCС було завершено за 129 секунд – середня пропускну здатність складала 1,4 Гб/с, а середня затримка становила 2,65 мс на операцію введення-виведення. Якщо порівнювати з vSAN віртуальною машиною на Micron 5200 Eco, операцію резервного копіювання було виконано в 1,5 рази швидше, а операцію відновлення – у 2,15 рази швидше, ніж на vSAN віртуальній машині SQL на NVMe.

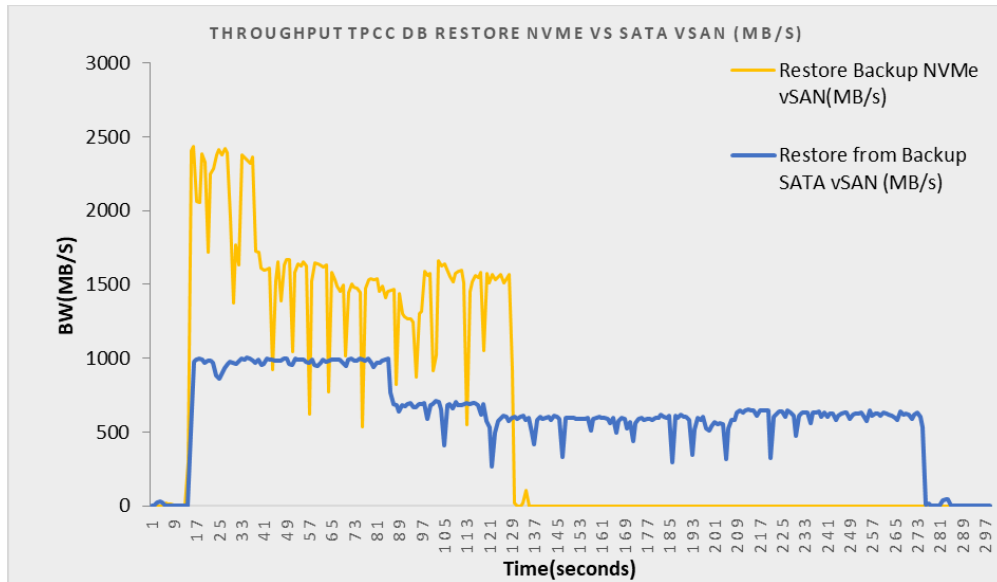
Зазвичай операції резервного копіювання та відновлення виконуються в неробочий час, щоб уникнути впливу на виробничі віртуальні машини. Однак так буває не завжди. Якщо операції резервного копіювання або відновлення SQL виконуються протягом годин із піковим навантаженням, їх необхідно завершити якомога швидше, щоб уникнути впливу затримки на користувачів, які виконують транзакції в програмі Tier 1, що спільно використовує ту саму систему зберігання даних vSAN. Перенесення баз даних SQL у vSAN системи зберігання даних на NVMe дає змогу пом'якшити цей вплив. Навіть якщо операції резервного копіювання / відновлення виконуються в неробочий час, їх швидше завершення дає змогу скоротити час простою баз даних Tier 1, які спільно використовують ті самі ресурси.



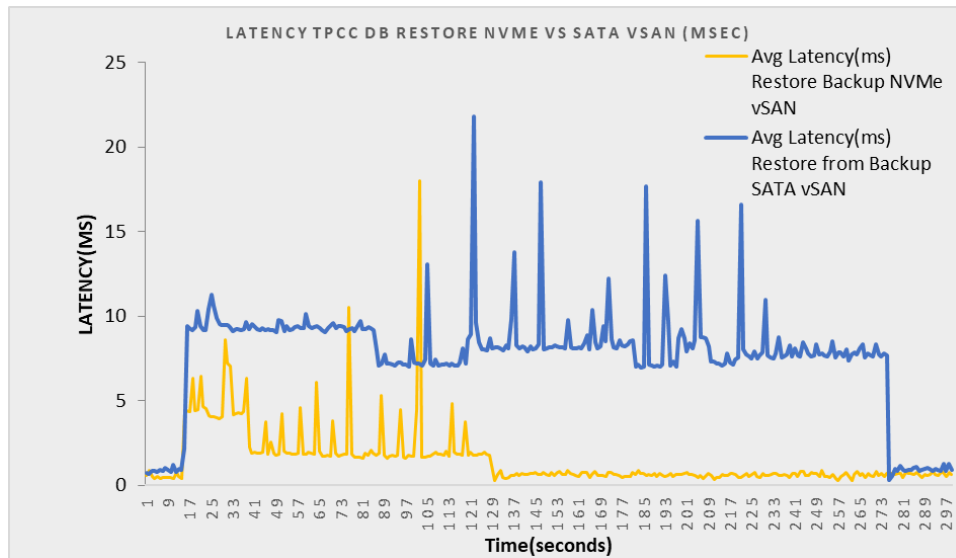
Мал. 5.2. Порівняння пропускної здатності резервного копіювання бази даних TPCC SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe) (МБ/с)



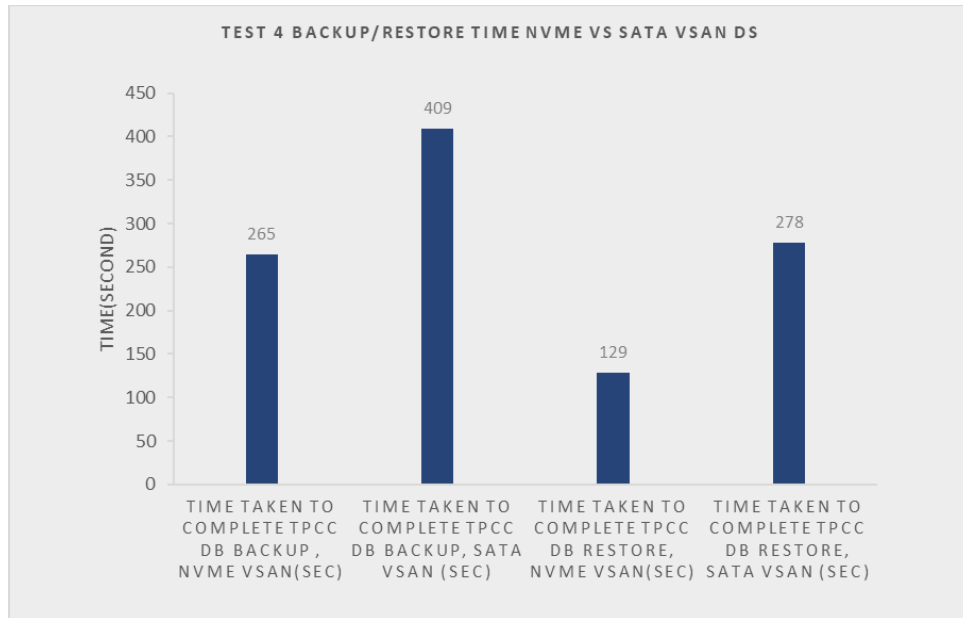
Мал. 5.3. Порівняння середньої затримки (мс) резервного копіювання бази даних TPCC SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)



Мал. 5.4. Порівняння пропускної здатності відновлення бази даних TPCC SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe) (МБ/с)



Мал. 5.5. Порівняння затримки (мс) відновлення бази даних TPCC SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)



Мал. 5.6. Порівняння часу, необхідного для виконання операції резервного копіювання / відновлення бази даних TPCC SQL Server 2017 у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe) (с)

Тест 5. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, тест на «галасливого сусіда», vSAN на накопичувачах DC1500M (NVMe) та Micron 5200 Eco (SATA)

<ul style="list-style-type: none"> • Конфігурація vSAN системи зберігання даних NVMe для тесту 3а: Три накопичувачі DC1500M 960G FW S67F0103 на дискову групу, усього чотири дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище NVMe vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою OC Server 2019 Datacenter. (Тест 5а) • Конфігурація vSAN системи зберігання даних SATA для тесту 3б: Три накопичувачі Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004 на дискову групу, усього три дискові групи (по одній на сервер), тестове середовище SATA vSAN. SQL Server 2017 із гостьовою OC Server 2019 Datacenter. (Тест 3б) 			
Опис тесту 5а	Опис тесту 5б	Опис тесту 5в	Опис тесту 5г
<p>Віртуальний диск віртуальної машини SQL 2017 створено в vSAN системі зберігання даних на DC1500M у тестовому середовищі NVMe.</p> <p>На тестовій системі було створено схему бази даних із 1200 складів, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Тестову систему було клоновано 11 разів, і кожному фізичному серверу було призначено три тестові віртуальні машини (усього 12 тестових віртуальних машин).</p> <p>Тест було налаштовано на запуск 89 віртуальних користувачів із 30-хвилинним періодом нарощування темпу й тривалістю тесту 300 хвилин для кожної тестової віртуальної машини.</p> <p>Тест було паралельно запущено на всіх 12 тестових віртуальних машинах.</p>	<p>Віртуальний диск SQL 2017 створено в vSAN системі зберігання даних на Micron 5200 Eco в тестовому середовищі SATA.</p> <p>На тестовій системі було створено схему бази даних із 1200 складів, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Тестову систему було клоновано 8 разів, і кожному фізичному серверу було призначено три тестові віртуальні машини (усього 9 тестових віртуальних машин).</p> <p>Тест було налаштовано на запуск 89 віртуальних користувачів із 30-хвилинним періодом нарощування темпу й тривалістю тесту 300 хвилин для кожної тестової віртуальної машини.</p> <p>Тест було паралельно запущено на всіх 9 тестових віртуальних машинах.</p>	<p>Віртуальний диск віртуальної машини SQL 2017 створено в vSAN системі зберігання даних на DC1500M у тестовому середовищі NVMe.</p> <p>На тестовій системі було створено схему бази даних із 1200 складів, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Тестову систему було клоновано 11 разів, і кожному фізичному серверу було призначено дві віртуальні машини (усього 8 тестових віртуальних машин) для виконання робочого навантаження HDB. Тест було налаштовано на запуск 89 віртуальних користувачів із 30-хвилинним періодом нарощування темпу й тривалістю тесту 300 хвилин для кожної тестової віртуальної машини.</p> <p>1 віртуальна машина на фізичний сервер мала схему TRCC розміром 1200 складів (100 ГБ), а сценарій резервного копіювання запускався кожні 100 секунд (усього чотири віртуальні машини), тоді як робоче навантаження виконувалося на решті тестових віртуальних машин, протягом 10 циклів. Вісім тестових віртуальних машин, виконують робоче навантаження HDB; чотири віртуальні машини – сценарій резервного копіювання.</p> <p>Тест було паралельно запущено на всіх 12 віртуальних машинах.</p>	<p>Віртуальний диск віртуальної машини SQL 2017 створено в vSAN системі зберігання даних на Micron 5200 Eco в тестовому середовищі SATA.</p> <p>На тестовій системі було створено схему бази даних із 1200 складів, що є базою даних обсягом 100 ГБ. Системі тестової віртуальної машини, було призначено 16 віртуальних ядер і 32 ГБ оперативної пам'яті.</p> <p>Тестову систему було клоновано 8 разів, і кожному фізичному серверу було призначено дві віртуальні машини (усього 6 тестових віртуальних машин) для виконання робочого навантаження HDB. Тест було налаштовано на запуск 89 віртуальних користувачів із 30-хвилинним періодом нарощування темпу й тривалістю тесту 300 хвилин для кожної тестової віртуальної машини.</p> <p>1 віртуальна машина на фізичний сервер мала схему TRCC розміром 1200 складів (100 ГБ), а сценарій резервного копіювання запускався кожні 100 секунд (усього чотири віртуальні машини), тоді як робоче навантаження виконувалося на тестових віртуальних машинах. Шість тестових віртуальних машин, виконують робоче навантаження HDB; три віртуальні машини – сценарій резервного копіювання.</p> <p>Тест було паралельно запущено на всіх 9 віртуальних машинах.</p>

Мал. 6.1. Опис тесту 5: тест SQL Server 2017 на «галасливого сусіда» в реальних робочих умовах у vSAN системах зберігання даних на SSD-накопичувачах Micron 5200 Eco (SATA) й DC1500M (NVMe)

Нашою метою в цьому тесті було змодельювати реалістичний сценарій, у якому непомірні робочі навантаження (у цьому разі було використано операції резервного копіювання бази даних TPCC) на віртуальних машинах, які спільно використовують ту саму систему зберігання даних vSAN, що й віртуальні машини SQL Server, на яких запущено виробничі робочі навантаження (у цьому експерименті еталонний тест TPCC використовується як робоче навантаження), і оцінити загальний вплив на продуктивність, розглянувши результати еталонного тесту TPCC й проаналізувавши ключові показники сховища, зібрані за допомогою perfmon і монітора продуктивності vSAN.

У тестах 5а й 5б ми визначили базовий рівень, паралельно запустивши еталонний тест TPCC на всіх віртуальних машинах, без операцій резервного копіювання. Було використано три віртуальні машини SQL на фізичний сервер для роботи в кластерах vSAN на NVMe й SATA; загальна кількість тестових віртуальних машин, склала 12 для NVMe й 9 для SATA. Розмір схеми для цього тесту склав 1200 складів, що збігається з базою даних TPC-C розміром приблизно 100 ГБ, а робоче навантаження TPCC було запущено з 89 користувачами протягом 300 хвилин із 30-хвилинним періодом нарощування темпу.

У тестах 5в й 5г базу даних TPC-C було відновлено на всіх тестових віртуальних машинах. Потім було запущено сценарій для виконання 10 циклів резервного копіювання бази даних TPC-C на чотирьох віртуальних машинах для кластера NVMe й трьох віртуальних машинах для кластера SATA, водночас було запущено той самий еталонний тест TPC-C на решті тестових віртуальних машин. Це означає, що в кластері NVMe vSAN на восьми віртуальних машинах було запущено робоче навантаження TPC-C, а чотири віртуальні машини паралельно виконували робоче навантаження з резервного копіювання. У той самий час у кластері SATA vSAN на шести віртуальних машинах було запущено робоче навантаження TPC-C, а три віртуальні машини паралельно виконували робоче навантаження з резервного копіювання бази даних TPC-C.

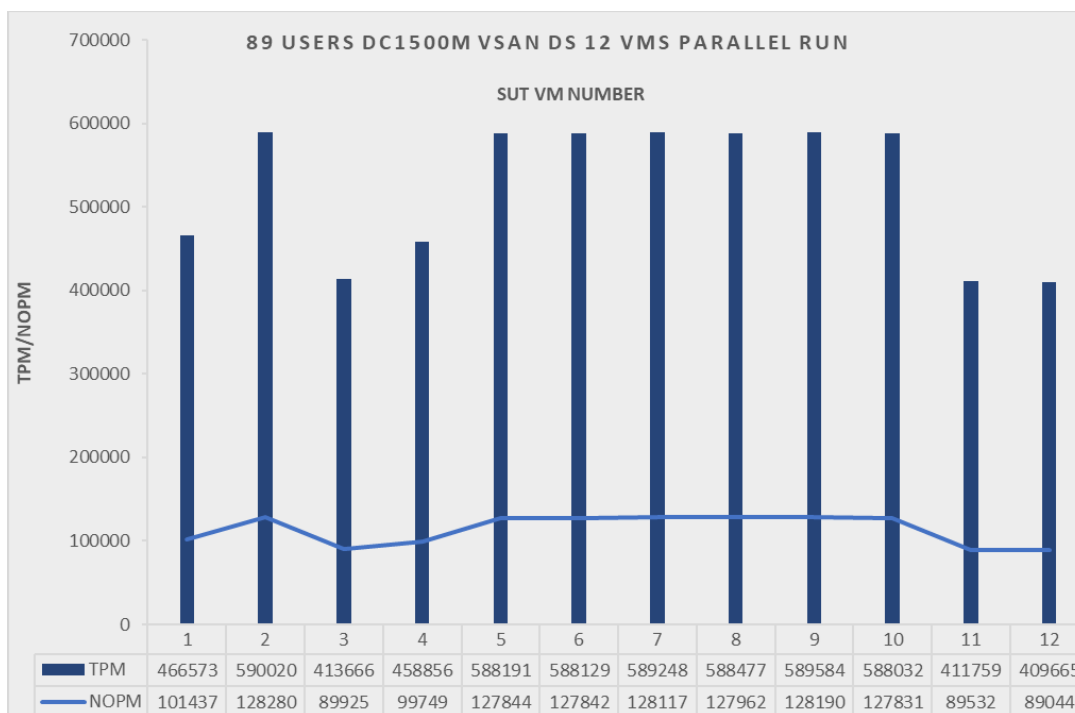
Результати тестування 5. Порівняння продуктивності SQL Server 2017, тест на «галасливого сусіда», vSAN на накопичувачах DC1500M (NVMe) та Micron 5200 Eco (SATA)

На мал. 6.2 й 6.3 показано кількість транзакцій на хвилину та нових замовлень на хвилину, якої було досягнуто в тестах 5а й 5б. На 89 віртуальних користувачах, яких було запущено на кожній із 12 віртуальних машин SQL Server в vSAN системі зберігання даних на DC1500M (NVMe), нам удалось досягти середнього показника 523 516 транзакцій на хвилину й 113 812 нових замовлень на хвилину на віртуальну машину, порівняно із середнім показником 269 320 транзакцій на хвилину та 58 544 нові замовлення на хвилину на віртуальну машину з 9 віртуальними машинами SQL у кластері на Micron 5200 Eco (SATA). Якщо розглядати показники кількості операцій введення-виведення й затримок, отримані за допомогою монітора продуктивності vSAN (мал. 6.4 та 6.5 нижче), то результат на блокуванні рівні становив 120 000 (зчитування) і 60 000 (запису) IOPS в кластері NVMe із затримкою 800 мкс для операцій зчитування/запису, а в кластері SATA vSAN – 50 000 (зчитування) / 20 000 (запису) операцій із середньою затримкою 3,8 мс під час зчитування та 5,5 мс під час запису. Це ще раз підкреслює різницю в продуктивності між NVMe й SATA та демонструє здатність віртуального диска на DC1500M (NVMe) приймати паралельні запити й опрацьовувати їх із набагато меншою затримкою в обидва боки.

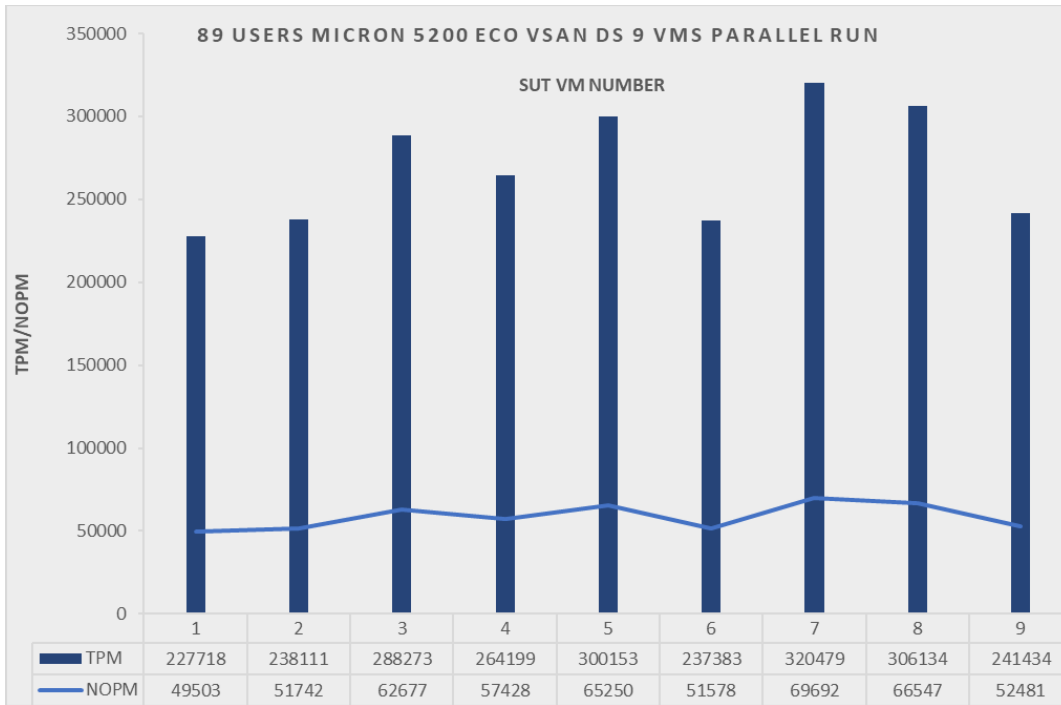
На мал. 6.5 й 6.6 показано кількість транзакцій на хвилину та нових замовлень на хвилину, якої було досягнуто в тестах 5в й 5г. На 89 віртуальних користувачах, яких було запущено на кожній із восьми віртуальних машин SQL Server в vSAN системі зберігання даних на DC1500M (NVMe), за умови паралельного запуску резервного копіювання на чотирьох віртуальних машинах, нам удалось досягти середнього показника 575 933 транзакції на хвилину й 125 206 нових замовлень на хвилину, порівняно із середнім показником 351 258 транзакцій на хвилину та 76 355 нових замовлень на хвилину для шести віртуальних машин SQL, на яких було запущено робоче навантаження TPCC, за умови паралельного запуску резервного копіювання на трьох віртуальних машинах SATA vSAN SQL на Micron 5200 Eco (SATA). Щоб показати всю картину, нам потрібно проаналізувати показники затримки й сховища з кластерів vSAN на SATA й NVMe, а також поглянути, наскільки швидко резервне копіювання завершилося в обох кластерах.

На мал. 6.8 і 6.9 наведено показники кількості операцій введення-виведення vSAN, зібрані в кластерах на NVMe та SATA за допомогою монітора продуктивності vSAN для тестів 5в й 5г. Сценарій резервного копіювання було налаштовано на виконання кожні 100 секунд протягом 10 циклів. Ми бачимо, який вплив здійснює запущене резервне копіювання віртуальних машин на кількість операцій введення-виведення, а також затримку зчитування й запису в кластерах vSAN на NVMe та SATA. Однак вплив на затримку здійснюється неоднаково. Максимальна затримка введення-виведення під час зчитування/запису в кластері на NVMe досягала 4 мс на операцію введення-виведення, а середнє значення дорівнювало 2,5 мс, тоді як vSAN система зберігання даних на SATA досягала значення 9 мс на операцію введення-виведення, а середні значення були на рівні 7,3 мс (зчитування) і 4,9 мс (запису). Це затримка, з якою зіткнеться кінцевий користувач, коли намагатиметься оформити замовлення, оновити кошик в інтернет-магазині або переглянути товари з інших складів.

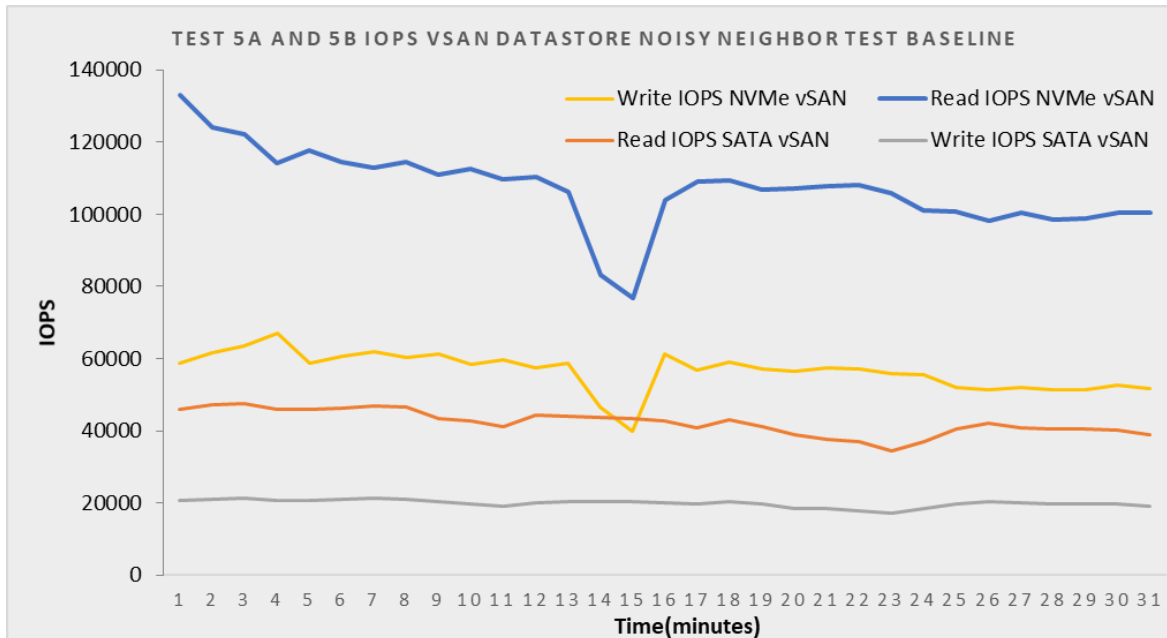
На мал. 6.11 показано час, який було витрачено для завершення циклів резервного копіювання на одній із віртуальних машин SQL Server в vSAN системі зберігання даних на DC1500M і одній із віртуальних машин SQL у vSAN системі зберігання даних на Micron 5200 Eco, без урахування часу очікування між циклами резервного копіювання. Щоб виконати 10 циклів резервного копіювання на віртуальній машині SQL Server в vSAN системі зберігання даних на NVMe знадобилося 73 хвилини (у середньому 7 хв на резервну копію), а на 10 циклів на віртуальній машині SQL Server в vSAN системі зберігання даних на SSD-накопичувачах з інтерфейсом SATA було витрачено 122,15 хвилини (у середньому 12 хв на резервну копію). Віртуальна машині в vSAN системі зберігання даних на DC1500M завершила цикли резервного копіювання в 1,67 рази швидше, ніж віртуальна машині в системі vSAN на Micron 5200 Eco. Це емпіричний доказ того, що оновлення інфраструктури VMware за допомогою систем зберігання даних на DC1500M (NVMe) допомагає зменшити вплив проблеми «галасливого сусіда», даючи змогу виконувати такі небажані операції, як резервне копіювання баз даних, набагато швидше, а завдяки величезній пропускну здатності й низьким затримкам NVMe може поглинати вплив затримок, які ці непомірні робочі навантаження здійснюють на програми Tier 1.



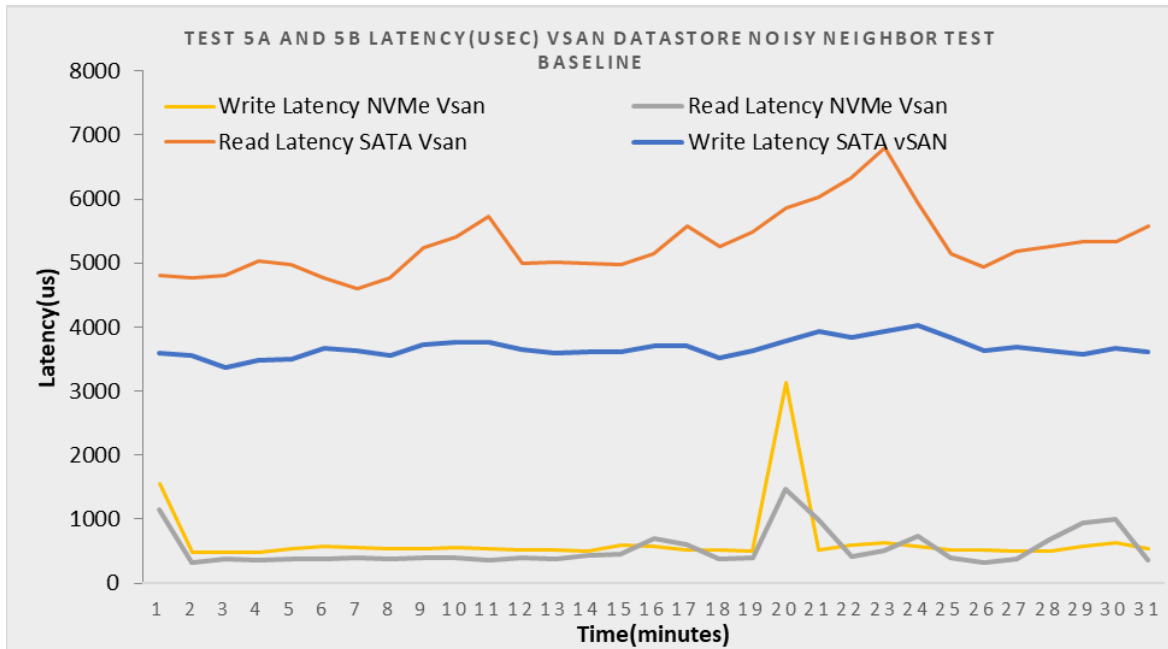
Мал. 6.2. Тест 5а: кількість транзакцій на хвилину в SQL Server 2017, 300 хв, паралельний запуск 12 віртуальних машин, 89 віртуальних користувачів, vSAN система зберігання даних на SSD-накопичувачах DC1500M (NVMe)



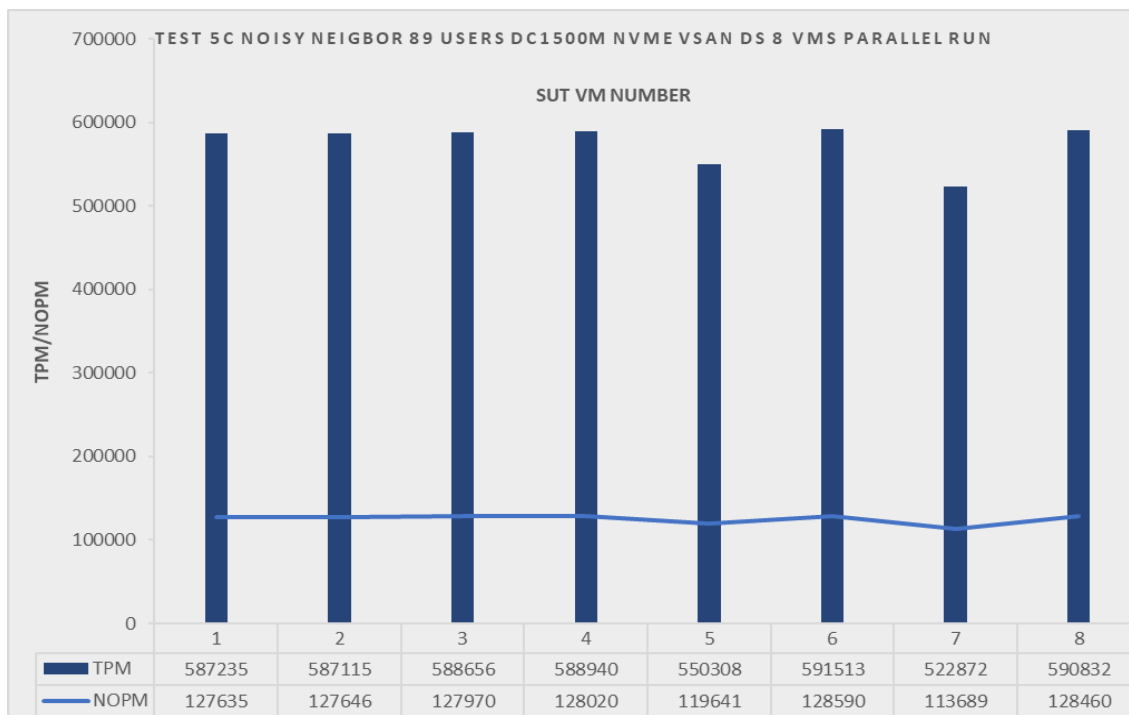
Мал. 6.3. Тест 5б: кількість транзакцій на хвилину в SQL Server 2017, 300 хв, паралельний запуск 12 віртуальних машин, 89 віртуальних користувачів, vSAN система зберігання даних на SSD-накопичувачах DC1500M (NVMe)



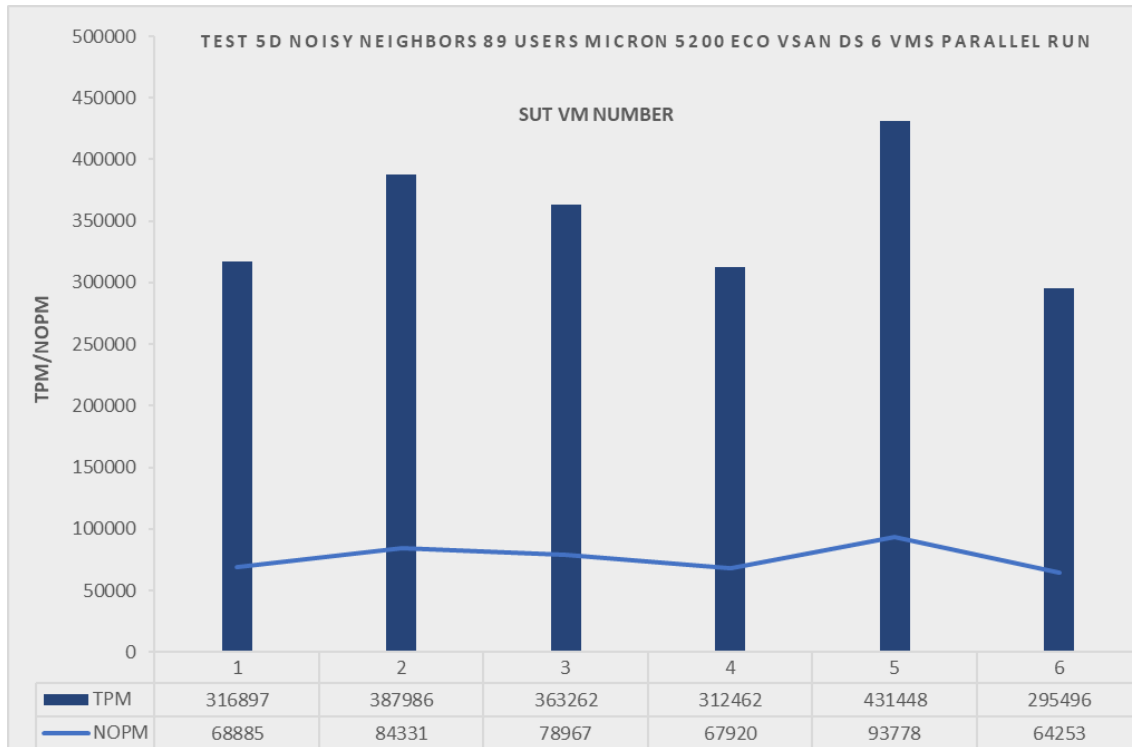
Мал. 6.4. Тести 5а й 5б: проблема «галасливого сусіда», кількість операцій введення-виведення, vSAN система зберігання даних на DC1500M (NVMe) й Micron 5200 Eco



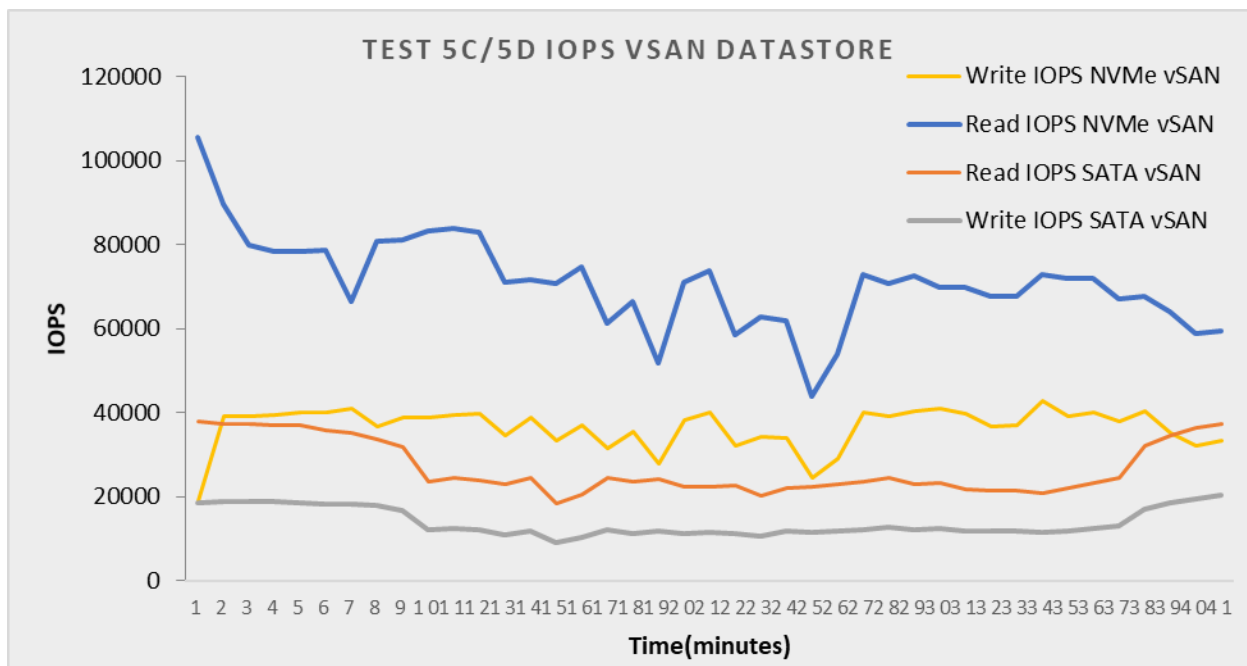
Мал. 6.5. Тести 5а й 5б: проблема «галасливого сусіда», затримки, vSAN система зберігання даних на DC1500M (NVMe) й Micron 5200 Eco



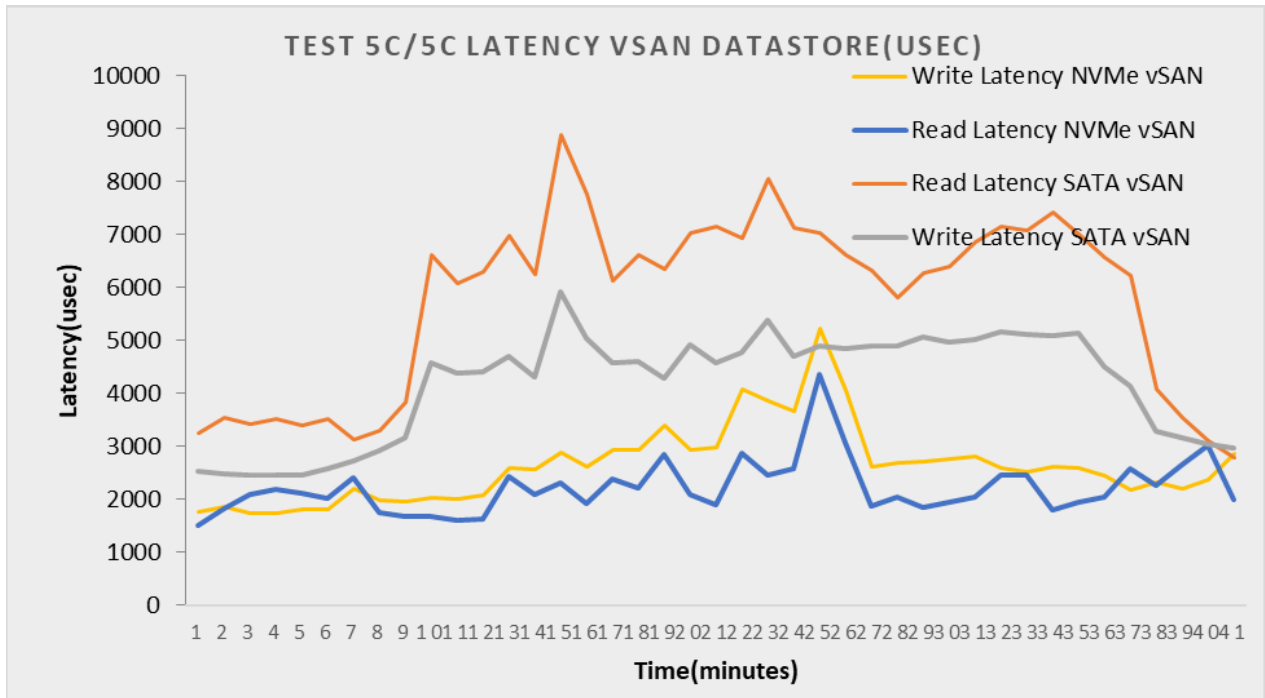
Мал. 6.6. Тест 5с: кількість транзакцій на хвилину, проблема «галасливого сусіда», паралельний запуск 8 віртуальних машин, vSAN система зберігання даних на DC1500M (NVMe)



Мал. 6.7. Тест 5г: кількість транзакцій на хвилину, проблема «галасливого сусіда», паралельний запуск 6 віртуальних машин, vSAN система зберігання даних на Micron 5200 Eco



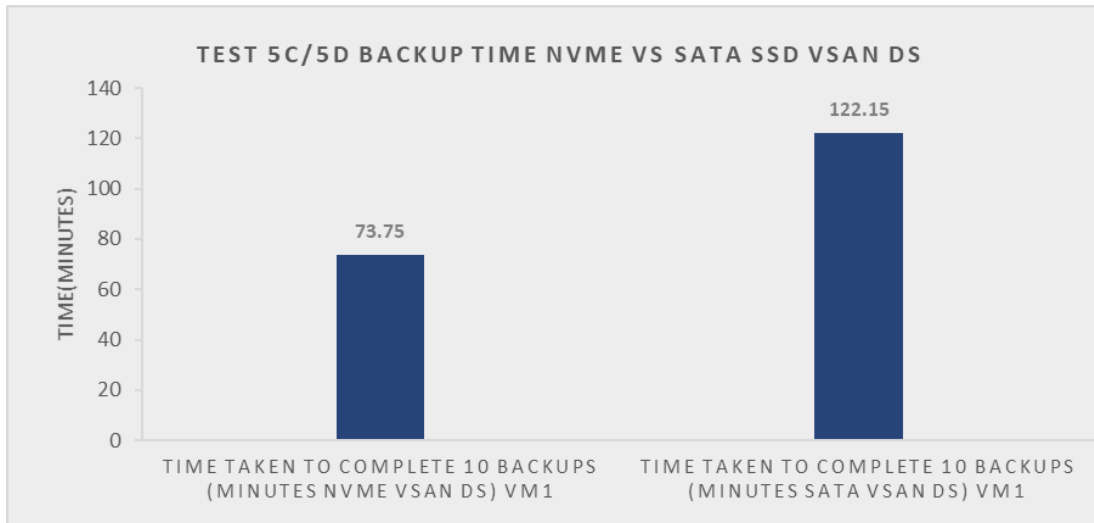
Мал. 6.8. Тести 5в/5г: кількість операцій введення-виведення, проблема «галасливого сусіда», vSAN система зберігання даних на SSD-накопичувачах NVMe й SATA



Мал. 6.9. Тести 5в/5г: затримка, проблема «галасливого сусіда», vSAN система зберігання даних на SSD-накопичувачах NVMe й SATA



Мал. 6.10. Тести 5в/5г: пропускна здатність резервного копіювання віртуальної машини, проблема «галасливого сусіда», vSAN система зберігання даних на SSD-накопичувачах NVMe й SATA



Мал. 6.11. Тести 5в/5г: час, витрачений для завершення резервного копіювання віртуальної машини, 10 циклів, проблема «галасливого сусіда», vSAN система зберігання даних на SSD-накопичувачах NVMe й SATA

Висновок

У цьому інформаційному листі показано, як перенесення робочих навантажень бази даних на NVMe може допомогти максимально ефективно використовувати наявне обладнання завдяки неймовірній ефективності й майже нульовому часу очікування операцій введення-виведення. Це дає змогу використовувати менше ядер ЦП й досягати тієї самої пропускної здатності. Ми навели кілька порівнянь з Enterprise SSD-накопичувачами з інтерфейсом SATA й показали, що перенесення робочих навантажень SQL у систему зберігання даних на NVMe дає змогу збільшити здатність програм до масштабування, тоді як пропускна здатність транзакцій подвоюється, а затримка підтримується на рівні кількох мілісекунд. Потім ми показали, як NVMe допомагає зменшити вплив на програми Tier 1 завдяки швидшому завершенню небажаних робочих навантажень, як-от операцій резервного копіювання / відновлення баз даних.

Enterprise NVMe SSD-накопичувачі від Kingston, [DC1500M](#), у поєднанні з серверною пам'яттю від Kingston (Server Premier) – чудове рішення для користувачів, які хочуть віртуалізувати інфраструктуру баз даних і максимально підвищити ефективність робочих навантажень.

Щоб дізнатися більше про рішення для центрів обробки даних від Kingston, перейдіть за посиланням: <https://www.kingston.com/en/solutions/servers-data-centers>.

Посилання

HammerDB. (Дані відсутні.) Розуміння робочих навантажень TPCC. Ресурс: <https://www.hammerdb.com/docs3.3/ch03s05.html>

Домашня сторінка TPCC. (Дані відсутні.) Ресурс: <https://www.tpc.org/>