



Forenkling af Københavns Hovedbanegård – en vej til bedre punktlighed

Februar 2021

Sammenfatning

København H er i dag et trafikknudepunkt, hvor de tre baner fra syd (Vestbanen, Ringstedbanen og Øresundsbanen) bindes sammen i én strækning mod nord (Kystbanen til Østerport eller videre mod Helsingør). Trafikafviklingen på København H kompliceres yderligere af vending af IC- og lyntog til og fra Københavns Lufthavn. Hertil kommer materielkørsel til depoter, der anvendes mere eller mindre fælles af alle strækninger.

Stationen er indrettet til en trafikafvikling, hvor spornettet tillader mange kørselsmuligheder via mange sporskifter. Denne indretning betyder, at forsinkelser let forplanter sig mellem de forskellige baner på hovedbanegården og videre til resten af banenettet. Desuden må togene holde en lav hastighed forbi de mange sporskifter. Indretningen medfører samtidig mange sporskiftefejl og et dyrt vedligehold af sporskifterne.

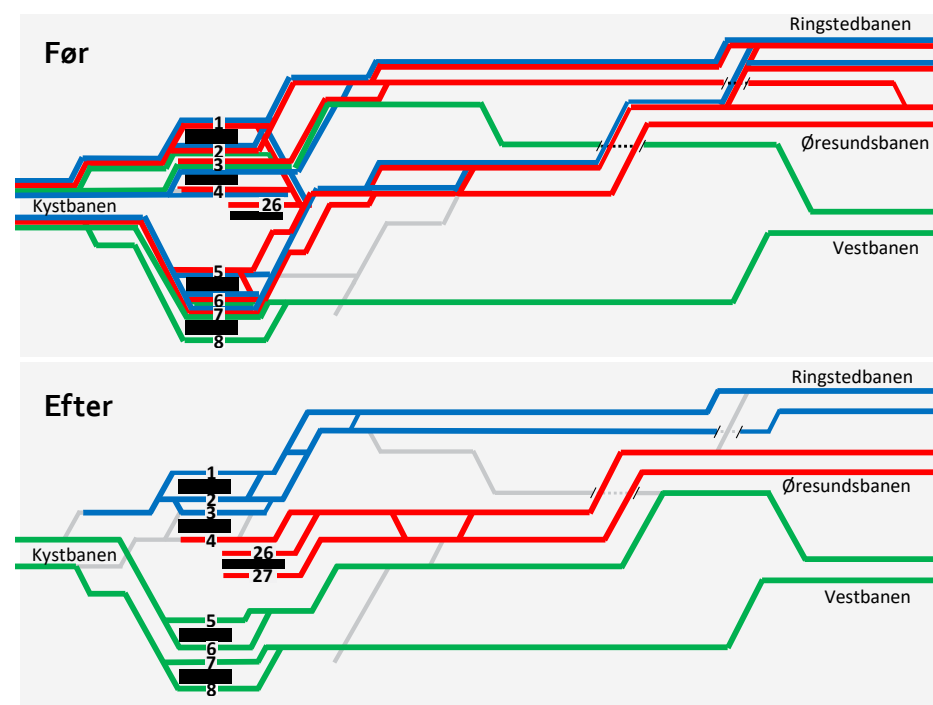
Banedanmark har i 2019 undersøgt mulighederne for at separere de forskellige baner, så de får dedikerede spor. Denne indretning vil medføre enklere trafikafvikling, og togene kan køre hurtigere til stationen. Idéen er at undgå sammenblanding af strækningerne, hvilket vil øge punktligheden på store dele af banenettet med flere tog til tiden og samtidig øge hastigheden og reducere omkostninger til vedligehold. Det vil også blive mere overskueligt for passagererne, når bestemte tog altid kører fra samme spor.

Løsningen er inspireret af en total ombygning i 2016 af hovedbanegården i Utrecht i Holland, der havde japansk jernbanedrift som forbillede. I Holland oplevede man efter ombygningen, at punktligheden steg betydeligt. Fra at have bidraget negativt før ombygningen, bidrager banegården i dag positivt til den samlede hollandske punktlighed, der er steget fra 88 % i 2014 til 92 % i 2019, selvom togantallet er øget.

I dag bidrager København H negativt til togpunktligheden på fjernbanen, som i dag er omkring 83 %. Banedanmark forventer, at en driftsseparation efter hollandsk forbillede kan forbedre punktligheden i Danmark generelt og på København H i særdeleshed.

At indføre driftsseparation på København H kræver en omfattende ombygning af spor, kørestrøm og signalanlæg mm., men der skal ikke etableres nye broanlæg eller foretages ændringer af stationsbygningen. Det forenkede sporlayout kræver langt færre sporskifter og gør det muligt at hæve hastigheden fra 40 km/t til 60-100 km/t og dermed reducere rejsetiden op til 20 sekunder. I Utrecht betød ombygningen til nye og færre sporskifter, at antallet af sporskiftefejl faldt så drastisk, at det fra at være en daglig begivenhed blev en sjældenhed. Dette forventes også muligt på København H.

Prisen for ombygningen vurderes til 1,9 mia. kr. (estimat svarende til NAB fase 1 inklusiv 50 % korrektionstillæg i 2021-prisniveau), men den indeholder samtidig en fornyelse af størstedelen af spornettet. Det vil udsætte den fornyelse, der ellers skulle



Figurerne viser, hvordan togene i dag (øverst) fletter sammen på kryds og tværs og i fremtiden (nederst) vil få dedikerede spor, så forsinkelser ikke forplanter sig mellem de forskellige baner.

være foretaget. Ombygningen sparer således knap 300 mio. kr. til fornyelse over de næste 50 år. Den samfundsøkonomiske evaluering af fordele og ulemper giver en intern rente på 4,5 %.

Anlægsoverslaget er udarbejdet med priser og en udførelsesplan med ombygning i det eksisterende sikringsanlæg, idet der endnu ikke findes sporbare priser for ombygninger i Banedanmarks nye signalsystem. Umiddelbart forventes ombygninger i det nye signalsystem ikke at blive dyrere end det eksisterende signalsystem.

Inden der træffes endelig beslutning om tidspunktet for ombygning, bør fordele og ulemper analyseres nærmere i sammenhæng med Signalprogrammets udrulning. Efterfølgende undersøgelser vil skulle vurdere priser og udførelsesmuligheder i det nye signalsystem.

Effekterne ved driftsseparation på Københavns Hovedbanegård er vurderet på baggrund af gennemsnitsberegninger. Effekterne bør i det videre arbejde undersøges yderligere i forhold de konkrete driftsmæssige bindinger for togtrafikken i forhold til behov for klargøring, værkstedskapacitet, op og nedformering mv. Der er igangsat et arbejde med DSB, med henblik på at afdække disse driftsmæssige emner, som kan indgå i det videre arbejde.

Ombygningen vil betyde, at det ikke længere vil være muligt at vende tog fra Københavns Lufthavn til de andre strækninger. Direkte tog til Københavns Lufthavn fra Jylland må derfor køres udenom København H via Ny Ellebjerg. Desuden kan tog fra Ringstedbanen og Øresundsbanen ikke længere fortsætte til Nørreport og Østerport. Man kan heller ikke længere vælge at køre Kystbanetog til Kastrup. Derfor vil nogle passagerer få en ulempe i form af et ekstra skift.

Bortset fra i kortere perioder kan størstedelen af togtrafikken afvikles i ombygningsperioden med den forudsatte udførelsesplan. Men ekstratog i myldretiden må dog generelt indstilles eller omlægges udenom København H. Generne herved er ikke opgjort.

En driftsseparation af København H giver en række nye muligheder i fremtiden. Det vil være muligt på et senere tidspunkt at skille kystbanedriften fra den øvrige drift. Driftsseparationen understøtter desuden en eventuel fremtidig overgang til automatisk togdrift

Indhold

Nuværende situation	4
Forslag om driftsseparation	6
Videre undersøgelser	12
Anlægsøkonomi	14
Forbedret punktlighed	16
Skift og adgang på Hovedbanegården	18
Sparet togdrift	22
Sparet banedrift	24
Samfundsøkonomi	26
Videre perspektiver	28
Bilag 1. Simulering af punktlighed	32
Bilag 2. Uregelmæssige situationer	44
Bilag 3. Byggeproces	46
Bilag 4. Forudgående undersøgelser og overvejelser	56
Bilag 5. Driftsseparation i Utrecht	66
Bilag 6. Driftsseparation i Tokyo	70

Nuværende situation

København H er indrettet til en integreret trafikafvikling, hvor tre baner fra syd bindes sammen i én bane mod nord. Forsinkelser forplanter sig derfor let til store dele af fjernbanen, hvor punktligheden længe har været lav.

Nuværende trafikafvikling og punktlighed

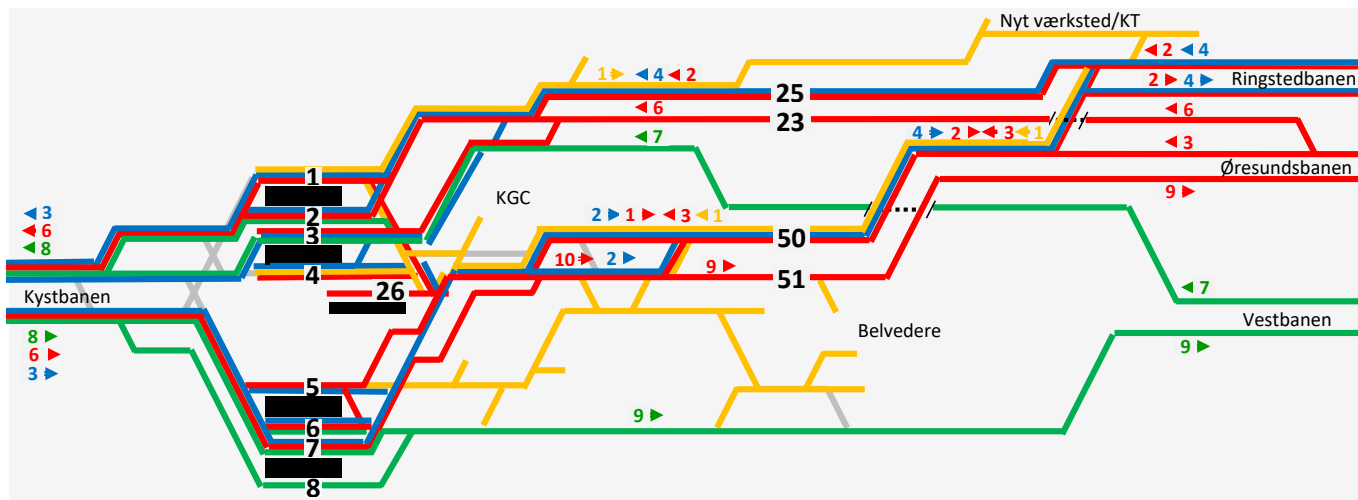
Spornettet på København H er i dag indrettet til en trafikafvikling, hvor tre baner fra syd – Vestbanen, Ringstedbanen og Øresundsbanen – bindes sammen i Kystbanen mod nord til Østerport og mod Helsingør. Desuden er sydstrækningerne indbyrdes bundet sammen med vending af IC- og lyntog på København H til og fra Københavns Lufthavn. Hertil kommer tomkørsel til depoter, der anvendes mere eller mindre fælles af alle baner.

Denne form for trafikafvikling betyder, at forsinkelser let forplanter sig til store dele af fjernbanenettet. De seneste tre år har den samlede punktlighed for DSB's tog på

fjernbanen i gennemsnit været 83 %. På København H har den været 79 %, hvilket har trukket det samlede resultat ned.

Den nuværende trafikafvikling gøres mulig på et kompliceret spornet med mange sporskifter i et langt sporforløb, hvoraf et betydeligt antal er specialsporskifter. Dette medfører en lav hastighed over en længere strækning og et stort vedligeholdelsesbehov samt hyppige sporskiftfejl.

Man forsøger i daglig drift så vidt muligt at adskille de forskellige baner fra hinanden, men det kan ikke undgås, at de fleste spor og perroner benyttes af tog fra alle baner. Trafikken er særligt intens og kompliceret i spor 50, som belastes af togekørsel i begge retninger, idet der både kører tog fra Øresundsbanen og Ringstedbanen i den ene retning og tog til Ringstedbanen i modsat retning.



Figur 1: Forventet kørsel på København H i 2024 (antal tog i en myldretidstime kl. 16-17).

Øget trafik fremover

Der forventes ikke mærkbare forbedringer i punktligheden de kommende fem år ifølge Banedanmarks prognoser. Når den nye Ringstedbane er fuldt ibrugtaget, udvides togkørslen med nye tog til Næstved via Køge. Desuden flyttes flere tog fra Vestbanen til Ringstedbanen. Det vil alt andet lige komplicere trafikken og reducere punktligheden.

Fra 2023 ændres Kystbanen til Helsingør fra 20-minuttersdrift til kvartersdrift og bindes sammen med de sjællandske baner i stedet for Øresundsbanen. Samtidig ændres Nivåsystemet på Kystbanen fra 20-minuttersdrift til halvtimesdrift og fra at køre til Københavns Lufthavn omlægges det til et nyt togsystem til Næstved via Ringstedbanen og Køge. Det forventes at medføre en punktlighedsgevinst på Kystbanen.

Hidtidige overvejelser om udbygning

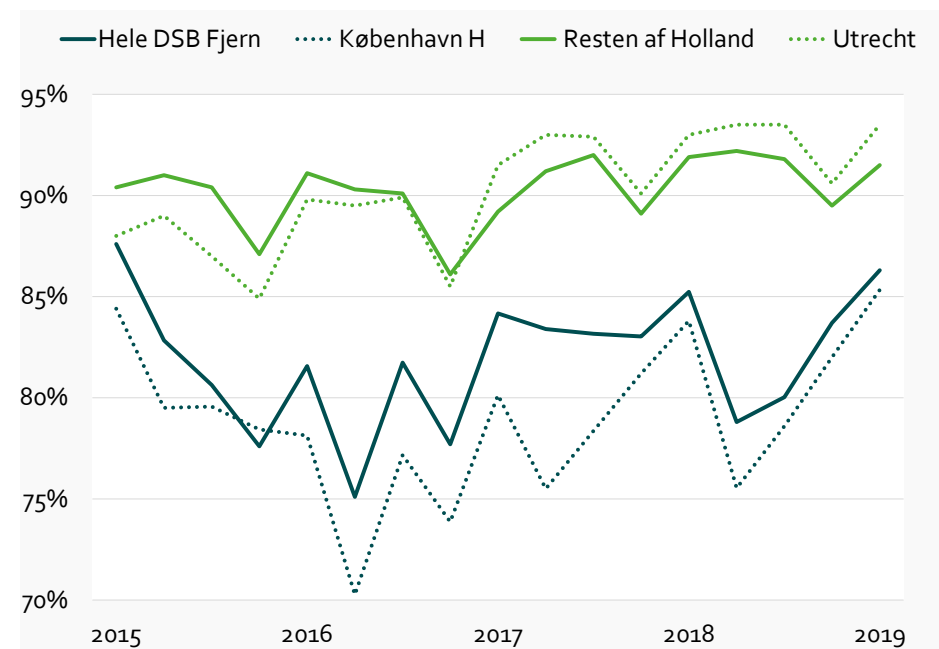
Det har siden tilslutningen af Øresundsforbindelsens landanlæg i 1998 været kendt, at kørslen på København H betyder, at forsinkelser let forplanter sig til store dele af fjernbanenettet. Tilslutningen af den nye Ringstedbane har forøget problemet.

Der har tidligere været fokuseret på at forøge kapaciteten med flere perronspor eller større gennemkørselskapacitet. De billigste muligheder, som skabte mere kapacitet på de eksisterende spor mellem København H og Østerport og etablerede et ekstra perronspor 26, er i mellemtiden blevet udført. Den nye Ringstedbane blev baseret på en fuld udnyttelse af den herved tilvejebragte kapacitet.

De mere gennemgribende muligheder blev vurderet for dyre i en rapport fra Trafikstyrelsen fra 2013. Her blev i stedet foreslået at udbygge Ny Ellebjerg med en niveaufri udfletning og perroner ved Øresundssporene og satse på at køre tog udenom København H eller køre flere tog gennem Røret ved at undlade stop på Nørreport. Desuden blev foreslået at se nærmere på indkørselsforholdene ved fx at etablere en fly-over. Den niveaufri udfletning ved Ny Ellebjerg blev etableret i 2017-2019, og perronerne ved Øresundssporene forventes i 2024.

Banedanmark har i 2016-2018 undersøgt muligheden for at forbedre ind- og udkørselsforholdene på København H med et ekstra spor, som skal aflaste det mest intensivt benyttede spor 50. Trafikimuleringen viste en positiv effekt på punktligheden på København H på ca. 1 %-point, med en reduktion i middelforsinkelsen på 7 sekunder pr passager.

Banedanmark blev i den forbindelse opmærksom på en ombygning i 2016 af hovedbanegården i Utrecht i Holland, der havde japansk jernbanedrift med størst mulig adskillelse som forbillede. Det syntes at give et mere markant resultat. Fra at have bidraget negativt før ombygningen, bidrager Utrecht i dag positivt til den samlede hollandske punktlighed, som blandt andet af denne årsag er steget fra 88 % i 2014 til 92 % i 2019, selvom togantallet er øget.



Figur 2: Togpunktlighed i Danmark og Holland (rettidige ankomster indenfor 3 min)

Forslag om driftsseparation

Punktigheden på Hovedbanegården kan forbedres ved ombygning til separeret trafikafvikling. Når spornettet på København H forenkles med færre sporskifter, kan hastigheden forøges. Det kræver omfattende ændringer af spornet, kørestrøm og sikringsanlæg mm., men ingen brokonstruktioner skal ombygges.

En ny tilgang

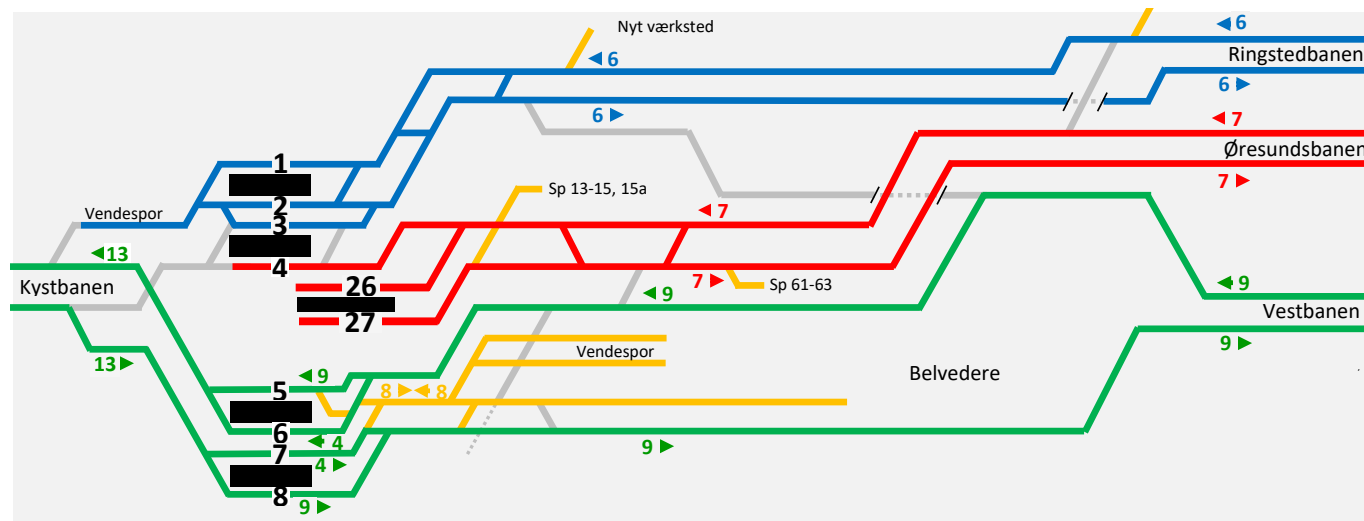
Denne rapport belyser konsekvenserne af at ombygge spornettet på København H til separeret trafikafvikling, så der foretages en adskillelse af de tre strækninger fra syd. Løsningsforslaget er inspireret af hovedbanegårdene i Utrecht i Holland og Tokyo i Japan, og det er principielt anderledes end tidligere fremsatte forslag.

I Utrecht, som er en af Hollands vigtigste banegårde, foretog man i perioden 2015-2016 en tilsvarende ombygning. Efterfølgende oplevede man, at punktigheden på

stationen steg betydeligt. Fra at have bidraget negativt før ombygningen, bidrager banegården i dag positivt til den samlede hollandske togpunktighed. Løsningen i Utrecht var inspireret af japansk jernbanedrift, som har en endnu højere punktighed, hvilket blandt andet skyldes, at man her adskiller strækninger og alle øvrige aspekter af jernbanedriften endnu mere konsekvent. Situationen i Utrecht og Tokyo findes nærmere beskrevet i Bilag 5 og 6.

Separeret trafikafvikling

Ved ombygning til separeret trafikafvikling foretages en adskillelse af de tre strækninger fra syd, så alle tog fra Valby (Vestbanen), fortsætter mod Østerport, mens alle tog fra Kalvebod (Øresundsbanen) og Vigerslev (Ringstedbanen) ender på København H.



Figur 3: Forventet sporbenyttelse på København H med driftsseparation. Antal tog i en myldretidstime kl. 16-17.

Derved fjernes gensidige påvirkninger mellem de forskellige strækninger, så forsinkelser spredes mindre fra tog til tog. Simuleringer af trafikafviklingen viser, at den foreslåede ombygning vil reducere den gennemsnitlige togforsinkelse på København H mærkbart, hvilket spredes til det øvrige banenet og giver en betydelig samlet punktlighedsgevinst.

Ombygningen vil betyde, at det ikke længere vil være muligt at vende tog på København H fra Københavns Lufthavn til de andre strækninger. Direkte tog til Københavns Lufthavn må efterfølgende køres udenom København H via Ny Ellebjerg. Mulighederne for dette kan styrkes ved Ring Syd-projekterne, der bl.a. omfatter standsning i Glostrup og retningsdrift på stationen i Københavns Lufthavn.

Desuden kan tog fra Øresundsbanen og Ringstedbanen ikke længere fortsætte til Nørreport og Østerport. Derfor vil nogle passagerer få et ekstra skift. Her giver C-tyringen dog nye forbindelsesmuligheder, som reducerer skifteulemperne. Samtidig reduceres togekørslen, når tog afkortes fra Østerport til København H eller køres direkte til Kastrup. Det giver færre omkostninger til togdrift og mindre baneslid. Bane driften billiggøres også, fordi der skal vedligeholdes færre sporskifter.

Ekstra perronspor og forenklet spornet

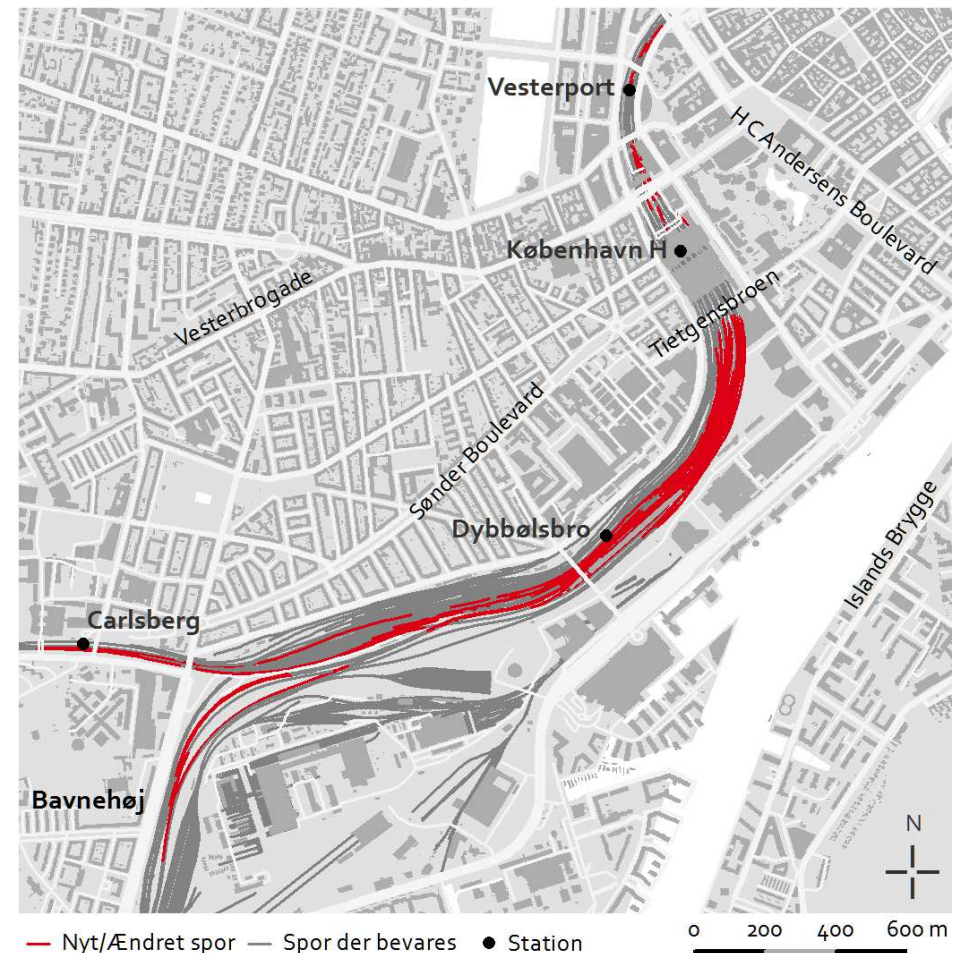
Vestbanen får behov for fire perronspor, mens Øresundsbanen og Ringstedbanen hver får behov for tre perronspor, for at trafikken kan afvikles. Derfor må der anlægges et ekstra perronspor, hvilket sker ved samme perron som det eksisterende spor 26. Desuden må perroner forlænges, så alle bliver mindst 320 meter lange for at kunne betjene alle tog, når sporbenyttelsen fastlåses.

Det nuværende sporanlæg ligger i skarpe kurver med mange sporskifter på strækningen mellem Dybbølsbro og perronerne. Her ligger sporene for det meste uden overhøjde, hvilket medfører lavere hastighed, end hvis sporskifterne var fjernet.

I det ombyggede og forenklete spornet reduceres antallet af sporskifter betydeligt, og sporskiftezone afkortes, hvormed hastigheden kan øges over en vis strækning

fra i dag 40 km/t til mellem 60 km/t og 100 km/t. Det vil reducere rejsetiden op til 20 sekunder. Og der vil ikke længere findes de såkaldt krumme sporskifter.

I Utrecht betød ombygningen til nye og færre sporskifter, at antallet af sporskiftefejl faldt så drastisk, at det fra at være en daglig begivenhed blev en sjældenhed. Dette forventes også muligt på København H.



Figur 4: Geografisk afgrænsning af projektet.

Der opretholdes visse særlige sporforbindelser beregnet for uregelmæssige situationer, som kan opstå, hvis et perronspor er utilgængeligt, eller et strækningsspor eller en hel strækning er helt eller delvist spærret. Disse tilbagefaldsmuligheder er nærmere beskrevet i Bilag 2. Desuden opretholdes sporforbindelser, så der stadig er adgang til værksteder, depotområder og vedligeholdelsesmateriel fra alle baner.

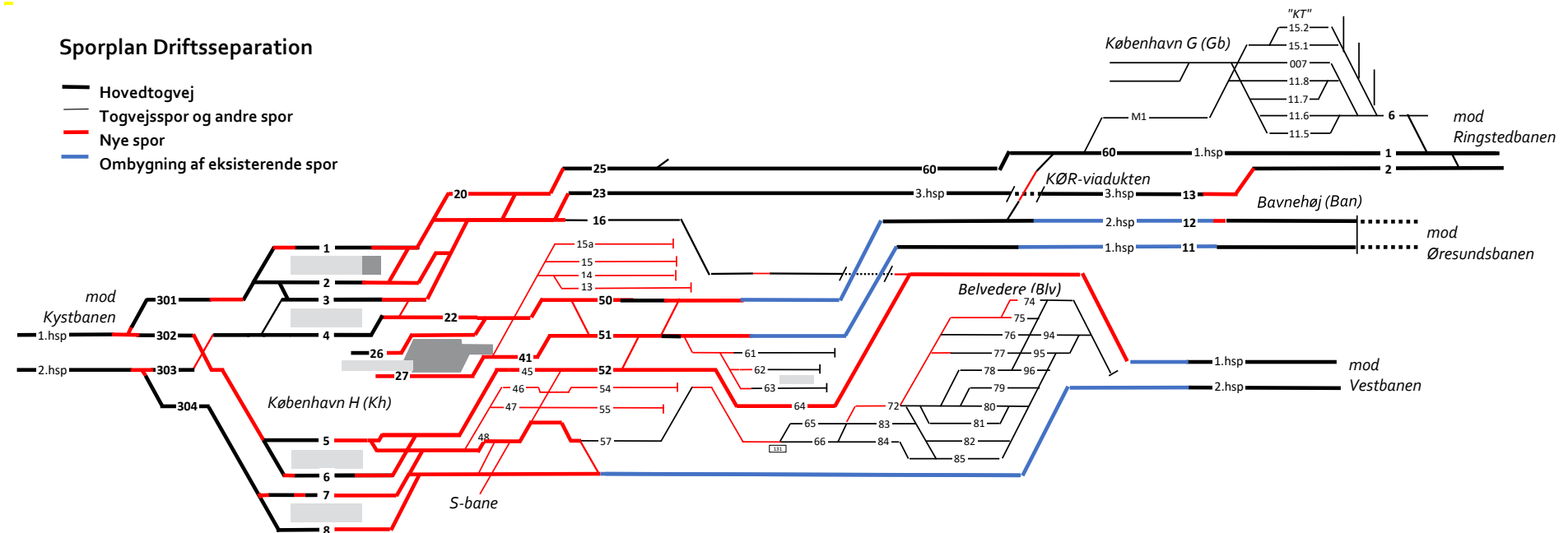
Anlægsomfang

Ombygningen vil berøre en ca. 3,5 km lang strækning fra banens krydsning ved H.C. Andersens Boulevard til henholdsvis Carlsberg (Vestbanen) og Bavneshøj (Øresundsbanen/Ringstedbanen). Hovedparten sker mellem Tietgensbroen og Dybbølsbro. Der foretages kun mindre ombygninger i stationens nordlige ende (mod Kystbanen). Flere af hovedsporenes linjeføring skal ændres. Hovedspor 1 fra Vestbanen omlægges og føres vest om det nuværende klargøringscenter KGC gennem spor 52 for at ankomme i perronspor 5 og 6. Og det udadgående spor mod Ringstedbanen om-

lægges, så det benytter det indadgående spor fra Øresundsbanen og videre under den såkaldte "KØR-viadukten". Herefter omlægges sporet til udadgående spor mod Ringstedbanen ved, at der foretages en sideflytning af udadgående spor mod Ny El-løjbjerg ved Bavneshøj.

Der etableres nye vende- og depotfaciliteter. Sporgruppe 40/50 ombygges til brug for vending af Kystbanetog, der kan få København H som endestation. Her etableres konfliktfri adgang til depotsporene på Belvedere samt to vendespor med køremandsbroer, som er de adgange, som lokomotivførerne benytter, når de skal bevæge sig langs toget.

Klargøringscentret KGC nedlægges, og arealet anvendes til fire depotspor med køremandsbroer til opstilling af Øresundstog. KGC anvendes i dag til klargøring af IC3-tog, men skal ikke bruges efter 2030, hvor alle IC3-tog forventes udfaset. Desuden etableres tre depotspor til brug for Øresundsbanen i sporgruppe 60 med tilhørende køremandsbroer i det omfang, det er muligt.



Figur 5: Sporplan for det fremtidige spornet. Nye spor er vist med rød og justerede spor er vist med blå. Fjernede spor er ikke vist for overskuelighedens skyld.

Endelig udbygges perronfaciliteterne med en ny dobbeltsporet Ø-perron på 320 meter sydvest for Tietgensbroen i stedet for det eksisterende betydeligt kortere perronspor 26. Desuden forlænges perronen mellem perronspor 1 og 2, så den kan håndtere tog på 320 meter.

Sporombygningerne fremgår af næste opslag.

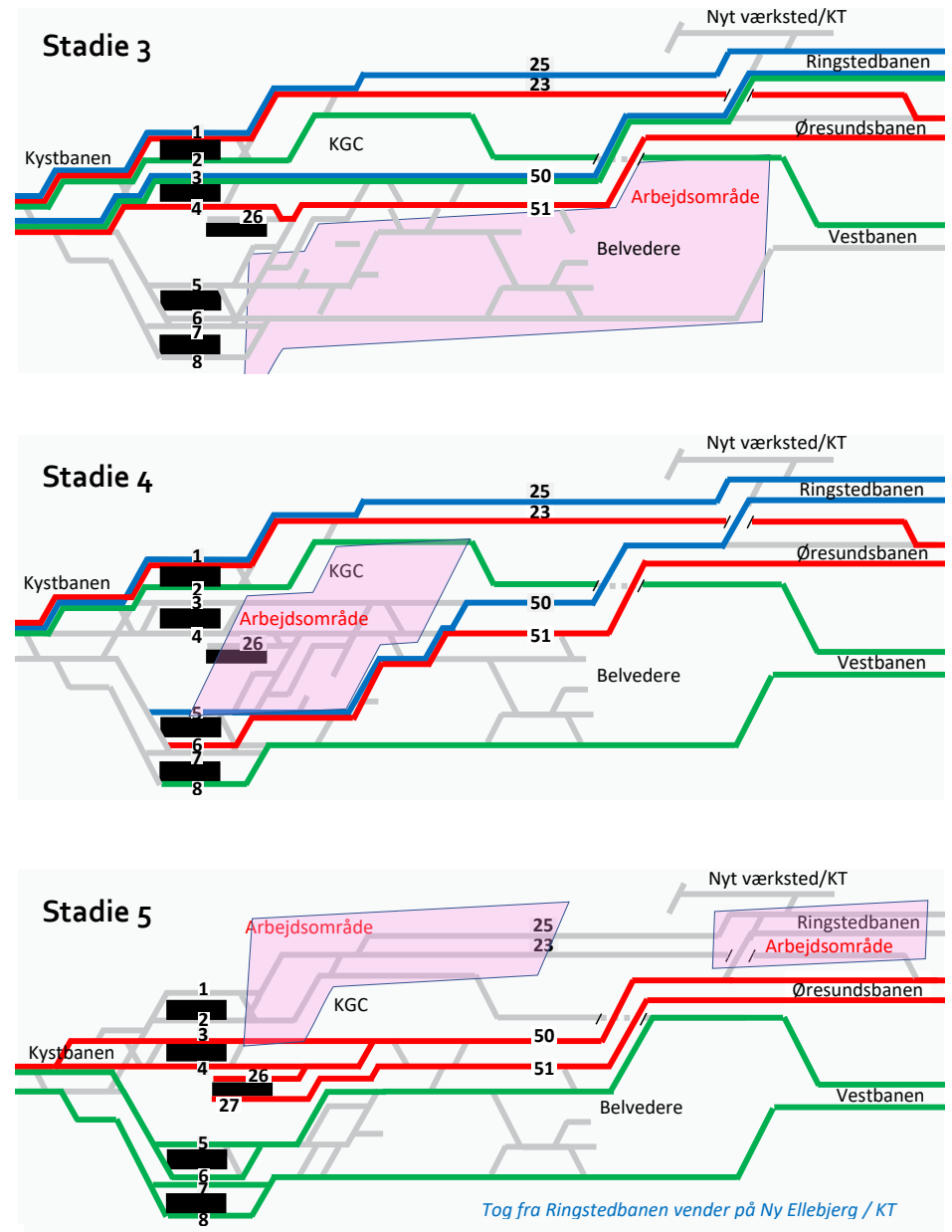
Byggeproces

Anlægsarbejdet er projekteret i syv hovedstadier, heraf fem sikringstekniske stadier, hvor ombygningen sker i det eksisterende signalsystem. De to første stadier er af forberedende karakter. De næste tre er lange stadier, hvor de mest omfattende ombygninger sker under totalspæringer af større områder. Der er udarbejdet en interimskøreplan for hvert af de tre lange stadier. Princippet for trafikering i disse tre stadier er vist i figur 6.

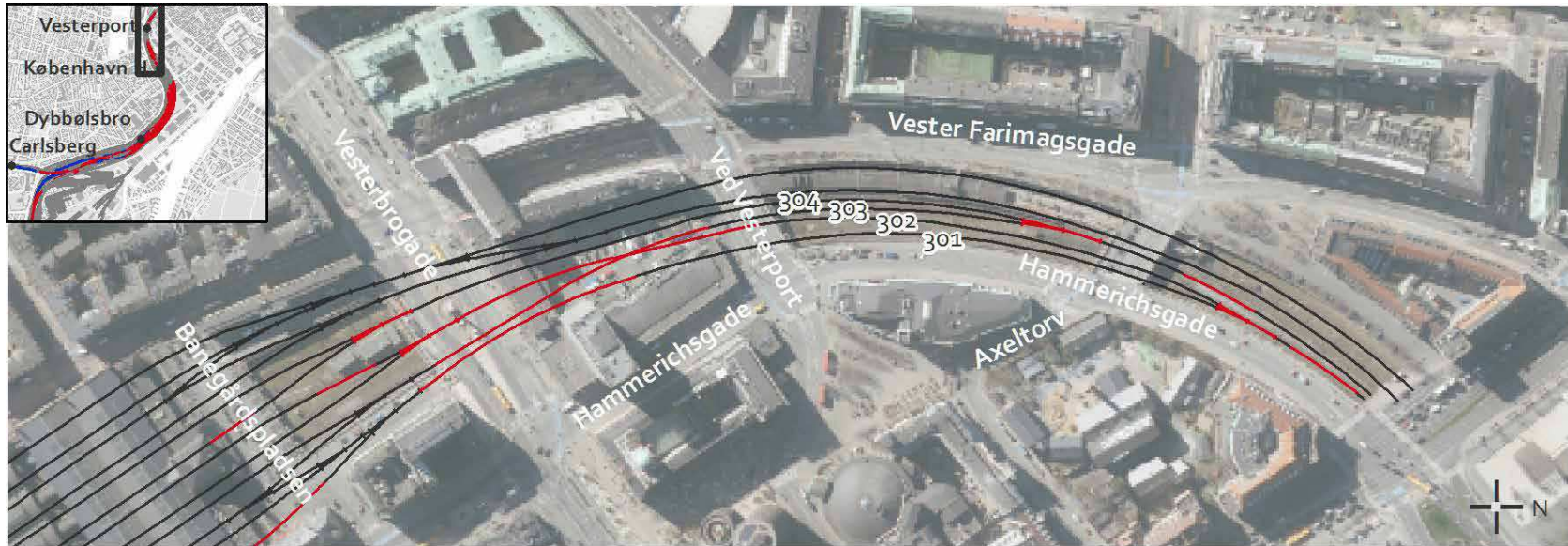
Interimskøreplanerne viser, at med denne udførelsesplan vil det være muligt at afvikle størstedelen af den nuværende togtrafik i hele ombygningsperioden bortset fra i kortere perioder. Ekstratog i myldretider må generelt aflyses eller omlægges til at køre udenom København H, mens øvrige tog kan køre i uændret omfang. Det sker dog ved fuld udnyttelse af kapaciteten, som kan påvirke punktligheden negativt. Interimskøreplanerne er endnu ikke simuleret, og vil skulle afdækkes i en NAB fase 2 undersøgelse.

Anlægsstadierne er planlagt, så anlægsarbejdet så vidt muligt udføres i afgrænsede arbejdsområder, der er totalspærret i hele stadiet. På den måde opnås en robusthed, uafhængighed og fleksibilitet under udførelsen sammenlignet med serier af kortere spæringer. Hvert arbejdsområde er planlagt, så der så vidt muligt kun bygges i området én gang. Samlet forventes anlægsarbejderne at vare 2-3 år med denne udførelsesplan. En detaljeret gennemgang af anlægsstadier og interimskøreplaner findes i bilag 3.

Efterfølgende undersøgelser skal vurdere udførelsesmuligheder og mulige interimskøreplaner ved ombygning i det nye signalsystem.

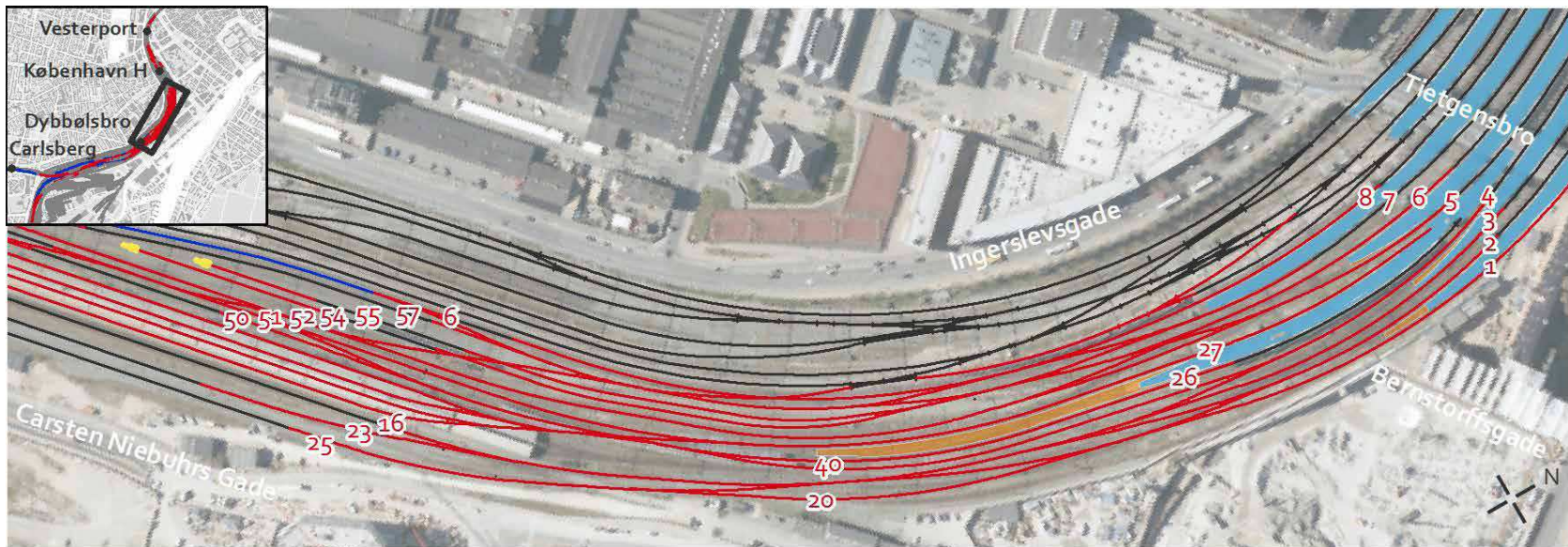


Figur 6: Arbejdsområde og sporbenyttelse i byggestadie 3, 4 og 5.



— Nyt spor — Eksisterende spor der bevares

0 25 50 75 m



— Nyt spor — Eksisterende spor der bevares — Justeret spor — Ny perron — Eksisterende perron — Ny sporstopper

0 25 50 75 m



— Nyt spor — Justeret spor — Ny sporstopper — Eksisterende spor der bevares

0 25 50 75 m



— Nyt spor — Justeret spor — Ny sporstopper — Eksisterende spor der bevares

0 25 50 75 m

Videre undersøgelser

Banedanmark har prissat ombygningen på København H ud fra en udførelse i det nuværende sikringsanlæg. Efterfølgende undersøgelser skal vurdere udførelsesmuligheder i det nye signalsystem koordineret med en række andre projekter.

Næste skridt vil være udarbejdelse af et NAB fase 2 beslutningsoplæg.

NAB-fase 2 beslutningsgrundlaget vil omfatte den fulde driftsseparation, hvor muligheden for udførelse i det nye signalsystem vil blive afdækket med hensyn til pris og mulig stadiplan. Heri afdækkes det bedst mulige forløb under hensyntagen til tidsplaner, forhandlinger af ændringer i indgåede kontrakter, kritiske ressourcer mv.

Udførelsen skal desuden koordineres og prioriteres i forhold til en udbygning af Ring Syd-korridoren, herunder en ombygning af stationen i Københavns Lufthavn til retningsdrift. Projekterne vil kræve interimskøreplaner, som indbyrdes udelukker hinanden, ligesom udførselsplanen skal koordineres med evt. andre projekter, som der træffes politisk beslutning om.

Undersøgelsen skal også analysere mulighederne for at forbedre adgangsforholdene på København H, herunder afdække om sådanne forbedringer med fordel kan koordineres med ombygningen til den fulde driftsseparation.

Dette kan omfatte anlæg af en ny gangtunnel og en gangbro med fokus på adgangen til spor 26/27 ved Tietgensbroen, som vil blive benyttet mere intensivt efter ombygningen.

Forbedringerne skal ses i en større sammenhæng med byudvikling og passagerflow og med planer om en ny metrolinje på København H til Refshaleøen og Lynetteholmen. Analysen vil omfatte visualiseringer, simuleringer af passagerflow og undersø-

gelse af pris, bygbarhed og tidsplan, som skal ses i sammenhæng med anlægsstadiene for det øvrige ombygningsprojekt.

I Banedanmark planlægges en fornyelse af depotsporene på området Belvedere omkring 2026. Dette projekt bør ligeledes koordineres med ombygningen.

Beslutningsgrundlaget på NAB fase 2 niveau vil kunne foreligge ultimo 2023, hvorpå der kan frigives midler til detaljprojektering og udførelse. Dette forudsætter, at der medio 2021 træffes politisk beslutning om at gå videre med projektet.

Aktivitet	År x				År x+1				År x+2			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Principiel beslutning + finansiering (programfase)	X											
Indkøb teknisk rådgivning												
Programfase (NAB fase 2) inkl. VVM og EKS												
Trafikal projektering og validering												
Låst spørggrundlag								X				
Dialog med Alstom om udførelse												
Politisk beslutning												X

Figur 7: Tidsplan for videre undersøgelser og aktiviteter frem til politisk beslutning



Figur 8: København H set fra syd. Overvejende del af fjernbanesporene på billedet fornyes og får en forbedret geometri ifm. ombygning til driftsseparation.

Anlægsøkonomi

Det koster ca. 1,9 mia. kr. at ombygge spornettet på København H til driftsseparation. Prissætningen er udført på et NAB fase 1 lignende niveau med et risikotillæg på 50 %.

Forudsætninger

Anlægsoverslaget er udarbejdet med priser for ombygning i det eksisterende sikringsanlæg, idet der endnu ikke findes sporbare priser for ombygninger i Banedanmarks nye signalsystem. Umiddelbart forventes ombygninger i det nye signalsystem ikke at overstige ombygninger i det eksisterende system.

Forslaget omfatter fjernelse af 98 sporskifter og 10.500 m elektrificeret spor samt af klargøringscentret KGC og dernæst anlæg af 49 sporskifter, 10.600 m elektrificeret spor, 7.000 m afvanding (dræn), 1.200 m² perron inkl. apering, 620 m perronforkanter og 1.200 m køremandsbroer ved tre opstillingsområder inkl. apering m.m.

Anlægsoverslaget består for det første af en række fysikposter, hvor de projekterede ændringer af spor, sporskifter, kørestrøm, jordarbejder, perroner osv. er opgjort i mængder og multipliceret med de mest relevante erfaringspriser, som Banedanmark har kendskab til. Desuden er korrigeret for særlige forhold i det pågældende projekt.

Dertil kommer øvrige omkostninger til tværgående omkostninger.

Endelig indgår der et korrektionstillæg på 50 %, i henhold til Ny anlægsbudgettering (NAB), fordi anlægsoverslaget er foretaget på et niveau svarende til NAB fase 1.

Beskrivelse af anlægsfysik

”Sporanlæg m.m.” omfatter optagning og bortskaffelse af spor og sporskifter, anlæg af nye spor og sporskifter, etablering af sporstoppere, overhøjdeændringer inklusive justering af køreledning og efterjustering af spor. Derudover indgår også priser for etablering af beskyttelsesskinner og indspøringskonstruktioner.

”Anlægsarbejder” indeholder håndtering af råjord, forurenede jord, deponi og bortskaffelse af overskudsmængder, udskiftning af blødbund, afvanding og føringsveje og risiko for uforudset ekstra mængder forurenede jord. Desuden indgår kortlægning af eksisterende ledninger i jord, ledningsomlægninger, kabeloprydning samt test og evt. udbedring af det eksisterende afvandingssystem og håndtering af olieforurenede jord.

Hovedposter (mio. kr.)	Driftsseparation
Sporanlæg m.m.	270
Anlægsarbejder	80
Kørestrøm	90
Sikring og fjernstyring	220
Bygninger	80
Andet	100
Tværgående omkostninger	420
Basisoverslag	1.250
Korrektionstillæg K1 (50%)	630
Total – anlægsbudget	1.880

Tabel 1: Anlægsoverslag for ombygning af spornettet til driftsseparation ved ombygning i eksisterende sikringsanlæg afrundet til nærmeste hele 10 mio. kr. (mio. kr., 2021-prisniveau)

“Kørestrøm” er etablering af fundamenter og bærende konstruktioner, køreledninger med tilhørende komponenter og diverse demontering samt flytning af koblere og returstrømkabler og etablering af BPU-områder, der beskytter elektriske installationer og personer mod vagabonderende strømme. Så vidt muligt vil eksisterende rammekonstruktioner blive genanvendt, men der regnes konservativt med en total udskiftning, idet de reelle muligheder først kendes ifm. detaljprojektering.

“Sikring og fjernstyring” er ombygning i det eksisterende sikringssystem inklusive ombygning af ATC, sporskiftedrev, sporisationer, signaler mm. Desuden indgår en risiko vedrørende mangel på validerings- og projekteringsressourcer.

“Bygninger” er etablering af ny og forlængelse af eksisterende perron inklusive aptering såsom belysning og skilte m.m. samt køremandsbroer ved depotspor til opstilling med aptering såsom togvarme og belysning mm. Dertil kommer nedrivning af klargøringscentret KGC.

“Andet” omfatter tekniske undersøgelser såsom opmålinger, ballastboring og geotekniske undersøgelser samt ekspropriationer til byggeplads og risici vedrørende begrænsede muligheder for placering af byggeplads, oplagring og ringe muligheder for adgangsveje samt omkostninger vedrørende hegn.

“Tværgående omkostninger” omfatter bygherreomkostninger til projektering, projektopfølgning, byggeledelse og fagtilsyn, bygherreadministration, myndighedsgodkendelser samt etablering af byggepladser.

Erfaringspriser

For at få det mest retvisende anlægsoverslag er Banedanmarks erfaringspriser baseret på gennemførte sporfornyelsesprojekter, EP-projekter, Molio prisdatabase for anlæg, og Anlægsdivisionens licitationspriser.

I forbindelse med budgetteringen er der for de væsentligste ombygninger og hovedposter i overvejende grad anvendt referencepriser fra de projekter, der er vist i tabel 2, som Banedanmark pt. vurderer, er de mest anvendelige som generelle referencepriser.

Beløbene i anlægsoverslaget er angivet i 2019K3-prisniveau. Anlægsoverslaget er i denne afrapportering opregnet til 2021-PL (indeks 108,8 indhentet fra Økonomistyrelsens reguleringsindeks vedr. anlæg).

Referenceprojekt	Projektstadie
Banedanmarks sporfornyelsesprojekter (siden 2007)	Realiseret (efterkalkuleret)
Vedligeholdelse katalog 2017	Realiseret (efterkalkuleret)
Molio Prisdatabase, Anlæg, brutto 2019	Kalkuleret pris
Sporjustering budget 2018	Realiseret (efterkalkuleret)
EPAS*-priser	Licitationspris
Langeskov station	Slut kalkulation
Leverandør	Materialepriser
DSB Aptering	DSB-Prisbog
DSB Etablering af arbejdsplatforme Kastруп Klargøringscenter, Struer, Nykøbing Falster og Helsingør	Licitationspriser

Tabel 2: Anvendte referenceprojekter

*) EPAS er entreprenørkonsortiet som udfører elektrificering af fjernbanen.

Forbedret punktlighed

Driftsseparation forbedrer punktligheden på København H og giver her en gevinst på ca. 170.000 sparede forsinkelsestimer årligt. Effekten spredes udover nettet, så passagererne i alt sparer ca. 320.000 forsinkelsestimer årligt.

Færre forsinkelser

En ombygning af København H til separeret drift giver gevinster i form af forbedret punktlighed. Der er udført trafiksimuleringer, som viser en mærkbart forbedret punktlighed ved separeret drift sammenlignet med den planlagte køreplan for 2024 på eksisterende infrastruktur.

Punktigheden på København H målt ved andel rettidige tog indenfor 3 minutter forbedres. Denne effekt spredes videre udover nettet.

På København H reduceres ankomstforsinkelsen gennemsnitligt med næsten et halvt minut for 22 mio. afstigende passagerer årligt. Det bliver til knap 170.000 sparede forsinkelsestimer årligt. Effekten spredes desuden udover nettet, hvor den kommer 43 mio. afstigende passagerer årligt til gode, som i gennemsnit oplever 15 sekunder reduceret ankomstforsinkelse. Det bliver til omtrent 150.000 sparede forsinkelsestimer årligt. Eventuelle effekter af Signalprogrammet indgår ikke.

Samlet sparer passagererne dermed ca. 320.000 forsinkelsestimer årligt. Af disse kan ca. 80.000 forsinkelsestimer årligt henføres til, at man undlader togvending mod Københavns Lufthavn, hvilket imidlertid også er muligt uden at separere togdriften. Denne del af gevinsten er derfor ikke indregnet i samfundsøkonomien, og heller ikke øvrige tilhørende fordele i form af reduceret togkørsel eller ulemper i form af flere skift for passagererne.

Med en samfundsøkonomisk tidsværdi på 373 kr. pr. forsinkelsestime kan den samlede punktlighedsgevinst omregnes til ca. 120 mio. kr. årligt. I de anvendte simuleringskøreplaner er der samlet set indlagt lidt mere tillæg og dermed rejsetid i separationskøreplanerne, som i alt udgør 130.000 rejsetimer årligt. Tages der hensyn til dette, bliver gevinsten godt 100 mio. kr. årligt, hvoraf godt 30 mio. kr. årligt skyldes, at man undlader togvending mod Københavns Lufthavn.

Alle nævnte afstigertal er for 2032 og er baseret på Trafikplan for den statslige jernbane 2017-2032. Udover passagerer med slutmål på en station er inkluderet eventuelle omstigere til S-tog eller andre tog.

	Gevinst pr. afstiger (sek)	Afstigere pr. år (mio.)	Gevinst pr. år (1.000 timer)
København H	28	22	173
Kystbanen ¹⁾	16	11	48
Øresundsbanen ²⁾	27	8	61
Andre baner ³⁾	13	24	38
Total	18	65	319

1) Stationerne fra Nørreport til Kokkedal

2) Ørestad, Tårnby og Københavns Lufthavn.

3) Øvrige stationer afgrænset af Holbæk, Slagelse og Vordingborg

Tabel 3: Ændring i forsinkelse daglig pr. afstiger, antal afstigere årligt samt gevinst årligt - fordelt på baner.

Færre sporskiftefejl

Sporskiftefejl på København H medfører at passagererne forsinkes 6.400 timer årligt, som følge af forsinkede og aflyste tog på fjernbanen. På baggrund af erfaringerne fra Utrecht forventes antallet af sporskiftefejl og tilhørende passagerforsinkelser at kunne reduceres markant til kun 10 % af de nuværende. Sammenlignet med den øvrige punktlighedsgevinst er der dog tale om en beskedne effekt.

Med ombygningen reduceres antallet af sporskifter og de nye sporforbindelser optimeres, så der udelukkende benyttes rette sporskifter med et lavere vedligeholdelsesbehov. Nye sporskifter indbygges desuden med en monitorering, som giver mulighed for en forebyggende frem for fejlrettende vedligeholdelsesindsats, og med rullelejer, som gør smøring unødvendig.

Yderligere effekter

Den beregnede punktlighedseffekt er udelukkende baseret på en trafiksimulering. I denne tages f.eks. ikke højde for virkningen af bedre overblik i trafikstyringen som følge af forenkling i trafikafviklingen. Der kan også være afledte konsekvenser i forhold til togmateriel- og personaleplanlægning, der dog endnu ikke er afdækket.

	1.000 timer
Forsinkede tog	5,1
Aflyste tog	1,3
Total	6,4

*) Beregnet ud fra Banedanmarks drifts- og regularitetsstatistik (RDS) i 2017 og 2018.

Tabel 4: Årlig forsinkelseseffekt* for de rejsende som følge af sporskiftefejl på København H (1.000 timer).



Tid	Tog til
09.27	Holbæk
09.31	Esbjerg Odense
09.32	Helsingør
09.36	CPH Airport ✈
09.37	Rødby Færge
09.41	Nivå
09.44	Ringsted
09.45	Kalundborg
09.52	Helsingør
09.54	Aarhus H Aalborg Sønderborg

sene aften og nattetimer efter søndag-torsdag d. 19-23 mar
avn-København H / Høje Taastrup. Togbus afgår fra bus/ta

Skift og adgang på Hovedbanegården

Med separeret drift vil bestemte toglinjer altid afgå fra samme perron. Separeret drift medfører dog flere skift og større brug af perronen ved spor 26, som i dag har ubekvemme gangveje. Dette kan løses med en supplerende perrontunnel, der bliver nødvendig med metroudbygninger, og en gangbro til det sydlige opland.

Konsekvenser for passagererne

Separeret drift har den fordel for passagererne, at bestemte toglinjer altid vil afgå fra samme gruppe af perronspor på København H.

Separeret drift medfører dog også, at der bliver flere togskift for nogle af de rejsende, fordi tog fra Øresundsbanen og Ringstedbanen afkortes fra Østerport til København H, og der ikke længere kan vendes tog til Københavns Lufthavn.

Desuden bliver der større anvendelse af perronen ved spor 26, som i dag har dårlige adgangsforhold med ubekvemme gangveje. Hvis der er lange gangveje og trængsel undervejs, forlænger det gangtiderne ved skift mellem tog og til metro eller bus. Dette forlænger den samlede rejsetid og giver en dårlig rejseoplevelse.

Adgangs- og skifteforholdene kan forbedres med en supplerende perrontunnel, som Metroselskabet vurderer nødvendig for at løse en trængselsproblematik, som opstår i forbindelse med ibrugtagning af Sydhavnsmetroen. Denne bliver endnu mere påkrævet ifm. en eventuelt kommende metrolinje M5, som også skal have station på København H.

Flere skift

Det giver flere skift, når tog fra Øresundsbanen og Ringstedbanen afkortes til København H. Rejsende fra Ringstedbanen, Sverige og Tårnby mister den direkte forbindelse til både Østerport og Nørreport, mens rejsende fra Ørestad og Københavns

Lufthavn alene mister den direkte forbindelse til Østerport, idet der er metroforbindelse til Nørreport.

Det vurderes, at der er 2,0 mio. rejser årligt fra Øresundsbanen og 0,6 mio. rejser årligt fra Ringstedbanen til Østerport og Nørreport, som vil få et ekstra skift, når tog afkortes fra Østerport til København H. Det giver tilsammen et tidstab på 65 mio. kr. årligt. Tabet kan være overvurderet lidt som følge af Cityringen, som har givet nye rejsemuligheder, hvilket ikke er indregnet.

Hvert af disse skift tæller som 12 rejsetidsminutter. Heri indgår en skiftetid på 4 minutter, der tæller som 6 rejsetidsminutter, og en skiftestraf, der tæller som 6 rejsetidsminutter. Dette har en samfundsøkonomisk værdi på ialt 25 kr.

Det vurderes at være 0,5 mio. rejser årligt til/fra Københavns Lufthavn, som får et ekstra skift, når muligheden for at vende tog på København H mellem Øresundsbanen og Vestbanen eller Ringstedbanen bortfalder. Disse tog benyttes desuden af 0,8 mio. andre rejser årligt lokalt mellem København H og Københavns Lufthavn, som derved vil opleve lidt længere ventetid til næste afgang. Det giver tilsammen et tidstab på 12 mio. kr. årligt.

	Minutter pr. skift *)	Mio skift pr. år	1000 timer pr. år *)
Øresundsbanen afkortet	12	2,0	338
Ringstedbanen afkortet	12	0,6	93
Total	12	2,6	432

*) Skiftestraf og skiftetid for rejser med skift omregnet til ækvivalent rejsetid

Tabel 5: Tidstab på grund af flere skift, når tog fra Øresundsbanen og Ringstedbanen afkortes til København H

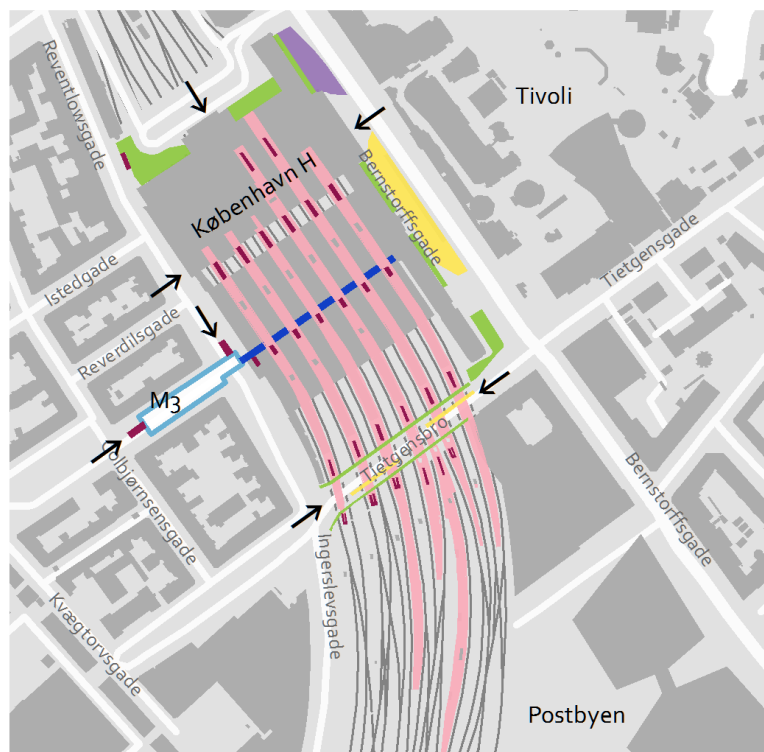
Hvert af disse skift tæller som ca. 9 rejsetidsminutter. Heri indgår en skiftetid på 7,5 minutter, der tæller som ca. 11 rejsetidsminutter, og en skiftetraf, der tæller som 6 rejsetidsminutter, og de direkte tog har en vendetid på 8 minutter, hvilket ikke bruges ved skift. Dette har en samfundsøkonomisk værdi på ialt 19 kr. Den forringede frekvens tæller som 1,5 rejsetidsminutter for alle rejsende på strækningen, hvilket samfundsøkonomisk tæller med 3 kr.

Ophør af de vendende tog kan eventuelt besluttes uden at separere togdriften. Denne ulempe og de tilhørende fordele, som er en punktlighedsgevinst og reduceret togkørsel, er derfor ikke indregnet i samfundsøkonomien.

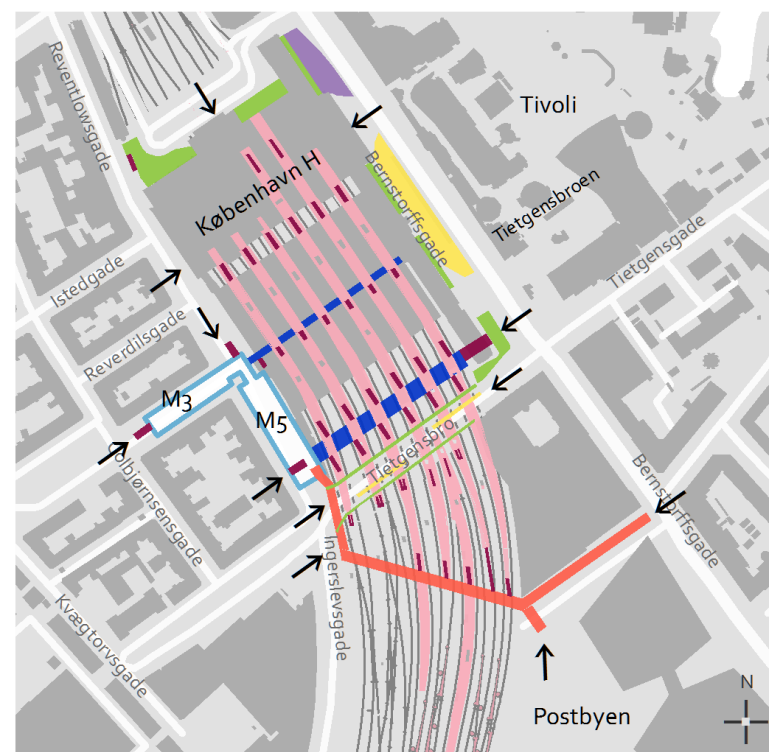
Vurderingen af ulemper ved afkortning af toglinjer tager udgangspunkt i turmatricer, hvor de bagvedliggende data beskriver situationen fra før Cityringen. Denne har givet nye rejsemuligheder, som sammen med den kommende Sydhavnsmetro ændrer udgangspunktet, hvorfor tidstabet for passagerne må forventes at være mindre. Disse forhold bør undersøges nærmere i næste fase.

	Minutter pr. rejse *)	Mio skift pr. år	1000 timer pr. år *)
Ekstra skift	9,0	0,5	53
Lavere frekvens	1,5	0,8	17
Total	3,3	1,3	70

*) Skiftetraf, skiftetid, rejsetid og frekvens omregnet til ækvivalent rejsetid



█ Gangbro █ Trappe █ Perron Metro █ Tunnel █ Taxi



█ Bus █ Cykel → Indgang

Tabel 6: Tidstab ved ophør af direkte tog til Kastrup, der vender på København H

Figur 9: Gangforbindelser nuværende og med forbedring med en ny gangtunnel under perronsporene samt forbindelse til Postbyen (markeret med rød)

Supplerende gangtunnel

København H er allerede en af landets mest benyttede stationer. Den nye metro og en eventuelt kommende metrolinje fra København H mod Refshaleøen og Lynetteholmen betyder endnu flere passagerer. Det vurderes at give kapacitetsproblemer i den nuværende gangtunnel under perronerne, som har fået markant stigende gangtrafik efter Cityringens tilslutning.

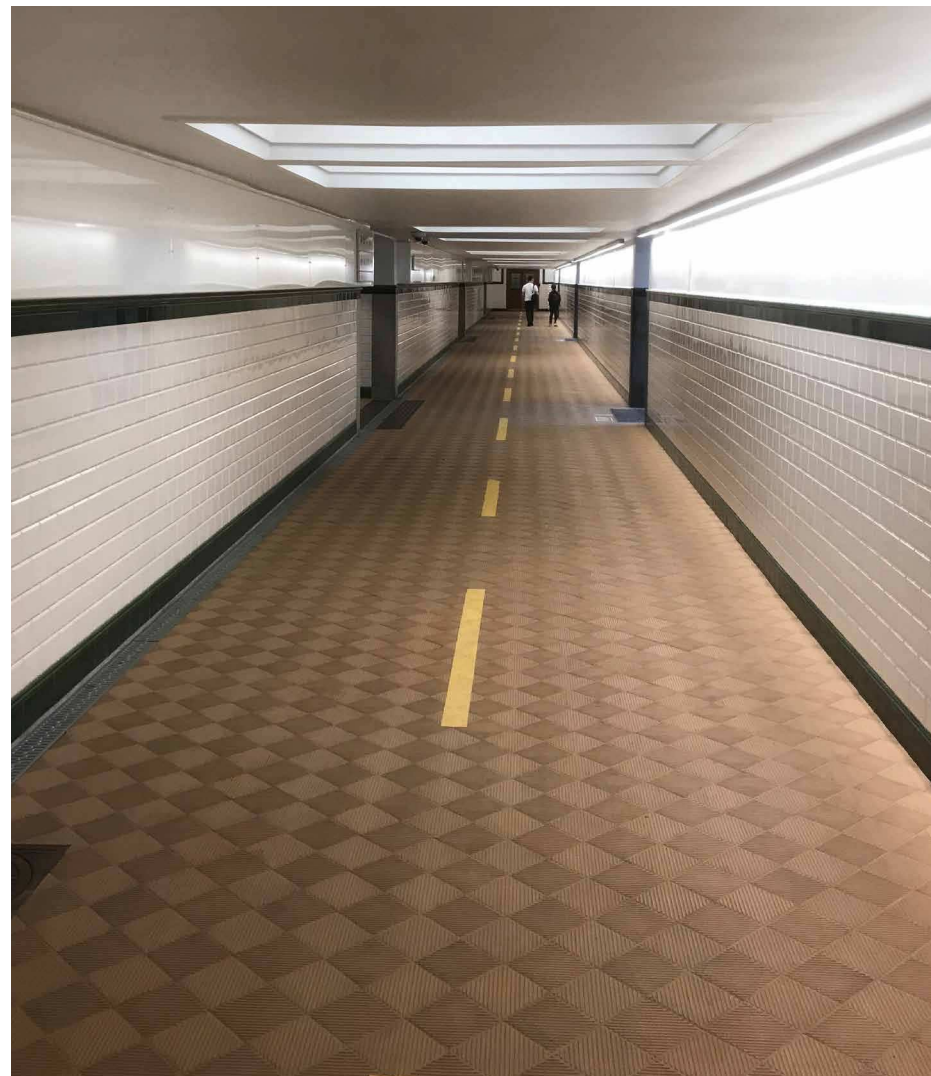
I 2032 forventes København H benyttet af i alt 46 mio. passagerer årligt (ifølge data fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen jvf. "Trafikplan for jernbanen 2017-2032"), heraf 13 mio. omstigere mellem tog og 33 mio. af- og påstigere, som enten fortsætter med metro eller bus eller til fods, på cykel eller i bil/taxi. Området omkring Hovedbanegården betjener desuden andre rejsende med metro og bus samt forbipasserende. Der er nogen usikkerhed omkring Hovedbanegårdens gangtrafik, både vedrørende omfanget og de præcise gangveje, hvilket bør undersøges nærmere i næste fase.

Metroselskabet vurderer på baggrund af simuleringer, at kapaciteten i den nuværende gangtunnel rækker til de første år efter Cityringens ibrugtagning, men at den vil blive overskredet, når Sydhavnsmetroen ibrugtages i 2024, hvor der vil opstå kritisk trængsel i store dele af myldretiden.

Hertil kommer, at Metroselskabet undersøger en ny metrolinje til de kommende byudviklingsområder på Refshaleøen og Lynetteholmen, som skal have station på vestsiden af Hovedbanegården. Denne vil forøge belastningen på perrontunnelen yderligere. Derfor foreslår Metroselskabet at anlægge en supplerende, aflastende perrontunnel, som formentlig med fordel kunne anlægges i sammenhæng med de sporspæringer, der vil være nødvendige ifm. ombygning til separeret drift.

En supplerende perrontunnel bør placeres tættest muligt på Tietgensbroen, så det med en forholdsvis kort sidetunnel også bliver muligt at betjene spor 26 og et kommende spor 27. Med den foreslåede driftsseparation vil Øresundstog hovedsageligt benytte disse to spor.

Den supplerende perrontunnel bør have direkte opgang til Bernstorffsgade og forbindelse til metroen og Reventlowsgade. Dermed vil den sammenbinde alle Hovedbanegårdens skift og adgange på let forståelig vis.

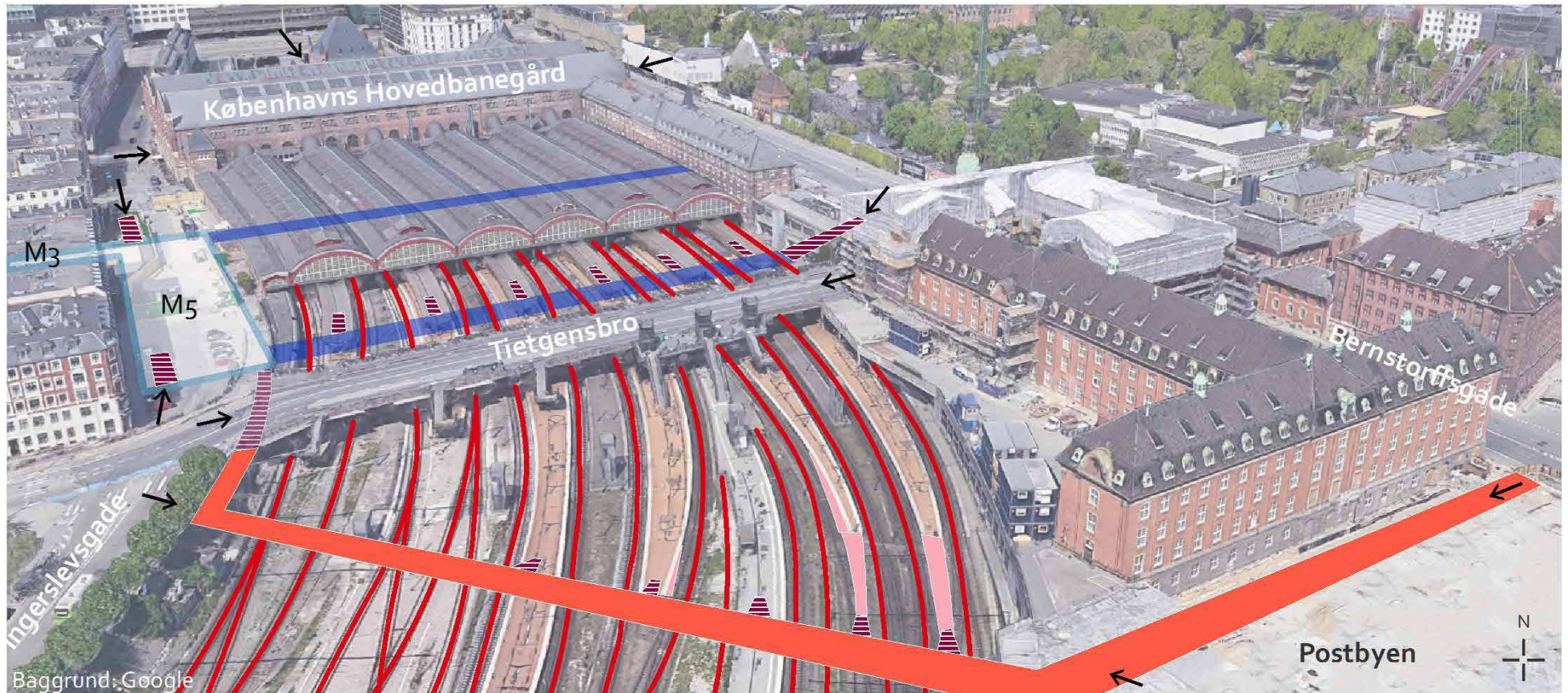


Figur 10: Den nuværende gangtunnel efter modernisering ifm. med åbning af Metro Cityringen, Juni 2020.

Supplerende gangbro

Adgangsforholdene kunne desuden forbedres med en supplerende gangbro fra Postbyen, der indrettes med et attraktivt fodgængermiljø. Dermed kan Hovedbanegårdens sydlige opland med sine mange byudviklingsprojekter opnå en både afkortet og mere bekvem gangvej til både S-tog, fjerntog og metro.

I de videre undersøgelser bør de nævnte gangvejsforslag undersøges nærmere i en helhedsorienteret analyse. Dels bør de fysiske og arkitektoniske muligheder afklares, dels bør viden om detaljerede trafikmønstre, kapacitet og fremkommelighed vurderes f.eks. ved simuleringer.



■ Gangbro ■ Ny trappe ■ Perronudvidelse □ Metro ■ Tunnel ■ Spor → Indgang

Figur 11: Visualisering af mulig gangbro mellem Postbyen og Ingerslevsgade med adgang til perronspor 1-8 samt nye perronspor 26-27.

Sparet togdrift

Afkortning af toglinjer til København H giver mindre togkørsel mellem København H og Østerport, hvilket medfører besparelser på togdriften.

Reduceret togkørsel mellem København H og Østerport

Ved driftsseparation afkortes alle tog fra Øresundsbanen og Ringstedbanen til København H, mens alle tog fra Vestbanen kører igennem til Østerport. Det giver færre tog mellem København H og Østerport. På alle andre strækninger forudsættes samme trafik. Dette medfører at antallet tog en hverdag mellem København H og Østerport reduceres fra cirka 550 tog til cirka 300 tog.

Reduceret togdrift

Med driftsseparation reduceres togkørslen med knap 300.000 togkm årligt og ca. 20.000 togtimer årligt i forhold til basissituationen. Dette vurderes at give en besparelse i togdriften på ca. 50 mio. kr. årligt i forhold til basissituationen, hvilket kan omregnes til en nettonutidsværdi i 2021 på ca. 1,1 mia. kr.

Effekt på behov for togmateriel

Den samlede effekt på togmaterielbehovet er ikke vurderet i denne rapport. Det ville kræve en analyse af omløbsplaner, som det indtil videre ikke har været muligt at opstille.

	Hverdag	Weekenddag	År
Basissituation	554	492	195.000
Driftsseparation	298	240	102.000

Tabel 7: Togkørsel mellem København H og Østerport (antal tog pr hverdag, weekenddag og år)

Anvendte enhedspriser

De anvendte priser tager udgangspunkt i operatøromkostninger fra Transportøkonomiske Enhedspriser (TØE), som er markedspriser inkl. nettoafgiftsfaktor på 28 %.

De tidsbaserede omkostninger beregnes med en pris på ca. 1.750 kr. pr. togtime. De kilometerbaserede omkostninger beregnes med en gennemsnitspris på knap 45 kr. pr. togkilometer, som er et vægtet gennemsnit over alle de forventede togmaterieltyper i fjerntrafikken øst for Odense.

Lyntog og IC-tog benytter fremtidens togsæt og omfatter 9,1 mio. togkm årligt. De antages fordelt med 50 % på tog bestående af et togsæt, 40 % på tog bestående af to togsæt og 10 % på tog bestående af tre togsæt. Det giver en gennemsnitspris på 47 kr. pr. togkm og gennemsnitstogvægt på 359.

Regionaltog i dagtimer benytter ellokomotiver med dobbeltdækkervogne og omfatter 10,8 mio. togkm årligt. De ventes fordelt med 50 % på 4-vognstog, 27 % på 5-vognstog og 23 % på 6-vognstog. Regionaltog i aftentimer benytter fremtidens tog med 1 togsæt og omfatter 2,5 mio. togkm årligt. Det giver en gennemsnitspris på 43 kr. pr. togkm og gennemsnitstogvægt på 323.

Øresundstog omfatter 1,3 mio. togkm årligt, som ventes fordelt med 45 % på 1 togsæt, 40 % på 2 togsæt, 10 % på 3 togsæt og 5 % på 4 togsæt. Det giver en gennemsnitspris på 37 kr. pr. togkm og gennemsnitstogvægt på 286.

Ellokomotiv (DSBs fremtidige Siemens Vectron) antages at svare til den oplyste pris for et godslokomotiv, der imidlertid indeholder anskaffelse og afskrivning udover drift. Ud fra andre priser i TØE er skønnet, at vedligehold udgør 50 % af den oplyste totalpris.

Dobbeltdækkervogn findes ikke i TØE og er beregnet som andel af pris på et dobbeltdækkertogsæt på 80 meter, hvor der anvendes en andel ud fra dobbeltdækkervognens længde på 26,8 meter. Desuden er fradraget 30 % til trækraft, som ikke findes i vogne.

Fremtidens togsæt er beregnet ud fra pris på regionaltogetsæt på 80 meter fra TØE, hvor der forudsættes med en længde på 110 meter.

Øresundstogsæt svarer til kategorien på regionaltogetsæt på 80 meter fra TØE.

	mio. togkm/år	kr./togkm	ton/tog
Lyntog og IC-tog	9,1	47	359
heraf 1 FT	4,6	29	225
heraf 2 FT	3,6	59	449
heraf 3 FT	0,9	88	674
Regionaltog	13,3	43	323
Heraf Lok	-	20	85
Heraf DD	-	6	55
heraf Lok+ 4 DD	5,4	43	305
heraf Lok+ 5 DD	3,0	48	361
heraf Lok+ 6 DD	2,5	54	416
heraf med 1 FT	2,5	29	225
Øresundstog	1,3	37	286
heraf 1 ET	0,6	21	163
heraf 2 ET	0,5	43	327
heraf 3 ET	0,1	64	490
heraf 4 ET	0,1	85	654
Gennemsnit	23,6	44	335

FT = Fremtidens elektriske togsæt, Lok = Nyt elektriske lokomotiv,
DD = Dobbeltdækkervogn, ET = Øresundstog

Tabel 8: Togproduktion (mio. togkm pr år), kilometerbaserede omkostninger (kr. pr togkm) samt vægt per tog (ton pr tog)



Figur 12: DSBs nye elektriske lokomotiv. Foto: Mogens Duus.



Figur 13: Regionaltog med dobbeltdækkervogne. Foto: René Strandbygaard.

Sparet banedrift

Banedriften billiggøres når spornettet fornyes ved ombygning til driftsseparation. Dette betyder at planlagt fornyelse kan udskydes. Hertil kommer at et færre antal sporskifter og mindre slid, som følge af afkorting af linjer, koster mindre at vedligeholde.

Sparet fornyelse på København H

Hvis der ombygges til separeret drift, vil der blive foretaget en udskiftning og tilpasning af en større mængde spor, sporskifter og kørestrømsanlæg, hvilket vil udskyde behovet for fornyelser på København H. Omfanget er vurderet ved hjælp af Banedanmarks LCC-model for spor (TAM2), som er Banedanmarks porteføljestyringsmodel for den løbende reinvesteringsplan og indgår i Banedanmarks oplæg til trafikaftaler.

LCC-modellen beregner, at der henover kalkulationsperioden 2029-2078 vil være behov for fornyelser på ca. 680 mio. kr. på København H uden ombygning og knap 400 mio. kr. med ombygning, dvs. sparet fornyelse på i gennemsnit 5-6 mio. kr. årligt. Den samlede gevinst kan omregnes til en nettonutidsværdi i 2021 på cirka 230 mio. kr. (inklusive omregning til markedspriser vha. nettoafgiftsfaktor).

Mindre baneslid mellem København H og Østerport

Afkorting af toglinjer til København H betyder mindre togekørsel mellem København H og Østerport, hvilket giver mindre baneslid og reducerer omkostninger til fornyelse og vedligehold på denne strækning.

Separeret drift giver en besparelse på ca. 3 mio. kr. årligt. Det kan omregnes til en nutidsværdi i 2021 på ca. 80 mio. kr. (inklusive omregning til markedspriser vha. nettoafgiftsfaktor).

Besparselsen er beregnet vha. en pris på 3,8 øre pr. bruttotonkm fra Transportøkonomiske Enhedspriser. Togkørslen i bruttotonkm er beregnet ved hjælp af en gennemsnitlig bruttovægt på 335 ton pr. tog. Dette er et vægtet gennemsnit over de forventede togmaterieltyper.

Mio kr.	Uden ombygning	Med ombygning	Gevinst
2030	107	-	107
2032	121	-	121
2043	79	-	79
2044	16	-	16
2054	54	-	54
2055	37	-	37
2061	-	176	-176
2064	-	62	-62
2065	133	-	133
2066	25	-	25
2075	-	159	-159
2076	64	-	64
2077	41	-	41
Sum	677	397	280
Nettonutidsværdi*	326	94	232
Gennemsnit	23,6	44	335

*) NNV i 2021 (markedspris inklusive nettoafgiftsfaktor).

Tabel 9: Beregnede fornyelsesomkostninger på København H i perioden 2029-2078 henholdsvis med og uden ombygning til separeret drift (mio. kr. i 2021-prisniveau, beregnet på Banedanmarks LCC-model for spor (TAM2)).

Reduceret sporskiftevedligehold på København H

Der er i dag 89 sporskifter i togvejsspor, som koster ca. 10 mio. kr. årligt i vedligeholdelse. Med separeret drift reduceres dette til 48 sporskifter, og omkostninger til vedligeholdelse forventes at falde til knap 5 mio. kr. årligt. Gevinsten kan omregnes til en nettonutidsværdi i 2021 på cirka 130 mio. kr. (inklusive omregning til markedspriser vha. nettoafgiftsfaktor).

Ved beregningen af sparet vedligehold indgår, at slid i sporskifter afhænger af trafikken målt i bruttoton og desuden stiger med faldende kurveradius. Således beregnes en vægtet belastning på 2,1 mia. bruttoton årligt i basissituationen, hvilket efter ombygningen reduceres til 1,0 mia. bruttoton årligt.

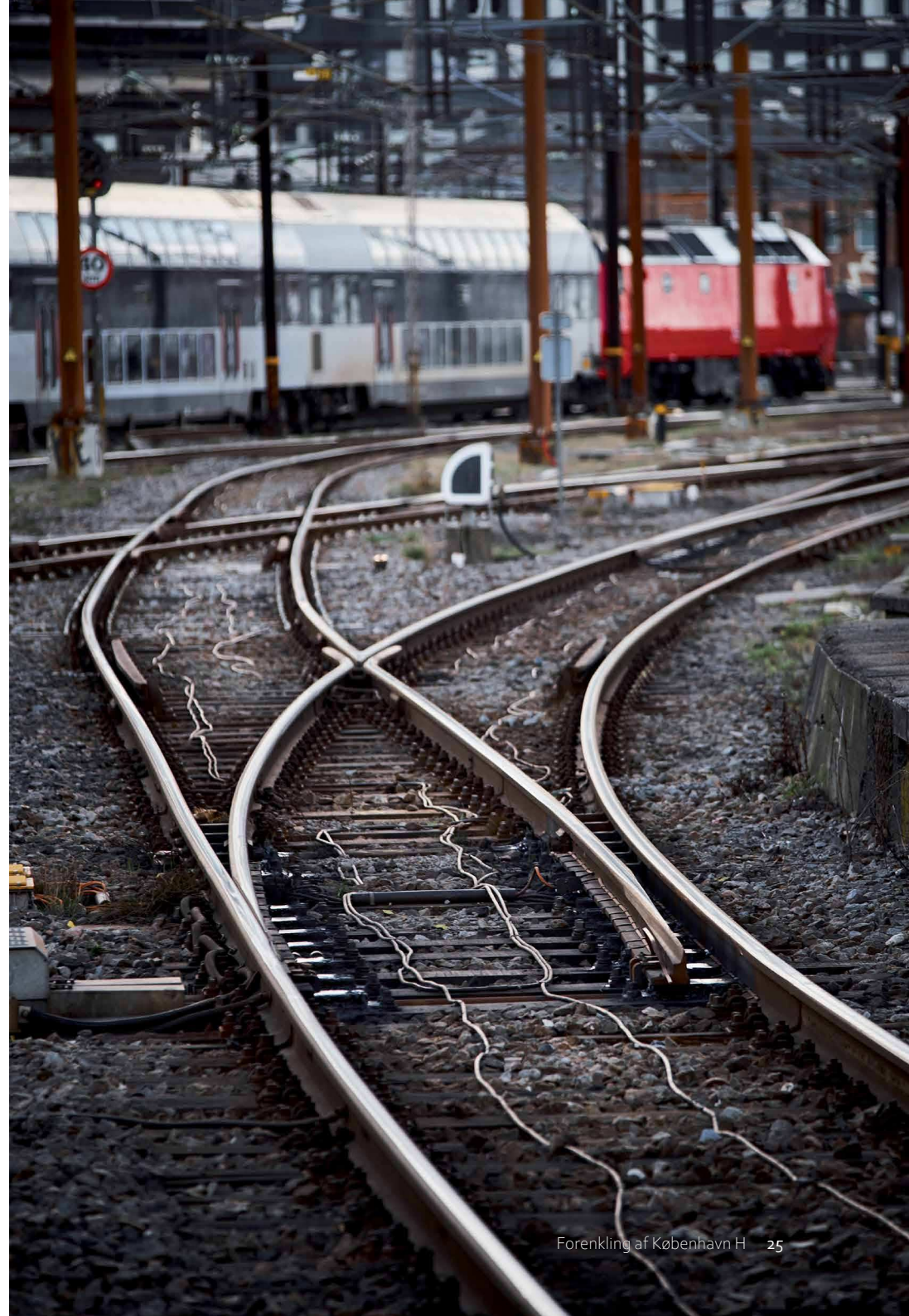
Reduceret vedligehold af signaler

Ombygningen medfører billigere vedligehold af det kommende signalanlæg på grund af en reduktion i antal sporskiftedrev, baliser, akseltællere og ETCS-stopmærker (marker boards), men kontrakten for vedligehold med leverandøren er et engangsbeløb per år og ikke brudt ned i en omkostning per komponent.

Kun den årlige omkostning til vedligehold af sporskiftedrev kendes grundet forhandlinger efter kontraktsindgåelse. Her vurderes besparelsen at være 1 mio. kr. årligt.

	Mia. bruttoton årligt				Mio. kr. årligt
	Ret	Afv	Sum	Vægtet	
Basissituation	0,9	0,6	1,5	2,1	9,9
Ombygning	0,5	0,3	0,8	1,0	4,7
Forskel, absolut	-0,4	-0,3	-0,7	-1,1	-5,2

Tabel 10: Forventet kørsel gennem sporskifter på København H og afledte vedligeholdelsesomkostninger



Samfundsøkonomi

Ombygning af Hovedbanegården til driftsseparation er samfundsøkonomisk rentabel når man sammenvejer punktlighedsgevinster og besparelser i tog- og banedrift med ulemper ved flere skift for visse passagerer og anlægsomkostninger mm.

Resultat

Den samfundsøkonomiske analyse af at ombygge spornettet på København H til driftsseparation giver en intern rente på 4,5 %.

Effekterne i tabellen er vist i nettonutidsværdi, hvilket betyder at de er beregnet over perioden 2021-2078 (indtil 50 år fra ibrugtagningens år 2028) og sammenregnet til en værdi i 2021 med en diskonteringsrente på 3,5 % de første 35 år og derefter 2,5 %.

Når omkostninger og gevinster ved at udføre projektet sammenvejes er nettonutidsværdien positiv med cirka 0,7 mia. kr.

Mia. kr. (2021-priser)	Driftsseparation
Anlæg	-1,6
Punktlighed	2,2
Skift	-1,5
Togdrift	1,1
Banedrift	0,5
Øvrige	0,0
I alt	0,7
Intern rente	4,5 %

Positive tal angiver gevinster, mens negative tal udtrykker omkostninger.

Tabel 11: Samfundsøkonomisk resultat i nettonutidsværdi i 2021 (i 2021-priser) samt intern rente.

Samfundsøkonomiske konsekvenser

Anlægsomkostningen bidrager negativt med en nettonutidsværdi på 1,6 mia. kr. Dette beregnes ud fra et anlægsbudget på 1,9 mia. kr., som placeres henover en projekterings- og byggeperiode i årene 2023-2028 og tillægges nettoafgiftsfaktor. Desuden modregnes anlæggets restværdi ved kalkulationsperiodens udløb i 2078.

Punktlighed er projektets væsentligste gevinst på ca. 2,2 mia. kr.

Ud fra simuleringer beregnes, at den gennemsnitlige forsinkelse for passagerer, der af- eller omstiger på København H, reduceres med næsten et halvt minut for 22 mio. passagerer årligt. Effekten spredes udover nettet, så der samlet fås ca. 320.000 sparede forsinkelsestimer årligt. Heraf skyldes 80.000 forsinkelsestimer årligt dog, at man undlader togvending mod Kastруп, hvilket også er muligt uden ombygning. Derfor er denne effekt ikke indregnet.

Hertil kommer en mindre, men positiv effekt, på godt 50 mio. kr. som følge af færre sporskiftefejl og hermed en reduktion i passagerforsinkelser.

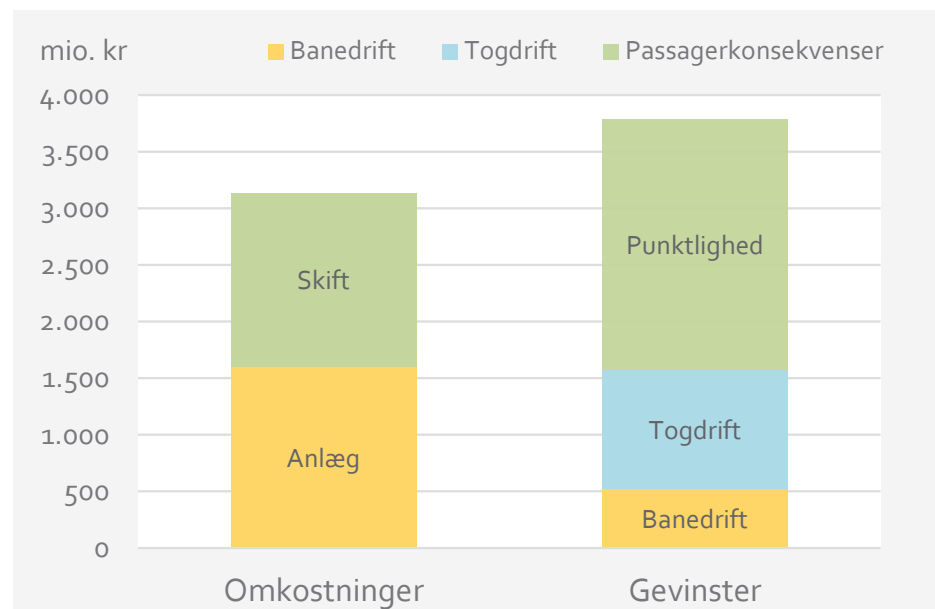
Det er muligt at punktlighedseffekten er undervurderet. Der er ikke indregnet konsekvenser som følge af f.eks. enklere personale- og materielplanlægning og mere overskuelig fjernstyring.

Toglinjer på Ringstedbanen og Øresundsbanen kan ikke længere fortsætte til Nørreport og Østerport. Nogle passagerer får derfor ulempe i form af et ekstra skift, der beregnes med skiftestraf, skiftetid og ændret rejsetid for disse passagerer. Det giver en samlet ulempe på 1,5 mia. kr. Det er muligt, at ulempen er mindre, da beregningerne er baseret på situationen før åbningen af Cityringen.

Togkørslen reduceres, når toglinjer afkortes til København H, hvilket vurderes at give besparelser til personale og vedligehold. Tilsammen spares henholdsvis 50 mio. kr. årligt, hvilket har en positiv nettonutidsværdi på 1,1 mia. kr. Der indgår ikke ændret behov for togmateriel i denne beregning.

På banedriften fås gevinster i form af udskudte fornyelser på København H, idet der med ombygningen foretages en udskiftning af en større mængde spor, sporskifter og kørestrømsanlæg mm. Desuden fås mindre baneslid på grund af reduceret togkørsel og mindre sporskiftevedligehold på København H som følge af færre sporskifter. Samlet bidrager dette positivt med en nettonutidsværdi på 0,5 mia. kr.

Øvrige effekter dækker støj, uheld, luftforurening og klima, samt afgiftskonsekvenser og arbejdsudbud. Sidstnævnte beregnes som metoden foreskriver med 10 % af



Figur 14: Samfundsøkonomiske effekter, nettonutidsværdi i 2021

afgiftseffekt (arbejdsudbudsforvriddning) og 10 % af tidsgevinst for erhvervsture og pendling (udbudsgevinst). Desuden indgår gener i anlægsfasen i form af tidstab for de rejsende, idet ekstratog i myldretider må indstilles eller omlægges udenom København H.

Metode

I den samfundsøkonomiske analyse afvejes de samlede gevinster og omkostninger ved at ombygge København H til separeret trafikafvikling. Ombygningen medfører på den ene side punktlighedsgevinster, besparelser ved tog- og banedrift, men medfører på den anden side anlægsomkostninger og flere skift for passagererne. Desuden indregnes en række afledte effekter, som dog tilsammen kun har lille betydning. Der er sammenlignet med en basissituation med nuværende infrastruktur og udgangspunkt i et køreplanforslag fra DSB for K24 med fuld ibrugtagning af den nye Ringstedbane. Dog er togvendinger på København H for lyntog og IC-tog til Københavns Lufthavn fjernet, idet dette giver en punktlighedsgevinst og andre effekter, der i princippet kunne opnås uden ombygning.

Analysen er foretaget efter den standardiserede metode på transportområdet (markedsprismetoden) i regnearkssværktøjet TERESA (version 5.07) og med brug af Transportøkonomiske Enhedspriser (version 1.91). Anlæg, togdrift og banedrift tillægges ifølge markedsprismetoden en nettoafgiftsfaktor på 28 % for at gøre priserne sammenlignelige med bl.a. passagereffekter.

Der er ikke medregnet en effekt på passagertallet og dermed heller ikke billetindtægter og effekter af en overflytning mellem vejtrafik og banetrafik. Endvidere indgår ikke en eventuel påvirkning af punktligheden i anlægsfasen. Der indgår heller ikke ekstra omkostninger til erstatningstrafik, tab i billetindtægter eller gener omkring København H i anlægsperioden i form af øget tung trafik og støj fra arbejdskøretøjer mm. Disse bidrager både positivt og negativt og vurderes samlet set ikke at påvirke resultatet væsentligt.

Videre perspektiver

Der er muligt at separere driften på København H mere. Driftsseparation på Hovedbanegården vil understøtte en fremtidig overgang til førerløs togdrift.

I den viste trafikering fortsætter trafikken i uændret omfang i forhold til en planlagt K24, hvor der er planlagt en samkørsel mellem Kystbanen og den sjællandske regionaltrafik. Ombygningen medfører, at trafikken på flaskehalsen mellem København H og Østerport reduceres betydeligt, hvilket giver en række videre udviklingsmuligheder.

Forud for projektering af separationsløsningen er overvejet en række alternative løsninger, som er blevet fravalgt. Disse er nærmere beskrevet i bilag 4.

Forøge togkørsel på Vestbanen

Det er i princippet muligt at forøge togkørslen med flere toglinjer på Vestbanen indtil kapaciteten i Røret igen er opbrugt, hvilket dog vil reducere punktligheden. Umiddelbart vurderes det muligt at køre 1-2 tog ekstra pr time til København H uden mærkbart punktlighedstab.

Adskillelse af Kystbanen

En anden mulighed er at anvende den frigivne kapacitet i Røret til at adskille Kystbanedriften fra den sjællandske regionaltrafik. Dette kan gøres uden et samlet punktlighedstab, selvom det er nødvendigt at udnytte kapaciteten i Røret fuldstændigt, og selvom der stadig vil være en gensidig påvirkning mellem togene på strækningen mellem København H og Østerport.

På den ene side fås en forværring pga. en større kapacitetsbelastning af Røret, men dette opvejes af, at der på den anden side bliver mindre afhængighed mellem strækningerne og dermed mindre spredning af forsinkelser.

En adskillelse fra den sjællandske regionaltrafik vurderes at udløse 0,6 mio. skift årligt. Med samfundsøkonomiske tidsværdier giver dette et tab på 10 mio. kr. årligt. Hvert skift regnes her med en anslået skiftetid på 10 minutter samt en skiftestraf på 6 minutter, hvorfra trækkes en opholdstid på 3 minutter, hvilket tilsammen tæller som ca. 18 rejsetidsminutter.

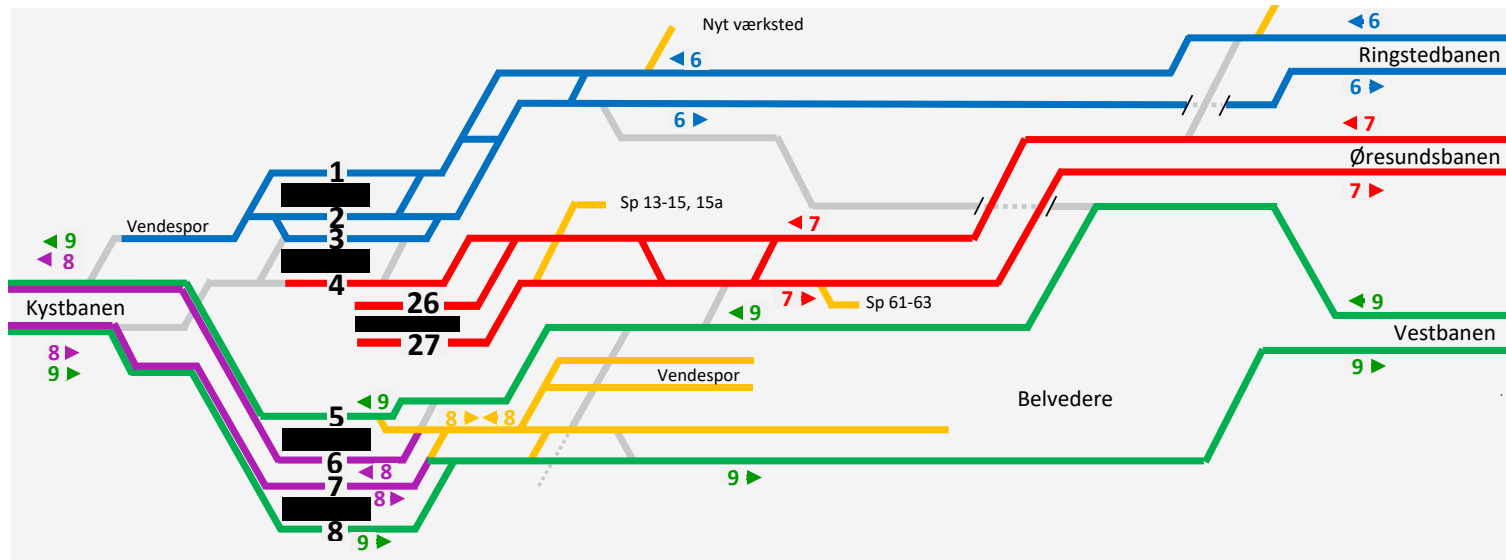
Desuden medfører den ekstra togkørsel i Røret ekstra togdriftsomkostninger og baneslid. Derfor fås samlet set et lidt dårligere samfundsøkonomisk resultat.

Adskillelsen er måske delvis mulig allerede ved en eventuel første etape af ombygningen, som dermed kunne understøtte muligheden for at etablere en "Kystbaneforstadsbane".

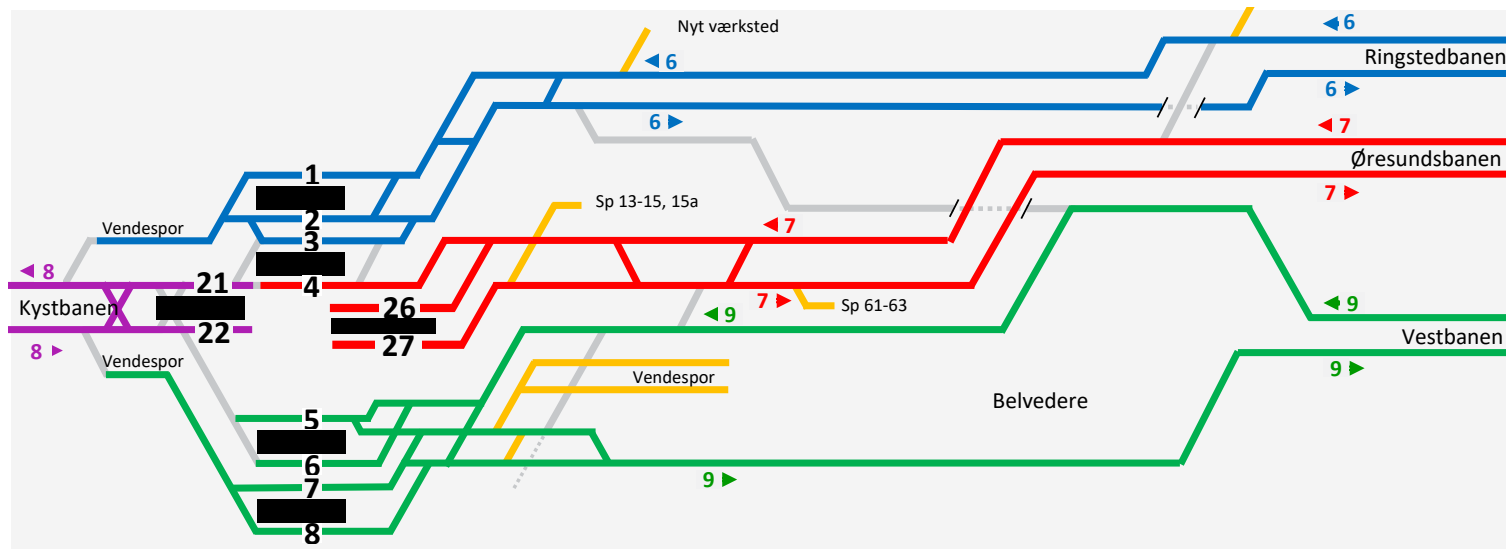
Total adskillelse af Kystbanen

Forslaget kan videreudvikles til en helt konsekvent adskillelse, hvor trafikken fra de fire retninger er helt separeret fra hinanden. Dermed kan ingen forsinkelser sprede sig mellem de forskellige baner. Spor 1-3 anvendes til Ringstedbanen, spor 4, 26 og 27 til Øresundsbanen, spor 5-8 til Vestbanen, og der etableres en ny perron med nye spor 21-22 til Kystbanen i banegraven nord for Hovedbanegården. Kystbanen får eget værksted og depot ved Østerport og Helgoland.

Den nye perrons præcise beliggenhed og adgangsveje er ikke undersøgt. Der er mange fysiske begrænsninger og vanskeligheder i dette område med hensyn til eksisterende søjler og brodæk omkring hovedbygningen og Banegårdspladsen. Af hensyn til skifteforhold og gangafstande, skal perronen placeres så tæt på de øvrige perroner som muligt, og det vil formentlig være bekosteligt at etablere sådanne gode gangveje.



Figur 15: Driftsseparation med adskillelse af Kystbanen



Figur 16: Driftsseparation med total adskillelse af alle baner og ny perron til Kystbanen

Øget trafik med automatisk togdrift

Ved en fremtidig overgang til førerløs togdrift på sidste niveau, UTO (Unattended Train Operation), forøges muligheden for at sende tog ud på og modtage tog fra de tilstødende baner. Med UTO fremføres toget uden lokofører, og togpersonale vil ikke være en forudsætning for ind- og udstigning og afgangsprocedurer. Det giver nogle fordele, som styrkes af ombygningen til driftsseparation.

I dag optager et vendende tog ca. 12 minutter pr. ekspedition, heraf ca. 2 minutter til indkørsel, 8 minutter ved perron til passagerudveksling og personaleprocedurer og 2 minutter til udkørsel. Ved automatisk togdrift behøves kun ca. 3 minutter til ind- og udstigning, hvilket giver 7 minutter pr. ekspedition.

Trafikken ind og ud af København H på Ringstedbanen og Øresundsbanen kan dermed næsten fordobles uden tab af punktlighed, og da vil sporlayoutet på København ikke længere udgøre en flaskehals.

På Vestbanen, hvor der ikke foretages togvending, ligger der kun en besparelse i afgangsproceduren ved UTO, som vil forkorte togfølgetiden gennem Røret med ca. ½ minut.

Udnyttelse af fordoblet kapacitet

Forøgelse af trafikken begrænses af flaskehalse andre steder end på København H og af forskel mellem standsende og hurtige, gennemkørende tog samt godstog.

Udover København H er Ringsted den absolutte begrænsning for at øge togantallet i Østdanmark. Allerede med Femernforbindelsens åbning er det nødvendigt med en løsning på kapacitetsproblemet omkring Ringsted. Der er i 2020 igangsat analyser i Banedanmark af mulige løsninger omkring Ringsted.

Når tog kører meget tæt efter hinanden på en strækning og med ens hastighed, kan en dobbeltsporet fjernbanestrækning ekspedere i størrelsesordenen 20-25 tog pr. retning pr. time. Begrænsninger i forhold til dette antal ligger på stationer og i forskellen mellem standsende (langsomme) og gennemkørende (hurtige) tog.

På stationer omtrent halveres togantallet pga. bremsning, ophold ved perron og acceleration, så der for hvert strækningsspor er behov for to perronspor, hvis ikke stationen skal være flaskehals (dette er f.eks. tilfældet i Høje Taastrup). Standsningsmønstre kan ensartes, eller der kan etableres overhalingsspor, så hurtige tog kan overhale standsende tog og godstog uden forsinkelser.



Bilag 1. Simulering af punktlighed

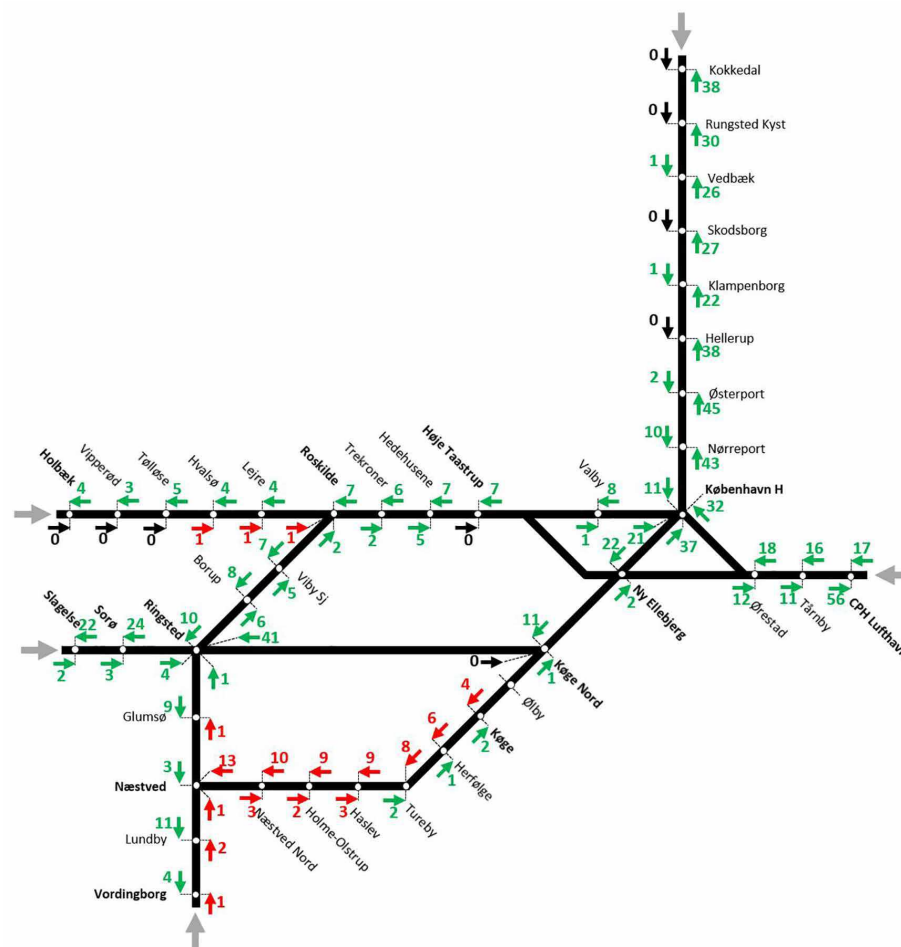
Effekten på punktligheden er analyseret i en simuleringssmodel (kodet i simuleringssværktøjet RailSys). Modellen omfatter fjernbanen på Sjælland afgrænset af stationerne Kokkedal, Peberholm, Holbæk, Slagelse og Vordingborg, dog uden den enkeltsporede strækning mellem Roskilde og Ølby.

I de nævnte grænsestationer påtrykkes togene forsinkelser, så det samlede billede svarer til historisk kendte forsinkelsesniveauer disse steder. Desuden forsinkes en stor del af togene yderligere på hver station, så der i en kendt udgangssituation fås et samlet genkendeligt billede. Disse niveauer fastholdes i de forskellige situationer, man ønsker at sammenligne.

I modellen forsøger togene hele tiden at indhente opståede forsinkelser ved brug af køretidstillægget. Udover de påtrykte forsinkelser opstår der forsinkelser ved, at togene påvirker hinanden. Det er disse påvirkninger, som reduceres ved ombygningen. For at undgå statistiske tilfældigheder er analysens resultat et gennemsnit af 1.000 kørsler på simuleringssmodellen før og efter ombygningen, hvor forudsatte køreplaner simuleres henover dagtimerne på en hverdag klokken 6-19. De anvendte køreplaner i de to situationer ses på side 40-43.

Resultater

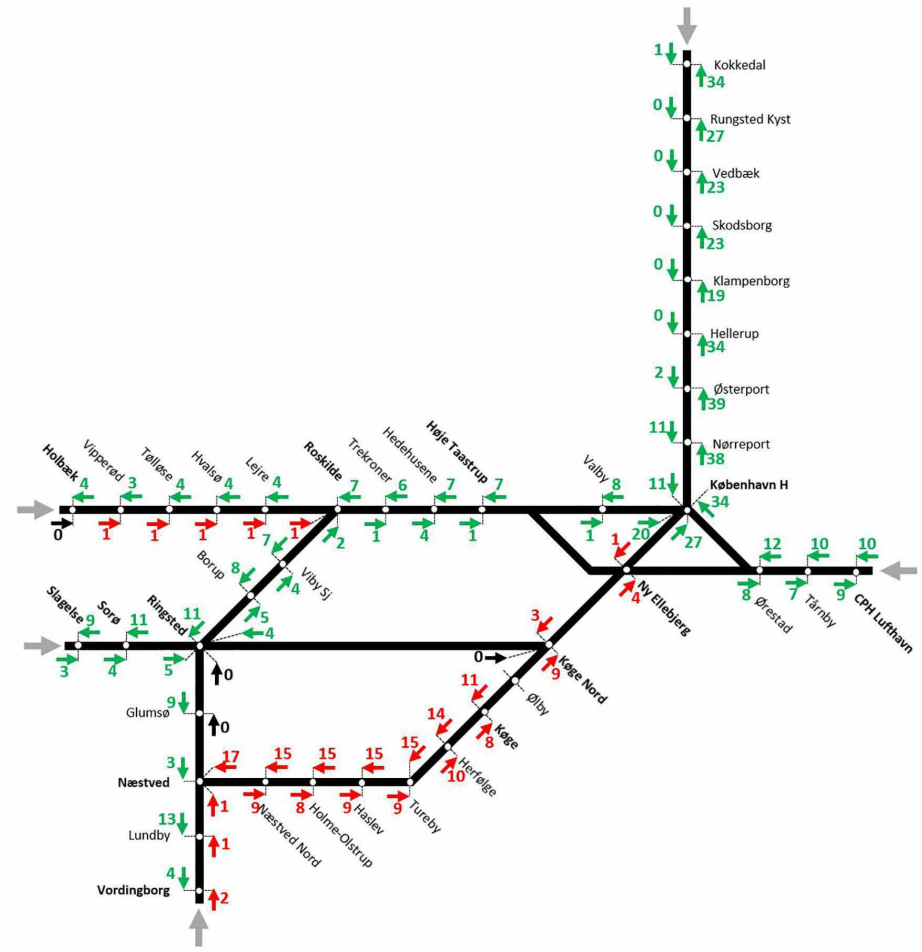
Resultatet fremgår af figur 17. Her kan man se effekten på middelforsinkelsen ved togankomst på alle stationer i hver retning. Ved at multiplicere effekten med antal ankomende passagerer i hver retning for sig, kan man beregne gevinsten i samlede forsinkelsestimer for passagererne. Resultatet for hver station fremgår af tabel 12. Samlet ses, at passagererne sparer ca. 320.000 forsinkelsestimer årligt.



Figur 17: Effekt på middelforsinkelse ved at ombygge til driftsseparation (sekunder pr passagerankomst fordelt på hver station).



Figur 18: Effekt på middelforsinkelse ved at undlade togvendinger mod Københavns Lufthavn (sekunder pr passagerankomst på hver station).



Figur 19: Effekt på middelforsinkelse ved at ombygge til driftsseparation bortset fra effekt ved at undlade togvendinger til Københavns Lufthavn (sekunder pr passagerankomst på hver station). Input til samfundsøkonomi.

Af disse kan ca 80.000 forsinkelsestimer årligt henføres til, at man undlader togvending mod Kastrup, hvilket imidlertid også er muligt uden at separere togdriften. Denne del af gevinsten medregnes derfor ikke i de samfundsøkonomiske beregninger. I figur 18 ses, hvilken effekt det alene giver at undlade togvendinger mod Københavns Lufthavn. Og i figur 19 ses resultatet af ombygningen, hvis man ser bort fra den del, som vedrører togvendinger mod Københavns Lufthavn.

Effekt på København H

På København H ses væsentlige reduktioner i middelforsinkelser på mellem 21-37 sekunder ved indkørsel fra syd og vest, hvor de tre baner fletter sammen før ombygningen og er adskilt efter. Gevinsten er noget mindre fra nord (Kystbanen) med 11 sekunder. Gennemsnitligt gevinst for passagererne er 28 sekunder. Kun indkørsel fra Ringstedbanen påvirkes mærkbart med 10 sekunder af at undlade togvending til Københavns Lufthavn.

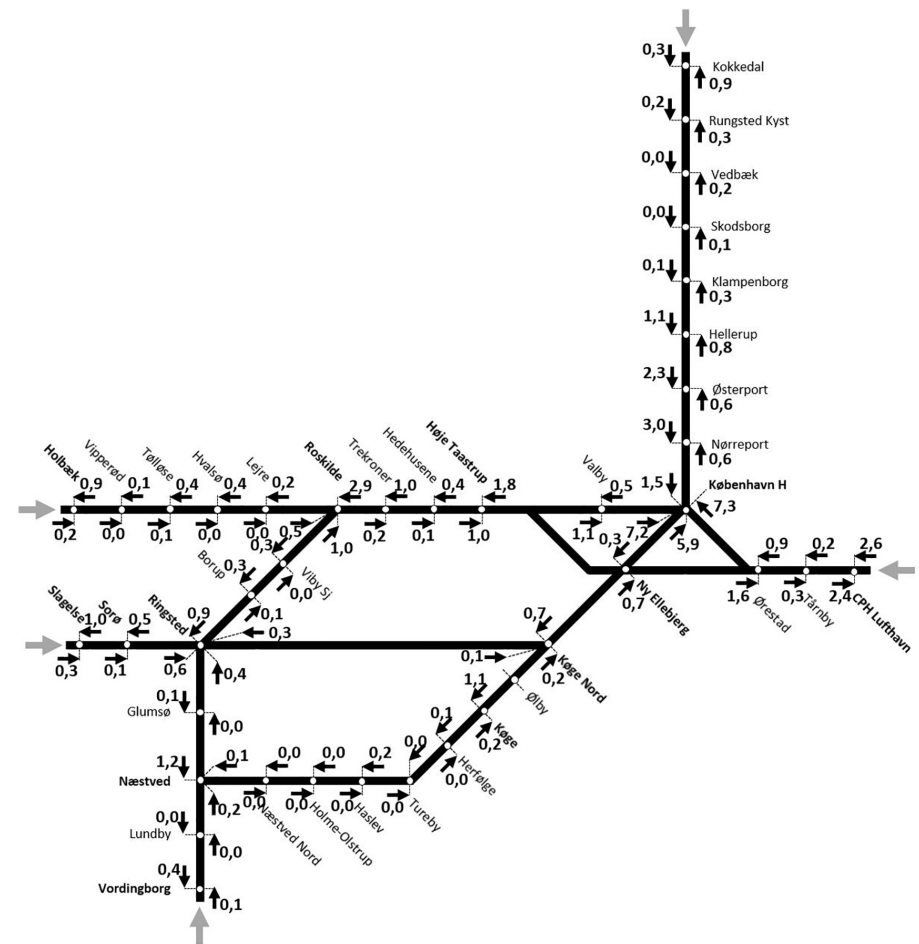
Det har ved ændringen af sporlayoutet været muligt at øge hastighederne gennem flere hovedtogsveje fra syd og vest på København H, hvilket optræder i køreplanen som ekstra køretidstillæg og ikke udnyttes til rejsetidsgevinster. Disse ekstra køretidstillæg er en del af forklaringen på det positive simuleringsresultat på København H. Det er dog muligt, at indarbejdelse af en rejsetidsgevinst ville være samfundsøkonomisk bedre.

Kystbanen

Den positive effekt fra syd og vest på København H forplanter sig videre op ad Kystbanen mod nord med gevinster på 22-45 sekunder. I modsat retning på Kystbanen fås en mindre gevinst på 10-11 sekunder gennem Røret. Gennemsnitligt gevinst for passagererne er 16 sekunder, der ikke påvirkes mærkbart af at undlade togvending til Københavns Lufthavn.

Øresundsbanen

På Øresundsbanen er gennemsnitligt gevinst for passagererne 27 sekunder og især i Københavns Lufthavn ses en markant effekt på 56 sekunder, som mest er en effekt af at undlade togvending. Ses der bort fra denne effekt, fås effekter på 8-12 sekunder, og den gennemsnitlige gevinst for passagererne bliver 9 sekunder.



Figur 20: Passagertal – årligt antal afstigere pr station pr. retning (mio.)

	Afstigere pr år (mio)	Gevinst pr afstiger (sek)			Gevinst pr år (1000 timer)		
		Total	Heraf vending	Uden vending	Total	Heraf vending	Uden vending
Total	65,4	77	24	53	319	76	243
København H	22,0	28	2	26	173	14	158
Fra Øresundsbanen	7,3	32	-2	34	65	-4	69
Fra Ringstedbanen	5,9	37	10	27	61	16	44
Fra Vestbanen	7,2	21	1	20	42	2	40
Fra Kystbanen	1,5	11	-	11	5	-	5
Kystbanen	10,6	16	1	15	48	4	44
Nørreport	3,5	15	-0	15	15	-0	15
Østerport	2,9	11	1	10	9	1	8
Hellerup	1,8	16	2	14	8	1	7
Klampenborg	0,4	19	3	16	2	0	2
Skodsborg	0,2	20	3	17	1	0	1
Vedbæk	0,2	22	3	19	1	0	1
Rungsted Kyst	0,4	18	2	16	2	0	2
Kokkedal	1,2	28	3	26	9	1	8
Øresundsbanen	8,0	27	18	9	61	40	21
Ørestad	2,5	14	5	9	10	3	7
Tårnby	0,5	13	5	8	2	1	1
CPH Lufthavn	4,9	36	26	9	49	36	13
Andre baner	24,8	6	3	3	38	18	20
Valby	1,6	3	-	3	1	-	1
Høje Taastrup	2,8	5	-0	5	4	-0	4
Hedehusene	0,5	7	0	6	1	0	1
Trekroner	1,2	5	0	5	2	0	2
Roskilde	4,7	5	-	5	6	-	6
Viby Sjælland	0,3	7	0	7	1	0	1

	Afstigere pr år (mio)	Gevinst pr afstiger (sek)			Gevinst pr år (1000 timer)		
		Total	Heraf vending	Uden vending	Total	Heraf vending	Uden vending
Borup	0,4	8	0	7	1	0	1
Ringsted	2,2	12	5	7	7	3	4
Sorø	0,6	20	10	10	4	2	2
Slagelse	1,3	17	10	8	6	4	3
Glumsø	0,1	7	-0	7	0	-0	0
Næstved	1,6	1	0	1	0	0	0
Lundby	0,1	7	-2	9	0	-0	0
Vordingborg	0,5	3	0	3	0	0	0
Ny Ellebjerg	1,1	8	11	-3	2	3	-1
KøgeNord	1,0	8	12	-4	2	3	-1
Køge	1,2	-3	7	-11	-1	2	-4
Herfølge	0,1	-5	9	-13	-0	0	-0
Tureby	0,0	-8	7	-15	-0	0	-0
Haslev	0,3	-8	6	-14	-1	0	-1
Holme-Olstrup	0,0	-7	6	-13	-0	0	-0
NæstvedNord	0,1	-9	5	-14	-0	0	-0
Lejre	0,2	4	-	4	0	-	0
Hvalsø	0,5	4	-	4	0	-	0
Tølløse	0,4	4	1	3	0	0	0
Vipperød	0,1	2	0	1	0	0	0
Holbæk	1,0	3	-	3	1	-	1

Tabel 12: Reducerede forsinkelser på stationer.

Øvrige baner

Effekten spredte sig udover øvrige baner med en gennemsnitlig gevinst for passagererne på 6 sekunder, hvoraf 3 sekunder skyldes, at man undlader vending af tog til Københavns Lufthavn.

Der er kun beskedne effekter på Vestbanen indtil Ringsted på 6-8 sekunder i udadgående retning og 0-6 sekunder i indadgående retning, og her er situationen upåvirket af at undlade vending af tog til Kastrup.

På Ringstedbanen er der betydeligere effekter, især ankomst i Ringsted (et IC-tog), men her er det fuldstændigt sammenfaldende med effekten af at undlade vending af tog til Københavns Lufthavn.

For togene på enkelsporstrækningen mellem Næstved og Køge ses forringelser i middelforsinkelser på 4-13 sekunder i sydlig retning, og ses der bort fra den positive effekt af undlade vending af tog til Københavns Lufthavn bliver den negative effekt 11-17 sekunder. Årsagen er, at før ombygningen har disse tog, som starter i Nivå, 5 minutters stationsophold på København H, hvilket giver mulighed for at indhente forsinkelser op til 3 minutter. Efter ombygningen vendes på en minimal vendetid på 7 minutter, som ikke giver mulighed for at indhente forsinkelser fra den ene retning til den anden.

Små effekter

Små effekter på 1-2 sekunder kan skyldes tilfældige variationer i modelkørsler. Dette kan ses ved indgange, hvor der ikke burde være forskel på middelforsinkelsen. Resultaterne er således behæftet med en vis usikkerhed.

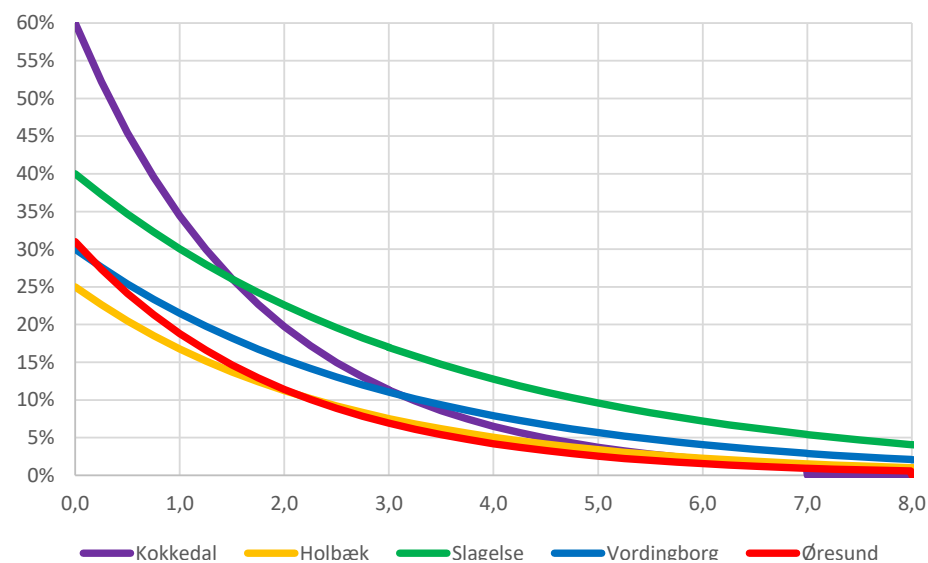
Anvendte forsinkelsesfordelinger

Anvendte forsinkelsesfordelinger fremgår af figur 21. Der påtrykkes indgangsforsinkelser på modellens forskellige grænsestationer. Disse er valgt, fordi der her er registreringsstationer og derfor bedst mulighed for at indhente forsinkelsesdata. To-

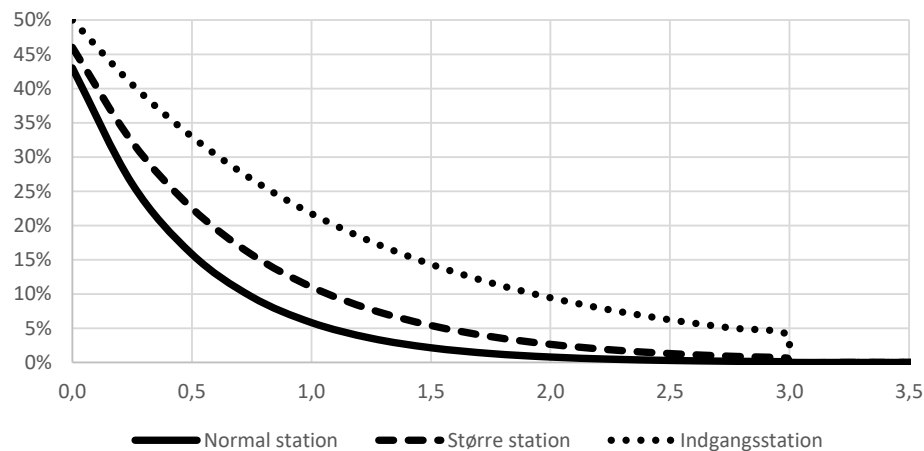
gene kører ind i simuleringsmodellen med indgangsforsinkelser svarende til historisk kendte forsinkelser.

Afhængig af grænsestation kører mellem 40% og 75% af togene ind i modellen nøjagtigt efter køreplanen, mens resten får en tilfældig forsinkelse på mellem 1,2 og 3,5 minutter i gennemsnit. Forsinkelsesfordelingerne er eksponentialfordelinger med en øvre afgrænsning på mellem 3 og 18 minutter.

På hver station, hvor togene holder, forsinkes 43 % af togene desuden yderligere 0,5 minutter i gennemsnitlig og maksimalt 3 minutter (jf. figur 22). På større stationer forsinkes togene lidt mere. Og på indgangsstationerne yderligere lidt mere. Der påtrykkes dog ikke med forsinkelser på den enkeltsporede Lille Syd mellem Herfølge og Næstved Nord og på Kystbanen mellem Hellerup og Kokkedal samt på Nørreport.



Figur 21: Anvendte indgangsforsinkelser (minutter og %-andel forsinkede tog)



Figur 22: Anvendte forsinkelser på stationer (minutter og %-andel forsinkede tog)

Prioriteringer

Simuleringsmodellen kan ændre sporbenyttelse og togrækkefølge ud fra de regler, der er kodet i den aktuelle model. Den er dog ikke i stand til at se mange træk frem og kan ikke foretage en afløsning eller delaflysning af tog, hvilket kunne være sket i en reel driftssituation. Da simuleringsmodellen agerer ens i alle situationer, har dette kun lille betydning for den relative sammenligning. Ved forsinkelser prioriteres som udgangspunkt i rækkefølgen: lyntog, IC-tog, regionaltog, godstog.

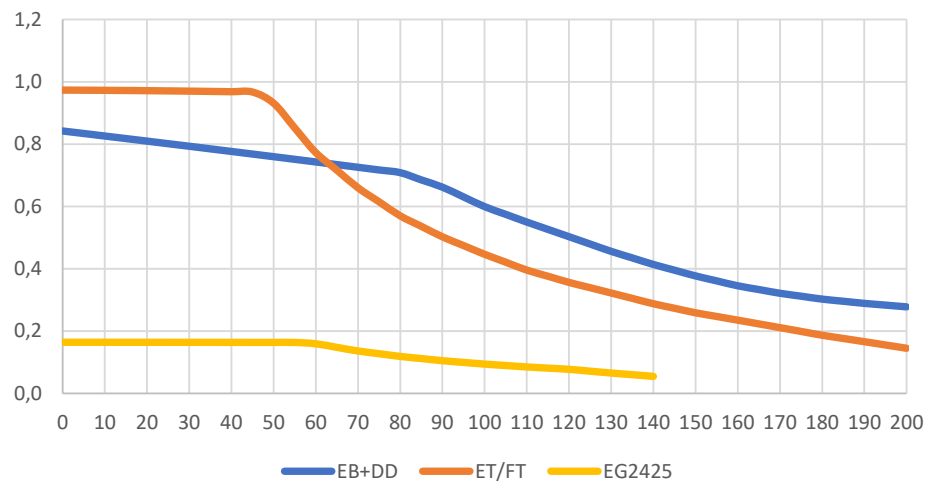
Infrastruktur og togmateriel

Planlagte hastighedsopgraderinger på strækningerne Ringsted-Slagelse og Ringsted-Vordingborg er indarbejdet i modellen. I Ringsted er desuden indarbejdet den såkaldte o+ løsning. Øvrige strækninger har hastigheder svarende til situationen i K27, dog bortset fra lokale midlertidige hastighedsbegrænsninger (LA-forhold).

Der har ved ændringen af sporlayoutet været muligt at øge hastighederne gennem flere hovedtogveje på København H. Dette optræder som ekstra køretidstillæg i køreplanen og udnyttes ikke som rejsetidsgevinster.

Overalt anvender modellen eksisterende signalsystemer pga. usikkerhed om ETCS med hensyn til køretider, bremseafstande og trafikdisponering. Med ETCS forventes en tættere togfølge mod bl.a. Valby og Nørreport og en gevinst ved at blive kontinuert opdateret. Det har dog mindre betydning i sammenligning mellem løsninger, hvor formålet er at belyse de forskellige løsnings strukturelle forskelle.

Der forudsættes fremtidens togmateriel, kommende elektriske EB-lokomotiver til dobbeltdækkere og kommende elektriske FT-togsæt foruden Øresundstog (ET) og godstog. De forventede køreegenskaber mht. acceleration og bremsning fremgår af figur 23.



Figur 23: Forventede køreegenskaber for anvendt togmateriel (acceleration m/s² ved hastighed km/t).

Tillæg og afrunding

Køreplanerne er indlagt med afgang og ankomst på sekunder uden afrunding til hele eller halve minuttal på stationer. Dermed undgås tilfældigheder ved sammenligning af køreplaner, som ville udviskes de reelle effekter i simuleringerne.

Der anvendes det nuværende aftalte TPS-køretidstillæg, som er et hastighedsafhængigt procenttillæg stigende fra 3 % ved under 75 km/t til 13 % ved mere end 180 km/t. Visse ekstra tillæg kan forekomme som følge af køreplantilpasninger. Dette er mindre end det reelle tillæg mange steder i dag, hvor der findes ekstra tillæg ved op-rundinger mv. Der anvendes ikke de tidligere aftalte strategiske tillæg, der er som udgangspunkt er mindre end de aftalte TPS-køretidstillæg, men rummer mulighed for ekstra kapacitetstillæg visse steder.

Godstog og materielto

Udover passagertog er der indlagt godstog og materielto i simuleringerne. Alle køreplaner indeholder to godskanaler pr. time i hver retning mellem Øresund og Storebælt, dvs. henover simuleringsperioden klokken 6-19 er der 26 kanaler i hver retning. Disse forudsættes udnyttet af 20 godstog mellem Øresund og Storebælt (11 via Roskilde og 9 via Køge Nord) og 17 godstog i modsat retning (8 via Roskilde og 9 via Køge Nord).

Der er taget udgangspunkt i en hverdag i 2027 på baggrund af Trafikplan for den statslige jernbane 2017-2032, som fremskriver med 3 pct. pr. år fra 2016 til 2027. Fordi godstogene benytter forskellige strækninger på tværs af de ellers separerede trafikstrømme, kan de medvirke til at sprede forsinkelser.

I situationen før ombygningen er indlagt 12 daglige materielto i hver retning mellem Helgoland og København H (halvdelen til KT og halvdelen til Belvedere). I dagens køreplan køres betydelig flere materielto mellem Østerport og København H. Nogle placeringskørsler skyldes, at diesellokomotiver ikke må opstilles i længere tid på Østerport af miljøhensyn. Disse bortfalder med udskiftning til ellokomotiver. Andre placeringskørsler skyldes ønsker om at anvende mere driftsøkonomisk materiel midt på dagen, hvor efterspørgslen på siddepladser er mindre. Det medfører udveksling af materiel mellem Østerport og Belvedere om formiddagen og igen om eftermiddagen, hvilket forventes reduceret, men ikke forudsættes ophørt. Efter ombygningen forventes mere målrettet materielbenyttelse, hvorfor der kun er indlagt 6 daglige materielto i hver retning mellem Helgoland og Belvedere.

Opholdstid og vendetid

Opholdstid på stationer omfatter tid til passagerudveksling og teknisk reaktionstid til personalets afgangsprocedure samt dørlukningstid. Der skelnes mellem planlagt opholdstid og minimal opholdstid, hvor forskellen kan anvendes til at indhente forsinkelser, mens minimal opholdstid altid overholdes i modellen.

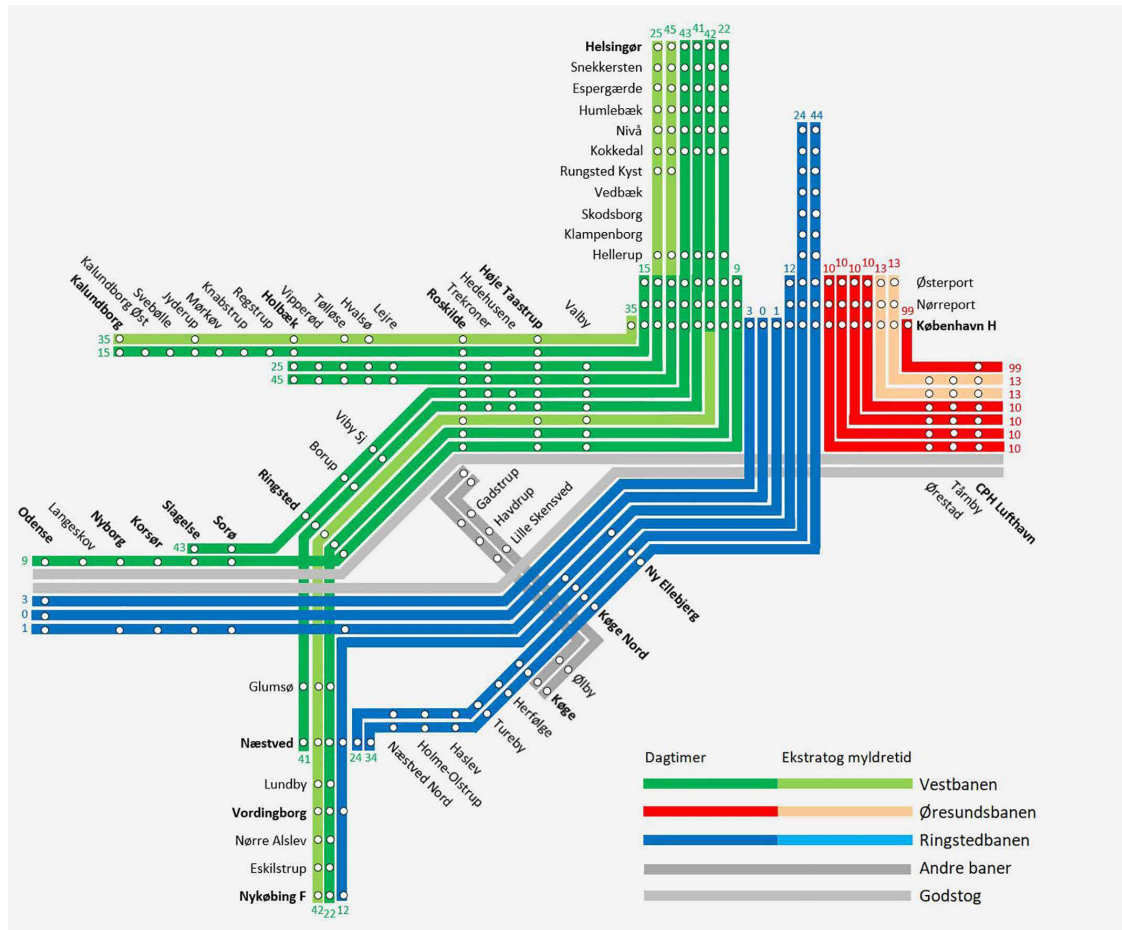
Der planlægges med 30 sekunders opholdstid på alle stationer med undtagelse af en række stationer, som fremgår af tabel 13. Hertil kommer teknisk reaktionstid for den pågældende togmaterieltype. Den tekniske reaktionstid dækker over afgangsprocedure og dørlukningstid. For litra FT og ET er denne tid 25 sekunder, mens den for ellokomotiv og DD-vogne er 20 sekunder.

Der anvendes en minimumsvendetid på 7 minutter både på endestationer og på København H uanset materieltype.

Station	Planlagt holdetid (sek.)	Minimumsholdetid (sek.)
Østerport	120 for afsluttende og startende tog ellers 50	50
Nørreport	60	45
København H	Afhængig af tilpasning	150
Valby	60 for IC	30
Høje Taastrup	60	Som planlagt
Ny Ellebjerg	60 for IC	Som planlagt
Køge Nord	60	Som planlagt
Køge	60	Som planlagt
Roskilde	90 for IC, 60 for RE	Som planlagt
Ringsted	60 for IC	Som planlagt
Sorø	60 for IC	45
Slagelse	90	Som planlagt
Korsør	60	45
Nyborg	60	Som planlagt
Odense	150	120
Holbæk	90	90
Næstved	90	Som planlagt
Vordingborg	60	30
Nykøbing F	60	Som planlagt

Tabel 13: Holdetider til passagerudveksling (sek.)





Figur 24: Linjediagram for situationen før ombygning (Basis K24)

	G1	G2	G2
Peberholm	05	23	50
CPH Lufthavn			56
CPH Lufthavn	11	28	03
Ørestad	16	31	08
Kalvebod	18	33	11
Ny Ellebjerg	o	20	
Ny Ellebjerg	31	35	13
Køge Nord (Lellinge)	o	55	:
Køge Nord (Lellinge)	18	:	:
Høje Taastrup	o	:	47
Høje Taastrup	:	:	53
Roskilde	o	:	45
Roskilde	:	:	03
Ringsted	o	35	
Ringsted	53	23	09
Sorø	05	32	18
Slagelse	o	15	
Slagelse	19	41	27
Grå: afvigelse i efterm.myldretid			
	G2	G1	
Slagelse	20	50	
Sorø	o	31	00
Sorø	49	19	
Ringsted	02	29	
Roskilde	:	50	
Høje Taastrup	o	:	58
Høje Taastrup	:	:	01
Køge Nord	o	21	:
Køge Nord	37	:	:
Ny Ellebjerg	57	13	
Kalvebod	o	00	16
Kalvebod	12	20	
Ørestad	15	23	
CPH Lufthavn	o	19	27
CPH Lufthavn	21	34	
Peberholm	27	41	

Figur 25: Køreplan for godstog (Basis K24)

	45	22	35	41	25	09	42	43	15	00	01	24	03	12	34			
Kokkedal	29	36		51	59	06	21					40		10				
Rungsted Kyst	32				02							44		14				
Vedbæk												48		18				
Skodsborg												52		22				
Klampenborg												56		26				
Hellerup	44	50		05	14		20	35				01		31				
Østerport	49	55		10	19	28	25	40	43			07	34	37				
Nørreport	53	59		14	23	32	29	44	47			10	38	40				
København H	o	56	02	07	17	26	35	32	47	50		056	03	14	30	41	44	
spor	8	7	8	8/5	8	8	6/7	8	6			5	6	7	5/4	6	7/5	
København H	00	04	17	20	30	38	46	50	55			12	15	19	42	45	49	
Valby	05	09		24	35	43	51	55					21	24			54	
Høje Taastrup	14	18	29	34	44	52	01	05	07									
Hedehusene				38				09				28	36	40	57	04	10	
Trekroner	20			42	50			13				:	:		:	:		
Roskilde	24	26	37	46	54	00	09	17	15			o	:	:	44	:	:	14
Lejre	32	:		:	02	:	:	:				:	:	46	:	:	16	
Hvalsø	37	:	47	:	07	:	:	:				:	:	51	:	:	21	
Tølløse	42	:	52	:	12	:	:	:				:	:	55	:	:	25	
Vipperød	47	:		:	17	:	:	:				:	:	01	:	:	31	
Holbæk	o	51	:	59	:	21	:	:	:	32		:	:	08	:	:	38	
Viby Sj				53				24				:	:	12	:	:	42	
Borup				58				30				o	:	:	15	:	:	45
Ringsted	42			06		16	26	38				37	48		07	16		
Sorø	:	:	:	:	24	:	47						57		:			
Slagelse	o	:	:	:	:	34	:	54				o	47	07	17	:		
Glumsø				50	14			33										
Næstved	o			57	22			40				o					28	
Næstved				59				42									30	
Lundby				08				51										
Vordingborg	o			16				59				o					44	

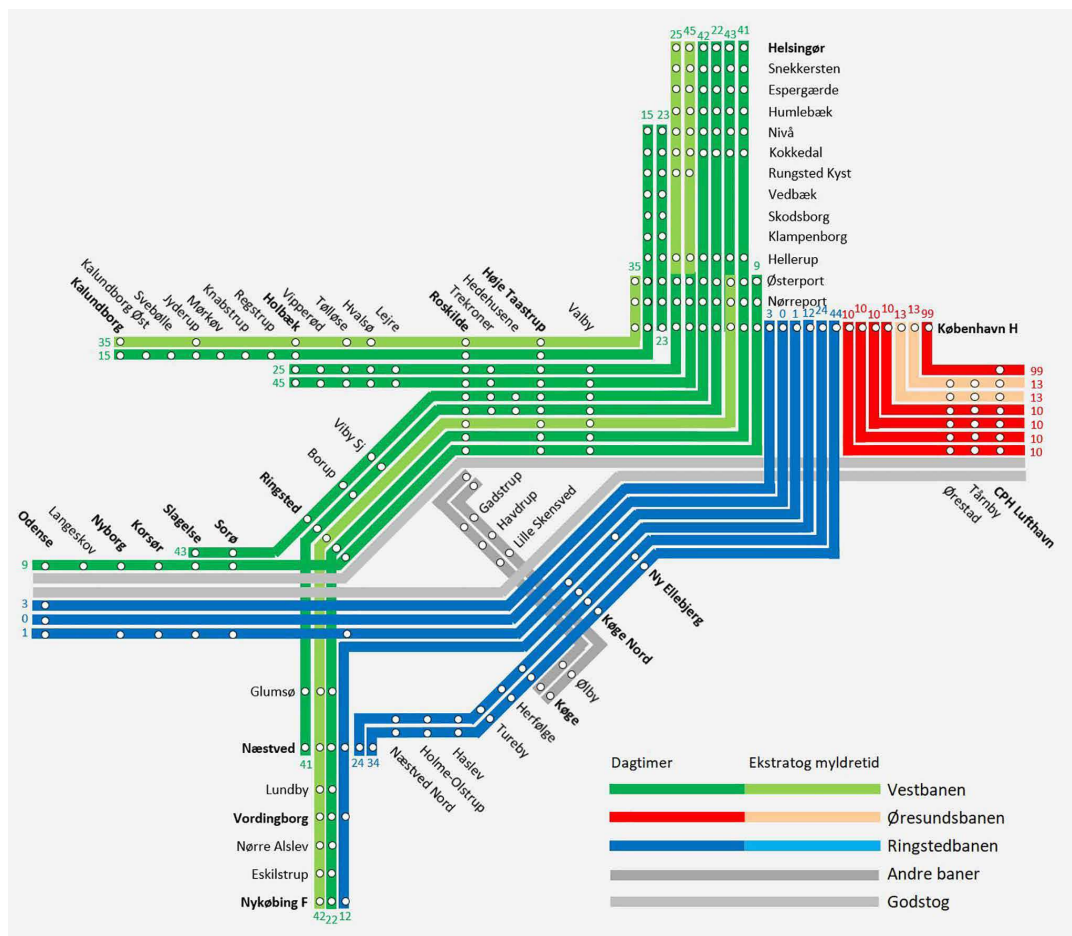
	00	13	10	99	10	13	10	01	10	45	15	43	09	42	25	41	35	22	34	12	03	24	01	00
Kokkedal																								
Rungsted Kyst																								
Vedbæk																								
Skodsborg																								
Klampenborg																								
Hellerup																								
Østerport																								
Nørreport																								
København H	o	56	03	14	30	41	44					00	52	02	17	22	32	47						
spor	5	6	7	5/4	6	7/5						spor	2	6	7	26	5	6/7	7/5	4	7			
København H	12	15	19	42	45	49						00	03	11	21	26	33	41	53	56				
Ny Ellebjerg		21	24			54							10	18		33	40	48		03				
Køge Nord	28	36	40	57	04	10							14	21		36	44	51		06				
Ølby	:	:		:	:							o	13	16	24	29	39	46	54	02	09			
Køge	o	:	:	44	:	:	14					o	18	26	31	41	48	56	11					
Køge	:	:	46	:	:							o	22	30	35	45	52	00	15					
Herfølge	:	:	51	:	:																			
Tureby	:	:	55	:	:																			
Haslev	:	:	01	:	:																			
Holme-Olstrup	:	:	08	:	:																			
Næstved Nord	:	:	12	:	:																			
Næstved	o	:	:	15	:	:	45																	
Ringsted	37	48		07	16																			
Sorø		57		:																				
Slagelse	o	47	07	17	:																			
Glumsø																								
Næstved	o																							
Næstved																								
Lundby																								
Vordingborg	o																							

	45	15	43	09	42	25	41	35	22	34	12	03	24	01	00
Vordingborg									11						
Lundby									18						
Næstved	o								26						
Næstved									32	37	02				
Glumsø									41	46	11				
Slagelse	05	26	:	:	:	:	:	:							
Sorø	14	34	:	:	:	:	:	:							
Ringsted	24	43	49	54	19										
Borup	33			03											
Viby Sj	38			08											
Holbæk	10	28	:	:	:	40	:	01	:						
Vipperød	15		:	:	:	45	:		:						
Tølløse	20		:	:	:	50	:	08	:						
Hvalsø	25		:	:	:	55	:	13	:						
Lejre	30		:	:	:	00	:		:						
Roskilde	36	45	44	58	04	06	14	22	34						
Trekroner	41		49			11	18								
Hedehusene			53			22									
Høje Taastrup	47	54	57	08	13	17	27	31	43						
Valby	56		06	17	21	26	36		52						
København H	o	00	05	10	21	26	30	40	42	56					
spor	4	3	4	2	4	2	2	26	3						
København H	04	10	13	25	28	34	43	51	58						
Nørreport	09	15	18	30	32	39	47	02							
Østerport	12	17	21	32	36	42	51	06							
Hellerup	17		26	41	47	56	11								
Klampenborg															
Skodsborg															
Vedbæk															
Rungsted Kyst	29			59											
Kokkedal	o	33	40	54	03	09	24								

Grå felter markerer ekstratog i myldretider

Rød skrift markerer vendende tog mod Kastrup

Figur 26: Køreplan for passagetog i situationen for ombygning (Basis K24)



Figur 27: Linjediagram for situationen efter ombygning til driftsseparation

		G1	G2
Peberholm		05	23
CPH Lufthavn		11	29
Ørestad		16	31
Kalvebod		18	33
Ny Ellebjerg	o	20	
Ny Ellebjerg		27	35
Køge Nord (Lellinge)	o	52	:
Køge Nord (Lellinge)		18	:
Høje Taastrup	o	:	47
Høje Taastrup		53	:
Roskilde	:	03	:
Borup	:	14	:
Ringsted	o	35	
Ringsted		53	23
Sorø		05	32
Slagelse	o	15	
Slagelse		18	41
<hr/>			
		G1	G2
Slagelse		20	50
Sorø	o	31	00
Sorø		49	19
Ringsted		02	29
Borup	:	38	:
Roskilde	:	50	:
Høje Taastrup	o	:	58
Høje Taastrup		:	01
Køge Nord	o	21	:
Køge Nord		36	:
Ny Ellebjerg		57	13
Kalvebod	o	00	16
Kalvebod		04	20
Ørestad		07	23
CPH Lufthavn	o	11	27
CPH Lufthavn		14	34
Peberholm		20	41

Figur 28: Køreplan for godstog ved driftsseparation

	45	22	35	23	41	25	09	42	43	15	
Kokkedal	29	36		40	51	59		06	21	10	
Rungsted Kyst	32			44		02				14	
Vedbæk				48						18	
Skodsborg				52						22	
Klampenborg				56						26	
Hellerup	44	50		01	05	14		20	35	31	
Østerport	49	55	04	07	10	19	28	25	40	37	
Nørreport	53	59	08	10	14	23	32	29	44	40	
København H	o	56	02	11	14	17	26	35	32	47	44
spor	7	8	8	7	8	8	8	7	7	8	
København H	00	04	14	18	20	30	38	42	50	55	
Valby	05	09			24	35	43	47	55		
Høje Taastrup	14	18	26		34	44	52	57	05	07	
Hedehusene					38				09		
Trekroner	20				42	50			13		
Roskilde	24	26	34		46	54	00	04	17	15	
Lejre	32	:			02	:	:	:	:		
Hvalsø	37	:	44		07	:	:	:	:		
Tølløse	42	:	49		12	:	:	:	:		
Vipperød	47	:			17	:	:	:	:		
Holbæk	o	51	:	56		21	:	:	:	32	
Viby Sj				53				24			
Borup				58				30			
Ringsted	42			06	16	23	38				
Sorø	:			24	:	47					
Slagelse	o	:		34	:	54					
Glumsø	50			14		30					
Næstved	o	57		22		38					
Næstved	59					40					
Lundby	08					48					
Vordingborg	o	16				56					

	34	00	01	24	03	12
KH Depot	02	05		31	35	
spor	3	2	3	3	2	3
København H	02	12	15	32	42	45
Ny Ellebjerg	07		21	37		
Køge Nord	23	28	36	53	58	04
Ølby		:	:	:	:	:
Køge	o	27	:	:	57	:
Køge	29	:	:	59	:	:
Herfølge	34	:	:	04	:	:
Tureby	38	:	:	08	:	:
Haslev	44	:	:	14	:	:
Holme-Olstrup	51	:	:	21	:	:
Næstved Nord	55	:	:	25	:	:
Næstved	o	58	:	:	28	:
Ringsted	37	48		07	16	
Sorø		57		:		
Slagelse	o	47	07	17	:	
Glumsø						
Næstved	o					28
Næstved						30
Lundby						
Vordingborg	o					44

	10	13	10	99	10	13	10	
KH Depot	11		27		41			
spor	27	4	26	4	27	4	26	
København H	10	21	25	36	40	51	55	
Ørestad	17	28	32		47	58	02	
Tårnby	20	31	35		50	01	05	
CPH Lufthavn	o	23	34	38	46	53	04	08
CPH Lufthavn	25	36	40	48	55	06	10	
Peberholm	28	40	43	52	58	10	13	

	45	15	43	09	42	25	41	23	35	22	
Vordingborg					11					45	
Lundby					18					53	
Næstved	o				26					01	
Næstved					32		37			02	
Glumsø					41		46			11	
Slagelse		05	26	:	:	:	:	:	:	:	
Sorø		14	34	:	:	:	:	:	:	:	
Ringsted		24	43	49		54				19	
Borup		33			03						
Viby Sj		38			08						
Holbæk	10	28	:	:	:	40	:		06	:	
Vipperød	15		:	:	:	45	:			:	
Tølløse	20		:	:	:	50	:		13	:	
Hvalsø	25		:	:	:	55	:		18	:	
Lejre	30		:	:	:	00	:			:	
Roskilde	37	46	45	00	05	07	15		28	36	
Trekroner	41		49			11	18				
Hedehusene			53			22					
Høje Taastrup	47	54	57	08	13	17	27		36	43	
Valby	56		06	17	21	26	36			52	
København H	o	00	05	10	21	26	30	40	40	47	56
spor	6	5	6	5	6	5	5	6	5	5	
København H	04	16	13	25	28	34	43	46	50	58	
Nørreport	09	21	18	30	32	39	47	51	54	02	
Østerport	12	24	21	32	36	42	51	54	57	06	
Hellerup	17	30	26		41	47	56	00		11	
Klampenborg		34						04			
Skodsborg		39					09				
Vedbæk		43					13				
Rungsted Kyst	29	47			00		17				
Kokkedal	o	33	50	40	54	03	09	20		24	

	12	03	34	01	00	24	
Vordingborg	15						
Lundby							
Næstved	o	28					
Næstved		30					
Glumsø							
Slagelse	:	42		56	11		
Sorø	:		04				
Ringsted	43	52		13	23		
Næstved	:	:	28	:	:	58	
Næstved Nord	:	:	32	:	:	02	
Holme-Olstrup	:	:	36	:	:	06	
Haslev	:	:	43	:	:	13	
Tureby	:	:	49	:	:	19	
Herfølge	:	:	53	:	:	23	
Køge	o	:	57	:	:	27	
Køge	:	:	59	:	:	29	
Ølby	:	:		:	:		
Køge Nord	57	01	05	26	32	35	
Ny Ellebjerg							
København H	o	14	17	24	45	48	54
spor	1	2	3	1	2	3	
KH Depot	o	30	27		56	59	

Grå felter markerer ekstratog i myldretider

Figur 29: Køreplan for passagertog i situationen efter ombygning til driftsseparation

Bilag 2. Uregelmæssige situationer

Der findes særlige sporforbindelser til situationer, hvor perronspor eller strækningsspor er spærret, så en udtyndet trafik kan afvikles med høj punktlighed efter forud planlagte nødkøreplaner.

Sporplanen indeholder sporforbindelser til brug for situationer, hvor et perronspor er utilgængeligt eller en strækning er helt eller delvist spærret. I sådanne uregelmæssige situationer reduceres kapaciteten, så trafikken må ændres. Dette skal planlægges på forhånd i en konkret køreplan, så den ændrede trafikdisponering hurtigt kan træde i kraft og trafikinformationen kan gives hurtigt og præcist.

Hvis perronspor spærres

Sporplanen er udformet, så der altid er mindst et alternativt perronspor til betjening af tog i tilfælde af, at et perronspor bliver utilgængeligt på grund af en hændelse.

Trafikken må afvikles på de tilbageblivende perronspor i det omfang kapaciteten tillader. På Ringstedbanen og Øresundsbanen (blå og røde spor) betyder det, at vendekapaciteten reduceres og trafikken må udtyndes. På Kystbanen og Vestbanen (grønne spor) må tog bindes sammen eller trafikken udtyndes. Men der "lånes" ikke perronspor af nabobanen af hensyn til den samlede punktlighed. Sammenlignet med i dag vil tab af et sporskifte derfor have større konsekvens.

Hvis strækninger spærres delvist eller totalt

Spærres det ene af to strækningsspor og man derfor overgår til enkeltsporskørsel, reduceres kapaciteten på den ramte strækning, hvilket betyder, at trafikken må udtyndes. På Øresundsbanen og Ringstedbanen, hvor tog vender (blå linjer i spor 1-3 og røde i spor 4, 26 og 27), er der adgang til såvel højre som venstre strækningsspor. Det samme gælder på Vestbanen (grønne tog i spor 5-8), hvor det i tilstrækkeligt omfang

vil være muligt at vende tog, hvis Røret eller Vestbanen indskrænkes til enkeltsporskørsel.

Hvis en strækning er totalt spærret, kører der ingen tog på denne strækning. Spærres Øresundsbanen (Kalvebod), bortfalder de røde linjer på sporplanen, mens de øvrige bevares uændret.

Spærres trafikken i Røret, vendes de grønne linjer fra Vestbanen (Valby) i spor 5-8.

Spærres Ringstedbanen (Vigerslev), vil en del af trafikken kunne flyttes til Vestbanen. Spærres Vestbanen, vil en del af trafikken omvendt kunne flyttes til Ringstedbanen. Det giver en væsentligt ændret trafikafvikling.

Ringstedbanen totalspærret

Hvis den ny Ringstedbane spærres, flyttes så mange tog som muligt til Vestbanen. Øresundsbanen vender som sædvanlig i spor 4, 26 og 27, og tog fra Helsingør kan vende som sædvanlig bag København H og afgå fra spor 6. Tog fra Vestbanen (Valby) kan i princippet ledes til spor 5 og vendes eller føres videre mod Røret, men der vil ikke være kapacitet til den fulde trafik. Derfor må spor 1-3 tages i anvendelse, eventuelt ved at benytte spor 1 til tog, som ender på København H og skal til værkstedet efterfølgende. Tog fra værkstedet må f.eks. en gang i timen føres til Østerport og vende her for at komme til afgang mod Vestbanen fra spor 7-8.

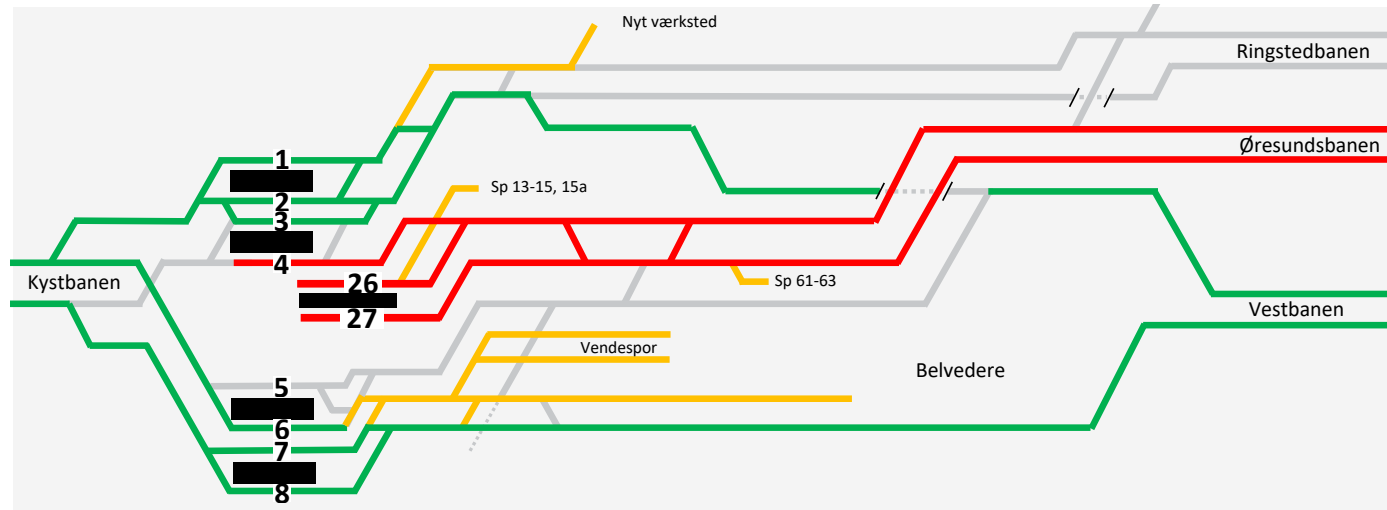
Vestbanen totalspærret

Hvis Vestbanen er spærret, kan nogle af togene via Roskilde flyttes til Ringstedbanen. Det kræver en noget anden anvendelse af København H, fordi trafikken ad ny bane da vil have behov for i alt 4 perronspor. Øresundsbanen forbliver isoleret fra øvrige

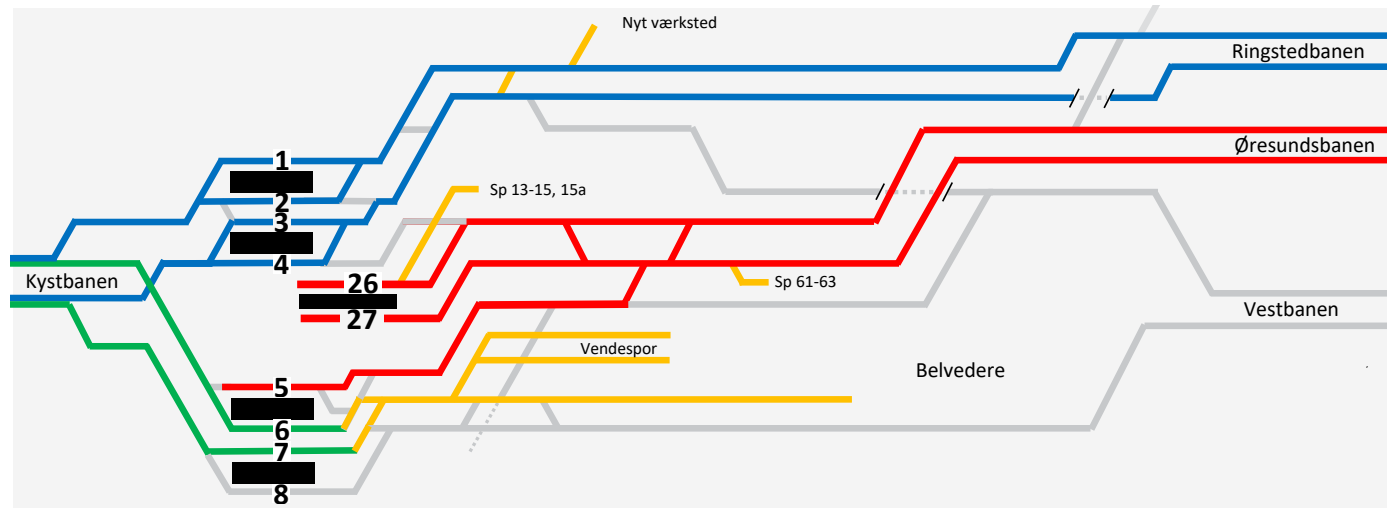
togdrift men flyttes fra spor 4 til spor 5. Kystbanetog benytter som sædvanlig spor 6-7 og vender på vendesporsarealet.

Der vil i nordenden opstå en skæring mellem tog mod Ringstedbanen (blå) og tog mod Kystbanen (grønne). Trafikeringen understøttes bedst, hvis de grønne tog kører

ind og ud samtidig og tilsvarende med de blå. Er dette ikke køreplansmæssigt muligt, må trafikken reduceres til forholdene og Kystbanetogene bindes sammen med de blå linjer i nødvendigt omfang.



Figur 30: Sporbenyttelsen, hvis den ny Ringstedbane spærres.



Figur 31: Sporbenyttelsen, hvis Vestbanen spærres.

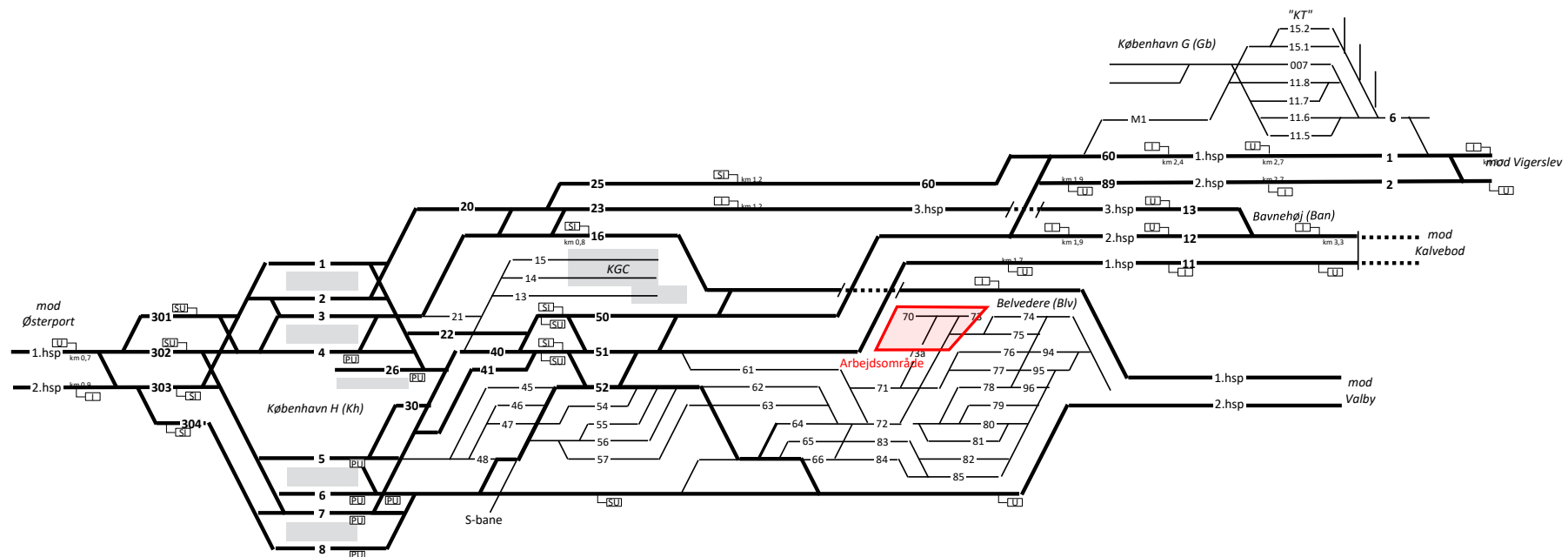
Bilag 3. Byggeproces

Udførelsesplanen forudsætter en ombygning i det nuværende signalsystem, hvor ombygningen kunne udføres over 2,5 år og gennemføres i syv byggestadier. Efterfølgende undersøgelser vil vurdere udførelsesmuligheder i det nye signalsystem.

Bortset fra i kortere perioder vil det være muligt at afvikle størstedelen af den nuværende togtrafik i hele ombygningsperioden med en interimskøreplan, hvor ekstratog i myldretider må omlægges til at køre udenom København H. Alle andre tog kan køre i uændret omfang dog evt. med forlænget køretid og reduceret punktlighed.

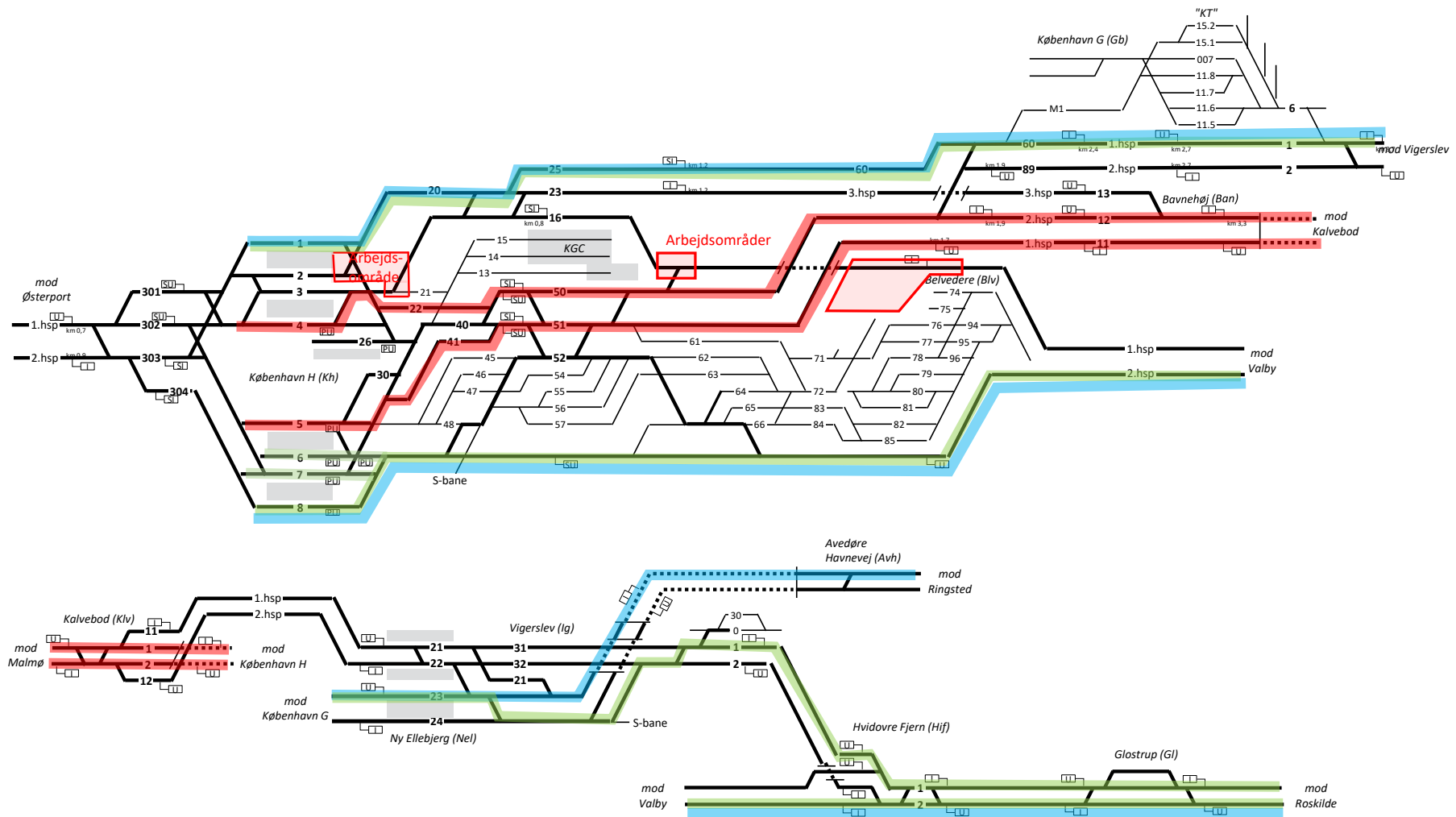
Stadie 1

Omfatter visse forberedende arbejder, bl.a. fjernelse af spor 73 og 74, hvilket kun kræver en spærring i Belvedere, men ikke påvirker trafikken i øvrigt. Stadiet vurderes at vare cirka 2 uger.



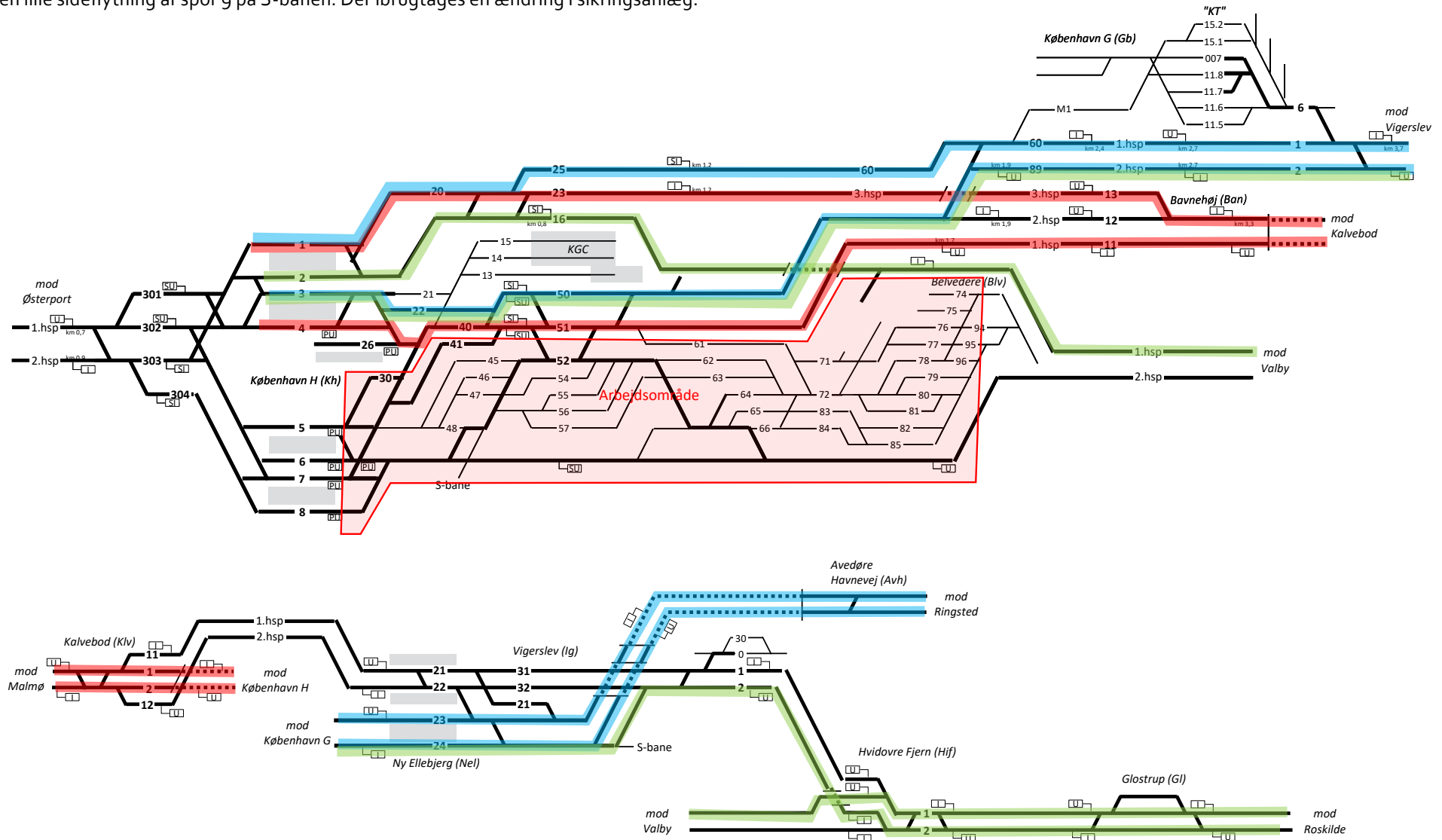
Stadie 2

I stadie 2 spærres spor 2 og spor 16. Der etableres midlertidige sporforbindelser til spor 1 og 2, som er afgørende for afvikling af interimskøreplaner i efterfølgende faser. Desuden ilægges et nyt sporskifte efter I-signal fra Valby til transversalen gennem Belvedere og sporskifte 139b i spor 16 fjernes. Stadiet vurderes at vare 3 uger.



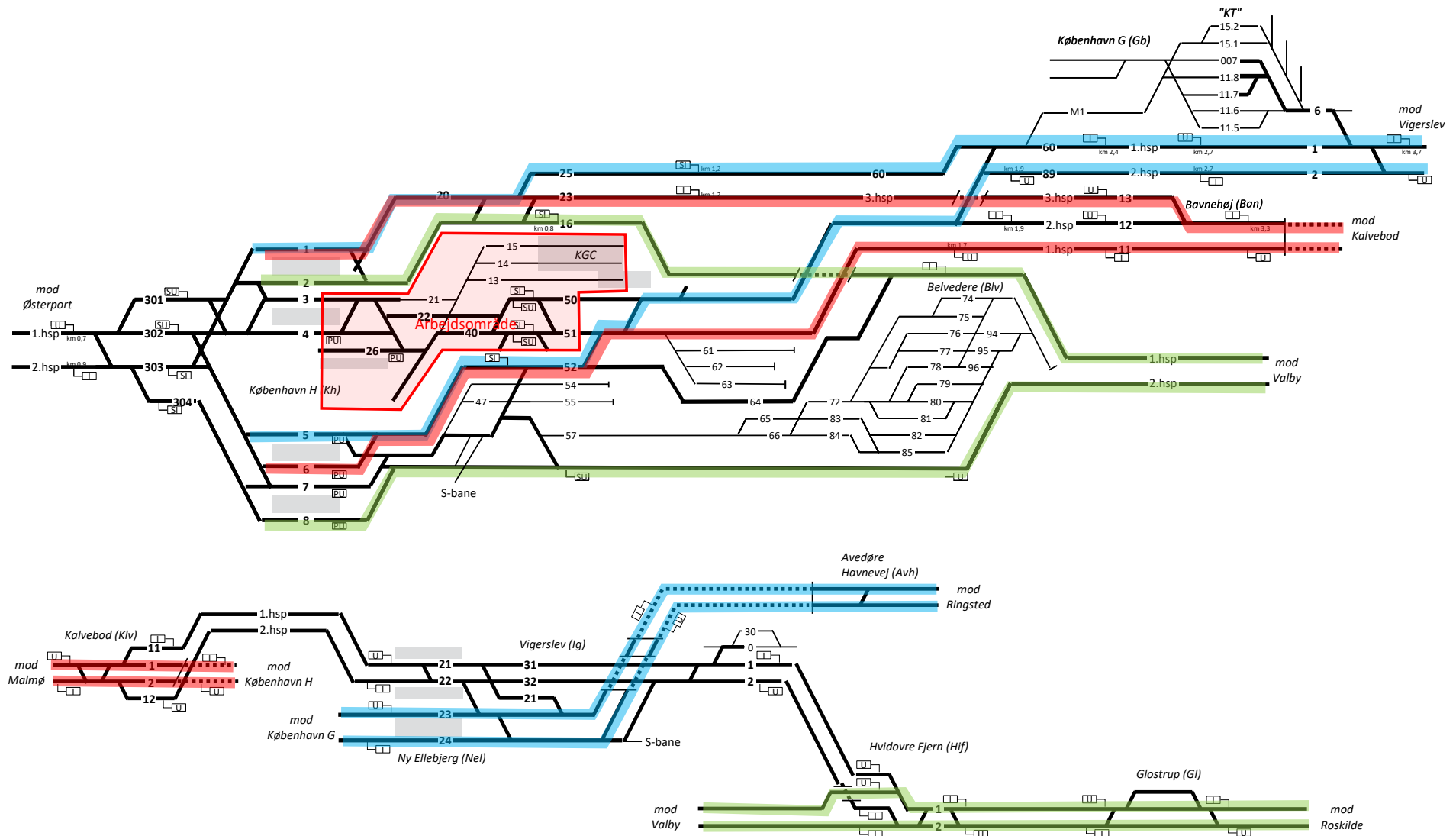
Stadie 3

Stadiet vurderes at tage ½-1 år og kræver spærring af spor 5-8, depotspor og Belvedere. Der foretages ombygning af 40-, 50-, 60-gruppen samt Belvedere og eventuelt en lille sideflytning af spor 9 på S-banen. Der ibrugtages en ændring i sikringsanlæg.



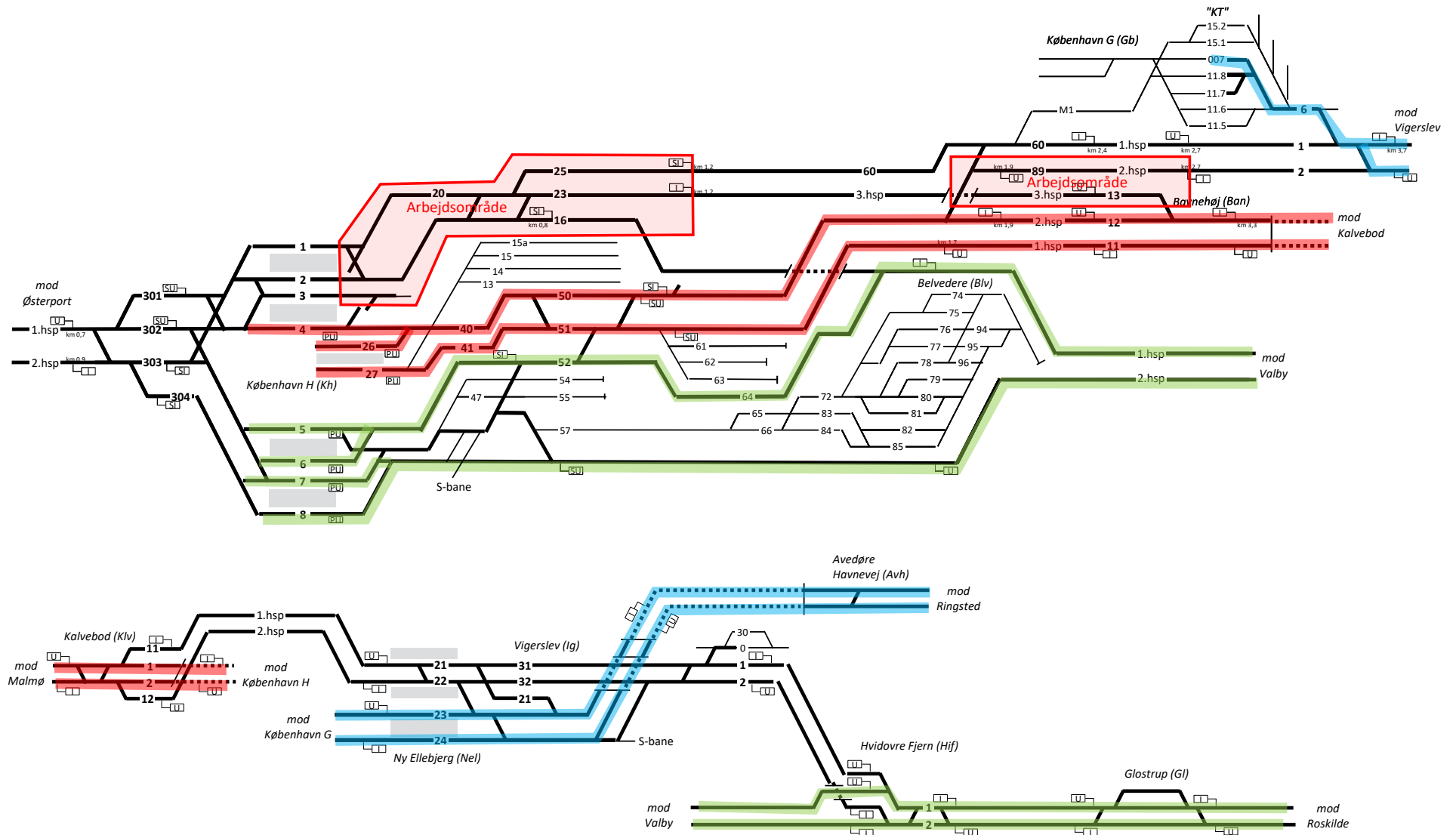
Stadie 4

Stadiet kræver spærring af spor 3-4 og spor 26. Der foretages ombygning af spor 50, spor 51 og KGC samt etableres et nyt perronspor 27 inklusive perron, og der ibrugtages en ændring i sikringsanlæg. Stadiet vurderes at være 3-4 måneder.



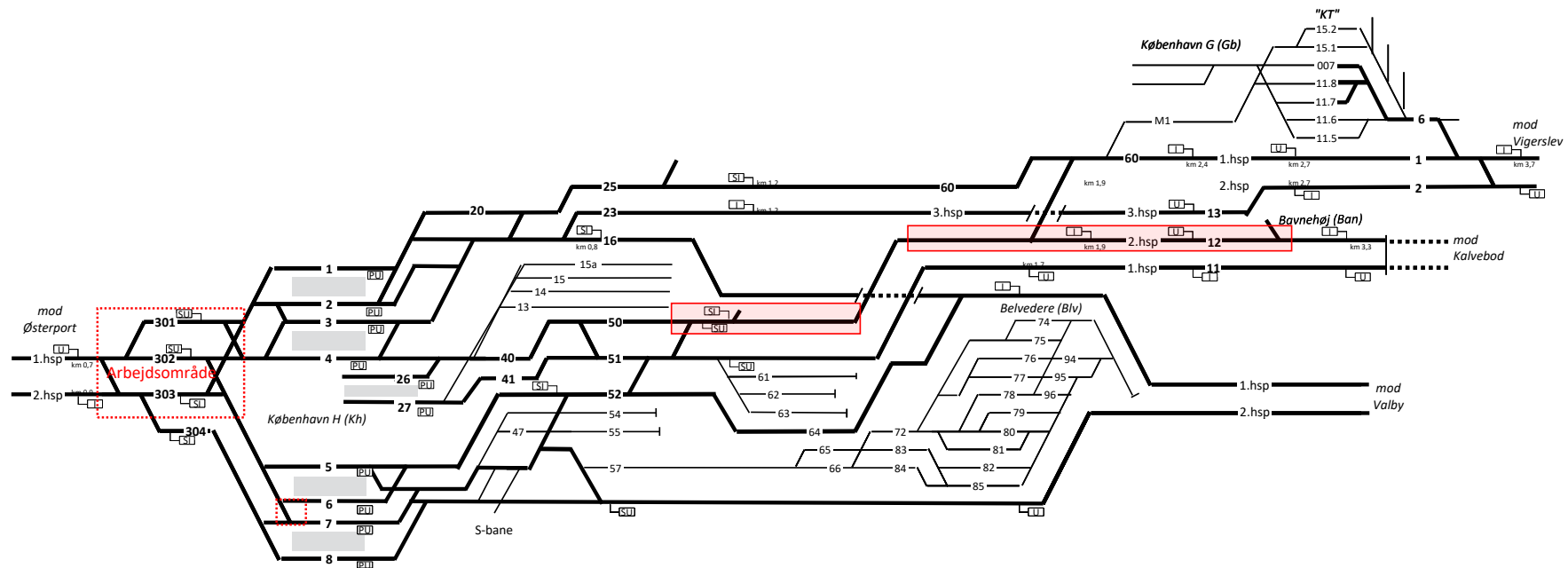
Stadie 5

Arbejderne kræver spærring af spor 1-3. Der foretages ombygning af spor 16, spor 20, spor 23 og spor 25, og der ibrugtages en ændring i sikringsanlæg. Stadiet vurderes at vare 2 måneder.



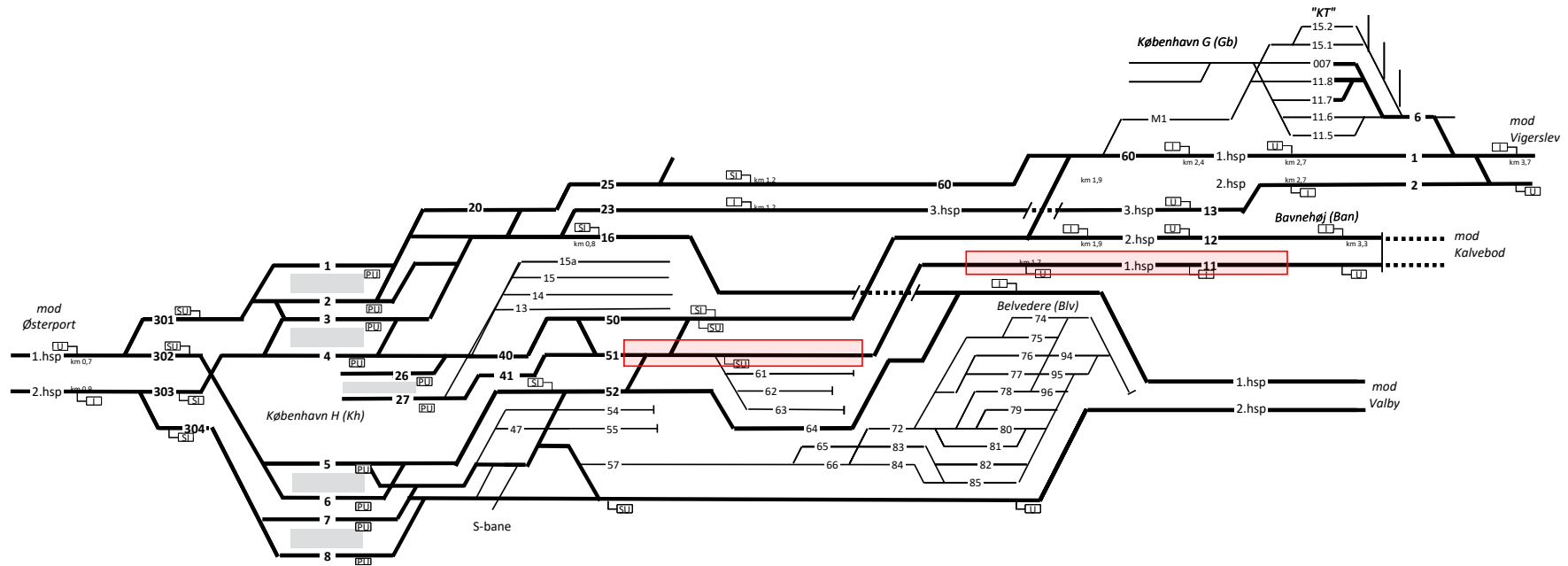
Stadie 6

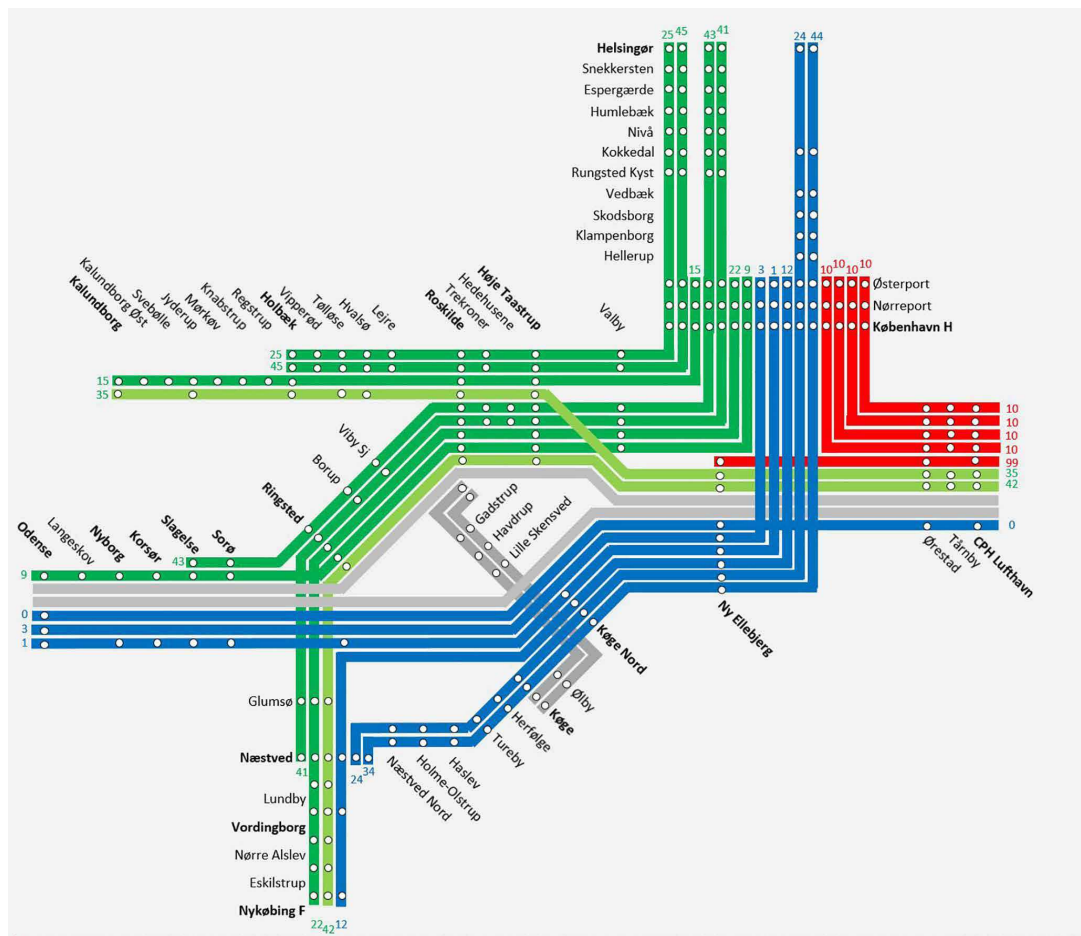
Stadiet omfatter fjernelse af sporskifte 139a og sporskifter i nordenden samt restarbejder. Sporskifter fjernes enkeltvis i flere sporspærringer. Der sker ingen ombygning i sikringsanlæg. Klares med låsegrupper. Stadiet vurderes at vare 2 uger.



Stadie 7

Udskiftning af sporskifte. 202b, 141a, og 136. Hastighedsopgradering og overhøjde-ændring: Spor 51 og sporskifte 136(ex) til Bavnehøj spor 11, 400 meter + 500 meter. Ingen ombygning i sikringsanlæg. Klares med låsegrupper. Stadiet vurderes at vare i 2 uger.





Figur 32. Linjediagram for mulig interimskøreplan i stadie 3 og 4

42 43 15 45 22 41 35 25 09 05										01 24 00 03 12 34										05 10 10 42 99 35 10 00 10										05 43 09 25 41 42 35 22 45 15										34 12 03 24 01 00																						
Kokkedal	17	27	47	56						Kokkedal	38	10								Østerport	00	14	28	44						Vordingborg	21	39								Vordingborg	11																					
Rungsted Kyst	20	30	50	59						Rungsted Kyst										Nørreport	03	17	31	48						Lundby	28	46								Lundby																						
Vedbæk										Vedbæk	43	15								København H	o	06	20	34	51					Næstved	36	54								Næstved	24																					
Skodsborg										Skodsborg	47	19								Næstved spor	28	38	55							Næstved	26																															
Skodsborg										Skodsborg	47	19								København H	o	01	09	32	38	41				Glumsø	37	46	04							Glumsø																						
Klampenborg										Klampenborg	52	24								Ny Ellebjerg	00	:	:	29	32	34	:	48	:	Slagelse	12	03	17	:	:	:	:	:	:	Slagelse	:		51																			
Hellerup	33	42	03	12						Hellerup	57	29								Ørestad	05	15	30	35	38	39	44	54	00	Sorø	:		11	26	:	:	:	:	:	Sorø	:		59																			
Østerport	38	41	47	51	07	17	21			Østerport	54	02	25	31	34					Tårnby		18	33	37		42	46		03	Ringsted		19	34	44	53	12				Ringsted																						
Nørreport	41	45	51	55	11	20	25			Nørreport	58	06	28	35	38					CPH Lufthavn	o	11	21	35	40	44	47	49	58	05	Borup		27		52						Borup																					
København H	o	45	48	54	58	14	23	28		København H	o	01	09	32	38	41				CPH Lufthavn	13	23	37	45	49	51	02	07		Viby Sj		32		57						Viby Sj																						
spor	3	4	4	3	3	4	4			spor	4	4	3	3	4					Ny Ellebjerg	:	:	29	32	34	:	48	:	Holbæk	o	:	:	33	:	:	59	:	02	20	Holbæk	o	:	:	33	:	:	59	:	02	20												
København H	47	50	56	00	16	26	30			København H	03	11	35	40	44					CPH Lufthavn	47	03	09	19	21	25	32	33		Vipperød	:	:	:	38	:	:	:	07		Vipperød	:	:	:	38	:	:	:	07														
Valby						31				Ny Ellebjerg	09	17	37	41	45	49				CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Tølløse	:	:	:	43	:	:	:	12		Tølløse	:	:	:	43	:	:	:	12													
Høje Taastrup	01	04	06	12	16	32	36	42	47	51	Køge Nord	23	32		01	04					Tårnby		18	33	37		42	46		03	Hvalsø	:	:	:	48	:	:	:	17		Hvalsø	:	:	:	48	:	:	:	17													
Hedehusene		08				36				Ølby	:	35	:	:	:	07				CPH Lufthavn	10	99	10	35	10	00	05	10	42	Lejre	:	:	:	53	:	:	:	23		Lejre	:	:	:	53	:	:	:	23														
Trekroner		12		18		40		48		Køge	:	37	:	:	:	10				CPH Lufthavn	13	23	37	45	49	51	02	07		Herfølge	:	45	:	:	:	16				Roskilde	o	42	40	51	00	05	11	17	28	30	38	Tureby	:	50	:	:	:	21				
Roskilde	09	16	13	22	24	44	43	52	55	00	Køge	:	37	:	:	:	10				CPH Lufthavn	13	23	37	45	49	51	02	07		Haslev	:	56	:	:	:	27				Roskilde	o	42	40	51	00	05	11	17	28	30	38	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:		
Lejre	:	:		30	:	:		59	:	:	Køge	:	40	:	:	:	12				CPH Lufthavn	10	99	10	35	10	00	05	10	42	Haslev	:	56	:	:	:	27				Roskilde	o	42	40	51	00	05	11	17	28	30	38	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:		
Hvalsø	:	:		35	:	:		05	:	:	Herfølge	:	45	:	:	:	16				CPH Lufthavn	47	03	09	19	21	25	32	33		Haslev	:	56	:	:	:	27				CPH Lufthavn	47	03	09	19	21	25	32	33		Herfølge	:	36	:	:	:	05	:				
Tølløse	:	:		40	:	:		09	:	:	Tureby	:	50	:	:	:	21				CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Haslev	:	56	:	:	:	27				CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:		
Vipperød	:	:		45	:	:		14	:	:	Haslev	:	56	:	:	:	27				CPH Lufthavn	10	99	10	35	10	00	05	10	42	Haslev	:	56	:	:	:	27				CPH Lufthavn	10	99	10	35	10	00	05	10	42	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:				
Holbæk	o	:	:	31	49	:	:	01	19	:	:	Holme-Olstrup	:	02	:	:	:	34				CPH Lufthavn	10	99	10	35	10	00	05	10	42	Holme-Olstrup	:	02	:	:	:	34				CPH Lufthavn	10	99	10	35	10	00	05	10	42	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			
Viby Sj		23		51							Næstved Nord	:	06	:	:	:	37				CPH Lufthavn	47	03	09	19	21	25	32	33		Næstved Nord	:	06	:	:	:	37				CPH Lufthavn	47	03	09	19	21	25	32	33		Herfølge	:	36	:	:	:	05	:				
Borup		29		57							Næstved	:	09	:	:	:	41				CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Næstved	:	09	:	:	:	41				CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:		
Ringsted	26	38	42	05	10	10				Ringsted	35									CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Ringsted	35									CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			
Sorø	:	47	:	:	:	19		:		Sorø	44			:						CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Sorø	:	47	:	:	:	19		:		CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			
Slagelse	:	55	:	:	:	26	29			Slagelse	53			:						CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Slagelse	:	55	:	:	:	26	29			CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			
Glumsø	34	50	13							Glumsø										CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Glumsø										CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			
Næstved	44	59								Næstved	24									CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Næstved	24									CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			
Lundby	53	08								Lundby										CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Lundby										CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			
Vordingborg	59	14								Vordingborg	39									CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Vordingborg	39									CPH Lufthavn	o	49	00	05	14	21	26	30	34	39	Herfølge	:	36	:	:	:	05	:			

Grå felter markerer ekstratog i myldretider

Figur 33. Linjediagram for mulig interimsplan i stadie 3 og 4



Bilag 4. Forudgående undersøgelser og overvejelser

Udvidelser af perron- eller gennemkørselskapaciteten på København H har været overvejet i mere end tyve år. Den fremlagte separationsløsning inspireret af Tokyo og Utrecht er en ny vej at gå. Forud for den undersøgte løsning er fravalgt en række varianter.

Etableringen af nuværende København H

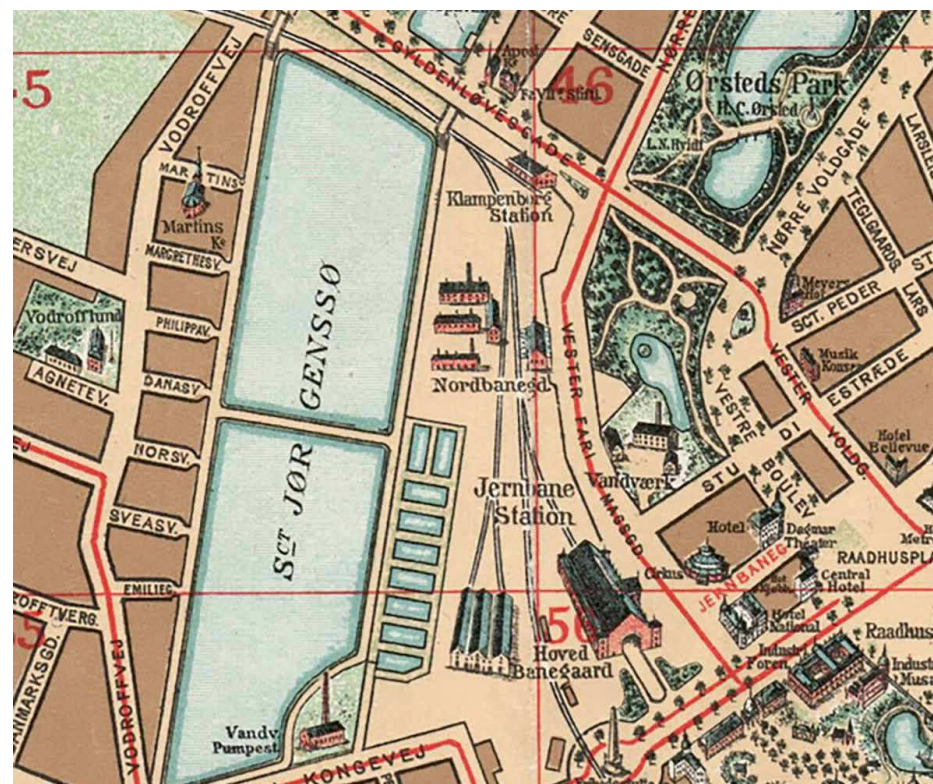
Den nuværende Københavns Hovedbanegård blev indviet i 1911 og færdiggjort i 1917 og i 1921, hvor den firesporede Boulevardbane mellem Hovedbanegården og Østerport (også kaldet Røret) blev indviet. Den afløste en tidligere overbelastet sækbanegård, der havde forskellige perronanlæg med mange trafikale bindinger spredt ud over et område ved nuværende Vesterport.

Den nye hovedbanegård var en gennemgangsbanegård med 12 perronspor opdelt i en nærbanedel og fjernbandedel, hver med et særskilt dobbeltspor videre gennem Røret. Depotspor blev placeret hensigtsmæssigt mellem hovedsporene mod Valby både på nærbanedelen og fjernbanedelen, så der ikke skulle rangeres på tværs af hovedspor for at komme til og fra depotspor.

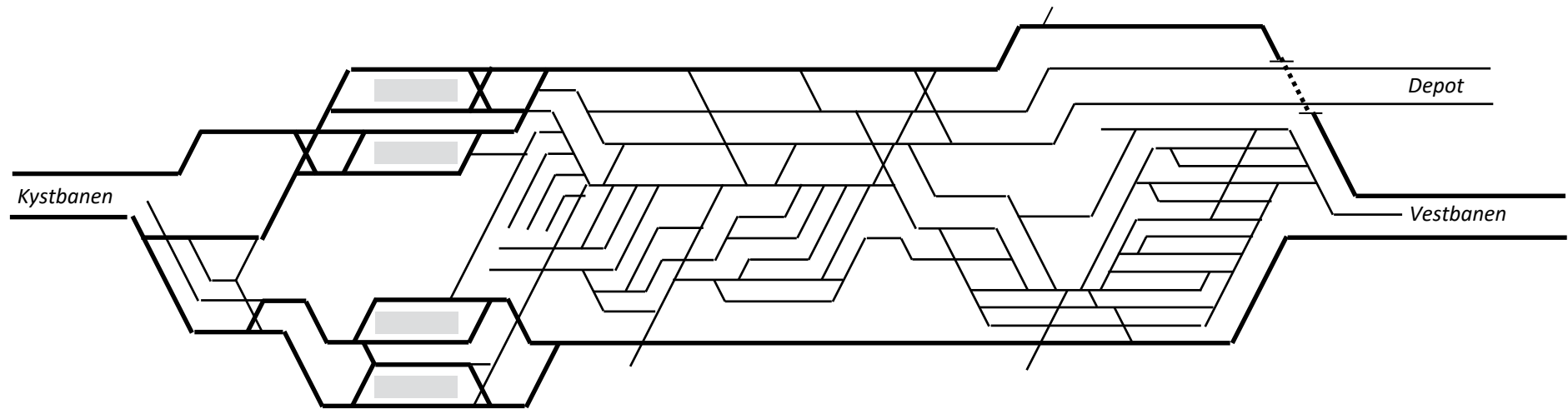
På terrænet ved siden af blev etableret en stor godsbanegård med læssespor, sorteringsriste og en afgang- og ankomstrist. Herfra forløb en godsbane til Hvidovre Fjern, der fik en niveaufri indfletning fra 1952. Desuden blev der etableret værksteder til lokomotiver, vogne, rangerlokomotiver samt materiel til banens vedligehold.

I 1934 blev nærbanedelen elektrificeret til S-bane. Over årene overtog S-banen flere og flere strækninger og blev efterhånden sit eget helt adskilte system. Denne overflytning og løbende trafikudvidelser medførte i en lang årrække ingen kapacitetsproblemer på København H, der var robust udformet.

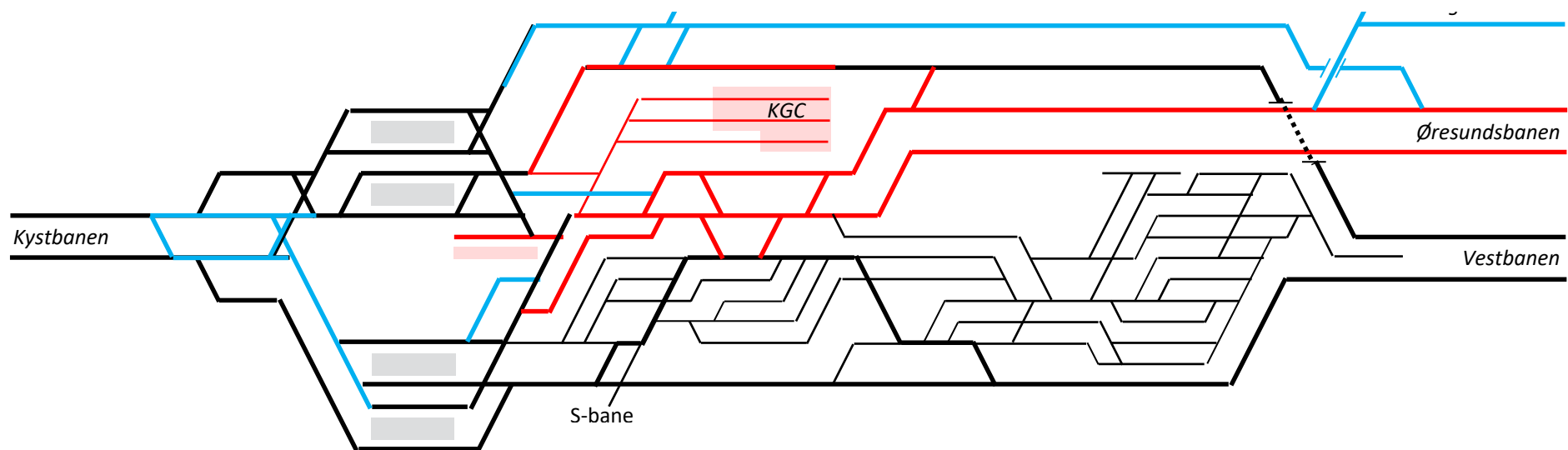
I 1997 blev Storebæltsforbindelsen ibrugtaget. Samtidig imødeså man den kommende tilslutning af den ny bane til Københavns Lufthavn i 1998 med forlængelse over Øresund i 2000. Desuden var der overvejelser om at udbygge kapaciteten med en ny bane mellem København og Ringsted. Disse knopskydninger betød, at det eksisterende anlæg nærmede sig kapacitetsgrænsen.



Figur 34: Københavns tidligere Hovedbanegård placeret ved nuværende Vesterport Station med perroner spredt over et stort område.



Figur 35: København H – oprindeligt spornet

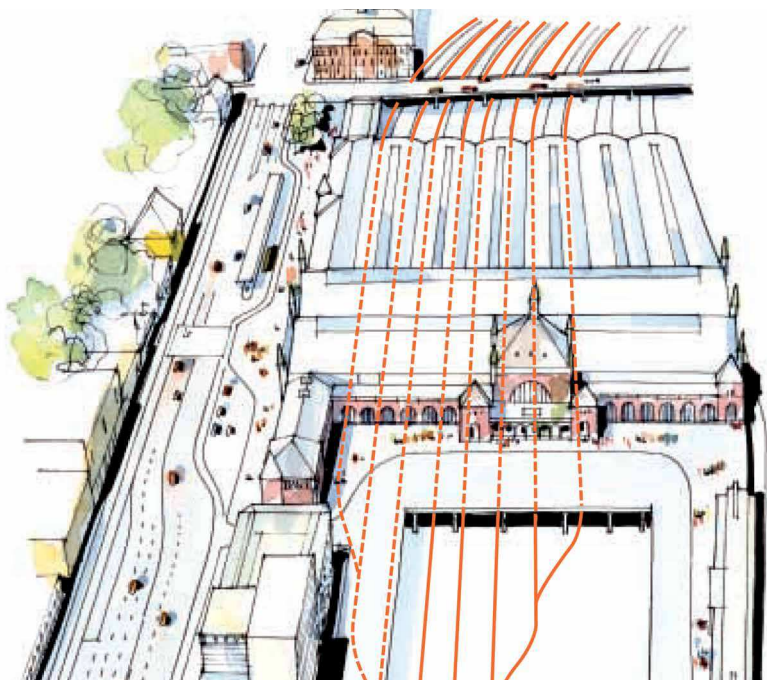


Figur 36: København H – nuværende spornet. Udbygninger er vist med rød (KGC og Øresundsbanen) og blå (LOKO-projektet og KØR-projektet / Ringstedbanen)

Efter Banestyrelsens analyse i 1999 gennemføres LOKO-projektet

I 1997 vedtog Folketinget en projekteringslov om en kapacitetsudvidelse mellem København og Ringsted. Heri skulle kapacitetsforhold og udbygningsmuligheder på København H også belyses.

I 1999 udkom en rapport fra Banestyrelsen, som indeholdte en række løsningsforslag af forskelligt omfang til mellem 0,6 og 5,2 mia. kr. Det billigste projekt til 0,6 mia. kr. kunne forøge kapaciteten i Røret med 30 % fra 12-13 til 16-17 tog pr. time i hver retning og således muliggøre en vækst på 4 tog pr. time. Dette blev anbefalet som første skridt og gennemført i 2002-2004 (det såkaldte LOKO-projekt "Lille Opgradering af København og Omegn").

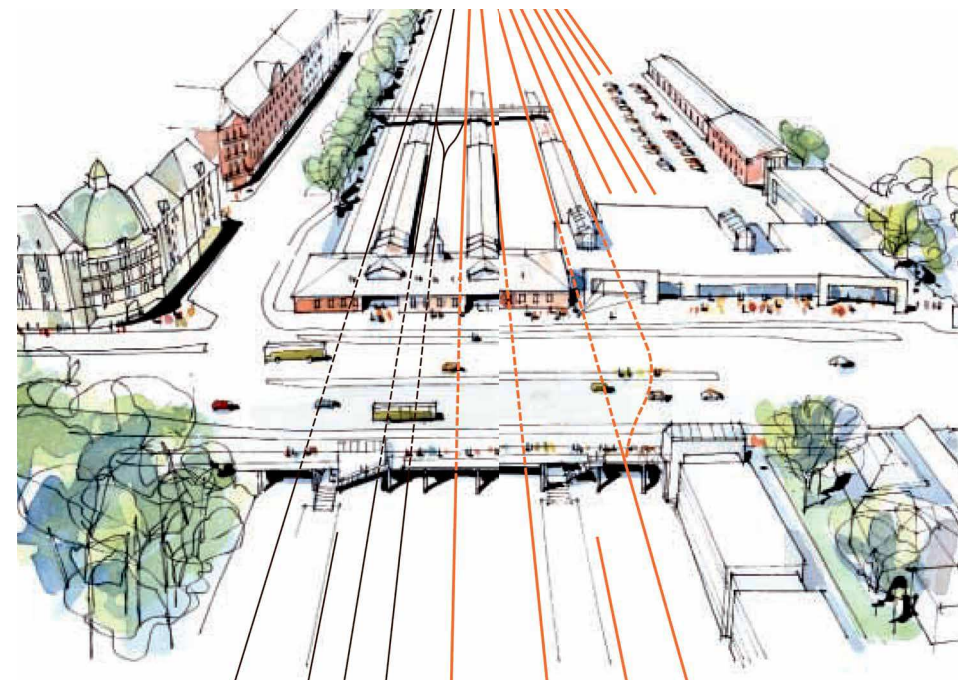


Figur 37: Ombygning af København H i LOKO-projektet

Projektet omfattede udbygning af Østerport Station med et ekstra perronspor og tre midtliggende vendespor og ændring af signal- og sikringsystemet i Røret, så togene kan køre tættere efter hinanden, samt etablering af udkørselsmulighed på

Næste skridt mere omfattende

Næste udbygningsskridt krævede ifølge 1999-rapporten mere omfattende løsninger, der enten forøgede gennemkørselskapaciteten yderligere eller gav mulighed for flere togvendinger ved at øge antallet af perronspor på København H.



Figur 38: Ombygning af Østerport i LOKO-projektet

Man kunne forøge gennemkørselskapaciteten med et tredje perronspor på Nørreport, som kostede 2,0 mia. kr. Det ville forøge kapaciteten i Røret i den ene retning til 24 tog pr. time og dermed understøtte en stærkt asymmetrisk myldretidsdrift, og ellers til 19 tog pr. time i hver retning.

Alternativet var at fordoble kapaciteten i begge retninger ved at anlægge to helt nye spor mellem Hovedbanegården og Østerport, hvor der blev foreslået en meget indgribende cut-and-cover tunnel til 4,6 mia. kr. med en anlægsperiode på 8-10 år og muligvis længere pga. betydelige anlægstekniske risici.

Den anden mulighed var at forøge vendekapaciteten ved at etablere en ny terminal med fire perronspor enten ved Kalvebod eller under Bernstorffsgade. Kalvebodterminalen til 1,2 mia. kr. var billigst, men lå i en betydelig afstand, så der desuden måtte bekostes rullende fortove eller minitransportfaciliteter for at skabe en sammenknytning til eksisterende perroner. Bernstorffsgadeterminalen til 2,5 mia. kr. kunne umiddelbart sammenknyttes med de eksisterende perroner på en god måde.

Perron etableres i spor 26

1999-rapporten nævnte også, at der kunne etableres en perron med to spor i terræn mellem spor 4 og 5 på sydsiden af Tietgensbroen til 1,0 mia. kr. inklusive et dæk med beskeden forplads, men at den ville få ugunstige adgangsforhold.

På dette sted var der allerede i 1990 etableret en cateringperron til IC₃-tog i et blindspor (spor 26), som blev anvendt omtrent et år, indtil klagøringscentret blev ibrugtaget i 1991. Perronen blev i stedet i 2000 ombygget til en passagerperron med elevator, og den er løbende taget mere og mere i anvendelse. Denne perron har som nævnt i 1999-rapporten dårlig sammenhæng med de øvrige perroner. Der er lange ubekvemme gangveje og uhensigtsmæssige trafikforhold, da de rejsende skal krydse den stærkt trafikerede Tietgensbro.



Figur 39: Perronspor 26 set fra Tietgensbroen.

Trafikstyrelsens idékatalog fra 2008

I 2007 vedtog Folketinget på ny en projekteringslov for en kapacitetsudvidelse mellem København og Ringsted, der i første omgang var blevet opgivet i 1999. Herunder skulle tidligere udarbejdede forslag til løsninger ved Københavns Hovedbanegård revideres og opdateres, og der skulle desuden indgå forslag om udbygning i Ørestaden.

I Trafikstyrelsens idékatalog fra 2008 omtales Bernstorffsgadeløsningen, mens Kalvebodløsningen er fravalgt. Nye forslag er en terminal med fire perronspor på et brodæk ved Tietgengade, som desuden indeholder en forplads, og en terminal på det tidligere godsareal ved Dybbølsbro, hvor der kan omstiges til S-banen.

Desuden blev foreslået udbygninger ved Ørestad, så nogle tog kunne ledes udenom Hovedbanegården. Dette kunne enten være en udbygning fra to til fire perronspor, hvor man lod togene fortsætte til Københavns Lufthavn. Her blev det foreslået, at kapaciteten skulle udbygges med et slusespor og en ny perron på godsshunten. Ellers kunne man etablere en ny sækterminal ved Ørestad Station med fire nye perronspor og tilhørende klargørings- og depotspor, så togene kunne udgå og ende her.

KØR-projektet og tilslutning af den nye Ringstedbane

I 2011-2012 blev der anlagt et dobbeltspor fra København H til Vigerslev (det såkaldte KØR-projekt), som den nye bane mellem København og Ringsted efterfølgende blev tilsluttet. Den nye bane var blevet politisk besluttet i 2009 (anlægslov i 2010).

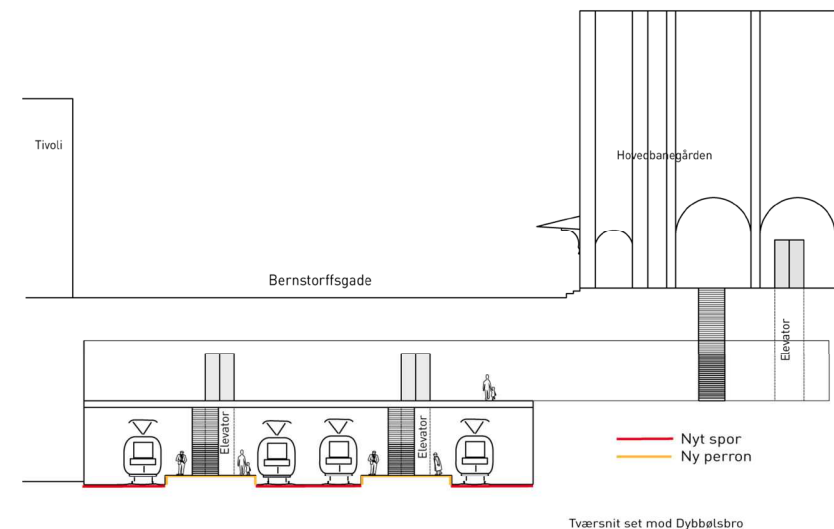
Planlægningen af den nye Ringstedbane blev baseret på en forudsætning om at udnytte al eksisterende kapacitet på København H. Den samlede kapacitet blev vurderet til 17 tog pr. time i hver retning fra Vestbanen og Ringstedbanen tilsammen under en forudsætning om 9 tog pr. time i hver retning fra Øresundsbanen, i alt 26 tog pr. time i hver retning på banerne fra syd og vest.

Heri blev indregnet, at Signalprogrammet ville forøge kapaciteten i Røret fra 16-17 til 18 tog i timen pr. retning, at Kystbanetog var samkørt med Øresundstog, at der vendes to tog i timen i hver retning mellem den nye Ringstedbane og Øresundsbanen, samt at fire tog i timen vender på København H ved fuld udnyttelse af kapaciteten i spor 26.

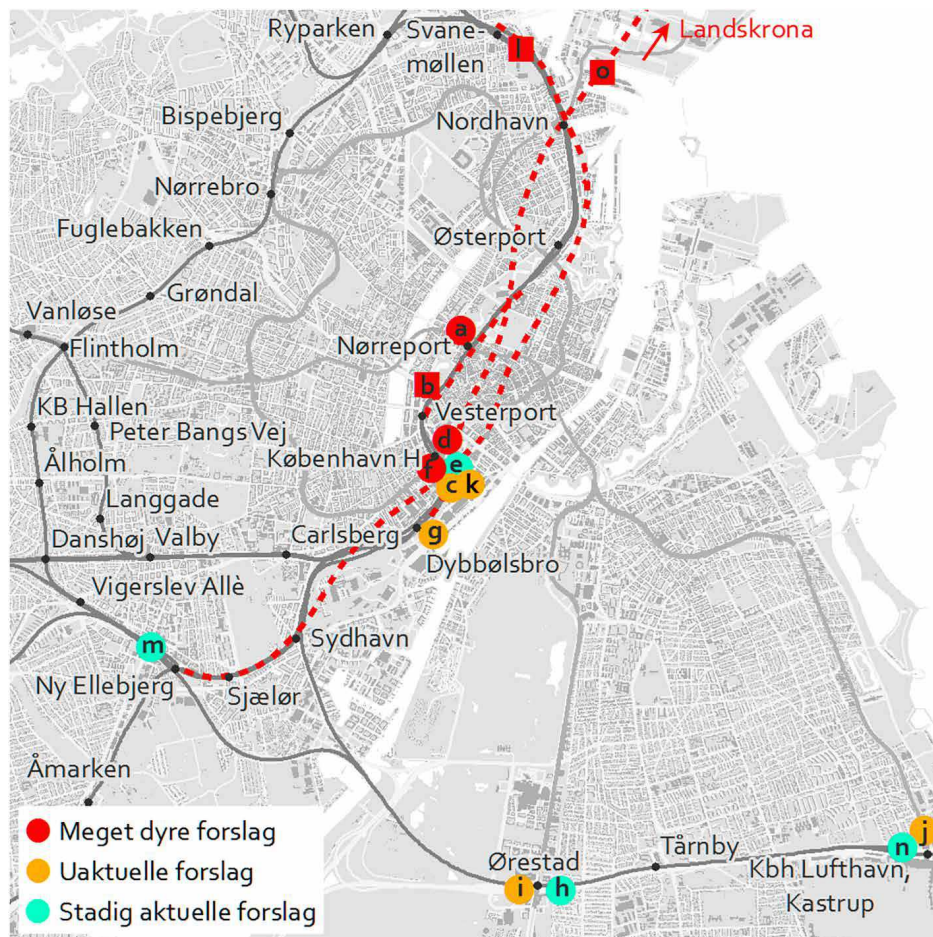
Trafikstyrelsens rapport fra 2013 peger på Ny Ellebjerg

I 2013 udgav Trafikstyrelsen en rapport, hvor det blev konkluderet, at de store løsninger med udbygning af perronspor på København H eller udvidelse af gennemkørselskapaciteten med tunneler er for dyre, når man sammenligner udbyttet med omkostningerne.

Af de store løsninger blev omtalt fire nye perronspor henholdsvis ved Dybbølsbro til 2,2 mia. kr., ved Postterminalen til 2,7 mia. kr. eller under Bernstorffsgade til 4,8 mia. kr. Desuden omtaltes en boret tunnel mellem København H og Østerport til 13,1 mia. kr. Løsningerne ved Postterminalen og Dybbølsbro er i mellemtiden bortfaldet, idet arealerne er disponeret til andre formål.

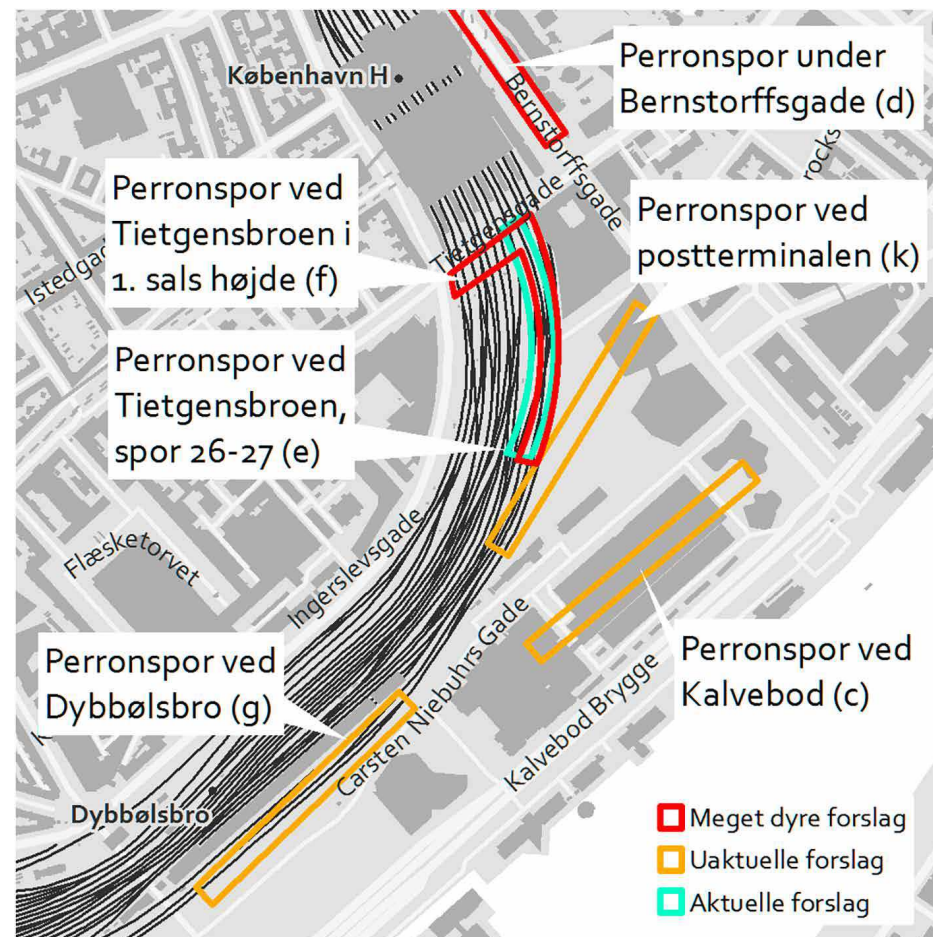


Figur 40. Perroner under Bernstorffsgade med adgang i forlængelse af eksisterende perrontunnel (illustration fra Trafikstyrelsens rapport fra 2013).



Signaturforklaring

- a) Ekstra perronspor på Nørreport
- b) To ekstra spor mellem København H og Østerport, udført i cut and cover
- c) Fire nye perronspor i terminal ved Kalvebod
- d) Fire nye perronspor under Bernstorffsgade
- e) To nye perronspor mellem spor 4 og 5 ved Tietgensbroen (spor 26-27)
- f) Fire nye perronspor på et dæk ved Tietgensbroen
- g) Fire nye perronspor i terminal ved Dybbølsbro



- h) Udbygning af Ørestad fra to til fire perronspor
- i) Ny sækterminal ved Ørestad med fire perronspor
- j) Ekstra perronspor i Kastrup på godsshtunten
- k) Fire nye perronspor ved Postterminalen
- l) Ny boret fjernbanetunnel mellem København H og Østerport
- m) Udbygning i Ny Ellebjerg med niveaufri udflætning og perroner på Øresundssporene
- n) Retningsdrift i Kastrup med to ekstra perronspor på godsshtunten
- o) Ny boret tunnel under København H ifm forbindelse til Landskrona

Figur 41. Oversigtskort tidligere udarbejde forslag

Som den mest rentable mulighed blev der i stedet peget på en udbygning af Ny Ellebjerger Station som knudepunkt, som kunne aflaste ved at køre tog udenom Hovedbanegården. Det blev anbefalet at etablere perroner på Øresundssporene og en niveaufri udfletning i Vigerslev samt at udbygge Ørestad Station fra to til fire perronspor, hvilket tilsammen blev vurderet til 0,6 mia. kr.

Det medførte en beslutning om niveaufri udfletning i Vigerslev, og i togfundsaftalen fra 2014 blev der afsat midler til etablering af perroner på Øresundssporene, som planlægges ibrugtaget i 2024 samtidig med Sydhavnsmetroen.

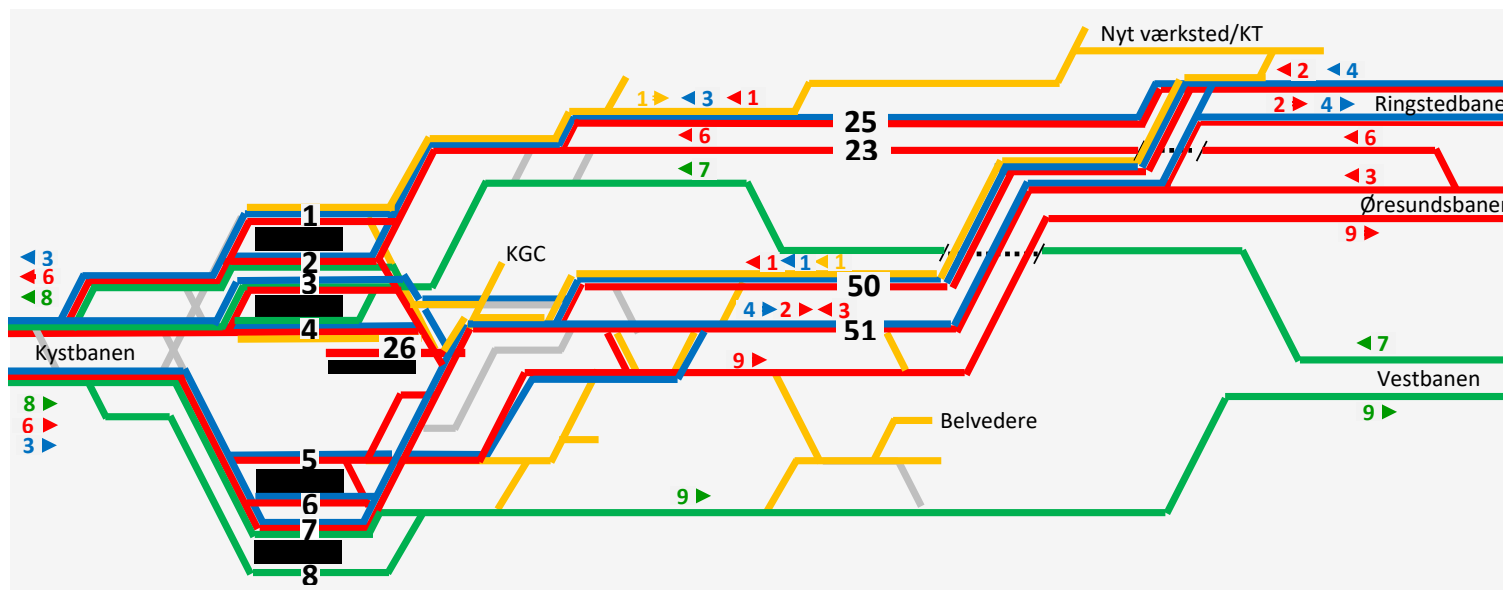
Endvidere blev der i Trafikstyrelsens 2013-rapport peget på, at det efter åbning af C-tyringen er muligt at øge kapaciteten i Røret ved at undlade stop af fjern- og regionaltog på Nørreport. Vurderingen var, at dette kunne øge kapaciteten i Røret med 3-6 kanaler per time afhængig af, hvor mange tog der undlader standsning på Nørreport.

Desuden blev det foreslået at se nærmere på en forbedring af indkørselsforholdene ved etablering af en fly-over, der blev vurderet til 0,8 mia. kr. Kapacitetseffekten blev dog omtalt som usikker og køreplanafhængig, men forsigtigt anslået til 2-4 tog pr. time i hver retning.

Banedanmarks undersøgelser i 2016-2018

Banedanmark undersøgte i 2016-2018 effekten af en række muligheder for at forbedre ind- og udkørselsforholdene på København H, primært i forbindelse med tog til og fra Ringstedbanen. Den bedste mulighed syntes at være den såkaldte dobbeltsporsløsning, som skabte mulighed for større samtidighed i ind- og udkørsler og dermed reducerede belastningen i spor 50 (jf. figur 42).

Simuleringerne viste en positiv effekt på ankomstpunktigheden på København H på 0,8 %-point og en reduktion i passagermiddelforsinkelsen på 7 sekunder, sammenlignet med Basis K24.



Figur 42: Forbedring af indkørselsforholdene med Dobbeltsporsløsning

Banedanmarks undersøgelse af separeret drift i 2019

Banedanmark besluttede i 2019, at de efterfølgende undersøgelser skulle gå en anden vej, der var inspireret af en total ombygning i 2016 af hovedbanegården i Utrecht. Denne ombygning, der havde indretningen af Shinagawa stationen i Tokyo som forbillede, medførte en betydeligt forbedret punktlighed.

Disse to banegårde er indrettet, så hver bane benytter separate spor i modsætning til København H, hvor sporene anvendes blandet af alle baner. En tilsvarende adskillelse på København H kræver ombygning af sporene og afledte ombygninger af kørestrøm og signalanlæg og mindre perronændringer, men ikke etablering af nye store broanlæg eller tilsvarende.

Fravalgte varianter

I den foretrukne separationsløsning, som er undersøgt i denne rapport, ender Ringstedbanen og Øresundsbanen på København H, mens Vestbanen kører igennem til Østerport enten adskilt eller samkørt med Kystbanen.

Forud for valg af den foretrukne separationsløsning blev overvejet en række andre separationsløsninger, hvor man kører enten Øresundsbanen eller Ringstedbanen igennem til Østerport i stedet for Vestbanen. Der blev også overvejet en løsning, hvor man udvider med flere perronspor ved at inddrage spor 9-10 fra S-banen.

Disse løsninger medfører en anden udformning af spornettet, som siden blev fravalgt, fordi de vurderes mindre hensigtsmæssige af forskellige årsager.

De nævnte videre perspektiver og fravalgte løsninger er nærmere beskrevet i de følgende afsnit.

Gennem tiderne er foreslået forskellige udformninger af nye fjernbanetunneller gennem København H, som enten har søgt at aflaste Røret, f.eks. en ny tunnel Køben-

havn H-Østerport, eller været del af omfattende særskilte forslag, f.eks. en tunnel mellem København og Landskrona (Europasporet). Disse forslag har et omfang og sigte, der ikke indgår i denne undersøgelse. Det samme gælder tidligere omfattende forslag om at etablere fire perronspor i tunnel under Bernstorffsgade eller på brodæk i førstesals højde ved Tietgensbroen.

Fravalgt separation med Øresundsbanen videreført til Østerport

I denne løsning videreføres Øresundsbanens tog til Østerport i stedet for Vestbanens tog. Spor 1-3 anvendes som i den valgte løsning til Ringstedbanen, men spor 4 og 5 anvendes af Kystbanen og nogle af togene fra Øresundsbanen (fx Øresundstog), hvor resten må vende i spor 26-27 (fx højhastighedstog fra Stockholm eller Göteborg og evt. myldretidstog), Kystbanen får nye vendespor hvor KGC ligger i dag.

Spor 6-8 anvendes af tog fra Vestbanen, og der anlægges et vendespor i forlængelse af spor 7-8. Det er ikke muligt at forbinde spor 6 med vendesporet på grund af søjler i banegraven. Der kan tilføjes en transversal, så Vestbanen kan køre videre til/fra Østerport gennem spor 4-5, men det giver en uhensigtsmæssig blanding af tog fra tre forskellige baner i Røret og dermed dårligere punktlighed.

Denne løsning giver mulighed for at binde Kystbanen sammen med Øresundsbanen. Den væsentligste ulempe er, at ni tog til og fra Vestbanen skal vende på kun tre perronspor. Desuden er der konflikter mellem tog fra Kystbanen, som skal til og fra vendesporene, og tog fra Øresundsbanen, som skal til og fra spor 26-27. Der vil blive frigjort flere depotspor til Vestbanen, der til gengæld ikke længere kan anvende Østerport og Helgoland. Disse depotspor kan i stedet anvendes af Øresundsbanen, der til gengæld ikke kan anvende området ved KGC.

Anlægsteknisk er løsningen på niveau med den valgte løsning. Der er især en forskel i området ved KGC, hvor der etableres vendespor til Kystbanen og et nyt indadgående spor for Øresundsbanen. Det indadgående spor fra Vestbanen må også forskydes lidt, for at give plads til forlængelsen af spor 5 mod Øresundsbanen.

Fravalgt separation med Ringstedbanen videreført til Østerport

I denne løsning er det tog fra Ringstedbanen, som fortsætter mod Østerport. Spor 1-4 deles mellem tog fra Ringstedbanen og tog fra Kystbanen. Der anlægges vendespor for Kystbanen på det areal, hvor KGC ligger i dag. Spor 5 samt 26-27 anvendes af Øresundsbanen, og spor 6-8 anvendes af Vestbanen.

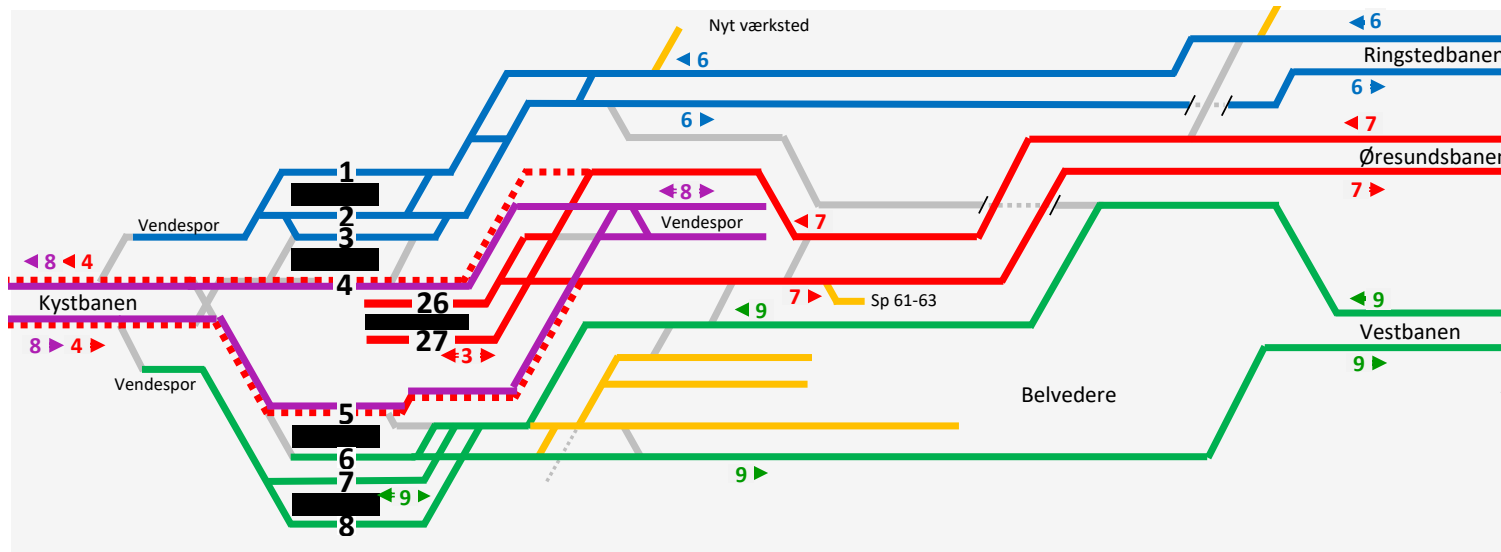
Den væsentligste ulempe er, at ni tog til og fra Vestbanen skal vende på kun tre perronspor. Desuden bliver der kun meget begrænsede muligheder for at etablere depotspor til Øresundsbanens tog i spor 61-63, eller alternativt fås konflikt med det indgående Vestbanespor, hvis en del af Belvedere må anvendes.

Anlægsteknisk er løsningen på niveau med den valgte løsning. Der er især en forskel i området ved KGC og det udadgående spor mod Ringstedbanen, hvor der skal etableres vendespor for Kystbanen. Det indgående spor fra Vestbanen må også forskydes lidt, for at give plads til forlængelsen af spor 5 mod Øresundsbanen.

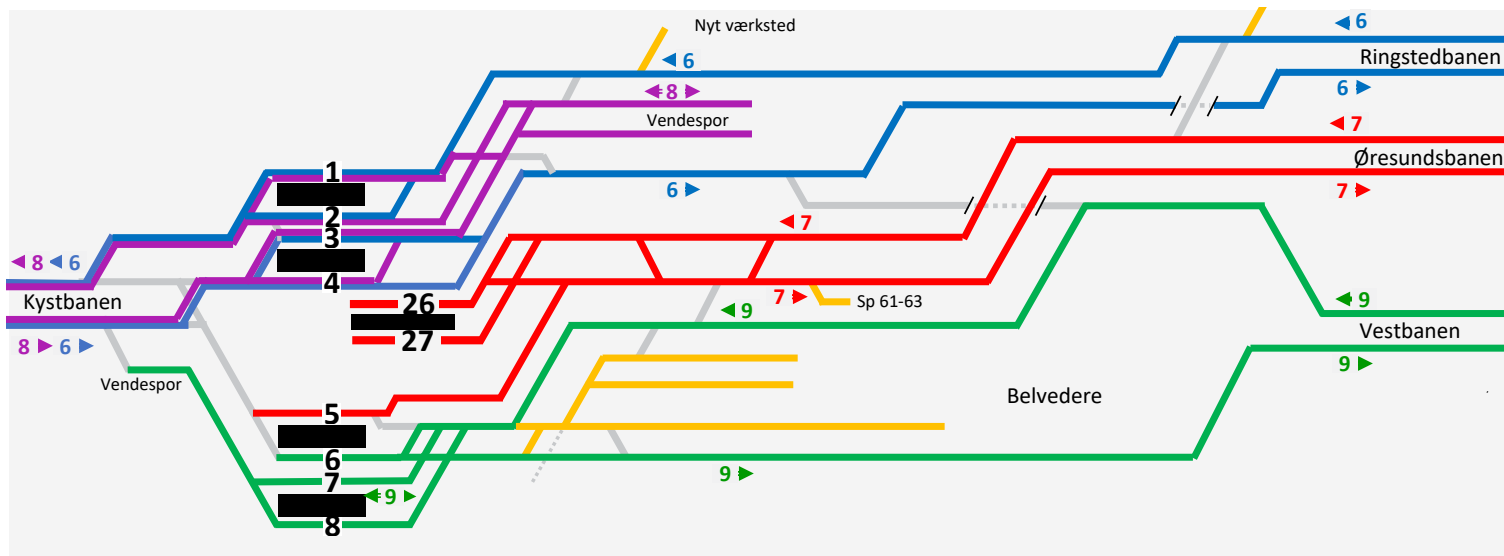
Fravalgt separation med inddragelse af spor 9-10 fra S-banen

I denne løsning inddrages spor 9 og 10 fra S-banen og ombygges til fjernbaneteknologi. Det medfører, at der vil være fire perronspor til hver bane fra syd og dermed mere kapacitet. Spor 1-4 anvendes til Ringstedbanen, spor 26-27 og 5-6 til Øresundsbanen, mens spor 8-10 anvendes til Vestbanen og Kystbanen.

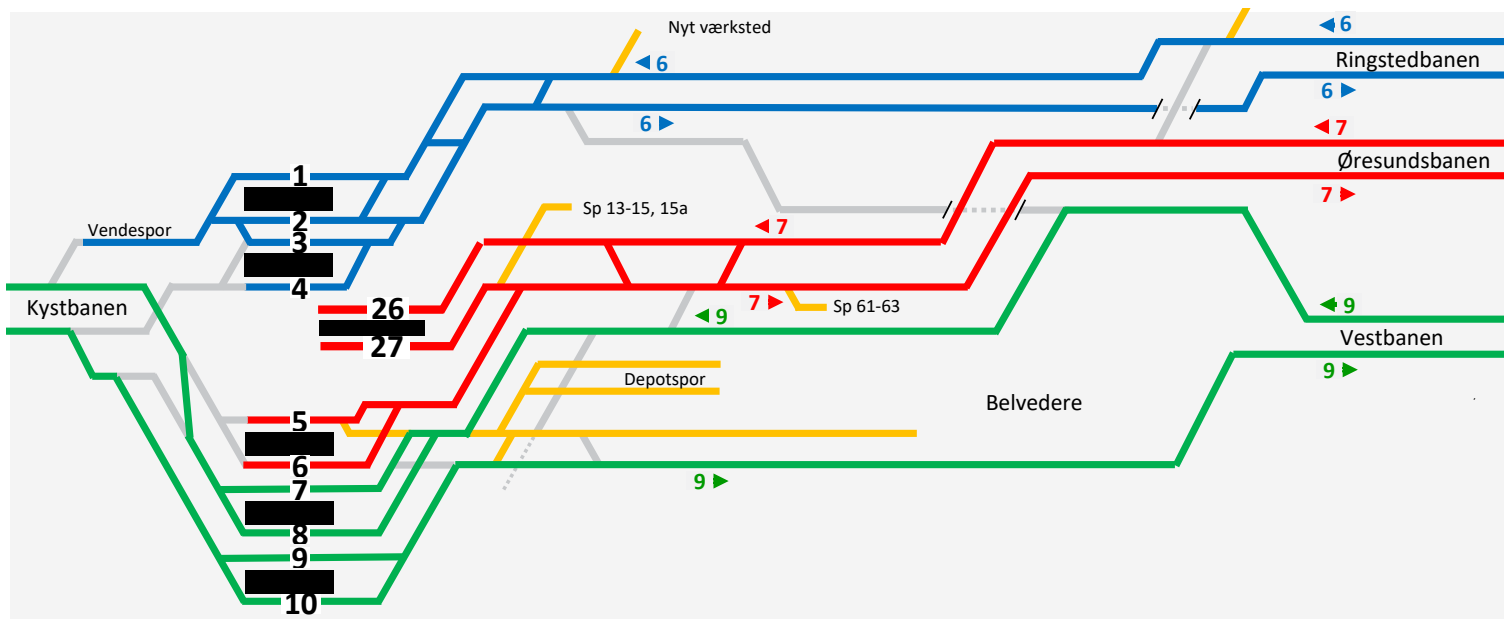
Ulempen ved løsningen er mindre kapacitet og fleksibilitet på S-banen. Desuden er der tale om en dyrere løsning med mere omfattende anlægsarbejder, der adskiller sig væsentligt fra den valgte løsning.



Figur 43: Separationsløsning med Øresundsbanen videreført til Østerport



Figur 44: Separationsløsning med Ringstedbanen videreført til Østerport



Figur 45: Separationsløsning med inddragelse af spor 9-10 fra S-banen

Bilag 5. Driftsseparation i Utrecht

Hovedbanegården i Utrecht blev ombygget til separeret drift i 2016. Det har medført kortere rejsetid, større punktlighed og billigere vedligehold

Hovedbanegården i Utrecht er det vigtigste jernbaneknudepunkt i Holland, hvor forsinkelser hurtigt kan få vidtrækkende konsekvenser. Den havde oprindeligt 14 perronspor og 200 sporskifter. I 2014 blev det besluttet at udvide til 16 perronspor i et nyt design med kun 60 sporskifter, hvorved banedriftsomkostninger kunne reduceres og hastigheder hæves. Det skete på bekostning af en fleksibilitet, som dog normalt medførte en forværret trafiksituation ved udnyttelse.

I det nye design, som var inspireret af Shinagawa stationen i Tokyo, kører alle toglinjer separeret på dedikerede spor gennem banegården uden krydsende togveje. Et allerede besluttet projekt, som havde etableret niveaufri udfletninger og ekstra ind- og udkørselsspor syd for stationen i 2013-2014, kunne udnyttes fordelagtigt i det ændrede design.

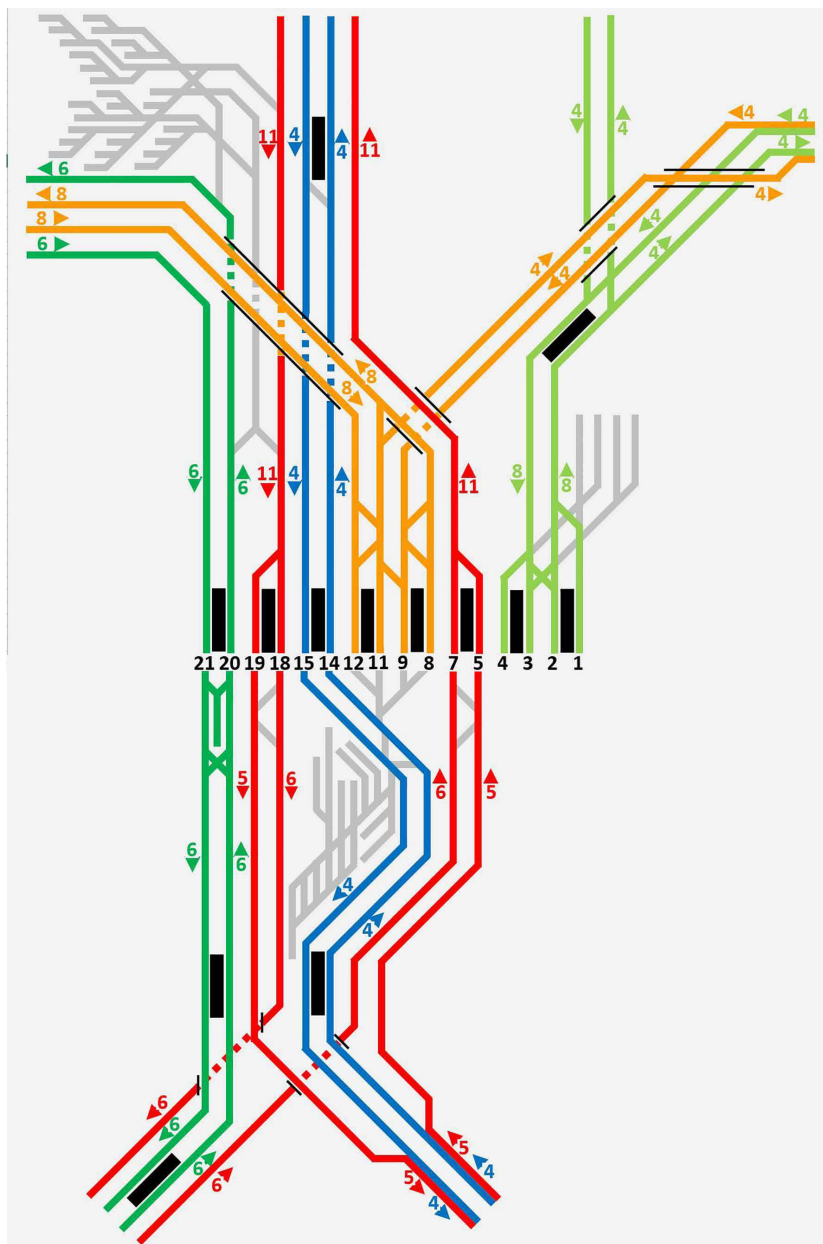
Ombygningen kostede ca. 2 mia. kr. og fandt sted i 2015/2016. Samtlige spor, kørestrømsledninger og perronforkanter mm. blev fornyet og ændret henover 3 km. På grund af de meget tunge trafikstrømme måtte stationen forblive i drift under byggearbejderne. Det foregik uden reduktion i togtrafikken på hverdage og kun med begrænsede forstyrrelser i weekender, hvor stop på visse lokaltog overgik til IC-tog, hvormed alle stationer stadig var betjent. Enkelte lokale tog blev erstattet med bus-tilfart i nogle få perioder af op til 9 dages varighed.

Dette lod sig gøre ved først at bygge en ny ekstra perron med 2 spor og derpå ombygge 2 spor ad gangen, hvor tilslutningsarbejder foregik i weekender. Forinden udfiktede man eksisterende kørestrømsmaster til kørestrømsportaler henover alle spor, så ændringer af kørestrømsanlægget kunne implementeres løbende ved forholdsvis enkle justeringer af kørestrømsophængene.

En række naboprojekter blev realiseret samtidig, hvilket gav komplekse grænseflader. En eksisterende perronhal over sporene blev erstattet af en ny. Desuden blev der bygget letbaneperroner, to nye busterminaler og to underjordiske cykelparkeringer til i alt 13.000 cykler.



Figur 46: Togsystemer gennem Utrecht (antal tog pr. time)

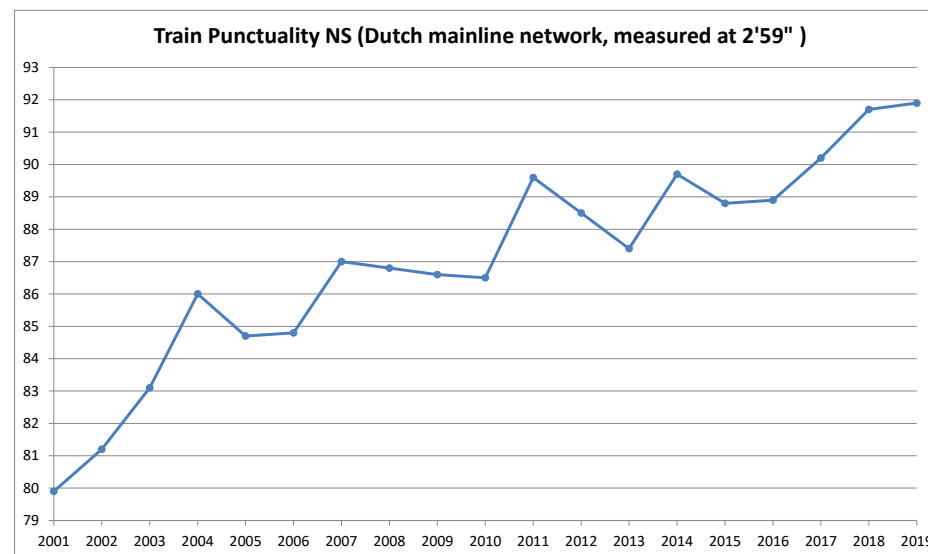


Figur 47: Togsystemer i Utrecht (antal tog pr. time) og sporbenyttelse

Den samfundsøkonomiske begrundelse for investeringen var:

- Øget kapacitet, som er nødvendig for den hollandske højfrekvente togtrafik
- Forbedret togservice (flere tog) gennem Utrecht og dermed i hele landet
- Forbedret pålidelighed af infrastrukturen
- Reduceret køretid med 2 minutter gennem stationsområdet, fordi forenklingerne gjorde det muligt at forøge strækningshastigheden for alle tog fra 40 km/t til 80 km/t over ca. 2,5 km
- Reduktion banedriftsomkostninger

Punktigheden i Holland er løbende forbedret fra 80 % i 2001 til næsten 92 % i 2019 (årgennemsnit på rettidige togankomster indenfor 3 minutter). I 2015, 2 år før ombygningen blev færdig, var over 39.000 tog forsinket på Utrecht hovedbanegård. Det var i 2019 næsten halveret til 22.000. Utrecht er gået fra at være det jernbaneknudepunkt i Holland med laveste punktighed til det bedste knudepunkt med hensyn til punktighed.



Figur 48: Udvikling i togpunktighed (%) i Holland på hovednettet fra 2001 til 2019. Kilde: ProRail



NS-tog har altid togfører til afgangprocedure og kører overalt med 8 % tillæg, som fordeles jævnt mellem stationer. Regionaltog (Arriva, Connexion, Keolis, Qbuzz) er enmandsbetjente og har 4 % tillæg. Stationsophold fastsættes til 50 %-fraktilen af målte holdetider inklusive personaleprocedure og igangsætning.

Punktligheden for DSB's fjerntog er til sammenligning typisk omkring 80-85 % opgjort månedsvis. I den nuværende danske køreplan er tillægget senest hævet i K19 og varierer mellem 10-20 %. Stationsopholdstider fastsættes ved 75 %-fraktilen i myldretider, hvilket gennemsnitligt medfører et supplerende tillæg.

Før ombygningen var der typisk 100 sporskiftefejl på hovedbanegården i Utrecht per år. Det var i 2018 reduceret med 90 % til 10 sporskiftefejl for hele året. Årsagen er langt færre sporskifter og færre typer, hvilket giver færre fejlkilder og større overblik.

Nye sporskifter er udstyret med detektorer, som giver indikationer om tilstand, hvorved inspektioner og vedligehold kan målrettes.

Projektet i Utrecht havde en særbevilling. Andre hollandske projekter selvfinansieres gennem reduktioner i driftsbudgetter, hvilket især kan ske ved reduktion af antal og variation af sporskifter. Vedligehold koster typisk 75.000 kr. om året pr. sporskifte i Holland, hvilket er på niveau med danske erfaringer.

Projekter med en tilbagebetalingstid under 20 år vedtages umiddelbart, mellem 20-30 år overvejes og over 30 år afvises. På det grundlag foreligger nu en plan for hele det hollandske banenet med andre tilsvarende ombygninger. Store renoveringer, såsom Amsterdam Central Station, kræver stadig ekstra finansiering fra regeringen.

Baggrunden for beslutningen om det forenklede design i 2014 var en benchmarkundersøgelse udført i 2010, som havde til formål at lære af japansk jernbanedrift. Man troede, at konklusionen ville blive, at man kunne øge kapaciteten ved at reducere togfølgebufferen og få de operationelle medarbejdere til at arbejde lidt hårdere.

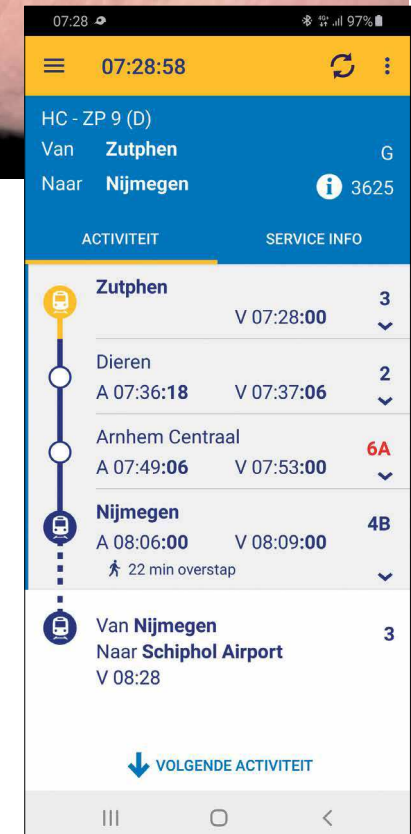
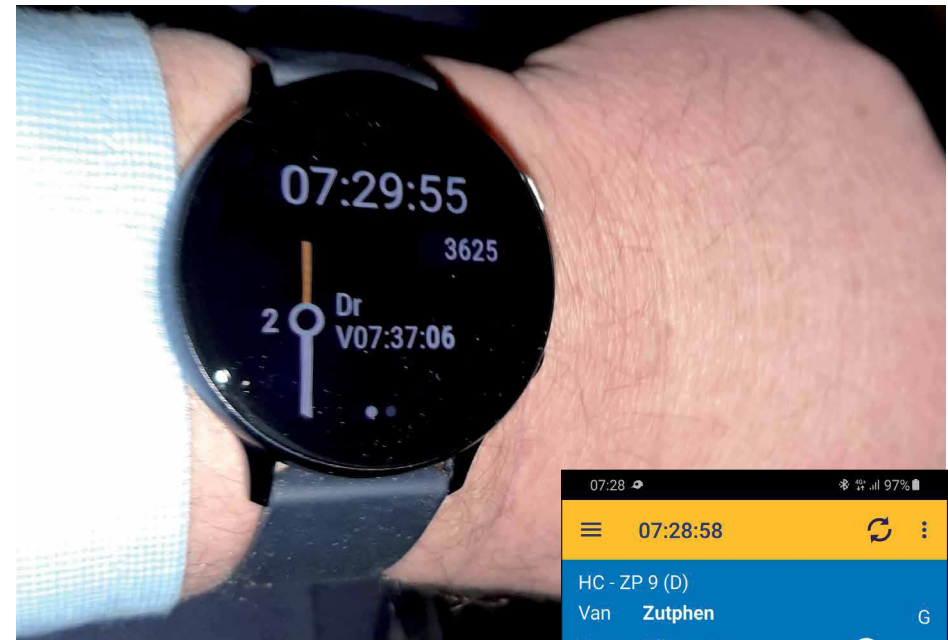
Konklusionen var dog overraskende, at togfølgebufferen var større i Japan end i Holland, og at arbejdspresset på de operationelle medarbejdere betydelig lavere. I stedet måtte man forstå årsagerne til forskellen i den japanske og hollandske tilstand. Lærdommen omsattes til dette motto: "Vi kan ikke forvente, at de operationelle medarbejdere eller regeringen kan løse de problemer, jernbanen selv har skabt. I stedet skal vi gøre det muligt for medarbejderne at gøre deres job samt reducere vores operationelle omkostninger."

Den overordnede strategiske tilgang er, at først må tilstanden forbedres med mere stabil køreplanstruktur og en forenklet og målrettet infrastruktur samt bedre operationel kvalitet. Når det er opnået, kan frekvensen øges. Forsinkelser opstår, hvis spredningen i driftspraksis er større end togfølgebufferen i køreplanen. Derfor er der kun to måder at forbedre punktligheden på, hvoraf ingen kræver investeringer: Enten reducere spredningen i den daglige drift eller forøge togfølgebufferen i køreplanen (ikke for meget, men nok).

For at gøre dette må man vide, om der er tilstrækkelig buffer, præcist på sekundet. Altid og overalt. Hver hollandsk køreplan inklusive godstog gennemregnes med en deterministisk mikrosimulering på disse præmisser, hvor der er brugt 3 år på at bygge en præcis model. Køreplanen godkendes ikke før det overalt er muligt at køre uden indbyrdes konflikt, der medfører forsinkelser eller signaler på stop. Simuleringerne indeholder en togfølgebuffer på 60 sekunder.

Øget punktlighed koster nogle gange kapacitet. Hvis der kræves mere kapacitet, er løsningen ikke at reducere togfølgebufferne, men at øge infrastrukturens ydeevne ved at udskifte den historiske 'spaghetti' af sporskifter og krydsninger med forenklede stationer med højere hastigheder og kortere togfølge.

Dette kan virke meget dyrt, men fornyelse af unødvendige sporskifter er dyrere i et LCC-perspektiv. Den operationelle kvalitet er forbedret med instruktioner til lokoførere og togførere målt i sekunder samt en smartwatch til togførere med nedtælling til afgang.



Figur 49: Punktligheden i Holland er forbedret med køreplaner, som altid indeholder en buffer på 60 sekunder og er lagt præcist på sekundet, og et smartwatch til alt togpersonale med nedtælling til afgang.

Bilag 6. Driftsseparation i Tokyo

På Tokyos hovedbanegård køres strækningerne fuldt adskilt på et simpelt sporlayout og med egne materiel- og personaleressourcer og særskilte depotanlæg.

På Tokyos hovedbanegård benyttes et helt separeret driftskoncept. Der er 20 perronspor, men de er opdelt i seks separate trafiksystemer, hvorimellem der ikke findes sporforbindelser. Det er kun muligt at omdisponere togene tæt på perronerne og kun i meget begrænset omfang.

Hvert af disse trafiksystemer har egne materielressourcer og depotanlæg, også selv om der er tale om samme type togmateriel. Til depotområderne, som typisk ligger 5-10 km fra hovedbanegården, er der niveaufri adgang fra trafikspor

Fordelen er et enklere koncept, hvor forstyrrelser ikke forplanter sig mellem strækninger, samt mere overskuelige enheder med adskilt ressourcestyring og entydig ansvarsplacering ift. materiel og personale. Det giver også en simplere og billigere infrastruktur med langt færre sporskifter. Således er der i alt 34 sporskifter til betjening af 20 perronspor. På København H med 9 perronspor findes ca. 60 sporskifter til togvejsspor, hertil kommer sporskifter i depotspor.

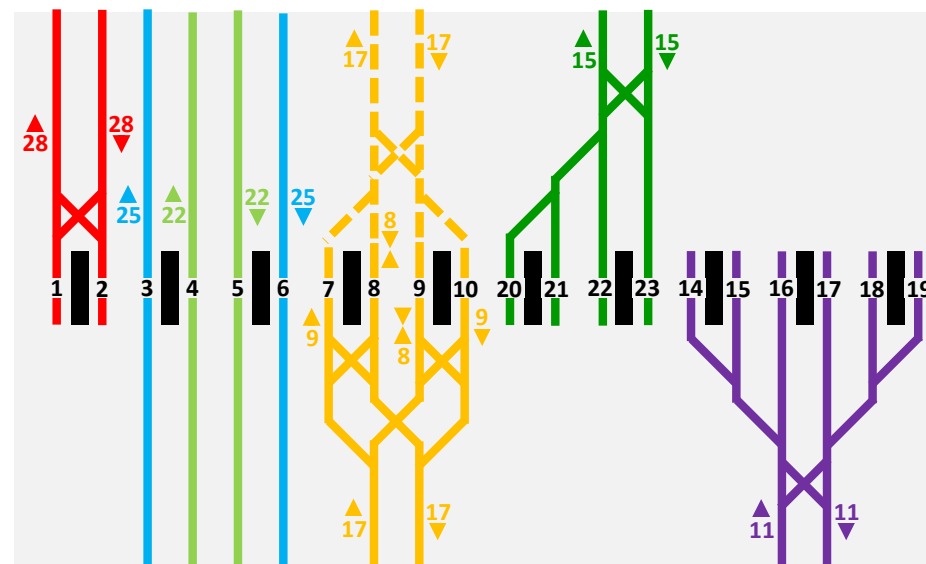
I den travleste time afvikles tilsammen over 120 tog i hver retning. På et døgn afvikles tilsammen mere end 1.500 tog i hver retning.

Perronsporene 1-10 er smalsporede baner fordelt på fire forskellige trafiksystemer. Nogle af disse har karakter af forstadsbaner med kort afstand mellem stationer, mens andre betjener længere kørende regionaltog eller fjern tog og har længere mellem stationerne.

Perronspor 14-23 er normalsporede og anvendes til to forskellige Shinkansen-højhastighedssystemer mod henholdsvis sydvest (Tokaido-Shinkasen) og nord (Tohoku/Joetsu-Shinkasen).

De seks forskellige trafiksystemer anvendes således:

- 1) Perronspor 1 og 2 fungerer som sækbanegård til Chuo-linjen. Det er et regionalt togsystem i vestlig retning, som efter ca. 35 km forgrener sig mod flere endestationer op til 85 km væk. I spidstimen køres 28 tog i hver retning, som vender på to spor, dvs. der vendes et tog pr. spor hvert 4,3 minut. Udenfor myldretider køres typisk 14 tog pr. time.



Figur 50: Togsystemer i Tokyo (antal tog pr. time) og sporbenyttelse

2) Perronspor 4 og 5 anvendes til Yamanote-linjen, som er en ringlinje på ca. 35 km med 29 stationer, der er gennemkørende på hovedbanegården og således anvendes som trinbræt. I spidstimen køres 22 tog pr. time i hver retning, i dagtimer typisk 15-20 tog pr. time i hver retning.



Figur 51: Togsystemer gennem Tokyo

3) Perronspor 3 og 6 anvendes til Keihin-Tohuko-linjen, som er en radiallinje fra Omiya i nord til Ofuna i syd på i alt er ca. 80 km med 42 stationer. I spidstimen køres 25 tog pr. time i hver retning gennem Tokyo hovedbanegård og i dagtimer 11-12 tog pr. time i hver retning. Keihin-Tohuko-linjen anvender som Yamanote-linjen hovedbanegården som trinbræt.

4) Perronspor 7, 8, 9 og 10 udgjorde tidligere en sækbanegård for Tokaido-hovedlinjen mod syd, men blev i 2015 udbygget med et dobbeltspor igennem til banegården Ueno knap 4 km nord for hovedbanegården. Ueno er endestation for en række linjer nordfra. Nogle af disse blev efter ombygningen forlænget til Tokyo hovedbanegård, mens andre blev bundet sammen med toglinjer på Tokaido-hovedlinjen. Der kører både regionaltog og regionale eksprestog til destinationer 60-100 km væk, men der betjenes også visse fjern tog, som kører 100-150 km væk eller længere. I spidstimen afvikles i alt 26 tog pr. time i hver retning, hvoraf 8 er gennemkørende, mens 9 vender fra nord og 9 vender fra syd. I dagtimer er der typisk 14 tog pr. time i hver retning, hvoraf 4 er gennemkørende, mens 4 vender fra nord og 6 vender fra syd.

5) Spor 20, 21, 22 og 23 anvendes til Tohoku/Joetsu-Shinkasen, som ender i en sækbanegård med 4 perronspor. Herfra afvikles 15 tog i spidstimen i hver retning foruden materielkørsel til værksteder, dvs. et plantog pr. spor hvert 16 minut. I øvrige timer afvikles typisk 9-12 tog pr. retning.

6) Spor 14, 15, 16, 17, 18 og 19 anvendes til Tokaido-Shinkansen, som ender i en sækbanegård med 6 perronspor. Herfra afvikles henholdsvis 11 tog i spidstimen i hver retning foruden materielkørsel til værksteder, dvs. et plantog pr. spor hvert 24 minut. I øvrige timer afvikles typisk 8-10 tog pr. retning.

Banedanmark
Anlægsudvikling
Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

Telefon 82 34 00 00
Banedanmark@bane.dk
www.bane.dk

banedanmark

