

Kapacitetsforøgelse på M1/M2

Jørgen Østergaard, joe@m.dk
Teamchef, Metroselskabet

Abstrakt

Passagertallet på metroens M1 og M2-linjer stiger betydeligt, hvilket skaber behov for øget kapacitet. Metroselskabet igangsatte i 2017 et investeringsprogram for at øge kapaciteten med minimum 35 % i myldretiden, blandt andet ved at tilføje 8 nye tog til den samlede flåde. Over 2022-2023 gennemførte Metroselskabet i samarbejde med driftsleverandøren Metro Service et omfattende testprogram for at optimere køreplaner og sikre driftens robusthed med flere tog i myldretiden.

Baggrund

De fleste rejsende på metrolinjerne M1 og M2, har oplevet det. Trængsel og fyldte tog. Måske endda prøvet ikke at komme med toget. De sidste 10 år er passagertallet på M1 og M2, der betjener strækningerne Vanløse-Vestamager og Vanløse-Københavns Lufthavn, steget med 27 pct. til knap 71 mio. passagerer i 2024. Trods epidemi og hjemmearbejde.

Flere passagerer kræver mere kapacitet. I 2017 igangsatte Metroselskabet et investeringsprogram på M1/M2, der skal øge kapaciteten med minimum 35 pct. i myldretiden. Størstedelen af kapacitetsforøgelsen opnås ved at køre flere afgange, hvilket kræver flere tog. Metroselskabet har derfor indkøbt 8 nye tog, så togflåden på M1/M2 er udvidet til 42 tog.

Denne artikels formål er at give læseren indblik i forudsætningerne for at kunne øge kapaciteten på M1/M2. Vi starter i Vanløse.

Flaskehalsen i Vanløse

Den primære flaskehals i driften på M1/M2 er ved Vanløse. Her skal alle tog vende med to perronspor til rådighed. For at forbedre trafikafviklingen har Metroselskabet som et led i investeringsprogrammet etableret et såkaldt bypass, der giver en ekstra togvej ind til spor 2 på Vanløse st. Brugen af bypass er et helt afgørende element i at sikre en smidig drift med flere tog myldretiden.

Natten mellem den 18. og 19. december 2022 er der spænding i kontrolrummet på Metrovej. Mens passagererne må benytte togbusser, sender driftsleverandøren Metro Service 36 tog ud på M1/M2. Fem tog mere end den daværende myldretidsdrift med 31 tog. Den første performancetest er i gang.

Over det næste år frem til december 2023 gennemføres 11 performancetest uden passagerer. Testene gennemføres på nætter mellem søndag og mandag, hvor færrest passagerer bliver forstyrret. Formålene er flere. Først og fremmest gælder det om at være forberedt på, at kunne levere kapacitetsforøgelse med lavere headway og flere afgang, når behovet opstår. Udover at sikre en god trafikafvikling, skal det efterprøves, at ATC, strømforsyning, kommunikationsnetværk og andre delsystemer kan håndtere den øgede belastning. Driftsleverandøren Metro Service skal opnå erfaring og læring med den planlagte drift og håndtering af driftsforstyrrelser.

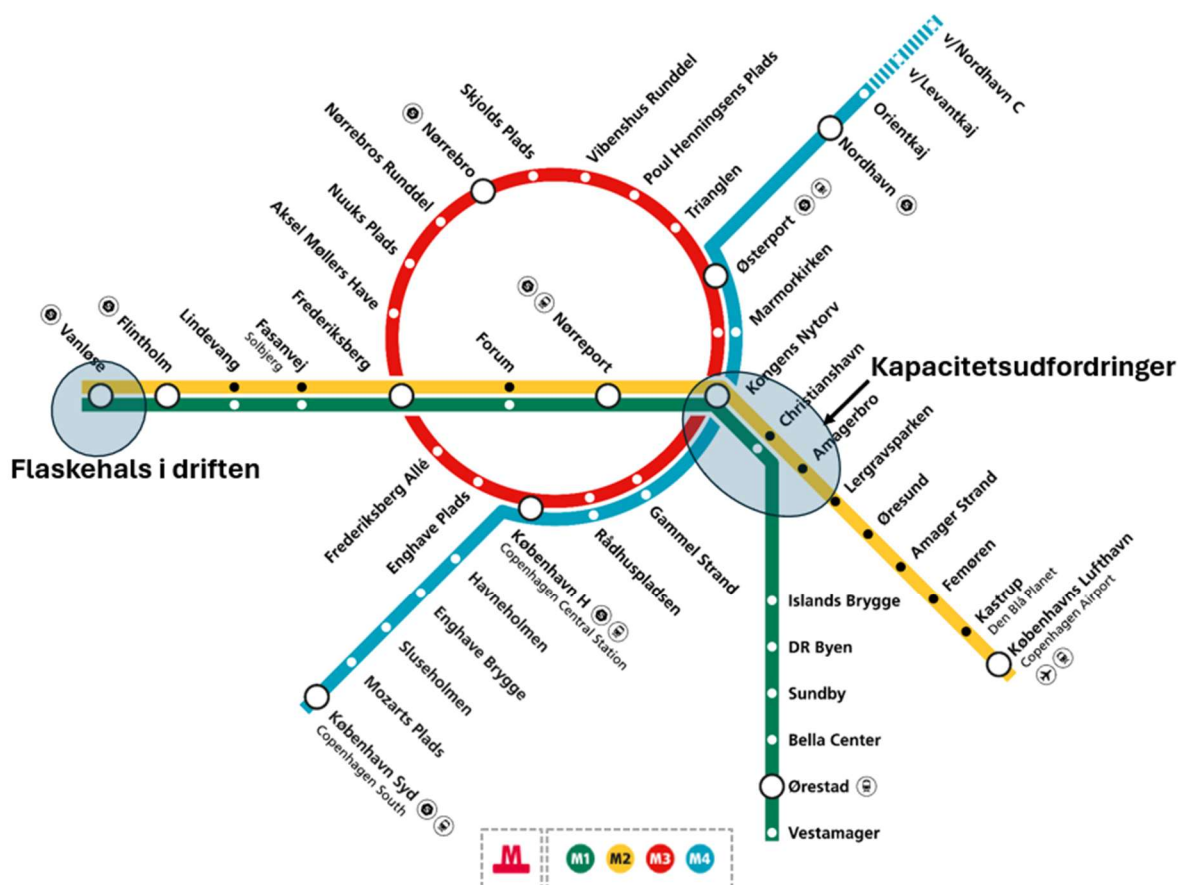
Den første performancetest gennemføres uden brug af bypass, så forventningen er, at der vil opstå flaskehalsproblemer. Forventningen viser sig hurtigt at holde stik. Togene begynder at blive forsinket i retning mod Vanløse.

Fastholdelse af køretiden er selvfølgelig vigtig for passagererne, der forventer at komme hurtigt frem med Metroen. Forlængelse af køretiden øger desuden materielbehovet og kan derved påvirke mulighederne for kapacitetsforøgelse. Det er derfor en prioritet for Metroselskabet at minimere forlængelse af køretiden ved indsættelse af flere tog. Derfor skulle kødannelse og forsinkelse mod Vanløse gerne elimineres i kommende testscenarier.

Natten mellem den 5 og 6. marts 2023 er der igen spænding i kontrolrummet på Metrovej. Nu gælder det første test af brugen af bypass med 36 tog. Brugen af den ekstra togvej til spor 2 på Vanløse st. viser forbedringer i trafikafviklingen, men der opstår fortsat forsinkelser mod Vanløse.

Metroens førerløse signalsystemer kan operere i to tilstande (modes) – køreplan (schedule) og headway, hvor systemet sigter efter at opretholde en defineret afstand mellem togene. M1/M2 kører normalt i køreplan mode efter en foruddefineret køreplan. I de efterfølgende måneder i 2023 gennemføres flere tests, hvor forskellige køreplaner med 36 tog afprøves. Det er især køreplanens holdetider i Vanløse, der søges optimeret. Gradvist bliver trafikafviklingen bedre.

Figur 1 – kort over metrolinjer med angivelse af flaskehals i driften på M1/M2 samt strækning med kapacitetsudfordringer



Testscenarier – metode og resultater

Metroselskabet har i samarbejde med Metro Service gennemført tre typer af testscenarier:

- Performancetest uden passagerer, normale driftsscenarier (5)
- Performancetest med passagerer, normale driftsscenarier (ca. 20)
- Performancetest uden passagerer, fallback scenarier (6)

I fallback scenarierne testes håndtering af forstyrrelser kritiske steder i systemet, såsom ved crossovers ved Frederiksberg, Nørreport eller Christianshavn stationer. Disse scenarier evalueres ud fra bl.a. tid for etablering af alternativ drift, antal strandede tog og tid for genetablering af normal drift. Disse scenarier, der er udført med 32, 34 og 36 tog, gennemgås ikke nærmere her. I stedet fokuserer vi på resultaterne for de normale driftsscenarier.

Tabel 1 giver et overblik over de vigtigste parametre for evaluering af testresultaterne:

Tabel 1 – forklaring af parametre for evaluering af testresultater

Parameter	Forklaring
Headway	Headway er antallet af sekunder mellem hver tog. En nedsættelse af headway vil give flere togafgange pr. time.
Køretid	Køretid fra endestation til endestation inkl. holdetider undervejs
Holdetid	Tid hvor toget holder stille på en station for udveksling af passagerer
Performance level	Kan ligge mellem 1 og 5. Indikation på hvor "travlt" styresystemet har med at holde køreplanen. Level 1 er hurtigst og level 5 er langsomst.
Planlagte afgange	I henhold til køreplanen

Kørte afgang	Faktisk antal kørte afgang
Mistede afgang	Som følge af forstyrrelser eller forsinkelser
Service availability (SA)	Andelen af planlagte afgang, der er tilgængelig for passagererne inden for en given tidsperiode. SA viser, hvor stor en del af den planlagte køreplan, der bliver gennemført uden aflyste tog eller væsentlige forsinkelser.

Holdetid er den vigtigste parameter for optimering af driften og derfor den primære variabel i udformningen af testscenarier med normal drift. Holdetiderne skal balanceres, så de giver passagererne tilstrækkelig tid til komfortabel af- og påstigning. Samtidig bidrager holdetid til den samlede køretid. For lange holdetider begrænser togflowet og mindsker, hvor mange tog der kan passere per time, hvilket reducerer den samlede passagerkapacitet.

Holdetider på endestationerne er særligt interessante. Længere holdetid i Vanløse, Vestamager og Lufthavnen giver robusthed, men flaskehalsen i Vanløse begrænser også fleksibiliteten i holdetid. Testscenarierne har afprøvet holdetider i Vanløse mellem 30 og 80 s. Overraskende nok har det vist sig, at de faktiske holdetider i Vanløse ikke påvirkes nævneværdigt af de planlagte holdetider i køreplanen. Metro Service har derfor vurderet, at den optimale holdetid i køreplanen er 75 s svarende til den gennemsnitlige holdetid på spor 1 og 2 i Vanløse i en række tests med normal drift.

Fra maj 2024 gennemføres testscenarier med passagerer. Størstedelen af scenarierne har 34 tog i drift med en headway på 95 s mellem Vanløse og Christianshavn. Tests med passagerer giver naturligvis mere relevante resultater, men medfører samtidig en let forhøjet risiko for driftsforstyrrelser. Placeringen af testscenarier med passagerer må tage højde for dette.

Grundlovsdag 5. juni 2024 er en velegnet dag for testprogrammet at tage et nyt skridt – 35 tog i drift med en headway helt nede på 92 s. Resultaterne er fornuftige – og markant bedre end de første performancetest i 2023 uden passagerer. Køretiderne er på niveau med testscenarierne for 34 tog. Togene kører en større del af tiden i Performance level 1, formentlig som følge af nogle forsinkelser ved opstarten af eftermiddagsmyldretiden i testen. Som følge af forsinkelserne reducerer systemet den planlagte buffer ved endestationen i Lufthavnen, hvor holdetiderne forkortes.

På baggrund af resultaterne fra testscenarierne med 34 og 35 tog kan arbejdet med forberedelser af testscenarier for 36 tog med passagerer gå i gang. I uge 42 i 2024 gennemføres følgende scenarier:

- 36 tog med 90 s headway
- 36 tog med 91 s headway
- 36 tog med 90 s headway med manuel optimering

En headway på 90 s er det maksimalt opnåelige med det eksisterende system. På baggrund af resultaterne med 35 tog testes også en køreplan med en headway på 91 s, hvilket giver mulighed for længere holdetid ved endestationerne i Lufthavnen og på Vestamager og dermed større robusthed. Den manuelle optimering i det tredje scenarie er primært at lukke dørene så hurtigt som muligt og manuelt vælge, hvilken perron der skulle benyttes på Vanløse st.

Testresultaterne viser, at 36 tog i drift på M1/M2 er mulig. Der bliver produceret 4-5 pct. flere afgang sammenlignet med 34 tog i drift. Køreplanen med et headway på 91 sekunder er mere robust end køreplanen med en headway på 90 sekunder. Den realiserede headway ved Flintholm st. er faktisk 91 s i begge de første scenarier. Det er samtidig tydeligt, at systemet er tæt på kapacitetsgrænsen. Der opstår nogle forsinkelser og ophobning af tog mod Vanløse, og køretiderne er lidt længere sammenlignet med de tidligere tests med 34 tog i drift.

Scenariet med manuel optimering demonstrerer højere kapacitet end de to øvrige scenarier. Holdetiderne i Vanløse reduceres markant, og der opstår ingen ophobning af tog. Resultaterne indikerer, at der kan være potentiale for optimeringer i signalssystemets software.

Data fra nogle få timers test er selvfølgelig begrænsede og mere usikre end data fra driften generelt. Resultaterne i dette afsnit skal vurderes med denne usikkerhed in mente.

Kapacitetsbehov og kapacitetsforøgelse

Den akkumulerede kapacitetsforøgelse på M1/M2 i forhold til 2017 er 18 pct. Første del af kapacitetsforøgelsen på ca. 9 pct. blev opnået ved indsættelse af 31 tog i myldretiden (tidligere 29/30 tog) samt en række køreplanoptimeringer. Coronaepidemien udskød behovet for yderligere kapacitetsforøgelse. Først i 2023 overgik passagertallet på M1/M2 de 66,6 mio. i 2019. Epidemien og mere hjemmearbejde har gjort passagerudviklingen mere uforudsigelig på den korte bane.

I efteråret 2023 indsatte Metroselskabet først 32 og siden 33 tog i drift. Kapacitetsforøgelse til 34 tog blev indledt i efteråret 2024. Tabel 2 viser den realiserede kapacitetsforøgelse.

Tabel 2 – realiseret kapacitetsforøgelse på M1/M2

Tiltag	Akkumuleret kapacitetsforøgelse i forhold til 2017	Headway mellem Vanløse og Christianshavn	År
31 tog, køreplanoptimeringer	9 pct.	103 s	2019
33 tog	15 pct.	98 s	2023
34 tog	18 pct.	95 s	2024

På længere sigt frem mod 2035 forventes fortsat vækst i passagertallet på M1 og M2. Metroselskabet forventer, at strækningerne henover havnen (se figur 1) vil få kapacitetsudfordringer. Dette skyldes, at tog fra Vestamager og Københavns Lufthavn samler passagerer op på vej ind mod byen. Rejsemålet for de fleste passagerer er på den anden side af havnesnittet, hvorfor kun få passagerer står af inden da (Jensen & Ocariz, Trafikdage 2023). Når første etape af metrolinjen M5 mellem København H og v/ Prags Boulevard Øst efter planen åbner i 2036, vil havnesnittet bliver aflastet.

Som et led i investeringsprogrammet for M1/M2 gennemgår første generation af metrotog i de kommende år en modernisering og levetidsforlængende vedligehold. Projektet omfatter bl.a. implementering af ændret sædeopsætning, hvilket giver større kapacitet pr. tog. Metroselskabet forventer, at den gennemsnitlige kapacitet pr. tog kan øges med op til 10 pct. Når projektet er gennemført, bliver det muligt at indsætte 35-36 tog i myldretiden.

Konklusion

Kapaciteten på M1/M2 er øget med 18 pct. i forhold til 2017. I myldretiderne sikrer 34 tog i drift afgangene ned til hvert 95. sekund. Kapacitetsforøgelsen har ikke ændret på, at driftsleverandøren Metro Service fortsat leverer en høj driftsstabilitet (SA). Metroselskabet har i samarbejde med Metro Service gennemført et testprogram med ca. 30 performancetest med og uden passagerer. Resultaterne har givet grundlag for at gennemføre den realiserede kapacitetsforøgelse samt tilrettelægge den planlagte forøgelse til 35-36 tog.