



Obniżenie całkowitego kosztu eksploatacji (TCO) i tworzenie odpornych, elastycznych baz danych dzięki dyskom SSD Kingston DC1500M NVMe klasy korporacyjnej
I oprogramowaniu VMware vSAN HCI

Opracowanie: Hazem Awadallah, Inżynier systemów, Kingston Technology

Weryfikacja: Chris Selden, Kierownik ds. inżynierii produktów SSD, Kingston Technology



Spis treści

- [Streszczenie menedżerskie](#)
- [Częste wyzwania infrastrukturalne, przed którymi stają RDBMS we współczesnych centrach danych](#)
- [Rozwiązanie: Przedstawiamy dyski SSD Kingston Technology Data Center DC1500M Enterprise NVMe](#)
- [Środowisko testowe](#)
 - [I. Infrastruktura](#)
 - [II. Konfiguracja bazy danych](#)
 - [III. Wydajność pamięci vSAN](#)
- [Wyniki testów](#)
 - [Test 1, DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017 VM z różnymi pojemnościami DRAM](#)
 - [Wyniki testu 1, DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017 VM z różnymi pojemnościami pamięci DRAM](#)
 - [Test 2: Porównanie wydajności SQL Server 2017 z dyskiem Kingston DC500M SATA SSD, Micron 5200 eco SATA SSD i magazynem danych DC1500M NVMe SSD vSAN](#)
 - [Wyniki testu 2: Porównanie wydajności SQL Server 2017 z dyskiem Kingston DC500M SATA SSD, Micron 5200 eco SATA SSD i magazynem danych DC1500M NVMe SSD vSAN](#)
 - [Test 3: Porównanie wydajności SQL Server 2017 DC1500M NVMe kontra magazyn danych Micron 5200 eco SATA vSAN, z większym rozmiarem schematu i dłuższym czasem trwania testu](#)
 - [Wyniki Testu 3: Porównanie wydajności SQL Server 2017 DC1500M NVMe kontra magazyn danych Micron 5200 eco SATA vSAN, z większym rozmiarem schematu i dłuższym czasem trwania testu](#)
 - [Test 4: Porównanie wydajności SQL Server 2017, wydajności kopii zapasowych i przywracania, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN](#)
 - [Test 4: Wyniki: Porównanie wydajności SQL Server 2017, wydajności kopii zapasowych i przywracania, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN](#)
 - [Test 5: Porównanie wydajności SQL Server 2017, test Noisy Neighbor, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN](#)
 - [Wyniki testu 5: Porównanie wydajności SQL Server 2017, test Noisy Neighbor, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN](#)
- [Podsumowanie](#)

Wprowadzenie w ostatnich latach NVMe zrewolucjonizowało dziedzinę przechowywania danych, powodując duży skok naprzód w maksymalizacji wydajności pamięci NAND flash i wykorzystując charakteryzujący się wieloma funkcjami, niskim kosztem, wysoką przepustowością i gotowością na przyszłość standard magistrali rozszerzeń PCI Express. PCIe Gen5, czyli obecna 5 generacja, umożliwia przesyłanie danych z prędkością do 8 GB/s na pasmo, eliminując wąskie gardło magistrali rozszerzeń ze stosu pamięci masowej, umożliwia innowacje i rozwój kontrolerów SSD, pamięci NAND flash, a także całego stosu sprzętowego. Procesory, rodzaje obudowy, płyty główne oraz topologie We/Wy zmieniają się nieustannie z myślą o wspieraniu dodatkowej przepustowości. Topologie sieciowe w centrum danych przechodzą poważne zmiany, aby dostosować je do NVMe; specyfikacja NVMe-OF spowodowała zmiany w interfejsach sieciowych, przełącznikach i protokoły transportowe zmieniły się i nadal są ulepszone, aby obsługiwać zwiększoną przepustowość przy zachowaniu QoS i bezstratnego transportu pakietów.

Jednak w jaki sposób wprowadzenie NVMe wpływa na działanie aplikacji? Czy można zmniejszyć powierzchnię fizyczną zajmowaną przez pamięć masową przy jednoczesnym zwiększeniu przepływności i skróceniu czasu reakcji na transakcje? Czy możemy znacząco skrócić czas tworzenia kopii zapasowych bazy danych, aby złagodzić problem Noisy Neighbor i zminimalizować jego wpływ w środowisku produkcyjnym? W tym artykule próbujemy udzielić odpowiedzi na te pytania, badając typowe obciążenia robocze OLTP, zdefiniowane przez specyfikację TPCC, i oferujemy kilka praktycznych porównań, aby zademonstrować wpływ NVMe na wydajność transakcji w realistycznych scenariuszach.

[Częste wyzwania infrastrukturalne, przed którymi stoją RDBMS we współczesnych centrach danych](#)

Koszt, planowanie mocy i skalowalność

Ogromny wzrost przepustowości Internetu, szybkości przetwarzania oraz boom w obszarze analityki danych w ciągu ostatniego 20-lecia spowodowały, że produkcyjne bazy danych OLTP rosną szybko, często dużo szybciej niż zaplanowali to projektanci aplikacji i infrastruktury. Podstawowa architektura pamięci masowej i sieci musi być zbudowana w sposób umożliwiający skalowanie od podstaw, aby sprostać temu zwiększonemu zapotrzebowaniu w czasie i zaoferować dobrą równowagę między kosztami, łatwością zarządzania i wydajnością. Trudną decyzją projektową staje się wybór między budową aplikacji w lokalnych centrach danych a wykorzystaniem usług chmurowych IaaS/PaaS. Utrzymywanie aplikacji w lokalnych centrach danych daje projektantom rozwiązań pełną kontrolę nad skalowalnością, bezpieczeństwem, odpornością i wydajnością, ale wymaga skrupulatnego planowania i czasami wiąże się z wysokimi kosztami wstępnymi. Korzystanie z usług chmurowych IaaS/PaaS przyspiesza wdrożenia i upraszcza skalowalność, jednak oferuje mniejszą kontrolę nad wydajnością, odpornością i może szybko stać się kosztowne w miarę skalowania aplikacji. Niektóre organizacje preferują podejście hybrydowe, w którym ważniejsze aplikacje warstwy 1. mogą istnieć w lokalnych centrach danych, a aplikacje warstwy 2. i starsze migrują do chmury. W przypadku aplikacji utrzymywanych we własnym zakresie rozwiązania infrastruktury hiperkonwergentnej, takie jak VMware vSAN z grupami dysków All-Flash, oferują dobrą równowagę między kosztami, prostotą, wydajnością i łatwością skalowania.

Odporność na awarie

Aplikacje warstwy 1 muszą być budowane lub migrowane do infrastruktury, która jest zdolna wytrzymać więcej niż jedną awarię sprzętu w całym stosie sprzętowym. Jeśli aplikacje nie zostaną zaplanowane prawidłowo, to awarie sprzętu w centrach danych mogą powodować znaczne straty pieniężne poprzez przerwy w świadczeniu usług lub, w najgorszym przypadku, trwałą utratę danych. W środowiskach współdzielonych pamięci masowych należy stosować staranne planowanie, aby zagwarantować taką budowę infrastruktury bazowej, która jest zdolna wytrzymać awarie pamięci masowej i przeciążenie komponentów.

Na przykład w przypadku vSAN aplikacje warstwy 1. powinny mieć minimalną wartość Failure to Tolerate (FTT) równą 1, przy włączonej funkcji vSphere High Availability (HA), aby zapewnić ochronę maszyn wirtualnych aplikacji i bazy danych przed co najmniej jedną awarią komputera, sieci lub pamięci masowej. Dodatkowo można włączyć vSphere Distributed Resource Scheduler (DRS) w celu zrównoważenia obciążenia zasobów CPU/pamięci pomiędzy fizycznymi serwerami w klastrze.

Różne oczekiwania odnośnie wydajności

Zapotrzebowanie na większą szybkość transakcji i mniejsze opóźnienia wciąż wzrasta, ponieważ aplikacje OLTP stale się skalują, a większa liczba użytkowników powoduje większe obciążenie transakcyjne wewnętrznej bazy danych. Architekci aplikacji muszą zaplanować infrastrukturę pamięci masowej, która może się dostosować do obsługi tego zwiększonego zapotrzebowania i jest wystarczająco elastyczna, aby można ją było migrować między różnymi warstwami pamięci masowej. Na przykład bazy danych SQL znajdujące się na dyskach wirtualnych dostarczonych z macierzy pamięci masowej SAN mogą być migrowane do magazynu danych vSAN typu all flash z szybszymi warstwami pamięci masowej jak NVMe przy użyciu pamięci VMotion od VMware.

Dylemat „Noisy Neighbor”

Konieczne jest zaprojektowanie infrastruktury, która umożliwi kluczowym obciążeniom roboczym dostęp do zasobów potrzebnych do ich wykonania. W środowisku współdzielonej pamięci masowej, w którym istnieje wiele obciążeń wydajność może stać się nieprzewidywalna, a nietypowe obciążenia mogą powodować problemy dla kluczowych obciążeń produkcyjnych. To właśnie definicja problemu „Noisy Neighbor”. Przykładem tego problemu, jak zobaczymy w dalszej części artykułu, mogą być nieplanowane operacje tworzenia kopii zapasowych baz danych na jednym serwerze, zużywające zasoby pamięci masowej i zasoby sieciowe oraz wpływające na wydajność i opóźnienia innych serwerów korzystających z tych samych zasobów.

Prezentujemy dyski SSD Kingston DC1500M Enterprise NVMe

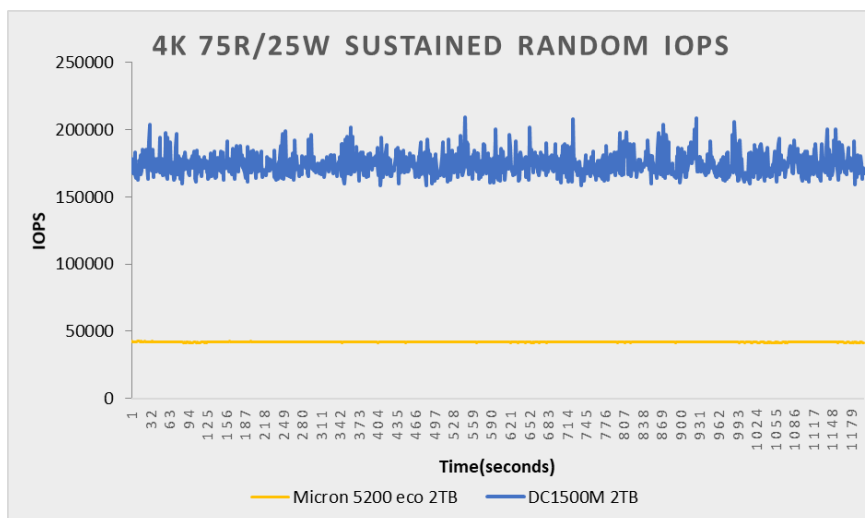
[Kingston DC1500M](#) to najnowszy dysk klasy korporacyjnej do centrów danych SSD U.2 PCIe 3.0x4 NVMe od Kingston dostępny w pojemnościach w zakresie 960GB-7680G. Wyposażone w 16-kanalowy kontroler i pamięć 3D TLC NAND, zaprojektowane z uwzględnieniem rygorystycznych wymogów jakości usługi (QoS), aby zapewnić trwałą wysoką wydajność i spójność obciążeń roboczych przedsiębiorstw przy zachowaniu najniższych opóźnień. Oprogramowanie układowe klasy korporacyjnej obsługuje takie funkcje jak nadmierna aprowizacja, wiele przestrzeni nazw (obsługa do 64 przestrzeni nazw), a także bardziej zaawansowane algorytmy ECC w celu zapewnienia niezawodności obciążeń korporacyjnych w całym okresie eksploatacji dysku.

Ponieważ dyski SATA SSD są nadal najbardziej rozpowszechnione w centrach danych, w tym artykule chcemy wykazać, że migracja lub budowa infrastruktury pamięci masowej na dyskach SSD NVMe klasy korporacyjnej, takich jak DC1500M NVMe firmy Kingston, pomoże złagodzić niektóre problemy wymienione powyżej.

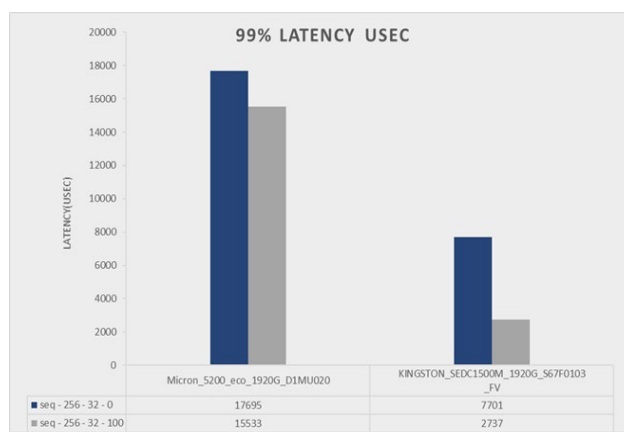
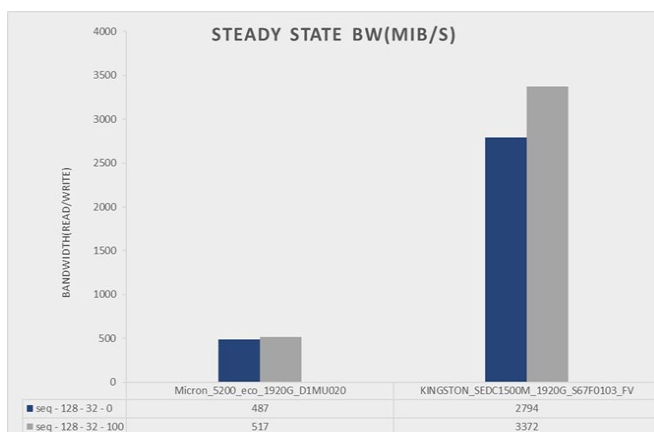
W naszych wewnętrznych testach pojedynczy dysk SSD Kingston DC1500M NVMe wykazał nawet 6,5-krotną poprawę przepływności i 5,6-krotne zmniejszenie opóźnień (rysunek b poniżej) w porównaniu z 1 dyskiem SSD SATA Micron 5200 eco Enterprise, przy zachowaniu niewielkiego parytetu kosztów.

Ten poziom wydajności w środowisku hiperkonwergentnym przekłada się na większą przepływność transakcji i mniejsze opóźnienia dla baz danych SQL Server. Przekłada się to również na mniejsze wymaganie przestrzeni fizycznej ze strony urządzeń pamięci masowej i mniejsze zużycie energii. W opisywanym przykładzie potrzebujemy 6 dysków Micron 5200 eco, aby uzyskać taką samą przepływność jak w przypadku 1 dysku DC1500M. W dalszej części tekstu zobaczymy jak wydajność przekłada się na rzeczywistość w ramach realistycznych obciążeń roboczych SQL OLTP na oprogramowaniu VMware vSAN.

Drastyczna poprawa wydajności, jaką wprowadziły dyski SSD NVMe, takie jak DC1500M, w porównaniu z dyskami SSD SATA, oznacza również, że wprowadzenie ich do współdzielonych środowisk hiperkonwergentnych może również pomóc w zmniejszeniu wpływu problemu „Noisy Neighbor” na aplikacje warstwy 1. Dyski SSD NVMe klasy korporacyjnej, takie jak DC1500M mogą obsługiwać nieoczekiwane obciążenia, takie jak operacje tworzenia kopii zapasowych i przywracania danych w godzinach pracy w znacznie szybszym tempie, zachowując jednocześnie niskie opóźnienia i wysoką przepływność transakcji dla krytycznych obciążeń produkcyjnych warstwy 1, jak pokazujemy w testach „Noisy Neighbor” w dalszej części tej białej książki.



Rysunek a) Porównanie sekunda po sekundzie współczynnika IOPS dla dysków SSD DC1500M 1920G i Micron 5200 ECO 1920G SATA. Testowano na pojedynczym dysku fizycznym podłączonym jako dodatkowy dysk w systemie Linux z fio v3.17 po osiągnięciu przez dyski SSD stałej wydajności. Podczas testów wykorzystywano rozmiar bloku 4k, procent odczytu 75% i głębokość kolejki 32

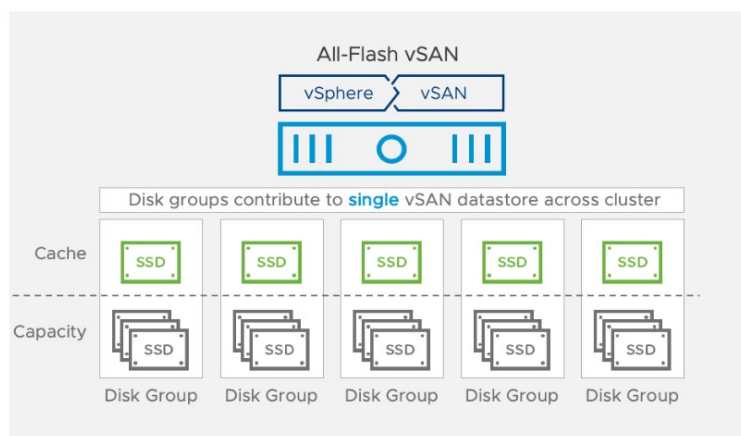


Rysunek b) Porównanie sekwencyjnego BW(MB/s) odczyt/zapis i Opóźnienia (µs) pomiędzy dyskami SSD DC1500M 1920G i Micron 5200 ECO 1920G SATA. Testowano na pojedynczym dysku fizycznym podłączonym jako dodatkowy dysk w systemie Linux z fio v3.17 po osiągnięciu przez dyski SSD stałej wydajności. Podczas testów stosowano rozmiar bloku 256k i głębokość kolejki 32

I. Infrastruktura

Środowiska testowe przedstawiono na rysunkach 1.1 i 1.2 poniżej. Użyliśmy VMware vSAN jako rozwiązania HCI z wyboru z uwagi na wysoką skalowalność, odporność, centralizację i ekonomiczność obsługi pamięci masowej dla hiperkonwergentnych, zwirtualizowanych środowisk.

Oprogramowanie VMware vSAN pozwala użytkownikom agregować lokalne urządzenia pamięci masowej z wielu serwerów w jeden magazyn danych współdzielony pomiędzy wszystkimi hostami w klastrze vSAN. Dyski fizyczne z każdego serwera są umieszczane w grupach dysków, przy czym 1 dysk/grupa dysków jest używany jako urządzenie pamięci podręcznej, a do 7 dysków/grupa dysków może służyć jako urządzenie zwiększające pojemność. Maksymalnie serwer może obejmować do 5 grup dyskowych, więc maksymalnie 35 urządzeń zwiększających pojemność/serwerów wnoszących wkład do klastra vSAN. Grupy dyskowe wszystkich hostów ESXi w klastrze vSAN są łączone w celu utworzenia magazynu danych vSAN, przy czym ruch pomiędzy hostami a magazynem danych vSAN jest izolowany poprzez dedykowaną sieć dla vSAN (wymogiem jest 10Gbps+ dla wszystkich dysków flash vSAN). Umożliwia to administratorom rozpoczęcie od niewielkiego obszaru pamięci masowej i dodawanie węzłów pamięci masowej w celu skalowania pojemności (do 64 węzłów/klaster) w zależności od potrzeb oraz zapewnia stosunkowo łatwy sposób kontrolowania wymagań wydajnościowych dla określonych maszyn wirtualnych.



Rysunek 1 Architektura vSAN bazująca w pełni na pamięci flash

vSAN wykorzystuje zasady przechowywania do dyktowania poziomu ochrony i stripingu dla określonych dysków wirtualnych. Korzystając z domyślnych zasad przechowywania, vSAN lustruje wszystkie obiekty dostarczane z magazynu danych vSAN, ale zapewnia również administratorom szczegółową kontrolę nad poziomem ochrony wirtualnych dysków dostarczanych do maszyn wirtualnych z magazynu danych vSAN. Na przykład, aby dysk VMDK z danymi SQL był w stanie tolerować co najmniej jedną awarię w ramach klastra (całego serwera, dysku

lub interfejsu sieciowego), możemy określić podstawowy poziom Failure To Tolerate (FTT) o wartości 1. Następnie zostanie utworzony mirror RAID-1 obiektu VMDK z jednym komponentem repliki na jednym hoście i drugim komponentem repliki na innym hoście w klastrze vSAN. Podobnie administratorzy mogą określić zasady przechowywania RAID 0 (tylko striping) z FTT równym 0, jeśli chcemy, aby dysk zapasowy VMDK nie miał żadnej odporności i był maksymalnie wydajny; gdy maszyna wirtualna jest wysoce dostępna poprzez zastosowanie SQL AlwaysOn Failover Clustering lub w przypadku regularnego wykonywania kopii zapasowych bazy danych przy użyciu popularnych rozwiązań do wykonywania kopii zapasowych, takie jak Commvault lub NetBackup.

W laboratorium badawczym i walidacyjnym dysków SSD Kingston Technology, a także na potrzeby tej białej książki wykorzystano 3 [serwery PowerEdge R740xd](#) obsługujące 8 dysków 2.5" NVMe oraz 16 wnek na dyski/serwery 2.5" SATA/SAS, z dedykowaną przepustowością sieci 10Gb obsługiwaną przez 2 [switche Cisco Nexus 5k](#) do obsługi ruchu vSAN w celu badania dysków SSD SATA. Wykorzystano 4-węzłowy super serwer Big Twin Supermicro [SYS-2029BT-HNR](#) o dedykowanej przepustowości sieci 40Gb obsługiwaną przez 1 [switch Cisco 9k](#) do obsługi ruchu vSAN i badania NVMe. Podczas testów zastosowaliśmy niestandardową politykę pamięci masowej (FTT=0) przypisaną do dysku wirtualnego Guest VM, aby zmaksymalizować wydajność

pamięci blokowej dla wszystkich testów przeprowadzonych w tym artykule. Do poszczególnych przeprowadzonych przez nas testów używaliśmy różnych dysków SSD, które są udokumentowane na początku każdego wyniku testu poniżej, ale standardowo używaliśmy 3 fizycznych dysków o tej samej pojemności na grupę dyskową zarówno do testów SATA, jak i NVMe. Do badań porównawczych wybrano popularny dysk SSD Micron 5200 eco SATA. W celu zarządzania i obsługi ruchu vMotion wykorzystano sieć 1Gb obsługiwaną przez jeden 24-portowy switch zarządzany Netgear JGS524PE.

Środowisko testowe NVMe (sprzęt)	Środowisko testowe SATA/SAS/HYBRYDOWE (sprzęt)
4-węzłowy klaster Supermicro SYS-2029BT-HNR z 6 wnękami na dyski/serwery 2.5" NVMe z obsługą Hot-swap	3-węzłowy PowerEdge Dell R740xD obsługujący 8 dysków 2.5" NVMe i 16 wnęk na dyski/serwery 2.5" SATA/SAS
Intel(R) Xeon(R) Gold 6252 CPU (48c/96t) z zegarem 2.10GHz X 8	Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 CPU (10c/20t) z zegarem 2.20GHz x8
64x32GB Kingston DDR4-2933 2Rx4 ECC REG DIMM (16x32GB na węzeł), 512GB/węzeł, 2048GB/klaster	768 GB 24x pamięci ECC 32GB Kingston Dual Rank ECC z zegarem 2400MHz/węzeł, 2304GB/klaster
2x switch Cisco Nexus N5K-C5010 20-portowy 10Gbe klasy data center do obsługi ruchu sieciowego vSAN	1x switch Cisco Nexus 9332PQ Switch 32-portowy 40Gbe klasy data center dedykowany do obsługi ruchu sieciowego vSAN
	PERC H740P skonfigurowane w trybie HBA passthru

Rysunek 1.1 Urządzenia sprzętowe wykorzystywane podczas badań

Środowisko testowe NVMe (system operacyjny i oprogramowanie)	Środowisko testowe SATA (system operacyjny i oprogramowanie)
Hypervisor: VMware ESXi, 7.0.3, 19193900	Hypervisor: VMware ESXi, 7.0.3, 19193900
vSAN 7U3c (VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 + VMware VirtualCenter 7.0.3 build-19234570)	vSAN 7U3c (VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 + VMware VirtualCenter 7.0.3 build-19234570)
System operacyjny gościa: Windows Server 2019 Datacenter, wersja 1809	System operacyjny gościa: Windows Server 2019 Datacenter, wersja 1809
Microsoft SQL Server 2017 (RTM) - 14.0.1000.169 (X64)	Microsoft SQL Server 2017 (RTM) - 14.0.1000.169 (X64)
HammerDB-v3.2	HammerDB-v3.2
HCIBench 2.5.3	HCIBench 2.5.3

Rysunek 1.2: System operacyjny i oprogramowanie

II. Konfiguracja bazy danych

W przeprowadzonych tu testach wykorzystaliśmy maszynę wirtualną gościa Server 2019 z SQL Server 2017 oraz oddzielną VMDK dostarczoną z magazynu danych vSAN dla danych, dziennika i kopii zapasowej. HammerDB to aplikacja open source do testowania obciążenia bazy danych, która wspiera uruchamianie benchmarku TPCC dla aplikacji OLTP oraz benchmarku TPC-H dla obciążeń związanych z analityką danych. W różnych testach opisanych w tej białej księdze wybrano specyfikację benchmarku TPCC, aby zasymulować transakcyjne obciążenia robocze OLTP oraz zapewnić zgodność i wiarygodność wyników testów.

Benchmark TPCC (formalna definicja dostępna na stronie tpc.org (TPCC home)), jest znanym benchmarkiem OLTP o standardzie przemysłowym, który implementuje system komputerowy realizujący zamówienia klientów na dostawy produktów z firmy. Firma sprzedaje 100 000 artykułów i utrzymuje zapasy w magazynach. Każdy magazyn obsługuje 10 okręgów sprzedaży, a każdy okręg obsługuje 3000 klientów.

Klienci dzwonią do firmy, której operatorzy przyjmują zamówienie. Każde zamówienie obejmuje kilka pozycji, następnie są zazwyczaj realizowane z lokalnego magazynu. Jednak kilku pozycji nie ma w danym momencie w tym magazynie i są dostarczane przez alternatywny magazyn. Należy pamiętać, że wielkość firmy nie jest niezmienna i w miarę rozwoju może ona dodawać magazyny i okręgi sprzedaży. Z tego powodu, Twój schemat testowy może być tak mały lub duży jak chcesz, przy czym większy schemat oznacza większą bazę danych TPC-C i wymaga bardziej wydajnego systemu komputerowego do przetwarzania większej liczby transakcji (HammerDB).

Na potrzeby tej białej księgi przeprowadzono różne testy, w których liczba magazynów (rozmiar schematu) i liczba wirtualnych użytkowników jest udokumentowana na początku każdego testu i wyjaśniona w wynikach. W trakcie wszystkich testów zapisujemy wyniki Hammer DB z każdego przebiegu testowego, jednocześnie rejestrując statystyki CPU, sieci, pamięci i dysku za pomocą monitora wydajności Windows (Perfmon), z natywnym modulem Get-counter w Windows PowerShell, oraz monitora wydajności vSAN dostępnego na serwerze vCenter.

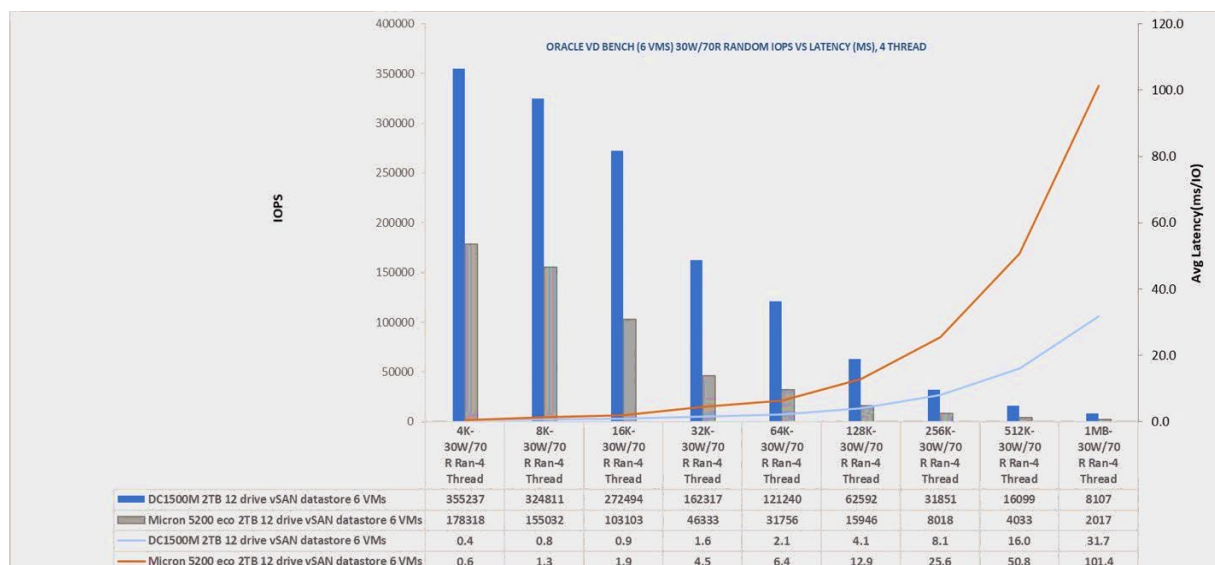
III. Wydajność pamięci vSAN

Przetestowaliśmy wydajność magazynu danych vSAN dla konfiguracji, na których skupiamy się w tej białej księdze, przed uruchomieniem naszych testów SQL, aby ocenić poziom wydajności, jakiego możemy oczekiwać od magazynu danych vSAN DC1500M NVMe i dysku SSD Micron 5200 eco SATA. Wykorzystano zalecane narzędzie do oceny badań porównawczych magazynu danych vSAN [HClBench v2.5.3](#), czyli zestaw narzędzi automatyzacji do wdrażania wielu maszyn wirtualnych na wszystkich hostach w ramach klastra vSAN podczas działania określonych obciążeń z wykorzystaniem Vdbench na wszystkich maszynach wirtualnych gościa równolegle. Przedstawiamy kilka wyników z naszego uruchomienia z 6 maszynami wirtualnymi na klastrze DC1500M NVMe vSAN i klastrze Micron 5200 eco SATA.

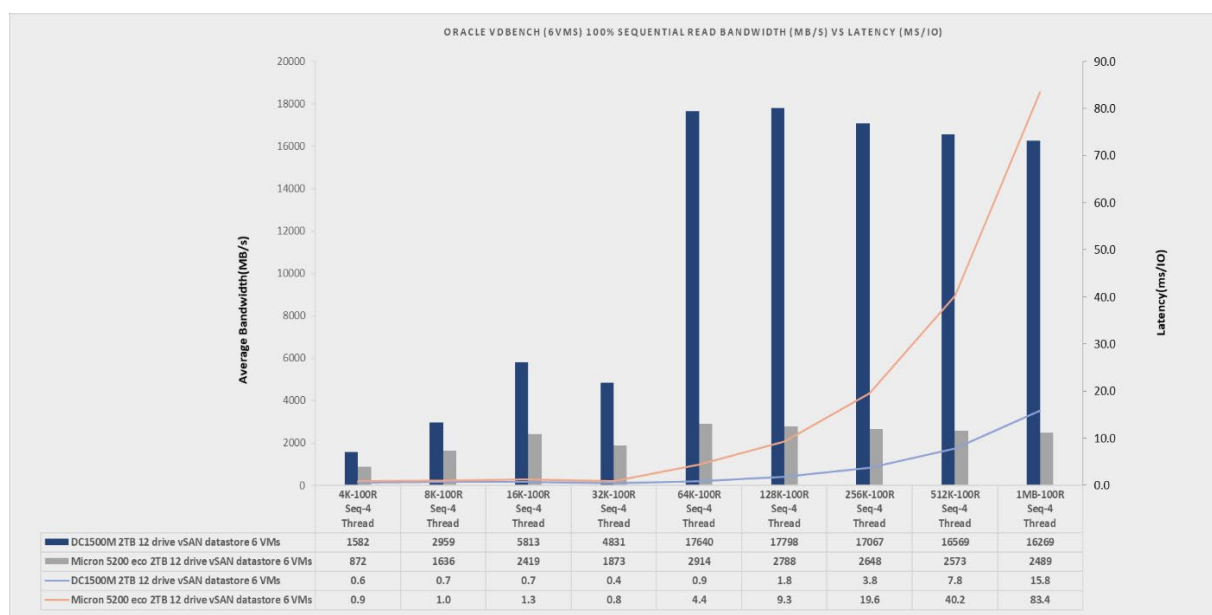
Rysunki 1.3 i 1.4 przedstawiają wyniki mieszanych obciążeń roboczych pod trwałym obciążeniem losowym przy 70% odczytu, 30% zapisu z różnymi rozmiarami bloków przez 30 minut dla magazynu danych DC1500M NVMe vSAN i dysku SSD Micron 5200 eco SATA vSAN. Przy wielkości bloku 4k magazyn danych DC1500M NVMe vSAN może zapewnić 2-krotnie większą liczbę IOPS przy 70% odczytu/30% zapisu (355k kontra 178K) niż magazyn danych z dyskiem SSD SATA vSAN z każdą operacją WE/WY kończącą się 33% szybciej (0,4ms kontra 0,6ms w przypadku dysku SSD SATA vSAN). Przewaga wydajności NVMe jest widoczna wyraźnie wraz ze zwiększeniem rozmiaru transferu WE/WY. Jeśli spojrzymy na obciążenie losowe 64k przy 70% odczytu, 30% zapisu, to można zauważyć, że magazyn danych NVMe vSAN może dostarczyć 3x większą liczbę IOPS (121240 kontra 31756) przy 66% zmniejszeniu opóźnienia na WE/WY (2,1 ms kontra 6,4 ms w przypadku dysku SSD SATA vSAN).

Na rysunku 1.5 i 1.6 przedstawiono porównanie utrzymywanej przepływności odczytu i zapisu HClBench oraz opóźnień dla magazynów danych DC1500M NVMe i Micron 5200 eco SATA SSD vSAN z różnymi rozmiarami bloków. Było możliwe utrzymanie przepływności 17,8 GB/s (128k) z magazynu danych DC1500M NVMe, 6,3x większą przepływność odczytu z magazynu danych SATA SSD vSAN (2,79 GB/s) i 5x mniejsze opóźnienie (0,9ms kontra 4,4ms dla SATA vSAN). W przypadku zapisów dysk DC1500M vSAN utrzymywał przepływność 6,7 GB/s zapis (128k), a także 5,9x większą przepływność w porównaniu z SATA vSAN przy 5x mniejszym opóźnieniu.

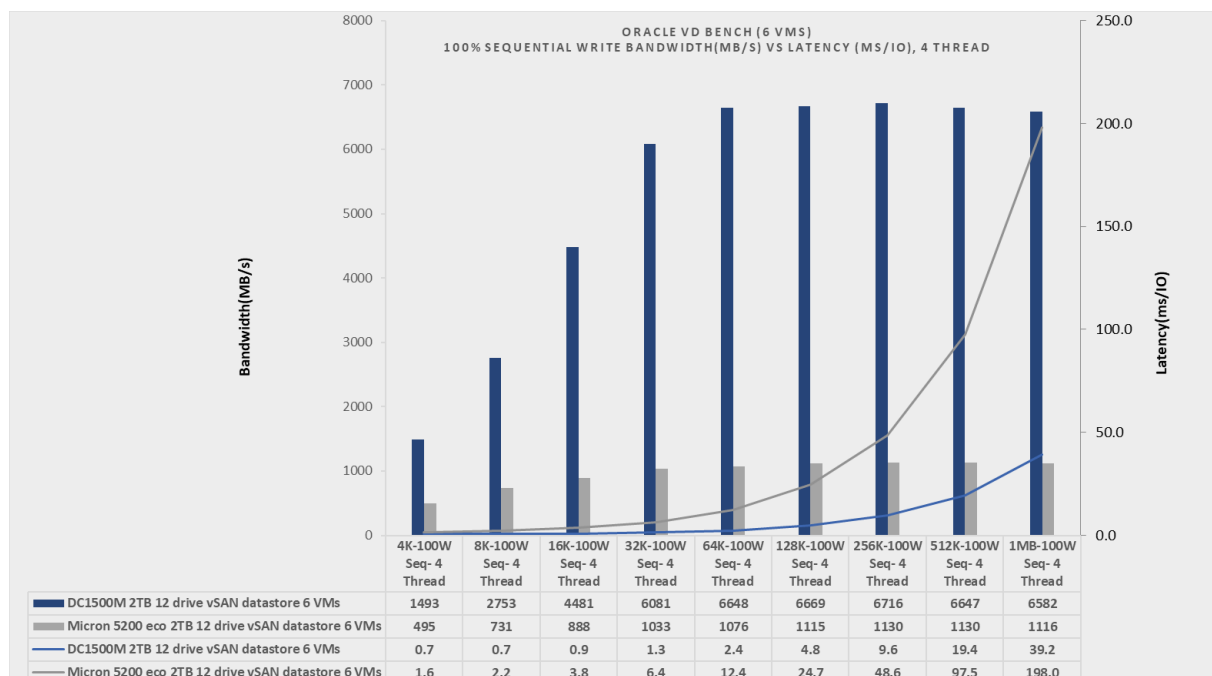
Jak bardzo ta różnica wydajności między dyskami NVMe i SATA vSAN jest korzystna, jeśli chodzi o wydajność SQL? Czy wydajność dysków NVMe uzasadnia wydatek? Czy operacje tworzenia kopii zapasowych lub przywracania SQL będą wykonywane szybciej, aby zmniejszyć wpływ na obciążenia o znaczeniu krytycznym? W dalszej części dokumentu próbujemy odpowiedzieć na te pytania poprzez przeprowadzenie kilku eksperymentów.



Rysunek 1.3 Magazyn danych DC1500M vSAN kontra Micron 5200 eco vSAN, 4k 70 odczyt/30 zapis, losowo, QD=8, wątki=4, 6 maszyn wirtualnych HCIBench IOPS kontra średnie opóźnienie (ms)



Rysunek 1.4 Magazyn danych DC1500M vSAN kontra Micron 5200 eco vSAN, 100R/0W, Sekwencyjne, QD=8, wątki=4, HCIBench Przepływność odczytu 6 maszyn wirtualnych (MB/s) i średnie opóźnienie odczytu (ms/IO)



Rysunek 1.5 Magazyn danych DC1500M vSAN kontra Micron 5200 eco vSAN, 100 zapis/0 odczyt, sekwencyjne, QD=8, wątki=4, HClBench Przepływność odczytu 6 maszyn wirtualnych (MB/s) i średnie opóźnienie odczytu (ms/IO)

Wyniki testów

Test 1, DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017 VM z różnymi ilościami DRAM

Konfiguracja magazynu danych vSAN: 3 DC1500M 960G FW S67F0103/grupa dysków, 4 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe NVMe vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter.

Test 1a - Opis	Test 1b - Opis	Test 1c - Opis
Dysk wirtualny dostarczony z magazynu danych DC1500M vSAN w środowisku testowym NVMe. Wybrano schemat bazy danych dla 1200 magazynów reprezentujący bazę o pojemności 100GB. System poddany testowi maszyny wirtualnej (SUT) otrzymał 16vCores i 128GB RAM Kolejna maszyna wirtualna vSAN z 16c/128GB RAM została dostarczona, aby działać jako serwer generujący obciążenie w celu wysyłania transakcji do SUT. Utworzono wirtualną sekwencję użytkownika 1,2,3,5,8,13,21,34,55,89. Wybrano 2-minutowy czas testu z rosnącym obciążeniem i czas trwania testu sekwencji 5 min/użytkownika.	Tak jak Test 1a; ale przydzieloną ilość DRAM dla maszyny wirtualnej gościa zmniejszono do 32 GB, aby zwiększyć ilość We/Wy na obszarze danych. Zdalny serwer generujący obciążenie był nadal używany do wysyłania transakcji do SUT, ale przydzielona pamięć DRAM dla LGS została również zmniejszona do 32GB.	Tak jak Test 1a; ale przydzieloną ilość DRAM dla maszyny wirtualnej gościa zmniejszono do 32 GB, aby zwiększyć ilość We/Wy na obszarze danych. Dodatkowo ten test został wykonany lokalnie na maszynie wirtualnej SUT, aby wyeliminować wszelkie wąskie gardła w sieci.

Rysunek 2.1 Test 1: Magazyn danych DC1500M vSAN różne konfiguracje DRAM

Naszym celem w teście 1 było uzyskanie linii bazowej na poziomie wydajności oczekiwanej z benchmarkiem TPCC na SQL Server 2017 na VMware vSAN z magazynem danych flash DC1500M NVMe vSAN, z różną ilością pamięci przydzielonej do serwera SQL. Idea różnicowania ilości pamięci DRAM przydzielonej do testowanego systemu SQL (SUT) opiera się na następujących koncepcjach:

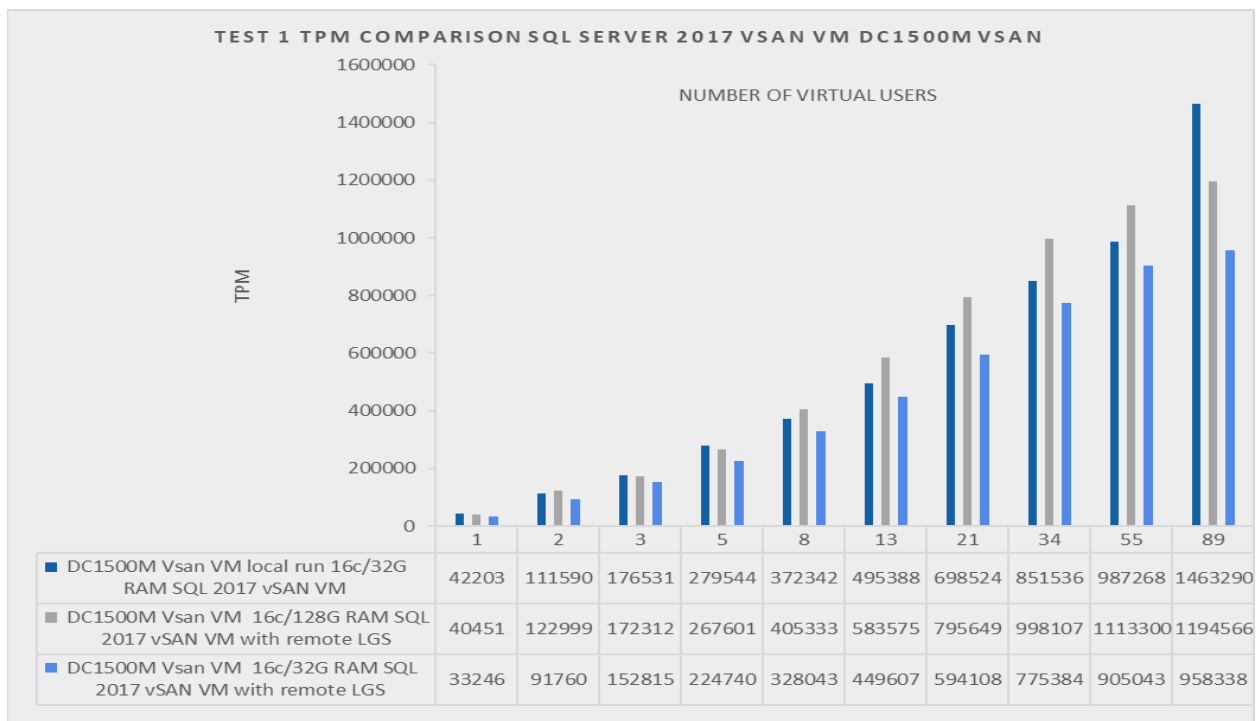
- Zmniejszenie ilości pamięci RAM przydzielonej maszynie wirtualnej SQL Server zwiększy ilość operacji WE/WY do obszaru danych i nałoży większy nacisk na wydajność We/Wy bazy danych zawierającej schemat (baza OLTP na dysku)
- Jeśli maszyna wirtualna z bazą danych SQL ma wystarczającą ilość pamięci DRAM, większość danych podczas testu OLTP będzie buforowana, a We/Wy do obszaru danych będzie minimalne (test OLTP w pamięci)

Utworzyliśmy schemat o wielkości 1200 magazynów, co dało bazę danych TPCC o wielkości ~100 GB. Podczas pierwszego testu przydzielono 128 GB DRAM do SUT po to, aby cały schemat mógł zmieścić się w pamięci. Następnie uruchomiliśmy sekwencję wirtualnych użytkowników na zdalnym serwerze generującym obciążenie (LGS), aby symulować użytkowników wysyłających transakcje do bazy danych, skalując od 1 do 89 użytkowników, aby dopasować rozmiar naszego schematu i ilość przydzielonych zasobów CPU/pamięci do maszyny wirtualnej serwera SQL. Po zakończeniu testu przywróciliśmy bazę TPCC, następnie zmniejszyliśmy przydzieloną pamięć DRAM do 32GB na SUT i LGS i powtórzyliśmy ten sam test z tą samą sekwencją użytkowników. Na koniec przeprowadziliśmy ten sam test lokalnie na testowanej maszynie wirtualnej, aby wyeliminować wszelkie wąskie gardła sieciowe wprowadzone przez zdalny serwer generujący obciążenie.

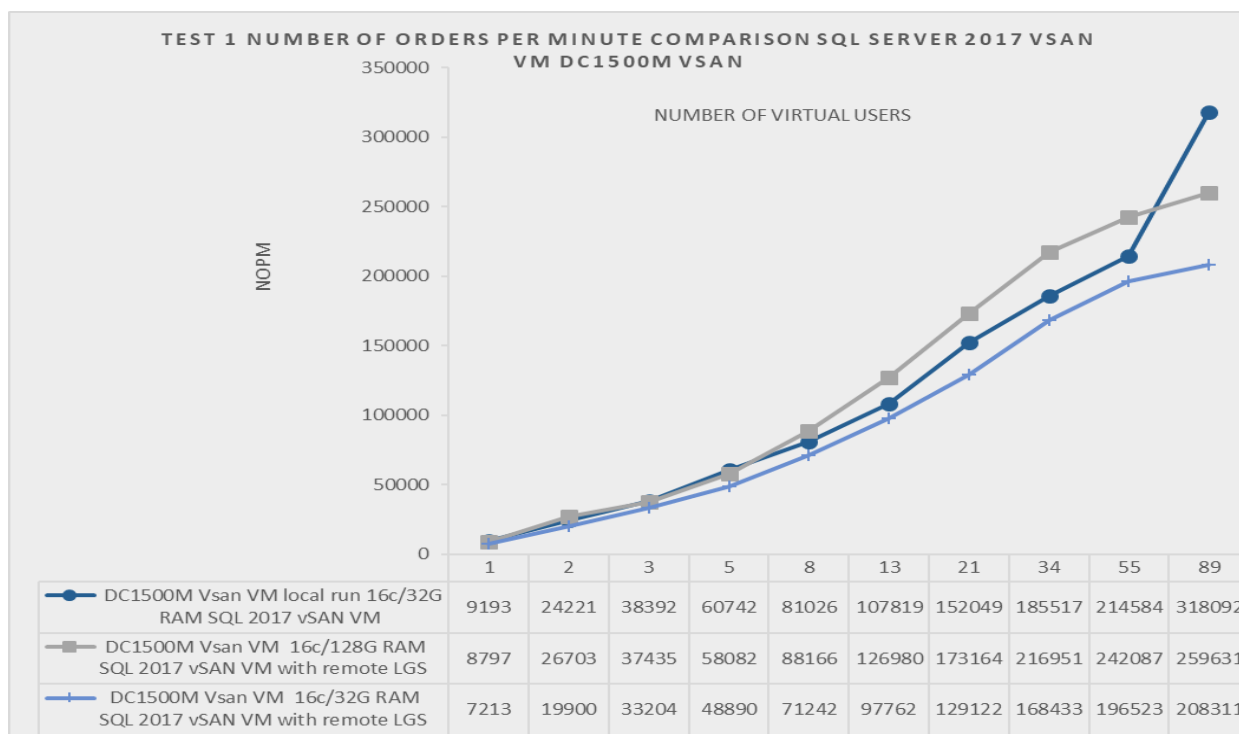
Wyniki testu 1, DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017 VM z różnymi ilościami pamięci DRAM

Rysunki 2.2 i 2.3 przedstawiają liczbę Transactions Per Minute (TPM) i New Orders Per Minute (NOPM), które uzyskaliśmy dla testów 1a, 1b, 1c przy użyciu magazynu danych DC1500M vSAN. Dla wszystkich testów obserwujemy skalowanie TPM i NOPM wraz ze wzrostem liczby wirtualnych użytkowników. Przy 89 wirtualnych użytkownikach, maszyna wirtualna SQL Server 2017 z bazą danych OLTP w większości w pamięci mogła osiągnąć 1 113 300 TPM przy 259 631 NOPM. Po zmniejszeniu ilości przydzielonej pamięci DRAM do 32 GB na maszynie wirtualnej SUT i LGS, osiągnięto 958 338 TPM i 208 311 NOPM, ale kiedy przeprowadziliśmy test lokalnie na maszynie wirtualnej SUT, osiągnęliśmy fenomenalne wyniki 1 463 290 TPM i 318 092 NOPM!

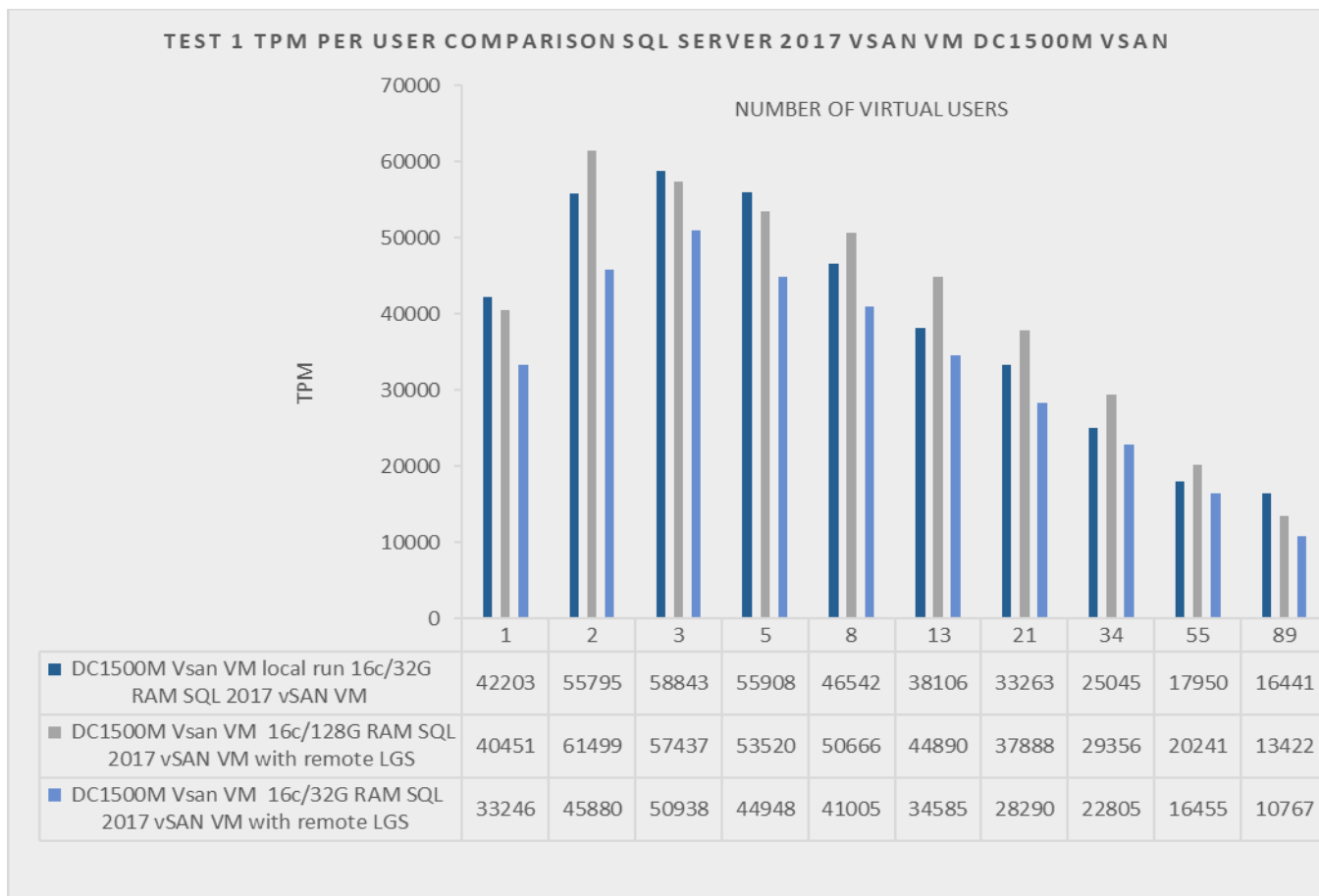
To właśnie tutaj widzimy przewagę wynikającą z mniejszych opóźnień dysków SSD Enterprise NVMe w akcji. Oznacza to, że w przypadku przydzielenia niewystarczającej ilości pamięci do buforowania schematu, gdy liczba transakcji wzrasta, a baza danych serwera SQL musi zapisywać dane z pamięci do pliku dziennika transakcji, wirtualny dysk NVMe może reagować wystarczająco szybko, aby utrzymać wyższą przepływność transakcji i skalować w górę do momentu, gdy procesor stanie się wąskim gardłem. Z rysunku 2.4 w teście 1c wynika, że nawet przy 89 wirtualnych użytkownikach każdy z nich może przetworzyć 16 441 transakcji na minutę. Na podstawie wyników uzyskanych empirycznie możemy stwierdzić, że budowanie bazy danych na infrastrukturze hiperkonwergentnej NVMe pozwala zaoszczędzić koszty na dodatkowej pamięci DRAM przydzielonej dla SQL Server 2017.



Rysunek 2.2 Test 1a, b, c: Porównanie magazynu danych DC1500M vSAN TPM z różnymi ilościami DRAM



Rysunek 2.3 Test 1a, b, c: Porównanie magazynu danych DC1500M vSAN NOPM z różnymi ilościami DRAM



Rysunek 2.4 Test 1a, b, c: Porównanie magazynu danych DC1500M vSAN TPM z różnymi ilościami DRAM

Test 2: Porównanie wydajności SQL Server 2017 z dyskiem Kingston DC500M SATA SSD, Micron 5200 eco SATA SSD i magazynem danych DC1500M NVMe SSD vSAN

Test 2 polega na porównaniu wydajności wzorca TPCC dla systemu SQL Server 2017 na testowej maszynie

- Konfiguracja magazynu danych NVMe vSAN do testu 1a: 3 DC1500M 960G FW S67F0103/grupa dysków, 4 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe NVMe vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 1a) - Konfiguracja magazynu danych SATA vSAN do testu 1b: 3 DC500M 1920G FW SCEJK2.8/grupa dysków, 3 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe SATA vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 1b) - Konfiguracja magazynu danych SATA vSAN do testu 1c: 3 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/grupa dysków, 3 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe SATA vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 1b)		
Test 2a - opis	Test 2b - opis	Test 2c - opis
Dysk wirtualny dostarczony z magazynu danych DC1500M vSAN w środowisku testowym NVMe. Wybrano schemat bazy danych dla 1200 magazynów reprezentujący bazę o pojemności 100GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16vCores i 32 GB RAM Utworzono wirtualną sekwencję użytkownika 1,2,3,5,8,13,21,34,55,89. Wybrano 2-minutowy czas testu z rosnącym obciążeniem i czas trwania testu sekwencji 5 min/użytkownika. Test uruchomiono lokalnie na maszynie wirtualnej SUT.	Dysk wirtualny zapewniony z magazynu danych D500M vSAN w środowisku testowym SATA. Wybrano schemat bazy danych dla 1200 magazynów reprezentujący bazę o pojemności 100GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16vCores i 32 GB RAM Utworzono wirtualną sekwencję użytkownika 1,2,3,5,8,13,21,34,55,89. Wybrano 2-minutowy czas testu z rosnącym obciążeniem i czas trwania testu sekwencji 5 min/użytkownika. Test uruchomiono lokalnie na maszynie wirtualnej SUT.	Dysk wirtualny dostarczony z magazynu danych Micron 5200 eco vSAN w środowisku testowym SATA. Wybrano schemat bazy danych dla 1200 magazynów reprezentujący bazę o pojemności 100GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16vCores i 32 GB RAM Utworzono wirtualną sekwencję użytkownika 1,2,3,5,8,13,21,34,55,89. Wybrano 2-minutowy czas testu z rosnącym obciążeniem i czas trwania testu sekwencji 5 min/użytkownika. Test uruchomiono lokalnie na maszynie wirtualnej SUT.

Rysunek 3.1 Test 2 - opis: Porównanie wydajności SQL Server 2017 na magazynie danych SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN

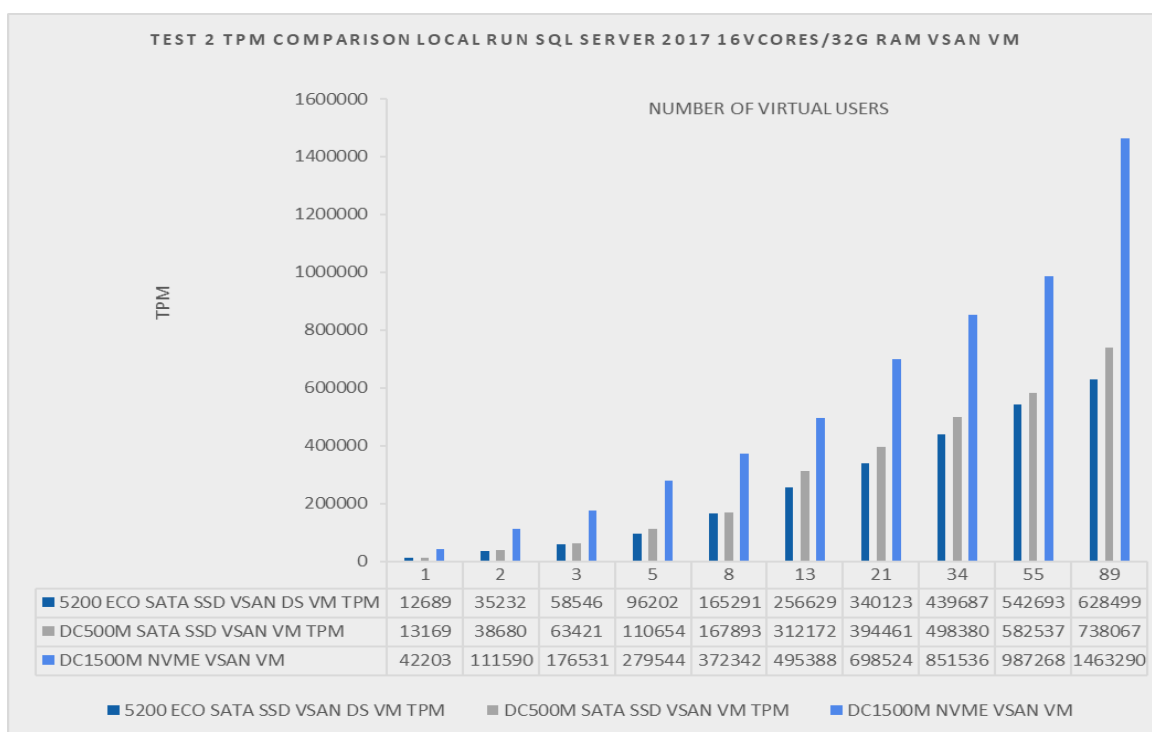
wirtualnej po uruchomieniu lokalnie w 3 różnych magazynach danych: Kingston DC1500M enterprise NVMe vSAN, [Kingston DC500M](#) i Micron 5200 eco SATA SSD vSAN. W teście 2 uruchomiono lokalnie na testowanym systemie SQL Server 2017 VM, aby zwiększyć liczbę We/Wy do obszaru danych i podkreślić wydajność We/Wy bazy danych zawierającej schemat, a także test sekwencji użytkowników, aby skalować do obsługi 1-89 użytkowników, aby dopasować nasz rozmiar schematu i ilość przydzielonych zasobów procesora/pamięci do maszyny wirtualnej serwera SQL.

Wyniki Testu 2: Porównanie wydajności SQL Server 2017 z pamięcią SSD Kingston DC500M SATA, Micron 5200 eco SATA SSD i DC1500M NVMe SSD vSAN

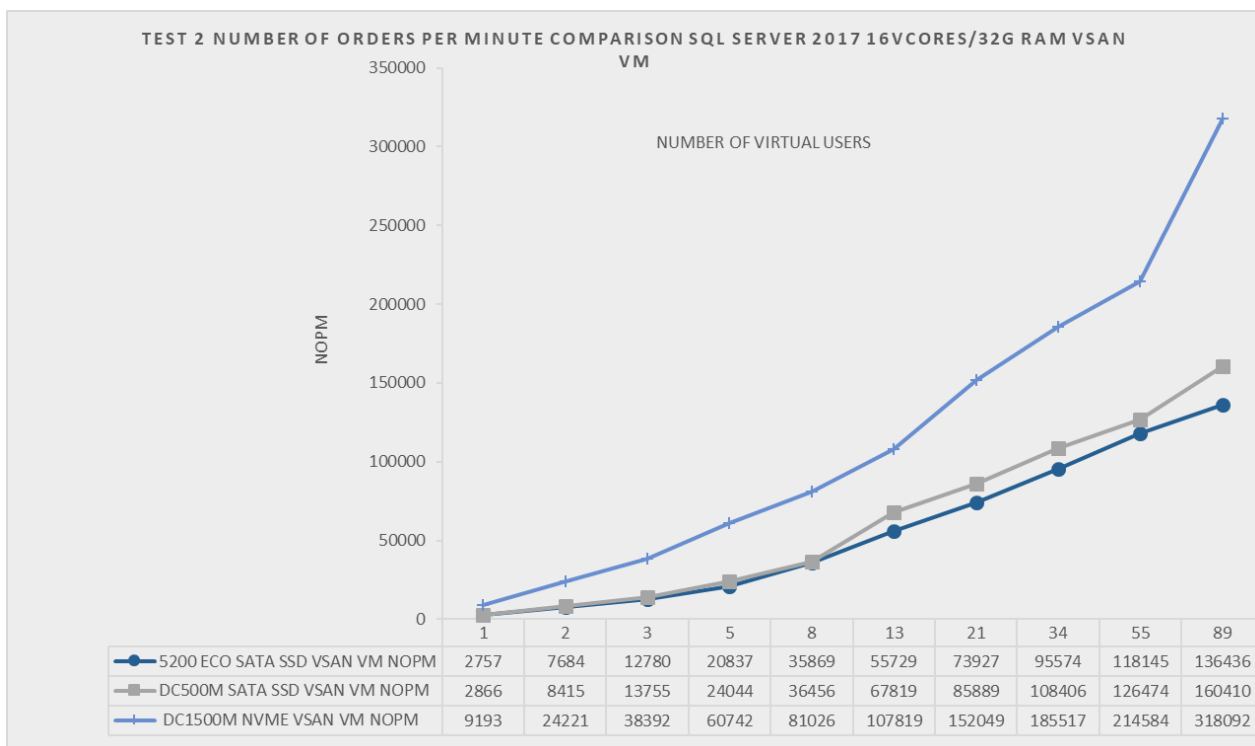
Rysunki 3.2 i 3.3 przedstawiają liczbę transakcji na minutę (TPM) i nowych zleceń na minutę (NOPM) osiągnięte w testach Test 2a, 2b i 2c. Dla wszystkich testów obserwujemy skalowanie TPM i NOPM w górę wraz ze wzrostem liczby wirtualnych użytkowników, jednak skalowanie drastycznie się różni w przypadku NVMe w porównaniu z SATA. Z 89 wirtualnymi użytkownikami maszyna wirtualna z systemem SQL Server 2017 wspierana magazynem danych DC1500M vSAN pozwoliła uzyskać 1 463 290 TPM i 318 092 NOPM. Dla porównania osiągnięto 738 067 TPM/160 410 NOPM w przypadku maszyny wirtualnej vSAN SQL Server DC500M i 628 499 TPM/136 436 NOPM w przypadku magazynu danych Micron 5200 eco vSAN. Oznacza to, że używając tej samej liczby dysków DC1500M NVMe we wspieranym przez NVMe magazynie danych vSAN, można efektywnie podwoić przepustowość transakcji i zamówień na minutę w porównaniu do wspieranego przez SATA magazynu danych vSAN z tą samą liczbą dysków SSD. W kontekście biznesowym oznacza to, że

przy 89 użytkownikach wysyłających jednocześnie transakcje do bazy danych, każdy z nich może przetworzyć 235% więcej transakcji (co przekłada się na większą liczbę zamówień na minutę) (rysunek 3.4), jeśli zmodernizujesz swoją infrastrukturę VMware, aby była wspierana przez rozwiązania Enterprise NVMe, takie jak DC1500M.

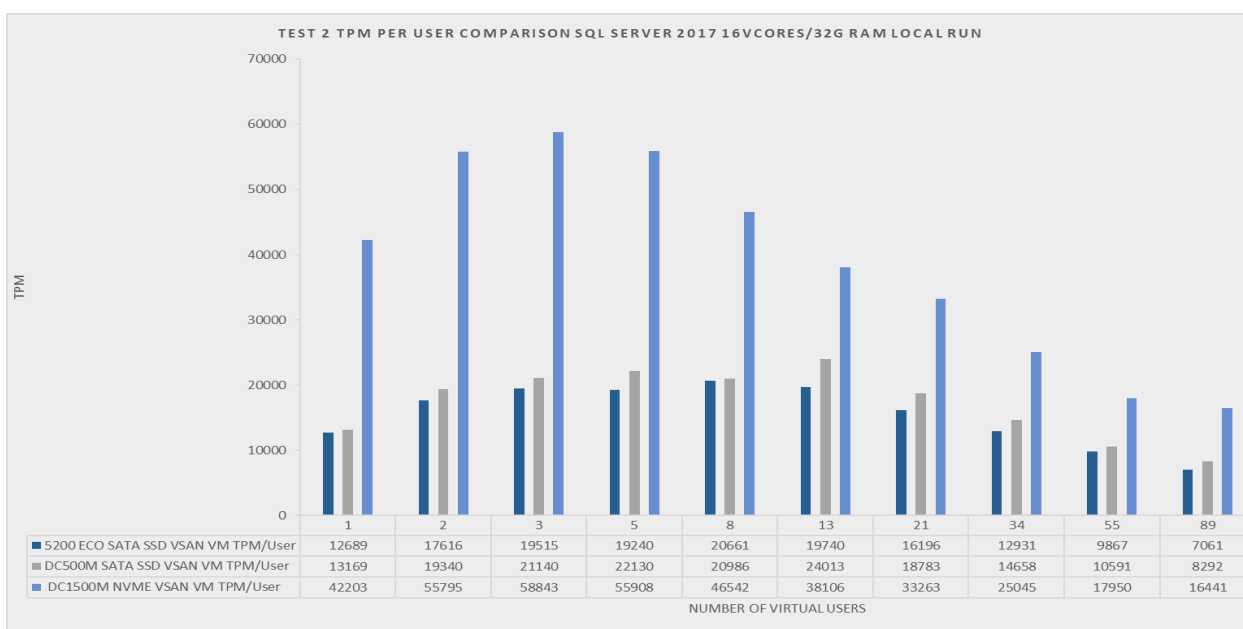
Rysunek 3.5 pokazuje średni czas bezczynności procesora w zależności od liczby wirtualnych użytkowników dla testów 2a, b i c. Jest to efektywna miara wydajności wirtualnego dysku, tj. tego jak szybko wirtualny dysk może reagować, gdy liczba transakcji rośnie, a baza danych serwera SQL musi zapisywać dane z pamięci do pliku dziennika transakcji. Przy 89 użytkownikach wirtualnych nasz czas bezczynności procesora (iowait) dla naszej maszyny wirtualnej vSAN wspieranej przez dysk DC1500M NVMe wynosi 15,5% w porównaniu z 37,8% dla maszyny wirtualnej wspieranej przez DC500M i 44,2% dla maszyny wirtualnej wspieranej przez Micron 5200. Oznacza to, że nasz wirtualny dysk NVMe znacznie szybciej reaguje na żądania We/Wy, zapobiegając bezczynności procesora w oczekiwaniu na zakończenie We/Wy i umożliwiając przetwarzanie większej liczby transakcji. W kontekście biznesowym modernizacja infrastruktury VMware do NVMe umożliwia bardziej efektywne wykorzystanie wirtualnych rdzeni przypisanych do maszyny wirtualnej serwera SQL w celu zwiększenia przepustowości transakcji i zmniejszenia kosztów poprzez usunięcie niepotrzebnych rdzeni ze starszych maszyn wirtualnych SQL działających na wolniejszych warstwach pamięci masowej.



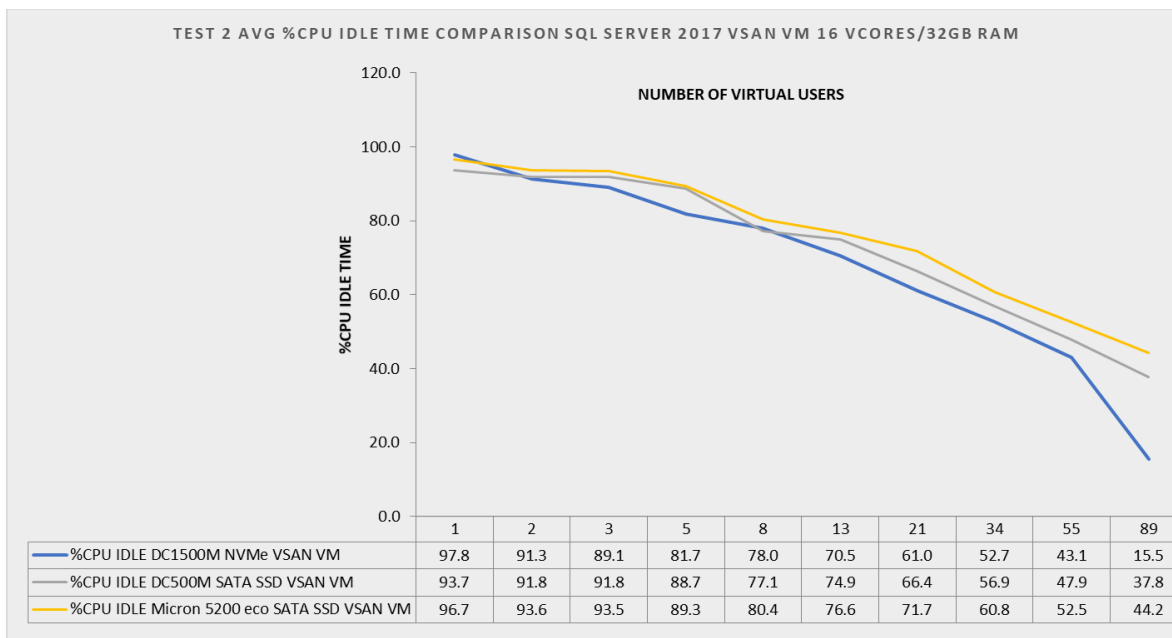
Rysunek 3.2 Test 2: Porównanie TPM NVME kontra SATA VSAN



Rysunek 3.3 Test 2: Porównanie NOPM NVME kontra SATA VSAN



Rysunek 3.4 Test 2: Porównanie TPM na użytkownika NVME kontra SATA VSAN



Rysunek 3.5 Test 2: Porównanie bezczynności %CPU NVME kontra SATA VSAN

Test 3: Porównanie wydajności SQL Server 2017 z DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN, z większym rozmiarem schematu i dłuższym czasem trwania testu

- Konfiguracja magazynu danych NVMe vSAN do testu 3a: 3 DC1500M 960G FW S67F0103/grupa dysków, 4 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe NVMe vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 3a) - Konfiguracja magazynu danych SATA vSAN do testu 3b: 3 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/grupa dysków, 3 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe SATA vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 3b)	
Test 3a - opis	Test 2b - opis
Dysk wirtualny dostarczony z magazynu danych DC1500M vSAN w środowisku testowym NVMe. Wybrano schemat bazy danych dla 2000 magazynów odpowiadający bazie danych o wielkości 157 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 40vCore i 32 GB RAM Utworzono wirtualną sekwencję użytkownika 1,2,4,8,16,32,64,89,128 Wybrano 10-minutowy czas testu z rosnącym obciążeniem i czas trwania testu sekwencji 20 min/użytkownika. Test uruchomiono lokalnie na maszynie wirtualnej SUT.	Dysk wirtualny dostarczony z magazynu danych Micron 5200 eco vSAN w środowisku testowym SATA. Wybrano schemat bazy danych dla 2000 magazynów odpowiadający bazie danych o wielkości 157 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 40vCore i 32 GB RAM Utworzono wirtualną sekwencję użytkownika 1,2,4,8,16,32,64,89,128 Wybrano 10-minutowy czas testu z rosnącym obciążeniem i czas trwania testu sekwencji 20 min/użytkownika. Test uruchomiono lokalnie na maszynie wirtualnej SUT.

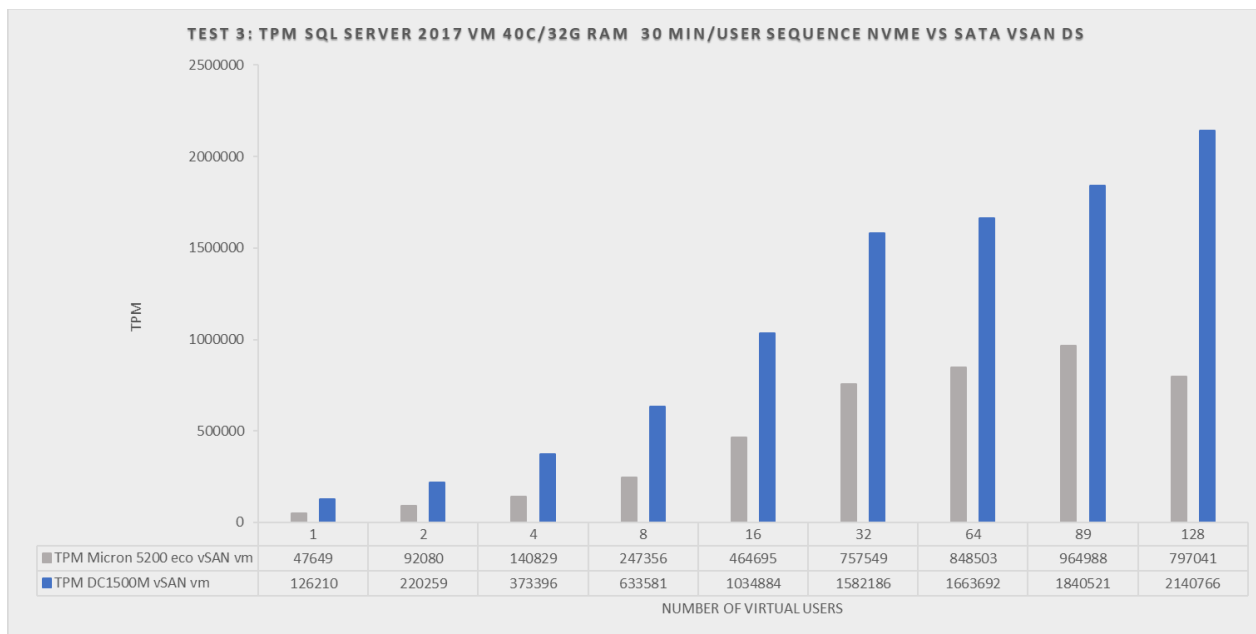
Rysunek 4.1 Test 3 - opis: Test przeciążeniowy bazy danych SQL Server 2017 z wykorzystaniem magazynu danych Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN

Ten test został zaprojektowany jako test przeciążeniowy o dłuższym czasie trwania z większym rozmiarem schematu bazy danych, aby potwierdzić nasze wcześniejsze wyniki i porównać wydajność benchmarku TPCC dla SQL Server 2017 systemu na testowej maszynie wirtualnej, gdy jest uruchamiany lokalnie na 2 różnych magazynach danych: Kingston DC1500M enterprise NVMe vSAN i Micron 5200 eco SATA SSD vSAN. Tym razem utworzyliśmy schemat o wielkości 2000 magazynów, co dało bazę danych TPCC o wielkości 157 GB. Użyliśmy 40 rdzeni wirtualnych dla każdej maszyny wirtualnej serwera SQL, aby przydzielić wystarczające zasoby procesora do wygenerowania większej liczby transakcji i nasycenia przepustowości transakcyjnej, ale przypisaliśmy tylko 32 GB pamięci RAM, aby test był związany We/Wy. Nieznacznie dostosowaliśmy sekwencję użytkowników wirtualnych, aby skalować od 1-128 użytkowników i pozwoliliśmy, aby każda sekwencja użytkowników wirtualnych działała przez znacznie dłuższy czas (20 minut z 10-minutowym czasem narastania). Dzięki temu mogliśmy zbierać dane dotyczące opóźnień dysku przez cały czas trwania testu.

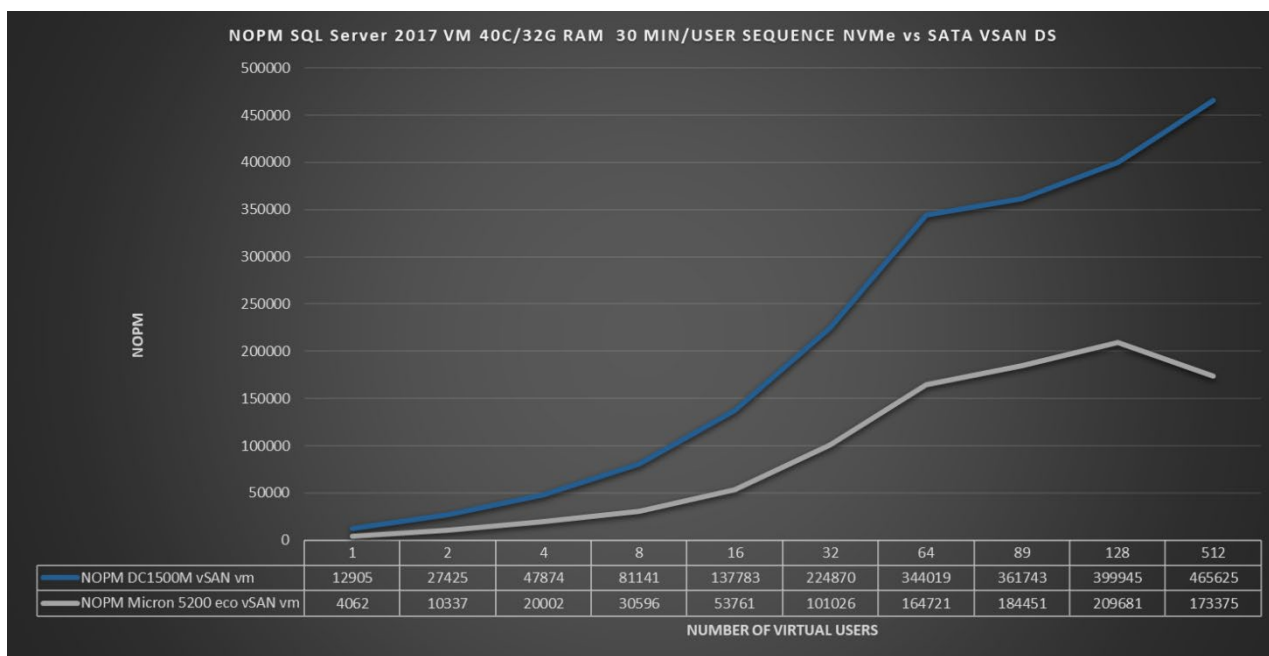
Wyniki Testu 3: Porównanie wydajności SQL Server 2017 z DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN, z większym rozmiarem schematu i dłuższym czasem trwania testu

Rysunki 4.2 i 4.3 przedstawiają liczbę transakcji na minutę (TPM) oraz nowych zleceń na minutę (NOPM) osiągniętych podczas Testów 3a i 3b. Nawet przy dłuższym czasie trwania, zarówno maszyny wirtualne SQL Server 2017 wspierane przez dyski SSD NVMe i SATA umożliwiają skalowanie wraz ze wzrostem liczby użytkowników wirtualnych do 128, ale gradient skali jest znacznie wyższy dla NVMe. Przy 89 użytkownikach uzyskaliśmy 1,84M TPM w porównaniu do 0,96TPM i 361743 NOPM w porównaniu do 184451 NOPM dla maszyny wirtualnej vSAN SQL z dyskiem SATA SSD. Jest to 200% wzrost TPM/NOPM w przypadku magazynu danych vSAN wspieranego przez DC1500M NVMe w porównaniu do maszyny wirtualnej wspieranej przez Micron 5200 eco vSAN, z tą samą liczbą rdzeni vCore i przydzielonej pamięci DRAM.

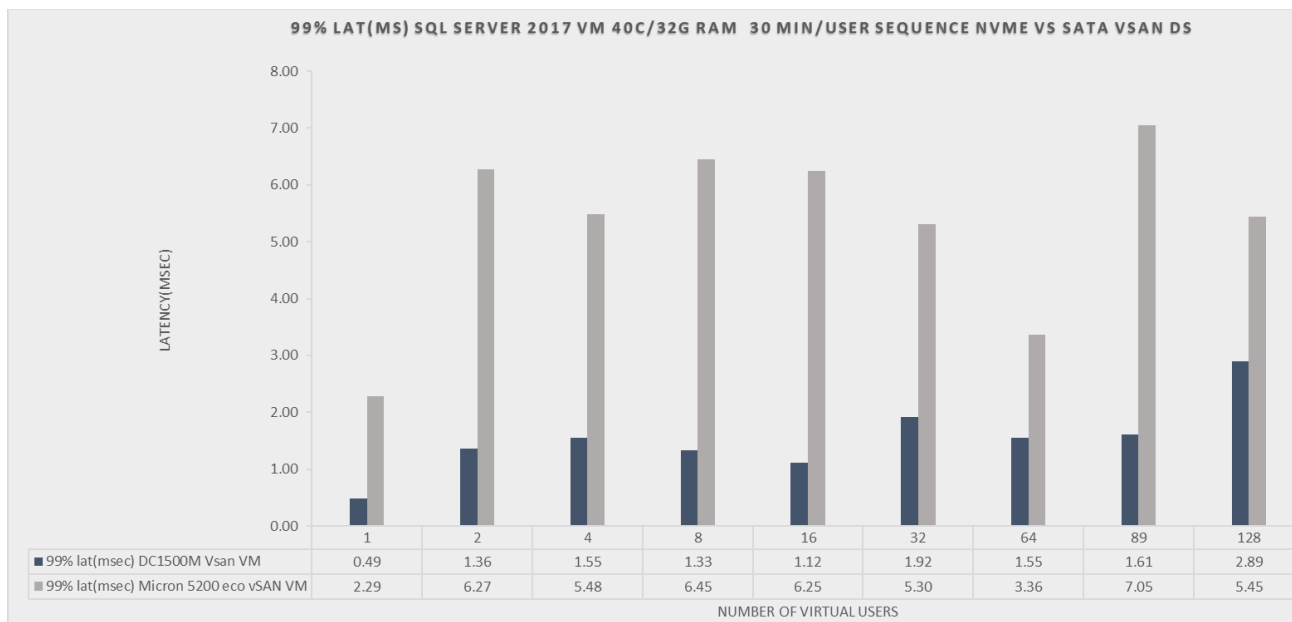
Na rysunkach 4.4 i 4.5 przedstawiono porównanie Średniej wartości opóźnienia dysków wirtualnych i 99% opóźnienia dysku wirtualnego kontra liczba użytkowników zebranych za pomocą Monitora wydajności Windows na maszynach wirtualnych vSAN z pamięcią SQL NVMe i z dyskami SSD SATA. Dla każdej sekwencji użytkowników wirtualnych, dysk wirtualny wspierany przez DC1500M umożliwia utrzymanie średniego opóźnienia <1 ms, nawet gdy liczba użytkowników była dalej skalowana. Przy 89 wirtualnych użytkownikach dysk wirtualny wspierany przez DC1500M miał średnie opóźnienie 0,92 ms / We/Wy w porównaniu z 2,36 ms / We/Wy dla dysku wirtualnego wspieranego przez dysk SSD SATA – wzrost średniego opóźnienia o 256% w porównaniu z NVMe. Bardziej interesujące jest opóźnienie QoS 99% - przy 89 użytkownikach dysk wirtualny DC1500M mógł wykonać 99% wszystkich operacji wejścia/wyjścia w czasie 1,61 ms, ale dysk wirtualny wspierany przez dysk SSD SATA wykonał 99% wszystkich operacji wejścia/wyjścia w czasie 7,05 ms - wzrost o 437% w porównaniu z NVMe. W tym miejscu widać wyraźnie różnice w opóźnieniach między dyskiem NVMe i SATA; a ponieważ DC1500M został zaprojektowany tak, aby utrzymać przewidywalne opóźnienia QoS podczas długotrwałych obciążeń OLTP, nie widzimy żadnych nagłych skoków opóźnień, nawet gdy liczba wirtualnych użytkowników wzrasta, co przekłada się na więcej równoległych żądań We/Wy w warstwie bloku. Z biznesowego punktu widzenia oznacza to, że modernizacja infrastruktury VMware z dysków SSD SATA na dyski Enterprise NVMe, takie jak DC1500M, pozwala na dramatyczne skalowanie w górę w zakresie transakcji i obniżenie opóźnień, umożliwiając równocześnie szybkie skalowanie aplikacji i obniżenie kosztów w czasie.



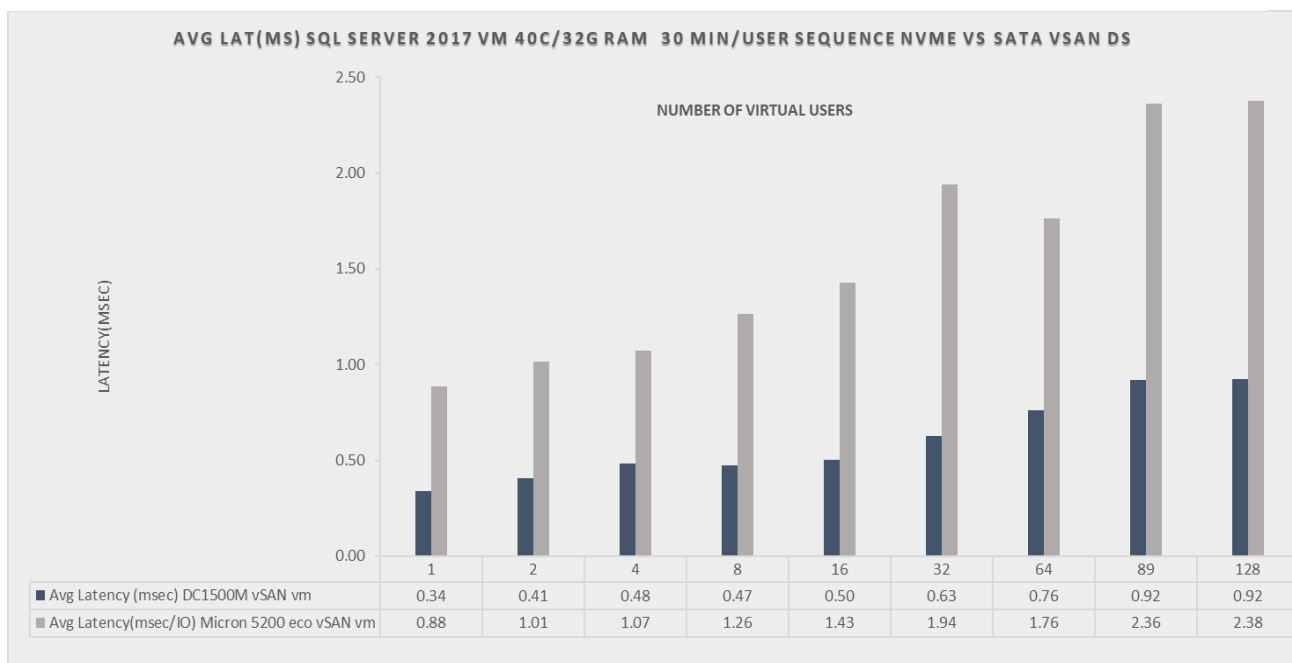
Rysunek 4.2 Test 3 Porównanie TPM w teście przeciążeniowym bazy danych SQL Server 2017 z wykorzystaniem magazynu danych Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN



Rysunek 4.3 Test 3 Porównanie TPM w teście przeciążeniowym bazy danych SQL Server 2017 z wykorzystaniem magazynu danych Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN



Rysunek 4.4 Test 3 Porównanie średniego opóźnienia (ms) w teście przeciążeniowym bazy danych SQL Server 2017 z wykorzystaniem magazynu danych Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN



Rysunek 4.5 Test 3 99. % Porównanie opóźnienia (ms) w teście przeciążeniowym bazy danych SQL Server 2017 DB bazującej na magazynie danych Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN

Test 4: Porównanie wydajności SQL Server 2017, tworzenia kopii zapasowej i przywracania, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN

- Konfiguracja magazynu danych NVMe vSAN do testu 3a: 3 DC1500M 960G FW S67F0103/grupa dysków, 4 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe NVMe vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 4a) - Konfiguracja magazynu danych SATA vSAN do testu 3b: 3 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/grupa dysków, 3 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe SATA vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 4b)	
Test 4a Opis	Test 4b Opis
Dysk wirtualny dostarczony z magazynu danych DC1500M vSAN w środowisku testowym NVMe. Utworzono schemat bazy danych dla 2000 magazynów odpowiadający bazie danych o wielkości 157 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16vCores i 32 GB RAM Uruchomiono 3 cykle skryptu wykonywania kopii zapasowej/przywracania w celu tworzenia kopii zapasowej i przywracania bazy danych TPCC oraz z zapisywaniem wskaźników wydajności przy użyciu Monitora wydajności Windows Test uruchomiono lokalnie na maszynie wirtualnej SUT.	Dysk wirtualny dostarczony z magazynu danych Micron 5200 eco vSAN w środowisku testowym SATA. Na SUT utworzono schemat bazy danych dla 1200 magazynów odpowiadającemu bazie danych w rozmiarze 157 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16 rdzeni vCore i 32 GB RAM Uruchomiono 3 cykle skryptu wykonywania kopii zapasowej/przywracania w celu tworzenia kopii zapasowej i przywracania bazy danych TPCC oraz z zapisywaniem wskaźników wydajności przy użyciu Monitora wydajności Windows Test uruchomiono lokalnie na maszynie wirtualnej SUT.

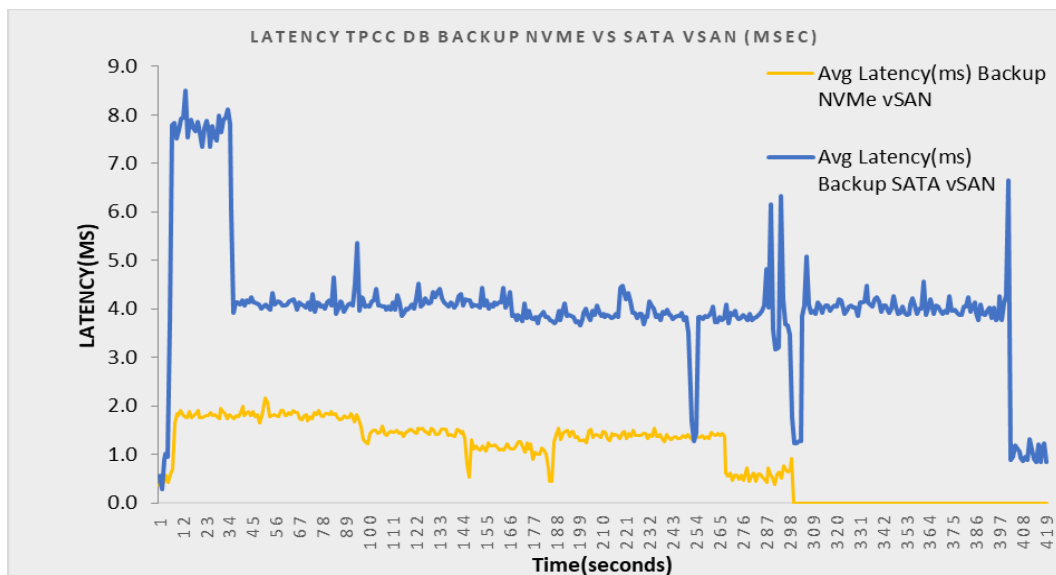
Rysunek 5.1 Test 4 – opis: Porównanie wykonywania kopii zapasowej/przywracania SQL Server 2017 z magazynem danych Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN

Operacje wykonywania kopii zapasowej i przywracania bazy danych SQL to dobry sposób pomiaru przepływności i opóźnienia podstawowego dysku wirtualnego. Naszym zamiarem było ustalenie linii bazowej dla wskaźników przepływności i opóźnienia z pojedynczej maszyny wirtualnej vSAN wspieranej przez NVMe i SATA poprzez przechwycenie wskaźników dysku wirtualnego za pomocą Monitora wydajności Windows przy uruchamianiu operacji tworzenia kopii zapasowej/przywracania TPC-C.

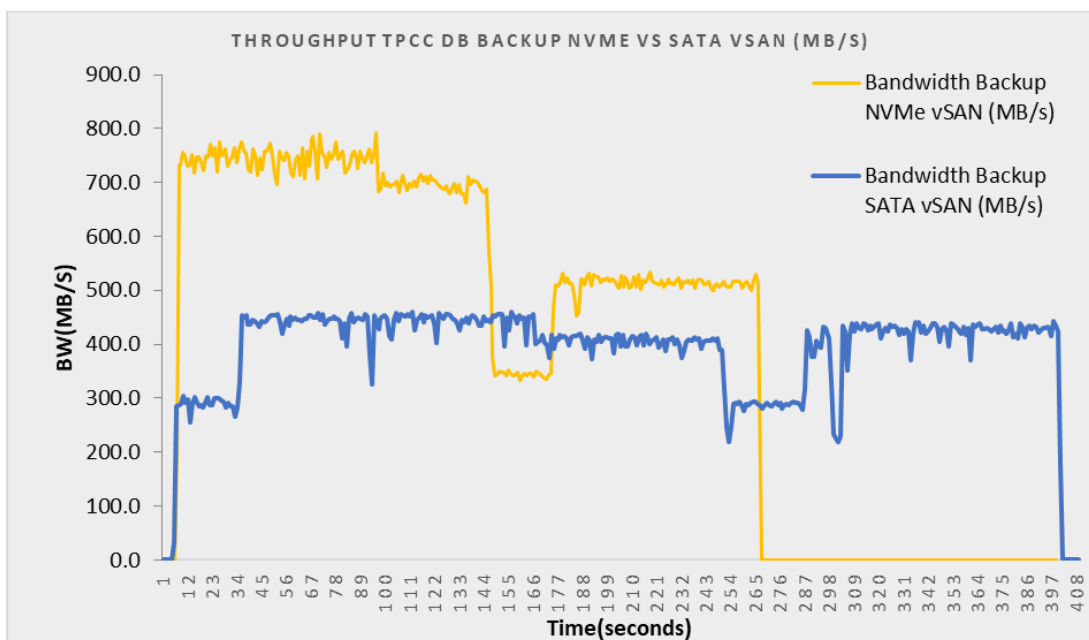
Test 4: Wyniki: Porównanie wydajności SQL Server 2017, wydajności tworzenia kopii zapasowych i przywracania, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN

Rysunek 5.2-5.4 przedstawia przepływność i opóźnienie sekunda po sekundzie zebrane przez nasz skrypt Monitora wydajności systemu Windows dla jednego z cykli tworzenia kopii zapasowej/przywracania danych w testach 4a) i 4b). Maszyna wirtualna z SQL Server wspierana przez magazyn danych DC1500M NVMe vSAN wykonała operację tworzenia kopii zapasowej bazy danych TPCC w 265 sekund, osiągając średnią przepływność 593 MB/s i średnie opóźnienie 1,46ms/ We/Wy. Operacja przywracania bazy danych TPCC została ukończona w 129 sekund, ze średnią przepustowością 1,4 GB/s i średnim opóźnieniem 2,65 ms / We/Wy. W porównaniu powyższego z maszyną wirtualną wspieraną przez Micron 5200 eco vSAN, operacja tworzenia kopii zapasowej została wykonana 1,5x szybciej, a operacja przywracania 2,15x szybciej na maszynie wirtualnej SQL z dyskiem NVMe vSAN.

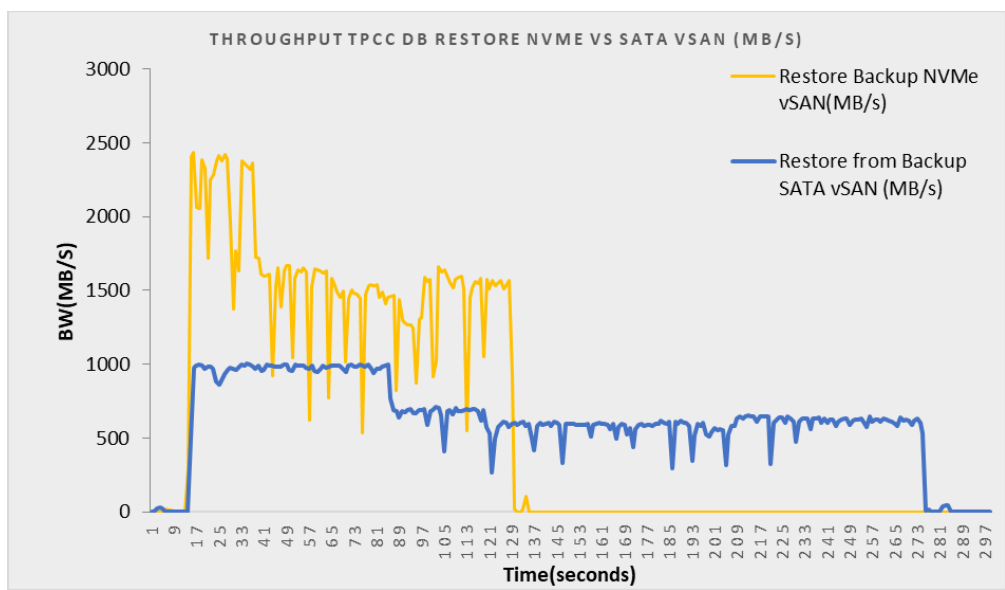
Typowo operacje tworzenia kopii zapasowej i przywracania przeprowadza się po godzinach pracy, aby uniknąć wpływu na produkcyjne maszyny wirtualne. Jednakże nie jest to regułą. Jeśli operacje tworzenia kopii zapasowych SQL lub przywracania danych są wykonywane w godzinach szczytu działalności, to chcesz, aby zakończyły się tak szybko, jak to możliwe, aby uniknąć wpływu opóźnień na użytkowników wykonujących transakcje na aplikacji warstwy 1 współdzielącej ten sam magazyn danych vSAN. Migracja baz danych SQL do magazynów danych vSAN z obsługą NVMe pozwala złagodzić ten wpływ. Nawet jeśli operacje tworzenia kopii zapasowej/przywracania jest wykonywana po godzinach, to ich szybsze wykonywanie oznacza mniej przestojów w przypadku baz danych warstwy 1 ze współdzieleniem tych samych zasobów.



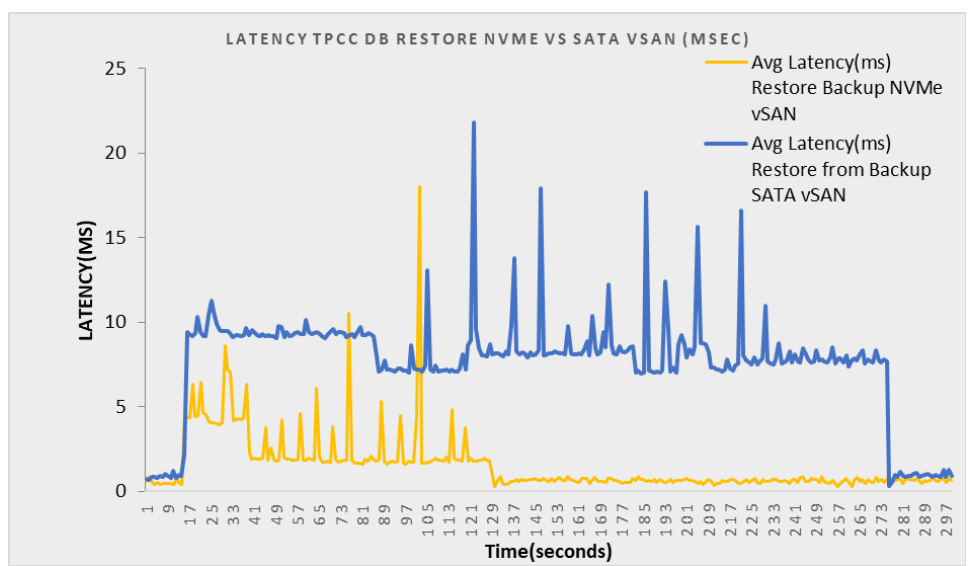
Rysunek 5.2 Porównanie przepływności bazy danych SQL Server 2017 TPCC Backup Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN (MB/s)



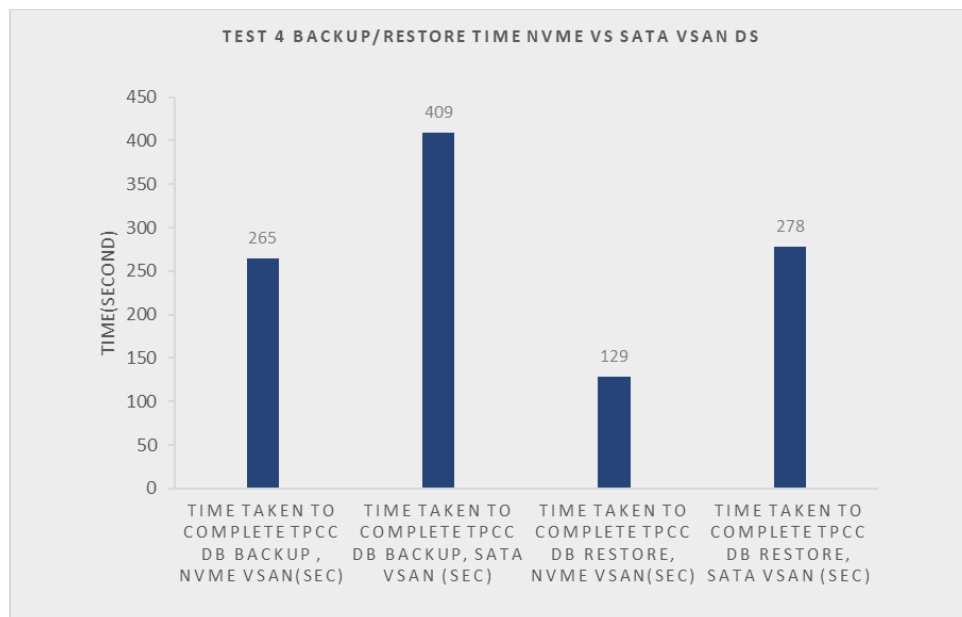
Rysunek 5.3 Porównanie średniego opóźnienia (ms) tworzenia kopii zapasowej bazy danych SQL Server 2017 TPCC Backup Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN



Rysunek 5.4 Porównanie przepływności przywracania bazy danych SQL Server 2017 TPCC Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN (MB/s)



Rysunek 5.5 Porównanie opóźnienia (ms) przywracania bazy danych SQL Server 2017 TPCC Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN



Rysunek 5.6 Czas potrzebny na wykonanie operacji tworzenia kopii zapasowej/przywracania bazy danych SQL Server 2017 TPCC Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN (s)

Test 5: Porównanie wydajności SQL Server 2017, test Noisy Neighbor, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN

- Konfiguracja magazynu danych NVMe vSAN do testu 3a: 3 DC1500M 960G FW S67F0103/grupa dysków, 4 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe NVMe vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 5a) - Konfiguracja magazynu danych SATA vSAN do testu 3b: 3 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/grupa dysków, 3 grupy dysków ogółem (1 na serwer), środowisko testowe SATA vSAN. SQL Server 2017 z systemem operacyjnym gościa Server 2019 Datacenter. (Test 5b)			
Test 5a - opis	Test 5b - opis	Test 5c - opis	Test 5d - opis
Dysk wirtualny na maszynie wirtualnej dostarczony z magazynu danych DC1500M vSAN w środowisku testowym NVMe. Na SUT utworzono schemat bazy danych 1200 magazynów odpowiadający bazie danych w rozmiarze 100 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16 rdzeni vCore i 32 GB RAM SUT poddawany testowi został sklonowany 11 razy i zostały przypisane 3 maszyny wirtualne/serwery fizyczne SUT (ogółem 12 maszyn wirtualnych SUT) Konfiguracja testu zakładała obsługę 89 użytkowników wirtualnych przy użyciu z 30-minutowym czasem narastania obciążenia i czas trwania 300 min na każdej maszynie wirtualnej SUT Test został uruchomiony równolegle na wszystkich 12 maszynach wirtualnych SUT	Dysk wirtualny SQL 2017 dostarczony z magazynu danych Micron 5200 eco vSAN w środowisku testowym SATA. Na SUT utworzono schemat bazy danych 1200 magazynów odpowiadający bazie danych w rozmiarze 100 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16 rdzeni vCore i 32 GB RAM Testowany SUT został sklonowany 8 razy i zostały przypisane 3 maszyny wirtualne/serwery fizyczne SUT (ogółem 9 maszyn wirtualnych SUT) Konfiguracja testu zakładała obsługę 89 użytkowników wirtualnych przy użyciu z 30-minutowym czasem narastania obciążenia i czas trwania 300 min na każdej maszynie wirtualnej SUT Test został uruchomiony równolegle na wszystkich 9 maszynach wirtualnych SUT	Dysk wirtualny na maszynie wirtualnej dostarczony z magazynu danych DC1500M vSAN w środowisku testowym NVMe. Na SUT utworzono schemat bazy danych 1200 magazynów odpowiadający bazie danych w rozmiarze 100 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16 rdzeni vCore i 32 GB RAM Testowany SUT został sklonowany 11 razy, a do uruchomienia obciążenia HDB przydzielono 2 maszyny wirtualne/serwer fizyczny (łącznie 8 maszyn wirtualnych SUT). Test skonfigurowano na uruchomienie 89 Użytkowników wirtualnych przy użyciu Na każdą maszynę wirtualną SUT wybrano 30-minutowy czas narastania i czas trwania testu 300 minut. 1 maszyna wirtualna/serwer fizyczny dysponował schematem TPCC o rozmiarze 1200 magazynów (100 GB), a skrypt kopii zapasowych był uruchamiany co 100 sekund (ogółem 4 maszyny wirtualne) z obciążeniem roboczym działającym na innych maszynach wirtualnych SUT przez 10 cykli 8 maszyn wirtualnych SUT, na których działa obciążenie HDB; 4 maszyny wirtualne, na których działa skrypt kopii zapasowej. Test uruchomiono równolegle na wszystkich 12 maszynach wirtualnych	Dysk wirtualny na maszynie wirtualnej SQL 2017 dostarczony z magazynu danych Micron 5200 eco vSAN w środowisku testowym SATA. Na SUT utworzono schemat bazy danych 1200 magazynów odpowiadający bazie danych w rozmiarze 100 GB. Do maszyny wirtualnej systemu poddawanemu testowi (SUT) przypisano 16 rdzeni vCore i 32 GB RAM Testowany SUT został sklonowany 8 razy, a do uruchomienia obciążenia HDB przydzielono 2 maszyny wirtualne/serwer fizyczny (łącznie 6 maszyn wirtualnych SUT). Test skonfigurowano na uruchomienie 89 Użytkowników wirtualnych przy użyciu Na każdą maszynę wirtualną SUT wybrano 30-minutowy czas narastania i czas trwania testu 300 minut. 1 maszyna wirtualna/serwer fizyczny dysponował schematem TPCC o rozmiarze 1200 magazynów (100 GB), a skrypt kopii zapasowych był uruchamiany co 100 sekund (ogółem 4 maszyny wirtualne) z obciążeniem roboczym działającym na maszynie wirtualnej SUT 6 maszyn wirtualnych SUT, na których działa obciążenie HDB; 3 maszyny wirtualne, na których działa skrypt kopii zapasowej. Test uruchomiono równolegle na wszystkich 9 maszynach wirtualnych

Rysunek 6.1 Test 5 – opis: Test realistyczny SQL Server 2017 Noisy Neighbor na Micron 5200 eco SATA i DC1500M NVMe SSD vSAN

Naszym celem w tym teście było zasymulowanie realistycznego scenariusza, w którym niemożliwe do pogodzenia obciążenia (w tym przypadku używamy operacji wykonywania kopii zapasowej bazy danych TPCC) na maszynach wirtualnych, które współdzielą ten sam magazyn danych vSAN, co maszyny wirtualne serwera SQL pracujące z obciążeniami produkcyjnymi (w tym eksperymencie benchmark TPCC działa jako obciążenie produkcyjne) i ocena ogólnego wpływu wydajności poprzez ocenę wyników benchmarku TPCC i analizę kluczowych wskaźników pamięci masowej, zebranych z Monitora wydajności Windows i monitora wydajności vSAN.

W testach 5a) i 5b) ustanawiamy punkt odniesienia poprzez równoległe uruchomienie benchmarku TPCC na wszystkich maszynach wirtualnych, bez wykonywania operacji tworzenia kopii zapasowej. Używamy 3 maszyn wirtualnych SQL na serwer fizyczny do uruchomienia zarówno na klastrach vSAN NVMe, jak i SATA, co daje łącznie 12 maszyn wirtualnych SUT dla NVMe i 9 maszyn wirtualnych SUT dla SATA. Nasz rozmiar schematu do tego testu obejmował 1200 magazynów, co przekłada się na rozmiar bazy danych TPC-C ok. 100 GB; ponadto uruchomiliśmy obciążenie robocze TPCC z 89 użytkownikami na 300 minut i 30-minutowy czas narastania.

W teście 5c) i 5d) przywrócono bazę danych TPC-C na wszystkich maszynach wirtualnych SUT. Następnie uruchomiliśmy skrypt wykonujący 10 cykli backupu bazy danych TPC-C na 4 maszynach wirtualnych dla klastra NVMe i 3 maszynach wirtualnych dla klastra SATA, jednocześnie uruchamiając ten sam benchmark TPC-C na pozostałych maszynach wirtualnych SUT. Oznacza to, że na klastrze NVMe vSAN 8 maszyn wirtualnych wykonywało równoległe obciążenie TPC-C i 4 maszyny wirtualne wykonywały obciążenie związane z tworzeniem kopii zapasowej. Tymczasem na klastrze SATA vSAN 6 maszyn wirtualnych wykonywało równoległe obciążenie TPC-C i 3 maszyny wirtualne wykonywały obciążenie TPC-C związane z kopią zapasową bazy danych.

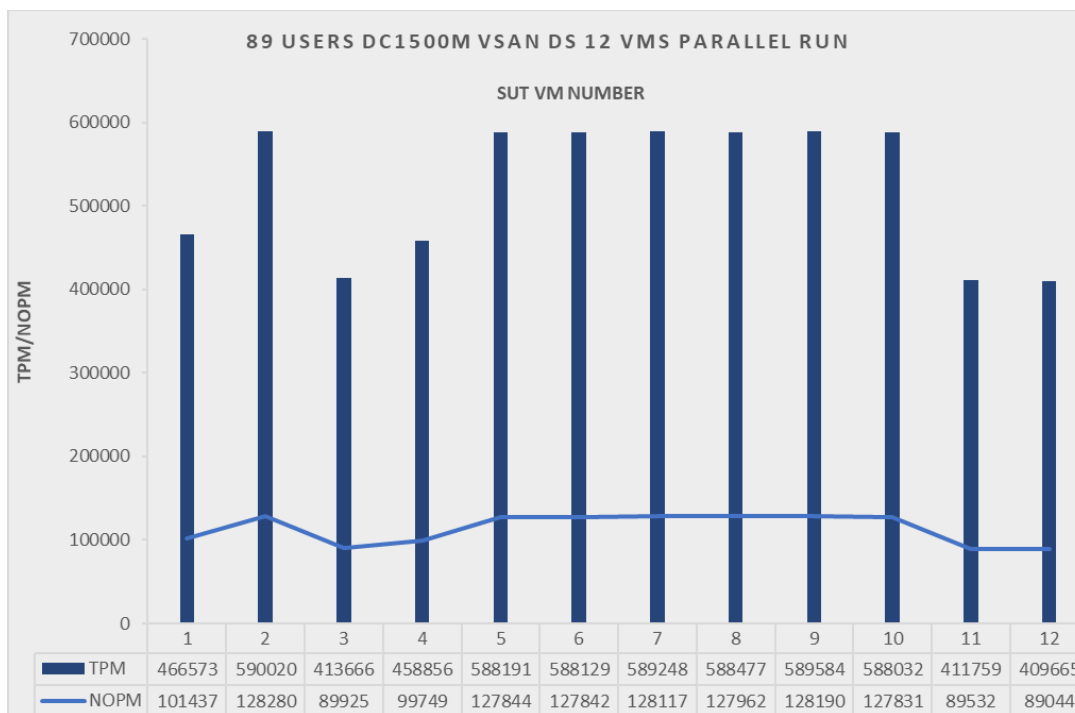
Test 5 – wyniki: Porównanie wydajności SQL Server 2017, test Noisy Neighbor, DC1500M NVMe kontra Micron 5200 eco SATA vSAN

Rysunki 6.2 i 6.3 przedstawiają liczbę transakcji na minutę (TPM) oraz nowych zleceń na minutę (NOPM) osiągniętych podczas Testów 5a i 5b. Przy 89 wirtualnych użytkownikach uruchomionych na każdej z 12 maszyn wirtualnych serwera SQL wspieranych przez DC1500M NVMe, mogliśmy osiągnąć średnio 523,516 TPM i średni NOPM 113,812 na maszynę wirtualną, w porównaniu ze średnią 269,320 TPM i 58544 NOPM na maszynę wirtualną z 9 maszynami wirtualnymi SQL wspieranymi przez klaster Micron 5200 eco SATA. Patrząc na wskaźniki IOPS i opóźnienia zebrane z monitora wydajności vSAN (rysunek 6.4 i 6.5 poniżej), wynikowe We/Wy na warstwie blokowej przełożyło się na 120 000 IOPS odczytu, 60 000 IOPS zapisu na klastrze NVMe, z opóźnieniem 800 µs dla operacji odczytu/zapisu, oraz 50 000 odczytu/20 000 zapisu na klastrze SATA vSAN, z opóźnieniem odczytu średnio 3,8 ms i latencją zapisu średnio 5,5 ms. To ponownie podkreśla różnicę w wydajności między NVMe a SATA i pokazuje zdolność dysku wirtualnego DC1500M wspieranego przez NVMe do absorbowania równoległych żądań i przetwarzania ich w znacznie szybszym opóźnieniu w obie strony.

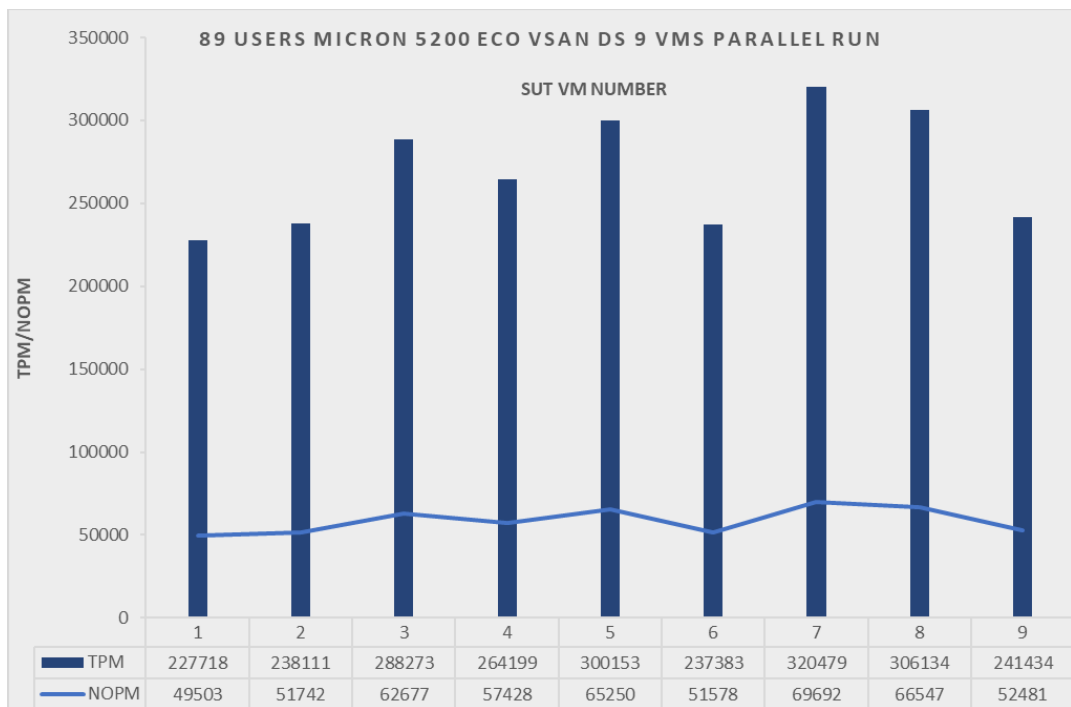
Rysunki 6.5 i 6.6 przedstawiają liczbę transakcji na minutę (TPM) oraz nowych zleceń na minutę (NOPM) osiągniętych podczas Testów 5c i 5d. Przy 89 wirtualnych użytkownikach uruchomionych na każdym z 8 maszyn wirtualnych serwera SQL wspartych na magazynie danych DC1500M NVMe vSAN, podczas gdy kopie zapasowe maszyn wirtualnych były wyzwalane równoległe na 4 maszynach wirtualnych, mogliśmy osiągnąć średnio 575 933 TPM i średni NOPM na poziomie 125, 206, w porównaniu ze średnią 351,258 TPM i 76355 NOPM przy 6 maszynach wirtualnych SQL uruchamiających obciążenie TPCC, podczas gdy kopie zapasowe maszyn wirtualnych były wyzwalane równoległe na 3 maszynach wirtualnych na SQL vSAN SATA wspieranych przez Micron 5200 eco SATA. Aby uzyskać pełną historię, musimy przeanalizować opóźnienia i wskaźniki pamięci masowej zarówno z klastra SATA, jak i NVMe vSAN, a także przyjrzeć się, jak szybko ukończono wykonywanie kopii zapasowych na obu klastrach.

Rysunki 6.8 i 6.9 przedstawiają wskaźniki vSAN IOPS i opóźnienia zebrane z klastra NVMe i SATA przy użyciu Monitora wydajności vSAN dla testów 5c i 5d. Skrypt tworzenia kopii zapasowej skonfigurowano na uruchamianie co 100 sekund przez 10 cykli. Możemy zobaczyć, jaki wpływ mają wyzwalane kopie zapasowe maszyn wirtualnych na IOPS oraz opóźnienia odczytu i zapisu zarówno w klastrze NVMe, jak i SATA vSAN. Jednakże wpływ na opóźnienie zmienia się. Maksymalne opóźnienie odczytu/zapisu We/W w klastrze NVMe wzrosła do 4 ms/ We/Wy, utrzymując średnio 2,5 ms/ We/Wy dla operacji odczytu/zapisu, podczas gdy SATA vSAN wzrosła do 9 ms / We/Wy i utrzymywała średnio 7,3 ms / We/Wy dla odczytu i 4,9 ms / We/Wy dla zapisu We/Wy. Jest to opóźnienie, które użytkownik końcowy odczuje, gdy będzie próbował złożyć zamówienie, zaktualizować swój koszyk lub obejrzeć produkty z innych magazynów.

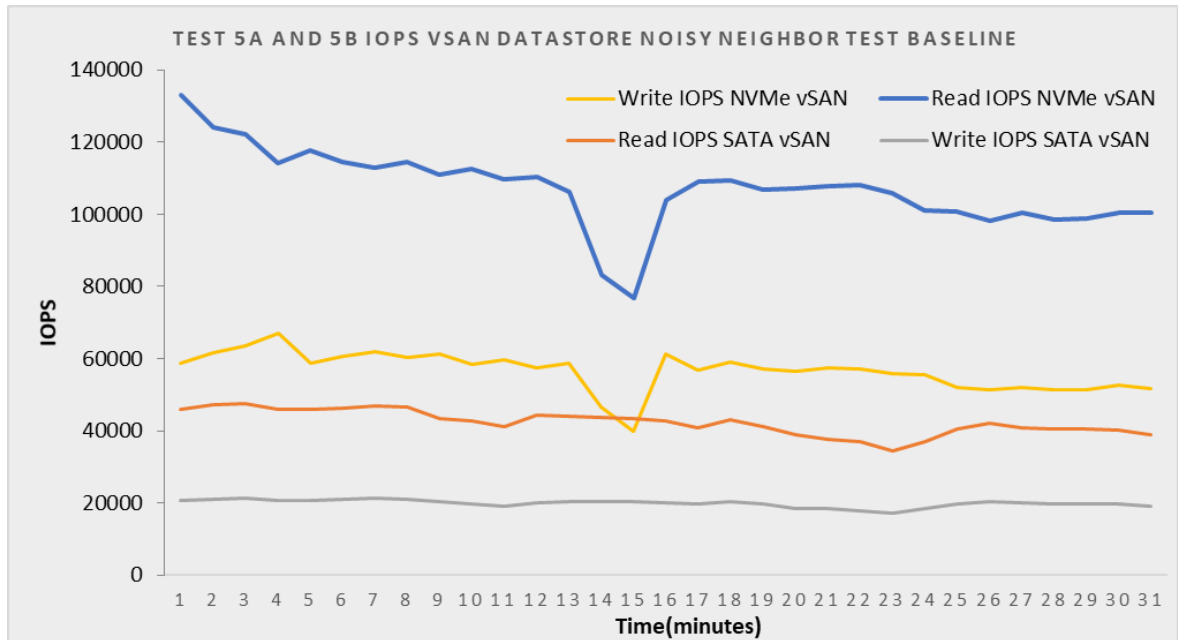
Rysunek 6.11 przedstawia czas potrzebny na ukończenie cykli tworzenia kopii zapasowych na jednej z maszyn wirtualnych wspieranych przez SQL Server DC1500M vSAN oraz jedną VM Micron 5200 eco vSAN z SQL, z wyłączeniem czasu oczekiwania pomiędzy cyklami tworzenia kopii zapasowych. Wykonanie 10 kopii zapasowych zajęło 73 minuty - średnio 7 min/kopię zapasową maszyny wirtualnej SQL Server NVMe vSAN oraz 122,15 minuty do wykonania 10 kopii zapasowych dla maszyny wirtualnej SQL Server SATA SSD wspieranej przez vSAN średnio 12 minut/kopię zapasową. Maszyna wirtualna wspierana przez DC1500M vSAN ukończyła cykle tworzenia kopii zapasowej 1,67x szybciej niż VM wspierana przez Micron 5200 eco vSAN. Jest to empiryczny dowód na to, że modernizacja infrastruktury VMware do magazynów danych opartych na DC1500M NVMe pomaga złagodzić problem Noisy Neighbor, pozwalając na znacznie szybsze wykonywanie niechcianych operacji, takich jak kopie zapasowe baz danych, a dzięki ogromnym możliwościom w zakresie opóźnień i przepustowości, NVMe może złagodzić wpływ opóźnień, jaki te obciążenia wywierają na aplikacje warstwy 1.



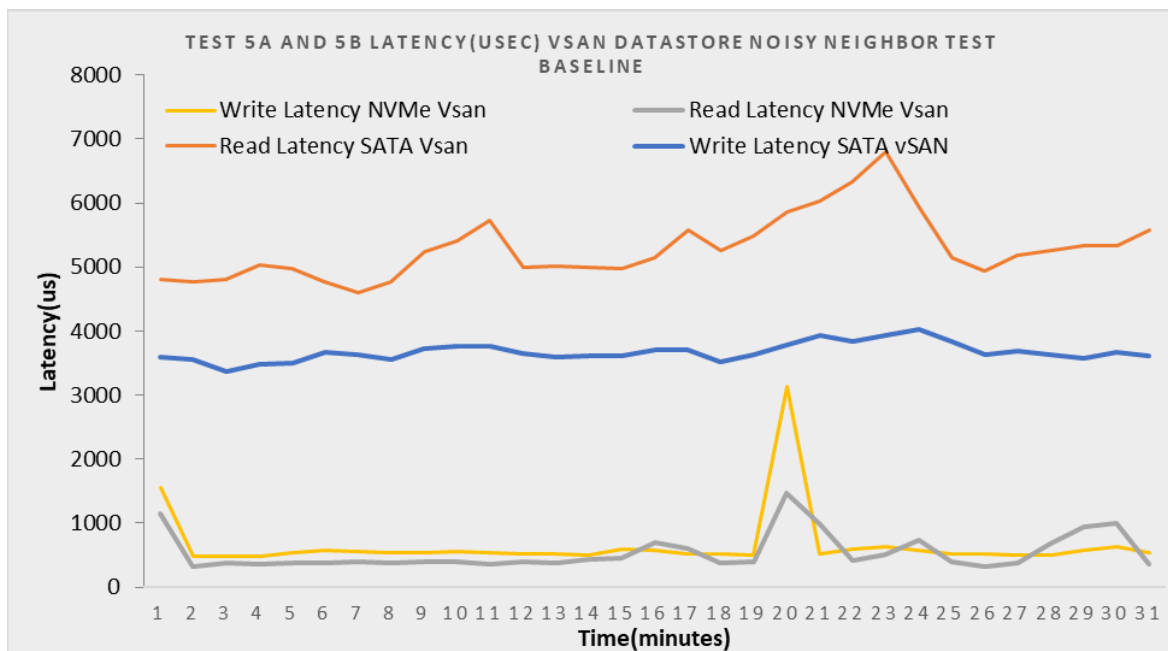
Rysunek 6.2 Test 5a Wartość TPM SQL Server 2017 300 min 12 VM działających równolegle, 89 użytkowników wirtualnych, magazyn danych SSD DC1500M NVMe vSAN



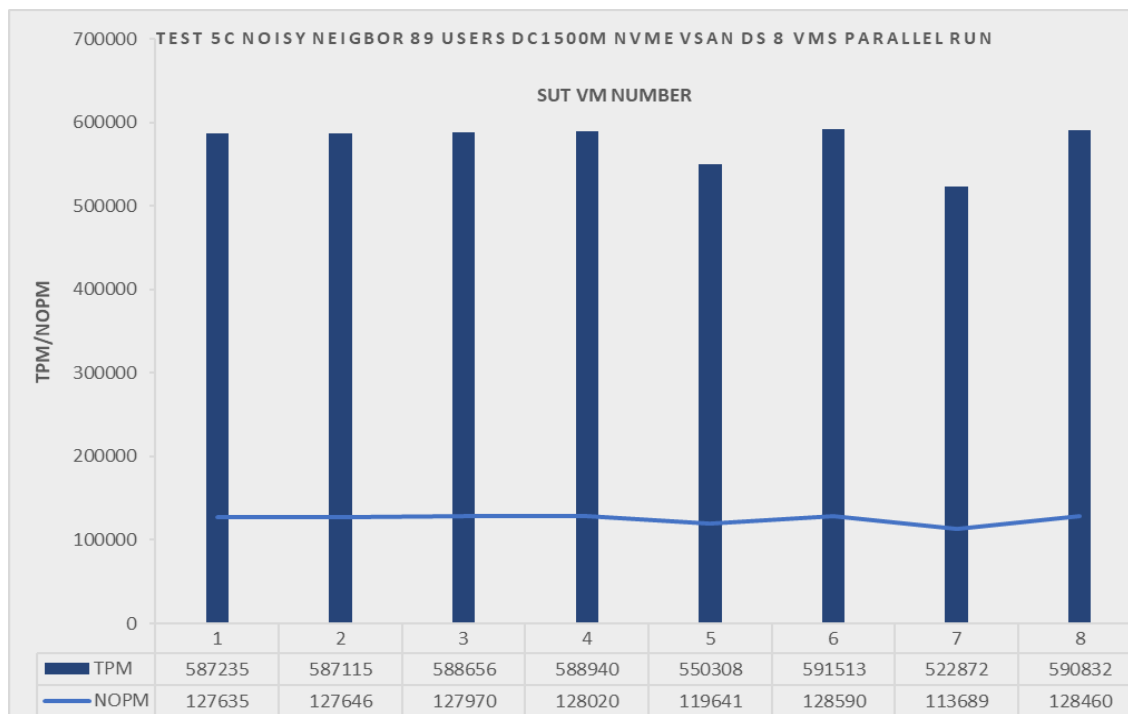
Rysunek 6.3 Test 5b Wartość TPM SQL Server 2017 300 min 12 VM działających równoległe, 89 użytkowników wirtualnych, magazyn danych SSD DC1500M NVMe vSAN



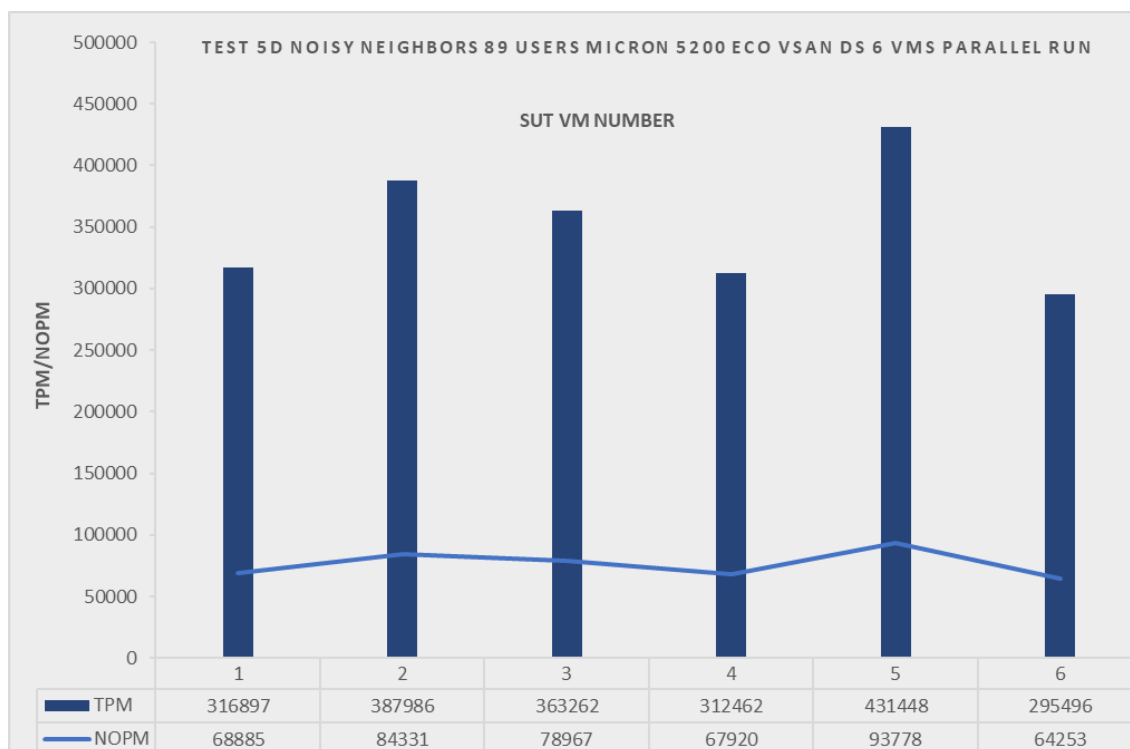
Rysunek 6.4 Test 5a i 5b Noisy Neighbor IOPS, magazyn danych DC1500M NVMe i Micron 5200 eco vSAN



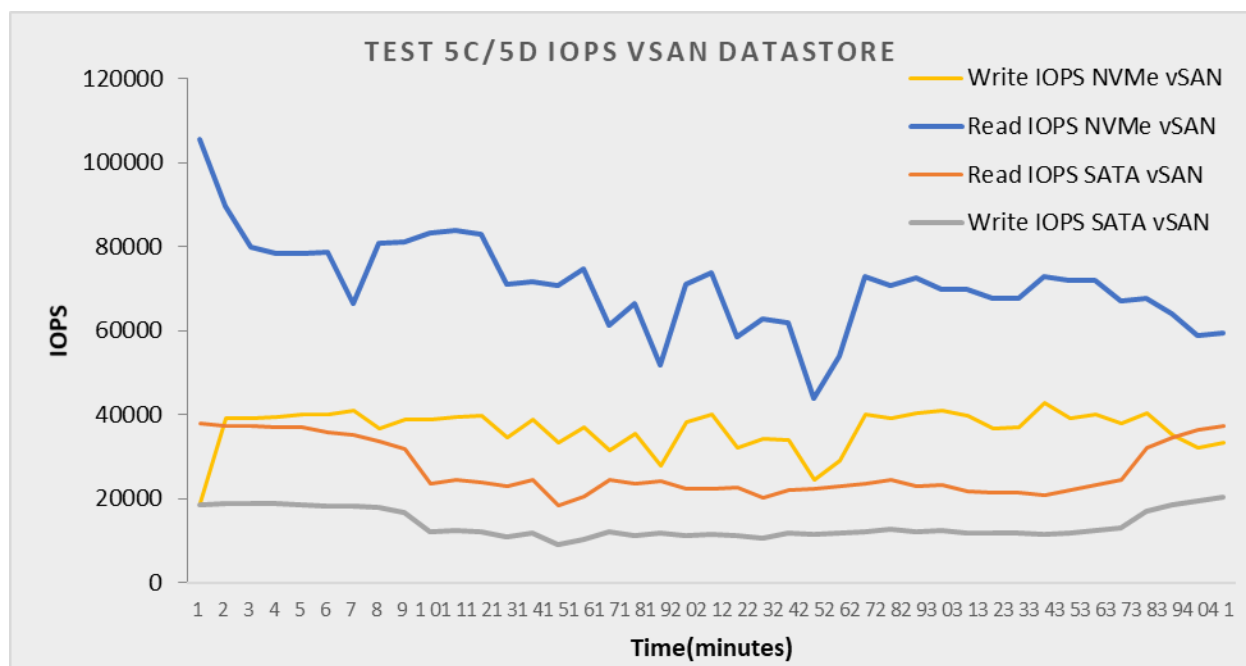
Rysunek 6.5 Test 5a i 5b opóźnienie Noisy Neighbor, magazyn danych DC1500M NVMe i Micron 5200 eco vSAN



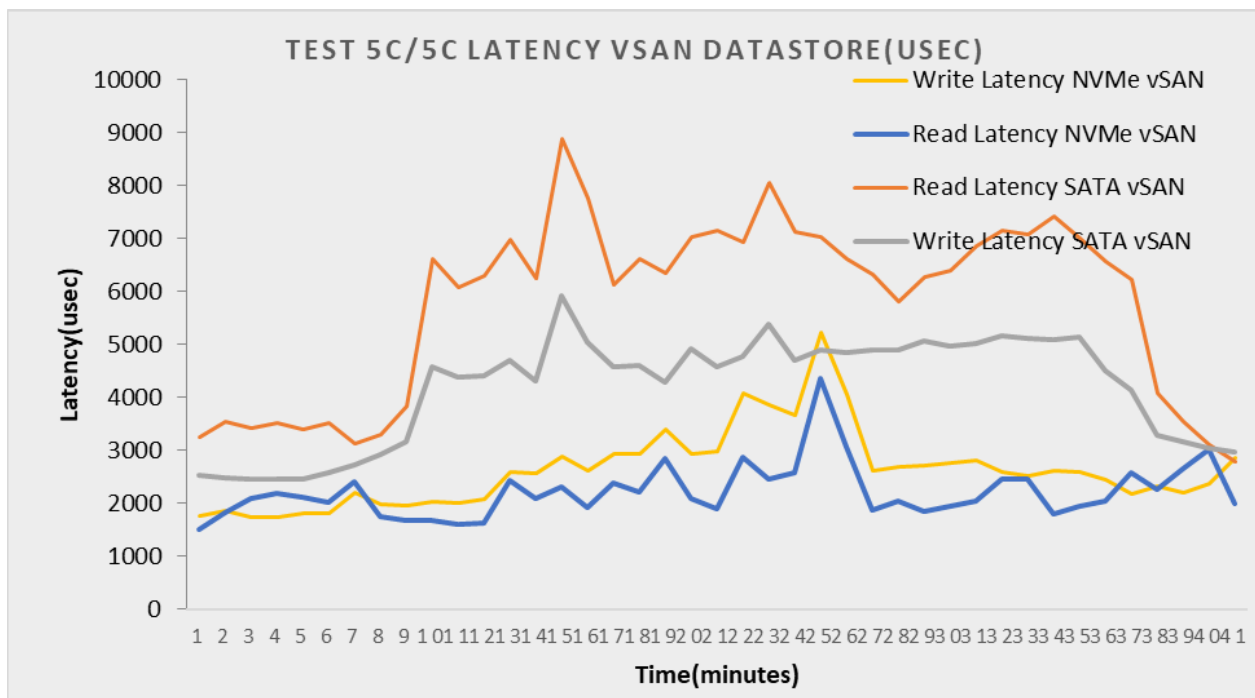
Rysunek 6.6 Test 5c Wartość TPM, wdrożenie Noisy Neighbor 8 VM działających równolegle, magazyn danych DC1500M NVMe vSAN



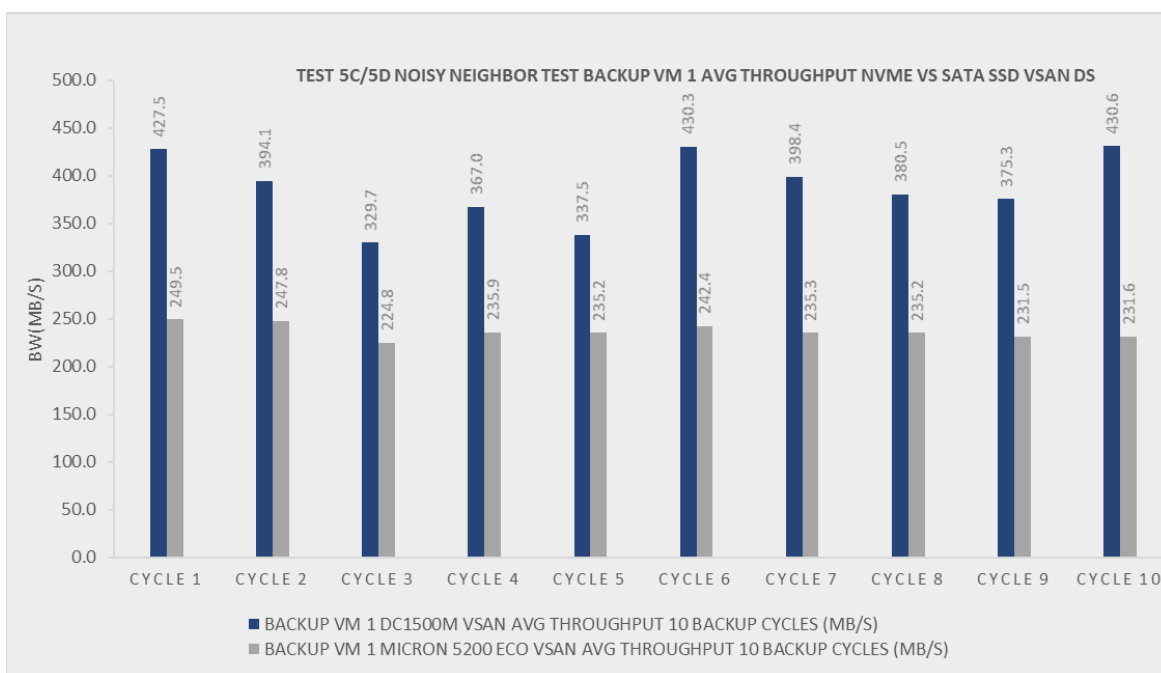
Rysunek 6.7 Test 5D Wartość TPM, wdrożenie Noisy Neighbor z 6 VM działających równolegle, magazyn danych Micron 5200 eco vSAN



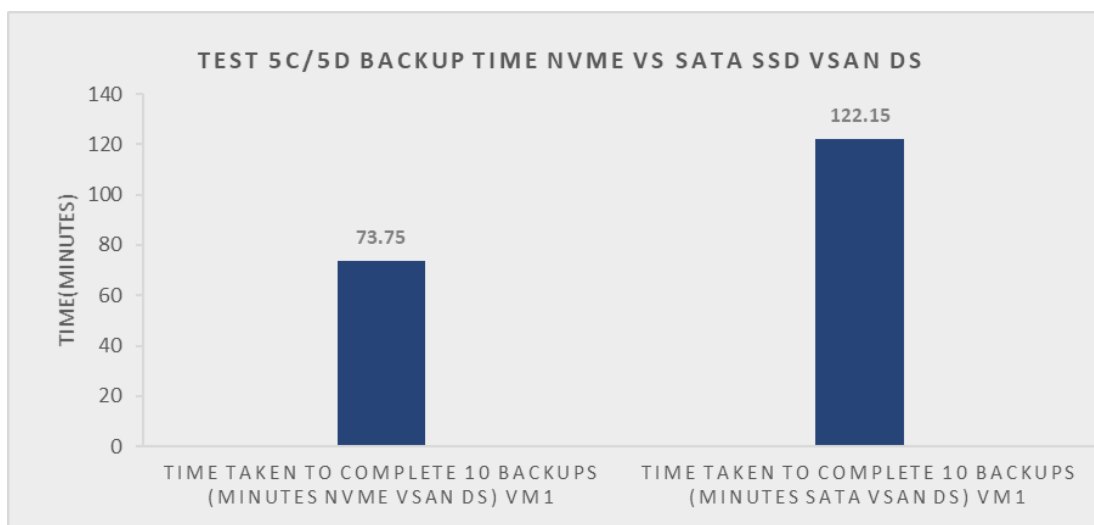
Rysunek 6.8 Test 5C/5D IOPS, wdrożenie Noisy Neighbor NVMe kontra SATA SSD vSAN



Rysunek 6.9 Test 5C/5D Opóźnienie, wdrożenie Noisy Neighbor NVMe kontra SATA SSD vSAN



Rysunek 6.10 Test 5C/5D Przepływność kopii zapasowej VM, wdrożenie Noisy Neighbor NVMe kontra SATA SSD vSAN



Rysunek 6.11 Test 5C/5D Kopia zapasowa VM Czas potrzebny na wykonanie kopii zapasowej, 10 cykli wdrożenia Noisy Neighbor NVMe kontra SATA SSD vSAN

Podsumowanie

W tej białej księdze pokazaliśmy, jak konsolidacja obciążeń baz danych na NVMe może pomóc zmaksymalizować parametry istniejącego sprzętu, ze względu na jego niesamowitą wydajność i prawie 0 czasów oczekiwania We/Wy, co pozwala na wykorzystanie mniejszej liczby rdzeni procesora do osiągnięcia tej samej przepustowości transakcyjnej. Przedstawiliśmy kilka porównań z dyskami SATA SSD klasy korporacyjnej i pokazaliśmy, że migrując obciążenia SQL do magazynu danych ze wsparciem NVMe, można pozwolić aplikacjom na skalowanie w miarę podwajania przepustowości transakcji przy jednoczesnym zapewnieniu opóźnień na poziomie poniżej ms. Następnie pokazaliśmy, jak dyski NVMe mogą pomóc złagodzić wpływ na aplikacje warstwy 1, umożliwiając szybsze wykonywanie niepożądanych obciążeń, takich jak operacje tworzenia i przywracania kopii zapasowych baz danych.

Dyski SSD NVMe Kingston klasy korporacyjnej [DC1500M](#) w połączeniu z pamięcią serwerową Kingston (Server Premier) stanowią doskonałe rozwiązanie dla użytkowników poszukujących możliwości wirtualizacji infrastruktury swojej bazy danych i maksymalizacji wydajności obciążeń.

Odwiedź stronę <https://www.kingston.com/en/solutions/servers-data-centers>, aby dowiedzieć się więcej na temat rozwiązań Kingston do centrów danych

Źródła informacji

HammerDB. (nie określono). *Zrozumienie obciążenia TPCC*. Pobrane z <https://www.hammerdb.com/docs3.3/ch03s05.html>

TPCC home. (nie określono). Pobrane z <https://www.tpc.org/>