Udredning om mulighederne for og konsekvenserne af indførelse af 4-vognstog på M1/M2

August 2020

Indholdsfortegnelse

1 Indledning ... 1
2 Om kapacitet ... 1
2.1 Den historiske udvikling ... 2
2.2 Kapacitet på stationerne ... 2
2.3 Fremtidige passagertal ... 3
2.4 De kommende års passagervækst ... 4
2.5 Ulige passagerfordeling over døgnet ... 4
2.6 Hvordan vurderes udfordringer på stationerne ... 5
3 Flowanalyser med belysning af kapacitet og evakueringsforhold generelt på M1/M2 ... 6
3.1 Kapacitetsforhold under drift og evakuering ... 6
3.2 Generelle flowanalyser og analyser af evakueringsforhold ... 6
3.3 Generelle analyser af passagerflow på alle stationer under almindelig drift ... 7
3.3.1 Prognosegrundlag ... 7
3.3.2 Resultater af trafikmodelberegningerne ... 7
3.3.3 Generelle passagerflowanalyser foretaget på basis af OTM 6 prognosen ... 8
3.3.4 Supplerende generelle flowanalyser ... 13
3.3.5 Generelle kapacitetsforhold i den daglige drift på alle stationerne - sammenfatning 15
3.4 Evakuering ... 15
3.4.1 Evakuering fra perroner på tunnelstationer ... 15
3.4.2 Evakuering fra tog i tunneler ... 16
3.4.3 Evakuering – sammenfatning ... 17
4 Ændringer af transportsystem, herunder tilpasning af infrastruktur ... 17
4.1 Baggrund ... 17
4.2 Hovedpunkter i den tekniske undersøgelse ... 18
4.3 Tekniske forhold ... 19
4.3.1 Infrastruktur ... 19
4.3.2 ATC-systemet ... 20
4.3.3 Perrondøre ... 20
4.3.4 Kontrol- og Vedligeholdelsescentret (CMC) ... 20
4.3.5 Rullende materiel/tog ... 21
4.4 Tidsplan for gennemførelsen af ændringer af transportsystemet ... 22
4.5 Driftskonsekvenser i anlægsperioden for ændringer i transportsystemet ... 23
5 Ombygning af fire kritiske stationer ... 24

5.1 Forudsætninger ... 24
5.2 Detaljerede flowanalyser til brug for belysning af ombygning af de fire kritiske stationer 24
5.2.1 Videreudviklet analysemodel ... 25
5.2.2 Grundlag for vurdering af resultaterne under almindelig drift ... 26
5.2.3 Grundlag for vurdering af resultaterne under evakuering ... 28
5.2.4 Forudsætninger for simuleringerne ... 28
5.3 Ombygning af Kongens Nytorv Station ... 30
5.3.1 Forslag til ændret udformning af stationen ... 30
5.3.2 Anlægstidsplan ... 36
5.3.3 Detaljerede flowanalyser for Kongens Nytorv Station ... 37
5.3.4 Evakuerings kapacitet ... 42
5.4 Ombygning af Nørreport Station ... 42
5.4.1 Forslag til udvidelse af forbindelsestunnel og udskiftning af trapperne hertil. ... 42
5.4.2 Andre mulige ændringer ... 47
5.4.3 Detaljerede flowanalyser ... 49
5.4.4 Evakueringskapacitet ... 52
5.5 Ombygning af Christianshavn Station ... 52
5.5.1 Den nuværende rednings-/flugttrappe ... 53
5.5.2 Foreslået ændring ... 53
5.5.3 Anlægstidsplan for udvidelse af rednings-/flugttrappe og etablering af ekstra trappe til terræn 56
5.5.4 Evakueringsforhold med 4-vognstog både med og uden ombygning af stationen ... 56
5.6 Ombygning af Amagerbro Station ... 57
5.6.1 Nuværende rednings-/flugttrappe ... 57
5.6.2 Forslag til udvidet rednings-/flugttrappe ... 57
5.6.3 Anlægstidsplan for udvidelse af rednings-/flugttrappe og etablering af ekstra trappe til terræn 60
5.6.4 Evakueringsforhold med 4-vognstog både med og uden ombygning af stationen ... 61
6 Samlet anlægstidsplan for ændring af transportsystem og ombygning af de fire kritiske stationer ... 61
6.1 Samlet anlægstidsplan ... 61
6.1.1 Kongens Nytorv Station ... 62
6.1.2 Nørreport Station ... 63
6.1.3 Christianshavn and Amagerbro ... 63
6.1.4 Tidsplan for påvirkning af driften ... 63
7 Passagergener, driftsscenarier og indtægtstab ... 66
7.1 Driftskonsekvenser i anlægsperioden for ændring af transportsystemet og ombygning af de fire kritiske stationer ... 66

7.2 Driftskonsekvenser af ombygning af de fire kritiske stationer 66
7.3 Konsekvenser for driftsøkonomien af generne i anlægsperioden 68
7.4 Ekstra driftsomkostninger i anlægsperioden 68
8 Samlede anlægsomkostninger 69
8.1 Indledning - budgetteringsgrundlag 69
8.2 Anlægsomkostninger for ændring af transportsystemet 69
8.3 Anlægsomkostninger for ombygning af de fire kritiske stationer 70
8.4 Kombinerede anlægsomkostninger for tilpasning af transportsystemet og fire kritiske stationer til drift med 4-vognstog 72
8.5 Finansiering af de forskellige omkostningsdele 72
9 Samlede økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog 73
10 Risikoanalyse, sikkerhedsgodkendelse og review af undersøgelsesrapporterne 74
10.1 Risikoanalysen 74
10.2 Sikkerhedsgodkendelsesproces 75
10.3 Ekstern granskning (review) 75
11 Sammenfatning 76
12 Referencer 78

1 Indledning

De kommende år forventes voksende befolkning i København og hovedstadsområdet, hvilket i henhold til trafikmodelberegninger får en direkte effekt på metroens passagertal. De flere passagerer udfordrer kapaciteten i metrosystemet på M1/M2. Der er derfor igangsat initiativer, som udvider kapaciteten med de nuværende 3-vognstog. Dette vurderes at kunne løse forventede kapacitetsudfordringer i togsystemet frem til år 2035. Det er derfor undersøgt, om der kan opnås yderligere kapacitetsudvidelser af togsystemet på M1/M2 gennem indførelse af 4-vognstog.

De første tekniske undersøgelser viste, at det er teknisk muligt at indføre 4-vognstog på M1/M2, men at en udnyttelse af den højere togkapacitet forudsætter ombygning/udvidelse af fire kritiske stationer: Kongens Nytorv, Nørreport, Christianshavn og Amagerbro stationer. De første tekniske undersøgelser er derfor suppleret med mere detaljerede undersøgelser af passagerstrømme (flow) og evakueringsforhold på de fire kritiske stationer samt undersøgelser af ombygning af disse stationer.

De første undersøgelser viste, at kapaciteten på metroens stationer udfordres af en øget kapacitet i togene. Dette skyldes både effekten på et sikkerhedsmæssigt acceptabelt flow på metroens stationer og i forhold til krav til evakueringsforhold. Evakueringsforholdene på Amagerbro og Christianshavn Station og på længere sigt Kongens Nytorv og Nørreport vurderes således ikke at leve op til de gældende brandkrav og dermed til grundlaget for sikkerhedsgodkendelse ved indførelse af 4-vognstog. Kongens Nytorv og til en vis grad Nørreport Station vil desuden vanskeligt kunne opfylde kravene til passagerflow på stationerne i den daglige drift.

I arbejdsprogrammet for forundersøgelse af metrobetjening af Lynetteholmen er det fastlagt, at der skal undersøges en række øvrige forhold – herunder effekten af implementering af 4-vognstog i M1/M2. Som led i arbejdet med forundersøgelse om metrobetjening af Lynetteholmen er der derfor igangsat undersøgelser af de tekniske, anlægsøkonomiske, driftsmæssige og kapacitetsmæssige muligheder for og konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog på M1/M2. Undersøgelserne af mulighederne for og konsekvenserne af indførelse af 4-vognstog er dokumenteret i en teknisk rapport om ændringer af de jernbanetekniske systemer og en rapport med mere detaljerede analyser af passagerstrømme og evakueringsforhold på de fire kritiske stationer og om ombygning af disse fire stationer samt i nærværende udredning, hvori der foretages en kort gennemgang af resultaterne. Undersøgelserne af de tekniske, anlægsøkonomiske, driftsmæssige og kapacitetsmæssige muligheder for og konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog på M1/M2 er gennemført med bistand fra Rambøll, idet dog undersøgelsen af mulighederne for og gennemførelsen af en udvidelse af Kongens Nytorv Station er forestået af Arup.

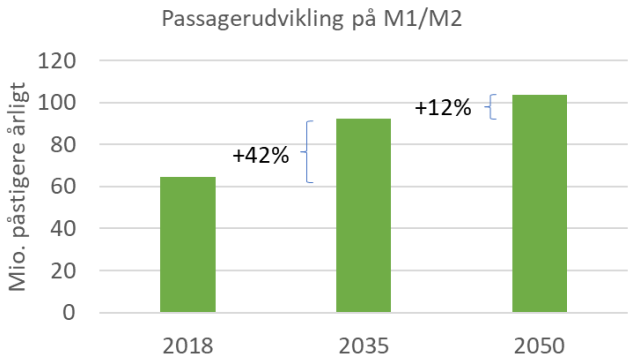
2 Om kapacitet

Kapaciteten i metrosystemet er en kombination af kapaciteten i togsystemet og kapaciteten på stationerne. For begge er der en begrænsning i hvor mange passagerer, som kan opholde sig på et givet tidspunkt. Konceptuelt baseres kapaciteten i metrosystemet på mindre togsæt, som kører med høj frekvens.

I togene udgøres begrænsningen, dels af togets fysiske størrelse og derigennem hvor mange passagerer, som kan opholde sig i toget, og dels af den tid, som passagerer har til at gå ind og ud af toget. Passagererne kommer kun ind og ud via perrondørene på stationerne.

På stationer udgøres begrænsningen af krav til passagerstrømmene (flow) på stationen og krav til evakueringstid. Passagererne kommer til og fra stationen både via perrondørene til/fra togene og via indgange til stationerne. Kapaciteten og eventuelle udfordringer skal vurderes uafhængigt af hinanden for hhv. stationerne og togene i metrosystemet.

2.1 Den historiske udvikling



Efter åbningen af den eksisterende Metro - M1/M2 - er passagertallet steget ganske meget, og det har, som forudsat, især belastet den centrale strækning over havnen og som forventet i begge retninger. Herudover er der anlagt en ny metro, Cityringen med linjerne M3 og M4. Cityringen aflaster den hidtil mest belastede station, Nørreport Station, og mindsker dermed i en periode en del af de nuværende kapacitetsudfordringer, men stationen vil fortsat have en meget høj kapacitetsudnyttelse. Men Cityringen betyder især, at Kongens Nytorv er blevet og i fremtiden vil være den største og vigtigste skiftestation mellem de fire metrolinjer, M1-M4, og som derfor skal betjene flere passagerer end forudsat, da den første metro blev dimensioneret. Det betyder, at den allerede intense kapacitetsudnyttelse på Kongens Nytorv Station bliver udfordret yderligere.

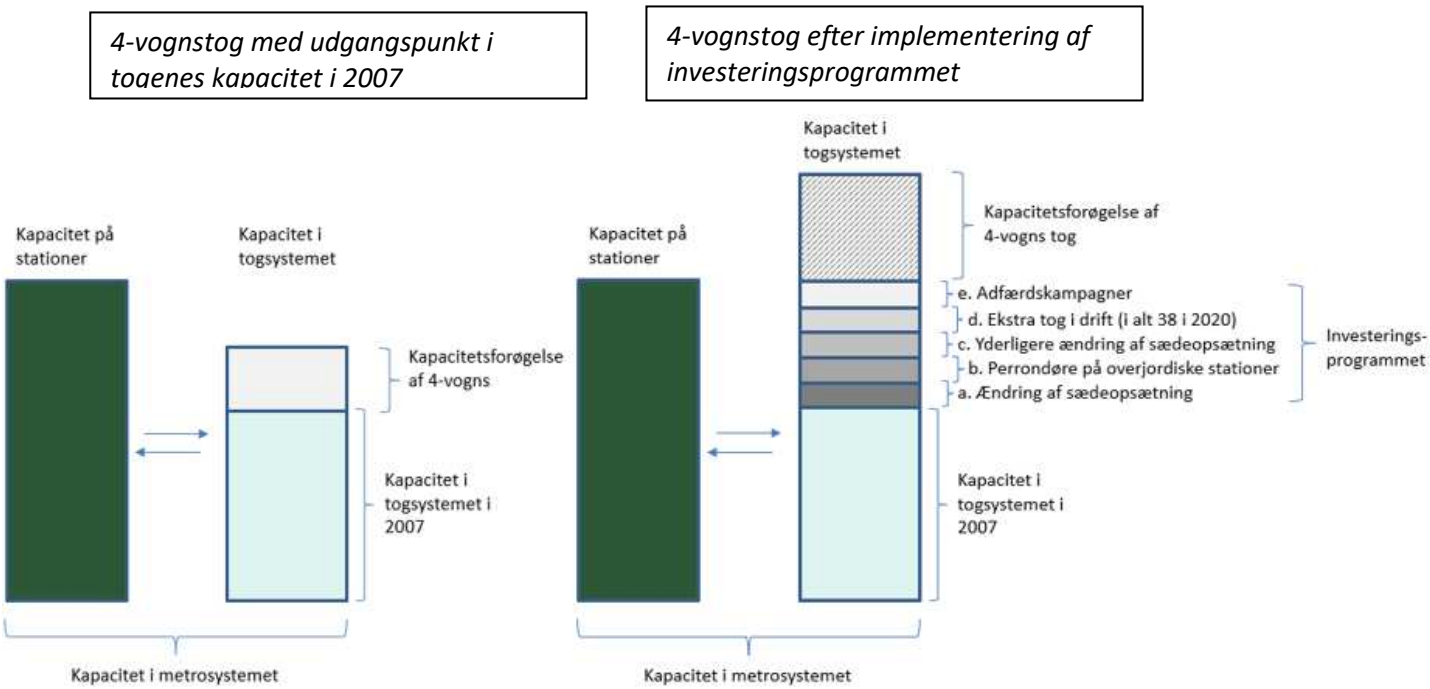
Selskabet har derfor gennemført en række analyser af kapacitetsforholdene i togene, og som følge heraf er kapaciteten i M1/M2 løbende blevet forøget gennem justeret sædeopsætning, opgradering af metroens styresystem, flere afgange i myldretiden og kampagner, som skal hjælpe kunderne til mere hensigtsmæssig adfærd. Dertil har selskabet besluttet at anskaffe otte ekstra tog, således at frekvensen kan øges, og flere passagerer transporteres. Desuden har selskabet igangsat en undersøgelse af en udskiftning af ATC-systemet (signalsystemet) med henblik på at skabe mulighed for en yderligere forøgelse af togfrekvensen.

Det er selskabets vurdering, at der med de planlagte tiltag for at øge kapaciteten i det nuværende system med 3-vognstog ikke er flere tiltag for at øge togkapaciteten. Derfor er det fundet relevant at undersøge mulighederne for at øge togkapaciteten ved at indføre længere tog i form af 4-vognstog.

2.2 Kapacitet på stationerne

Kapaciteten på metroens stationer udfordres af indførelse af 4-vognstog. Dette skyldes, at kapaciteten i de nuværende 3-vognstog allerede er øget og planlægges yderligere øget gennem selskabets Investeringsprogram. Investeringsprogrammet vil bl.a. gennem flere tog og øget kapacitet i tog øge metroens kapacitet med 35-40 pct. Det betyder, at den nuværende overskydende kapacitet på nogle af metroens stationer udnyttes med disse tiltag for at sikre tilstrækkelig kapacitet frem mod 2035. Den kapacitet, som var til rådighed på stationerne til indførelse af 4-vognstog, er således anvendt til kapacitetsudvidende tiltag af de eksisterende 3-vognstog. Dette er vist i nedenstående figur, hvor det illustreres at stationernes kapacitet ikke er tilstrækkelig til en udvidelse med 4-vognstog – udover de allerede gennemførte kapacitetsudvidelser.

Da det ved udformningen af de dybe stationer til M1/M2 blev sikret, at der i en fremtidig situation – for så vidt angår perronlængden - ville være mulighed for at overgå fra 3-vognstog til 4-vognstog, var Kongens Nytorv Station kun forudsat at betjene M1/M2. Det var således ikke forudsat, som det nu er tilfældet, at stationen skulle betjene passagerer med omskiftning mellem fire metrolinjer og således med et betydeligt højere antal passagerer end oprindeligt planlagt. Hertil kommer, at der for at øge kapaciteten i togene allerede er foretaget en ændret opstilling af sæderne, som giver plads for flere passagerer. En yderligere optimering af sædeopstillingen vil kunne øge togkapaciteten yderligere.

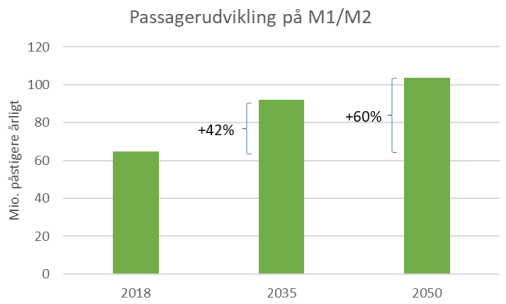


Figur 1 – Med Investeringsprogrammet er kapaciteten i 3-vognstogene i et omfang, så den overskydende kapacitet på stationer er opbrugt. En yderligere udvidelse med 4-vognstog vurderes derfor at udfordre kapaciteten på metroens stationer. Bemærk at effekten af de kapacitetsudvidende tiltag i figuren ikke er opgjort eksakt. Effekt af 4-vognstog vurderes i udgangspunkt større efterfølgende indførelse af kapacitetsforøgende tiltag

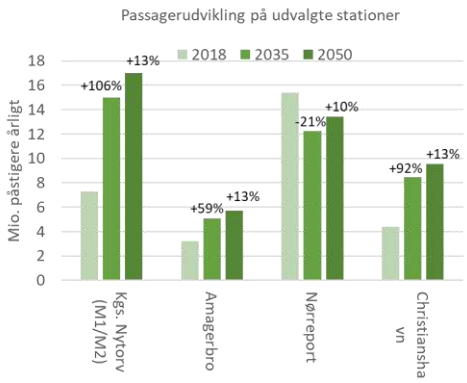
2.3 Fremtidige passagertal

Fra planlægningen af den oprindelige metro er anvendt trafikmodellen OTM til at udarbejde prognoser for fremtidige passagertal. Trafikmodellen er løbende blevet udviklet og forbedret og er anvendt i en lang række analyser af meget forskellige trafikale projekter i Hovedstadsområdet. Generelt for trafikmodeller gælder det at resultaterne i meget høj grad er afhængige af det input som anvendes. Det gælder især hvad der forudsættes om fremtidens befolkningsudvikling, bosætningsmønstre, arbejdspladslokalisering, men også forhold som i højere grad påvirkes af politiske initiativer. Dette kan f.eks. være initiativer til trafiksanering eller indførelse af roadpricing, som begge forventeligt vil medføre flere passagerer i metroen.

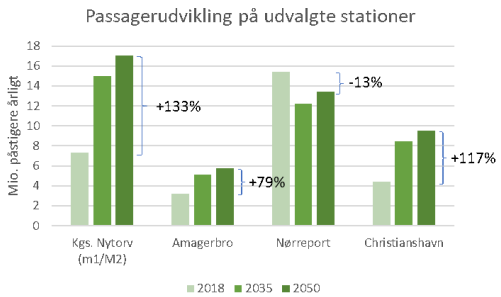
2.4 De kommende års passagervækst



For hele M1/M2 forventes passagervækst på 42 pct. fra 2018 til 2035, efter 2035 og frem til 2050 forventes en vækst på 12 pct. Den samlede passagervækst for M1/M2 forventes således at stige med mere end 50 pct. frem til 2050. Stigningen dækker over store forskelle på stationsniveau. En væsentlig årsag til den forventede stigning er befolkningsfremskrivning fra Danmarks Statistik, som prognosticerer 170.000 flere personer på Frederiksberg og i København frem til 2045.

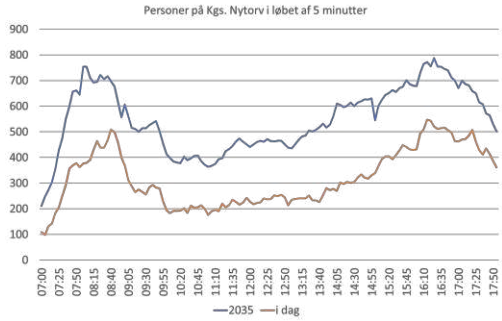


Særligt Kongens Nytorv og Christianshavn forventes at vokse kraftigt med en mere end fordobling af passagertallet frem til 2050, jf. figur. Hovedparten af væksten forventes i perioden frem til 2035 hvor antallet af passagerer på de to stationer forventes at vokse med hhv. 106 pct. og 92 pct. Også på Amagerbro forventes passagertallene at vokse mere end den generelle stigning for M1/M2. Idet Amagerbro ligger på en af metroens grene, så afgår der kun halvt så mange tog i myldretiden, som på stationerne på centralstrækningen.



Den forventede udvikling baseres på passagerprognose fra 2017, som ligger til grund for Metroselskabets langtidsbudget. Der er efterfølgende udarbejdet passagerprognoser, herunder i forbindelse med analyser til Lynetteholmsprojektet, og her tegnes samme billede af udviklingen frem mod 2035 og 2050. M1/M2 forventes at få mange flere passagerer, og for nogle stationer medfører det mere end en fordobling af passagertallet. Der sker dog ændringer i passagertallene, når nye forudsætningsgrundlag eller trafikmodeller anvendes. Som eksempel viser trafikmodelberegninger til grund for Lynetteholmsprojektet i OTM-version 7 at Kongens Nytorv stiger med 106 pct. fra 2018 til 2050.

2.5 Ulige passagerfordeling over døgnet



Hen over et døgn er der flest personer i morgen og eftermiddagsmyldretiden. I figuren er vist antallet af personer på Kongens Nytorv i løbet af 5-minutter hen over et udsnit af en gennemsnitlig hverdag. Morgen- og eftermiddagsmyldretiden når omtrentligt samme højeste niveau, men i løbet af eftermiddagen er tidsrummet med flest personer på Kongens Nytorv længere.

Sammenlignes forventninger i 2035 med i dag (november 2019), så bliver det tydeligt at der både kommer til at være mange flere personer på stationen i de mest belastede tidsrum og at både morgen- og eftermiddagsmyldretiden vil dække et større tidsrum.

2.6 Hvordan vurderes udfordringer på stationerne

Udgangspunktet for vurderinger af flow på stationerne er resultater af trafikmodelberegninger foretaget i OTM af fremtidige prognoseår. Fordelingen hen over et døgn baseres på observerede fordelinger i dag.

Analyserne af passagerflow på stationerne under normal drift er foretaget med simuleringsværktøjet Viswalk, som er et efterprøvet (mere end 40 år) og internationalt udbredt værktøj til brug for vurdering af flow og kapacitet. Værktøjet er baseret på analyser af de parametre, der styrer fremdrift og afstande mellem forskellige typer af mennesker i bevægelse, og vurderes som velegnet til vurdering af flow og kapacitet på metrostationer.

Analyserne tager udgangspunkt i de 25. mest belastede 5-minutters interval i løbet af et år på en station med normal drift i metrosystemet. Det betyder, at de værst tænkelige situationer ikke indgår i analyserne. Dette vurderes at være acceptabelt, da de værst tænkelige situationer må forventes at opstå under særlige forhold, som kan forudsiges og planlægges på forhånd. Det gælder for eksempel i forbindelse med indledning og afslutning af større sociale begivenheder, hvor mange mennesker ankommer samtidig til stationen. I sådanne situationer er det forudsat, at operatøren tager særlige forholdsregler til håndtering af de ekstra mange mennesker gennem såkaldt crowd control. Metoden er en internationalt anerkendt metode, som rådgiverne har anvendt til dette formål i de tekniske undersøgelser.

Vurdering af evakueringsforhold følger den gældende brandnorm og tager udgangspunkt i situationer hvor ét tog fyldt til det teoretiske maksimum skal tømmes på perronen, fx som følge af brand, og hele stationen inkl. de passagerer som ellers opholder sig på perronen skal evakueres til et sikkert sted inden for 4 minutter og til terræn inden for 6 minutter. Antallet af personer som skal evakueres øges betydeligt, såfremt det fyldte tog er et 4-vognstog frem for et 3-vognstog. Dette medfører, at flugtvejskapaciteten ikke vurderes tilstrækkelig på Christianshavn og Amagerbro i 2035 og på lidt længere sigt Kongens Nytorv og Nørreport ved indførelse af 4-vogns tog. Evakueringsforholdene vurderes derfor ikke at kunne leve op til den for Metroen gældende brandnorm NFPA 130, som danner grundlag for sikkerhedsgodkendelsen af Metroen, såfremt der indføres 4-vognstog.

3 Flowanalyser med belysning af kapacitet og evakueringsforhold generelt på M1/M2

3.1 Kapacitetsforhold under drift og evakuering

Den væsentligste udfordring ved indførelsen af 4-vognstog har, som nævnt, vist sig at være, at en reel kapacitetsforøgelse forudsætter, at stationernes kapacitet muliggør den øgede togkapacitet. Det øgede passagertal med 4-vognstog medfører således, at kapaciteten på nogle af de centrale stationer, især Kongens Nytorv Station, ikke kan rumme det øgede flow af passagerer, og at evakueringskapaciteten i henhold til de gældende brandkrav ikke kan opnås på flere stationer. Det gælder Christianshavn Station og Amagerbro Station og på lidt længere sigt Kongens Nytorv Station og Nørreport Station.

Formålet med indførelsen af 4-vognstog er at øge togkapaciteten i M1/M2 særligt over havnesnittet, hvor der allerede i dag er begyndende kapacitetsproblemer. En forøgelse af kapaciteten i togene forudsætter imidlertid, at kapaciteten på stationerne er tilstrækkelig både i den daglige drift og i evakueringssituationen – begge dele vil være en forudsætning for opretholdelse af en sikker drift og dermed for sikkerhedsgodkendelse af indførelsen af 4-vognstog.

3.2 Generelle flowanalyser og analyser af evakueringsforhold

Med det øgede passagertal på Kongens Nytorv Station som skiftestation mellem M1/M2 og M3/M4 og den kapacitetsforøgelse, der er og kan opnås gennem optimering af sædeopstillingen, vil indførelse af 4-vognstog medføre en overskridelse af kapacitetsgrænsen i myldretiden under den daglige drift.

Generelle flowanalyser og analyser af evakueringsforhold på basis af den gældende passagerprognose, jf. nedenfor OTM-version 6.1, viser således, at kapacitetsgrænsen overskrides på de fire kritiske stationer allerede ved indførelsen af 4-vognstog i 2035. Supplerende flowanalyser baseret på passagerprognoser udarbejdet i relation til udredning af metrobetjening af Lynetteholmen, jf. nedenfor OTM-version 7, viser en lidt anden fordeling af passagererne, som indebærer, at kapacitetsgrænsen på Kongens Nytorv Station først endeligt overskrides på et senere tidspunkt, men at grænsen vil være tæt på at være nået allerede i 2035.

Det skal i den forbindelse tages i betragtning, at de generelle flowanalyser blev gennemført med den hidtil anvendte relativt simple flowanalysemodel. De mere detaljerede flowanalyser vil erfaringsmæssigt vise - og har i praksis vist - en lavere kapacitet, jf. omtalen nedenfor. Samlet indebærer dette, at der er en betydelig risiko for, at den øgede kapacitet som følge af indførelsen af 4-vognstog ikke vil kunne udnyttes, og at investeringen, herunder de gener og det indtægtstab som følger af implementeringen af 4-vognstog, derfor vil kunne vise sig at være spildt.

Hertil kommer, at Christianshavn Station og Amagerbro Station samt på lidt længere sigt Kongens Nytorv Station og Nørreport Station ikke vil kunne leve op til brandkravene til kapacitet under evakuering, og at anvendelse af 4-vognstog med ændret sædeopstilling på disse stationer derfor ikke vil kunne forventes sikkerhedsgodkendt.

På denne baggrund blev det besluttet at gennemføre en supplerende analyse af mulighederne for og konsekvenserne af ombygning af Kongens Nytorv, Christianshavn og Amagerbro stationer. Da Nørreport Station lå på kanten af kapacitetsgrænsen, indgår denne station i analysen. Analysen belyser mulighederne for ombygning, omkostningerne herved samt de drifts- og indkomstmæssige konsekvenser i ombygningsperioden. Det indgår i analyserne at sikre, at de fundne muligheder for

ombygning af de pågældende stationer vil kunne leve op til kravene såvel til passagerflow som til evakuering. Til dette formål er flowanalysen blevet detaljeret med henblik på at give et så dækkende grundlag som muligt.

3.3 Generelle analyser af passagerflow på alle stationer under almindelig drift

3.3.1 Prognosegrundlag

Der er gennemført prognoseberegninger i OTM i forskellige modelversioner af OTM samt med forskellige forudsætningsgrundlag. Resultaterne fra trafikmodelprognoserne er et direkte og centralt input i flowmodellen, som anvendes til at beregne kapacitetsudfordringer på metroens stationer i fremtiden.

Ændringer i resultaterne fra trafikmodelprognoser påvirker derfor potentielt resultater i flowmodellen. I dette afsnit gennemgås forskelle i prognoser beregnet i de to versioner af trafikmodellen OTM, hhv. version 6.1 og version 7. De trafikmodelberegninger, som bliver anvendt i forbindelse med projektet metrobetjening af Lynetteholmen, anvender både OTM 6.1 og OTM 7. Forudsætningerne om bl.a. byudvikling er ens for begge modelversioner 6.1 og 7, og er baseret på det forudsætningsgrundlag, som er anvendt i projektet metrobetjening af Lynetteholmen (basisberegning uden forslag til nye linjer). I dette forudsætningsgrundlag er der bl.a. forudsat byudvikling på Kløverparken, Refshaleøen og Lynetteholmen.

3.3.2 Resultater af trafikmodelberegningerne

OTM 6.1 beregner i 2035 og 2050 flere passagerer i M1/M2 end OTM 7 på døgnniveau. På stationsniveau gælder dette også for de fleste stationer, herunder Kongens Nytorv. Resultater fra OTM 7 må derfor forventes at medføre en <u>mindre</u> belastning af de fleste stationer, herunder Kongens Nytorv ift. resultater fra OTM 6.1.

Resultater fra OTM 7 viser, at påstigertal på Kongens Nytorv og Christianshavn forventes markant større i 2035 end i dag. Dette indikerer, at især Kongens Nytorv udfordres på passagerkapacitet.

Forskellene mellem de to modelversioner i OTM skyldes flere forskellige forhold. For det første er modelleringen af cykel- og biltrafikken forbedret i OTM 7, hvilket samlet set giver flere cykelture i centralkommunerne og dermed færre kollektive ture end i OTM 6.1. De færre kollektive ture i OTM 6.1 og OTM 7 giver således også færre påstigere i modelberegningerne for metroen. For det andet er der sket en større detaljering i zonestrukturen i OTM 7 – dette giver bl.a. ændrede rejsemønstre, der betyder en ændret fordeling på skiftestationer (både S-tog og metro) i de centrale dele af København.

Sammenlignes OTM 6.1 og OTM 7 er der forskellige i resultaterne for de to forskellige modelversioner. For Kongens Nytorv beregnes 11 pct. færre påstigere per døgn i OTM 7 end i OTM 6.1 For Nørreport beregnes imidlertid et større dagligt påstigertal i OTM 7 end i 6.1, svarende til 8 pct. flere påstigere per døgn.

Påstigertal per døgn på stationer i 2035		
Trafikmodel	OTM 7	OTM 6.1
Nørreport	44.600	41.000
Kgs. Nytorv	44.000	49.300
Christianshavn	29.600	31.200
Amagerbro	14.000	18.000

Tabel 1 Påstigertal per døgn på stationer i 2035

Til sammenligning fremgår dagens påstigertal af nedenstående tabel.

Påstigertal per døgn november 2019	
Nørreport	45.600
Kgs. Nytorv	31.300
Christianshavn	14.600
Amagerbro	11.800

Tabel 2 Påstigertal per døgn november 2019

Der er tilsvarende gennemført prognoseberegninger for 2050. Påstigertal på stationsniveau for 2050 viser de samme forskelle mellem OTM 6.1 og 7 som i 2035. Derudover bemærkes at niveauet for påstigertal på stationsniveau i OTM 7, i 2050 når op på samme niveau som resultater fra OTM 6.1 i 2035. Derfor må de udfordringer, som bliver beregnet i flowmodellen på baggrund af påstigertal fra OTM 6.1 i 2035, forventes at optræde i 2050, når påstigertal fra OTM 7 anvendes.

Påstigertal per døgn på stationer i 2050		
Trafikmodel	OTM 7	OTM 6.1
Nørreport	46.700	42.400
Kgs. Nytorv	48.000	52.200
Christianshavn	37.300	37.300
Amagerbro	14.800	19.000

Tabel 3 Påstigertal per døgn på stationer i 2050

3.3.3 Generelle passagerflowanalyser foretaget på basis af OTM 6 prognosen

Passagerflowanalysen er foretaget for 2035 med indførelse af 4-vognstog, inklusive ændret sædeopstilling. På baggrund af OTM 6 passagerprognosen vurderes det, at togene på dette tidspunkt vil kunne opfylde kapacitetsbehovet. Analysen fokuserer derfor på mulige kapacitetsbegrænsninger på stationerne.

Til analyserne er anvendt en relativt simpel model, som også tidligere er anvendt til vurdering af kapacitetsforhold på metroens stationer. Modellen vurderer – på grundlag af internationalt anerkendte metoder - passagerflowet på perroner, trapper og rulletrapper på de 25ende travleste 5 minutters interval på et år. Dette tal er tidligere beregnet for Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, ”Sammenhængende kollektiv net for Hovedstaden” på basis af OTM-modellen.

Grundlaget for beregningerne er, at det fulde M3/M4 netværk er i drift, og

- Antallet af passagerer er baseret på trafikmodelberegninger (macroscopic model calculations)
- Antallet af på- og afstigende passagerer på hver station er de travleste 5 minutter på en dag
- Den forudsatte fordeling af passagerer mellem trapper og rulletrapper er anvendt
- Togfrekvensen er forudsat at være 90 sek.
- Geometriske data for de forskellige stationselementer

Analysen af påvirkningen af overgang til 4-vognstog er gennemført for tre forskellige scenarier
- 2035 med 3-vognstog
- 2035 med opgraderet drift med højere frekvens og med 3-vognstog
- 2035 med opgraderet drift med højere frekvens og med 4-vognstog

For at analysere konsekvenserne af indførelsen af 4-vognstog har det været nødvendigt at udbygge den anvendte model, der normalt ikke tager hensyn til togkapaciteten. Modellen er derfor udvidet til at tage størrelsen af tog ved perron i betragtning. Med dette formål er følgende forudsat
- 4-vognstog kan rumme 388 passagerer, hvilket giver tilstrækkelig togkapacitet til de forventede passagerer
- I 3-vognsscenarierne er der forudsat 272 passagerer, hvilket indebærer en begrænsning i antallet af afstigende passagerer i forhold til 4-vognsscenariet
- I 4-vognsscenariet er antallet af efterladte passagerer på alle stationer reduceret til 0 i overensstemmelse med Metroselskabets kapacitetsmodel

Som grundlag for vurdering af konsekvenserne af de modelberegnede passagerflow for serviceniveauet (Level og Service – LOS) er anvendt den såkaldte Fruin skala for definition af serviceniveau. (Metoden er udviklet af John J. Fruin og anvendes generelt til vurdering af fremkommelighed f.eks. på stationsområder) som vist i nedenstående skema:

FRUIN SERVICENIVEAU		
LOS	Beskrivelse	Acceptniveau
A	Frit flow. let at undgå konflikter og modsatrettet flow	Acceptabel
B	Overvejende frit flow. Modsatrettet flow kan føre til mindre konflikter og sammenstuvning	Acceptabel
C	Reduceret hastighed. Modsatrettet flow medfører ofte konflikter og sammenstuvning	Acceptabel I myldretid
D	Reduceret hastighed og vanskelig passage. Ofte fører det til stop og at man må vende om	Acceptabel I kortere perioder I myldretiden
E	Meget begrænset hastighed for alle. Modsatrettet flow er ikke muligt. Tæt på kapacitetsgrænsen	Uacceptabelt. Acceptabel på rulletrapper I kortere perioder.
F	Næsten intet flow og uundgåelig fysisk kontakt mellem rejsende. Risiko for panik.	Altid uacceptabel

Tabel 4 Fruin definitionen af serviceniveauer

Perroner	2016	2035_base_3car	2035_upgraded service_3car	2035_upgraded service_4car
Vanløse	A	C	B	B
Flintholm	A	A	A	A
Lindevang	A	A	A	A
Fasanvej	A	A	A	A
Frederiksberg	A	A	A	A
Forum	A	A	A	A
Nørreport	D	C	B	B
Kongens Nytorv	A	D	C	C
Christianshavn	A	B	A	A
Islands Brygge	A	D	D	C
DR-Byen	A	B	A	A
Sundby	A	A	A	A
Bella Center	A	B	A	A
Ørestad	A	D	C	C
Vestamager	A	C	B	B
Amagerbro	B	D	D	C
Lergravsparken	A	B	A	A
Øresund	A	A	A	A
Amager Strand	A	A	A	A
Femøren	A	A	A	A
Kastrup	A	A	A	A
Lufthavnen	A	B	A	A

Tabel 5 Udnyttelsen af platform ved 3- og 4-vognstog

Som det fremgår af ovenstående, er serviceniveauet på alle perroner i 2035 med 4-vognstog på niveau C eller bedre, hvilket er acceptabelt i myldretiden. Overgang til 4-vognstog indebærer en forbedring i forhold til 3-vognstog med opgraderet service (90 sek. frekvens). Dette skyldes især, at færre passagerer efterlades på perronerne.

Trapper	2016	2035_base_3car	2035_upgraded service_3car	2035_upgraded service_4car
Flintholm	A	A	A	A
Lindevang	A	A	A	B
Fasanvej	A	A	A	A
Frederiksberg	A	A	A	A
Forum	A	A	A	A
Nørreport, transfer	A	A	A	A
Nørreport, conc.	A	A	A	A
Kongens Nytorv	B	B	C	C
Christianshavn	A	B	B	C
Islands Brygge	A	A	A	A
DR-Byen	A	A	A	A
Sundby	A	A	A	A

Trapper	2016	2035_base_3car	2035_upgraded service_3car	2035_upgraded service_4car
Bella Center	A	A	A	A
Ørestad	A	A	A	B
Vestamager	A	A	A	A
Amagerbro	A	A	A	A
Lergravsparken	A	A	A	A
Øresund	A	A	A	A
Amager Strand	A	A	A	A
Femøren	A	A	A	A
Kastrup	A	A	A	A

Tabel 6 Udnyttelsesgraden af trapper for 3- og 4-vognstog

Ovenstående tabel viser, at serviceniveauet ligger højt på alle trapper undtagen Kongens Nytorv og Christianshavn, som dog ligger på niveau C, hvilket er acceptabelt i myldretiden.

Rulletrapper ned				
	2016	**2035_base_3car**	**2035_upgraded service_3car**	**2035_upgraded service_4car**
Vanløse	-	-	-	-
Flintholm	-	-	-	-
Lindevang	-	-	-	-
Fasanvej	A	B	B	B
Frederiksberg	A	C	C	C
Forum	A	A	A	A
Nørreport	E	D	D	D
Kongens Nytorv	C	E	E	E
Christianshavn	A	C	C	C
Islands Brygge	-	-	-	-
DR-Byen	-	-	-	-
Sundby	-	-	-	-
Bella Center	-	-	-	-
Ørestad	A	A	A	A
Vestamager	-	-	-	-
Amagerbro	A	C	C	C
Lergravsparken	A	A	A	A
Øresund	-	-	-	-
Amager Strand	-	-	-	-
Femøren	-	-	-	-
Kastrup	-	-	-	-
Lufthavnen	-	-	-	-

Tabel 7 Udnyttelsesgraden af nedadgående rulletrapper for 3- og 4-vognstog

Ovenstående tabel viser, at serviceniveauet på de nedadgående rulletrapper ligger på niveau C på Frederiksberg, Christianshavn og Amagerbro, hvilket dog er acceptabelt i myldretiden, men på niveau D på Nørreport, hvilket er acceptabelt i korte perioder i myldretiden, og på niveau E på Kongens Nytorv Station og således på et niveau, der er uacceptabelt, ud over meget korte perioder.

Rulletrapper op				
	2016	**2035_base_3car**	**2035_upgraded service_3car**	**2035_upgraded service_4car**
Vanløse	-	-	-	-
Flintholm	-	-	-	-
Lindevang	-	-	-	-
Fasanvej	B	B	B	C
Frederiksberg	A	A	A	C
Forum	B	A	A	B
Nørreport	E	C	C	E
Kongens Nytorv	C	E	E	F
Christianshavn	A	A	A	C
Islands Brygge	-	-	-	-
DR-Byen	-	-	-	-
Sundby	-	-	-	-
Bella Center	-	-	-	-
Ørestad	A	A	A	B
Vestamager	-	-	-	-
Amagerbro	A	A	A	B
Lergravsparken	A	A	A	A
Øresund	-	-	-	-
Amager Strand	-	-	-	-
Femøren	-	-	-	-
Kastrup	-	-	-	-
Lufthavnen	-	-	-	-

Tabel 8 Udnyttelsesgraden af opadgående rulletrapper for 3- og 4-vognstog

Endelig viser ovenstående tabel at serviceniveauet på de opadgående rulletrapper, som er afgørende også for sikkerheden på Nørreport Station, ligger på niveau E, som er uacceptabelt ud over meget korte perioder. Værre er det, at Kongens Nytorv Station ligger helt nede på niveau F, som er uacceptabelt på alle tidspunkter.

De gennemførte generelle analyser viser således,

- At rulletrapperne på Kongens Nytorv Station vil blive belastet til et uacceptabelt serviceniveau, som for de opadgående rulletrapper desuden vil være sikkerhedsmæssigt uacceptabelt
- At rulletrapperne på Nørreport Station vil komme ned på et serviceniveau, der normalt er uacceptabelt ud over helt korte perioder
- At forholdene på perronerne vil blive lidt forbedrede
- At en række stationer vil få forringet service, men dog fortsat acceptabel i korte perioder.

Sammenfattende vurderes det på dette grundlag, at indførelse af 4-vognstog vil medføre uacceptabel kapacitet på rulletrapperne på Kongens Nytorv og delvist på Nørreport, hvilket ud over uacceptabel service også vil have sikkerhedsmæssig betydning.

3.3.4 Supplerende generelle flowanalyser

Som et supplement til flowanalyserne med OTM 6 er der som led i arbejdet med udredningen om Lynetteholmen gennemført en række supplerende passagerprognoser på grundlag af OTM 7. Disse prognoseberegninger giver en lidt anden fordeling af passagererne end OTM 6.

De supplerende flowanalyser er udarbejdet med samme metoder og samme forudsætninger som de tidligere gennemførte analyser, bortset fra det ændrede prognosegrundlag, jf. ovenfor, ligesom samme definition af serviceniveauer er anvendt.

Perroner	**Baseline Previous analysis**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 6**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 7**
Frederiksberg	A	A	A
Nørreport	B	C	C
Kongens Nytorv	C	C	C
Christianshavn	A	A	A
Islands Brygge	C	D	C
Ørestad	C	D	B
Amagerbro	C	C	C
Lufthavnen	A	B	B

Tabel 9 Serviceniveau på perronerne

Tabel 10 viser, at serviceniveauet på nogle af perronerne vil blive forbedret, hvis OTM 7 lægges til grund.

Trapper mellem concourse og terræn	**Baseline Previous analysis**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 6**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 7**
Frederiksberg	A	A	A
Nørreport	A	A	A
Kongens Nytorv	C	E	E
Christianshavn	C	C	C
Amagerbro	A	B	A

Tabel 10 Serviceniveau på trapper mellem concourse og terræn.

Tabel 11 viser, at trapper på Kongens Nytorv Station mellem concourse og terræn vil ligge på et lavt og dermed uacceptabelt serviceniveau, bortset fra helt korte perioder, også på basis af OTM 7

Rulletrapper op mellem perron og concourse/terræn	**Baseline Previous analysis**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 6**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 7**
Frederiksberg	C	C	C
Nørreport	E	E	E
Kongens Nytorv	F	F	E
Christianshavn	C	C	C
Islands Brygge	-	-	-
Ørestad	-	-	-
Amagerbro	B	B	A
Lufthavnen	-	-	-

Tabel 11 Serviceniveau på rulletrapper fra platform til concourse eller terræn.

Tabel 12 viser, at serviceniveauet på de opadgående rulletrapper på Kongens Nytorv Station på basis af OTM 7 vil ligge et trin over serviceniveauet på basis af OTM 6, men fortsat på et uacceptabelt niveau, bortset fra helt korte perioder.

Rulletrapper ned mellem perron og concourse/terræn	**Baseline Previous analysis**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 6**	**Basis_Orientkaj_2035 OTM 7**
Frederiksberg	C	C	C
Nørreport	A	A	A
Kongens Nytorv	E	F	E
Christianshavn	C	C	C
Islands Brygge	-	-	-
Ørestad	-	-	-
Amagerbro	C	C	B
Lufthavnen	-	-	-

Tabel 12 Service niveau på rulletrapper til platform fra concourse eller terræn.

Tabel 13 (på side 16) viser, at serviceniveauet på de nedadgående rulletrapper på Kongens Nytorv Station på basis af OTM 7 vil ligge et trin over serviceniveauet på basis af OTM 6, men fortsat på et uacceptabelt niveau, bortset fra helt korte perioder.

Som det fremgår af de viste tabeller med resultaterne af de supplerende generelle flowanalyser, ændres fordelingen og dermed kapacitetsbelastningen mellem stationerne i 2035. Kapaciteten på perronerne er fortsat acceptabel på alle stationer, mens kapaciteten på trapperne mellem concourse-niveau og terræn på Kongens Nytorv Station fortsat er på et lavt og dermed uacceptabelt niveau. Serviceniveauet på både de nedadgående og opadgående rulletrapper vil på basis af OTM 7 ligge et trin over serviceniveauet på basis af OTM 6, men fortsat på et uacceptabelt niveau, bortset fra helt korte perioder.

3.3.5 Generelle kapacitetsforhold i den daglige drift på alle stationerne - sammenfatning

Med de allerede foretagne ændringer, blandt andet af sædeopsætningen, viser analyserne af 'passagerflowet', at passagerbelastningen i den daglige drift på Kongens Nytorv Station, i 2035 - baseret på OTM 6 prognosen og lidt senere baseret på OTM 7 – vil være uacceptabel. På Kongens Nytorv Station er grænsen for kapaciteten således tæt på at være nået allerede med 3-vognstog. Indførelse af 4-vognstog vil derfor indebære en overskridelse af kapacitetsgrænsen.

Det skal i den forbindelse også tages i betragtning, at de generelle flowanalyser er udført i en forenklet model, der giver et mere positivt billede af fremkommeligheden på stationerne, end man må forvente. Det skyldes at en række forhold ikke er medtaget i den anvendte model, blandt andet:

- at der i modellerne ikke tages hensyn til lokale forhindringer (rejsekortstandere, affaldsspande mv.)
- at der ikke regnes med tog, der ankommer samtidigt til stationen
- at der ikke tages hensyn til sekundære effekter, f.eks. at trængsel på en rulletrappe kan betyde at perronen ikke kan tømmes.

Uden at tage hensyn til, at modellens resultater kan give et for positivt billede, er konklusionen på denne del af undersøgelsen således, at der ikke vil kunne forventes opnået en mærkbar øget kapacitet ved indførelsen af 4-vognstog med mindre, der sker en ombygning/udvidelse af to kritiske stationer: Kongens Nytorv og Nørreport. I givet fald vil de afholdte omkostninger og de gener, gennemførelsen af indførelsen af 4-vognstog vil påføre passagererne, være spildt. På den baggrund er der foretaget supplerende undersøgelser af mulighederne for og konsekvenserne af en ombygning af de relevante stationer, jf. nedenfor.

3.4 Evakuering

De længere 4-vognstog forlænger evakueringstiden for passagererne både fra togene i tunnelerne og fra perronerne på stationerne. Dette forstærkes af den øgede togkapacitet som følge af den ændrede sædeopsætning. Evakueringsforholdene r derfor analyseret generelt og beskrevet i den tekniske rapport og refereret nedenfor.

3.4.1 Evakuering fra perroner på tunnelstationer

Evakuering af passagerer fra perroner skal overholde kravene i den gældende brandnorm NFPA 130, som danner grundlag for sikkerhedsgodkendelsen af metroen. Denne norm kræver, at alle passagerer skal være evakueret fra perronen indenfor 4 minutter, og at alle passagerer skal være evakueret til et sikkert sted udenfor stationen indenfor 6 minutter.

Passagerbelastningen (occupant load) af perronen skal baseres på passagertallet i to tog, der ankommer til stationen samtidigt samt et tilsvarende antal ventende passagerer. Passagerbelastningen skal beregnes for myldretid og det ene af disse tog skal regnes som værende fuldt lastet, jævnfør NFPA 130, hvilket svarer til henholdsvis 354 og 505 passagerer for henholdsvis en 3- og 4-vogns løsning. Dette medfører, at der ved en 4-vogns løsning skal evakueres 151 flere passagerer end ved en 3-vogns løsning.

Der foreligger beregninger fra 2017 for 9 tunnelstationer på M1/M2 på basis af passagerprognoser for 2025, 2035 og 2050. Beregningerne blev udført med en togfrekvens på 112 sekunder. Evakueringskapaciteten og passagerbelastninger for de - ud fra en generel vurdering - relevante stationer er angivet i nedenstående tabel, hvor også den forøgede passagerbelastning fremgår. Det

bemærkes, at evakueringskapaciteten varierer fra station til station afhængigt af stationens størrelse, trappeudformning m.v. De detaljerede flow- og evakueringsanalyser har efterfølgende vist, at evakueringsforholdene på både Kongens Nytorv Station og Nørreport Station er mindre gunstige end vist i de generelle analyser.

Station	Evakuerings-kapacitet	År	Passagerbe-lastning 4-vognstog	Overskridelse af kapacitet
Kongens Nytorv	1311	2025	1179	nej
		2035	1279	nej
		2050	1385	Med 4-vognstog
Christianshavn	888	2025	941	Med 4-vognstog
		2035	1004	Med 4-vognstog
		2050	1074	Med 4-vognstog
Amagerbro	797	2025	923	Med 4-vognstog
		2035	966	Med 4-vognstog
		2050	1029	Med 4-vognstog

Tabel 13 Evakueringskapacitet på stationer sammenholdt med passagerbelastning ved 4-vognstog

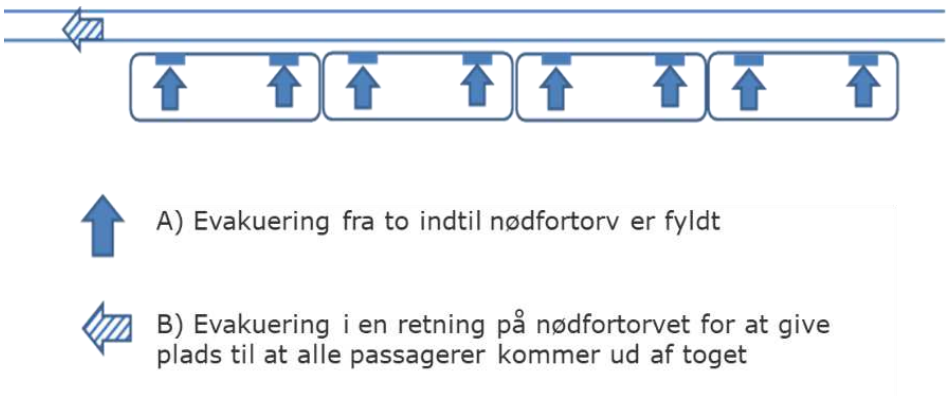
Det fremgår af ovenstående tabel, at de vurderede tre stationer vil overskride deres evakueringskapacitetsgrænse ved indførelse af 4-vognstog.

På den baggrund er de supplerende undersøgelser af muligheden for ombygning af Kongens Nytorv Station og Nørreport Station udvidet til også at omfatte Christianshavns Station og Amagerbro Station.

3.4.2 Evakuering fra tog i tunneler

Hvis et brændende tog er standset i tunnelen mellem to stationer, vil passagererne efter de gældende brandnormer skulle være ude af toget og i gang med evakuering ad gangbroen i én retning, nemlig modsat ventilationsretningen.
Evakueringen kan således opdeles i to etaper

- Passage fra tog til nødfortov
- Evakuering ad gangbro i én retning, hvor det er nødvendigt at skabe plads til, at alle passagerer kan komme ud af toget



Figur 2 Evakuering af tog i tunnel

Det er beregnet, at evakuering af et 3-vognstog vil tage mellem 3 minutter og 8 sekunder og 2 minutter og 33 sekunder afhængigt af, om der vil være 3 eller 4 passagerer per meter gangbro. En forøgelse af toglængden som følge af indførelsen af 4-vognstog vil øge evakueringstiden til mellem 4 minutter og 21 sekunder og 3 minutter og 31 sekunder.

Evakueringen af et 4-vognstog, der er standset i tunnelen på grund af brand eller lignende, vil således tage længere tid end evakueringen af et 3-vognstog. For nye tog – 3-vognstog eller 4-vognstog - er brandkravene imidlertid skærpede, hvilket vil medføre accept af en lidt længere evakueringstid.

Såfremt dette ved den detaljerede vurdering måtte vise sig ikke at være tilstrækkeligt til at opfylde sikkerhedskravene til evakuering, vil de nye tog – i modsætning til de eksisterende tog på M1/M2 - kunne forsynes med sprinkleranlæg (mist-system). Det vurderes, at dette vil være tilstrækkeligt til at opfylde sikkerhedskravene til evakuering fra et 4-vognstog i tunnelen.

3.4.3 Evakuering – sammenfatning

Sammenfattende vurderes det, at evakueringskravene på nogle af stationerne – Kongens Nytorv Station, Christianshavn Station og Amagerbro Station – ikke kan opfyldes med indførelsen af 4-vognstog, med mindre der foretages en ombygning af disse stationer. Muligheden for udvidelse af disse stationer er derfor belyst i en supplerende undersøgelse, der gennemgås nedenfor.

For så vidt angår evakueringskravene i tunnelerne vurderes disse at kunne opfyldes, såfremt indførelsen af 4-vognstog sker ved anskaffelse af nye tog, der lever op til de nye brandkrav, og som eventuelt vil kunne forsynes med sprinkleranlæg.

4 Ændringer af transportsystem, herunder tilpasning af infrastruktur

4.1 Baggrund

Under forundersøgelserne til anlæg af den eksisterende Metro med linjerne M1/M2 i midten af 1990'erne blev det besluttet at basere M1/M2 på 3-vognstog. For ikke at udelukke, at der en gang i fremtiden kunne indføres 4-vognstog i Metroen, besluttede selskabet at etablere de dybe stationer på en måde, så der ville være plads til en ekstra perrondør i hver ende af perronen på disse stationer. Dette muliggjorde, at et 4-vognstog ville kunne have alle sine døre inden for perronen, idet togets forende og bagende uden skade vil kunne holde uden for perronen.

De halvdybe stationer var ligeledes tænkt udført, således at selve længden af perronen ikke ville være til hinder for en gang i fremtiden at indføre 4-vognstog, selv om dette kræver fjernelse af vægge og ikke blot udskiftning af glaspaneler i enderne af stationerne. Dette skete da også på de to af stationerne, Islands Brygge og Fasanvej stationer. Denne mulighed blev dog opgivet på Frederiksberg Station på grund af fredningen af den gamle Frederiksberg stationsbygning, det gamle pakhus og postbygningen, der rækker ind over Frederiksberg metrostation. Indførelse af 4-vognstog forudsætter derfor en mindre udvidelse af Frederiksberg Station.

Generelt blev M1/M2 planlagt, så udvidelser af kapaciteten var mulige for dermed at kunne følge en øget efterspørgsel, samtidig med at det ikke risikeredes at overinvestere i det tilfælde, at efterspørgslen ikke steg mere end forventet på daværende tidspunkt.

4.2 Hovedpunkter i den tekniske undersøgelse

Som grundlag for den tekniske undersøgelse foretog selskabet i samarbejde med de tekniske rådgivere en gennemgang af hvilke dele af den eksisterende metro, der måtte forventes berørt af en overgang fra 3-vognstog til 4-vognstog. Gennemgangen dannede herefter grundlag for valget af de forhold, der er belyst i den tekniske rapport.

Det blev således klart, at de væsentligste forhold – ud over selve udskiftningen af togene og ændringer af infrastrukturen - som skulle belyses, var kapacitetsforholdene på stationerne under den almindelige drift og kravene til evakuering i henhold til brandreglerne, både på stationer og i tunneler.

Det blev i den forbindelse også aftalt, at undersøgelsen ikke skulle belyse opgraderingen af ATC-systemet, da en særskilt undersøgelse heraf allerede var igangsat, samt at mindre tekniske justeringer, som ikke ville have en mærkbar indflydelse på tid og omkostninger, skulle udelades af undersøgelsen.

Den tekniske undersøgelse viser, at det er teknisk muligt at indføre 4-vognstog. Dette forudsætter et nyt ATC-system forberedt for kørsel med 4-vognstog og for samkørsel af 3-vogns- og 4-vognstog. Det forudsætter desuden, at der anskaffes nye 4-vognstog, idet de eksisterende 3-vognstog ved en ombygning til 4-vognstog ikke vil kunne leve op til brandkravene ved evakuering af de længere 4-vognstog i tunneler. Desuden vil indførelsen af 4-vognstog kræve udvidelse af omfanget af perrondøre, ombygninger af de tre halvdybe stationer samt visse ændringer af infrastrukturen og CMC. Gennemførelsen af overgangen fra 3-vognstog til 4-vognstog forventes at vare ca. 10 år, inklusive udbud og indkøb af 4-vognstog samt udskiftningsperiode fra 3-vognstog til 4-vognstog, og udbud og gennemførelse af anlægsopgaverne på infrastrukturen, men uden udskiftning af ATC-systemet, som er forudsat gennemført som en del af Metroselskabets investeringsprogram.

Såfremt den ønskede kapacitetsforøgelse skal være etableret i 2035, er det imidlertid en forudsætning, at både de mindre ombygninger af infrastrukturen samt udskiftningen af togene til 4-vognstog påbegyndes senest 2025, hvor opgraderingen af ATC-systemet i givet fald skal være gennemført eller igangsat. Opgraderingen af ATC-systemet forventes at vare ca. 5-7 år og skal således igangsættes inden for de nærmeste få år, hvis denne tidsplan skal overholdes. Hvis opgraderingen af ATC-systemet ikke er gennemført inden påbegyndelsen af 4-vognstogprojektet i 2025, men i stedet udføres sideløbende, vil det skabe komplekse afhængigheder mellem de to projekter på områder som installation, indkøb og nedlukning af drift.

I de tekniske undersøgelser er anlægsomkostningerne opgjort som de samlede omkostninger ved at anskaffe 4-vognstog – uden omkostningerne til udskiftning af ATC-systemet. Endvidere er nettoforskellen mellem at anskaffe nye 3-vognstog og at anskaffe nye 4-vognstog særskilt opgjort. De samlede anlægsomkostninger ved indførelsen af 4-vognstog – inklusive omkostningerne til opgradering af ATC-systemet – vil være på knapt 5 mia. kr. Hvis der tages udgangspunkt i nettoforskellen, vil nettoanlægsomkostningerne være på omkring 1 mia. kr., eksklusive omkostningerne til udskiftning af ATC-systemet og anskaffelsen af 3-vognstog, jf. også beskrivelsen nedenfor.

Den væsentligste udfordring ved indførelsen af 4-vognstog har imidlertid vist sig at være det øgede passagertal på nogle af de centrale stationer, især Kongens Nytorv Station, Nørreport Station, Christianshavn Station og Amagerbro Station. Formålet med indførelsen af 4-vognstog er at øge togkapaciteten i M1/M2 særligt over havnesnittet, hvor der allerede i dag er begyndende

kapacitetsproblemer. En forøgelse af kapaciteten i togene forudsætter imidlertid, at kapaciteten på stationerne er tilstrækkelig både i den daglige drift og i evakueringssituationen – begge dele vil være en forudsætning for opretholdelse af en sikker drift og dermed også for sikkerhedsgodkendelse af systemet.

Med det øgede passagertal på Kongens Nytorv Station, der nu er skiftestation mellem M1/M2 og M3/M4, kombineret med den kapacitetsforøgelse, der er og kan opnås gennem optimering af sædeopstillingen, vil indførelse af 4-vognstog medføre en overskridelse af kapacitetsgrænsen i myldretiden. Hertil kommer, at Christianshavn Station og Amagerbro Station og på lidt længere sigt også Kongens Nytorv Station og Nørreport Station ikke vil kunne leve op til brandreglernes kapacitetskrav under evakuering.

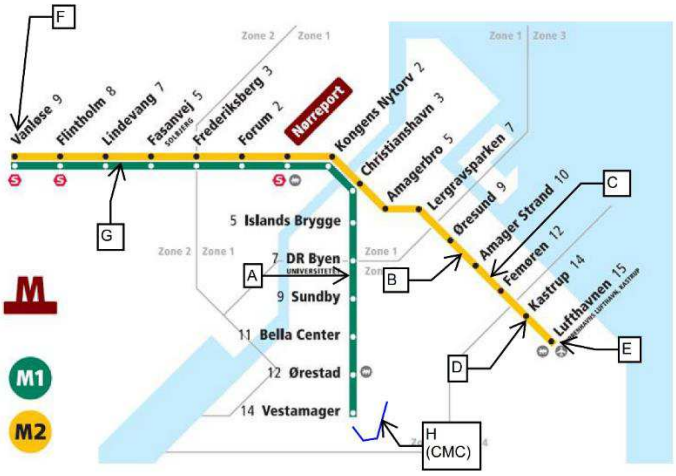
4.3 Tekniske forhold

4.3.1 Infrastruktur

Undersøgelsen belyser nødvendige ændringer i en række infrastrukturelementer.

Jernbaneinfrastrukturen vil skulle ændres, for så vidt angår en del henstillingsspor (pocket tracks), der er indrettet på parkering af to koblede 3-vognstog. Disse spor vil således skulle forlænges, således at driftsforudsætningen om mulighed for parkering af koblede tog kan opretholdes.

Endvidere vil det skulle vurderes, om det vil være nødvendigt at foretage ændringer ved endestationerne i Vanløse og Lufthavnen, fordi 4-vognstog er tungere end 3-vognstog. Det skal dog tages i betragtning, at 4-vognstogene har en bogie mere og motorer på alle bogier, således at 4-vognstogene formentlig har samme eller bedre bremsekraft end 3-vognstogene. På den baggrund er der ikke vurderet behov for længere sikkerhedsafstand (bufferzone) efter de to endestationer. Hvis mere detaljerede analyser på et senere tidspunkt skulle vise behov for længere bremseafstande i Lufthavnen og Vanløse, vil konsekvensen mest sandsynligt være, at der må indføres langsommere indkørsel til disse stationer. Dette vil i givet fald påvirke togfrekvensen og dermed effektiviteten af driften med 4-vognstog. Denne situation er ikke analyseret nærmere, men langsommere kørsel til endestationer giver en reduktion i systemets samlede kapacitet. Det er dog en grundforudsætning, at hastigheden ved indkørsel til disse stationer vil kunne opretholdes.



Figur 3 Placering af henstillingsspor

For så vidt angår *kørestrømmen* vurderes der ikke at være behov for ændringer af strømskinnen (3. skinnen), men kablingen vil skulle opgraderes, da 4-vognstog kræver større kabler. *Strømforsyningen* vil ligeledes skulle opgraderes, blandt andet vil transformerne skulle udskiftes, men det vurderes, at nye transformere vil kunne indplaceres i de eksisterende transformerstationer. Ensrettere skal tilsvarende opgraderes, hvis transformerne skiftes.

4.3.2 ATC-systemet

ATC-systemet (det førerløse signalsystem) er, som nævnt, besluttet udskiftet som led i Metroselskabets investeringsprogram. Ved udskiftningen forudsættes det, at systemet forberedes for kørsel med 4-vognstog samt for samtidig kørsel med 3-vognstog og 4-vognstog i overgangsfasen. Udskiftningen af ATC-systemet, som er et teknisk kompliceret projekt med betydelige indgreb i den daglige drift under udførelsen, er under alle omstændigheder nødvendig på et tidspunkt.

Indførelsen af 4-vognstog forudsætter imidlertid, at dette sker inden overgang til implementeringen af 4-vognstog, hvilket indebærer en binding på beslutningen om tidspunktet for udskiftning af ATC-systemet. Endvidere vil systemet skulle testes og godkendes til håndteringen af 4-vognstog, når disse tog leveres. En sådan testning vil gribe ind i driften, og den nødvendige sikkerhedsgodkendelse må forventes at være tidskrævende. De nævnte ekstrakrav til ATC-systemet indebærer en risiko for en fordyrelse af ATC-projektet, som ikke er medtaget i anlægsomkostningerne for projektet for 4-vognstog, men som indgår i risikovurderingen for dette projekt.

4.3.3 Perrondøre

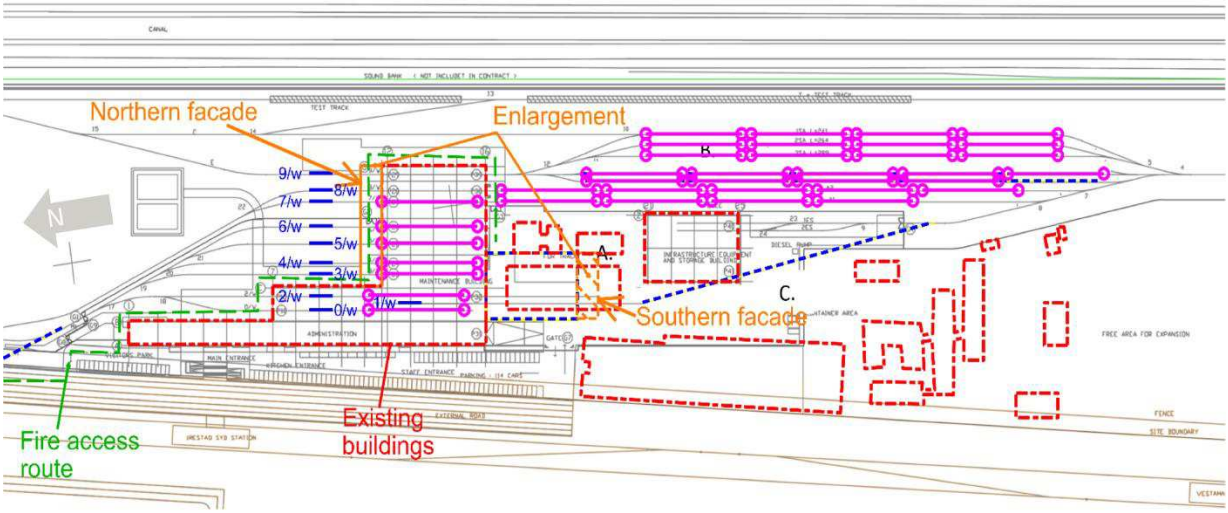
Inden overgang til 4-vognstog skal der etableres fire *perrondøre* ekstra på hver station. På de dybe stationer er glasvæggen med de nuværende perrondøre og flugtdøre så lang, at de ekstra perrondøre kan etableres ved udskiftning af nogle flugtdøre i begge ender af perronerne. På to af de halvdybe stationer vil der skulle foretages nogle mindre ombygninger for at muliggøre etableringen af de ekstra perrondøre. Udskiftningen af perrondøre vil nødvendiggøre lukning af de berørte sporstrækninger i kortere perioder.

Ombygningen af Frederiksbergs Station vil, som omtalt ovenfor, være mere omfattende, men vil dog fortsat kunne gennemføres uden væsentlige tekniske hindringer, men vil nødvendiggøre enkeltsporsdrift i en periode på omkring 6 måneder.

For så vidt angår de overjordiske stationer, vil der være behov for en forstærkning af de dele af perronerne, hvor de ekstra perrondøre skal etableres. Etableringen af de ekstra perrondøre vurderes anlægsøkonomisk at være af begrænset omfang, men arbejdet kan ikke undgå at påvirke driften af M1/M2 i en længere periode.

4.3.4 Kontrol- og Vedligeholdelsescentret (CMC)

Kontrol- og Vedligeholdelsescentret (CMC) er indrettet til 3-vognstog, men det vurderes, at de udendørs opstillingsområder vil have kapacitet nok til også at rumme det forudsatte antal 4-vognstog i den permanente situation. I ombygningsfasen vil der dog være behov for opstilling af tog udenfor CMC. Derimod vil det være nødvendigt at ombygge værksteder, vaskehal m.v. Disse ombygninger er anlægsmæssigt af begrænset omfang, men arbejdet kan ikke undgå at påvirke driften på M1/M2 i en længere periode, afhængigt af gennemførelsesmetoder (6 - 12 måneder), idet vedligeholdelsesfaciliteterne i denne periode vil være begrænsede. Figuren nedenfor viser placering af 4-vognstog på CMC.



Figur 4 CMC, udvidelse af bygning og opstillingskapacitet. De lyserøde bjælker viser 4-vognstog. For at sikre adgang for slukningskøretøjer ved brand må der etableres en vej (overkørsler med strail eller tilsvarende) nord for bygningen. Der er plads til en sådan vej, så der stadig kan holde tog uden for bygningen på nordsiden i spor 3W, 4W, 5W og 6W

En række systemer, herunder passagerinformationssystemer (PSIS), tunnelventilation m.v., er gennemgået, uden at der er fundet behov for væsentlige ekstra tiltag.

4.3.5 Rullende materiel/tog

Undersøgelsen belyser strategier for overgang fra 3-vognstog til 4-vognstog, herunder især håndteringen af de 8 ekstra tog, som anskaffes nu med henblik på en hurtig forøgelse af kapaciteten i M1/M2. Det er i undersøgelsen forudsat, at overgangen til 4-vognstog i givet fald vil være sammenfaldende med en normal udskiftning af togflåden, og at alle tog, det vil sige også de senest anskaffede 8 ekstra tog, skal genanskaffes. Da kapacitetsforøgelsen er forudsat at være til rådighed i 2035, er det således forudsat, at den nuværende 3-vogns togflåde fysisk udskiftes i perioden 2029 – 2035, og at udskiftningen således forberedes i perioden 2025 – 2029, inklusive udbudsprocessen.

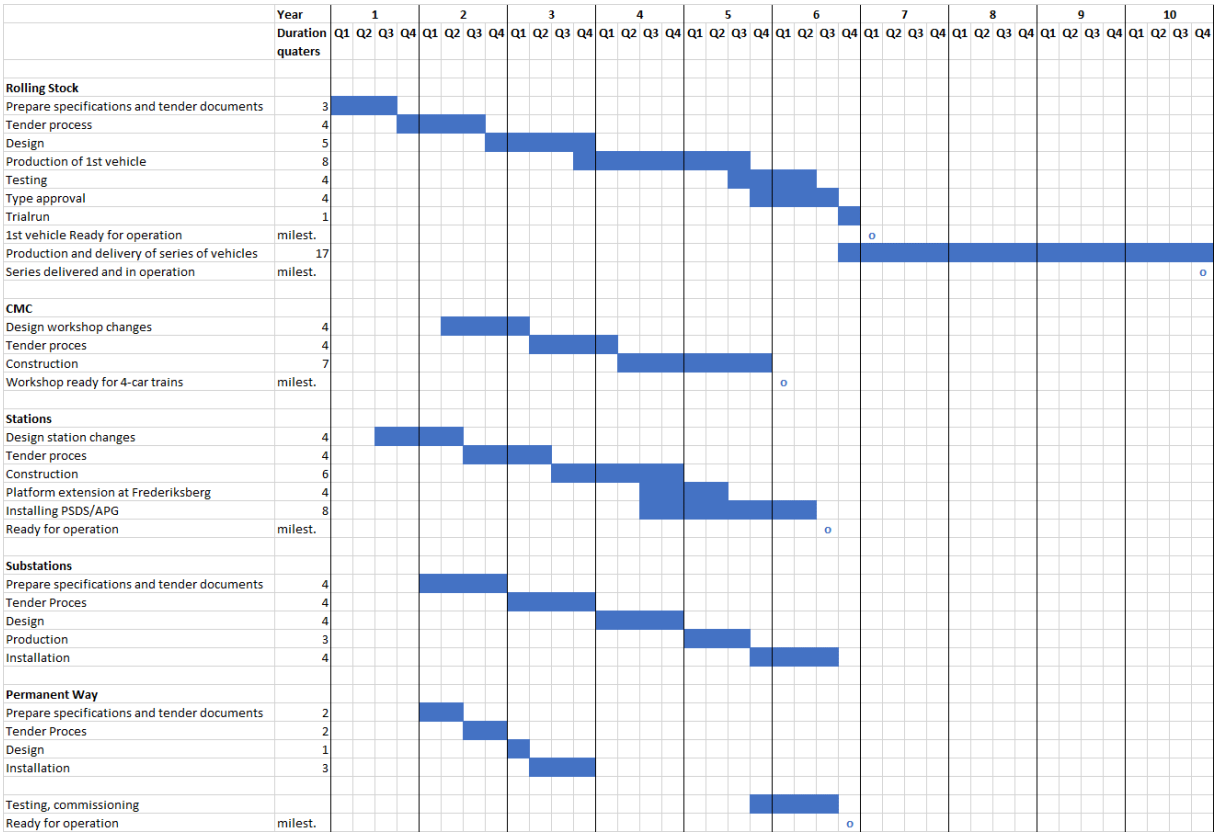
De 8 ekstra tog, der leveres fra 2020, vil i princippet kunne ombygges til 4-vognstog, som en del af en midtvejs renovering, der almindeligvis foretages efter 15 års drift. Det vil imidlertid betyde, at man vil have en flåde af blandede tog og ved at byde en større mængde tog ud, er der større chance for interesse i markedet og deraf følgende bedre priser. Undersøgelsen anbefaler blandt andre alternativer, at de 8 tog sælges, når de nye 4-vognstog er implementeret.

Det vurderes realistisk at overgangen til 4-vognstog tidsmæssigt sker på det tidspunkt, hvor de eksisterende 3-vognstog alligevel skal udskiftes, men det er klart, at en beslutning om en tidsmæssig sammenkobling binder tidspunktet for udskiftning af den eksisterende togflåde, således at det ikke vil være muligt for eksempel at udskyde udskiftningen og i stedet renovere og levetidsforlænge den eksisterende togflåde.

Det skal desuden understreges, at det i praksis ikke vil være muligt at vælge en anden strategi for overgang til 4-vognstog, for eksempel indsættelse af en ekstra vogn i de eksisterende 3-vognstog. Dette skyldes, at forudsætningen for en sikkerhedsmæssig acceptabel evakuering af 4-vognstog i tunnelerne er baseret på tog, der opfylder de nye brandkrav, hvilket ikke er tilfældet for den eksisterende togflåde, som er produceret under de tidligere brandkrav.

Dette forudsætter imidlertid, som nævnt, at ATC-systemet allerede er udskiftet, og at dette også er forberedt for overgang til 4-vognstog. Det forudsætter desuden, at 3-vognstogene ligesom perrondørene og transformerne alligevel skulle udskiftes på samme tidspunkt, som det besluttes at overgå til 4-vognstog, hvilket indebærer en tidsmæssig binding af disse investeringer. Tager man derfor udgangspunkt i de samlede omkostninger, inklusive udskiftning af ATC-system, anskaffelse af nye tog, perrondøre og transformere, bliver de samlede omkostninger til ændringerne af transportsystemet m.v. på ca. 4,8 mia.kr.

4.4 Tidsplan for gennemførelsen af ændringer af transportsystemet



Figur 5: Foreløbig tidsplan for implementering af 4-vognstog.

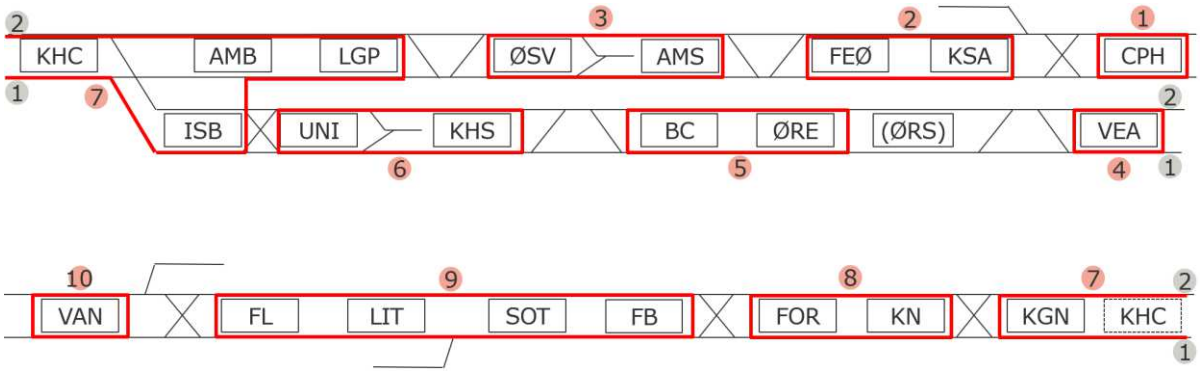
Som det fremgår af tidsplanen i ovenstående figur, vil det samlede tidsforbrug til indførelse af 4-ændringer af transportsystemet være på omkring 10 år. Det vurderes således, at forberedelsen af togleverancen vil kunne ske parallelt med gennemførelsen af den nødvendige tilpasning af infrastruktur og tekniske anlæg.

Tidsplanen forudsætter, at ATC-systemet er udskiftet forud for igangsætning (eller under udskiftning som før beskrevet) af ombygningen til indførelse af 4-vognstog. Såfremt indførelsen af 4-vogntog i givet fald skal medvirke til den nødvendige kapacitetsforøgelse i 2035, vil de nødvendige ændringer af infrastrukturen og udvikling og anskaffelse af 4-vognstog skulle påbegyndes i 2025.

4.5 Driftskonsekvenser i anlægsperioden for ændringer i transportsystemet

En række af ændringerne af transportsystemet vil sammen med overgangen mellem 3-vognstog og 4-vognstog uundgåeligt have indflydelse på driften af M1/M2 i kortere eller længere perioder. Opgradering af den tekniske jernbaneinfrastruktur, kørestrøm og strømforsyning m.v. vurderes kun at medføre begrænsede konsekvenser for driften. Udskiftningen af ATC-systemet vil have betydelige konsekvenser for driften, men det er i undersøgelsen forudsat, at udskiftningen skal ske uafhængigt af overgangen til 4-vognstog. Overgangen til 4-vognstog vil dog, selv om ATC-systemet er forberedt til kørsel med 4-vognstog og samtidig kørsel med både 3-vognstog og 4-vognstog, indebære betydelige konsekvenser for driften. Hertil kommer, at indførelsen af et nyt 4-vognstog vil skulle testes, og at der må forventes opstillet betydelige krav til sikkerheden i forbindelse med denne testning.

Etableringen af de ekstra perrondøre, inklusive de nødvendige ombygninger, vurderes at kunne påvirke driften, blandt andet vil enkeltsporsdrift og deraf følgende lavere frekvens og hastighed være nødvendig i perioder. Samlet vil etableringen af perrondøre kunne påvirke driften i ca. 24 måneder. Ombygningen af CMC vil ligeledes have en negativ indflydelse på driften, fordi vedligehold i denne periode vil begrænses af ombygningen. Dette vurderes at kunne påvirke driften i 6 - 12 måneder, afhængigt af gennemførelsesmetode. Figuren nedenfor fra den tekniske rapport viser, hvorledes strækningen f.eks. vil kunne opdeles i sektioner i forbindelse med udskiftning af perrondøre.



Figur 6 Illustration af gruppering af stationer for enkeltsporsdrift under implementering af platformdøre/APG og udvidelse af Frederiksberg Station.

Udskiftningen af 3-vognstogene til 4-vognstog vil indebære kørsel med to toglængder i en periode på ca. 4 1/4 år. Ud over en indledende fase, hvor der kan forekomme uregelmæssigheder på grund af det mere komplicerede driftssystem, vurderes dette dog at kunne gennemføres uden markante påvirkninger af driften, såfremt der foretages en ekstra informationsindsats over for passagererne.

Ved udskiftningen af togene må de største gener for driften og dermed passagererne forventes at forekomme i de nødvendige testperioder for såvel den ændrede infrastruktur som de nye tog. Selv om en del test kan foretages på fabrikken og på testspor, inden de nye tog indsættes på hovedlinjerne, må det forventes, at der vil være en periode på 2-4 måneder, hvor der skal køres testkørsel, som vil påvirke driften markant.

5 Ombygning af fire kritiske stationer

De gennemførte undersøgelser af ændringer af transportsystemet viste, at fire stationer – Kongens Nytorv, Nørreport, Christianshavn og Amagerbro – ikke har tilstrækkelig kapacitet til indførelse af 4-vognstog. Dette gælder, dels i relation til passagerstrømme (flow) i myldretiden – Kongens Nytorv og Nørreport – dels i forhold til de krævede evakueringstider i overensstemmelse med brandnormerne – alle fire stationer. På den baggrund er der gennemført supplerende undersøgelser af mulighederne for ombygning af disse fire stationer. Resultaterne af de supplerende undersøgelser gennemgås i det følgende

5.1 Forudsætninger

Det er forudsat, at ombygning af de fire kritiske stationer skal ske inden for rammerne af de nuværende funktionelle og arkitektoniske principper, herunder opretholdelse af nem adgang, hurtigt overblik over stationen og klare og forståelige bevægelsesmønstre. I modsat fald vil ændringerne kunne medvirke til at forringe passagerflow og dermed kapaciteten.

Der er desuden forudsat, at anlægsarbejderne skal tilrettelægges, således at Cityringen ikke berøres, og at driften på M1/M2 kan opretholdes i hele anlægsperioden, omend dette nødvendigvis må ske med begrænsninger.

Vurderingerne af passagerflow og evakueringskapacitet er baseret på OTM 6, og det er forudsat, at 4-vognstog vil have kapacitet til at rumme 388 passagerer, svarende til en opregning af kapaciteten i 3-vognstog baseret på forudsætningerne i de øvrige analyser i relation til Lynetteholmsprojektet. Vurderingen af evakueringskapaciteten følger reglerne i den for M1/M2 gældende brandnorm, NFPA 130.

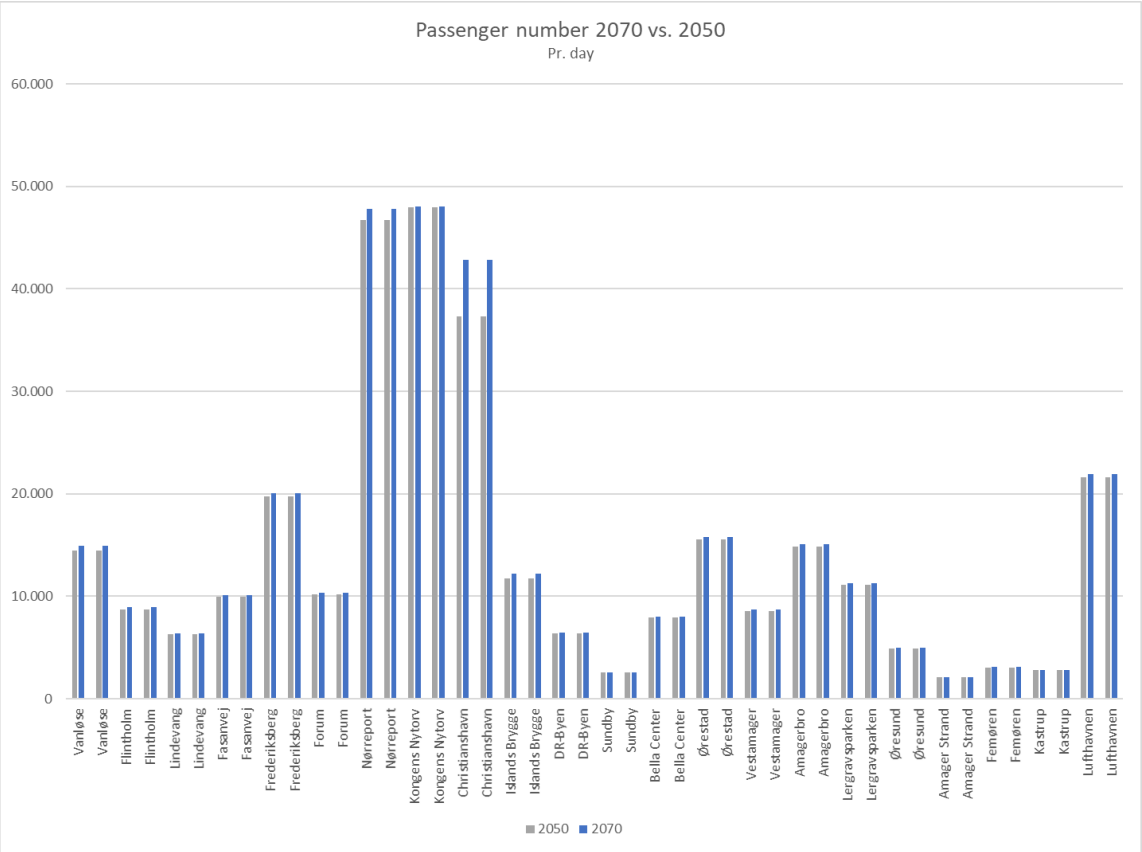
5.2 Detaljerede flowanalyser til brug for belysning af ombygning af de fire kritiske stationer

På grundlag af de overordnede generelle flowanalyser og evakueringsvurderinger, som beskrevet i afsnit 3, er det undersøgt, hvorledes de fire kritiske stationer – Kongens Nytorv, Nørreport, Christianshavn og Amagerbro stationer – kan ombygges, således at der kan opnås acceptabel passagerkapacitet (flow) i den daglige drift – Kongens Nytorv og Nørreport stationer – og evakueringsforhold på alle fire kritiske stationer. Desuden er der udviklet en model til gennemførelse af mere detaljerede flow- og evakueringssimuleringer, som er anvendt på de fire kritiske stationer efter indførelse af 4-vognstog både med og uden de undersøgte og foreslåede ombygninger.

På Kongens Nytorv Station og Nørreport Station omfatter simuleringerne både passagerstrømmene i den daglige drift og under evakuering. For Christianshavn Station og Amagerbro Station omfatter simuleringerne alene situationen under evakuering. Alle situationer er vist for 4-vognstog og med to tog ankommende samtidig. For hver situation er vist både et ankomstscenarie og et afgangsscenarie og både med den nuværende stationsudformning og med den ombyggede station.

		Nørreport	Kongens Nytorv	Amagerbro	Christianshavn
Drift	2035			-	-
	2050			-	-
Evakuering	2035				
	2050				

Tabel 14: Oversigt over de gennemførte simuleringer



Figur 7: Sammenligning af prognoserne for udvikling i daglige passagertal i 2050 og 2070.

Som det fremgår af figuren ovenfor, ligger passagerprognoserene for 2070 tæt på 2050 prognoserne – bortset fra Christianshavns Station, som i passagerprognosen er givet en særlig funktion, der er vurderet irrelevant i analysen af 4-vognstog. Flowsimuleringerne for 2050 har således vist sig at være repræsentative også for 2070. Flowsimuleringerne er derfor gennemført for 2035 og 2050, idet simuleringerne for 2050 også dækker 2070, og for to scenarier – et påstigningsscenarie og et afstigningsscenarie.

5.2.1 Videreudviklet analysemodel

Den nye analysemodel er en videreudvikling af det tidligere nævnte software simuleringsværktøj Viswalk, der er et efterprøvet (mere end 40 år) og internationalt udbredt værktøj til brug for vurdering af flow og kapacitet. Viswalk simuleringsværktøjet er baseret på analyser af de parametre, der styrer fremdrift og afstande mellem forskellige typer af mennesker i bevægelse, og vurderes som velegnet til vurdering af flow og kapacitet på metrostationer.

Den videreudviklede analysemodel inddrager blandt andet passagerernes bevægelser, sammenhæng og interaktion mellem passagererne, lokale forhindringer, rulletrapper og elevatorer og samtidig ankomst af to tog, hvilket hyppigt vil forekomme med den forudsatte højere togfrekvens, samt andre dynamiske effekter. Med den nye model er det derfor muligt at give et mere detaljeret billede af, hvor problemerne opstår på den enkelte station, og dermed vurdere hvilke tiltag, ombygninger og udvidelser, der vil være nødvendige og hensigtsmæssige. Resultaterne af de gennemførte simuleringer og de anvendte kriterier er omtalt i de følgende afsnit efter beskrivelsen af de foreslåede ombygninger af de enkelte stationer.

Analyserne tager udgangspunkt i det 25. mest belastede 5-minutters interval i løbet af et år på en station med normal drift i metrosystemet. Det betyder, at de værst tænkelige situationer ikke indgår i analyserne. Dette vurderes at være acceptabelt, da de værst tænkelige situationer må forventes at opstå under særlige forhold, som kan forudsiges og planlægges på forhånd. Det gælder for eksempel i forbindelse med indledning og afslutning af større sociale begivenheder, hvor mange mennesker ankommer samtidig til stationen. I sådanne situationer er det forudsat, at operatøren tager særlige forholdsregler til håndtering af de ekstramange mennesker gennem såkaldt crowd control. Metoden er en internationalt anerkendt metode, som rådgiverne har anvendt til dette formål i de tekniske undersøgelser.

Nedenfor er vist eksempel på billede fra simuleringsmodel.

Figur 8: Figuren viser et billede fra simuleringsmodellen, hvor hver passager er simuleret for at vurdere passagerstrømmene og identificere flaskehalse i myldretiden

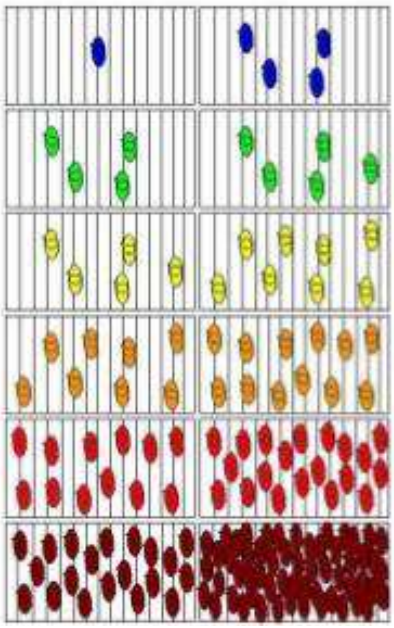
5.2.2 Grundlag for vurdering af resultaterne under almindelig drift

Simuleringerne er vist som videoer af hver passagers bevægelser i de forskellige scenarier, som omsættes til nøgletal for tæthed, rejsetid/gåtid etc. Simuleringerne er omsat til såkaldt 'Level of

Service' (LOS) – se også afsnit 3.3.3 - der anvendes som grundlag for vurdering af kvalitet af passagerstrømme,
størrelsen af flaskehalse og tætheden på stationen. Level of Service (LOS) er defineret I nedenstående tabel og et eksempel på resultaterne vist i den efterfølgende figur:

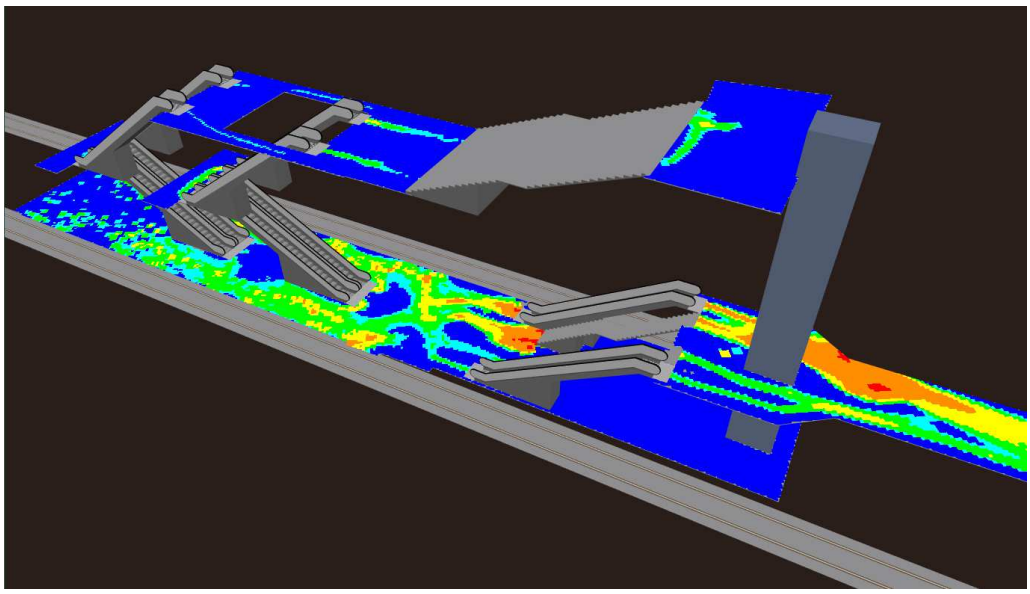
VISWALK OUTPUT – FRUIN LEVEL OF SERVICE

Level of Service	Footways (peds/m/min)	Footways (peds/m²)	LOS	Description
A	<23.0	<0.31	Flow rate les than 23 people per metre per minute	Free circulation
B	23.0-32.8	0.31-0.43	Flow rate 23 to 33 people per metre per minute	For one directional flows, free circulation. For reverse and crossing flows, minor conflicts
C	32.8-48.2	0.43-0.72	Flow rate 34 to 49 people per metre per minute	Some restriction in selection of walking speed and ability to pass others. High probability of conflict.
D	48.2-65.6	0.72-1.08	Flow rate 49 to 66 people per minute.	Restricted and reduced walking speed for most pedestrians. Difficulties in passing. Multiple conflicts, momentary stoppages of flow.
E	65.6-82.0	1.08-2.17	Flow rate 66 to 82 people per metre per minute.	Restricted and reduced walking speed for all pedestrians. Shuffling progress at higher densities. Extreme difficulties in reverse or cross flows.
F	>82.0	>2.17	Flow rate >82 people per metre per minute	Circulation reduced to shuffling. Reverse and cross flows near impossible. Frequent contact. Sporadic forward flow.



Tabel 15: Definition af serviceniveauer (Level of Service) i analyserne. Tabellen er et supplement til, hvad der er vist i afsnit 3.3.3, idet passagertætheden i nærværende tabel er illustreret til højre for de enkelte LOS niveauer.

Serviceniveauerne er vist på følgende måde:



Figur 9: Eksempel på modellens illustration af serviceniveau

I de gennemførte analyser af passager-flow under almindelig drift er følgende designkriterier anvendt:

LOS F er ikke acceptabelt på noget tidspunkt. I modsætning til de generelle flowanalyser, hvor LOS-niveauet er udtryk for det samlede serviceniveau på den konkrete del af stationen (en rulletrappe, en perron m.v.), medfører LOS F på enkelte meget isolerede punkter i de videreudviklede mere detaljerede flowanalyser ikke, at hele den pågældende del af stationen betragtes som LOS F.

LOS E på få isolerede områder vurderes acceptabelt i kortere tidsrum, idet det i givet fald vil være muligt for passagererne at bevæge sig og komme væk fra den pågældende del af stationen. Hvis derimod LOS E er det generelle niveau for et større område af den pågældende del af stationen, vil det ikke altid være muligt for passagererne at bevæge sig og komme væk. Dette vurderes derfor ikke acceptabelt.

LOS D eller højere serviceniveau vil være acceptabelt.

LOS niveauerne, som er illustreret med farver i figur 9 (som et eksempel) og vist på de tilsvarende figurer under omtalen af de enkelte stationer, er således ikke udtryk for det gældende LOS niveau, hvis det farvede areal kun dækker et ubetydeligt område. Helt lokale forstyrrelser af passagerstrømmene vil således ikke påvirke det generelle passager-flow. Designkriterierne vil derfor godt kunne opfyldes, selv om ubetydelige områder har et uacceptabelt LOS niveau.

LOS D eller bedre skal opnås på hele stationen, men få små isolerede pletter med LOS E kan accepteres i korte perioder. Løsningerne er fundet gennem en iterativ proces, men kun de endelige løsninger er vist.

5.2.3 Grundlag for vurdering af resultaterne under evakuering

For evakuering er anvendt andre kriterier end for passagerflow under almindelig drift. Evakueringsscenarierne er vurderet på grundlag af den tid, det tager for den sidste passager at forlade perronen henholdsvis stationen.

Stationernes design skal - for så vidt angår evakuering - kunne leve op til kravene i NFPA 130, som er den for metroen gældende brandnorm. Det anvendte designkriterie er følgende:

- Alle passagerer skal have forladt perronen indenfor 4 minutter
- Alle passagerer skal have forladt den samlede station indenfor 6 minutter

Løsningerne er fundet gennem en iterativ proces, men kun de endelige løsninger er vist.

5.2.4 Forudsætninger for simuleringerne

Passagertyper
Passagererne i en simuleringsmodel består af forskellige typer med forskellig opførsel og præferencer. For at få en korrekt fordeling af passagererne er de nuværende stationer inspiceret i myldretiden. Dette er resulteret i følgende fordeling, som er anvendt i modellen:

- 10 pct. er ældre eller langsomme
- 10 pct. medbringer bagage eller lignende
- Omkring 0,5 – 1,5 pct. benytter elevatorer på grund af handicap eller tung bagage

Ganghastighed
Ganghastigheden for de forskellige passagertyper er baseret på erfaringer fra tilsvarende projekter.

- Ældre eller langsomme passagerer: 2,6-3,5 km/h
- Andre passagerer: 3,5-5,8 km/h
- Passagerer med bagage: 2,6-4,3 km/h
- Evakuering generelt for alle passagerer: 3-7 km/h

I simuleringerne forudsættes passagererne at vælge en ganghastighed inden for disse intervaller.

Brug af elevatorer og rulletrapper
Simuleringsmodellen bestemmer ikke på forhånd, hvor mange passagerer, der vil anvende faste trapper henholdsvis rulletrapper. Modellen beregner den hurtigste rute til destinationen for hver enkelt passager og opdaterer løbende med henblik på dynamisk rutevalg. Det betyder, at antallet af brugere af faste trapper henholdsvis rulletrapper bliver et resultat af de kalkulerede rutevalg.

I evakueringsscenarierne resulterer fordelingen i, at 50 pct. benytter de faste trapper, inklusive flugttrapper, og at 50 pct. bruger de åbne, men stoppede rulletrapper. Med denne fordeling viser modellen lige lange evakueringstider ved brug af faste trapper henholdsvis rulletrapper.

Vertikale bevægelser
Under drift er det forudsat, at

- Alle rulletrapper er i drift
- Alle elevatorer er i drift
- Kun de normale offentlige trapper er i brug

Under evakuering følges NFPA 130 standarderne, det vil sige, at

- Alle rulletrapper er stoppet, men de kan fortsat bruges som faste trapper
- Én af rulletrapperne er dog helt lukket
- Alle elevatorer er lukkede
- Alle faste trapper og flugttrapper er åbne og brugbare

Validering af simuleringsmodel
Validering af den videreudviklede simuleringsmodel er primært foretaget ved at sammenligne resultaterne med den tidligere, enklere model.

Sammenligningen af LOS niveauerne i simuleringerne med den videreudviklede model med LOS niveauerne i simuleringerne med den tidligere mere simple model viser en høj grad af sammenfald mellem kritiske områder på de pågældende stationer. De forskelle, der kan konstateres, skyldes de to modellers forskellige detaljeringsgrad. Den højere detaljeringsgrad betyder, at lokale elementer på stationen (hjørner, affaldsbeholdere, rejsekortstandere etc.) medtages. Den videreudviklede simuleringsmodel viser derfor større forskelle i LOS niveauerne lokalt i de enkelte delområder, hvor den tidligere model viste et gennemsnit for det samlede delområde (en rulletrappe, en perron etc.). Som en konsekvens kan den videreudviklede simuleringsmodel således vise for eksempel LOS F og LOS E i små helt lokale punkter i et delområde, hvor LOS niveauet i øvrigt er LOS C eller bedre, mens den tidligere mere simple model viste for eksempel LOS D som et gennemsnit for det pågældende delområde.

Herudover er de fremtidige scenarier uden ombygning af de fire kritiske stationer sammenlignet med de nuværende tilsvarende områder, hvor LOS og øvrige forhold er kendte. De øgede passagertal vil have til konsekvens, at LOS niveauet i simuleringerne ændres til et på forhånd

forventet niveau. Disse sammenligninger viser, at de videreudviklede simuleringsmodeller reagerer som forventet.

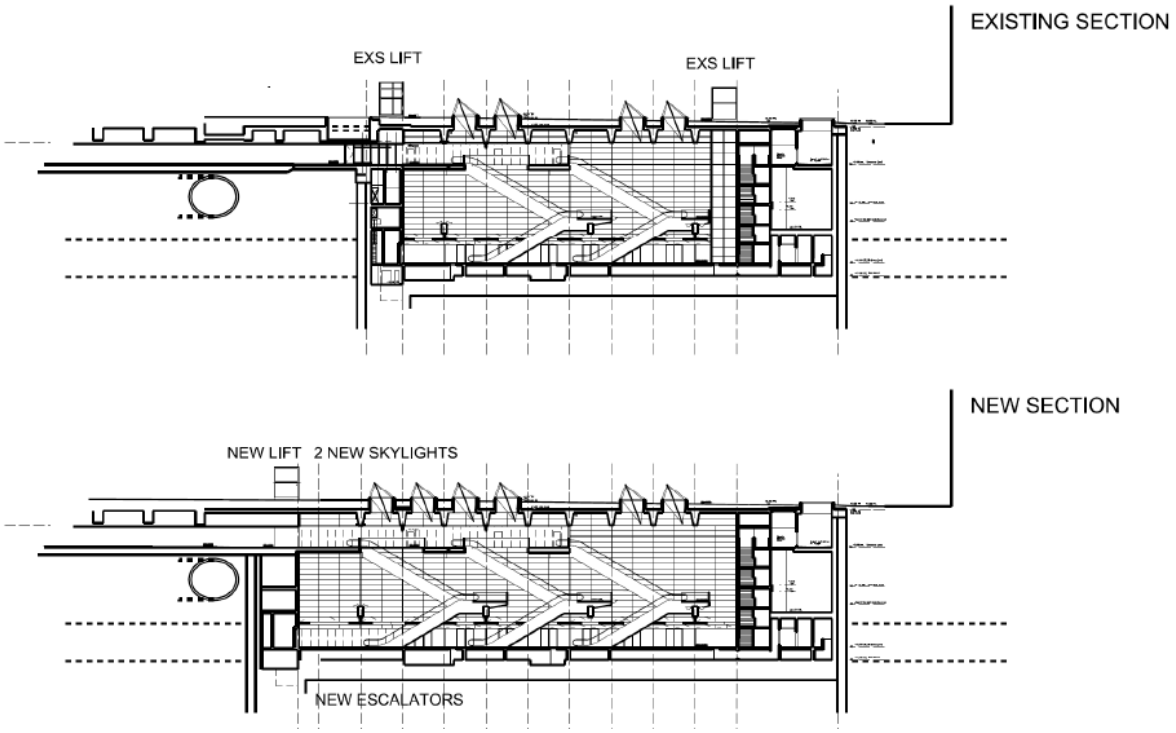
Opbygningen af modellernes parametre for passagerernes gangmønster er desuden blevet kalibreret til at reflektere de realistiske betingelser på stationerne. Parametrene er baseret på erfaringerne fra adskillige andre simuleringsmodeller.

5.3 Ombygning af Kongens Nytorv Station

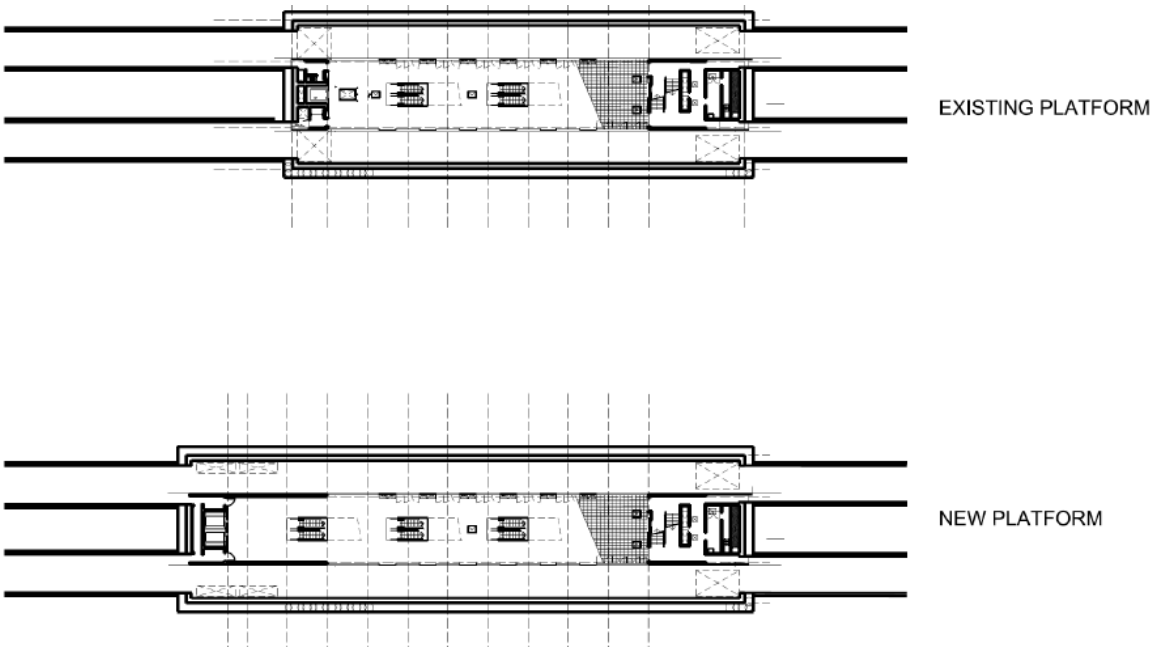
5.3.1 Forslag til ændret udformning af stationen

Indførelsen af 4-vognstog vil medføre uacceptabel passagerkapacitet og evakueringsforhold på Kongens Nytorv Station. Simuleringerne viser særligt problemer ved rulletrapperne, hvor kapaciteten er utilstrækkelig. Mulighederne for at øge kapaciteten og forbedre evakueringsforholdene er derfor undersøgt og en udvidelse af stationen imod nord hen imod M3/M4 perronen og etablering af et ekstra sæt rulletrapper er fundet mest hensigtsmæssig. Der er således lagt vægt på, at udvidelsen kan ske uden påvirkning af tunnelerne og dermed driften på Cityringen. Det er endvidere forudsat, at gennemførelsen af anlægsarbejderne kan ske med mindst mulig påvirkning af driften på M1/M2. Ligesom det er forudsat, at funktionaliteten og passagerernes oplevelse af stationen skal fastholdes.

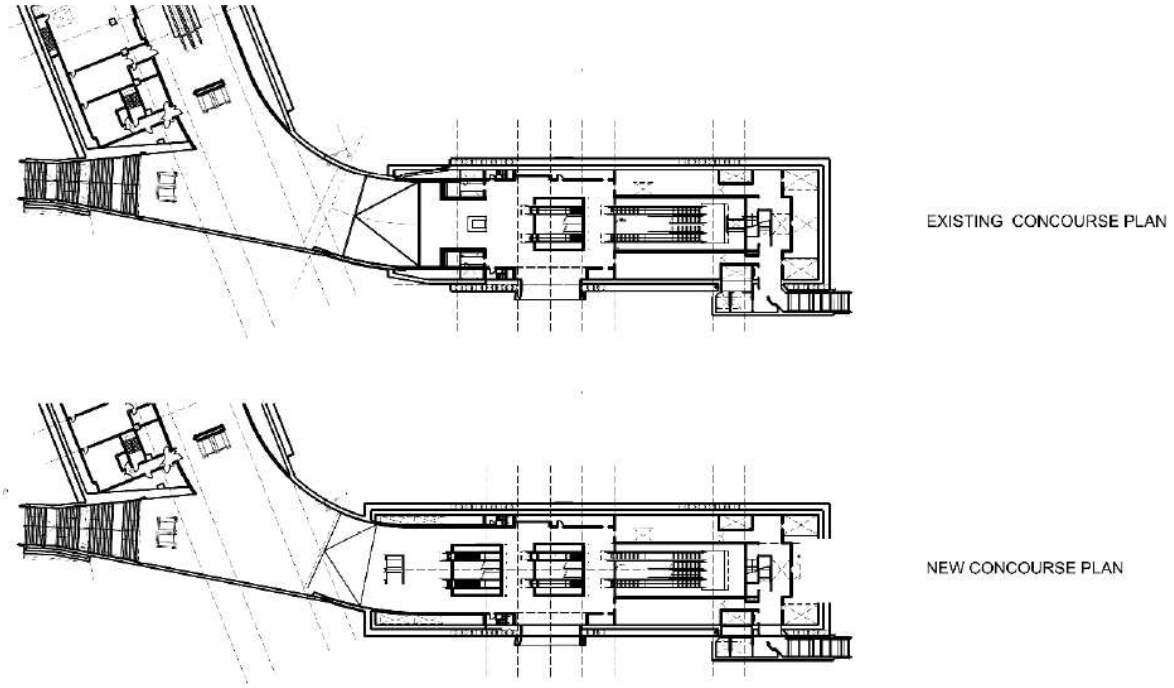
På den baggrund er det foreslået, at stationsboksen forlænges med ca. 15 m i fuld bredde for at skabe tilstrækkelig plads til installation af to sæt ekstra rulletrapper. Samtidig skal elevatoren flyttes og ændres til en tovejselevator, ligesom de to røgventilationskanaler fra tunnelerne ombygges for at skabe bedre plads ved overgangen mellem stationen og forbindelsestunnellen til Cityringsstationen. I undersøgelsen er det forudsat, at der etableres to elevatorer, men de detaljerede flowanalyser har vist, at dette kan give trængsel omkring elevatorerne. Det skyldes, at elevatorskakten er en barriere for passagerflowet gennem stationen, og det modsvares ikke af det antal passagerer, der benytter elevatorerne. Spørgsmålet om en ekstra elevator vil derfor først kunne afklares i den videre bearbejdning af projektet. For at sikre tilstrækkelig brandventilation i stationen installeres to ekstra ovenlys (skylights). For at give plads til udvidelsen af stationsrummet og de to sæt ekstra rulletrapper vil de to borede tunneler på M1/M2 skulle forkortes svarende til forlængelsen af stationsrummet. Tunnellerne på Cityringen berøres ikke. Udvidelsen er illustreret nedenfor.



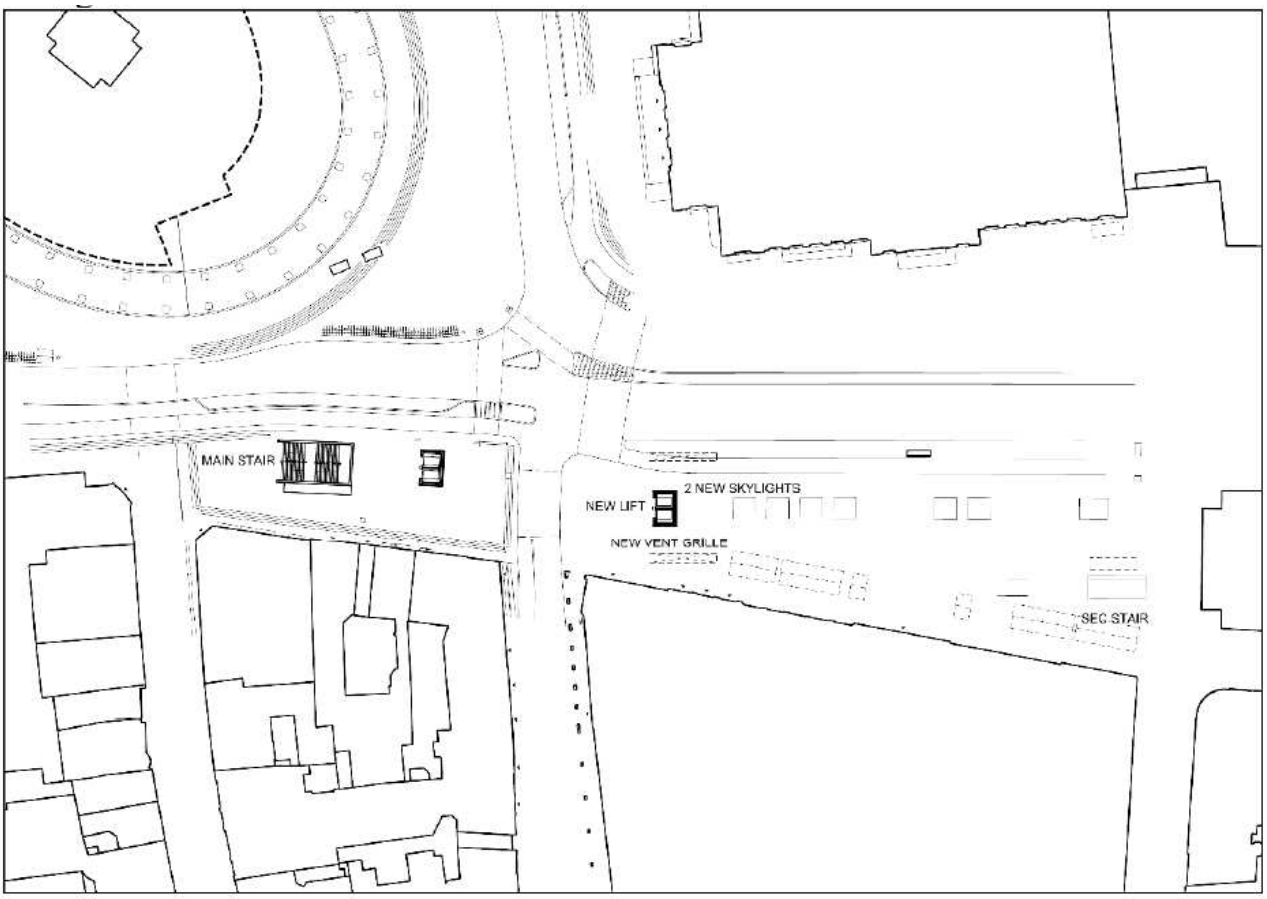
Figur 10: Længdesnit i den eksisterende station øverst og i den udvidede station nederst – viser forlængelsen med de ekstra rulletrapper samt de ekstra ovenlys



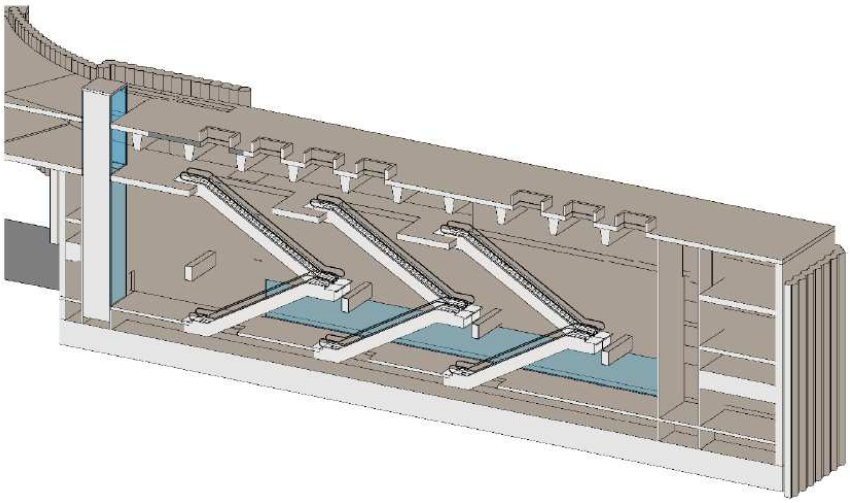
Figur 11: Plan af station på perronniveau – øverst den eksisterende perron, nederst den udvidede perron – viser forlængelsen, de ekstra rulletrapper og indsnævringen af røgventilationen



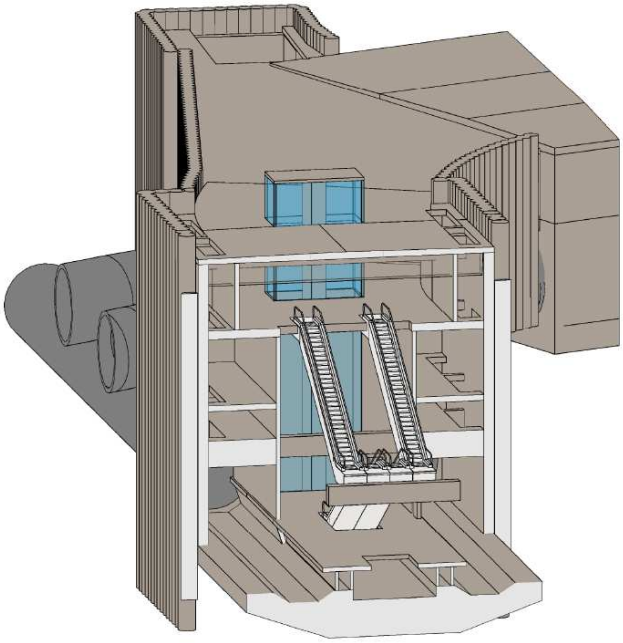
Figur 12: Plan af concourse-niveau før og efter udvidelsen – viser, at udvidelsen bringer de to stationer tættere på hinanden, og at indsnævringen af røgventilationskanalerne giver bedre plads omkring elevatoren, uanset om der vælges en eller to elevatorer



Figur13: Plan af stationspladsen med den udvidede station – viser at ændringerne vil være små



Figur 14: 3D illustration af den udvidede station – viser længdesnit med de ekstra rulletrapper og den flyttede elevator



Figur 15: 3D illustration af den udvidede del af stationen – viser tværsnit med ekstra rulletrapper, flyttet elevator og indsnævrede røgventilationskanaler

Figur 16: Plan af byggepladsområde under udvidelse af stationen – viser at byggepladsen vil optage en del plads og være til gene for nogle naboer

Figur 17: Situationsplan over overfladen over metrostationerne. De væsentligste ændringer er flytningen af elevatoren og etableringen af to ekstra ovenlys. Den fælles hovedtrappe forbliver uberørt.

Som det fremgår af figurerne, vil den nuværende arkitektoniske udformning blive fastholdt. Der vil blive tilføjet to ekstra ovenlys for at sikre tilstrækkelig ventilationskapacitet og bevare dagslyset på stationen. Elevatorskakten og udluftning fra tunnelerne (piston relief) vil blive flyttet til enden af det udvidede stationsrum. Forbindelsestunnellen til M3/M4 vil skulle forkortes lidt, hvilket som en sidegevinst vil forkorte afstanden mellem de fire metrolinjer. Den eksisterende trappe til overfladen vil være uberørt.

Det vil være nødvendigt at gennemføre ændringer af de nuværende konstruktioner for at opnå det større rum. Det vil blandt andet betyde udskiftning af nogle dæk og vægge, flytning af bjælker, lokal forstærkning af mellemniveauet, etablering af midlertidige bærende vægge, etablering af nye

udluftningskanaler og lukning af de nuværende åbninger og etablering af ny elevatorskakt. Undersøgelsen er gennemført på et overordnet niveau. En række forhold, herunder risikoen for sætninger ved 'bevægelsesfuge' i forbindelsestunnelen og Cityringens tunneler, vil derfor skulle undersøges nærmere i det videre arbejde. Det samme gælder tunnelventilationen, som ved den overordnede undersøgelse vurderes at være tilstrækkelig.

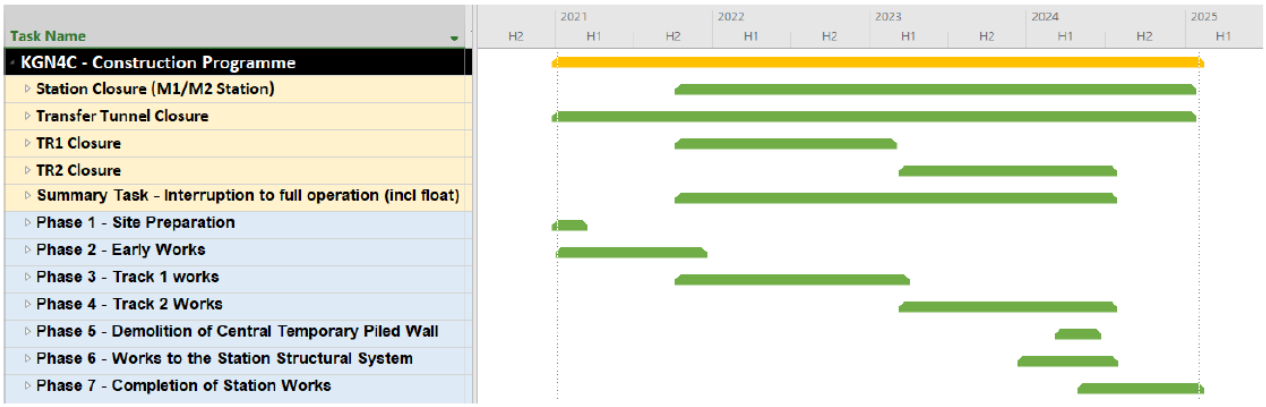
Konstruktionsmetoden er kompliceret med henblik på at tage størst muligt hensyn til driften på M1/M2 gennem anlægsperioden. Forud for lukning af stationen vil det være nødvendigt at etablere en flugttrappe, mens hovedtrappe og elevatorer lukkes. I denne periode vil det være nødvendigt at gå op over terræn mellem M1/M2 og M3/M4. Dette sker sammen med etableringen af sekantpæle omkring den nye del af stationen og mellem de to borede tunneler med henblik på afgrænsning af området, hvor de nye konstruktioner skal etableres, og for at sikre at der kan arbejdes i den ene tunnel, mens togdriften kan opretholdes i den anden tunnel. Gennemførelsen er forudsat opdelt i godt 100 sekvenser, som hver er teknisk beskrevet i den underliggende rapport.

Der vil desuden skulle tages højde for tilpasning af de mekaniske, elektriske, passagersikkerhedsmæssige og brandsikringsmæssige forhold i anlægsperioden, og alle nye systemer vil skulle gennem en testning både hver for sig og som integrerede systemer, før de kan tages i brug.

Den færdige udvidelse af stationen vil ikke påvirke eksisterende naboejendomme, men de midlertidige foranstaltninger, herunder byggeplads og anlægsaktiviteter, vil have betydelig indflydelse på en række naboejendomme. Omfanget af ledningsomlægninger er ikke nærmere undersøgt, men forventes at være begrænset.

5.3.2 Anlægstidsplan

Anlægsperioden for udvidelsen af perronen og installation af nye ekstra rulletrapper er vurderet til omkring 4 år, jf. tidsplanen nedenfor. Transfertunnelen vil være lukket i hele denne periode og stationen i ca. 3 år og 3 måneder, mens hver tunnel vil være lukket i ca. 1 år og 4 måneder.



Figur 18: Anlægstidsplan for ombygning af stationen

Det er i tidsplanen forudsat, at de nødvendige arbejder på transportsystemet i de to tunneler vil have en varighed af:

- Nedbrydning af jernbaneinfrastruktur i hver tunnel på M1/M2 vil vare 30 dage
- Geninstallering af jernbaneinfrastruktur i hver tunnel på M1/M2 vil vare 60 dage
- Test af hvert spor på M1/M2 vil vare 60 dage
- Tidsplanen indeholder ikke aktiviteter som projektering og planlægning, sikkerhedsgodkendelse og lignende

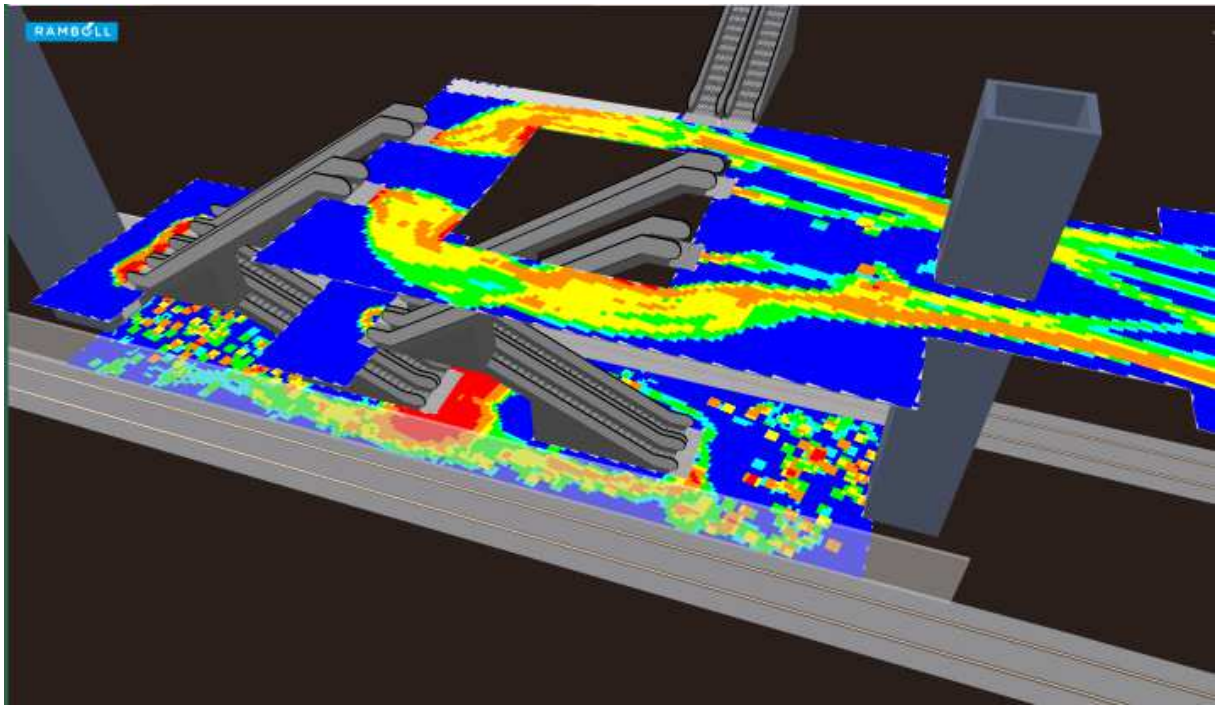
Byggepladsen vil optage en væsentlig del af pladsen foran Magasin du Nord i hele anlægsperioden.

5.3.3 Detaljerede flowanalyser for Kongens Nytorv Station

5.3.3.1 Passagerkapacitet med 4-vognstog uden udvidelse af stationen

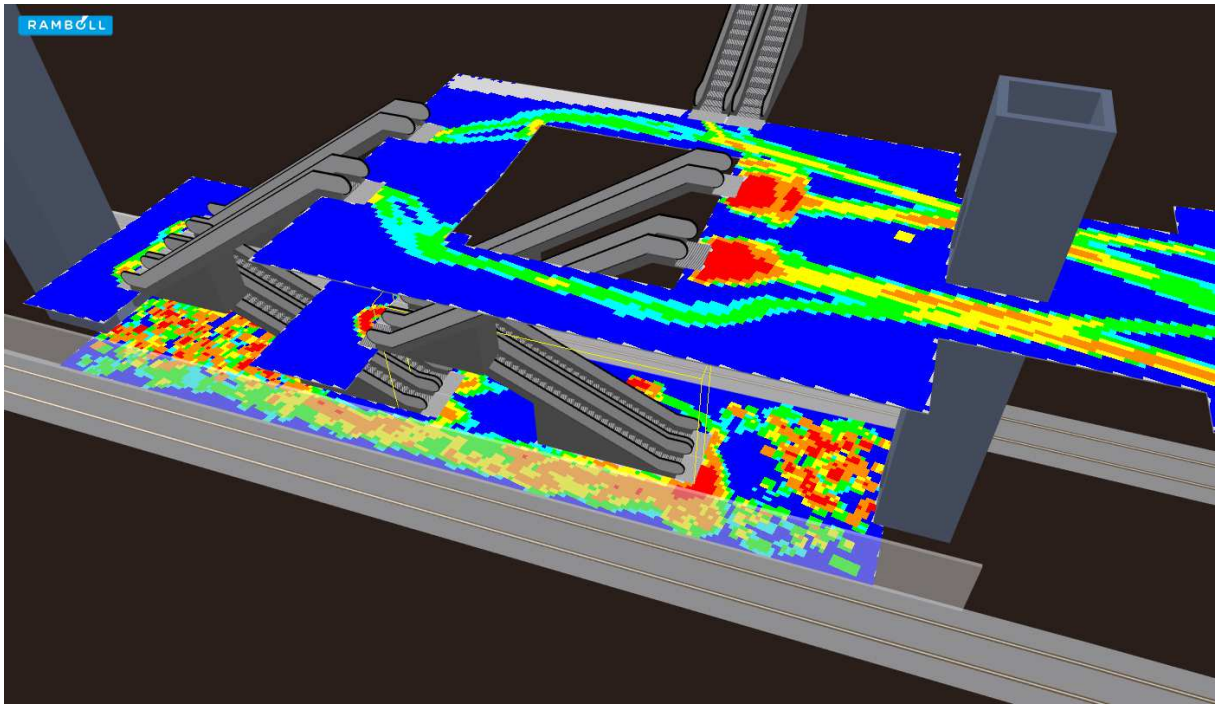
De detaljerede flowanalyser viser, at der allerede i 2035 vil være alvorlige trængselsproblemer både ved afstigning og påstigning.

Ved afstigning vil der være trængsel på perronen, som i værste fald kan hindre passagerer i at forlade toget. Især for foden af rulletrapperne og ved landingen, særligt på mellem niveauet vil der være ophobning af passagerer, som ikke kan bevæge sig. Dette kan give anledning til, at nogle passagerer presses til at søge at gå ned ad en opadgående rulletrappe, hvilket kan medføre fald og tilskadekomne. Desuden vil der være en markant trængsel mellem rulletrapperne og elevatoren og ved passagen af elevatoren på concourse-niveau, hvilket ikke er acceptabelt undtagen i meget korte perioder.



Figur 19: Afstigning i 2035 med 4-vognstog – med den nuværende station

Ved påstigning vil der opstå kritiske flaskehalse på perronen rundt om rulletrapperne, ligesom der vil være trængsel ved enderne af rulletrapperne. Ved nedgangen vil trængslen kunne føre til, at passagerer presses ned ad trapperne. Trængslen rundt om rulletrappernes landing på perronen vil ligeledes være kritisk, fordi passagererne vil blive kunne blive presset op ad en nedadgående rulletrappe, ligesom passagererne på trappen ikke vil kunne komme af den rullende trappe. Det er illustreret nedenfor med rødt og indebærer en betydelig risiko for passagerernes sikkerhed.

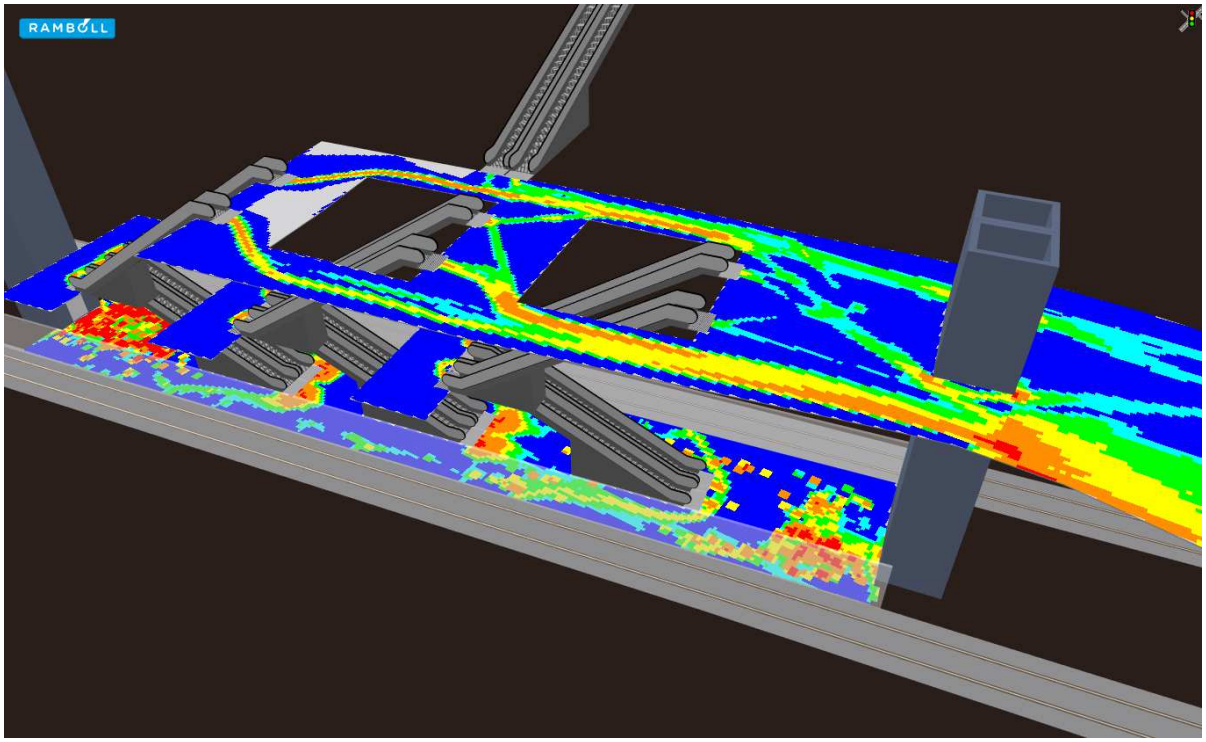


Figur 20: Påstigning i 2035 med 4-vognstog – med den nuværende station

5.3.3.2 Passagerkapacitet efter udvidelse af stationen

Udvidelsen af stationen og etableringen af det ekstra sæt rulletrapper mellem perronen og concourse-niveau forbedrer passagerkapaciteten, således at der opnås en acceptabel LOS. Simuleringen viser således, at der vil blive LOS D omkring rulletrapperne i den værste periode, hvilket er acceptabelt i myldretiden.

Simuleringen viser imidlertid også, at der ved etablering af to elevatorer opstår trængsel med LOS E på enkelte punkter mellem rulletrapperne og elevatoren og nogle steder mere udbredt, som kun kan accepteres i meget korte perioder. Dette indebærer, at der vil være trængsel på en del af concourse, som dog på grund af områdets begrænsede størrelse ikke er kritisk, men som det vil være ønskeligt at forbedre. Da der i den nuværende station kun er én elevator, mens der på den ombyggede station er forudsat to elevatorer, er der gennemført en flowanalyse med kun én elevator. Med denne udformning viser flowanalysen nedenfor, at der vil kunne opnås et LOS niveau, som – bortset fra helt små områder - ligger på D eller derover, hvilket er acceptabelt. I det videre arbejde vil det derfor skulle vurderes, om én elevator vil være tilstrækkelig, eller om den eksisterende elevator ved bagvæggen, som er forudsat fjernet, vil skulle bibeholdes.



Figur21: Afstigning i 2035 med 4-vognstog – med ombygget station - LOS med to elevatorer

I 2050 vil passagertallet blive forøget lidt. Det vil medføre større tæthed i passagerstrømmene, men ikke ændre stationens LOS niveauer mærkbart. Passagerer, der forlader perronen vil ligesom i 2035 generere et LOS E niveau.

Simulering af passagerstrømme i myldretiden er sammenfattet i nedenstående tabel. Tabellen viser de laveste LOS niveauer, som fremkommer gennem flow analyser med den videreudviklede simuleringsmodel, idet der er set bort fra afvigende LOS niveauer på helt små isolerede punkter.

	Kongens Nytorv	
	Nuværende station 2035/2050	Ombygget station 2035/2050
Værste LOS på perron og rulletrapper	F/F	E/E
Værste LOS på concourse ved rulletrapper	D/D	D/E
Værste LOS I transfer tunnel	C/C	C/D

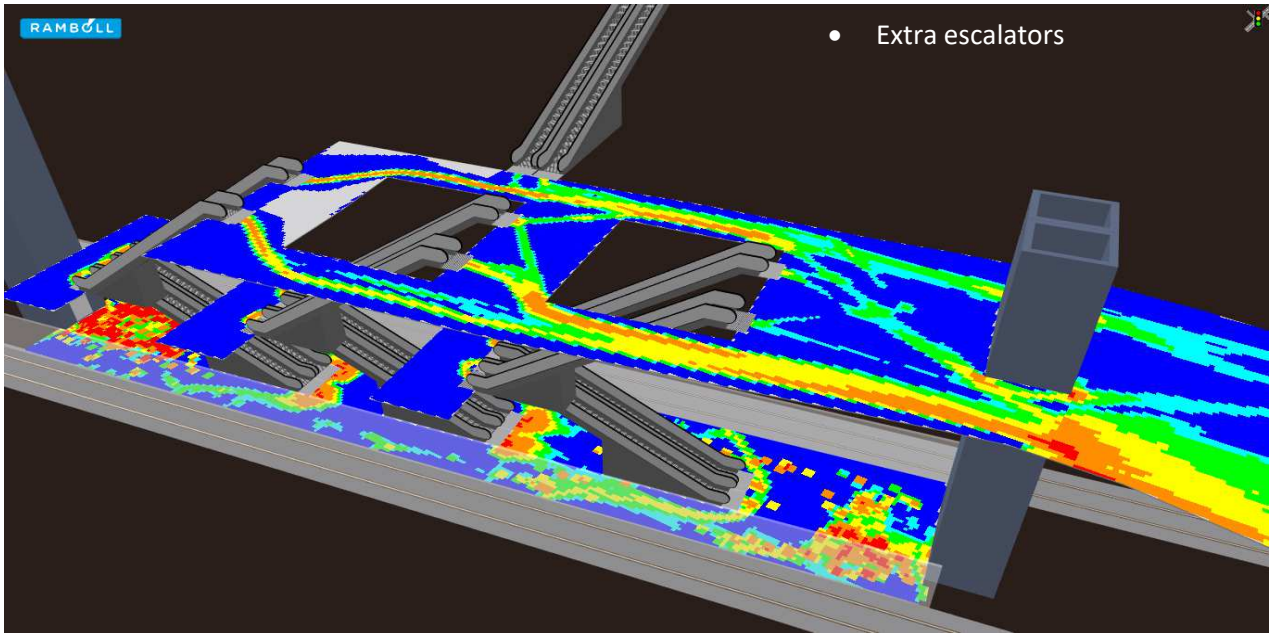
Tabel 16: Sammenfatning af vurderet level of service (LOS) for udvalgte dele af stationen i myldretiden.

5.3.3.3 Undersøgte yderligere forbedringer

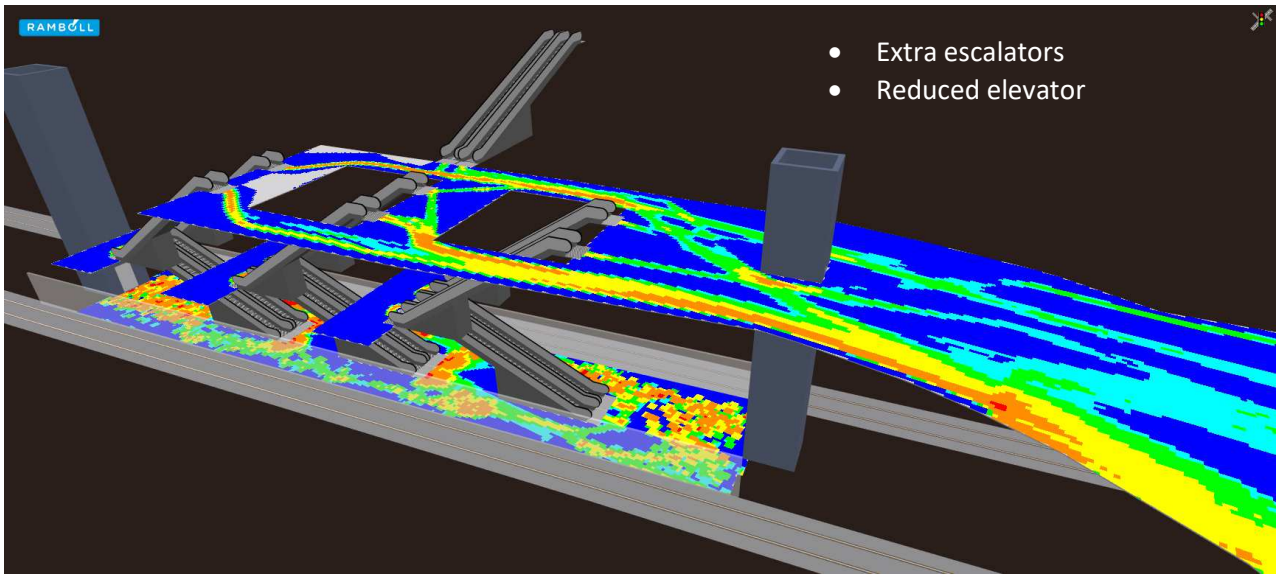
Som et supplement til de gennemførte flowanalyser er der foretaget supplerende analyser af yderligere tiltag til forbedring af passagerflowet omkring elevatorerne.

- Etablering af kun én elevator
- Forbedret vejledning af passagererne (nudging) for at undgå modgående passagerstrømme
- Kombination af begge tiltag

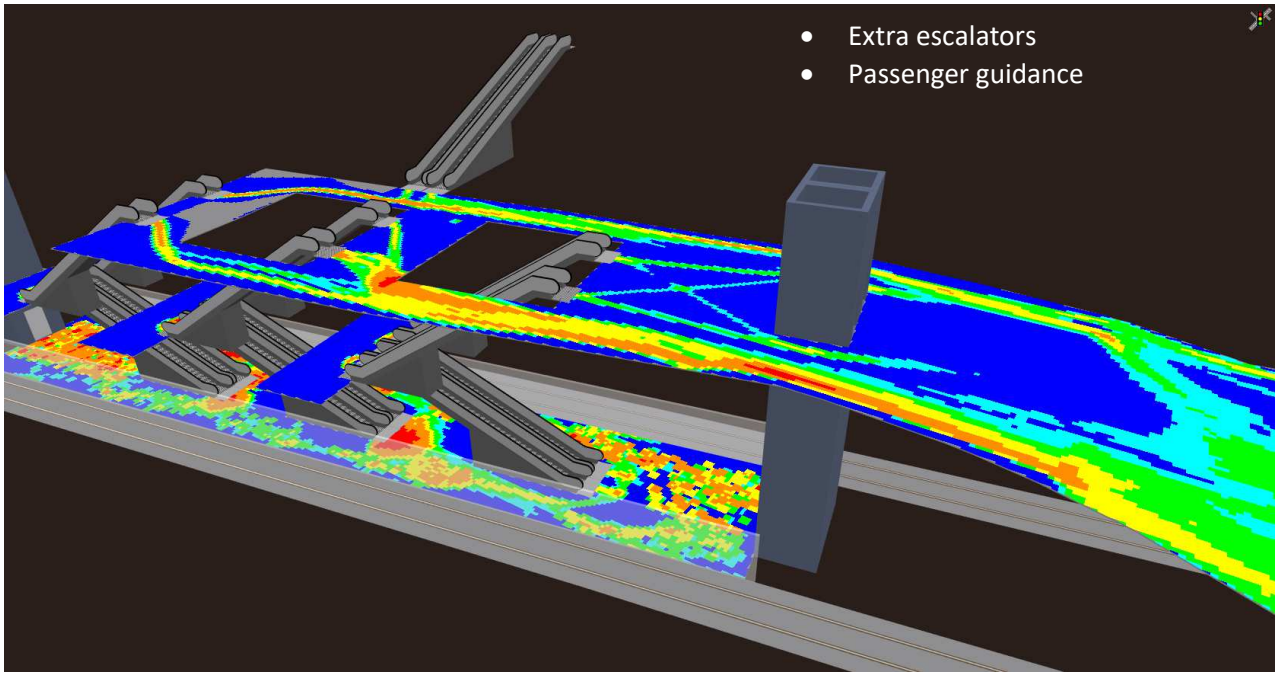
Flowanalyser af disse yderligere tiltag er vist nedenfor.



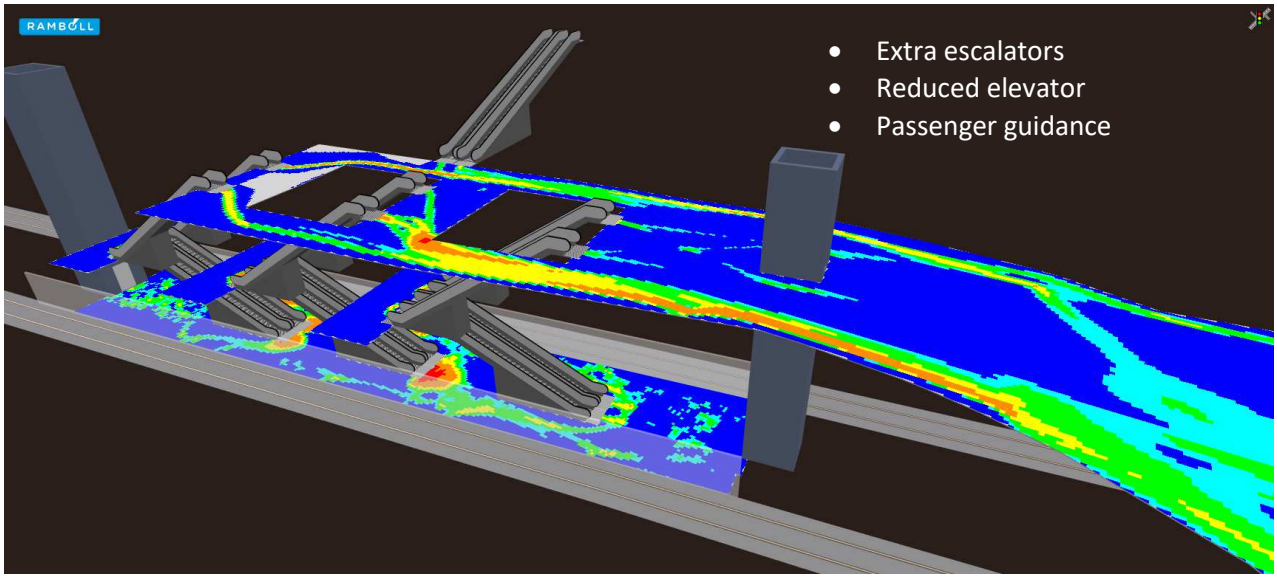
Figur 22: LOS ved afstigning efter ombygning og med to ekstra rulletrapper og to elevatorer - uden yderligere tiltag



Figur 23: LOS ved afstigning efter ombygning med to rulletrapper og kun en elevator - uden yderligere tiltag



Figur 24: LOS ved afstigning efter ombygning med to ekstra rulletrapper og med to elevatorer - med ekstra passager vejledning omkring elevatoren



Figur 25: LOS ved afstigning efter ombygning med to rulletrapper og kun en elevator – med passager vejledning omkring elevatoren

De supplerende flowanalyser viser, at installation af kun én elevator, svarende til den eksisterende station, vil lette flowet i dette område betydeligt, således at der – bortset fra helt små områder – vil være et LOS D niveau eller højere, hvilket er acceptabelt. En yderligere forbedring kan opnås gennem vejledning af passagerer, f.eks. ved ensretning af passagerstrømmene. Men denne forbedring vil ikke i sig selv være tilstrækkelig til at opnå et acceptabelt serviceniveau.

Samlet vurderes det, at udvidelsen af stationen fjerner de værste flaskehalse og forbedrer passagerflowet til et godt serviceniveau. I korte perioder vil der med den foreslåede ekstra elevator

opstå situationer omkring elevatorerne med et LOS E serviceniveau, som ikke er acceptabelt. Dette kan imidlertid undgås ved kun at etablere én elevator som i den eksisterende station.

5.3.4 Evakuerings kapacitet

Metoden til måling af evakueringskapaciteten er baseret på de standarder og forudsætninger, som er fastlagt i den gældende brandnorm NFPA 130, og som er omtalt ovenfor under 3.4 Evakuering og 5.2.3 Grundlag for vurdering af resultaterne under evakuering.

I nedenstående tabel er vist evakueringssituationen med 4-vognstog – baseret på flow simuleringer - både med den nuværende udformning af Kongens Nytorv Station og med den beskrevne udvidelse af stationen

	Nuværende station 2035		Ændret station 2035		Ændret station 2050	
	Tømning af perron	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**
Krav	4 min	6 min	4 min	6 min	4 min	6 min
Kongens Nytorv	5:13 min	8:05 min	03:10 min	05:55 min	03:20 min	05:55 min

Tabel 17: Evakueringstid med den nuværende station og efter ombygning i 2035 og 2050

Som det fremgår af tabellen, vil den udvidede station kunne opfylde kravene til evakuering både i 2035 og 2050 og dermed også i 2070

5.4 Ombygning af Nørreport Station

5.4.1 Forslag til udvidelse af forbindelsestunnel og udskiftning af trapperne hertil.

Det fremgår af de detaljerede simuleringer af passagerstrømmene med 4-vognstog på Nørreport Station, at kapaciteten og evakueringsforholdene ikke vil være acceptable. Trængselsproblemerne er især knyttet til trapperne til og den første del af forbindelsestunnellen, det vil sige mellem metrostationen og opgangen til S-togssporene. I modsætning til Kongens Nytorv Station vil der således ikke være behov for udvidelse af selve stationen.

Da en udvidelse af tunnelen mellem metroen og S-tog er teknisk kompliceret og dermed tidskrævende og bekostelig er det, med henblik på at mindske trængselsproblemerne i forbindelsestunnelen, undersøgt, om en ekstra trappe fra concourse-niveau til overfladen med udgang i bygningen på hjørnet af Frederiksborggade og Nørre Voldgade kombineret med en bred fodgængerovergang over den trafikerede del af Nørre Voldgade vil kunne aflaste forbindelsestunnellen.

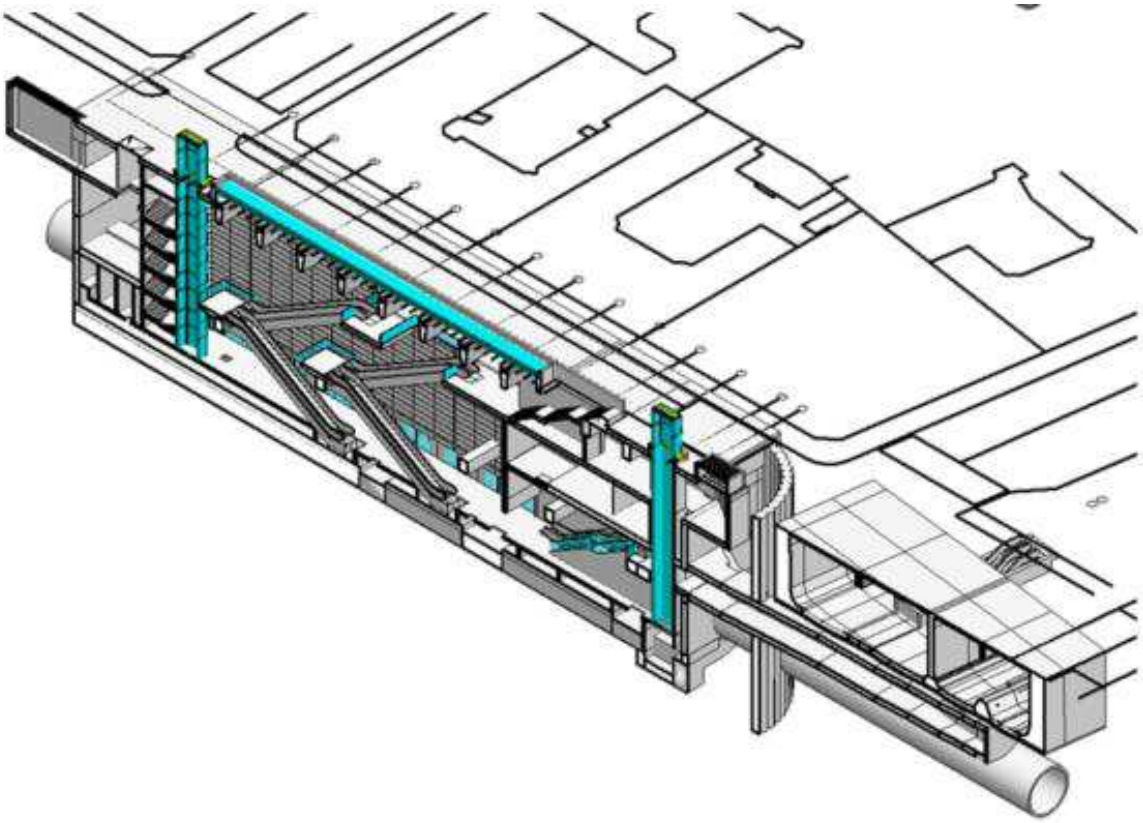
Supplerende er der undersøgt en forbedring af udgangsforholdene fra den nuværende hovedtrappe, således at der skabes direkte adgang herfra til en bred fodgængerovergang over den trafikerede del af Nørre Voldgade. Begge løsninger vurderes at kunne medvirke til en vis aflastning, men ikke af en størrelse, som ændrer de kritiske trængselsforhold ved og i forbindelsestunnelen til et acceptabelt niveau.

Det er desuden vurderet, om en erstatning af de faste trapper fra perron til forbindelsestunnel med rulletrapper vil kunne afhjælpe flowproblemet. En erstatning af de faste trapper med rulletrapper vil mindske trængslen på dette sted, men samtidig forstærke trængslen i selve forbindelsestunnellen.

På den baggrund er en udvidelse af forbindelsestunnellen undersøgt. Udvidelsen vil skulle ske på strækningen mellem opgangen fra trapperne fra metroperronen hen til opgangen til S-togsperronen med både rulletrapper, fast trappe og elevator. Erfaringerne fra etablering af forbindelsestunnelen og det senere anlæg af en trappe fra forbindelsestunnelen til Citysiden af Frederiksborggade er, at det er en kompliceret anlægsopgave. Dels fordi jordbundsforholdene er vanskelige. Dels fordi tunnelen passerer ind under jernbanespor, i dette tilfælde det ene S-togsspor. Der må derfor forudsættes enten frysning af jorden eller jetgrouting. Anlægsopgaven er vurderet gennemførlig, men med betydelige gener for passagererne i anlægsperioden, herunder begrænset brug af stationen i perioder.

5.4.1.1 Den nuværende station

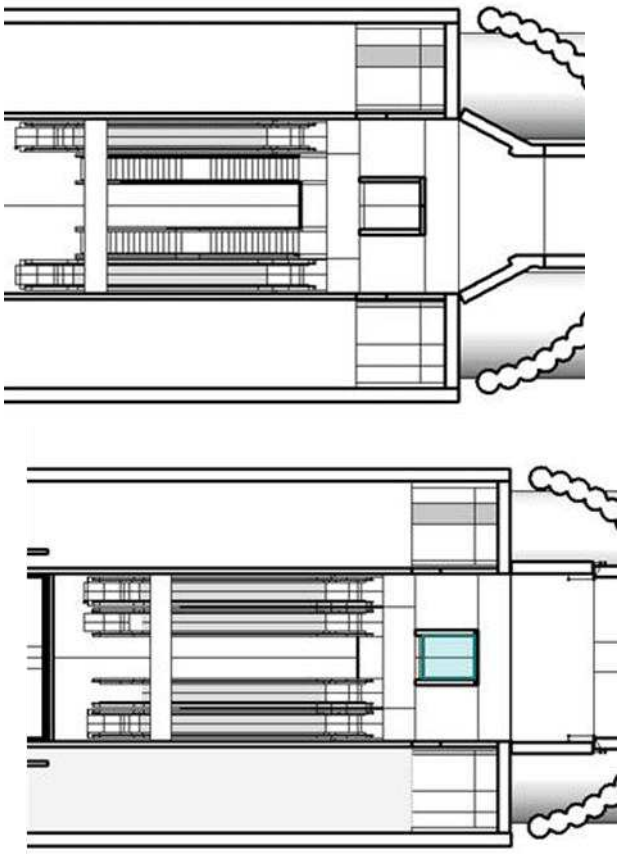
Nørreport Station er både en centralt placeret station og en hovedforbindelse mellem metro, S-tog og regionaltog. Metrostationen er derfor gennem en forbindelsestunnel forbundet til S-togsstationen og regionaltogsstationen samt til Citydelen af Frederiksborggade. Adgangen fra metrostationens perron til forbindelsestunnellen sker via to rulletrapper og to faste trapper. Forbindelsestunnellen er relativt smal og giver derfor flowproblemer på den mest befærdede del mellem Metrostationen og S-togsstationen. Et snit af metrostationen og dens sammenhæng med forbindelsestunnelen og S-togsstation er vist nedenfor.



Figur 26: Længdesnit i station

5.4.1.2 Udskiftning af faste trapper

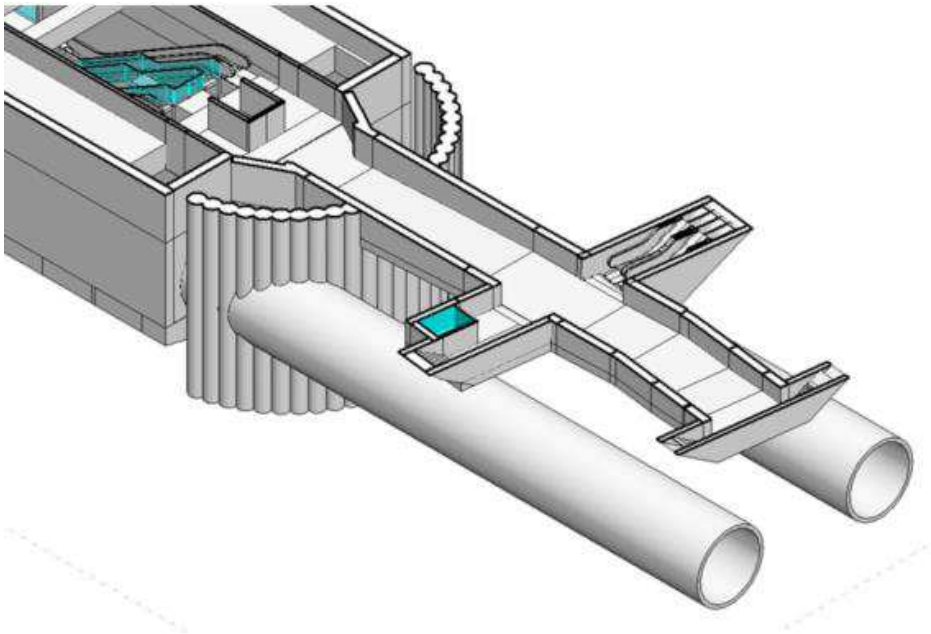
For at mindske flaskehalsen i passagen mellem Metrostation og S-togstation foreslås de to faste trapper mellem perron og forbindelsestunnel ændret til rulletrapper. Ændringen kan ske trappe for trappe, således at passagererne fortsat kan passere mellem metroperronen og forbindelsestunnelen under udskiftningen.



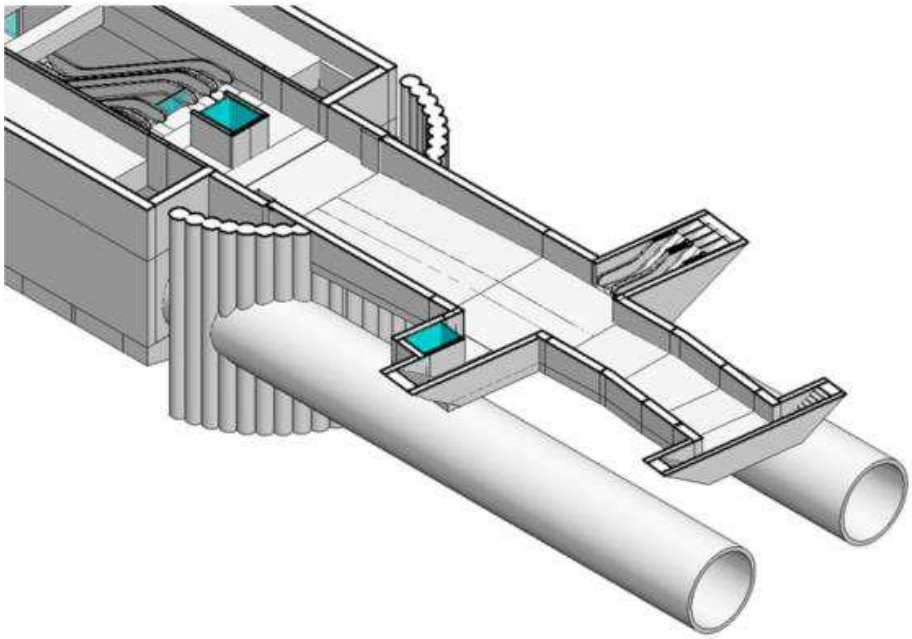
Figur 27: Plan af rulletrapper og faste trapper mellem metroperron og forbindelsestunnel før og efter udskiftningen

5.4.1.3 Udvidelse af forbindelsestunnel

Herudover foreslås den første del af forbindelsestunnelen - mellem metrostation og S-togsstation – udvidet fra 5,1 m til 8,6 m. Udvidelsen indebærer en rekonstruktion af denne del af forbindelsestunnelen. Rekonstruktionen vil være kompliceret, blandt andet fordi den berører det ene spor på S-togsstationen. Et tilsvarende anlægsarbejde blev gennemført ved etableringen af forbindelsestrappen til Citydelen af Frederiksborggade.

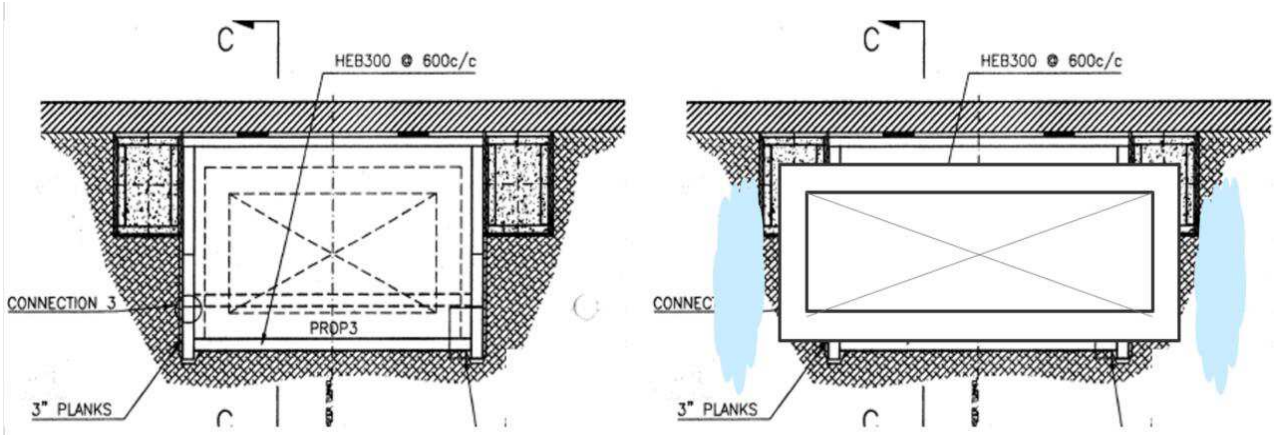


Figur 28: Forbindelsestunnel før udvidelse



Figur 29: Forbindelsestunnel efter udvidelse

Udvidelsen forudsætter lukning af den berørte del af forbindelsestunnelen og grundvandsforholdene vil skulle kontrolleres enten gennem frysning eller jetgrouting.

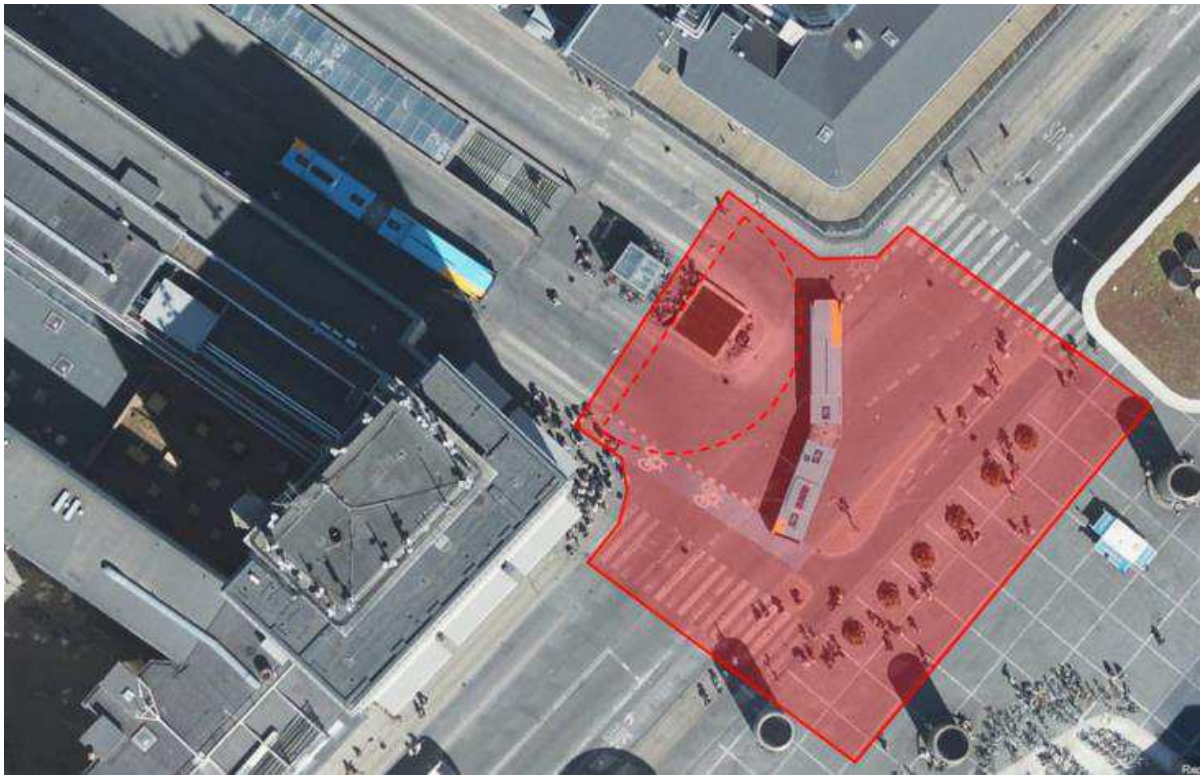


Figur 30: Tværsnit af den nuværende forbindelsestunnel og de tilbageværende midlertidige konstruktioner fra etableringen af forbindelsestunnelen samt af den nye udvidede forbindelsestunnel

Anlægsarbejderne vil være opdelt i 12 sekvenser, som nødvendiggør en nøje planlægning og tilrettelæggelse af de enkelte sekvenser, og som derfor også vil være tidskrævende.

5.4.1.4 Byggeplads

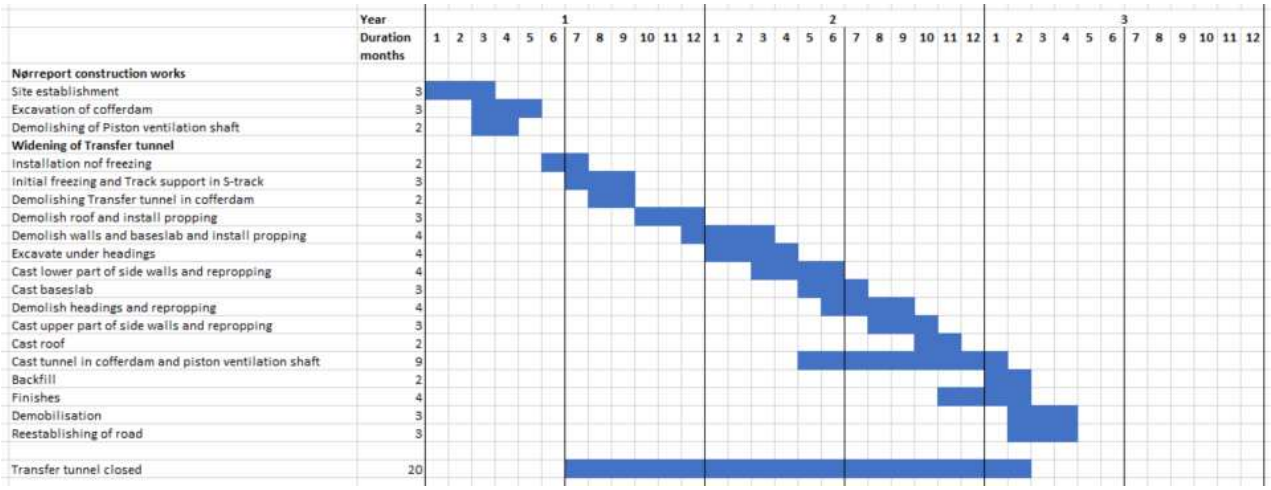
Da udvidelsen af forbindelsestunnelen kræver frysning eller jetgrouting for at sikre grundvandsforholdene og dermed også driften på S-banen, vil anlægsarbejdet kræve et omfattende byggepladsareal på terræn. Byggepladsen vil optage en betydelig del af Nørre Voldgade og således nødvendiggøre omlægning af lokaltrafikken, busser, biler, cykler og fodgængere.



Figur 31: Byggepladsareal for udvidelsen af forbindelsestunnelen

5.4.1.5 Anlægstidsplan for udvidelse af forbindelsestunnel

Den samlede anlægsperiode for udvidelse af forbindelsestunnelen er vurderet at være ca. 28 måneder, hvoraf forbindelsestunnelen vil være lukket ca. 20 måneder, jf. nedenstående tidsplan. Udvidelsen vil påvirke passagerernes skift mellem de to stationer i denne periode, mens stationen vil kunne holdes åben men med begrænset brug i perioder. Ombygningen vil ikke berøre togtunnelerne og dermed heller ikke selve togdriften.



Figur 32: Anlægstidsplan for udvidelse af forbindelsestunnelen

5.4.2 Andre mulige ændringer

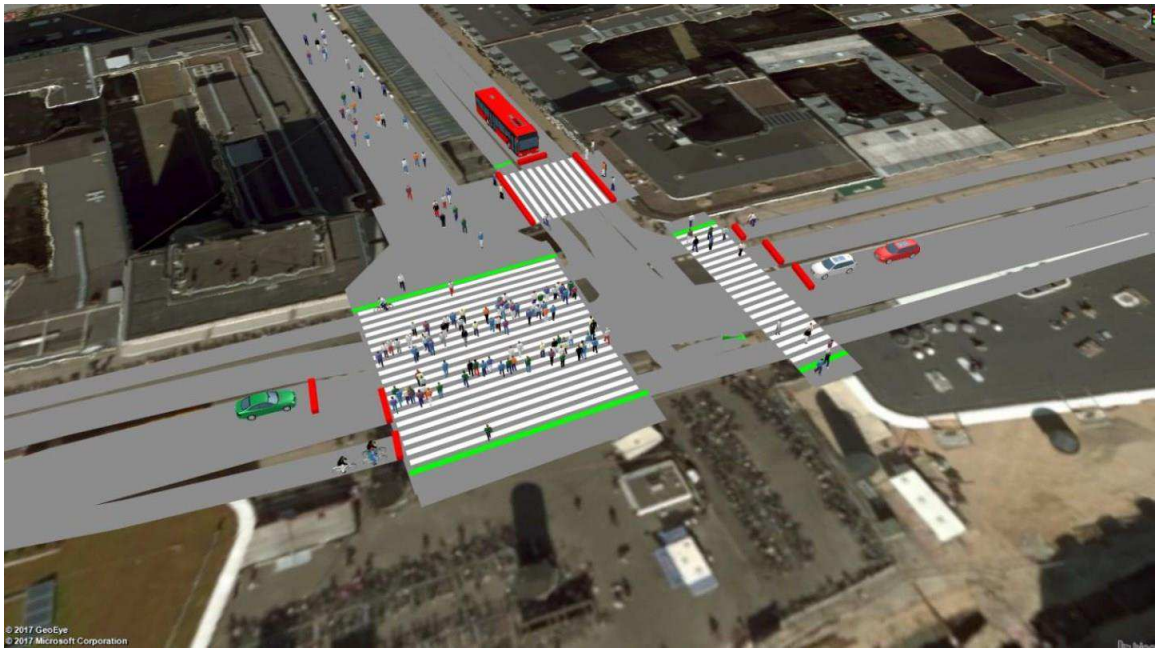
Som nævnt er der desuden undersøgt to alternative løsninger for at undgå den komplicerede anlægsproces for udvidelsen af forbindelsestunnelen. Disse løsninger er mindre komplicerede, men fordelene for passager flowet er ligeledes mindre og vil ikke kunne skabe et acceptabelt LOS niveau. Ændringerne vil eventuelt kunne overvejes som supplement til udvidelsen af forbindelsestunnelen eller med henblik på begrænsning af passagergenerne i anlægsperioden.

5.4.2.1 Ændring af overfladen ud for indgangen til metrostationen

Hovedindgangen munder i dag ud i et snævert område, hvorfra der alene er adgang via to fodgængerovergange til to gadehjørner med begrænset plads og videre over to yderligere fodgængerovergange, før passagererne når pladsen omkring S-togs- og regionaltogsstationerne.

Hvis busbanerne i Frederiksborggade flyttes, vil det være muligt at etablere et stort sammenhængende forgængerområde på tværs af Nørre Voldgade ud for hovedindgangen til Metrostationen. Det vil kunne gøre det mere attraktivt for passagererne at bruge hovedindgangen, hvor kapaciteten er relativt stor.

Såfremt elevatoren samtidig ændres til en gennemgangselevator og udluftningskanalen flyttes, vil dette ligeledes forbedre adgangen til metrostationen. Disse tiltag vil dog ikke være tilstrækkelige til at bringe LOS niveauet i forbindelsestunnelen op på et acceptabelt niveau.

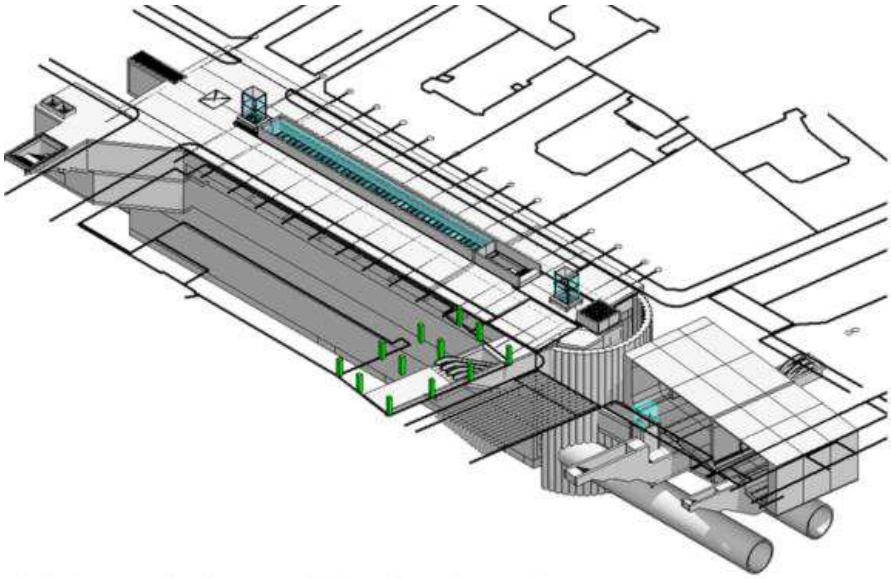


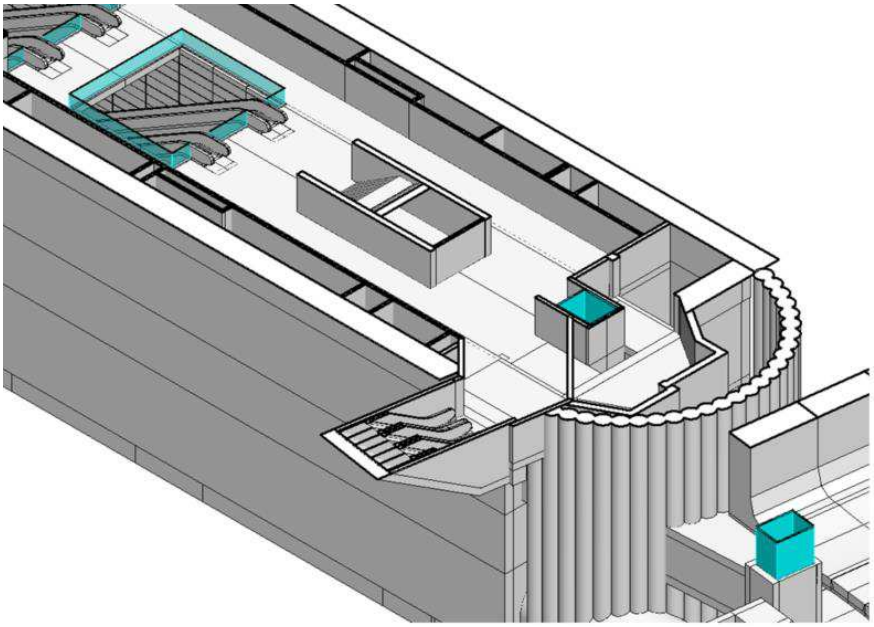
Figur 33: Eksempel på overfladeløsning

5.4.2.2 Supplering af hovedtrappen med en ekstra trappe til Frederiksborggade 15

En anden mulighed vil være at etablere en ekstra trappe til Frederiksborggade 15, hvor der i stuetagen ligger en butik, som i givet fald vil skulle inddrages. Dette vil give enklere adgang og aflaste hovedtrappen og arealet foran denne. Anlægsarbejde og indgrebet i stationen vil være begrænset, og de bedre adgangsforhold til stationen vil mindske flaskehalsen i forbindelsestunnelen, men ikke tilstrækkeligt til at bringe flowet i forbindelsestunnelen op på et acceptabelt LOS niveau.

Den ekstra trappe vil desuden kunne lette forholdene for passagererne under udvidelsen af forbindelsestunnelen, såfremt den etableres, inden dette anlægsarbejde igangsættes. Løsningen med den ekstra trappe er illustreret nedenfor.

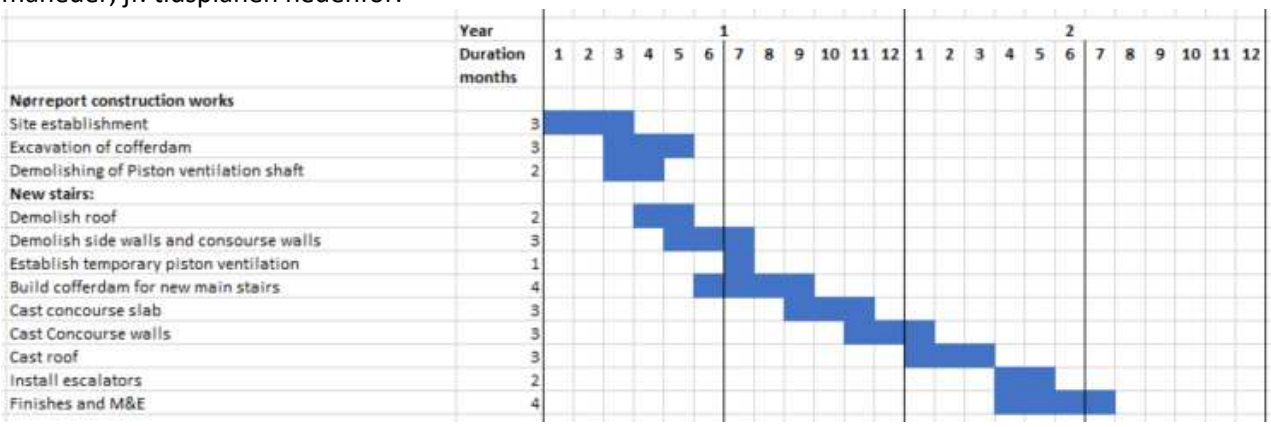

Figur 34: Nørre Voldgade krydset med den ekstra trappe til Nørre Voldgade 15



Figur 35: Nørreport Station concourse vist med en ekstra trappe til Nørre Voldgade 15

5.4.2.3 Anlægstidsplan for en eventuel supplerende trappe

Etablering af den ekstra trappe via Nørre Voldgade 15 vurderes at kunne etableres på ca. 17 måneder, jf. tidsplanen nedenfor.



Figur 36: Anlægstidsplan for en ekstra trappe via Nørre Voldgade 15

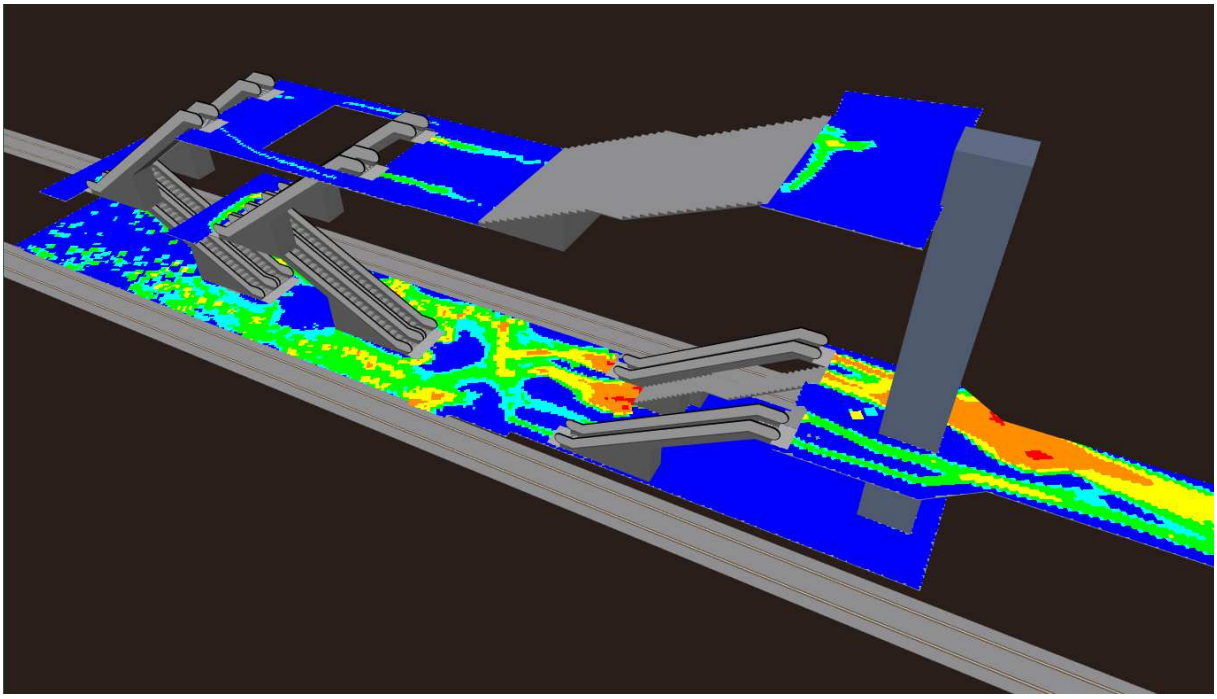
5.4.3 Detaljerede flowanalyser

5.4.3.1 Passagerkapacitet med 4-vognstog uden ombygning af stationen

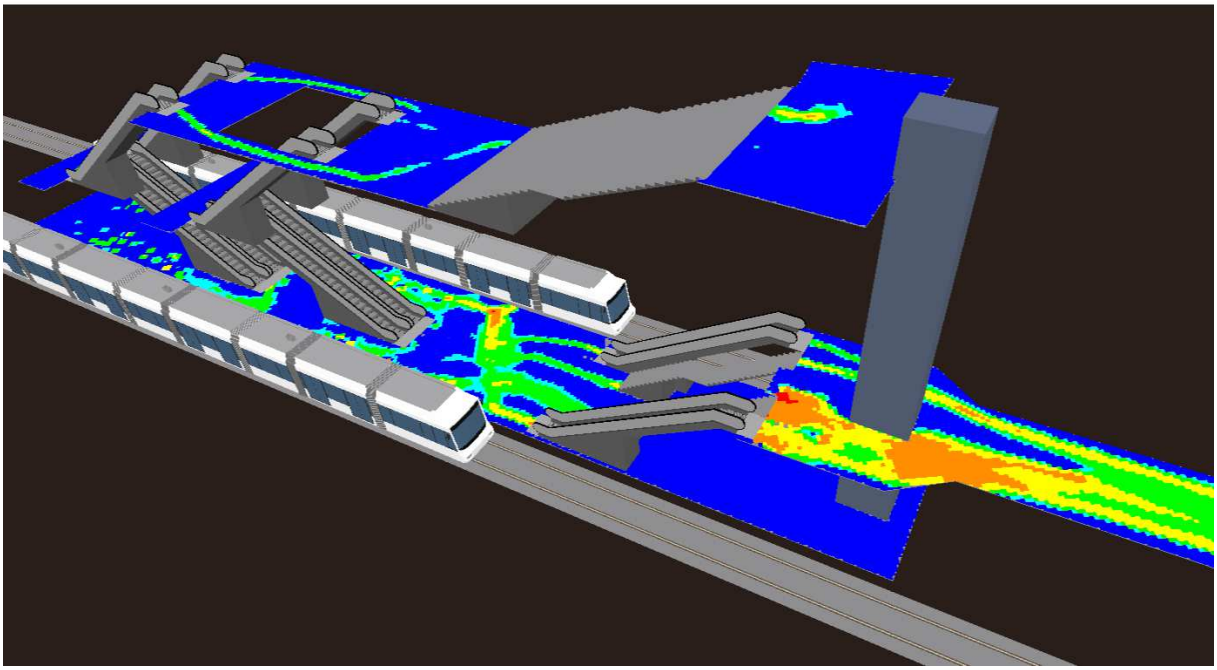
De detaljerede flowanalyser viser, at der er tilstrækkelig kapacitet til 4-vognstog på selve Nørreport Station, men at forbindelsen mellem metrostationen og S-togsstation og regionaltogsstation ikke vil have kapacitet til de øgede passagerstrømme som følge af 4-vognstog. Trapper og rulletrapper mellem perronen på den eksisterende Nørreport Station og forbindelsestunnellen til S-togsstation og regionaltogsstation har således ikke tilstrækkelig kapacitet til kørsel med 4-vognstog. Det samme gælder den første del af selve forbindelsestunnellen mellem Metrostationen og trapperne til S-togsperronen, som vil have områder med uacceptabelt flow (LOS E), som ikke kan accepteres,

bortset fra helt korte perioder. Det gælder både i 2035 samt i 2050 og 2070 både ved afstigning og ved påstigning.

Figurerne nedenfor viser passagerflowet med 4-vognstog i 2035 uden ombygning.



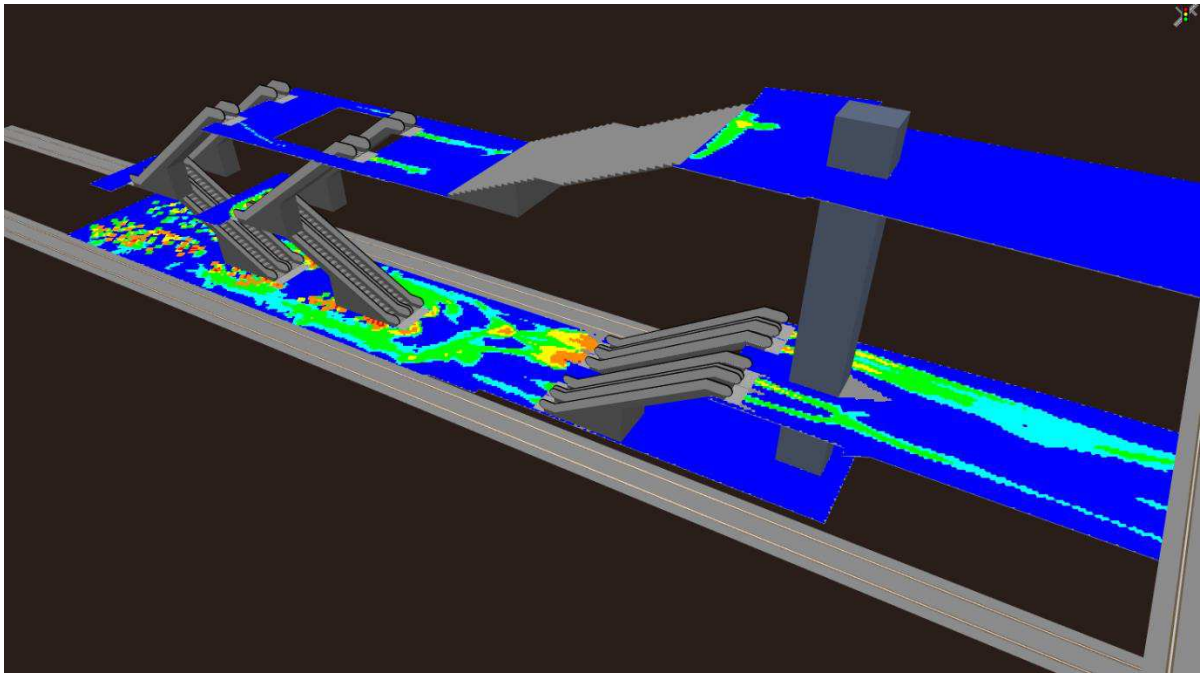
Figur 37: Nuværende station – afstigning I myldretiden – 2035. Uacceptabelt LOS niveau i forbindelsestunnel og neden for trapperne hertil



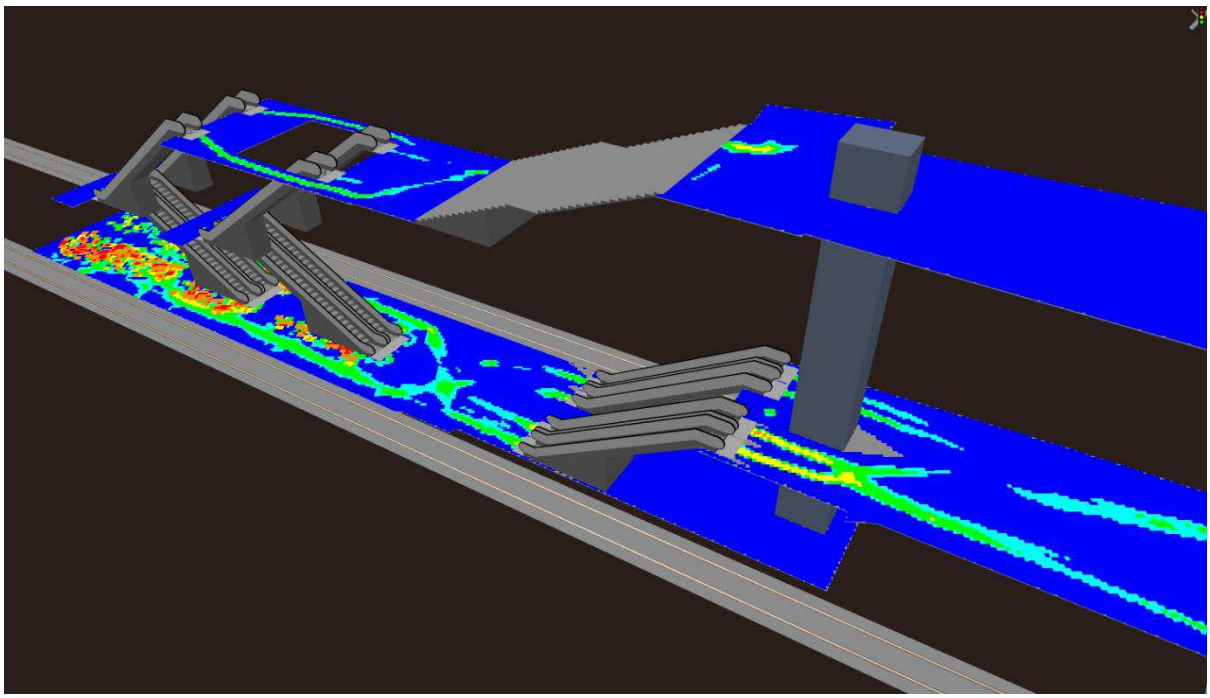
Figur 38: Nuværende station – påstigning i myldretiden – 2035 – uacceptabelt LOS niveau i forbindelsestunnel

5.4.3.2 Passagerkapacitet med 4-vognstog efter ombygning af stationen

Ved erstatning af de faste trapper mellem perron og forbindelsestunnel med to rulletrapper og udvidelse af forbindelsestunnelens første del mellem metrostation og trapperne til S-togsperronen viser simuleringerne, at der kan opnås en forbedring fra LOS E til LOS D, som er et acceptabelt niveau. Nedenfor er passagerflow med 4-vognstog efter udskiftning af faste trapper med rulletrapper og ombygning af forbindelsestunnel illustreret.



Figur 39: Efter udskiftning med rulletrapper og ombygning af forbindelsestunnel – afstigning – 2035 - acceptabelt LOS niveau



Figur 40: Efter udskiftning med rulletrapper og ombygning af forbindelsestunnel – påstigning - 2035 – acceptabelt LOS niveau

Simulering af passagerstrømme i myldretiden er sammenfattet i nedenstående tabel.

	Nørreport	
	Nuværende station 2035/2050	Ombygget station 2035/2050
Værste LOS på perron og rulletrapper	E/E	D/D
Værste LOS på concourse ved rulletrapper	E/E	D/D
Værste LOS I transfer tunnel	E/E	B/B*

Tabel 18: Sammenfatning af vurderet level of service (LOS) for udvalgte dele af stationen i myldretiden.

5.4.4 Evakueringskapacitet

Evakueringsforholdene er vurderet på grundlag af den foreslåede ombygning med udskiftning af faste trapper til rulletrapper og udvidelse af forbindelsestunnelen. Resultatet er vist i nedenstående tabel.

	Nuværende station 2035		Ændret station 2035		Ændret station 2050	
	Tømning af perron	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**
Krav	4 min	6 min	4 min	6 min	4 min	6 min
Nørreport	3:10 min	5:40 min	3:10 min	5:40 min	3:30 min	6:00 min

Tabel 19: Evakueringstid med den nuværende station og den ombyggede station for 2035 og 2050 og dermed også 2070

Som det fremgår, vil brandkravene til evakueringstid kunne overholdes i den ombyggede station

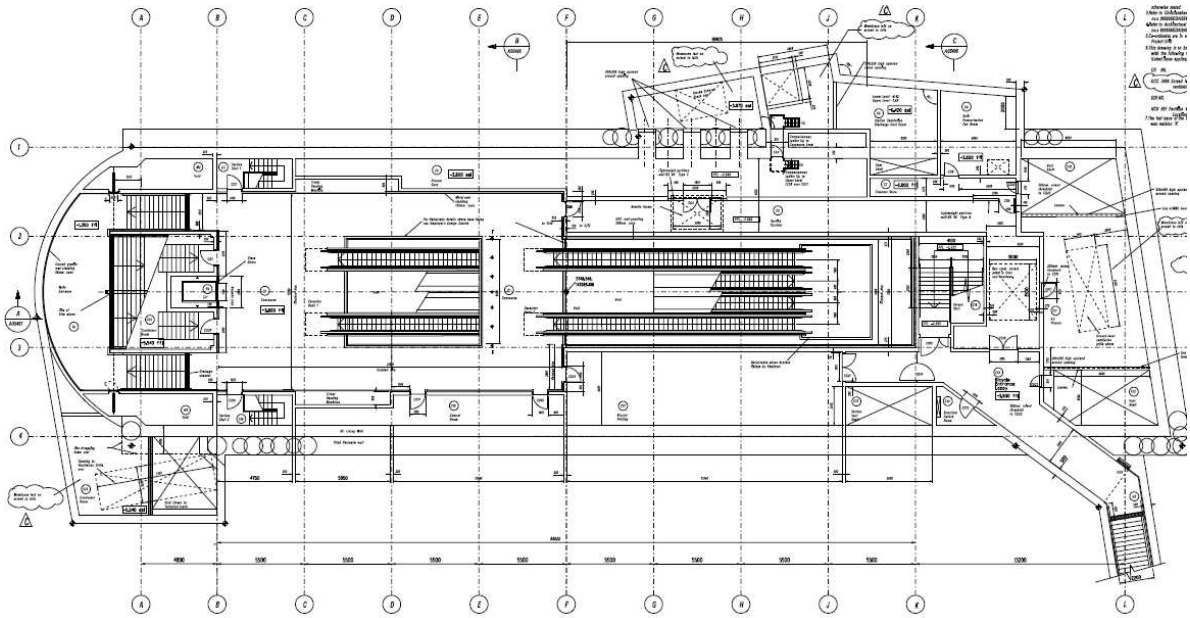
Sammenfattende vurderes det, at en udskiftning af de faste trapper mellem perron og forbindelsestunnel med rulletrapper samt en udvidelse af forbindelsestunnelen på strækningen mellem metrostation og S-togsstation vil medføre, at Nørreport Station vil kunne leve op til både et acceptabelt LOS niveau og de krævede evakueringsforhold efter indførelse af 4-vognstog.

5.5 Ombygning af Christianshavn Station

De gennemførte detaljerede simuleringer viser, at evakueringsforholdene med 4-vognstog på Christianshavn Station ikke kan leve op til brandnormerne. Der er derfor undersøgt en løsning, hvor rednings-/flugttrappen mellem perron og concourse-niveau udvides, og der etableres en ekstra rednings-/flugttrappe fra concourse-niveau til overfladen. Denne løsning vil sikre acceptable evakueringsforhold.

5.5.1 Den nuværende rednings-/flugttrappe

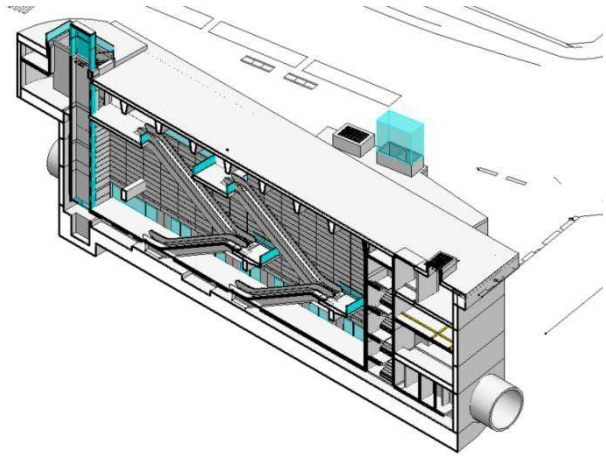
Figuren nedenfor viser den nuværende rednings-/flugttrappe fra perron til concourse-niveau



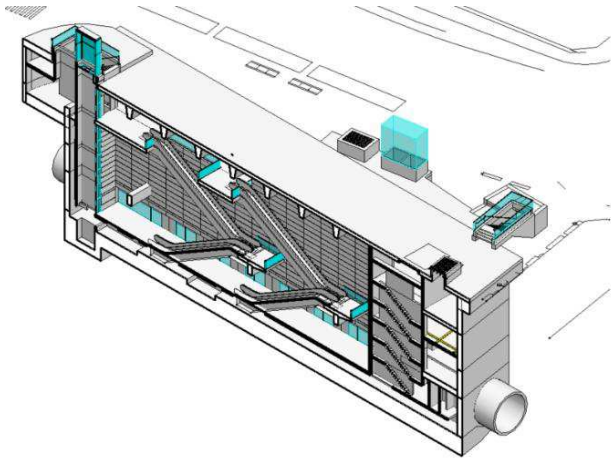
Figur 41– Plan over nuværende station på concourse-niveau

5.5.2 Foreslået ændring

Det foreslås at udvide den nuværende rednings-/flugttrappe fra perron til concourse-niveau og at tilbygge en ekstra trappe fra concourse-niveau til terræn. Dette nødvendiggør at den nuværende rednings-/flugttrappe fjernes for at give plads den nye og større. Ændringen er vist nedenfor.

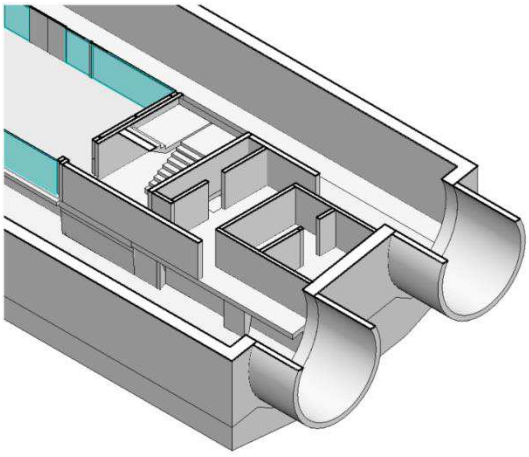


Figur 42: nuværende station med redningstrappe

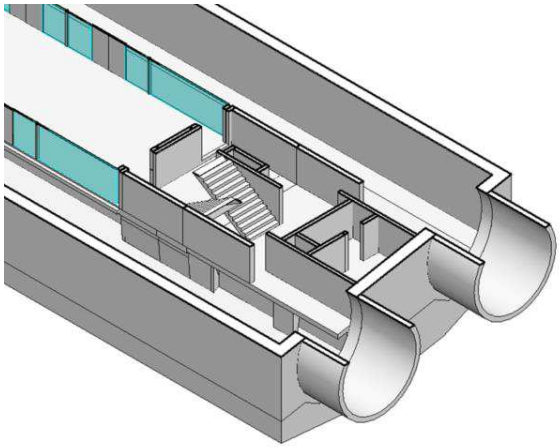


Figur 43: Forslag til ændret redningstrappe

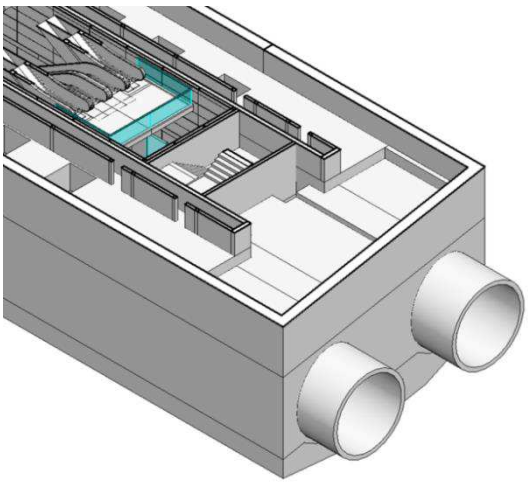
Den nye redningstrappe vil kræve mere plads, hvilket medfører de følgende ændringer.



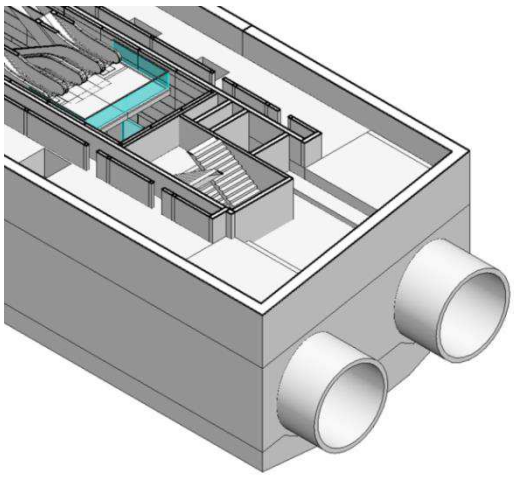
Figur 44: nuværende perronniveau med redningstrappe



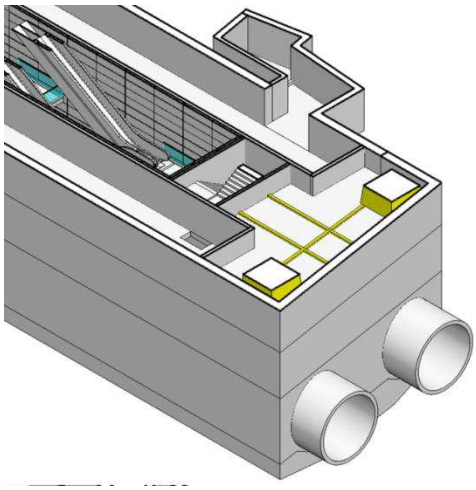
Figur 45: Forslag til ændret redningstrappe



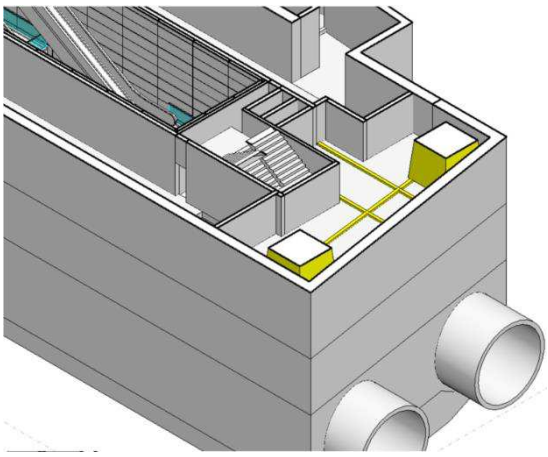
Figur 46: Nuværende redningstrappe på mellem niveau



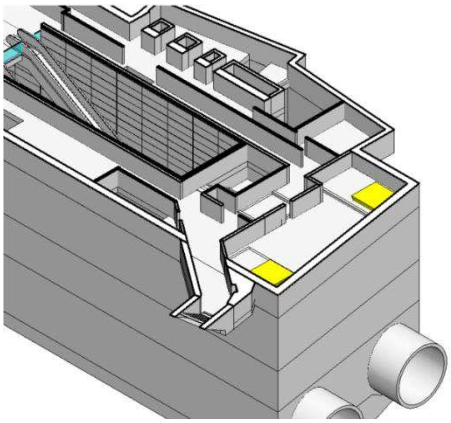
Figur 47: Forslag til redningstrappe på mellem niveau



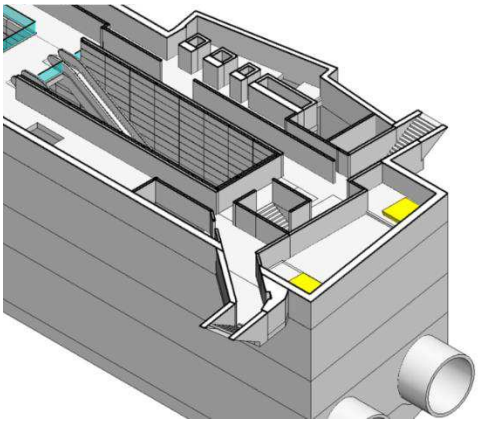
Figur 48: Nuværende redningstrappe på teknik niveau



Figur 49: Forslag til redningstrappe på teknikniveau

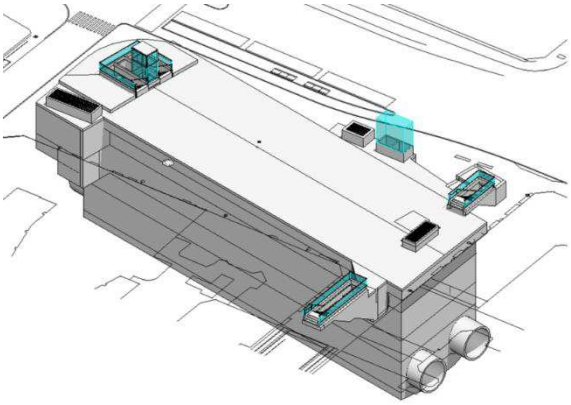


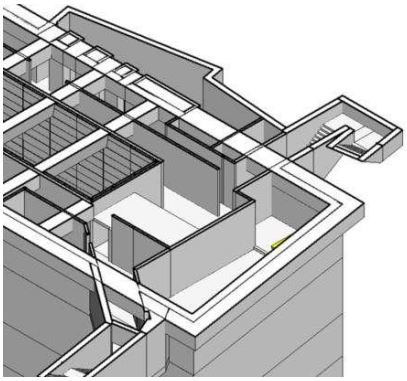
Figur 50: Nuværende redningstrappe på concourse-niveau



Figur 51: Forslag til redningstrappe på concourse-niveau

Den ekstra redningstrappe fra concourse-niveau til terræn vil kunne placeres i det sydøstlige del af stationen som vist på figuren nedenfor. For at undgå konflikt med Torvegade er trappen drejet lidt, hvilket nødvendiggør erstatning af den øverste del af den afgrænsende stationsvæg.

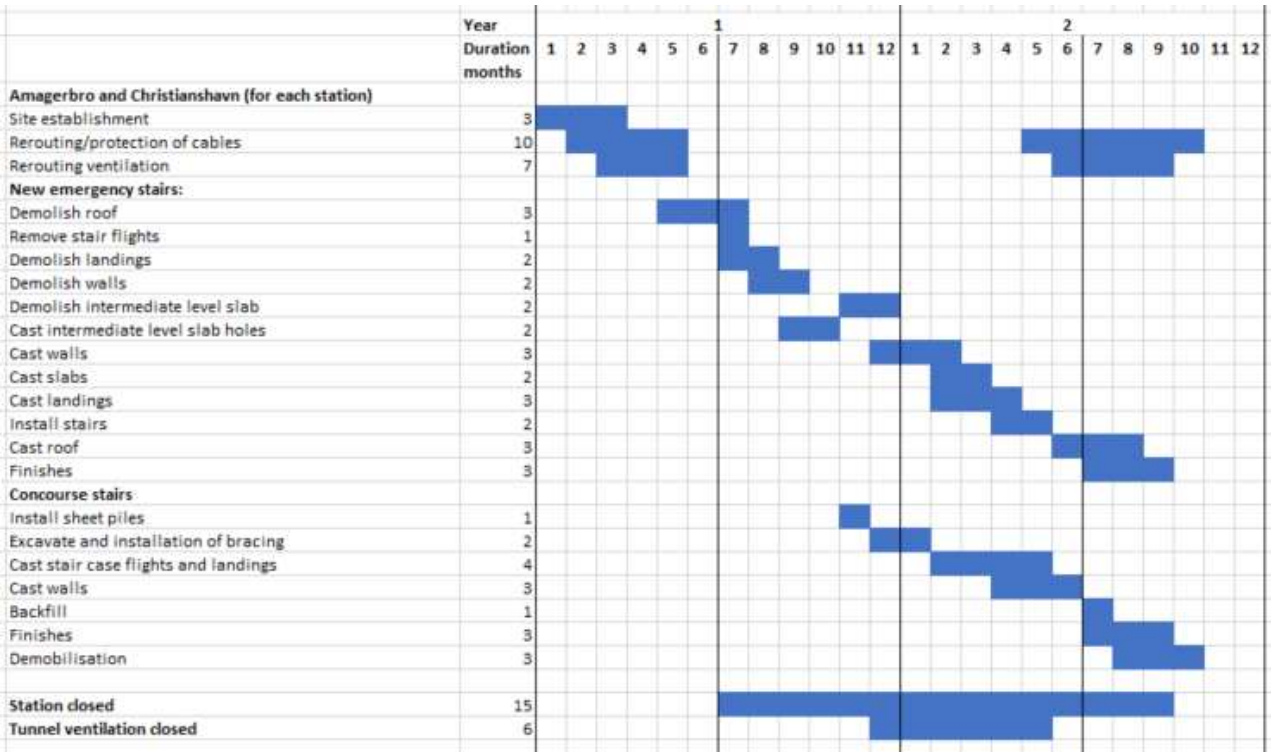




Figur 52: Illustration af den nye redningstrappe fra concourse-niveau til terræn

Udvidelse af redningstrappen og etablering af en ekstra trappe til terræn vurderes at vare ca. 22 måneder. Stationen vil skulle lukkes i ca. 15 måneder og tunnelventilationen vil være ude af drift i ca. 6 måneder. Se tidsplanen nedenfor.

5.5.3 Anlægstidsplan for udvidelse af rednings-/flugttrappe og etablering af ekstra trappe til terræn



Figur 53: Anlægstidsplan for udvidede rednings-/flugttrapper

5.5.4 Evakueringsforhold med 4-vognstog både med og uden ombygning af stationen

De detaljerede flowanalyser viser, at evakueringsforholdene efter indførelse af 4-vognstog ikke er acceptable på den eksisterende station. Muligheden for at udvide rednings-/flugttrappen fra perron til concourse-niveau med et ekstra trappeløb og at etablere en ekstra rednings-/flugttrappe fra concourse-niveau til overfladen er derfor undersøgt.

De simulerede evakueringsforhold er vist i nedenstående tabel både med og uden de beskrevne ombygninger og både for 2035 og 2050.

	Nuværende station 2035		Ombygget station 2035		Ombygget station 2050	
	Tømning af perron	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**
Krav	4 min	6 min	4 min	6 min	4 min	6 min
Christianshavn	5:00 min	8:00 min	3:45 min	5:30 min	3:45 min	5:30 min

Tabel 20: Evakueringstid med den nuværende station og den ombyggede i 2035 og 2050

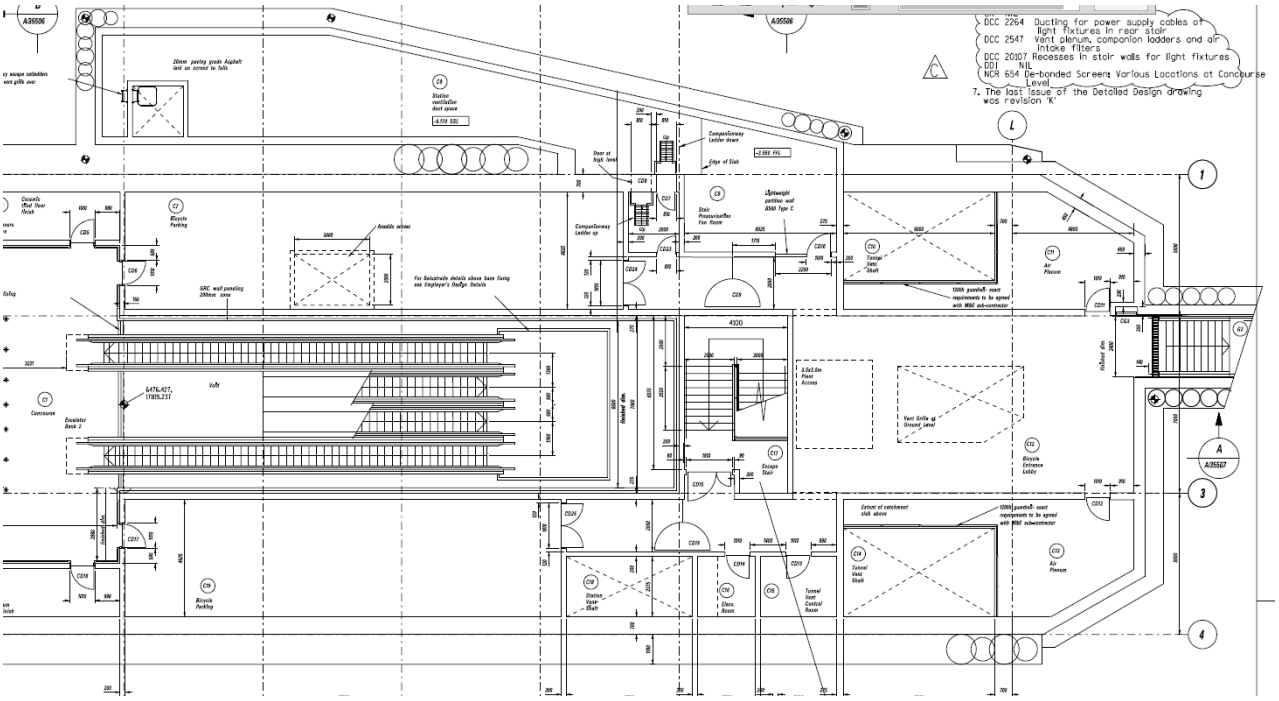
Som det fremgår, viser simuleringerne, at stationen med de beskrevne ombygninger vil kunne opfylde evakueringskravene i både 2035 og 2050 og dermed også i 2070

5.6 Ombygning af Amagerbro Station

De detaljerede simuleringer viser, at evakueringsforholdene med 4-vognstog på Amagerbro Station ikke vil kunne leve op til brandnormerne. Der er derfor undersøgt en løsning, hvor rednings-/flugttrappen mellem perron og concourse-niveau udvides, og der etableres en ekstra rednings-/flugttrappe fra concourse-niveau til terræn. Denne løsning vil sikre acceptable evakueringsforhold.

5.6.1 Nuværende rednings-/flugttrappe

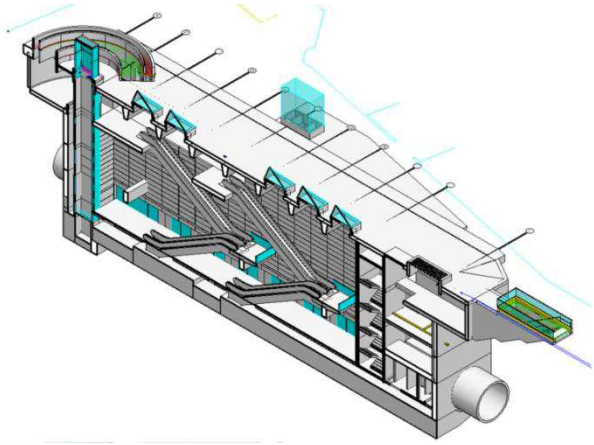
Den nuværende rednings-/flugttrappe fra perron til concourse-niveau er placeret i den sydlige ende af stationen med adgang bag stationens bagvæg. Trappen mellem concourse-niveau og terræn er placeret i den sydlige ende af stationen, jf. illustrationen nedenfor.



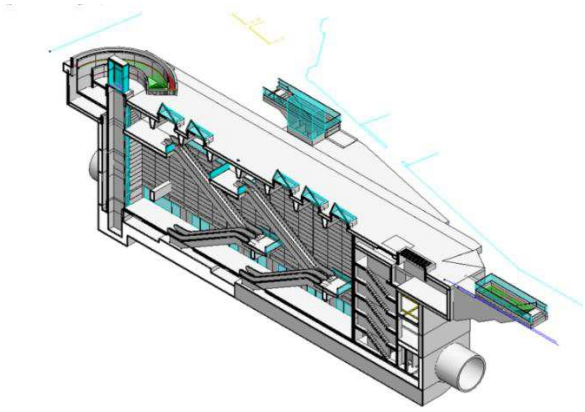
Figur 54: Plan af concourse-niveau med nuværende redningstrappe

5.6.2 Forslag til udvidet rednings-/flugttrappe

Rednings-/flugttrappen foreslås udvidet fra perron og suppleret med en ekstra trappe fra concourse-niveau til terræn, jf. illustrationerne nedenfor.

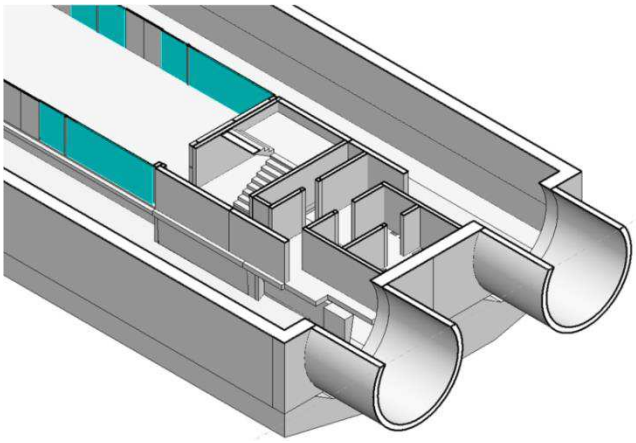


Figur 55: Nuværende redningstrappe

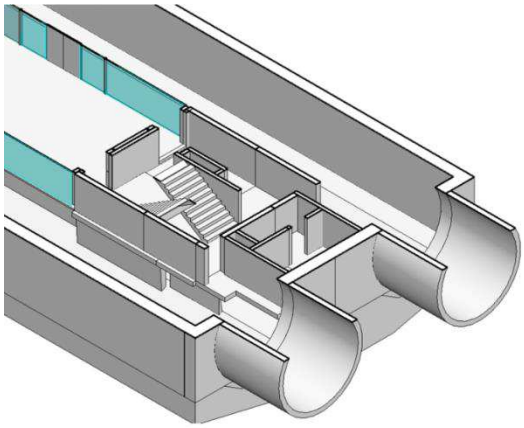


Figur 56: Forslag til ny redningstrappe

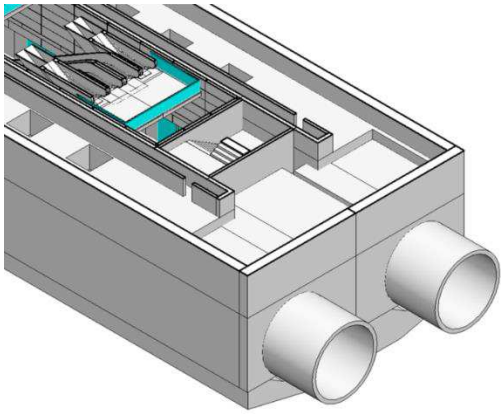
Den ny rednings-/flugttrappe kræver mere plads og forudsætter derfor følgende ændringer.



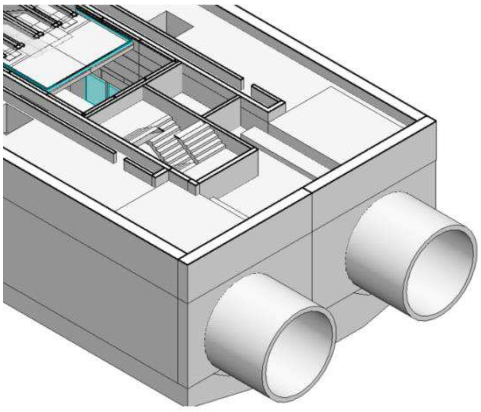
Figur 57: Nuværende redningstrappe på perron niveau



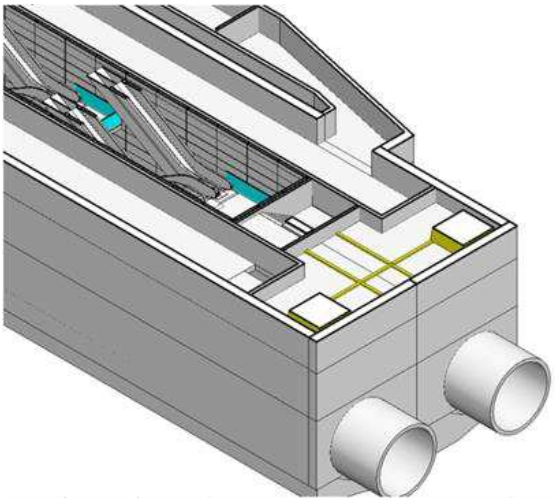
Figur 58: Foreslået redningstrappe på perron niveau



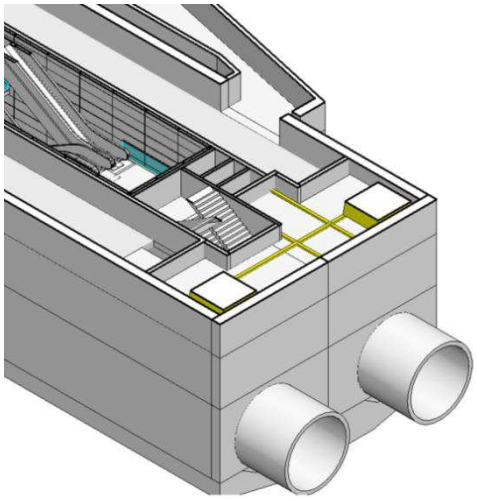
Figur 59: Nuværende redningstrappe på mellemniveau



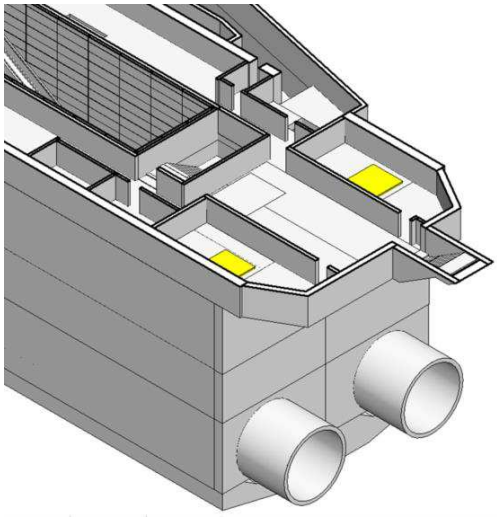
Figur 60: Foreslået redningstrappe på mellem niveau



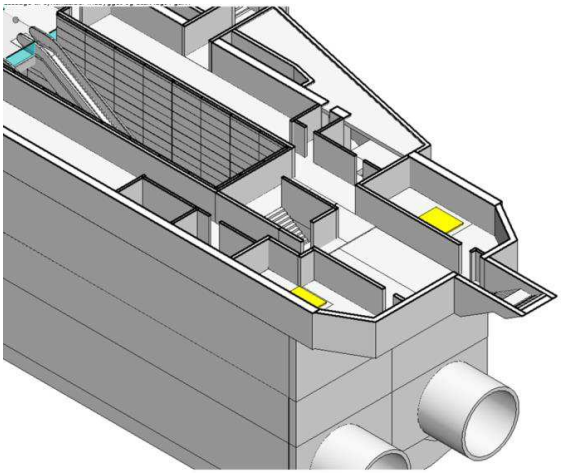
Figur 61: Nuværende redningstrappe på teknik niveau



Figur 62: Foreslået redningstrappe på teknik niveau

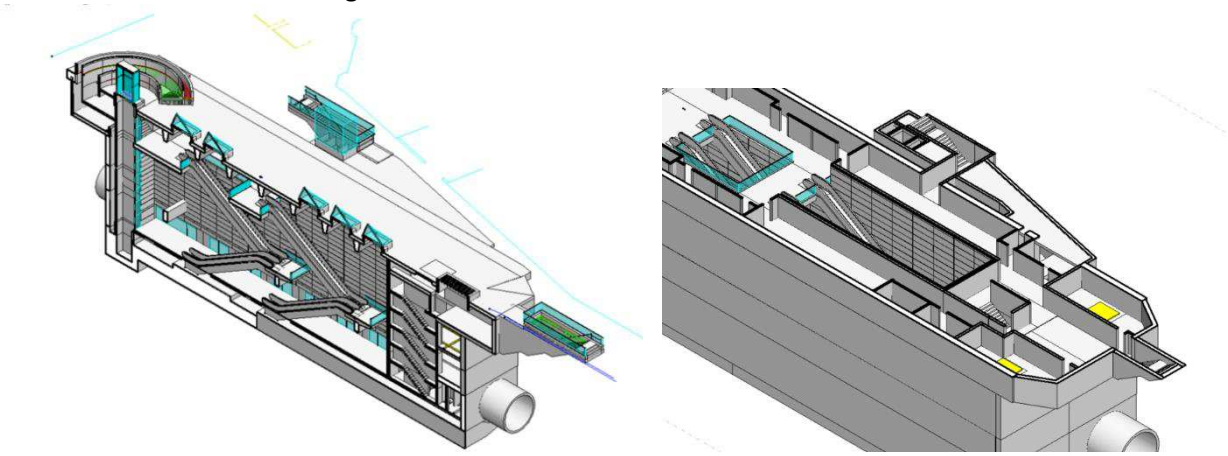


Figur 63: Nuværende redningstrappe på concourse-niveau



Figur 64: Foreslået redningstrappe på concourse-niveau

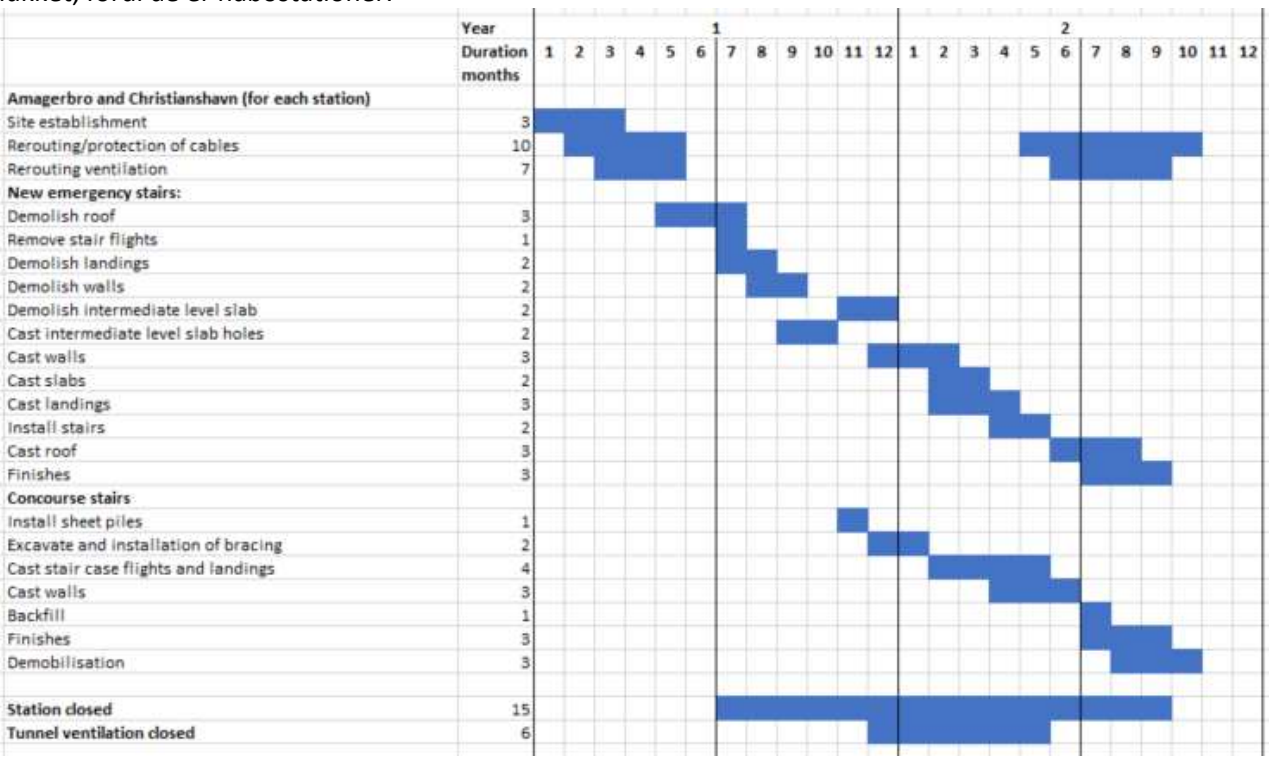
Den ekstra rednings-/flugttrappe fra concourse-niveau til terræn foreslås placeret langs den østlige side af stationen som vist på figuren nedenfor. Etableringen af trappen vil formentlig kræve erstatning af en del af stationens afskærende væg.



Figur 65: illustration af den ekstra redningstrappe fra concourse-niveau til terræn

5.6.3 Anlægstidsplan for udvidelse af rednings-/flugttrappe og etablering af ekstra trappe til terræn

Etablering af den foreslåede udvidelse af rednings-/flugttrappen og en ekstra rednings-/flugttrappe til terræn vurderes at vare ca. 22 måneder, jf. tidsplanen nedenfor. Stationen vil være lukket ca. 15 af disse måneder og tunnelventilationen vil være ude af drift i 6 af disse måneder. I den periode, hvor tunnelventilation er ude af drift vil Christianshavn Station og Amagerbro Station ikke begge kunne være lukket, fordi de er nabostationer.



Figur 66: Anlægstidsplan for en ny redningstrappe

5.6.4 Evakueringsforhold med 4-vognstog både med og uden ombygning af stationen

De detaljerede flowanalyser viser, at evakueringsforholdene efter indførelse af 4-vognstog ikke lever op til brandnormerne på den eksisterende station. Muligheden for at udvide rednings-/flugttrappen fra perron til concourse-niveau med et ekstra trappeløb og at etablere en ekstra rednings-/flugttrappe fra concourse-niveau til overfladen er derfor undersøgt.

De simulerede evakueringsforhold er vist i nedenstående tabel både med og uden de beskrevne ombygninger og både for 2035 og 2050.

	Nuværende station 2035		Ombygget station 2035		Ombygget station 2050	
	Tømning af perron	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**	**Tømning af perron**	**Tømning af station**
Krav	4 min	6 min	4 min	6 min	4 min	6 min
Amagerbro	5:00 min	7:40 min	3:30 min	5:20 min	3:30 min	5:20 min

Tabel 21: Evakueringstid med den nuværende redningstrappe og med den nye redningstrappe i 2035 and 2050

Som for Christianshavn Station vil den ombyggede redningstrappe opfylde brandkravene til evakueringstid både i 2035 og 2050 og dermed også i 2070.

6 Samlet anlægstidsplan for ændring af transportsystem og ombygning af de fire kritiske stationer

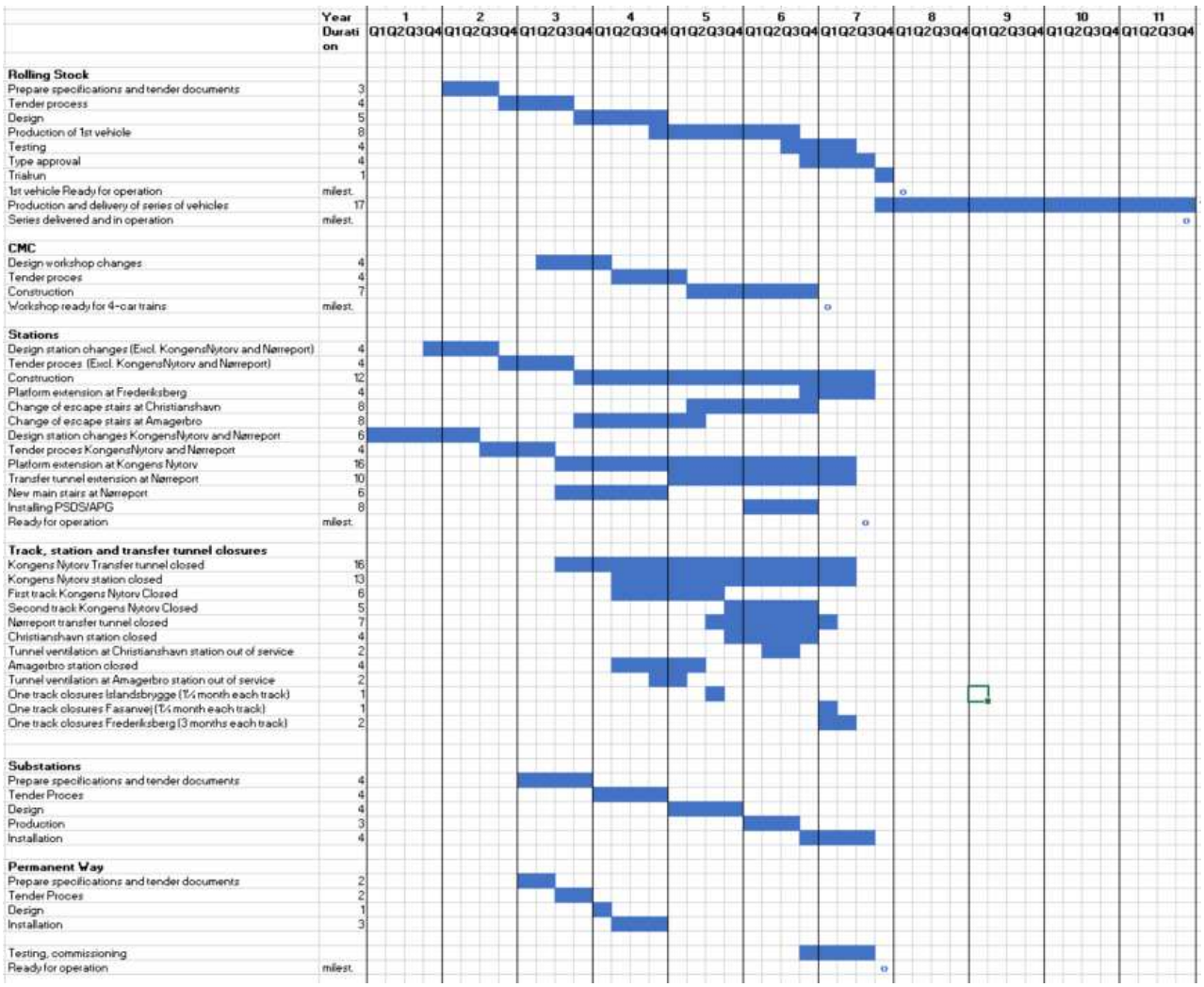
6.1 Samlet anlægstidsplan

Den samlede anlægstid for udskiftning af 3-vognstog med 4-vognstog er estimeret til ca. 11 år. Heraf vurderes anlægsperioden for ændringerne på infrastruktur og stationer at være på ca. 4 år. Den foreslåede samlede tidsplan er vist i figuren nedenfor. Tidsplanen er baseret, dels på undersøgelserne af behovet for ændringer af transportsystemet og udskiftning af 3-vognstog til 4-vognstog, dels de efterfølgende undersøgelser af ombygningen af fire kritiske stationer: Kongens Nytorv Station, Nørreport Station, Christianshavn Station og Amagerbro Station.

Anlægsarbejderne er forudsat begyndt på Kongens Nytorv Station med nedbrydning af en del af den nuværende forbindelsestunnel mellem stationen på M1/M2 og stationen på Cityringen M3/M4, som vil være lukket i ca. 4 år, mens stationen på M1/M2 vil være lukket i ca. 3 år og 3 måneder. Ombygningen af Kongens Nytorv Station vil kræve lukning af hver af tunnelerne i ca. 1 år og 4 måneder. Nørreport Station vil ikke skulle lukkes, men vil være berørt af ombygningen af forbindelsestunnelen til S-tog og regionaltog i ca. 20 måneder.

Christianshavn Station og Amagerbro Station vil hver være lukket i ca. 1 år og 3 måneder, men da ventilationssystemerne på hver af stationerne vil være ude af drift i ca. 6 måneder, vil ombygningen af disse to stationer ikke kunne ske samtidigt. Forlængelse af perronen på Frederiksberg Station vil kunne indpasses, når det passer bedst i anlægsperioden, men en del af dette arbejde vil kræve enkeltsporsdrift, som skal indpasses i tidsplanen i forhold til enkeltsporsdriften som følge af lukning af tunnelerne ved Kongens Nytorv Station.

I nedenstående tidsplan er det forudsat, at alt infrastrukturarbejdet skal være afsluttet forud for leveringen af de nye 4-vognstog. I den detaljerede planlægning vil det kunne overvejes at arbejde med et vist overlap mellem infrastrukturarbejdet og ankomsten af nye tog, således at den samlede tidsplan kan reduceres til omkring 10 år.



Figur 67: Tidsplan

6.1.1 Kongens Nytorv Station

Arbejderne på Kongens Nytorv Station vil - ud over lukning af forbindelsestunnelen til M3/M4 og af den samlede M1/M2 station – indebære, at spor 1 vil være lukket mellem Kongens Nytorv og Sjæleboderne i ca. 1½ år, mens spor 2 tilsvarende vil være lukket mellem Kongens Nytorv Station og Sjæleboderne i ca. 1½ år. Det er forudsat, at Christianshavn og Amagerbro stationer vil være lukket i samme periode. Det er desuden forudsat, at Kongens Nytorv Station vil kunne anvendes som rednings-/flugtvej i tilfælde af evakuering fra tunnelen i drift i hele anlægsperioden, og at tunnelventilationen ligeledes vil være i funktion i den tunnel, der er i drift.

Anlægsarbejderne vil – ud over den direkte påvirkning - have indflydelse på en række af de tekniske installationer og anlæg. Det gælder blandt andet beredskabstrapper, tunnelinstallationer, hvor tunnelernes længde ændres, perrondørenes sammenhæng med styresystemerne, tunnelventilationen, og udluftning fra tunneler og elevatorer, der udskiftes.

6.1.2 Nørreport Station

Anlægsarbejderne på Nørreport Station kan ske uafhængigt af ombygningsarbejderne på de øvrige stationer. Ombygning af hovedtrappen er vurderet at vare ca. 1½ år og udvidelsen af forbindelsestunnelen ca. 2½ år. Det er forudsat, at disse arbejder gennemføres parallelt med arbejderne på Kongens Nytorv Station. Ligesom udskiftningen af perrondørene er forudsat at ske koordineret med andre stationer på strækningen, således at enkeltsporsdrift kan reduceres til det mindst mulige.

Ud over de specifikke ombygningsarbejder vil arbejderne have indflydelse på en række af de tekniske systemer. Det gælder blandt andet adgang til elevator under ombygning af hovedtrappen, og systemet til komfortudluftning fra tunneler vil ligeledes skulle ombygges, men dette vurderes at kunne ske uden indgreb i togdriften.

6.1.3 Christianshavn and Amagerbro

Christianshavn Station og Amagerbro Station vil hver være lukket omkring 15 måneder, hvor redning-/flugttrapperne ikke vil være tilgængelige. Eventuel etablering af midlertidige redning-/flugttrapper vil muligvis kunne forkorte denne periode. Tunnelventilationen vil på hver af stationerne være ude af drift i ca. 6 måneder, hvor de to stationer ikke kan være lukket samtidigt.

Ombygningen af Christianshavn og Amagerbro stationer vil – ud over selve ombygningsarbejderne – også påvirke nogle af de øvrige tekniske systemer. Det gælder især tunnelventilationen, men også blandt andet eventuelle krav til redning-/flugttrapperne i de naboskaktene til de to stationer, ventilationskanaler under perroner m.v., kabling og ventilation af pumpesumpe m.v.

6.1.4 Tidsplan for påvirkning af driften

Anlægsarbejderne vil påvirke driften af M1/M2 både gennem lukning af stationer og gennem lukning af tunneler og deraf følgende enkeltsporsdrift. Grupperingen af disse påvirkninger kan ske på en række forskellige måde og vil skulle analyseres i detaljer, når de detaljerede tidsplaner for anlægsarbejdernes forskellige dele foreligger. Tabellen nedenfor viser, hvorledes de forskellige anlægsarbejder vil påvirke driften.

Anlægsarbejde	Driftspåvirkning	Periode
Perronforlængelse på Frederiksberg	Enkeltsporsdrift	6 måneder
Nedbrydning af væg på Fasanvej	Enkeltsporsdrift	3 måneder
Nedbrydning af væg på Islands Brygge	Enkeltsporsdrift	3 måneder
Ændring af nødtrappe på Christianshavn	Station lukket for passagerudveksling	1 år og 3 måneder
Ændring af nødtrappe på Amagerbro	Station lukket for passagerudveksling	1 år og 3 måneder
Perronforlængelse på Kongens Nytorv	Station lukket for passagerudveksling	3 år og 3 måneder
	Enkeltsporsdrift	2 år og 9 måneder
Installation af PSD/APG	Enkeltsporsdrift	21 stationer I alt, 1 måned /station

Table 22: List of construction work which impact the operation of M1/M2.

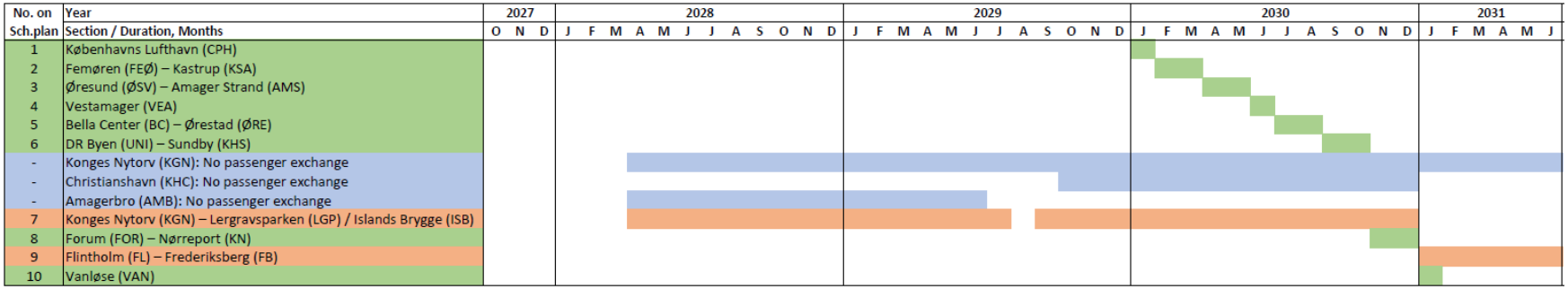
Ombygningen af Kongens Nytorv Station vil have den største indflydelse på driften. Dels vil stationen være lukket i ca. 3 år og 3 måneder. Dels vil de to tunnelrør hver skulle lukkes i ca. 1 år og 4 måneder med en meget lang periode med enkeltsporsdrift til følge.

Anlægsarbejderne vil kunne spredes over en længere periode med mindre indgribende påvirkning, men til gengæld over længere tid. Alternativt kan arbejderne søges gennemført over en kortere periode, men til gengæld med mere indgribende påvirkninger til følge. I yderste konsekvens vil driften på M1/M2 kunne lukkes helt ned i 1½ - 2 år, hvor anlægsarbejderne i givet fald ville kunne gennemføres mere effektivt.

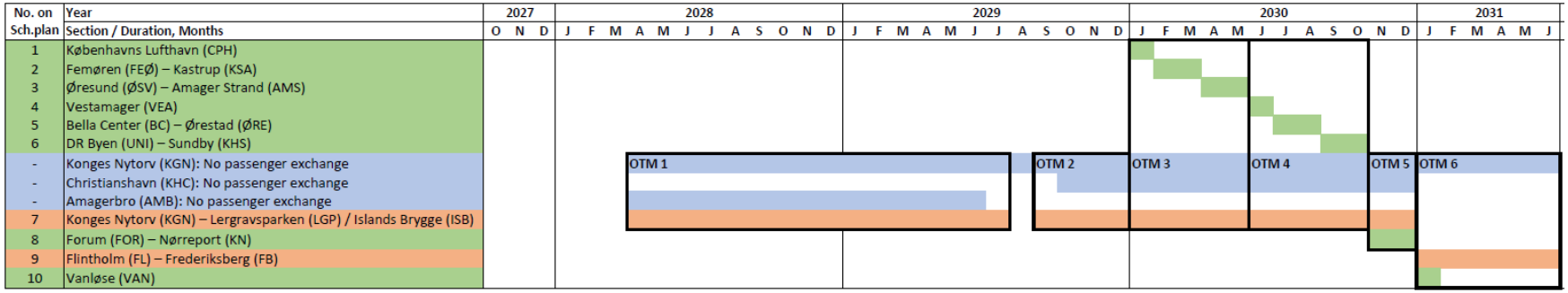
Hvis det besluttes at indføre 4-vognstog, vil det være nødvendigt at foretage en detaljeret vurdering af mulige driftsscenarier i anlægsprocessen med henblik på at optimere processen, således at generne for passagererne begrænses mest muligt.

Nedenstående figurer viser en moderat tidsplan, hvad angår overlap mellem påvirkninger af driften og dermed gener for passagererne. Figuren viser:

- **Grøn betyder: under installation af perrondøre vil der være færre tog og flere skift (shuttle drift)**
- **Blå betyder: lukning af station**
- **Orange betyder: under ombygning af infrastruktur, stationer eller installation af perrondøre vil der være færre tog og flere skift (shuttle drift)**



Figur 68: Tidsplan i den valgte gruppering af arbejderne for indflydelse på driften under anlægsarbejdet



Figur 69: Samme tidsplan som ovenfor men med angivelse af de valgte driftsscenarier for grundlag for OTM-analyser af passagerpåvirkninger

7 Passagergener, driftsscenarier og indtægtstab

7.1 Driftskonsekvenser i anlægsperioden for ændring af transportsystemet og ombygning af de fire kritiske stationer

En række af ændringerne af transportsystemet vil sammen med overgangen fra 3-vognstog til 4-vognstog uundgåeligt have indflydelse på driften af M1/M2 i kortere eller længere perioder. Opgradering af den tekniske baneinfrastruktur, kørestrøm og strømforsyning m.v. vurderes kun at medføre begrænsede konsekvenser for driften. Udskiftningen af ATC-systemet er forudsat at ske uafhængigt af overgangen til 4-vognstog. Selve overgangen til 4-vognstog vil, selv om ATC-systemet er forberedt til kørsel med 4-vognstog og samtidig kørsel med både 3-vognstog og 4-vognstog, indebære konsekvenser for driften, idet indførelsen af et nyt 4-vognstog vil skulle testes, men perioden hvor der køres med både 3-vognstog og 4-vognstog vurderes ikke at medføre mærkbare begrænsninger i driften.

Ombygningen af de fire kritiske stationer vil have meget betydelige konsekvenser for driften i anlægsperioden. Kongens Nytorv Station vil skulle lukkes i mere end 3 år og Christianshavn og Amagerbro stationer i hver godt 1 år. Men den største indflydelse vil komme fra den nødvendige nedlukning af de to tunneler ved Kongens Nytorv, der samlet vil medføre knapt tre års kørsel med enkeltsporsdrift på lange strækninger.

Etableringen af de ekstra perrondøre, inklusive de nødvendige ombygninger, vurderes også at medføre enkeltsporsdrift i perioder, som dog for størstedelens vedkommende vil kunne foregå parallelt med lukningen af tunnelerne ved Kongens Nytorv. Lukningen af tunnelerne som følge af ombygningen af Frederiksberg Station vil indebære en periode på ca. 6 måneder med enkeltsporsdrift, som er forudsat lagt i forlængelse af enkeltsporsdriften knyttet til tunnellukningen ved Kongens Nytorv. Som nævnt ovenfor vil denne tilrettelæggelse af driften skulle optimeres, hvis det besluttes at indføre 4-vognstog.

De nødvendige testperioder for såvel den ændrede infrastruktur som de nye tog vurderes at være på 2-4 måneder, som dog forventes at kunne ligge samtidig med den forudsatte enkeltsporsdrift.

7.2 Driftskonsekvenser af ombygning af de fire kritiske stationer

Ændringerne af transportsystemet og især ombygningen af de fire kritiske stationer vil få markante driftsmæssige konsekvenser for hele M1/M2 og dermed vil ændringerne og ombygningerne have store konsekvenser for passagererne i anlægsperioden. Det vil ikke kun være for de berørte stationer, men der vil i længere perioder være et markant nedsat serviceniveau som følge af enkeltsporsdrift og dermed nedsat frekvens og kapacitet på hele M1/M2.

For at estimere effekten på antallet af passagerer af alternativ drift på en strækning, samt nedlukning af stationer, er der gennemført OTM-kørsler for 6 forskellige driftsscenarier, se tabel 21 nedenfor. Tidsplan for påvirkning af driften, de beskrevne tidsforløb og driftsscenarier fremgår af afsnit 6.1.4.

Der er knyttet en del usikkerheder til nedenstående beregninger, da det er vanskeligt at modellere de specifikke passagermæssige konsekvenser af så store driftsmæssige ændringer af M1/M2. I beregningerne indgår der f.eks. ikke tilpasninger af busnettet, hvilket bør overvejes, hvis der gennemføres større ændringer af driften på M1/M2. Det må derfor formodes, at der vil være en del passagerer, som vil benytte et forbedret busnet under ombygningen. Attraktiviteten af et supplerende metro-busnet er ikke vurderet, men afhænger bl.a. af bussens køretid og frekvens. Desuden vil andel af passagererne også kunne benytte anden kollektiv transport som f.eks. S-tog, og

samtidig vil der også være en del passagerer, der fortsat vælger at benytte metroen til trods for de ekstra skift og længere køretid.

	Berørt strækning	**Antal måneder**	**Pendullinje/ ingen stop**	**Frekvens** (*i sekunder)*
Scenarie 1	Vanløse-Nørreport	16	Pendullinje	235
	Nørreport-Islands Brygge		Pendullinje	970
	Nørreport-Lergravsparken		Pendullinje	970
	Islands Brygge-Vestamager		Pendullinje	250
	Lergravsparken-Københavns Lufthavn		Pendullinje	240
	Kongens Nytorv		Ingen stop	-
	Amagerbro		Ingen stop	-
Scenarie 2	Vanløse-Nørreport	5	Pendullinje	243
	Nørreport-Islands Brygge		Pendullinje	940
	Nørreport-Lergravsparken		Pendullinje	940
	Islands Brygge-Vestamager		Pendullinje	250
	Lergravsparken-Københavns Lufthavn		Pendullinje	240
	Kongens Nytorv		Ingen stop	-
	Christianshavn		Ingen stop	-
Scenarie 3	Vanløse-Nørreport	5	Pendullinje	243
	Nørreport-Islands Brygge		Pendullinje	940
	Nørreport-Lergravsparken		Pendullinje	940
	Islands Brygge-Vestamager		Pendullinje	250
	Lergravsparken-Københavns Lufthavn		Pendullinje	436
	Kongens Nytorv		Ingen stop	-
	Christianshavn		Ingen stop	-
Scenarie 4	Vanløse-Nørreport	5	Pendullinje	243
	Nørreport-Islands Brygge		Pendullinje	940
	Nørreport-Lergravsparken		Pendullinje	940
	Islands Brygge-Vestamager		Pendullinje	536
	Lergravsparken-Københavns Lufthavn		Pendullinje	240
	Kongens Nytorv		Ingen stop	-
	Christianshavn		Ingen stop	-
Scenarie 5	Vanløse-Frederiksberg	2	Pendullinje	670
	Frederiksberg-Nørreport		Pendullinje	670
	Nørreport-Islands Brygge		Pendullinje	940
	Nørreport-Lergravsparken		Pendullinje	940
	Islands Brygge-Vestamager		Pendullinje	250
	Lergravsparken-Københavns Lufthavn		Pendullinje	240
	Kongens Nytorv		Ingen stop	-
	Amagerbro		Ingen stop	-
Scenarie 6	Vanløse-Frederiksberg	6	Pendullinje	1.034
	Frederiksberg-Vestamager		Pendullinje	260
	Frederiksberg-Københavns Lufthavn		Pendullinje	260
	Kongens Nytorv		Ingen stop	-

Tabel 23: Overblik over de 6 scenarier, der er lavet OTM kørsler for

Det følgende afsnit og de deri indeholdte beregninger er baseret på ovenstående driftsscenarier.

7.3 Konsekvenser for driftsøkonomien af generne i anlægsperioden

I de driftsøkonomiske beregningerne er der taget udgangspunkt i ovenstående OTM-beregninger for at estimere de mistede indtægter som følge af passagerfrafald ved alternativ drift og nedlukning af stationer på M1/M2. Som beskrevet i ovenstående afsnit 7.2 vil en del af passagererne formodentlig benytte et alternativt og supplerende metro-busnet, hvorfor de driftsøkonomiske konsekvenser er behæftet med usikkerhed. Benytter passagererne et supplerende metro-busnet, må de driftsøkonomiske konsekvenser forventes at blive mindre.

I tabel 22 nedenfor er opstillet passager- og indtægtstab ved de 6 forskellige driftsscenarier. Det ses, at man forventer at tabe 256 mio. passagerer over den 3 ½ årige periode. Dette svarer til antallet af passagerer i M1/M2 i for hele perioden 2016 til 2019 – det er således et markant passagerfrafald, der svarer til næsten 4 års samlede passagerer.

Indtægtstabet ved dette passagerfrafald forventes at være i størrelsesordenen 3,5 - 4,0 mia. kr. Passagerfrafaldet og indtægtstabet må forventes at blive større, da der i beregningerne ikke er taget højde for effekterne efter endt ombygning. Det må forventes, at der ved så markante ændringer i driften vil være en efterfølgende periode over nogle år, hvor passagererne langsomt vender tilbage til M1/M2. Desuden må det forventes, at der vil være passagerer der helt fravælger at benytte metroen efterfølgende, som følge af de markante driftsforstyrrelser.

Driftsscenarie	Berørt strækning	År	Antal måneder	Passagertab	Indtægtstab (mia. kr.)
1	Kongens Nytorv til Lergravsparken/ Islands Brygge	2028-29	16	-106.000.000	1,5
2	Kongens Nytorv til Lergravsparken/ Islands Brygge	2029	5	-34.000.000	0,5
3	Kongens Nytorv til Lergravsparken/Islands Brygge + Øresund til Københavns Lufthavn	2030	5	-34.600.000	0,5
4	Kongens Nytorv til Lergravsparken/Islands Brygge + DR Byen til Vestamager	2030	5	-35.400.000	0,5
5	Kongens Nytorv til Lergravsparken/Islands Brygge + Forum til Nørreport	2030	2	-14.700.000	0,2
6	Kongens Nytorv + Flintholm til Frederiksberg + Vanløse	2031	6	-30.900.000	0,5
	I alt			**-255.600.000**	**3,7**

Tabel 24: Estimeret passager- og indtægtstab fordelt på driftsscenarier

7.4 Ekstra driftsomkostninger i anlægsperioden

Selv om driften vil blive begrænset i anlægsperioden, må det forventes, at driftsoperatøren vil skulle yde en større indsats for at sikre en mere kompliceret drift og for at mindske generne for passagererne mest muligt, blandt andet gennem en øget informationsindsats.

De årlige ekstraomkostninger vurderes at være på mellem 25 og 40 mio. kr., blandt andet til ekstra personale til varetagelse af tekniske opgaver og passagerinformation m.v. Hertil kommer omkostninger til eventuel busdrift på 30 - 40 mio. kr. og en mulig kompensation til operatøren som

følge af manglende kommercielle indtægter på 10 – 20 mio. kr. Herfra skal trækkes en besparelse på energi på 3 – 5 mio. kr. De samlede årlige ekstraomkostninger vurderes således at være på 60 – 100 mio. kr. afhængigt af det konkrete driftsscenarie.

8 Samlede anlægsomkostninger

8.1 Indledning - budgetteringsgrundlag

De estimerede anlægsomkostninger er opgjort, dels for ændringen af transportsystemet og anskaffelsen af nye tog, dels for ombygning af de fire kritiske stationer. Anlægsomkostningerne for ændringer af transportsystemet er baseret på Ny Anlægs Budgettering (NAB) fase 2, det vil sige med et korrektionstillæg på 30 pct., idet der i vidt omfang er tale om komponenter og elementer, som vil blive købt og installeret. Anlægsomkostningerne for ombygning af de fire kritiske stationer er baseret på NAB fase 1, det vil sige med et korrektionstillæg på 50 pct., idet der er tale om ombygning af eksisterende konstruktioner, som per definition indeholder et betydeligt usikkerhedselement.

På grund af de forskellige korrektionsreserver er de to anlægsestimater også vist hver for sig i det følgende.

8.2 Anlægsomkostninger for ændring af transportsystemet

Omkostningsestimatet for transportsystemet svarer til estimatet i den tekniske rapport fra december 2019 og er baseret på NAB fase 2, det vil sige med en korrektionsreserve på 30 pct. Kostestimatet indeholder omkostningerne til anskaffelse af nye 4-vognstog. Der er således ikke taget hensyn til, at det er forudsat, at anskaffelsen sker på det tidspunkt, hvor togene alligevel skulle udskiftes. Anskaffelsen af tog må således forudsættes finansieret, dels af 4-vognstog projektet, dels af midler til udskiftning af 3-vognstogene.

Cost estimate for 4-car trains						
No.	**Item**	**Unit**	**Unit price**	**Amount**	**Cost (DKK)**	
4.1 Permanent Way					**DKK**	**4.158.800**
4.1.1	Elongation of pocket track	meters	DKK 6.900,00	52	DKK	358.800
4.1.2	Construction work, parking lot Lindevang st - Fasanvej st	Lump sum	DKK 3.800.000,00	1	DKK	3.800.000
4.2 Traction Power					**DKK**	**2.320.000**
4.2.1	400mm2 Cu cable	meters	DKK 1.160,00	2000	DKK	2.320.000
4.3 Power Supply					**DKK**	**35.940.000**
4.3.1	2500kVA transformer	pcs	DKK 1.100.000,00	12	DKK	13.200.000
4.3.2	2500kW rectifier	pcs	DKK 935.000,00	12	DKK	11.220.000
4.3.3	400mm2 Cu cable	meters	DKK 1.160,00	9600	DKK	11.136.000
4.3.4	3x95+25 Al cable	meters	DKK 320,00	1200	DKK	384.000
4.4 Signalling					**DKK**	**-**
4.5 PSDS – Platform Screen Door System					**DKK**	**136.950.000**
4.5.1	Platform Screen Door System	Stations	DKK 5.200.000,00	22	DKK	114.400.000
4.5.2	Islandbrygge and Fasanvej, removal of plaftform walls	Stations	DKK 2.000.000,00	2	DKK	4.000.000
4.5.3	Frederiksberg - 5,5m lengthening of platform	Stations	DKK 15.000.000,00	1	DKK	15.000.000
4.5.4	Mechanical and eletrical (Fire main, PSD control, emergency call point)	Stations	DKK 500.000,00	3	DKK	1.500.000
4.5.5	Construction site for Islandbrygge, Fasanvej and Frederiksberg station	%	10%	-	DKK	2.050.000
4.6 PSIS					**DKK**	**-**
4.7 CMC					**DKK**	**29.150.000**
4.7.1	Expansion of existing workshop, hastened construction work	pcs	DKK 21.000.000,00	1	DKK	21.000.000
4.7.2	Expansion of new workshop	pcs	DKK 5.500.000,00	1	DKK	5.500.000
4.7.3	Construction site	%	10%	-	DKK	2.650.000
4.8 Tunnel Ventilation					**DKK**	**-**
5.0 Rolling Stock					**DKK**	**1.890.000.000**
5.0.1	New trains	pcs	DKK 45.000.000,00	42	DKK	1.890.000.000
	Construction & Project Management	%		12	**DKK**	**251.822.256**
	Administration, Design, Test, Railway Safety *	%		25	**DKK**	**496.029.700**
Total excl. VAT (rounded up), 2019-rates					**DKK**	**2.900.000.000**
	Contingencies, NAB level 2, applied to trains and system works	%		30	DKK	870.000.000
Total incl. contingencies excl. VAT (rounded), 2019-rates					**DKK**	**3.770.000.000**

* *4.5.1 Platform Screen Door System is not incl., since "Administration, Design, Test, Railway Safety" is incl. in the price for 4.5.1*

Tabel 25: Omkostningsestimat for transportsystemets tilpasning til 4-vognstog, inklusive anskaffelsen af nye tog

8.3 Anlægsomkostninger for ombygning af de fire kritiske stationer

Omkostningsestimatet er baseret på undersøgelser foretaget af Arup for Kongens Nytorv Station henholdsvis Rambøll for de øvrige tre stationer i rapporter fra maj 2020. Estimaterne er udarbejdet på basis af NAB fase 1, det vil sige med korrektionsreserver på 50 pct.

Cost estimate for 4-car trains: Station Extension				
No.	Item	Unit	Cost (DKK)	
4.0 Station extension Kongens Nytorv			**DKK**	**198.823.000**
4.0.1	Civil Works	Sum	DKK	25.806.000
4.0.2	Demolition of M1/M2 station and transfer tunnel	Sum	DKK	10.605.000
4.0.3	New Permanent structures	Sum	DKK	32.220.000
4.0.4	M&E	Sum	DKK	31.084.000
4.0.5	Architectural finishes	Sum	DKK	14.430.000
4.0.6	Worksites and prelimminaries	Sum	DKK	54.678.000
4.0.7	Train systems works	Sum	DKK	30.000.000
5.0 Widening of Transfer Nørreport			**DKK**	**91.857.563**
5.0.1	Civil Works	Sum	DKK	4.108.000
5.0.2	Demolition and Concrete works	Sum	DKK	4.167.000
5.0.3	Freezing	Sum	DKK	15.000.000
5.0.4	Architectural finishes	Sum	DKK	6.262.000
5.0.5	Banedanmark works and processes	Sum	DKK	15.000.000
5.0.6	Worksites and prelimminaries	Sum	DKK	28.949.050
5.0.7	Add on for complexety of design and construction works	Sum	DKK	18.371.513
6.0 New Main stairs Nørreport			**DKK**	**31.065.550**
6.0.1	Civil Works	Sum	DKK	770.000
6.0.2	Demolition and Concrete works	Sum	DKK	2.621.000
6.0.3	Basement reconstruction works	Sum	DKK	750.000
6.0.4	Architectural finishes	Sum	DKK	8.626.000
6.0.5	Worksites and prelimminaries	Sum	DKK	8.298.550
6.0.6	Expropriation	Sum	DKK	10.000.000
7.0 Station extension Christianshavn			**DKK**	**20.238.900**
7.0.1	Relocation of M&E	Sum	DKK	2.880.000
7.0.2	Civil works	Sum	DKK	946.000
7.0.3	Demolition and Concrete works	Sum	DKK	1.692.000
7.0.4	Architectural finishes	Sum	DKK	615.000
7.0.5	Worksites and prelimminaries	Sum	DKK	3.986.450
7.0.6	Add on for complexety of design and construction works	Sum	DKK	10.119.450
8.0 Station extension Amagerbro			**DKK**	**19.783.500**
8.0.1	Relocation of M&E	Sum	DKK	2.880.000
8.0.2	Civil works	Sum	DKK	790.000
8.0.3	Demolition and Concrete works	Sum	DKK	1.710.000
8.0.4	Architectural finishes	Sum	DKK	615.000
8.0.5	Worksites and prelimminaries	Sum	DKK	3.896.750
8.0.6	Add on for complexety of design and construction works	Sum	DKK	9.891.750
	Construction & Project Management	12%	**DKK**	**43.412.222**
	Administration, Design, Test, Railway Safety	25%	**DKK**	**90.442.128**
Total excl. VAT (rounded up), 2020-rates			**DKK**	**500.000.000**
	Contingencies, NAB level 1, applied to construction works	50%	DKK	250.000.000
Total incl. contingencies excl. VAT (rounded), 2019-rates			**DKK**	**750.000.000**

Tabel 26: Omkostningsestimat for ombygning af de fire kritiske stationer som kapacitetstilpasning til kørsel med 4-vognstog

8.4 Kombinerede anlægsomkostninger for tilpasning af transportsystemet og fire kritiske stationer til drift med 4-vognstog

Omkostningsestimaterne for tilpasning af transportsystemet henholdsvis de fire kritiske stationer til drift med firevognstog er kombineret i tabellen nedenfor.

Cost estimate for 4-car trains incl. Station Extensions			
Item		Amount	Cost (DKK)
Transportation Systems			**DKK 2.900.000.000**
	Contingencies, NAB level 2	30%	DKK 870.000.000
Station Extensions			**DKK 500.000.000**
	Contingencies, NAB level 1	50%	DKK 250.000.000
Total incl. contingencies excl. VAT (rounded)			**DKK 4.520.000.000**

Tabel 27: Kombinerede anlægsomkostninger for ændring af transportsystemet og ombygning af fire kritiske stationer

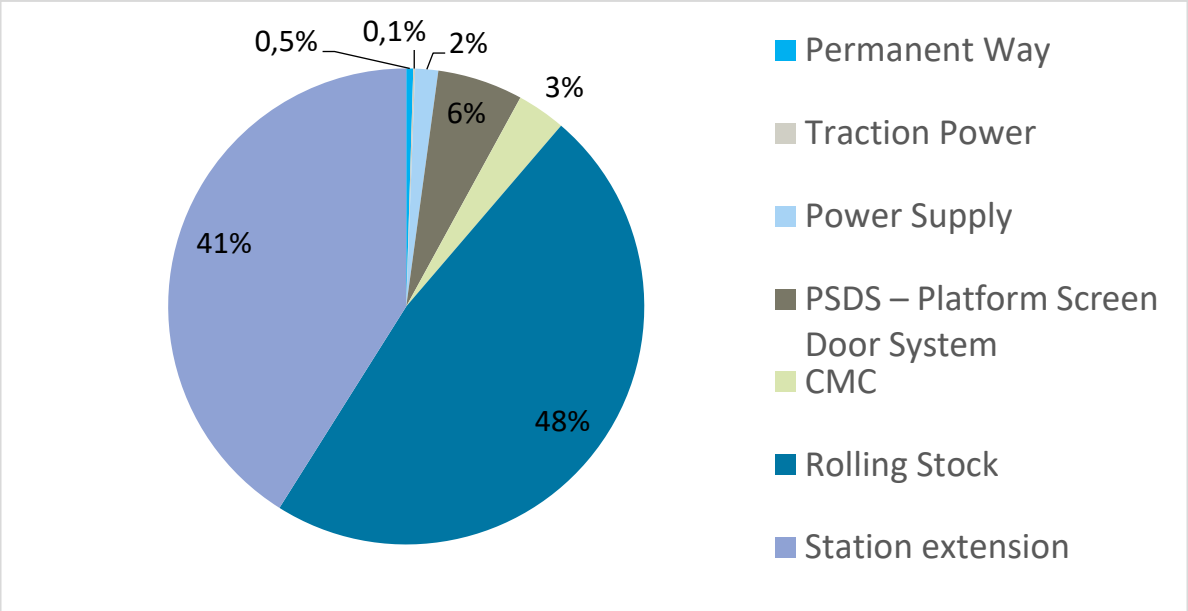
8.5 Finansiering af de forskellige omkostningsdele

Som nævnt, må det forudsættes, at en del af anskaffelsen af nye 4-vognstog svarende til anskaffelsen af nye 3-vognstog, skal finansieres af midler til den normale fornyelse af togparken og ikke af 4-vognstogprojektet.

En yderligere forudsætning for indførelsen af 4-vognstog er udskiftning af det nuværende ATC-system med et nyt system, som indgår som en del af Metroselskabets investeringsprogram. Det er en forudsætning for indførelsen af 4-vognstog, at det nye ATC-system vil kunne håndtere både 4-vognstog og en kombination af 4-vognstog og 3-vognstog, som vil være nødvendig i overgangsperioden mellem de to togsystemer. Omkostningerne hertil antages på et helt foreløbigt grundlag at ligge i størrelsesordenen 1,0 mia. kr. Også denne omkostning er forudsat finansieret som et selvstændigt projekt uden for 4-vognstogprojektet.

Ved en bruttobetragtning vil omkostningerne til indførelsen af 4-vognstog, inklusive forudsatte investeringer, som indgår i andre projekter, være på omkring 5,5 mia. kr., hvoraf 4-vognsprojektet forudsættes at skulle finansiere ca. 1,3 mia. kr. uden korrektionsreserver, 1,75 mia. kr. inklusive korrektionsreserver, mens ca. 2,1 mia. kr. uden korrektionsreserver, 2,8 mia. kr. inklusive korrektionsreserver, er forudsat finansieret som led i investeringer i udskiftning af togparken og ca. 1,0 mia. kr. som investering i ATC-projektet.

Nedenstående diagram viser en opdeling af de anlægsomkostninger, som forudsættes finansieret af 4-vognstogprojektet, i dets hovedkomponenter, inklusive omkostningerne til ombygning af de fire kritiske stationer.



Figur 70: Diagram over forskellen I omkostninger mellem anskaffelse af 3-vognstog og 4-vognstog (Uden reserver)

9 Samlede økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog

De samlede økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog består af:

- Direkte anlægsomkostninger relateret til ændring af transportsystemet og ombygning af de fire kritiske stationer, som forudsættes dækket af 4-vognstogprojektet
- Indirekte anlægsomkostninger relateret til tiltag, som er forudsætning for indførelsen af 4-vognstog, men som forudsættes finansieret i anden sammenhæng. Det gælder udskiftning af 3-vognstogene som led i normal udskiftning af vognparken, som er forudsat finansieret af ejerne, men hvor finansieringen endnu ikke er fastlagt. Og det gælder anskaffelse og implementering af et nyt ATC-system, som kan håndtere 4-vognstog og en kombination af 3-vognstog og 4-vognstog. Dette projekt er fortsat i undersøgelsesfasen, men er forudsat finansieret under investeringsprogrammet
- Ekstra driftsomkostninger i anlægsperioden til driftsoperatøren samt supplerende busdrift m.v.
- Indtægtstab i anlægsperioden som følge af lukning af stationer og tunneler og deraf følgende tab af passagerer

Det skønnes, at der vil være ekstra driftsomkostninger i driftsfasen på grund af de længere tog og større stationer. Disse omkostninger er overordnet anslået til at være omkring en tredjedel af de nuværende driftsomkostninger, men vil først kunne vurderes endeligt, når driften med 4-vognstog er tilrettelagt. Disse omkostninger er derfor ikke medtaget i tabellen nedenfor.

De nævnte økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog kan ikke sammenlægges, men vises for overskuelighedens skyld i tabellen nedenfor.

Omkostning mia. kr.	Anlæg/direkte	Anlæg/indirekte	Driftsudgift	Indtægtstab
Transportsystem	1,0	2,8		
Stationsombygning	0,8			
Udskiftning ATC-system		1,0		
Ekstra driftsomkostninger			0,3-0,4	
Indtægtstab				3,5-4,0

Tabel 28: Økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog

10 Risikoanalyse, sikkerhedsgodkendelse og review af undersøgelsesrapporterne

10.1 Risikoanalysen

Risikoanalysen dækker hele implementeringen af 4-vogsntog på M1/M2. Det vil sige såvel ændringerne i transportsystemet som ombygningen af de fire kritiske stationer. De ti største identificerede risici er vist i nedenstående oversigt.

No.	Beskrivelse		Present
4	For få tilbudsgivere på togkontrakten	Økonomi	
19	Test og prøvedrift med de nye 4-vognstog bliver længere og mere kompliceret end forudsat	Gener for driften	
18	kapaciteten på stationer under drift og evakuering viser sig at være mindre end forventet	Gener for driften	
2	Fejl og problemer med implementering af 4-vognstog som følge af ATC-kontrakten	Tid	
5	Ombygning af CMC bliver ikke færdigt til tiden	Tid	
8	Længere og tungere tog kræver lavere hastighed ved Vanløse og i Lufthavnen	Gener for driften	
12	Ekstrakrav fra leverandøren af ATC-systemet som følge af implementeringen af 4-vognstog	Økonomi	
21	MS undervurderer sikkerhedsgodkendelsesprocessen.	Tid	
22	Stationsprojekterne svarer ikke til de faktisk udførte byggerier	Tid	
28	Udvidelsen af forbindelsestunnelen forsinkes af godkendelsesprocessen i relation også til andre baner	Tid	

Den samlede risikoværdi (Value at Risks) er beregnet til 451,6 mio. kr., hvor værdien af risiciene er beregnet ved at multiplicere den gennemsnitlige værdi af hver risikos frekvens og konsekvens og en opsummering af de resulterende værdier af alle risici.

Det skal dog tages i betragtning, at både ændringerne af transportsystemet og ombygningen af det fire kritiske stationer er karakteriseret ved at have alvorlige risici i relation til forstyrrelse af driften af M1/M2.

10.2 Sikkerhedsgodkendelsesproces

Det er forudsat, at sikkerhedsgodkendelsesprocessen følger de europæiske CENELEC-normer svarende til sikkerhedsgodkendelsen af den eksisterende Metro og Cityringen. På den baggrund er det vurderet, at følgende godkendelsesprocesser skal gennemføres:

- Godkendelse af tog (rullende materiel)
- Godkendelse af jernbaneinfrastruktur
- Godkendelse af testprocedurer, herunder test af indsætning af 4-vognstog med det udskiftede ATC-system
- Udstedelse af byggetilladelser
- Godkendelse af passagerflow og evakueringsforhold på stationer og i tunneler.

Det vurderes, at disse godkendelsesprocesser kan holdes inden for den beskrevne tidsplan under forudsætning af, at de foretagne ændringer ligger inden for de fastlagte sikkerhedskrav, herunder overholdelse af kravene til passagerflow på stationer og evakuering fra stationer og tunneler, jf. omtalen ovenfor.

10.3 Ekstern granskning (review)

Undersøgelsesrapporterne om ændringer i transportsystemet 'Analysis of 4-car Vehicles for Copenhagen Metro', december 2010 og af ombygning af fire kritiske stationer 'Extention of stations on M1/M2 increasing station capacity for 4-car', maj 2020 er gransket (reviewet) af COWI og for så vidt angår passagerflow og evakueringsforhold af den uafhængige sikkerhedsassessor TÜV Rheinland Rail Certification B. V.

Granskningerne har givet anledning til en række spørgsmål, bemærkninger og forslag, som er indeholdt i tre selvstændige granskningsrapporter. De rejste spørgsmål er besvaret og svarene fremgår af logs i rapporterne. Desuden er de relevante bemærkninger og forslag indarbejdet som korrektioner og tilføjelser i nye versioner af de pågældende tekniske rapporter, som herefter er dateret 10. juli henholdsvis den 15. august 2020.

De foretagne korrektioner og tilføjelser giver ikke anledning til ændringer af de tekniske rapporters konklusioner. I relevant omfang er korrektionerne og tilføjelserne indarbejdet i denne Udredning, men har ikke givet anledning til ændring af konklusionerne i de tidligere udkast til Udredningen.

11 Sammenfatning

Ifølge prognoserne forventes den øgede befolkningsvækst at medføre en betydelig forøgelse af passagertallet i M1/M2. Det samlede passagertal forventes således at stige med 42 pct. og 60 pct. i henholdsvis 2035 og 2050. Stigningen efter 2050 og frem til 2070 vil ifølge prognoserne være meget begrænset, og indvirkningen på kapaciteten vil derfor i praksis være dækket af tallene for 2050. Stigningen vil ikke være ligeligt fordelt mellem stationerne. Passagertallene på Kongens Nytorv og Christianshavn stationer forventes således at blive mere end fordoblet i 2050. Passagertallene varierer desuden over døgnet, således at myldretiderne morgen og eftermiddag vil medføre en yderligere koncentration af de mange passagerer inden for disse tidsrum.

Metroselskabet har foretaget en række tiltag til forbedring af kapaciteten i M1/M2, herunder ændring af togenes indretning, så togene kan rumme flere passagerer, indkøb af flere tog og forberedelse af udskiftning af ATC-systemet med henblik på at øge frekvensen og dermed togkapaciteten. Dette vurderes at kunne opfylde kapacitetsbehovet frem til 2035. For at imødekomme behovet herefter er muligheden for indførelse af 4-vognstog undersøgt. Resultaterne af disse undersøgelser er sammenfattet i denne Udredning.

Indførelse af 4-vognstog er teknisk muligt
Hovedresultatet af undersøgelserne er, at det er teknisk muligt at indføre 4-vognstog på M1/M2. Ud over anskaffelse af 4-vognstog i stedet for 3-vognstog forudsætter indførelsen af 4-vognstog udskiftning af ATC-systemet forberedt for 4-vognstog, opsætning af ekstra perrondøre på alle stationer, mindre ombygninger af de halvdybe stationer og højbanestationerne. Hertil kommer udvidelse af flugttrapperne på Christianshavns og Amagerbro stationer, udvidelse af forbindelsestunnelen på Nørreport Station og udvidelse af Kongens Nytorv Station med et ekstra sæt rulletrapper. Endelig vil der skulle foretages mindre ændringer af infrastrukturen, herunder ombygning af CMC, forstærket strømforsyning m.v., ligesom der skal gennemføres testkørsel og sikkerhedsgodkendelse.

Ombygning af fire kritiske stationer
Årsagen til ombygning af Christianshavns og Amagerbro stationer henholdsvis udvidelse af Nørreport og Kongens Nytorv stationer er, at den gennemførte og påtænkte forøgelse af togkapaciteten udfordrer stationskapaciteten på disse fire stationer. I forhold til den oprindelige forudsætning i 1995 om mulighed for indførelse af 4-vognstog er betingelserne således ændret betydeligt. Dels er befolkningsvæksten øget markant, dels er Kongens Nytorv Station - som følge af etableringen af Cityringen - blevet den vigtigste skiftestation på metronettet. Endelig er togkapaciteten allerede nu forøget gennem den ændrede togindretning. For Christianshavns og Amagerbro stationer vil evakueringskravene således ikke kunne opfyldes, mens kapaciteten på Kongens Nytorv og Nørreport stationer herudover vil medføre uacceptable passagerstrømme på de travle tidspunkter.
Som led i undersøgelserne er der udviklet mere detaljerede såkaldte flowanalyser med henblik på at vurdere de konkrete forhold på de fire kritiske stationer, herunder hvor og hvor store problemerne vil være, og hvordan de bedst kan imødegås, blandt andet gennem ombygninger og udvidelser. Herefter er de nødvendige ombygninger undersøgt, og det er vist, at de undersøgte tiltag teknisk vil kunne gennemføres med funktionelt hensigtsmæssige løsninger som resultat.

Anlægsomkostninger for indførelse af 4-vognstog
Anlægsomkostningerne for ændringerne af transportsystemet og de nødvendige ombygninger/udvidelser vil være på ca. 1,8 mia. kr. Heraf udgør ekstraomkostningerne til anskaffelse af 4-vognstog i stedet for 3-vognstog ca. 1,0 mia. kr., mens anlægsomkostningerne til ombygning af de fire kritiske stationer udgør ca. 0,8 mia. kr. Det er herved blandt andet forudsat, at styresystemet (ATC-systemet) er udskiftet med et system, der er forberedt for overgang til 4-vognstog, og at

indførelsen af 4-vognstog sker som led i en nødvendig udskiftning af de eksisterende 3-vognstog på grund af alder.

Lukning af stationer og driftsmæssige omkostninger
Gennemførelse af 4-vognstogprojektet vil indebære kortere lukninger af alle stationer og enkeltsporsdrift i kortere perioder på varierende strækninger under installationen af ekstra perrondøre. Christianshavns og Amagerbro stationer vil hver skulle lukkes i ca. 15 måneder, hvilket ikke kan ske samtidigt, mens Nørreport Station vil have begrænset funktionalitet i ca. 2 ½ år. Disse tre ombygningsprojekter vil have en – om end mere begrænset - indflydelse på togdriften. Udvidelse af Kongens Nytorv Station vil indebære lukning af denne station i 3 år og 3 måneder samt en skiftevis lukning af de to tunneler i samlet 2 år og 9 måneder med enkeltsporsdrift til følge. De to former for enkeltsporsdrift vil kunne koordineres og optimeres, således at den samlede enkeltsporsdrift forventes at vare i 3 år og 3 måneder.

Lukning af stationer og især enkeltsporsdrift vil medføre betydelige gener for passagererne. Med henblik på at vurdere omfanget er der udarbejdet driftsscenarier for den samlede enkeltsporsdrift. På dette grundlag er generne for passagererne vurderet og det afledte tab af passagerer og dermed passagerindtægter beregnet på grundlag af en række særlige OTM-prognosekørsler. Passagertabet vurderes på dette grundlag i de mere end 3 år enkeltsporsdriften forventes at vare at ligge på ca. 255 mio. Samlet vurderes tabet af passagerindtægter at udgøre 3,5-4,0 mia. kr.

Ved omlægning til 4-vognstog sker en direkte aflastning af M1/M2. Hermed afhjælpes kapacitetsproblemerne i M1/M2, hvilket muliggør en passagerstigning svarende til en nutidsværdi af passagerindtægterne på ca. 3 mia. kroner, som kan anvendes til nedbringe finansieringen.

Samlede økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog
De samlede økonomiske konsekvenser af indførelse af 4-vognstog på M1/M2 er opstillet i nedenstående tabel. De samlede omkostninger ved indførelsen af 4-vognstog er således en merudgift på 5,6 – 6,2 mia. kr. Hertil kommer, at indførelsen af 4-vognstog forudsætter udskiftning af 3-vognstogene og af det nuværende styresystem. Samlet indebærer dette anlægsomkostninger på ca. 3,8 mia. kr. Af disse omkostninger er udskiftning af styresystemet på ca. 1,0 mia. kr. forudsat finansieret inden for Metroselskabets Investeringsbudget. De resterende ca. 2,8 mia. kr. til udskiftning af 3-vognstogene er ufinansierede. Ud over de økonomiske omkostninger skal de betydelige gener for passagererne tages i betragtning. Indførelsen af 4-vognstog medfører således en væsentlig reduktion af driften på M1/M2 og lukning af blandt andet Kongens Nytorv Station i en periode på 3-4 år.

Tabel 29 De samlede direkte økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog

	mia. kr.
Direkte anlægsomkostninger til 4-vognstog i stedet for 3-vognstog (transportsystemet) ca. 1 mia. kr*. og ombygning af stationer ca. 0,8 mia. kr.**	1,8
Ekstra driftsomkostninger i anlægsperioden	0,3-0,4
Indtægtstab i anlægsperioden	3,5-4,0

Tabel 29: De samlede økonomiske konsekvenser af indførelsen af 4-vognstog
** Inkl. 30 pct. korrektionsreserve*
*** Inkl. 50 pct. korrektionsreserve*

12 Referencer

"Analysis of 4-Car Vehicles for Copenhagen Metro", Rambøll, December 2019
"Metro Four Car Extension Kongens Nytorv M1/M2 Station – Feasibility Study Report", Arup, April 2020
"KGN Four Car Extension – M&E and TS tunnel equipment impact assessment", Arup, April 2020
"Extension of Stations on M1/M2 – Increasing Station Capacity for 4-Car Trains", Rambøll, August 2020

Granskningsrapporter

"3rd party review of Rambøll report on Analysis of 4-car Vehicles for Copenhagen Metro, COWI, March 2020"

"3rd party review of Rambøll report on expansion of M1 M2 stations to increase capacity for Copenhagen Metro", COWI, June 2020

Inspection Note "Passenger Flow and Evacuation at M1/M2 stations", TÜV Rheinland Rail Certification B.V.", August 2020