

KØBENHAVN



MALMÖ



**SAMMENFATNINGSRAPPORT
TEKNIK OG ANLÆG
TRANSPORT DATA LAB**

**ØRESUNDSMETRO »
KØBENHAVN
MALMØ
2013**



INDHOLD

1	Indledning	
2	Samspil og system Øresundsbro-Øresundsmetro	
	▶ Status på Øresundstrafikken	5
	▶ Høj kapacitetsudnyttelse i Øresunds banenet	6
	▶ Fortsat vækst i Øresundstrafikken	6
	▶ Kapacitetsudfordringerne – danske tiltag	8
	▶ Øresundstrafik og lufthavnsknudepunktet CPH	11
	▶ Godstransporten vil vokse	11
	▶ Kapacitetsudfordringerne i Skåne – nye tiltag	13
	▶ Den skånske togstrategi	13
	▶ Øresundsmetro aflaster Øresundsbron	15
	▶ Erfaringer med Københavns Metro som et udgangspunkt	17
3	Rejsestrømme og trafikoplæg	
	▶ Trafikalt koncept for pendulløsning	19
	▶ Trafikalt koncept for integreret løsning	20
	▶ Stadier i udbygningen	21
	▶ Rejsetidsgevinster	23
	▶ Modelgrundlag for passagerprognoser	24
	▶ Beregningsforudsætninger	24
	▶ Resultater af beregningerne	26
	▶ Rullende materiel	29
	▶ Konfiguration af togsæt	29
	▶ Kapacitet i Øresundsmetrosystemet	30
	▶ Arbejdsdeling mellem Øresundsmetro og Øresundsbron	31
	▶ Kapaciteten over Øresund kan prioriteres anderledes	32
	▶ 3 scenarier for bedre kapacitetsudnyttelse	33
	▶ Direkte linjer og rejsetidsfordele	38
	▶ Kapacitetsbelastning til grænsen	38
	▶ Drift og regularitet kan forbedres	39
	▶ Opsummering	40
4	Anlægstekniske løsningsforslag	
	▶ Principløsninger	42
	▶ Estimer for anlægsinvesteringer	43
	▶ Boret tunnel for regionaltog	44
	▶ Boret tunnel for metrotog	44
	▶ Boret tunnel for regionaltog	44
	▶ Sænketunnel for metro	46
	▶ Sænketunnel for regionaltog	46
	▶ Sænketunnel og lavbro for metro	46
	▶ Linjeføring for borede tunnelløsninger	48
	▶ Linjeføring for sænketunnelløsningerne	49
	▶ Miljømæssige og geotekniske udfordringer	50
	▶ Kyst-kyst strækningen med tilkoblinger	51
	▶ De centrale trafikknudepunkter på hver side	53
5	Konklusion – og videre undersøgelser	

1. Indledning

Nærværende rapport sammenfatter analyser af fremtidens Øresundstrafiksystem, hvor også en Øresundsmetro er blevet en del af hverdagen. Med udgangspunkt i erfaringerne for etablering af metro i København opsummeres her de anlægstekniske overvejelser for en metrolinje, der går tværs over Øresund, ligesom de trafikale effekter gennemgås.

Det samlede interregprogram for undersøgelserne af mulighederne for at etablere en Øresundsmetro omfatter analyse af trafikken over Øresundsbron, kapacitetsanalyse, fremtidig efterspørgsel og prognoser samt ikke mindst de fysisk-tekniske muligheder for at bygge en ny fast forbindelse. Desuden undersøges samfundsmæssige og erhvervsudviklingsmæssige aspekter.

En Øresundsmetro skal først og fremmest kunne byde ind med nye vækstperspektiver og øget integration på tværs af Øresund, idet et nyt grænseoverskridende metrosystem bidrager med ny kapacitet hertil. Herigennem opstår mulighed for et godt sampil med den eksisterende Øresundsforbindelse. Hypotesen er, at broens kapacitet vil kunne udnyttes langt bedre i fremtiden, dersom ændringer i det samlede Øresundstrafiksystem gennemføres.

I dag forekommer en uheldig sammenblanding af den vigtige tilbringertrafik, der går til Københavns Lufthavn Kastrup, og den trafik som går mellem bycentrene i København og Malmö. De ofte forekommende store togforsinkelser, som respektive trafikoperatører på begge sider af sundet forsøger at minimere, er en kilde til irritation for pendlerne. 5 minutters forsinkelse betyder, at korrespondancen til bus, S-tog, Pågatåg etc. ikke nås, mens en mindre forsinkelse typisk ikke udgør det samme problem for den, der skal videre med et fly fra lufthavnen.

Sammenblandingen af rejsetyper såsom pendling, business rejser, fritidsture mm. er årsag til problemer. De faste pendlere er vant til at kæmpe sig frem til en siddeplads som kan efterlade frustrerede flyrejsende til ståpladser, mens pendlerne irriteres over den store bagage/alle kufferterne som rejsende medbringer på den længere tur med fly ud i verden.

Sådan er det! En konflikt som er svær at løse, om end metroen til Københavns Lufthavn Kastrup (linje M2) efterhånden supplerer Øresundstog på dansk side med ganske mange af de kollektivt rejsende til/fra lufthavnen (20%), og dermed i nogen grad får separeret de forskellige trafikstrømme. Men konflikten er langt mere fundamental, da en voksende godstransport betyder, at kapaciteten i fremtiden i højere grad må anvendes til godstog i transit mellem Sverige og Tyskland. Med åbning af Femern Bælt-forbindelsen vil det være oplagt at introducere nye hurtige fjerntog mellem Skandinavien og Kontinentet. Når EU's planer for det trans-europæiske net over de kommende år realiseres, skal der også være plads til den nye generation af højhastighedstog over Øresundsbron.

En effektiv aflastning af Øresundsbron er derfor nødvendig, og i det lys er undersøgt mulighederne for at separere trafikstrømmene. I det perspektiv er det interessant om der kan realiseres en opdeling af trafiksystemet mellem en Øresundsmetro og brotrafikken, der betjener de længere distancer og trafikken til/fra Københavns Lufthavn Kastrup. Selv når vi ser på de kapacitetsmæssige forbedringer, der er gennemført eller er ved at blive etableret på den nuværende brostrækning, vil dette ikke tilnærmelsesvist have samme aflastningskapacitet som en metro. I de kommende år udbygges stationen Københavns Lufthavn Kastrup, men ligesom åbningen af Citytunneln gennem Malmö i sig selv udgjorde den største enkeltstående forbedring på Øresundslandstrækningen, vil kapaciteten hurtigt blive opbrugt pga. den fortsat store stigning i trafikken mellem Danmark og Sverige, og til/fra Lufthavnen, der vokser ganske hurtigt i disse år.

Der er gennem projektet arbejdet med flere typer af metrosystem. Et system, der tager udgangspunkt i den nuværende metro med en hastighedsopgradering fra 90 til 100 km/t. Der arbejdes også med en snabb-metro eller ekspresmetro om man vil. Det drejer sig om en variant på 140 km/t, som integrerer det bedste fra de tekniske løsninger i den nuværende metro med egenskaber fra trafikale koncepter med højere hastighed. Endelig er der tænkt i et system, der nærmer sig de nuværende Øresundstog, idet hastigheden hæves til 160 km/t. I takt med hastighedsforøgelserne er der også et væld af krav til selve det fysiske anlæg, som må være kraftigere dimensioneret sikkerhedsmæssigt mv.

Størrelse på tunnelprofilerne på forbindelsen, og selve tunneltypen, spiller afgørende ind på selve anlægsomkostningerne. En optimering af kyst-kyst anlægsdimensionerne, metrokonceptet og dets hastighed er vigtig. Den nuværende metro udmærker sig med en frekvens, hvor togene kører med afgangintervaller på 100 sek. Hvis hastigheden øges, kan frekvensen blive lidt lavere. Rapporten her skal gennemgå anlægsteknikken, tunnelpriserne, trafikoplæg, forventet trafikefterspørgsel, o.m.a. Prognoserne er på et indledende stadie, og det er også de anlægstekniske analyser. Men i nærværende rapport skal vi have et indblik i, hvilke løsninger, der synes at være farbare og interessante helt umiddelbart.

Prognoserne giver et klart fingerpeg om, at en rejsetid på 15-20 minutter over sundet med afgang hvert 2. eller 3. minut vil fremstå meget attraktiv for passage-erne. Markedsresponsen er kraftig som følge af de store benefits trafikanterne opnår. Omfanget af de tekniske anlæg er dog også betydeligt. Fremtidens moderne transportsystem over Øresund kræver således relativt store investeringer.

Metroen i København åbnede sine første linjer M1 og M2 mellem de centrale bydele og Ørestad henholdsvis Lufthavnen i 2002 og 2007. I byggefase er Cityringen og Nordhavnslinjen, M3 og M4, med åbning i 2018-2019, og på beslutningsstadiet ligger en Sydhavnslinje. På hvilken måde en Øresundsmetro kunne udgøre en kommende etape skal nærværende rapport beskrive.

2. Samspil og system Øresundsbro-Øresundsmetro

Status på Øresundstrafikken

Det går fremad for den kollektive trafik mellem Danmark og Sverige. Ganske vist har den økonomiske krise fået den dansk-svenske pendlertrafik over Øresund til at stagnere, og personbiltrafikken er gået marginalt tilbage. Visse indikationer på at væksten er gået i stå findes altså. Men Øresundsbroen har også oplevet en fremgang i de senere år på godstransporterne på bane og vej, og hertil kommer den kollektive trafik med persontog, som er gået støt og roligt gennem kriseårene med fremgang måned for måned.

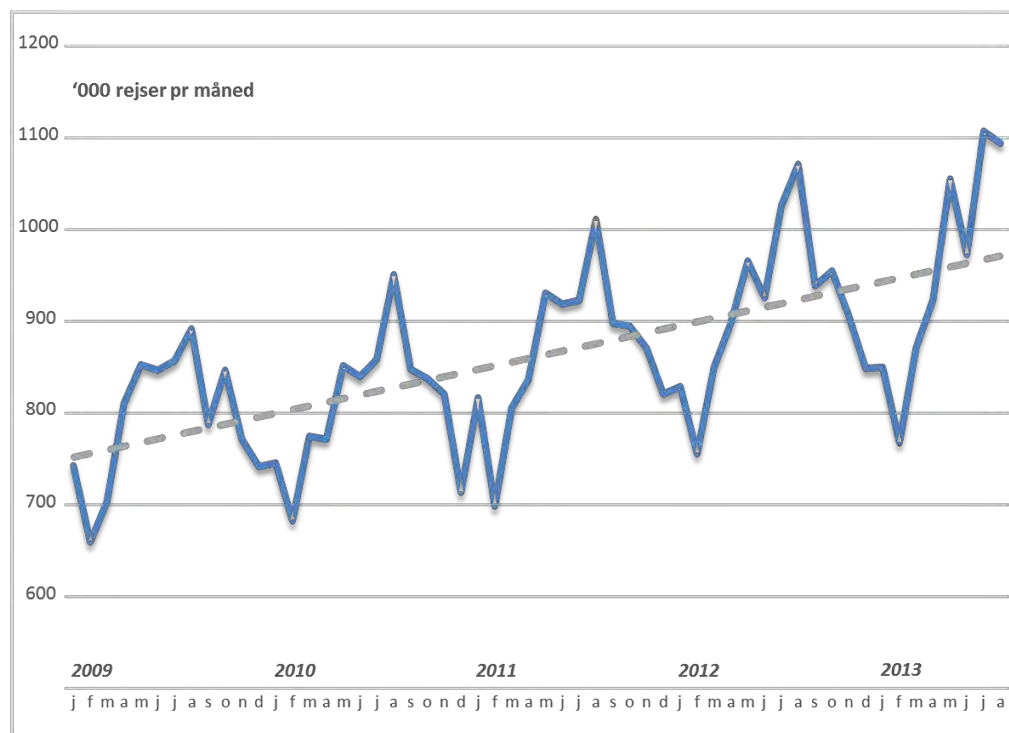


Fig 1: Persontogtrafik over Øresundsbron med Øresundstog, dvs. excl trafik med SJ2000 mm.

I 2013 fortsætter trafikken med at vokse i Øresundstogene (i 2013 tegner sig en vækst på omkring +4%), selvom den egentlige pendling er gået ned (målt på salg af månedskort) jf. figur nedenfor. Når togtrafikken alligevel går frem beror dette på, at omfanget af fritids- og erhvervsrejser er voksende, dvs. besøgs-, oplevelses- og forretningsrejser mm.

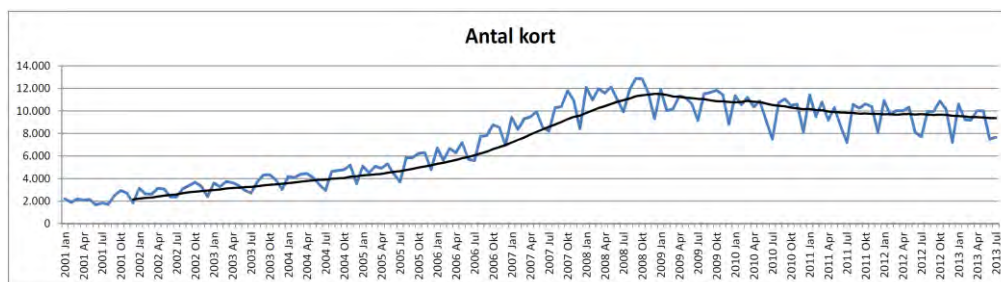


Fig 2: Salg af pendlerkort har svag nedadgående tendens, Trafikstyrelsen 2013.

Høj kapacitetsudnyttelse i Øresunds banenet

Som helhed køres i banenettet omkring Øresund en *meget intensiv* togtrafik forstået som de producerede togkm i forhold til de til rådighed værende sporkm.

Belastningen i nettet er derfor så høj, at forsinkelser og effekter af hændelser, som måtte optræde på den ene side Sundet, nemt forplanter sig til den anden side. En række operative foranstaltninger er implementeret, hvilket sammen med nyt signalsystem vil kunne give en vis forbedring i kvaliteten i trafikafviklingen.

Diskussionen og analyser af den langsigtede udvikling af Øresundstrafikken fortsætter imidlertid, idet kapacitetsbristerne/flaskehalsene i nettet som det fremgår af nedenstående oversigt, indgår i de respektive nationale planer som anerkendte problemstillinger.

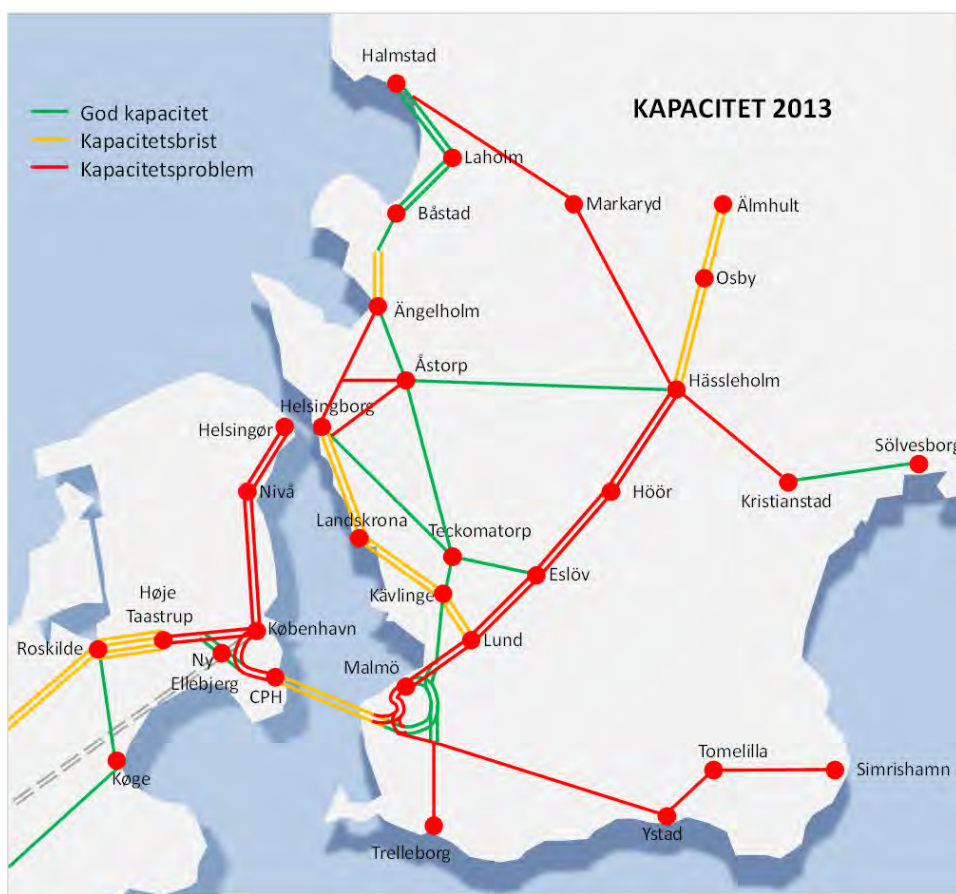


Fig 3: Systemanalyse Øresund (Rambøll 2013) med sammenfatning af Trafikverkets og Banedanmarks opgørelse af kapacitetssituationen.

Fortsat vækst i Øresundstrafikken

Som dimensioneringsforudsætning for vurdering af det langsigtede kapacitetsbehov på jernbanen er opstillet en række udviklingstrends for togtrafikken fordelt på hovedbanenettet i Danmark. For den grænsekrydsende trafik, hvor der også

eksisterer "fri" fjerntrafik som bl.a. SJ opererer, er der tale om en vis usikkerhed i opgørelsen, dvs. at der ofte ikke oplyses om passagertal i disse tog over Øresund. Det samlede billede for udvikling i den kollektive trafik over Øresund er, at om 20 år vil aktiviteten være omkring fordoblet. Vækstårene 2005-2008 gav meget store fremgange, men herefter ændrede finanskrisen situationen. Stigningen på 125% fra 2001 frem til i dag har dog samlet afsløret en høj gennemsnitlig vækstrate og et bagvedliggende stort potentiale.

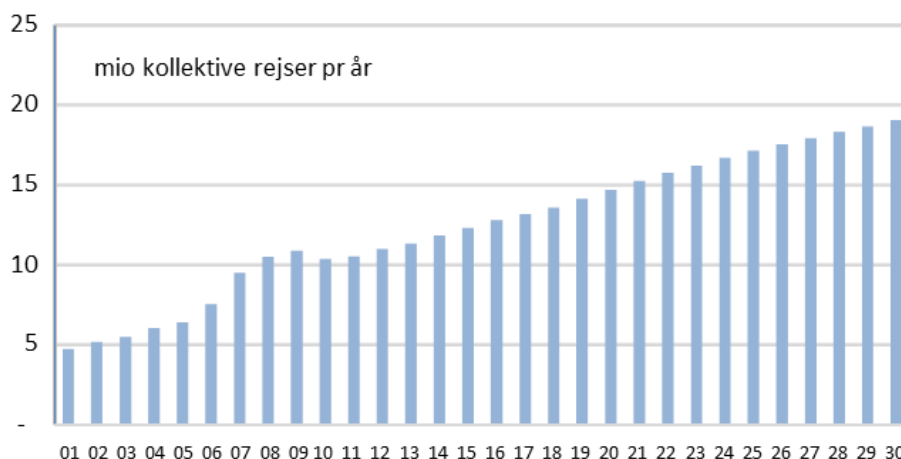


Fig 4: Udvikling i det samlede antal togrejser over Øresundsbron fremskrevet til basisår 2030 u/metro (WSP, 2013).

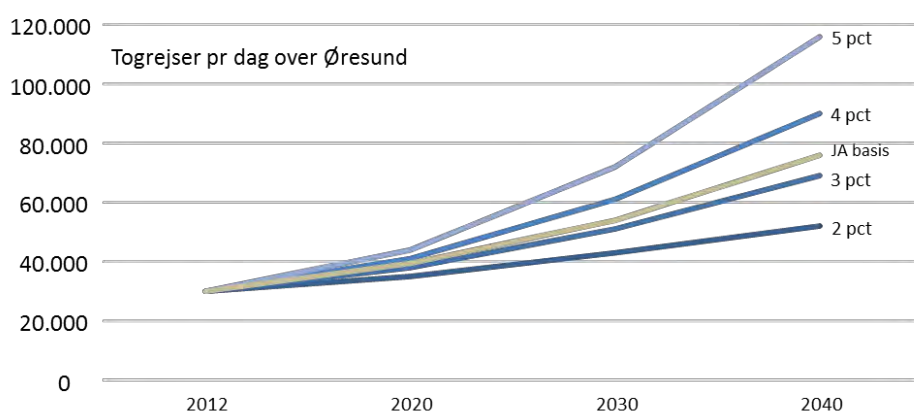
Sammenstiller vi forskellige forsøg på at forudsige togtrafikken over Øresund ses det, at der forekommer en vis variation i udmeldingerne. For prognoseår 2030 hører Skånes Togstrategi til en af de mest optimistiske forventninger til udvikling i den kollektive trafik, men denne strategi forudsætter også meget store infrastrukturinvesteringer.

Togrejser Øresund	Pronoseår	Prognose
Skånetrafikens tågstrategi 2007	2030	29,9 mio
Øresundsbro Konsortiet 2008	2025	18,6 mio
Øresundsbro Konsortiet 2011	2030	17,9 mio
Trafikstyrelsen, Trafikplan	2027	16,9 mio
IBU 2010	2030	21,2 mio
WSP Øresundsmetro (basis)	2030	19,7 mio

Tab. 1: Forskellige forventninger til fremtidig togtrafik. Takster og andre forudsætninger er ikke sammenlignelige mellem kilderne. Trafikstyrelsens tal støtter sig til Trafikplan 2012-2027.

Med en årlig gennemsnitlig vækst på 8 procent i togrejserne over Øresund for de 12 første år hører Øresundstogkonceptet til et markant og succesfuldt eksempel på et kollektivt trafikprojekt, - ikke alene i Skandinavien men også på europæisk plan. Med fremskrivning af den nuværende trafik med en generel vækstfaktor uden inddragelse af andre forudsætninger, der medvirker til at ændre rejsestrømmen.

Fremskrivning	2012	2020	2030	2040
Vækst 2%	30.000	35.000	43.000	52.000
Vækst 3%	30.000	38.000	* 51.000	69.000
Vækst 4%	30.000	41.000	61.000	90.000
Vækst 5%	30.000	44.000	72.000	116.000



Tab. 2: Vækst i antal Øresundstogrejser (dagligt) ved forskellige vækstfremskrivninger.

*) Estimeret for basistrafikken i 2030 er 54.000 passagerer (WSP).

Mange faktorer bestemmer den faktiske trafikudvikling i de kommende år. Med stor sandsynlighed kommer de nuværende Øresundstog ikke til at køre hurtigere og oftere, og Øresunds tidsbarriere vil dermed ikke kunne reduceres. På dette grundlag må fremskrivninger alene betragtes som generelt øget baggrundsvækst.

Takstniveauet er ikke specielt lavt på Øresund. Det er meget dyrere at rejse over Øresund end gennem takstzonerne i øvrigt i hovedstadsområdet og i Skåne. Hvis priserne blev mere fordelagtige ville flere mennesker rejse på tværs af Øresund, men andre faktorer såsom pålidelighed af driften og frekvensen er ligeledes væsentlige.

Konjunkturrelle op- og nedture spiller også en betydelig rolle, ligesom strukturelle effekter på bolig- og arbejdsmarked. Det må antages, at trafikefterspørgslen derfor generelt vil vokse, og der er her antaget en langsigtet vækstrate på 3,4% (WSP). Prognoserne skal gennemgås senere, og i første række tjene som grundlag for dimensionering og kapacitet.

Kapacitetsudfordringerne – danske tiltag

Den intense trafikering på Øresundsbanen mellem Københavns Lufthavn Kastrup og Hovedbanegården fremgår af meldingerne fra Banedanmark. Den nuværende køreplan og togudbud på strækningen over Amager har fået Banedanmark til at erklære Øresundsbanen for kapacitetsmæssigt overbelastet ifølge normen UIC-406 (se Kapacitetsanalyse for overbelastet infrastruktur, 2010, Banedanmark).

Med den aktuelle situation som udgangspunkt har banemyndigheden iværksat strategiske tiltag (Kapacitetsforbedringsplan, Banedanmark 2011), som på hen-

sigtsmæssig måde skal kunne tilvejebringe den fornødne kapacitet på Øresundsbanen på længere sigt. EU's handlingsdirektiv foreskriver i øvrigt, at også ved formodning om trafikforøgelse/kapacitetsbelastning skal der opstilles mulige tiltag. Dette er reelt efterkommet, idet der for nærværende pågår analyser af kapacitetsudbygningsmuligheder på Øresundsbanen jf. igangværende miljøredegørelse for udbygning af kapaciteten.

I dag er der på Øresundsbanen tale om en heterogen togtrafik med en blanding af person- og godstrafik, hvor det har været nødvendigt at forlænge køretiden i forhold til en mere optimal drift (jf. Trafikstyrelsen, 2012). Det vil sige, at den operative planlægning har brugt af reserven for tidstillæg med henblik på at gøre togtrafikken mere robust og homogen.

For nuværende er situationen, at perronkapaciteten på stationen i Københavns Lufthavn Kastrup er opbrugt, og godstogene skaber konflikter med øvrige tog. I 2018, hvor den nye bane mellem København og Ringsted åbner, udnyttes Hovedbanegårdens kapacitets fuldt ud, og dermed er der både behov for at udbygge den centrale knudepunktskapacitet og lufthavnsstationen. I Transportministeriet i Danmark ses der konkret på udbygningsmuligheder, jf. undersøgelser af knudepunktskapacitet (herunder Ny Ellebjerg-terminalen), ligesom der foregår en række analyser af de specifikke muligheder for at udbygge kapaciteten på Hovedbanegården og/eller andre stationer.

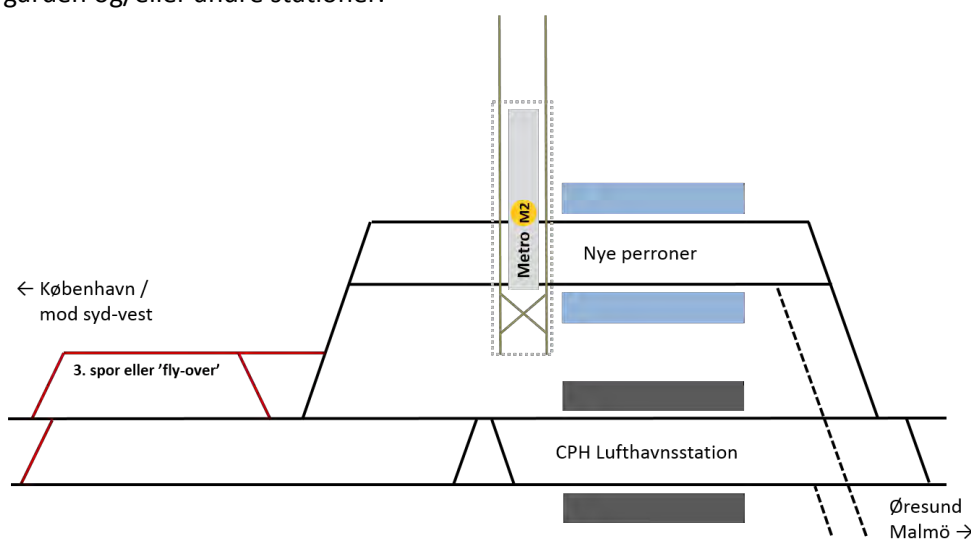


Fig 5: Aktuelle løsninger til udbygning af stationen Københavns Lufthavn Kastrup.

Trafikstyrelsen har i sine langsigtede planer forventninger om, at den grænseskrydende person- og godstransport over Øresund vil udvise en vækst lidt over gennemsnittet, og at denne vækst udgør et bidrag i målet for den grønne danske transportpolitik om en fordobling af togtrafikken med udgangen af 2030. I den sammenhæng vil de igangværende danske kapacitetsundersøgelser pege på, at der ligger et behov for at bygge ud i knudepunkterne Københavns Lufthavn Kastrup henholdsvis Ny Ellebjerg samt en eller anden form for kapacitetsudbygning på Øresundsbanen på længere sigt, dvs. et ekstra eller to ekstra spor (3-4 spor) på

strækningen Ørestad-Kalvebod, herunder en udvidelse af Ørestad station med ekstra perronspor, som kan blive nødvendig, hvis efterspørgslen skal imødekommes.

Flaskehalsene i jernbanenettet kan principielt løses enten ved at udbygge kapaciteten i de eksisterende banekorridorer eller ved at bygge nye baner i helt nye korridorer. Kapacitetsudfordringerne i det eksisterende net er naturligvis for de danske trafikmyndigheder det primære fokus, men der arbejdes også med helt nye korridorer i 2030-2050 perspektivet, jf. arbejdet med de strategiske analyser og den danske Togfond.

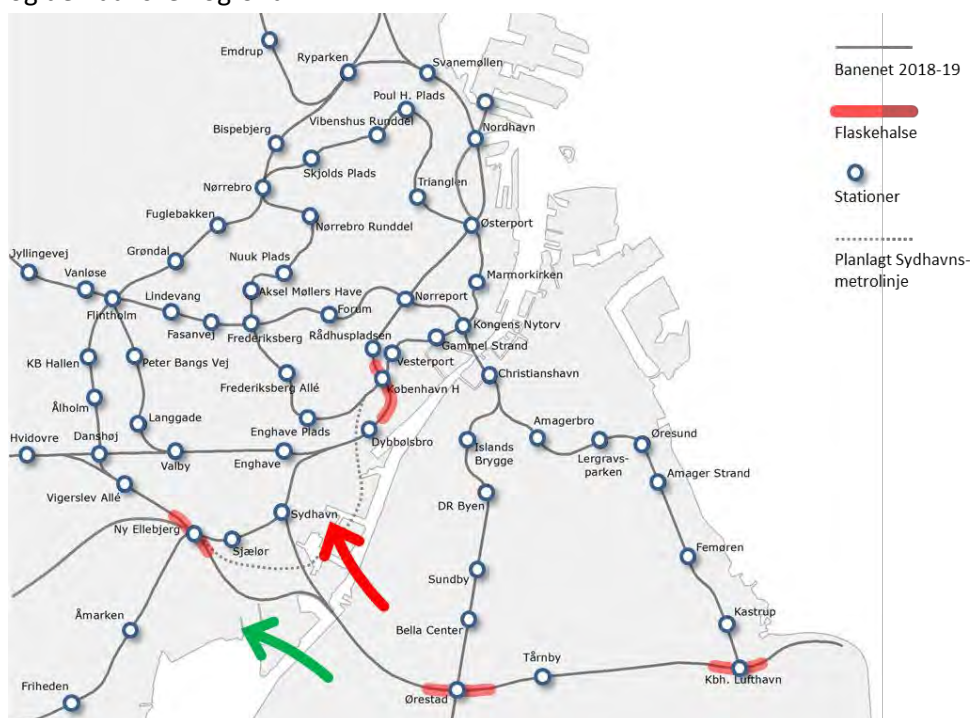


Fig 6: Kapacitetsbelastning på banenettet, med største problemer nærmest Kbh H.

Opsummerende er de relevante udbygningsplaner på dansk side som følger:

- ▶ Projekterne København-Ringsted og Ringsted-Rødby omfatter i gangværende byggeri for 24 mia DKK inkl. ny Storstrømsbro, hvortil kommer selve Femern Bælt-tunnelprojektet (samlet fordobles kapaciteten).
- ▶ Udbygning af kapacitet i stationen Københavns Lufthavn Kastrup er planlagt. Retningsdrift detailundersøges. Beslutning ventes primo 2014.
- ▶ Knudepunktet Ny Ellebjerg er under etablering (ny station), men yderligere kapacitet (flyover) er under planlægning samt tilslutning med en metrolinje via Sydhavnen (anbefalinger foreligger)
- ▶ Yderligere kapacitet på Øresundsbanen omkring Ørestad station undersøges sammen med andre løsninger
- ▶ Yderligere kapacitet på Københavns Hovedbanegård undersøges med flere muligheder for udbygning af stationen med nye perronspor under Bernstorffsgade, nye indkilede perroner under eller i niveau med Tietgensbro, perroner ved Dybbølsbro, ved den gamle Postterminal etc.

Øresundstrafik og knudepunktet CPH

Blandt de meget vigtige 'omverdensfaktorer' som medvirker til at bestemme Øresundstrafikken, er udviklingen i regionens store knudepunkt Københavns Lufthavn Kastrup. Sammenlignet med andre knudepunkter har lufthavnen desværre oplevet en relativ nedgang, men den langsigtede prognose peger på fortsat vækst i flytrafikken, som typisk præsterer en klar overgennemsnitlig vækst i forhold til andre transportformer.

Lufthavnens udbygningsplaner for eksisterende terminaler og terminal 4 betyder, at der frem mod 2020 kan rummes en vækst fra dagens niveau på 23,5 til 30 mio flyrejser. Lufthavsadministrationen har fremlagt en strategi som – på lang sigt – taler om behov for at skaffe kapacitet til at håndtere en efterspørgsel på 40 mio flyrejser, hvilket øger tilbringertrafikken til lufthavnen betydeligt, idet halvdelen af de flyrejsende benytter kollektiv trafik. Hertil kommer, at beskæftigelsen i back-up virksomheder tilknyttet lufthavnens aktiviteter øges. Sammen med en vækst i den øvrige grænsekrydsende gods- og persontogstrafik mellem Danmark og Sverige vil der genereres en voksende trafik på Øresundsbanen af ikke ubetydeligt omfang.

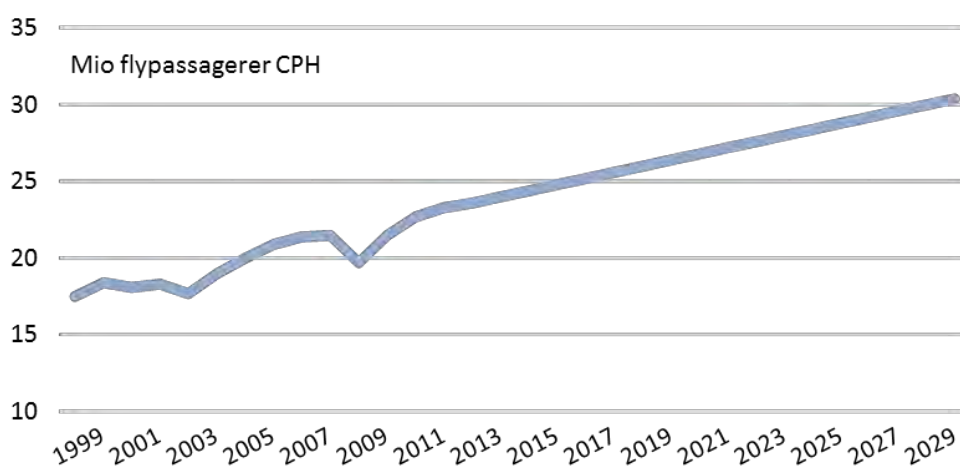


Fig 7: Antal flyrejsende Københavns Lufthavn Kastrup (CPH statistik, CPH vækststrategi 2012).

Godstransporten vil vokse

Siden Øresundsbronns åbning i 2000 er godstransporterne på jernbane fordoblet. Godstransporten på jernbane er højt prioriteret, og med åbningen af den faste Femern Bælt-forbindelse i 2021 ventes den tysk-svenske godstransit at vokse fra knapt 7 mio tons til 14 mio tons og i løbet af 25 år at nå 18 mio tons. Der foreligger forskellige prognoser for denne udvikling, og bl.a. Trafikstyrelsens har udført opdaterede studier af udviklingen (se figur).

Strækningen over Øresund udgør en del af EU's forordning vedr. 9 prioriterede godskorridorer i Europa (nord-syd korridor 3 Stockholm-Palermo). Korridoren inkluderer to store byggeprojekter nemlig Brennertunnelen og Femern Bælt-tunnelen, og i dele af korridoren er godsstrømmen allerede i dag særdeles intensiv (fx gennem Brenner passet).

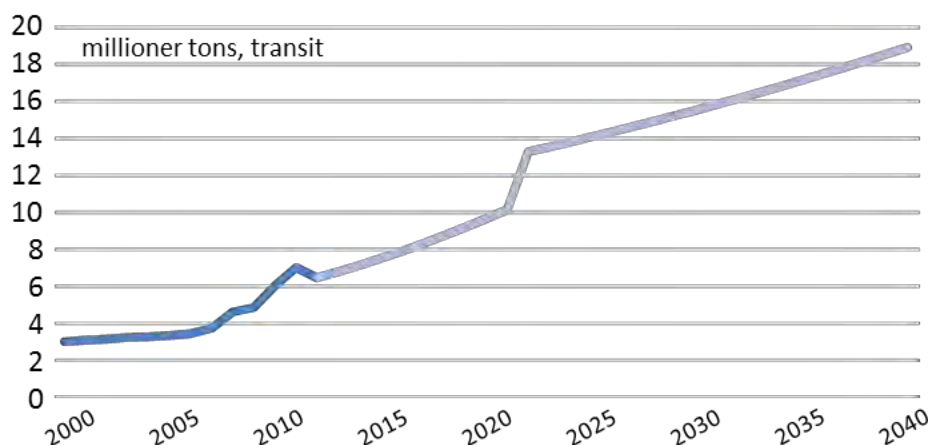


Fig 8: Godstransit via Øresundsbron, Trafikstyrelsens prognose 2013 inkl. effekt af Femern-forbindelsen 2021, og fremskrevet til 2040.

Udmeldinger fra Transportministeriets Trængselskommission 2013

Den danske såkaldte Trængselskommission beskæftiger sig med mobilitet og fremkommelighed med et stort fokus på hovedstadsområdet trafikale udfordringer nu og fremover. Analyserne omfatter også Øresundsbanen:

”En af de vigtige længere pendlerstrækninger går over Øresund. Betjeningen i korridoren vil blive forbedret ved etablering af 10-minutters drift til Malmø. Med åbningen af Femern Bælt Forbindelsen vil den internationale godstrafik i korridoren stige. Det vurderes, at der på sigt er kapacitet på selve Øresundsforbindelsen, men at de danske landanlæg kan blive en flaskehals på relativt kort sigt. Banedanmark er ved at undersøge forskellige muligheder for at udvide kapaciteten”. Kommissionen anbefaler på den baggrund, at stationen udbygges, og – selvom man ikke vil tage stilling til den konkrete løsning – opgør man investeringen til op mod 0,5 mia DKK.

I forhold til en reduktion af kapacitetsbelastningen på Københavns Hovedbanegård anbefaler Trængselskommissionen, at der bl.a. foretages investeringer i det nye knudepunkt Ny Ellebjerg, skønnet til 0,5 mia DKK. Ydermere anbefales, at dette knudepunkt forbindes med en Metro linje gennem Sydhavnen (investeringerne er anslået til mellem 6,6 og 10,2 mia DKK).

”Med Ny Ellebjerg som potentielt nyt trafikalt knudepunkt, kan det blive relevant, at lade nogle regional- og fjern tog køre fra Roskilde via Ny Ellebjerg til Københavns Lufthavn. Dette nye regionaltogets koncept (Ring Syd) vil kunne aflaste Hovedbanegården samt give rejsetidsbesparelser mod Amager og Kastrup fra de vestlige og sydlige dele af hovedstadsområdet. Tiltaget kræver umiddelbart også udbygning af Ny Ellebjerg og Glostrup station som knudepunkter, en fly-over vest for Ny Ellebjerg og udvidelse af kapaciteten på Øresundsbanen”, slutter Kommissionen og skønner et investeringsbehov på 0,8 mia DKK for at gennemføre tiltaget.

Kapacitetsudfordringerne i Skåne – nye tiltag

På svensk side er der igangværende mindre projekter omkring Kontinentalbanen i forbindelse med planen om at intensivere trafikken mod Trelleborg. Opgradering gennemføres også andre steder i banenettet af betydning for Øresundstrafikken, hvor åbning af nyt dobbeltspor gennem Hallandsås-tunnelen i 2015 er det største og længe ventede enkeltprojekt.

Hertil kommer nogle relativt små projekter, der medvirker til at forstærke 'godsstråket' gennem Skåne herunder ved Teckomatorp og etablering af forlængede mødespor, forstærkning af tilslutningen til Malmö godsbanegård og havnebanen i Norra Hamnen. Af større vigtighed er gennemførelse af ny miljøprøvningsproces i relation til en permanent øget gods- og persontrafik på Kontinentalbanen.

Kapacitetsudbygning med 2 ekstra spor mellem Malmö C og Lund (Flackarp) udgør et helt nødvendigt kapacitetsudbygningsprojekt i Skåne, som har væsentlig effekt for selve Øresundstogtrafikken. Det forberedende planarbejde har været undervejs meget længe, idet byggestart flere gange er forskubbet tidsmæssigt. De nye spor kan ibrugtages 2021, hvis den svenske regering giver sin endelige tilladelse til igangsætning inden for ½ år.

Desværre vil der fortsat være flaskehalse på strækningen Malmö-Lund, da 3-4 sporet ikke når ind til Lund C. Der er ikke nogen beslutning om anlæg af denne etape, ligesom behovet for videre kapacitetsudbygning Lund-Hässleholm med enten to ekstra spor i bestående tracé eller to helt nybyggede spor kun er perifert behandlet i de strategiske baneudbygningsplaner i Sverige.

Det samme gælder på Västskustbanen, hvor det nu er 20 år siden at beslutningen om at udbygge enkeltsporspassager til konsekvent dobbeltspor blev taget. Der mangler således byggestart for ombygning til dobbeltspor Ängelholm-Maria, hvilket også gælder etappen Maria-Helsingborg. Projekter i byggefase/planlægning de nærmeste år er som følger:

- ▶ Hallandsåstunnelen, som forøger kapaciteten væsentligt
- ▶ Malmö-Flackarp/Lund udbygges til 4 spor
- ▶ Mindre tiltag som Trelleborgsbanen og Godsstråket

Den skånske togstrategi

Ovenstående kapacitetsudbygning er forudsat realiseret i Tågstrategi 2037 (Skånetrafikken 2007), men den ambitiøse plan for kollektiv trafikvækst indeholder også langsigtede perspektiver om ekstra kapacitet tværs over Øresund. Det gælder HH-forbindelsen og 2 ekstra spor over det sydlige Øresund. Øresundsbron's kapacitet er en udfordring – ikke kun på kyst-kyst delen men også for tilslutninger til Citytunneln, Kontinentalbanen og øvrige net, når der skal være plads til den forventede vækst i person- (og gods-)trafikken.

Den skånske Tågstrategi indeholder scenarier for en udvidelse af trafikeringen med de regionale Øresundstog fra i dag max 6 tog til 9 tog pr time pr retning i 2030 foruden plads til øvrige tog såsom snabbtåg (fjerntog), godstog og IC-Bornholm mellem Ystad og København. Scenariet er dels en konsekvens af efterspørgselsvæksten på Øresund, dels en effekt af nye langdistance togsystemer efter Femern Bælt-forbindelsens åbning og den generelle opgradering af jernbanenettet i Sverige og i Danmark.

I praksis bliver det svært at gennemføre scenariet. For med 3 godstog, 3 fjerntog og IC-Bornholm kommer tog-antallet over Bron op på 16 tog i timen pr retning. Et sådant inhomogent trafikomfang ligger imidlertid langt over grænselværdien. Øresundsbro Konsortiet har tidligere vurderet (Kapacitet på Øresundsbron, 2011), at selve broforbindelsen ikke er overbelastet for nærværende, men ved 10 tog over forbindelsen tales om høj belastning på omkring 90% (overbelastning), hvis der køres i et mix af 8 persontog og 2 godstog pr time pr retning. Med 16 tog pr time pr retning er trafikken meget over denne grænse.

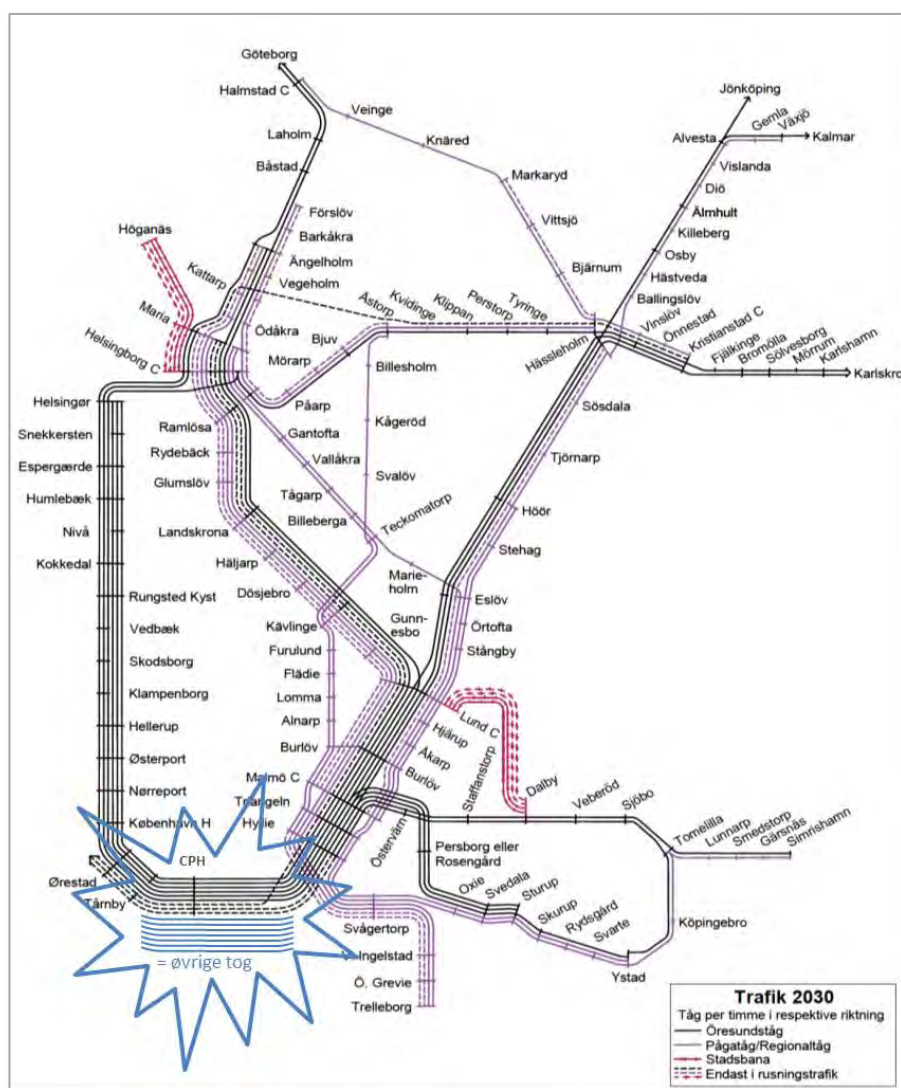


Fig 9: Tågstrategi Skånetrafiken (2007), scenarie 2030 med 9 Øresundstog over broen. Herudover skal i fremtiden håndteres 3 højhastighedstog/Snabbtåg, 3 godstog og 1 IC-Bornholm.

I det langsigtede scenarie peger Tågstrategi 2037 på, at der kan vise sig behov for 2 ekstra spor mellem København og Malmö i form af en ny Øresundsforbindelse, eller at gods- og snabbtåg flyttest til en HH-forbindelse.

Uden etablering af ny fast forbindelse ser Tågstrategi det nødvendigt fra 2030 at lukke for godstog i myldretiden (!), men denne forudsætning er i direkte konflikt med kravene til kapacitet i EU-core network Godskorridor 3. Desuden er en præmis om at flytte snabbtåg/fremtidens højhastighedstog væk fra et centralt knudepunkt som Københavns Lufthavn Kastrup ikke i overensstemmelse med planlægningsgrundlaget i de respektive regionale udviklingsplaner, hverken på dansk eller svensk side. Der behøves derfor en tilpasning af Tågstrategien, hvis den skal være i overensstemmelse med EU-retningslinjer samt de regionale udviklingsplaner.

Delkonklusion:

Øresundskomiteens integrationsbarometer har længe stået på en stagnerende tendens (*). Der måles på kultur, uddannelse, erhverv og arbejdsmarkedseffekter foruden trafik i forhold til om disse parametre styrker integrationen i regionen gennem en større udveksling på tværs af sundet. Det er jo interessant, at den kollektive trafik er i fortsat udvikling, mens en række faktorer viser stagnation, og at der som vist i det foregående er en klar forventning på både dansk og svensk side om en fortsat trafikvækst. Men de scenarier om efterspørgselsvækst, der fremgår af danske og svenske analyser af Øresundstrafikken, kan ikke matches uden udbygning af bro/tunnelkapaciteten.

Dels kommer efterspørgslen ikke bare af sig selv. Dels er der kapacitetsmæssigt ikke plads til at køre flere hhv. hurtigere Øresundstog over Øresundsbroen. Den lige afstand mellem byerne er 25 km, men Øresundstogene kommer aldrig til at køre hurtigere end de 34 minutter som er gældende nu, dvs. med en reel gennemsnitshastighed på 44 km/h. Der kan heller ikke indsættes flere Øresundstog mellem de to centralstationer, hvis der også skal være plads til fremtidens godsmængder og de nye højhastighedstog. Kapacitetsmæssigt er der ikke plads til at gennemføre Skånetrafikens scenarie med de mange toglinjer uden store infrastrukturinvesteringer, herunder 2 nye spor over Øresund.

Øresundsmetro aflaster Øresundsbron

En opdeling mellem de korte og de længere ture herunder de rejser, der har mål eller udgangspunkt i Københavns Lufthavn Kastrup, vil gavne oplandsområderne og regionen i sin helhed. Etablering af en Øresundsmetro giver dels relativt omfattende rejsetids- og passagermæssige fordele i relation til den interne mobilitet mellem centralbyerne, hvilket belyses nærmere nedenfor, dels kan der herved skabes bedre forbindelser og kapacitet for de internationale og interregionale gods- og persontoglinjer over Bron.

I 2030 ville omkring 2/3 af de kollektive Øresundsrejsende benytte sig af metro, mens 1/3 ville benytte Øresundstog, når begge systemer til den tid var i funktion. Det viser den overordnede konklusion i relation til trafikberegningerne (som mere detaljeret skal gennemgås i et senere kapitel). Øresundsmetroen vil afhængig af teknisk løsning rumme godt 40-50.000 dagligt rejsende i prognoseår 2030, og hvis taksterne reduceres kan dette tal komme op på ca. 60.000 rejsende, som en metro med høj kapacitet relativt nemt kan attrahere.

Dagens omkring 30.000 kollektivt rejsende over broen vil alt andet lige mindskes til 20.000 rejsende i 2030, når der introduceres en Øresundsmetro. Prognoserne tager ikke højde for en langsigtet satsning på højhastighedstog mellem Skandinavien og Tyskland via Femern Bælt, hvor stationen Københavns Lufthavn Kastrup vil være en betydelig destination. Den samlede trafik med togene på Øresundsbron må forventes at skifte karakter til stadig længere rejser og med stadig større fokus på tilbringning til lufthavnen.

Den nødvendige prioritering af højhastighedstog og godstog over Øresundsbron bevirker, at trafikstrømmen generelt skifter væsentlig karakter i forhold til i dag. Den trafikale funktion af broen bliver derfor mere regional og med vægt på fjerndistance, og med et relativt mindre antal lokale rejsende.

- ▶ HVIS der etableres en Øresundsmetro, kan Øresundstogene derfor få en ny betydning, hvor de indgår i et mere regionalt togsystem på dansk side. Hermed bliver der mulighed for at aflaste Københavns Hovedbanegård ved at flere tog kører direkte via Ny Ellebjerg.
- ▶ HVIS der derimod ikke etableres en Øresundsmetrolinje, er det nødvendigt at fastholde frekvensen på minimum 6 Øresundstog i timen mellem Malmö C og Københavns Hovedbanegård. Sammen med øvrig vækst i togtrafik over Øresund vil det føre en større belastning med sig såvel på Bron som på Hovedbanegården.

Det betyder, at Øresundsmetroen får funktion af at udvikle især det lokale marked men samtidig får en kapacitetsaflastningsfunktion. Et scenarie med Øresundsmetro kan derfor indebære, at de 6 Øresundstog over broen, dvs. fra destinationer Nord og Nordøst via Lund-Malmö fortsætter til Københavns Lufthavn Kastrup og derfra skiftevis til Hovedbanegården og mod vest via Ny Ellebjerg (hvert system med 20 minutters interval). Med fjerntog og IC-Bornholm vil det samlede antal tog på Øresundsbanen mod Hovedbanegården dog fortsat være højt.

Dermed bliver Øresundstog et mere integreret regionalt system end i dag. Den anden type trafikstrøm med internationalt rejsende i transfer til/fra Københavns Lufthavn Kastrup suppleres med 3 fjerntogsforbindelser per time, dvs flere snabbtåg og ICE Sverige-Tyskland, ligesom der på dansk side må forventes indført flere langdistancetog til/fra Lufthavnen, jf. anbefaling fra Trængselskommissionen.

Erfaringer med Københavns Metro som et udgangspunkt

Analysearbejdet har indeholdt flere varianter af en Øresundsmetro på basis af de erfaringer, som er indhentet i København. Det københavnske metrosystem er i en europæisk sammenligning udbygget kraftigt over relativt få år. Investeringerne i nuværende linjer og linjer under byggeri udgør 38 mia DKK. Siden starten i 2002 er passagertallet på de nuværende linjer M1 og M2 gået frem. Det næste store ryk opad i passagertallet forventes at ske når Cityringen og Nordhavnslinjen åbner, dvs. M3 og M4 i 2018-2019, hvor trafikken ventes at runde 100 mio rejser/år.

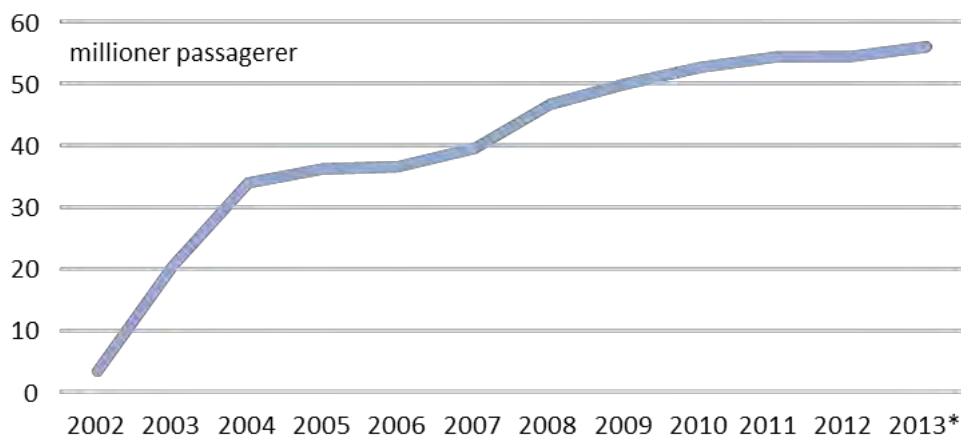


Fig 10: Årligt antal passagerer i Københavns metro, DST.

Allerede i 2008-2009 præsenterede Transportministeriet i København en teoretisk skitse af et større og mere kraftfuldt metronet. Linjerne M1, M2, M3 og M4 kunne i en langsigtet vision suppleres med yderligere metrolinjer.

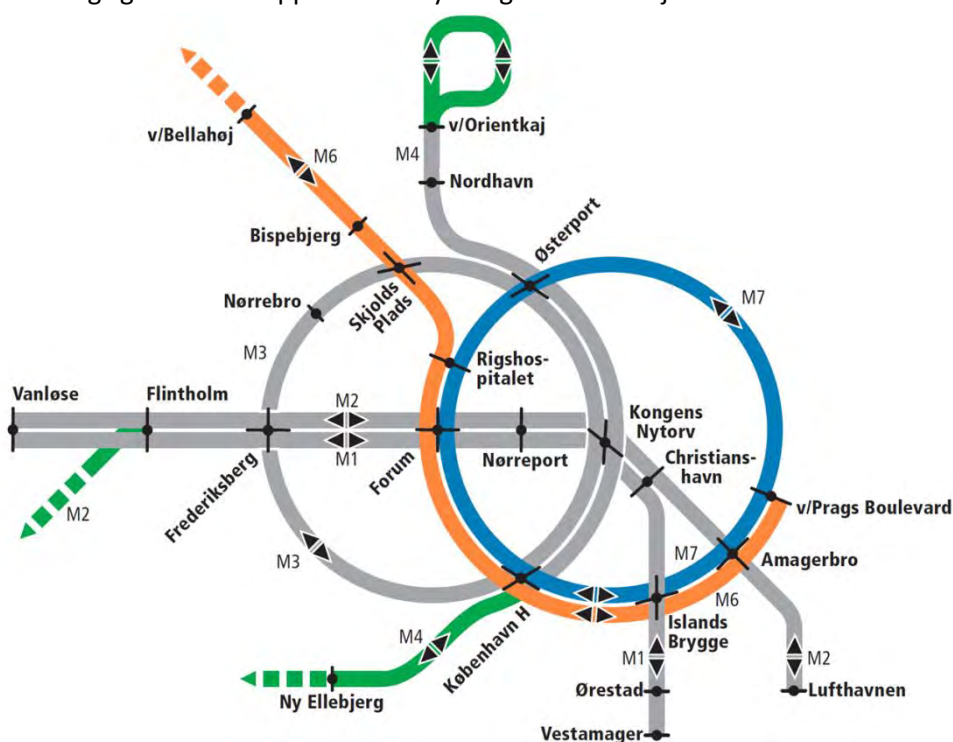


Fig 11: Vision for udvikling af Københavns Metro med nye linjer M6 og M7 samt forlængede linjer, jf. KIK-projektet: Udbygning af den kollektive trafik i København - Analysenfasen. Tetraplan: Trafikmodelberegninger 2018-2040.

Her nogle år efter den første screening fortsætter udredningerne – i første omgang vil det dreje sig om anlæg af en kommende linje til Sydhavnen. Transportministeriet gør sig dog flere langsigtede overvejelser. Det sker i regi af projekt 'Sammenhængende kollektivt trafiknet i hovedstadsområdet', hvor der som nævnt i det tidligere arbejdes med bl.a. knudepunktet Ny Ellebjerg, herunder med trafikstrømmene fra Øresundsbanen. Analyserne inkluderer også muligheden for evt. fremtidige linjer M6 og M7 som perspektivforslag, der skal spille effektivt sammen med det eksisterende kollektive trafiksystem i København.

I Københavns Kommune er skitserne til M6 og M7 behandlet i Borgerrepræsentationen i juni 2011 med redegørelsen 'Udbygning af den kollektive trafik i København', som også omfatter forlængelse af metrolinjen M4 mod Ny Ellebjerg.

M6 består af en radial linje fra Nordvestlige København med udgangspunkt i Bellahøj og kører via Rigshospitalet og det centrale København til Hovedbanegården og videre mod Amager, hvor linjen fortsætter til v/Prags Boulevard og undervejs forbinder M1 og M2 med henblik på at kapacitetsaflaste især den del af strækningen, hvor de to linjer samkører mellem Christianshavn-Kongens Nytorv-Nørreport.

M7 udgør en yderligere etape, hvor der etableres en ekstra ringlinje, der kører nord-øst om byen mellem Amager, Østerport og Rigshospitalet. Da hver linje har 200 sekunders afganginterval, bliver der ca 1½ minut mellem afgangene på den passagermæssigt tunge del, hvor linjerne samkører.

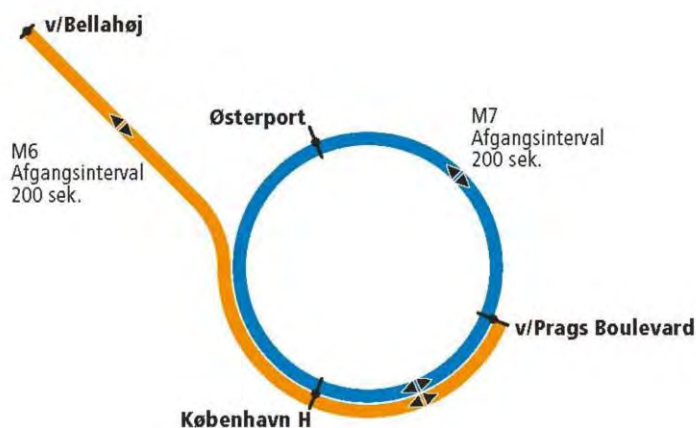


Fig 12: Principskitse for M6 og M7-linjerne i et muligt udvidet metrosystem i København, i hvilket en Øresundsmetro kan tænkes integreret.

En Øresundsmetro vil have foreliggende strategiske planer for den fortsatte udbygning af den kollektive trafik i København som udgangspunkt (jf. beslutning i Borgerrepræsentationen, juni 2011). Øresundsmetroprojektet ændrer som sådan ikke på dette, idet udbygningen i København må tænkes at fortsætte uafhængig af et Øresundsmetroprojekt. Øresundsmetroanalyserne arbejder med tekniske varianter, som refereres mere detaljeret senere i denne rapport. I første omgang skal nedenfor koncentreres om de trafikale og efterspørgselsmæssige aspekter.

3. Rejsestrømme og trafikoplæg

I det følgende gennemgås det trafikale koncept og efterspørgselsmæssige effekter af etablering af en Øresundsmetro – herunder de passagermæssige konsekvenser. I første omgang ses på de opstillede alternativer, som består af to forskellige grundløsninger:

- ▶ en løsning, der kører som pendullinje eller om man vil "shuttle", og
- ▶ en løsning, der er integreret i M6/M7 på dansk side og evt. også videre udbygget på svensk side.

Trafikalt koncept for pendulløsning

Analysearbejdet med Øresundsmetro har opstillet nedenstående principløsninger for et muligt fremtidigt system, der vil være et stærkt supplement til Øresundstog over den eksisterende faste Øresundsforbindelse. Ud fra de nedenstående løsninger vil det være muligt at opstille varianter. A-alternativerne omfatter en selvstændig pendullinje.

Pendulløsning	A1 (basis) 100 km/t	A3 (lav pris) 100 km/t	A1½ 140 km/t	A2 160 km/t
Strækning	Københavns Hovedbanegård – Malmö Centralstation (KM)			
Rejsetid direkte	18 min	18 min	14 min	12 min
Max tog time/retn.	36 afgange	36 afgange	24 afgange	20 afgange
Siddepladser pr time	4.320	4.320	4.030	4.320
Pladser total pr time	9.650	9.650	7.970	10.480

Tab 3: Linjeföring och stationsplaceringar, WP2. Øresundsmetro, anlægsoverslag for landanlæg og metrotog, HE.

Alternativerne omfatter forskellig togkapacitet, dvs. antal siddepladser og ståpladser per time per retning. Denne kapacitet afhænger af hastighed, frekvens og togstørrelse. Konfigurationsmulighederne for materieltype og trafikstyringssystem omtales senere. Et gennemgående krav er, at togene indsættes på en sådan måde, at der på turen under Øresund vil være siddepladser til alle.

De analyserede løsninger for en pendullinje er følgende:

- ▶ A1 udgør grundløsningen, hvor togene dimensioneres til at køre med en max hastighed på 100 km/h. Uden stop vil turen tage 18 minutter, eller 16 minutter kortere rejsetid end med Øresundstog mellem Malmö C og København H (34 minutter). Der er meget høj frekvens med 100 sekunder mellem afgangene.
- ▶ A2 omfatter en ekspresforbindelse, der kører op til 160 km/h med en overfartstid på kun 12 minutter. Teknisk system tager udgangspunkt i Øresundstog. Konventionel teknologi og sikkerhedsforskrifter betyder, at frekvensen bliver lavere med afgang hvert 3. minut, dvs. 20 afgang pr time i hver retning.

- ▶ A3 alternativet er det samme som A1, men her sænkes overfartsprisen. Resultatet vender vi tilbage til.
- ▶ A1½ er en løsning, som udgør en mellemvariant, hvor metrotoget kører op til 140 km/t. Der kan være 2½ minut mellem afgangene – eller kortere interval hvis behov.

Undersøgelserne har omfattet Malmö C som hovedtilslutningspunkt for en Øresundsmetro. På dansk side er identificeret flere destinationsmuligheder, hvor Københavns Hovedbanegård er valgt til fordel for Kongens Nytorv og Østerport. Det bedste oplandsområde i gangafstand til stationen findes således ved København H, der har tilslutninger til S-banenettet, regional- og fjerntog samt til de 2 planlagte metrolinjer. Desuden er der god tilgængelighed til busser og for cyklister. En Øresundsmetro som pendullinje mellem Malmö C og København H er illustreret nedenfor.

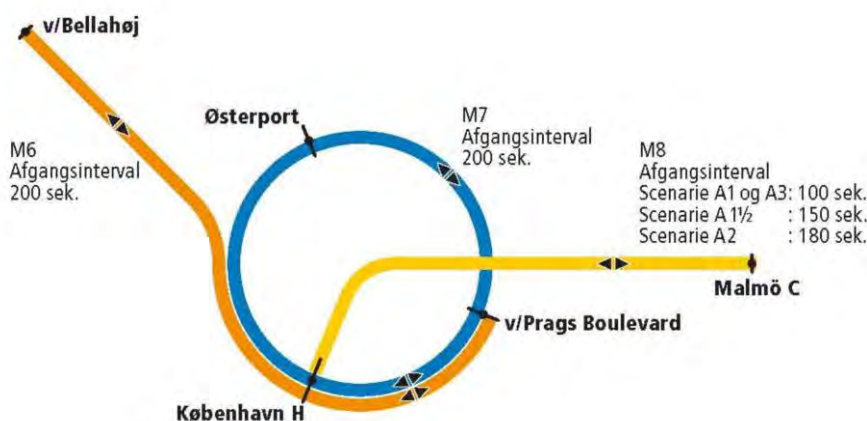


Fig 13: Pendulløsningerne A1, A1½, A2, A3 (gul linje).

En Øresundsmetrolinje som selvstændigt system er ovenfor kaldt M8, og kører teknisk uintegreret i forhold til foreliggende skitser af linjerne M6 og M7, der alene betjener København (og Frederiksberg). M8 kan etableres uafhængigt af, i hvilket omfang M6 og M7 er anlagt på etableringstidspunktet.

Trafikalt koncept for integreret løsning

De integrerede løsninger B6, B6½, B7 og B7½ omfatter en lille og en stor løsning. Løsningerne B6 og B6½ er begge sammenbygget med Københavns metro, mens de store løsninger B7 og B7½ endvidere er integreret med evt. kommende linjer i Malmö.

Stationerne skal gennemgås nærmere i det anlægstekniske afsnit. I forhold til en direkte pendullinje øges rejsetiden pga. standsning ved stationerne. Minimumrejsetiden bliver 19 minutter, dvs. et kvarter kortere rejsetid og gennemsnitlig 4-5 minutter kortere ventetid sammenlignet med Øresundstog.

Integreret løsning	B6	B6½
	100 km/t	140 km/t
Strækning	København H - Malmö C inkl. M6/M7	
Rejsetid m/5 stop	23 min	19 min
Max tog pr time/retn.	36 afgange	36 afgange
Siddepladser pr time	4.320	4.320
Pladser total pr time	9.650	9.650

Tab 4: Linjeføring och stationsplaceringar, WP2. Øresundsmetro, anlægsoverslag for landanlæg og metrotog, HE.

Den integrerede Øresundsmetro er mulig i flere varianter:

- ▶ B6 er et system mellem Malmö C og M6/M7 i København på basis af tog med 100 km/t, frekvensen er op til 36 afgange pr time, og togene kører skiftevis med/mod uret i ringen rundt i København. Rejsetiden er 23 minutter mellem København H og Malmö C med 5 stop undervejs.
- ▶ B6½ er et system mellem Malmö C og M6/M7 i København på basis af tog med 140 km/t, frekvensen er op til 36 afgange pr time, og togene kører skiftevis med/mod uret i ringen rundt i København. Rejsetiden er 19 minutter mellem København H og Malmö C med 5 stop undervejs.
- ▶ B7 er som B6, men her er Øresundsmetro integreret yderligere med linjer mellem Malmö C og Östra Sjukhuset resp Svågertorp.
- ▶ B7½ er som B6½, dvs. med hastighed 140 km/t. Øresundsmetroen er desuden integreret med linjer fra Östra Sjukhuset og Svågertorp.

Stadier i udbygningen

Den integrerede løsning kan bygges op i etaper. Med henblik på aflastning af linjerne M1 og M2 i den nuværende københavnske metro kan det vise sig hensigtsmæssigt at starte med etablering af systemet mellem Københavns Hovedbanegård og v/Prags Boulevard. Denne linje kan så integreres over Øresund mellem Malmö C og v/Prags Boulevard.

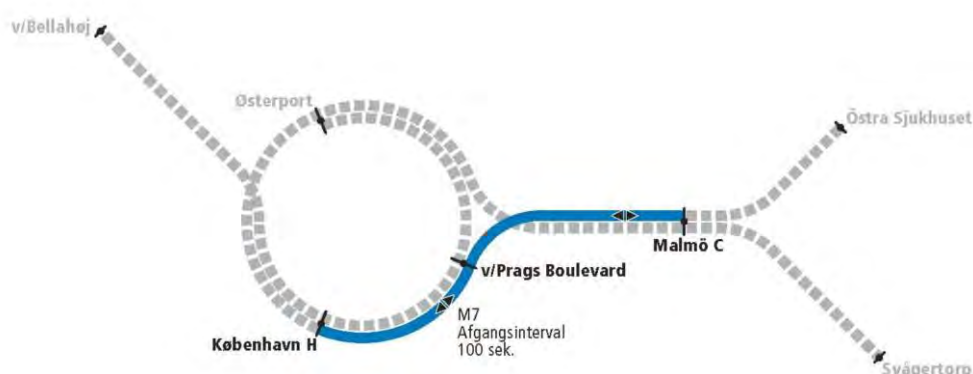


Fig 14: En mulig første etape af Øresundsmetro.

En sammenbinding af den lokale trafik mellem København og Malmö og den lokale trafik i København kan lade sig gøre i form af etablering af en Øresundsmetro

i et fuldt integreret system på dansk side som vist nedenfor. Der er analyseret både en 100 km/h og 140 km/h loop-løsning. Med tætheden af stationer i København er det først og fremmest på selve kyst-kyst strækningen, at hastigheden har betydning.

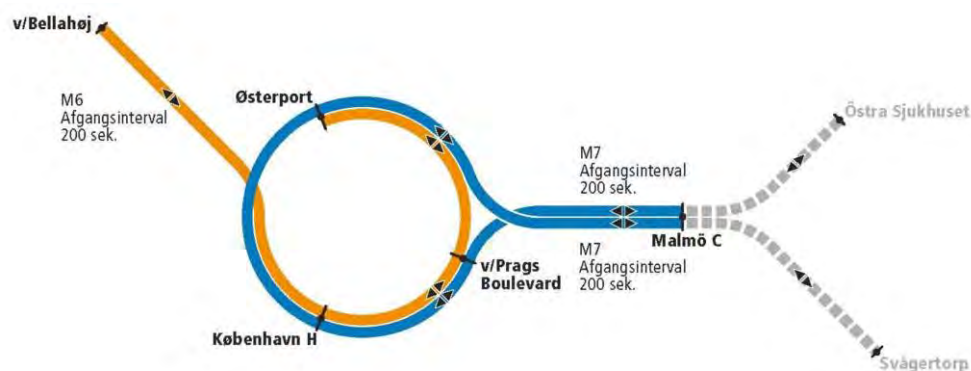


Fig 15: Integreret Øresundsmetro i alternativerne B6 og B6½.

Med en fuldt integreret løsning både på dansk og på svensk side bliver der tale om et omfattende og unikt system. I Malmö kan linjerne starte i Västra Hamnen og derfra fortsætte til Malmö C med mulige forlængelser eksempelvis til:

- ▶ Södervärn – Svågertorp
- ▶ Norra Sorgenfri – Östervärn

Det er dog vigtigt at understrege at der også er mange andre muligheder i Malmö. I prognosearbejdet er det valgt at studere et alternativ, hvor indkoblingen i København til den fremtidige linje M7 sker ved Prags Boulevard henholdsvis Kløvermarken i nordlig retning, og at linjen i Malmö slutter ved Malmö C. Ringlinjen M7 ændres dermed til et loop-formet forløb til og fra Malmö. I alternativet med forlængede linjer går loopet videre i en to-grebet metrobetjening af Malmö stad.

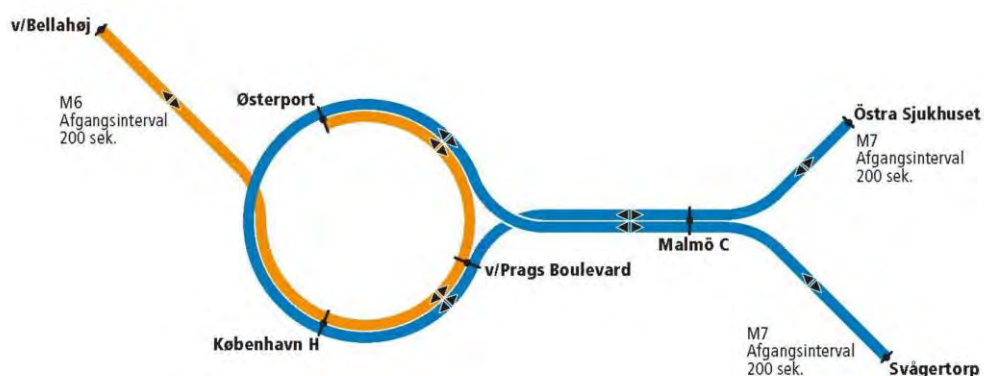


Fig 16: Integreret Øresundsmetro i alternativ B7 og B7½.

I det meget langsigtede scenarie B7 og B7½ er Øresundsmetroen forslagsvis forlænget mod Östra Sjukhuset och Svågertorp. De to grene kunne endda i dette

perspektiv yderligere forlænges som metrolinjer i terræn mod Staffanstorps henholdsvis Tygelsjö og Vellinge.

Rejsetidsgevinster

Pendulløsningen i metrovariant, dvs. A-alternativerne, kan etableres som højfrekvent system med 100 sek. henholdsvis 150 sek. mellem afgangene og en rejsetid på 18 henholdsvis 14 minutter non-stop mellem Malmö C og København H.

Den integrerede Øresundsmetro, dvs. B-alternativerne, kan etableres som højfrekvent system, dvs. med 100 sek. mellem afgangene og en rejsetid på 19 henholdsvis 23 minutter inkl. 5 stop undervejs. Rejsetiden på 19 minutter mellem Malmö C og Hovedbanegården opnås med 140 km/h max hastighed.

Øresundsmetro er dermed 16 minutter hurtigere end Øresundstog mellem Malmö C og København H, og 21 minutter hurtigere, hvis metroen kører non-stop. For de mennesker, der dagligt pendler frem og tilbage, vil den direkte rejsetidsgevinst ligge på 30-40 minutter. Når der ses på andre destinationer i København er tidsbesparelsen også væsentlig i forhold til de nuværende Øresundstog, selv når indregnes skiftetid, ventetid mm.

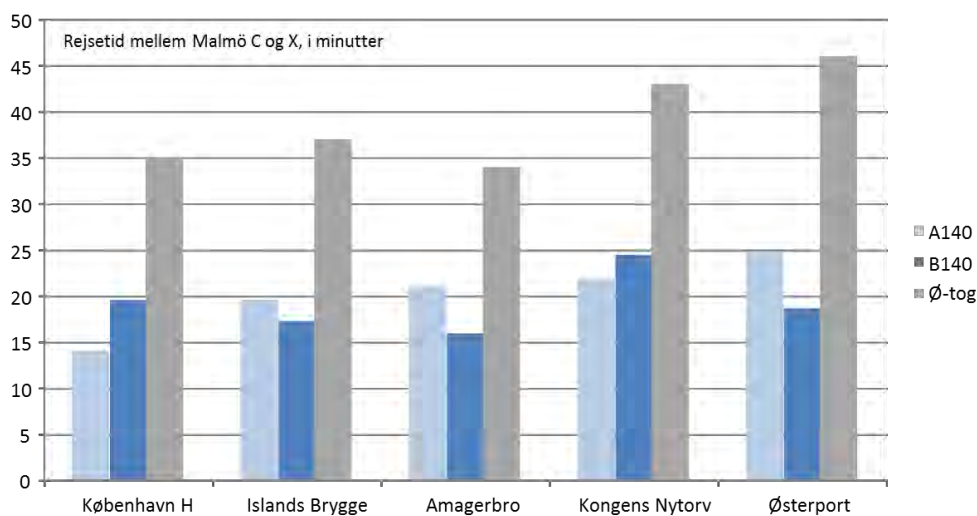


Fig 17: Sammenligning af Øresundsmetro og Øresundstogs rejsetid, her alene vist i 140 km/h-alternativerne.

Integrationsløsningernes generelt længere rejsetid mellem Københavns Hovedbanegård og Malmö C sammenlignet med den direkte pendullinje opvejes i nogen grad af kortere rejsetid i andre destinationer fra/til de ekstra stationer undervejs, som også får forbindelse til metrolinjerne M1 og M2.

Den mest markante forskel i rejsetid er mellem Malmö og Østerport, hvor metro er 28 minutter hurtigere end Øresundstog, idet metrotoget her kører mod uret på ringlinje M7. Hvis man bor på Østerbro i København og pendler til en af de store arbejdspladser på i Västra Hamnen vil der dagligt kunne spares 1 time i transporttid.

Modelgrundlag for passagerprognoser

Med henblik på at gennemføre beregninger af passagereffekterne på de i det foregående opstillede alternativer er der anvendt trafikmodeller. Det drejer sig om 2 modeller:

- ▶ SkåneTass (Sampers)
- ▶ OTM

Den svenske landsmodel Sampers anvendes i den regionale version SkåneTass, der er tilpasset og detaljeret efter forholdene i Skåne. Modellen håndterer også rejser over Øresund og på Sjælland, Lolland og Falster.

Den rejsematrix, som Sampers beregner, er kalibreret mod de virkelige rejsestrømme over Øresund for år 2009/2011.

For så vidt angår OTM-modellen er det valgt at anvende denne for at forbedre fordelingen af trafikken i bus-, tog- og metronettet på dansk side. De af Sampers/SkåneTass beregnede rejser over Øresund indlægges i de respektive nordlige og sydlige portzoner i OTM, som herefter giver en mere detaljeret udlægning på nettet end det som Sampers i sig selv er i stand til. WSP og M4Traffic har håndteret de overordnede beregninger af trafikken over Øresund, jf. rapporten Øresundmetro – Trafikprognoser med SkåneTass, september 2013.

Beregningsforudsætninger

Der er anvendt demografiske data for hele Øresundsregionen. Nedenfor vises disse kun for København og Malmö, idet bemærkes, at zoneinddelingen er gjort relativt finmasket jo tættere vi kommer på de to centralkommuner.

Indbyggertallet ventes at vokse 29% i København henholdsvis 26% i Malmö i perioden 2010 til 2030. Beskæftigelsen vil også vokse betydeligt.

Bag beregningerne ligger data for selve det opbyggede trafiknet. I alternativerne med en integreret metroløsning er forudsat, at København under alle omstændigheder etablerer de første etaper af M6/M7. Øresundsmetro kobles ind i denne, hvorved der opstår relativt mange skiftepassagerer i det samlede metronet, foruden til andre linjer og transportmidler.

Ganghastighed er forudsat til 4 km/t, den normale skiftetid tog/metro er sat til 2,25 minutter, og ventetid regnes i forhold til det halve af afganginterval. Desuden regnes en boarding time. Med hensyn til prisantagelser er flg forudsat:

Takster	2013	2030	Lav pris (A3)
SEK:			
Enkeltbillet, voksen	105	125	75
Enkeltbillet, rabat	85	100	60
Månedskort	1.900	2.260	1.360

Tab 5: WP2-prisberegningsgrundlag.

Trafikeringen af nettet i sin helhed baseres på de forventede opgraderinger af infrastruktur jf. kendte beslutninger og udbygningsetaper, de heraf følgende rejsetidsforbedringer og frekvensforøgelse, der er forudsat i trafikplaner for Skåne og Sjælland frem mod 2030. Blandt de infrastrukturinvesteringer som forventes fuldført er tunnelen gennem Hallandsåsen, den nye København-Ringsted banestrækning, nyt knudepunkt Ny Ellebjerg mv.

Ud over implementeringen af et givet Øresundsmetroalternativ med op til 36 afgang pr time og retning, er det i alternativ A4 antaget at Øresundstog kører 6 afgang pr time og retning over Bron, heraf går 3 tog mod København H og 3 tog mod vestlige Sjælland, dvs. 2 mod Roskilde og 1 mod Køge. Desuden er det forudsat, at den faste Øresundsforbindelse yderligere trafikeres af op til 2 fjerntog og 1 IC-Bornholm.

Som realprisforøgelse er regnet med +19% for perioden 2009-2030, mens der i alternativet A3 er forudsat -29%. Stigningen er begrundet i, at der er et såkaldt takstloft på dansk side, som hindrer prisen i at vokse ud over en bestemt max grænse i forhold til almindelig inflationsudvikling.

De demografiske forudsætninger for modelarbejdet er som følger:

København	Indbyggere		Arbejdspladser	
	2009	2030	2009	2030
Indre by	42.800	53.700	122.100	125.200
Østerbro	74.000	105.900	53.400	65.200
Nørrebro	71.400	79.300	24.000	27.100
Vesterbro	53.300	88.900	41.500	50.400
Valby	45.400	55.700	19.000	23.400
Vanløse	37.900	41.900	8.600	8.700
Brønshøj	38.600	42.300	8.200	8.100
Bispebjerg	48.600	54.200	21.300	25.900
Amager Øst	54.400	71.000	17.300	19.300
Amager V.	51.200	80.200	28.800	42.700
Frederiksberg	93.400	115.600	39.400	43.000
Sum	611.000	788.700	383.600	439.000

Malmö	Indbyggere		Arbejdspladser	
	2009	2030	2009	2030
Västra Hamnen	5.100	19.000	10.600	24.400
Innerstaden	93.900	101.100	56.300	70.400
Ö Hamnen	300	800	9.800	9.600
Limhamn	28.500	44.300	8.400	10.900
Fosie	51.000	65.800	8.100	20.600
Rosengård	56.200	55.800	15.700	19.400
Bunkeflo	15.200	23.600	2.200	2.200
Husie/Oxie	43.700	59.600	32.100	33.000
Sum	293.900	370.000	143.200	190.500

Tab 6: Befolknings- og beskæftigelsesprognoser for de to centralkommuner.

Resultater af beregningerne

I forhold til basisalternativets 54.000 rejser i 2030 vil trafikken med Øresundstog omtrent halveres. I beregningerne af alternativerne viser det sig, at fordelingen af de rejsende vil være ca. 2/3 på Øresundsmetro og 1/3 på Øresundstog. Især vil lokalrejsende mellem Malmö og København benytte metro. I princippet vil alle passagerer til/fra Københavns Lufthavn Kastrup benytte Øresundstog. I dag benytter dagligt 30.000 passagerer Øresundstog over Bron.

Scenario	Metro -100 km/t	Ø-tog	Metro -140 km/t	Ø-tog	Metro -160 km/t	Ø-tog
A1-2	41.400	24.000	48.900	21.500	52.700	20.200
A3	61.900	32.200	73.100	28.800	78.800	27.100
B6	39.000	25.200	46.000	22.600		
B7	44.600	21.500	52.700	19.200		

Tab 7: Prognose for antal passagerer/dg med Øresundsmetro og Øresundstog over Øresundssnittet på baggrund af WSP- og M4Traffic-studierne (2013).

Alternativerne viser,

- ▶ At højere hastighed (end 100 km/h) gør en metro endnu mere attraktiv og at flere vil vælge denne frem for Øresundstog.
- ▶ At en reduktion i rejsetid tiltrækker relativt flere passagerer end en meget høj turtæthed (frekvens), dvs. at gå fra 3 min. til 1½ minuts afgangsinterval betyder relativt mindre end hastighed.
- ▶ At en reduceret takst (alternativ A3) betyder en stor vækst i rejserne på tværs af Øresund, både i Øresundstog og i Øresundsmetro, og at fremgangen er omtrent 50% (der er større procentuel passagervækst i forhold til procentuel takstreduktionen)
- ▶ At med en kobling af Øresundsmetro med metrosystemet i København (alternativ B6) mindsker antallet af Øresundsrejsende en anelse på grund af den længere rejsetid (flere stop), men til gengæld mindsker behovet for skift og der forekommer en bedre kapacitetsfordeling på stationer (mindre belastning på Københavns Hovedbanegård).
- ▶ At med en fremtidig forlængelse af Øresundsmetro (alternativ B7) ind i centrale områder af Malmö og med kobling til overordnede trafikknudepunkter øges antallet af rejsende over Sundet, specielt ved en Øresundsmetro med højere hastighed.
- ▶ At en følsomhedsanalyse viser, at med 20-minutters frekvens for Øresundstog Malmö C-København H og 20-minutters frekvens Malmö C-Ny Ellebjerg (og videre ud mod Roskilde hhv Køge-Ringsted), dvs. 6 Øresundstog over Bron og med Øresundsmetro, vil der ikke blive færre rejser over Øresund. Tværtimod udvides rejsemønstret med nye interregionale ture Sjælland-Skåne.
- ▶ At trafikmodellen opfanger relativt små forskelle mellem A og B-resultaterne og derfor må det retfærdigvis siges at ligge inden for beregningsusikkerheden.

Det totale antal kollektivt rejsende i Øresundstog og med Øresundsmetro og de respektive togsystemer på hver side af sundet kan fordeles som det fremgår af følgende eksempel:

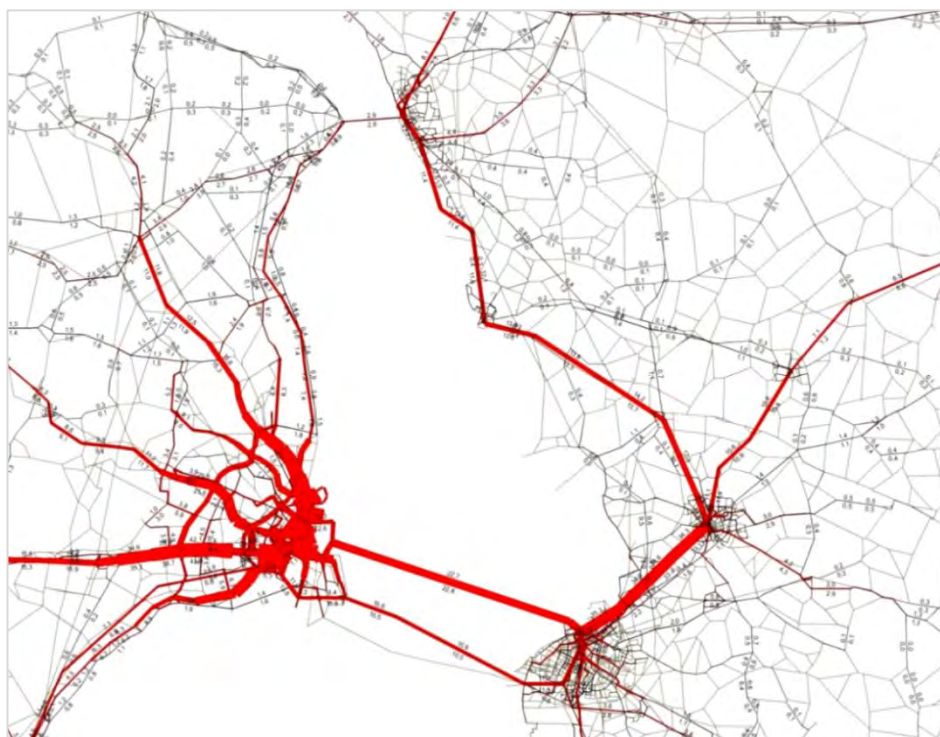


Fig 18: Trafikstrømme med Øresundsmetro og Øresundstog (eksempel alternativ B7).

Den samlede rejsetid i forskellige relationer samt antallet af afgang (turtæthed), behov for at skifte undervejs samt stationernes udformning bestemmer i sidste ende, hvilke rejsende som vil vælge Øresundsmetro fremfor Øresundstog. I nedenstående rejsematrix ses detaljeret på rejserelationer mellem Københavns og Malmös stadsdele. I princippet vil en Øresundsmetro betyde, at i mange stadsdele tilvælger næsten alle rejsende et metroalternativ til de bestående Øresundstog.

Rejsende med Metro ift Ø-tog	Västra Hamnen	Innerstaden	Östra Hamnen	Limhamn	Fosie	Rosengård	Bunkeflo	Hyllie
Indre by	100	91	100	91	97	95	84	56
Østerbro	100	95	100	96	98	98	91	68
Nørrebro	100	98	100	99	99	99	95	80
Vesterbro	100	97	100	97	98	98	93	75
Valby	100	91	100	92	98	97	85	55
Vanløse	100	90	100	92	97	96	85	55
Brønshøj	100	96	100	97	98	99	93	72
Bispebjerg	100	96	100	96	98	98	91	71
Amager Øst	90	64	88	72	72	67	46	24
Amager V.	62	44	60	46	51	47	29	14
Frederiksberg	100	94	100	95	98	97	89	68

Tab 8: Andel af Øresundsrejser, som vælger metro (%). Eksempel alternativ A2.

Af ovenstående tabel ses i øvrigt at rejser til/fra Amager, herunder især i forbindelse med rejser til Københavns Lufthavn Kastrup, vil Øresundstog naturligvis være det foretrukne togalternativ.

Nedenfor præsenteres rejserelationerne i et større regionalt perspektiv, hvor alternativ B6 er valgt. Den samlede kollektive trafik over Øresund i 2030 kan ifølge beregningerne opgøres til 64.000 rejser fordelt med 25.000 rejser med Øresundstog og 39.000 med Øresundsmetro.

Øresundstog	København/Frb	H.omr	Nord Sj OTM	Midt Sj OTM	Syd Sj OTM	Øv Sj.	Kastrup	Total
Malmö	4 003	2 625	440	283	107	95	5 450	13 003
Trelleborg opland	634	706	107	107	39	27	352	1 971
Ystad opland	715	663	123	81	30	25	413	2 049
Sjöbo/Lund	68	92	13	10	3	3	188	377
Nordøstlige Skåne	166	264	28	37	14	13	874	1 396
Nordvest Skåne	482	850	62	122	43	34	1 307	2 900
Lund by	231	320	37	36	12	9	364	1 010
Malmö byområde	76	106	17	5	2	1	265	473
Øvrige Sverige	366	645	56	55	11	10	931	2 075
Sum	6 742	6 271	884	737	260	216	10 145	25 255

Øresundsmetro	København/Fri	H.omr	Nord Sj OTM	Midt Sj OTM	Syd Sj OTM	Øv Sj.	Kastrup	Total
Malmö	14 052	3 286	881	392	146	119	7	18 884
Trelleborg opland	720	156	74	3	1	1	0	955
Ystad opland	491	113	32	13	5	3	0	657
Sjöbo/Lund	652	366	94	45	16	14	0	1 187
Nordøstlige Skåne	1 351	694	233	77	28	26	0	2 409
Nordvest Skåne	3 840	1 658	332	190	64	50	0	6 133
Lund by	2 084	984	236	123	42	32	0	3 501
Malmö byområde	1 349	721	173	104	38	23	0	2 408
Øvrige Sverige	1 806	752	254	49	8	6	0	2 875
Sum	26 344	8 731	2 309	996	348	274	7	39 009

Tab 9: Fordeling af antal passagerer med Øresundstog og Øresundsmetro, A1-alternativet.

Beregningsmatricerne i trafikmodellen viser også, at 10.000 ud af 25.000 Øresundstogrejser over Bron har mål i Københavns Lufthavn Kastrup. Dette er altså trafikken til/fra Sverige. Med Øresundstog skal derfor tillægges de danske rejser til/fra lufthavnen.

Resultaterne viser også at der dagligt er 14.000 "centrale" Øresundsrejser mellem Malmö og København/Frederiksberg med Øresundsmetro ud af totalt 39.000 rejser (i dette alternativ). De øvrige 25.000 metrojser består bl.a. af længere regionale rejser, der har enten København eller Malmö som destination, og som vil have samlede rejsetidsmæssige fordele i at foretage et skift fremfor at benytte Øresundstog.

Rullende materiel

Undersøgelserne bag Øresundsmetro har taget afsæt i kendte togtyper og styresystemer, hvor de nyeste erfaringer med Københavns metro danner udgangspunkt. I dimensioneringen af Cityringen, linje M3 og M4, anvendes leddelte togsæt med bredde 2,65 m. Princippet er, at der i automatisk, førerløs drift kører relativt korte togsæt så hyppigt som muligt af hensyn til at opnå en høj, effektiv rejsehastighed og minimal ventetid.

Et metrosystem efter standarden i København er indrettet med perrondøre på stationerne, således at togets døre skal passe sammen med perrondørene. De nuværende 39 m lange togsæt på linje M1 og M2 kører med max 80 km/h, som er optimal i forhold til den korte afstand mellem stationerne. Cityringen indrettes med 90 km/h som togets topfart og med mulighed for 50 m lange togsæt.

Konfiguration af togsæt

Der er mange muligheder for variation af siddeplads- og ståpladskapaciteten. I nedenstående opstilling er følgende sammensætning vist:

- ▶ 39 m togsæt i 2 + 2 opstilling
96 siddepladser (heraf 24 klapsæder)
204 ståpladser (4 personer/m²)
I alt 300 passagerer pr togsæt
- ▶ 50 m togsæt i 2 + 2 opstilling
120 siddepladser (heraf 32 klapsæder)
268 ståpladser (4 personer/m²)
I alt 388 passagerer pr togsæt

Den oprindelige sammensætning, som vist i nedenstående illustration, er ændret i de seneste moderniseringer af metrotoget, idet det har vist sig nyttigt at indrette lidt flere ståpladser, hvilket bringer antallet af pladser pr togsæt højere op. I de dimensionerende forudsætninger for alternativene gennemgået i det foregående tages udgangspunkt i togsæt med relativt mange siddepladser, dvs. 2+2 opstilling.

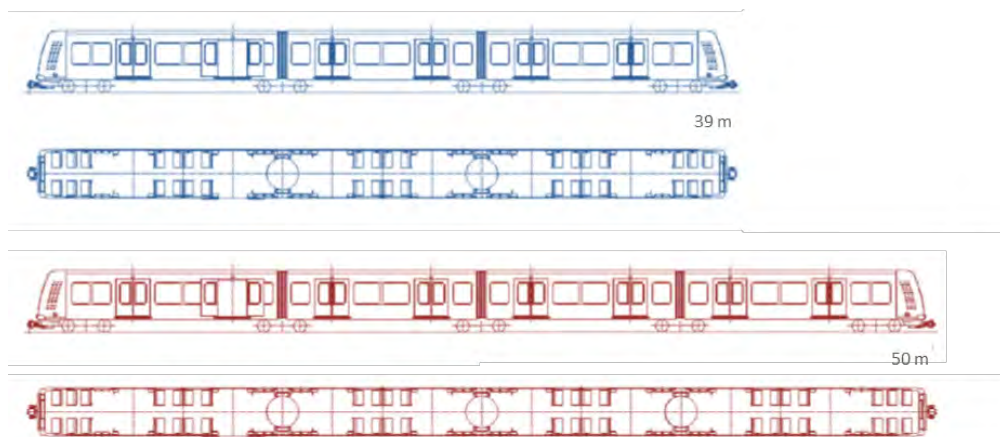


Fig 19: En variant af den toptype, der anvendes i den københavnske metro (blå), kunne være en 4 vognsudgave på 50 m. Skitse fra 'Udredning om Cityringen – teknisk dokumentation', 2005.

Kapacitet i metrosystem

Dimensionering af størrelse på togsæt i et Øresundsmetrosystem tager afsæt i de gennemførte prognoseberegninger og døgnfordelingen som vi kender den i dag i Øresundstogene. I princippet skal der være siddeplads til alle, også i myldretiden.

Der er forenklet antaget en hverdagsmiddeldøgnsbelastning på 50.000 passagerer pr døgn begge retninger inklusiv. I de fleste alternativer vil der derfor være siddeplads til alle over sundet, og hertil kommer en meget stor reservekapacitet i form af ståpladser.

Pendulløsning	A1	A3	A1½	A2
	100 km/t	100 km/t	140 km/t	160 km/t
Toglængde	50 m	50 m	72 m	94
Tog pr time/retn.	36 afgang	36 afgang	24 afgang	20 afgang
Siddepladser	120	120	168	216
Antal pladser pr tog	388	388	500	740
Siddepladser pr time	4.320	4.320	4.030	4.320
Pladser total pr time	9.648	9.648	7.968	10.480
Passagerer/spidstime*	3.600	5.360	**	4.580
% siddeplads optaget	83	124		106
% pladser optaget	37	56		44

*) Spidstimen forekommer i retning Malmö-København kl. 07-08

**) Ej beregnet

Integreret løsning	B6	B6½	B7	B7½
	100 km/t	140 km/t	100 km/t	140 km/t
Toglængde	50 m	50 m	50 m	50 m
Tog pr time/retn.	36 afgang	36 afgang	36 afgang	36 afgang
Siddepladser	120	120	120	120
Antal pladser pr tog	388	388	388	388
Siddepladser pr time	4.320	4.320	4.320	4.320
Pladser total pr time	9.648	9.648	9.650	9.650
Passagerer/spidstime*	3.400	3.980	**	**
% siddeplads optaget	79	92		
% pladser optaget	35	41		

Tab 10: Kapacitet i togsæt ved forskellige toglængder

Grundlaget for beregningen er aktuel fordeling af trafikken med Øresundstog, hvor den dimensionerende time kl. 07-08 i retning mod Danmark omfatter 7% af det samlede antal passagerer (2011 statistik, Trafikstyrelsen).

Hyllie -CPH	Passagerer	%	CPH- Hyllie	Passagerer	%
Kl 06-07	325.000	4,2	Kl 15-16	390.000	5,1
Kl 07-08	540.000	7,0	Kl 16-17	430.000	5,6
Kl 08-09	436.000	5,7	Kl 17-18	296.000	3,9
Kl 00-24	3.930.000		Kl 00-24	3.740.000	

Tab 11: Retnings- og timefordeling af den nuværende Øresundstrafik.

Arbejdsdeling mellem Øresundsmetro og Øresundsbron

I det følgende ses nærmere på trafikeringen og kapacitetssituationen på jernbanen over Øresund, og der ses på muligheder for at forbedre det samlede kollektive trafiktilbud, når en Øresundsmetro supplerer det bestående system.

Da Øresundsbron blev besluttet var det meningen, at en bærende puls for hele regionen skulle symboliseres med en samtidig indsættelse af *Øresundstog* – som et helt nyt begreb på transportmarkedet.

I konsekvens heraf enedes man om at designe, udvikle og indkøbe et tog, der fysisk-teknisk kunne køre på begge landes jernbanenet. Komfortmæssigt skulle toget både kunne leve op til krav om relativt korte, lokale rejser (med cykler osv) og på den anden side fungere som et fjerntog eksempelvis på den relativt lange linje op til Göteborg.

Øresundstoglinjerne fik dog ikke en symmetrisk og balanceret udbredelse på dansk og svensk side. Øresundstog er i dagens køreplan på svensk side fordelt på linjer mod nord, øst og syd, mens Øresundstogene på dansk side alene går ad Kystbanen mod Helsingør.

I dag kører op til 6 regionaltog/time mellem Malmö C og Københavns Hovedbanegård i myldretiden. Nu hvor ingen metro findes mellem byerne, kan dette betragtes som en minimum-standard for rejsefrekvensen mellem Danmarks og Sydsve- riges største byer.

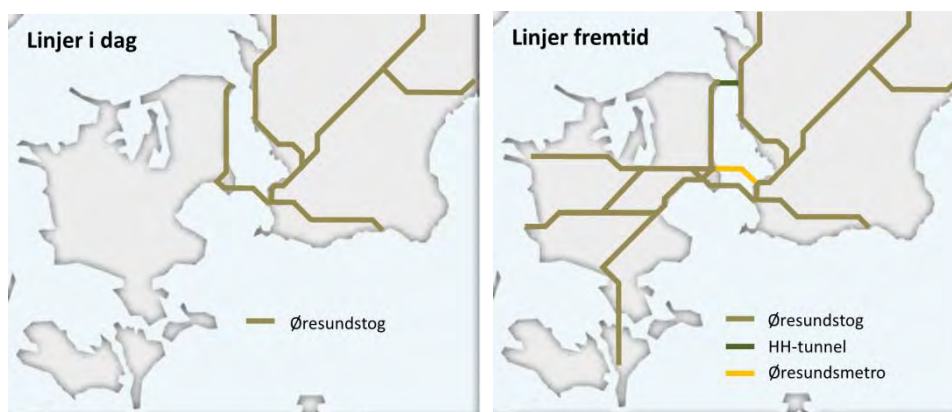


Fig 20: Dagens Øresundstogs system og en skitse af et muligt fremtidigt togsystem.

Det vil være muligt at udbrede Øresundstogens frekvens på 6 tog i timen i myldretiderne til at gælde hele dagen i fremtiden, dvs. øge betjeningen på mindre trafikefterspurgte perioder. En forøgelse af frekvensen herudover eller forbedring af rejsen med Øresundstog *er reelt ikke gennemførlig*, hvis der også skal være plads til internationale, hurtige fjerntog og flere godstog.

Metrokonceptet for en ny Øresundslinje består i at tilbyde mærkbare rejsetids- og frekvensforbedringer, hvilket øger pendlingsområderne for Malmö og København.

En anden væsentlig effekt er som ovenfor beskrevet den større grad af regional balance, der skabes ved at frigjort kapacitet anvendes til at enkelte af Øresundstogene indsættes som direkte togforbindelse mellem Malmö/Skåne og det nordvest-, vest- og sydsjællandske opland.

Det vil koble Sjælland med Københavns Lufthavn Kastrup og med en lang række byer i Sydsverige. Disse tog kører via det kommende *knudepunkt Ny Ellebjerg*, der planlægges udbygget med en Sydhavnsmetrolinje, og herved kan der samlet opnås en aflastning af trafikken på Hovedbanegården.

Selvom regionens centrale lufthavn befinder sig på dansk territorium, er det karakteristisk, at tre gange så mange svenske byer i øjeblikket har direkte regionaltog til lufthavnen sammenlignet med danske byer med direkte togforbindelse. En forbedring af denne situation skal ses i en helhed sammen med den aflastende Øresundsmetroforbindelse. Med dette kan et ændret kørselsmønster vise sig værd at overveje, hvor endnu flere byer kan få direkte tog til lufthavnen.

Kapaciteten over Øresund kan prioriteres anderledes

Kapacitetsudnyttelsen på den samlede strækning over Øresund er meget høj i dag. Mindre forsinkelser på tog giver hurtigt anledning til større forstyrrelser i hele togsystemet, dvs. også ganske langt væk fra Øresundsbron. For at imødekomme fremtidens trafikbehov er en aflastning og forstærkning af det nuværende system vigtig. Disse trafikbehov spænder over vidt forskellige markeder.

En voksende efterspørgsel på transport kan forventes i årene som kommer. Det bliver et spørgsmål om fokus på fordeling og prioritering af den til rådighed værende plads på Øresundsforbindelsen, når kapacitetsproblemerne øges. Kravet på større konkurrenceevne og effektivitet får også tilgængeligheds- og mobilitetskravene til at vokse.

- ▶ Markedet over Øresund handler om vækst i gods- og handelsstrømme, og en prioritering af plads til grønne transport, dvs. mest muligt at flytte transport fra lastbil til jernbane.
- ▶ Pendlingsmarkedet er stort og flerartet. Over Øresund skal der være plads til både lokale pendlere mellem København og Malmö og til flere fjern- og mellemdistance pendlere fra Sjælland og Skåne.
- ▶ Endelig vil flymarkedet vokse, og dermed trafikken til/fra Københavns Lufthavn Kastrup. Og markedet for langdistancetrafik vil med de meget store investeringer i jernbanen over Sjælland i de kommende år blive udbygget med hurtige togforbindelser mellem Sverige og Tyskland, når Femern-forbindelsen åbner. SJ, DSB, DB og andre operatører har meldt deres interesse på dette nye marked.

3 scenarier for bedre kapacitetsudnyttelse

I det følgende skal gennemgås 3 eksempler på, hvordan en formålstjenlig arbejdsdeling Øresundsmetro↔Øresundsbron vil kunne medvirke til reelt at opprioritere de internationale trafikstrømme Sverige-Danmark-Tyskland for dermed at udnytte potentialet i Femern Bælt-forbindelsen optimalt. Et voksende antal transitgodstog og indførelsen af nye hurtige fjerntog kan håndteres med en vis tilpasning af den lokale-regionale trafik med Øresundstog. Øresundsmetro skal ud over at styrke bl.a. pendlingstrafikken København-Malmö også bidrage til, at kapaciteten på Øresundsbroen udnyttes til at styrke navnlig de interregionale forbindelser og oplandet til Københavns Lufthavn Kastrup – også uden for Skåne og Hovedstadsområdet.

Konsulenthuset Atkins har for Øresundsmetro-projektet haft til opgave at vise, hvordan man kan udnytte Øresundsforbindelsen på en bedre og anderledes måde end man gør i dag, den dag en metroforbindelse mellem København og Malmö åbner. Forudsætningen for at ændre anvendelse af jernbanekapaciteten over Øresund er, at der tilbydes et metroalternativ eller et supplement om man vil, hvor Øresundstogene kører i dag. Mellem København og henholdsvis Ørestad og Lufthavnen findes allerede metrolinjer i dag, og en metro mellem København og Malmö er derfor tænkt at være et yderligere supplement.

Grundlaget for kapacitets- og trafikeringsanalysen er, at flaskehalsene i det tredelte system I) Øresundsbanen København–Lufthavnen, II) den faste forbindelse over sundet, og III) Citytunnelen i Malmö, belastes nogenlunde ens i de opstillede scenarier, mens trafikken på mindre belastede strækninger i tilslutning til Øresundsforbindelsen kan forøges.

Atkins har arbejdet med tre udfaldsrum, der tjener som eksempler på, hvordan den ledige kapacitet kan udnyttes, samtidig med at Københavns Hovedbanegård bliver aflastet, fordi en del af den nye trafik over Øresund kører via Ny Ellebjerg. Atkins tester trafiksystemet i sin helhed ved at gå til ydergrænsen af den trafik, der er mulig at køre over Øresundsbron under hensyntagen til at opretholde en punktlig, pålidelig og robust trafik. Togene over Øresund indpasses i den nationale trafik på hver side, dvs. på den danske Øresundsbane og på svensk side gennem Citytunneln henholdsvis Kontinentalbanen.

Scenarierne har at gøre med om man ønsker at prioritere godstransport maksimalt eller planerne om et trans-europæisk net for højhastighedstog (HHT), eller om man ønsker at det regionale perspektiv er det vigtigste. Uanset hvilket scenarie vil det være nødvendigt at prioritere restkapaciteten, og der vil være en tilskyndelse til at opstille kloge trafikeringsscenarier, hvor man får det optimale kapacitetsudbytte.

Scenarierne er opstillet i følgende tabel:

Tog over Øresund	Øresunds-tog	Fjerntog (HHT)	IC - Bornholm	Godstog	Antal tog -total
Basis-nær fremtid	6	1	1	2	10
Regional integration	6	3	1	3	13
Max højhastighed	4	4	1	3	12
Max godstransport	4	3	1	4	12

Tab 12: Scenarier med antal tog over Øresund pr time pr retning, Atkins 2013.

Basissituationen omfatter den maksimale trafik, der kan køre over broen i dag. Det indebærer en tilnærmet 10-minutters frekvens for Øresundstogene, dvs 6 tog i timen i hver retning. Hertil kommer et fjerntog (typisk SJ2000), op til 2 godstog primært transit Sverige-Tyskland samt et tog København-Ystad med forbindelse til færgeafgangen til Rønne (Bornholm).

Som udgangspunkt forudsættes visse kapacitetsmæssige opgraderinger af strækningen gennemført uanset indførelse af en Øresundsmetro. Det drejer sig især om, at stationen Københavns Lufthavn Kastrup udbygges inden 2021 med nye perroner (med såkaldt retningsdrift) og ekstra kapacitet for gods. Desuden er planerne for 2 nye spor Malmö-Lund (Flackarp) forudsat realiseret, ligesom mindre kapacitetsforbedringer på Øresundsbanen ved Ørestad og Ny Ellebjerg (fly-over) tænkes gennemført som minimum.

De følgende scenarier optimerer trafikeringen og forøger antallet af tog med 20-30% over Bron, hvorved hele det bestående Øresundssystem når sin maksimale kapacitetsudnyttelse.

► Scenarie: Prioritering nye inter-regionale Øresundstog

I dette scenarie omlægges den lokale-regionale trafik med Øresundstog med sigte på en større integration mellem Malmö/Skåne og Sjælland. Der bliver plads til 6 Øresundstog. En vis opprioritering af de lange trafikforbindelser forekommer også, hvorved Øresundsforbindelsen er klar til at tage imod 3 godstog og 3 hurtige fjerntog. Som de øvrige to scenarier indeholder dette også en IC-Bornholm linje.

Scenariet forudsætter etablering af Øresundsmetro, hvor mange pendlere og lokale rejsende mellem København og Malmö og i oplandet hertil benytter denne nye linje. Kapaciteten på Øresundsbanen frigives til anden brug.

Nogle af Øresundstogene flyttes fra den danske Kystbane til den nye København-Ringsted bane og til Vestbanen, hvorved linjerne mod Roskilde, Holbæk, Ringsted, Korsør, Køge, Næstved mm. forbindes til Københavns Lufthavn Kastrup og videre

til Skåne. Dermed vil der komme direkte tog i timedrift til lufthavnen og Malmö på en række danske strækninger:

- Holbæk – Roskilde – CPH – Malmö – Lund via Ny Ellebjerg
- Storebælt – Ringsted – Køge N – CPH – Malmö – Lund via Ny Ellebjerg
- Nykøbing F – Næstved – Roskilde – CPH – Malmö – Lund via Ny Ellebjerg

Derudover tilbydes som nu tre afgang i timen på den nuværende strækning for Øresundstogene, der mod nord og øst for Lund kan være forbundet med toglinjerne præcis som dagens køreplan:

- Helsingør – København – CPH – Malmö – Lund

► Scenarie: Prioritering gods

Både Trafikverket og den danske Trafikstyrelse arbejder med implementering af grønne transportkorridorer, herunder for den nye EU-prioriterede Scandinavian-Mediterranean korridor i Core Network. Trafikstyrelsen forventer en kraftig vækst i godstrafikken i de kommende år, når kapaciteten på hele strækningen Øresund-Femern i 2021 er nærværd fordoblet og når Femern-tunnelen er åben.

Dette scenarie følger EU's ambitiøse prioritering af meget mere gods på bane. I EU's hvidbog for Transportsektoren 2050 anføres:

- *Senest i 2030 bør 30% af den del af vejgodstransporten, som transporteres ca. 300 km og derover, overføres til andre transportformer, såsom jernbane eller vandveje, og målet forhøjes til 50% senest i 2050.*

Det indebærer, at en meget stor andel af den lastbiltrafik, der går over Øresund, vil skulle overflyttes til jernbane, hvilket kræver en fordobling af kapaciteten til godstogene. Følgelig reserveres i dette scenarie plads til at kunne afvikle op til fire godstog pr time i hver retning over Øresund. Samtidig indføres 2 hurtigtog ud over den bestående snabbtågsforbindelse (i dag med SJ2000). Det betyder, at der er plads til 4 Øresundstog pr time pr retning – og dermed også et voksende behov for supplement i form af en Øresundsmetro.

Scenariet følger altså intentionerne for det internationale samarbejde i relation til Core Network-korridoren, der går over Øresund. Hvis godstransport på bane intensiveres efter hensigten i EU's direktiver og de tværnationale aftaler, der teknisk og trafikalt ligger for dette arbejde, SKAL godstrafikken have absolut prioritering i køreplanerne.

Det er f.eks. ikke på nogen måde muligt at reducere godstogenes antal af hensyn til at få plads til flere persontog i myldretiden over Øresundsbron. For perioden frem til 2027 venter Trafikstyrelsen mere end en fordobling af antallet af godstog over Øresund. Internationalt gods ventes over de næste 20 år at vokse til 18 mio. tons. På kort sigt planlægges antallet af godskanaler over Øresundsbron øget fra 2

til 3 godstog pr time/retning. Samhandlen mellem Tyskland og Skandinavien har naturligvis meget høj prioritet, og dermed er der også stor fokus på den ekstra kapacitet til godstrafik, som er nødvendig.

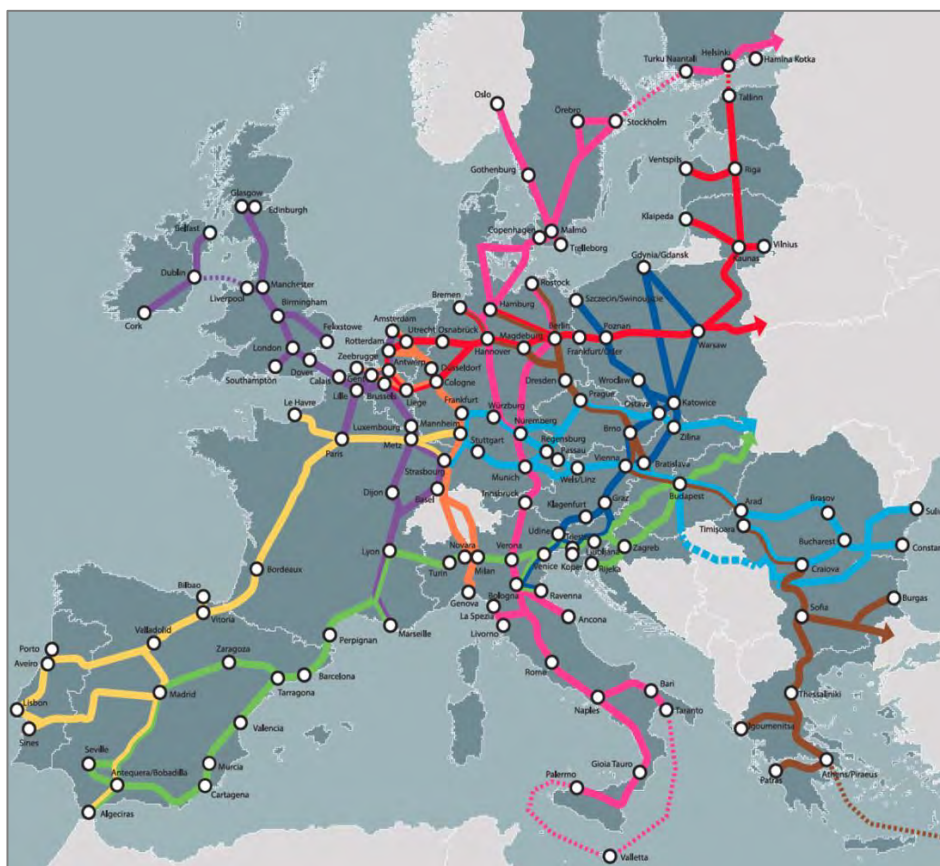


Fig 21: EU Core Network – de 9 nye korridorer, september 2013.

► Scenarie: Prioritering hurtigtog via Femern Bælt

I dette scenarie kobles Skandinavien på nettet for de europæiske højhastighedstog. De nye hurtige fjerntog har international standard, som det kendes fra Centraleuropa. Stockholm og Oslo er direkte forbundet til tyske linjer mod Hamburg, Berlin, Hannover, Bremen mv.

I EU's Hvidbog 2011 for High-Speed Networks er der sat klare mål for at det samlede net skal mere end fordobles, så det udstrækker sig til 30.000 km i de skitserede hovedkorridorer i Europa, dvs. i Core Network. For korridoren over Øresundsbron er denne trafik lagt ind i scenarieanalysen.

Det eksisterende svenske SJ2000 fungerer som en standsende IC-forbindelse, hvortil så kommer 3 egentlige hurtigtog efter de visioner, der er opstillet i bl.a. Skandinavisk Arena og 8 Million City-projektet. Der afsættes også plads til 50% mere gods, dvs. en vækst fra i dag 2 til 3 godstog over Øresundsbron, hvilket er en umiddelbar konsekvens af åbningen af Femern-forbindelsen 2021. Der bliver plads til 4 Øresundstog.

I Atkins' analyser er der opstillet køreplansmodeller og tidtabeller. I det følgende vises uddrag fra udviklingsarbejdet, herunder resultaterne for det *første scenarie* om Regional Integration.

Det samlede togudbud af person- og godstog fordelt på delstrækninger vises i nedenstående linjediagram:

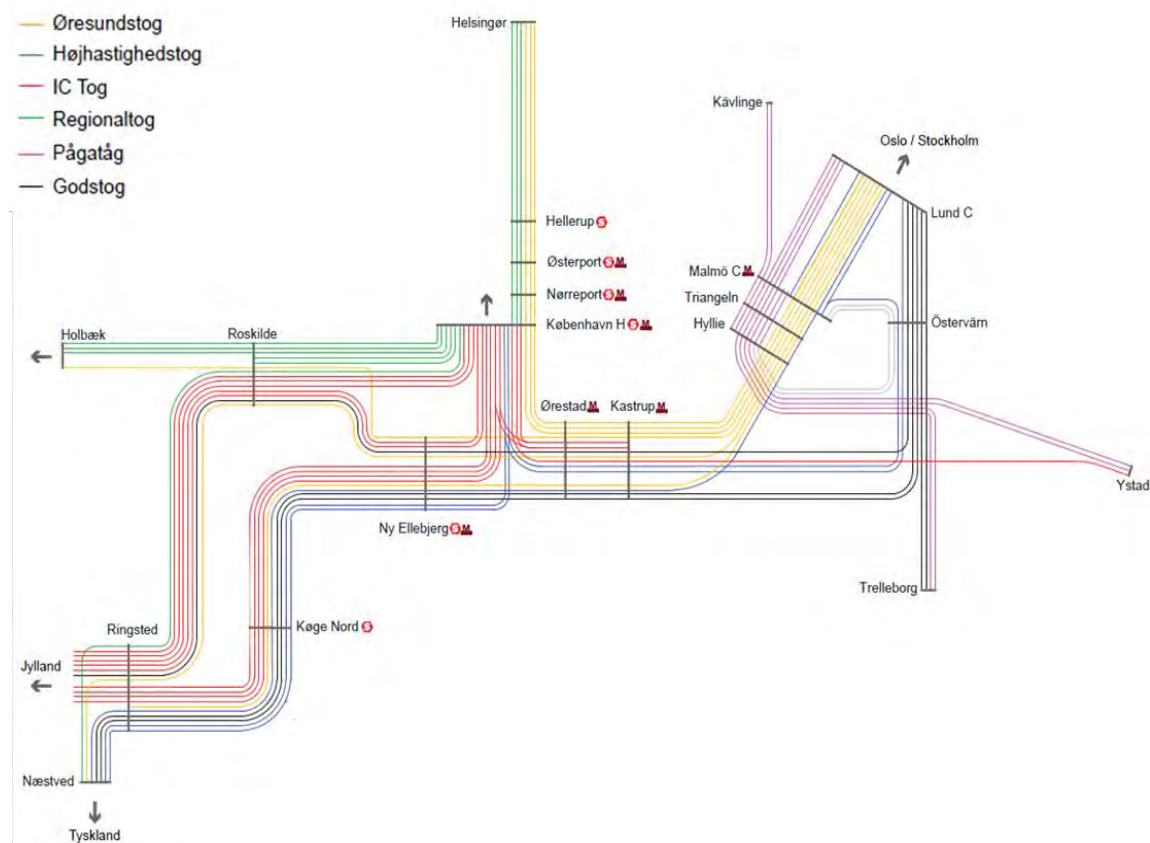


Fig 22: Linjediagram for Scenariet Regional Integration, Udvikling af jernbanetrafikken over Øresundsbron – driftsoplæg og kapacitetsanalyse, Atkins 2013.

På Øresundsbron er der i dette scenarie en dimensioneret kapacitet til 3 godstog og 10 persontog, som vil blive kørt i et meget stramt forløb, idet der både kører flere langsomme og flere meget hurtige tog end i dagens køreplan. Alle 6 Øresundstog er tænkt at køre via Citytunneln, men der er ikke plads til at køre de nye højhastighedstog denne vej uden at der enten fjernes Pågatåg eller Øresundstog.

På den danske Øresundsbane kører der 15 tog pr time pr retning, hvilket næppe kan øges mere uden at robusthed og punktlighed i trafikafviklingen påvirkes negativt.

I Citytunneln kører ligeledes 15 tog, hvor Triangeln station udgør en større flaskehals. På svensk side fordeles den ekstra trafik over Øresundsbron på Kontinentalbanen for at mindske kapacitetsproblemerne.

Direkte linjer og rejsetidsfordele

Det er muligt at lade visse Øresundstog køre uden om Københavns Hovedbanegård, hvis man til gengæld kan benytte en hurtig metro mellem Malmö og København. På denne måde optimeres trafiksystemet i sin helhed, idet et stort opland på den sjællandske side forbindes med Malmö og Skåne med direkte tog. Den samlede trafik over Øresund vokser hermed. En ny organisering af trafikken har følgende fordele:

- ▶ Interregionale ture Sjælland-Skåne vil samlet opnå meget store tidsbesparelser, og rejsetiden forkortes typisk 20-30% i en lang række destinationer, se nedenfor.
- ▶ Især på danske side kan mange passagerer undgå skift ved at benytte det nye Øresundstog direkte mellem Sjælland og Malmö/Skåne. Det giver en mere attraktiv rejse.
- ▶ Ubalancen i det bestående Øresundstogs system elimineres, og mange sjællandske byer får nu en linje, der forbinder dem direkte til lufthavnen.
- ▶ Visse rejsende vil se en fordel i at foretage skift til metro og kombinere med anden kollektiv transport
- ▶ Øresundsmetro aflaster samtidig broen, så der er plads til nye højhastighedstog koblet til Femern, og plads til vækst i godstransporten.

Tidsgevinsterne er tydelige og ændrer markant tilgængeligheds- og mobilitetsforudsætningerne for pendlere og virksomheder. Arbejdsmarkedsoplandet for de enkelte virksomheder forbedres, når tidsbarrieren og den oplevede pendlingsafstand formindskes.

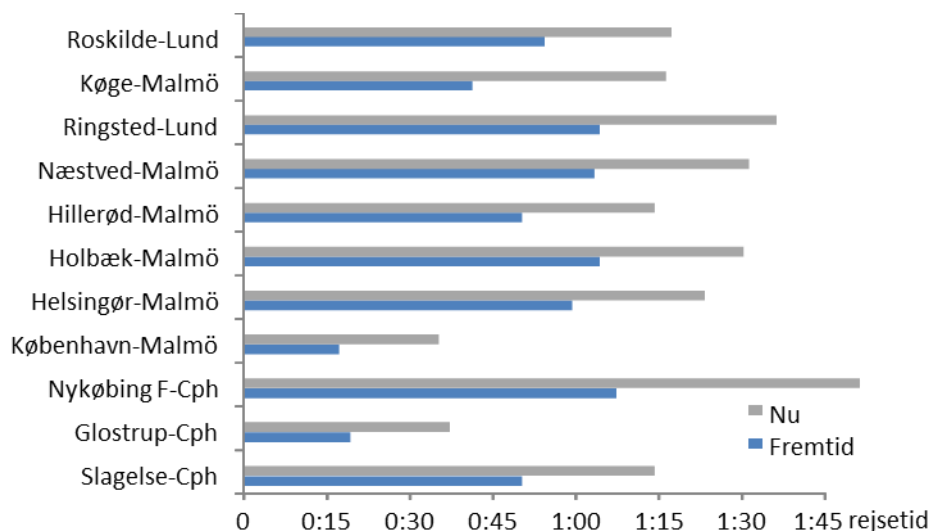


Fig 23: Eksempler på rejsetidsforbedring med et nyt Øresundstrafiksystem. Cph = forbindelser til Københavns Lufthavn Kastrup. Angivet i tim:min. Atkins 2013.

Kapacitetsbelastning til grænsen

Uanset hvilket af Atkins' scenarier man til sin tid vil vælge, bliver kapacitetsbelastningen større. Resultaterne gennemgås nedenfor.

På den danske side øges belastningskvoten fra 45 og op til 60 svarende til 'høj udnyttelse'. Beregningerne viser, at det ikke er tilrådeligt at gå ud over denne grænse, hvis der skal opretholdes en acceptabel regularitet. Belastningsgraden skal ses i lyset af, at der er foretaget kapacitetsudvidelse på banen, herunder på stationen i Københavns Lufthavn Kastrup (nye perroner og forbedret kapacitet til godstog). Yderligere kapacitet er også forudsat på Øresundsbanen herunder i den anden ende ved Ny Ellebjerg station (fly-over) og som minimum et 3. accelerationsspor på Ørestad.

I Citytunneln køres der på ydergrænsen af kapaciteten, dvs. 15 tog pr time svarende til en beregnet belastningsgrad på nærværd 70. Yderligere tog over Øresundsbron må nødvendigvis køre via Kontinentalbanen, og derfor ændrer belastningen sig ikke væsentligt i Citytunneln, hvor Triangeln station isoleret set udgør den største flaskehals. Der er forudsat en kapacitetsudvidelse Malmö-Lund med 2 ekstra spor, men denne forøgelse kan ikke direkte registreres i kapacitetsbelastningen i Citytunneln, der er maksimalt udnyttet. I forbindelse med åbningen af lokaltrafikken på den kommende Malmöringen og udvidet trafik på Trelleborg og Ystadbanen vil også presset på Kontinentalbanen øges, især hvis der på sigt ønskes en relativ høj frekvens på Malmöringen.

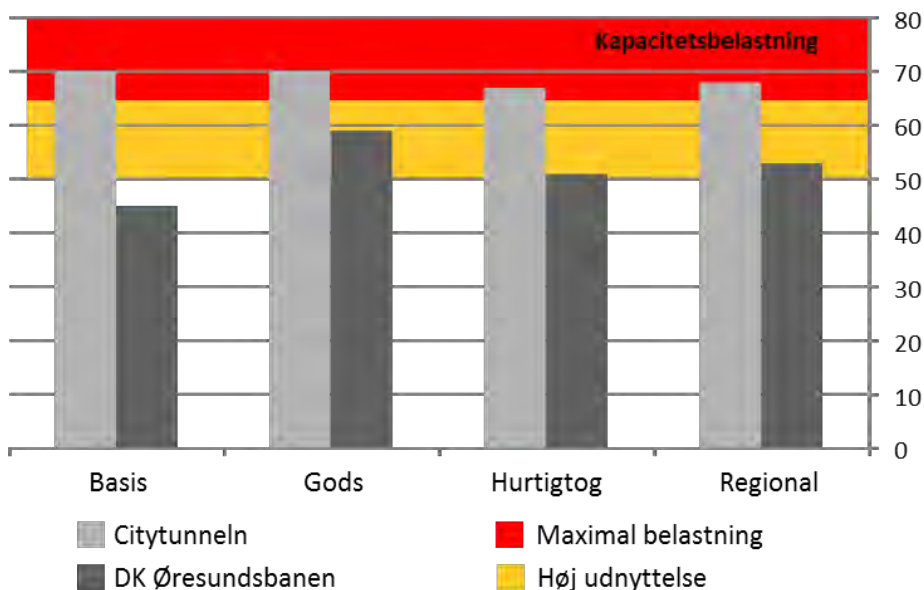


Fig 24: Kapacitetsudnyttelse i basis og 3 scenarier. Belastningen beregnet efter UIC-406 under hensyn til driftsregularitet, Atkins 2013.

Drift og regularitet kan forbedres

Presset på persontrafikken over Øresundsbron vil også fremover kræve stor indsats på trafikstyringen for at holde togenes regularitet oppe. Øresundstogene kører bedre end tidligere, men der er fortsat udfald, viser statistikken. Signalfejl og tekniske problemer med infrastrukturen er ofte årsagen, ligesom der på operatørsiden (dvs. selve materiellet) forekommer tekniske nedbrud. Hvis

Øresundstogene kan holde omkring 92% rettidighed er det et relativt godt mål for denne type tog. I de seneste år har regulariteten ligget på gennemsnitligt 89%. Rettidige tog må max være 5 minutter forsinkede.

Metrosystemet har en driftsstabilitet på i gennemsnit 98,5%, hvilket afspejler sig i en relativ høj kundetilfredshed. I metroen regnes stabiliteten i 3 minutters intervaller, dvs. med fokus på om den lovede metroafgang finder sted inden for det pågældende interval. Om end sammenligningen er vanskelig p.g.a. de to forskellige metoder, er der dog en tydelig forskel mellem de to systemers præstation, hvor metrosystemet alt andet lige kører med høj driftsstabilitet.

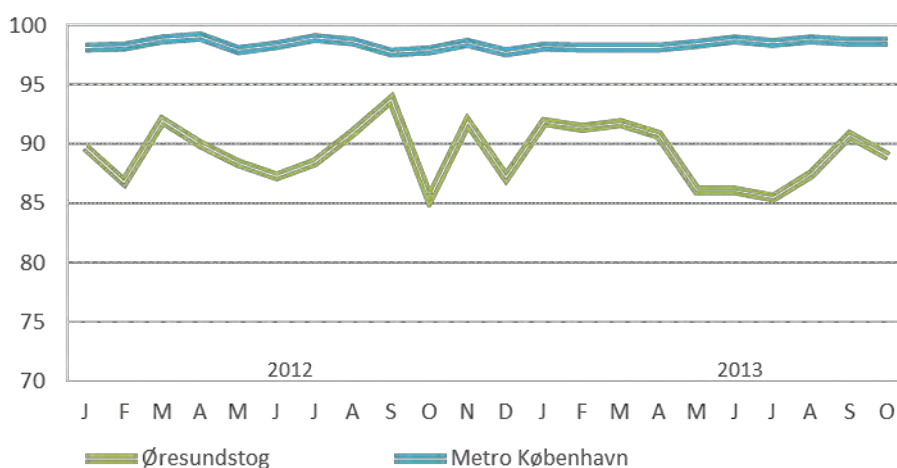


Fig 25: Regularitetsstatistik for regionaltrafikken over Øresund og for Metro.

Opsummering

Fremtidige flaskehalse på Øresundsforbindelsen med voksende prioriteringskonflikter mellem forskellige trafikstrømme kan reduceres betydeligt. En Øresundsmetro kan spille sammen med Øresundsbron og øge den samlede kapacitet/funktionalitet.

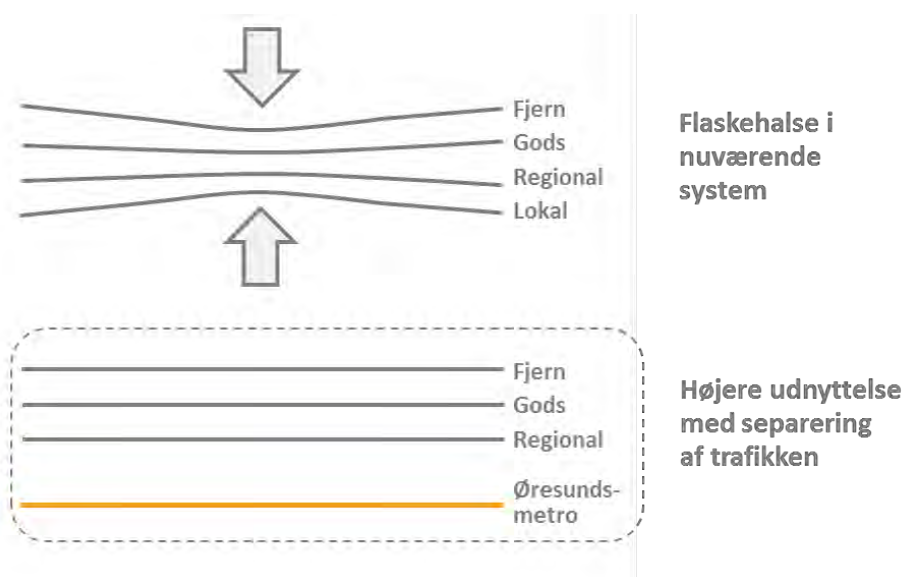


Fig 26: Nyt trafikeringsprincip over/under Øresund.

I Atkins' baggrundsanalyser kan hentes flere eksempler på fremtidige forslag til trafikering i kombination med en Øresundsmetro. Analysen viser samlet set følgende billede:

- ▶ Det er ikke muligt at afvikle 9 Øresundstog over Øresundsbron, som f.eks. beskrevet i Skånes Tågstrategi, - der er højst plads til 6 Øresundstog i kombination med 4 andre persontog og 3 godstog (pr time pr retning).
- ▶ Det er ikke i fremtiden muligt mærkbart at afkorte rejsetiden med Øresundstog mellem København og Malmö. Kortere rejsetid og flere afgang kan kun etableres ved at bygge ny infrastruktur, dvs. en fast forbindelse eksempelvis en Øresundsmetro.
- ▶ Ved at organisere trafikken anderledes opnås plads til flere godstog og til fremtidens hurtige togforbindelser. En forøgelse af begge dele er stærkt kapacitetskrævende, men den samlede kapacitetsbelastning i systemet er med det foreliggende trafikoplæg acceptabel.
- ▶ En Øresundsmetro og nye Øresundstogforbindelser giver et langt større antal direkte forbindelser mellem en række byer i regionen, og fremfor alt meget kortere rejsetider på tværs af sundet – både i nærmarkedet mellem København og Malmö og i det interregionale marked Sjælland-Skåne.
- ▶ En positiv markedsreaktion forventes ved at omlægge trafikken, idet efterspørgslen for Øresundstrafik vokser. Hovedparten af passagererne opnår rejsetidsfordele, også selvom der i visse rejserelationer behøves et skift mellem metro og øvrig kollektiv trafik. I andre relationer mindskes antallet af skift pga. flere direkte regionale Øresundstogforbindelser.
- ▶ Når trafikken over Øresund er øget med 20-30% er det ikke muligt at presse yderligere tog ind i systemet. Efter kapacitetsudbygningstiltagene på begge sider vil den danske Øresundsbane og banen gennem Malmö fortsat være højt udnyttet og partielt overbelastet. Derfor er det heller ikke muligt at presse yderligere tog ind på broforbindelsen.
- ▶ Trafikoplægget kan aflaste Københavns Hovedbanegård, der er tæt på kapacitetsgrænsen. En del af den svensk-danske trafik vil kunne køres direkte via den nye knudepunktstation Ny Ellebjerg og på svensk side via Kontinentalbanen.
- ▶ Hvis Øresundstogtrafikken fortsatte med at vokse som nu med i gennemsnit 4 pct om året, ville trafikstrømmen i 2040 være 3-doblet til 90.000 rejsende i døgnet. Håndtering af denne trafikstrøm på en jernbane med blandet togmix (gods-persontrafik) vil i den dimensionerende spidstime være yderst vanskelig.

4 Anlægstekniske løsningsforslag

Studierne af de anlægstekniske løsninger er koncentreret om selve kyst-til-kyst strækningen, dvs. på hvilken måde man skal kunne krydse Øresund, og hvor det vil være mest hensigtsmæssigt at gå i land. Målpunkterne er Malmö C og Københavns Hovedbanegård. Hovedfokus i studierne har ikke været koncentreret om landstrækningerne. På dansk side vil der være mulighed for at tage afsæt i foreliggende planer i Københavns Kommune vedrørende linjeføringer af fremtidige metroudbygningsetaper. I den sammenhæng har Metroselskabet på basis af erfaringer med udbygningen af Københavns Metro bidraget med teknisk ekspertise i forhold til mulighederne for at etablere en Øresundsmetro.

Principløsningerne

En ny fast Øresundsforbindelse for kollektiv trafik er undersøgt på basis af et trafikalt metrokoncept eller et mere konventionelt regionaltogskoncept. De anlægstekniske konstruktionsprincipper baserer sig på:

- ▶ En boret tunnel
- ▶ En sænketunnel
- ▶ En kombineret sænketunnel-lavbro

Der er i undersøgelserne udført af konsulenthuset Rambøll peget på to linjeføringer. Den ene løsning består i en boret tunnel i direkte linje mellem Prøvestenen på det østlige Amager og til et ydre punkt ved f.eks. Dockan i Västra Hamnen. Denne tunnel løber under Saltholm.

Af anlægstekniske og miljømæssige grunde vil den naturlige linjeføring for en sænketunnel og en kombineret sænketunnel-lavbro være forskellige fra den borede tunnel. For sænketunnelløsningerne trækkes linjeføringen i nordlig retning med en afstand på ca. 1 km til Saltholm, og denne strækning bliver da ca. 1 km længere end den direkte kyst-til-kyst linje.



Fig 27: Principløsninger for linjeføring af en ny fast forbindelse over Øresund.

Anlægestimater

De vigtigste komponenter, der indgår i opgørelsen af anlægsomkostninger på kyst-til-kyst strækningen er følgende:

- ▶ Selve længden af forbindelsen
- ▶ Tværsnitsarealet for tunnel og bro
- ▶ Konceptet for mekaniske og elektriske installationer i tunnelen, dvs. ventilation, strømforsyning, sikkerhedskoncept mv
- ▶ Gennemførelsestiden, herunder antallet af tunnelboremaskiner resp. det nødvendige antal produktionslinjer for støbning af tunnelelementer.

Kyst-til-kyst projektet adskiller sig på en række punkter fra andre baneforbindelser ved at behovet for sikkerhedsforanstaltninger er øget i forhold til referencetunneler. Det drejer sig om:

- ▶ Krav til meget høj afgangsfrekvens, dvs. ned til 100 sek. interval mellem togene svarende til 36 tog pr time pr retning
- ▶ Potentielt stort antal passagerer i tunnelen på en gang, hvilket stiller krav til sikkerhed
- ▶ Længden af tunnel under vand, dvs. uden adgang til overfladen, stiller krav til ventilation i tilfælde af brand. Hertil kommer særlige krav til redning og flugtveje.

Faktorerne vil tilsammen spille dimensionerende ind i forhold til design og konstruktionsmuligheder, og i forhold til estimatet for anlægsinvesteringerne. Samlet set er alle løsninger fundet byggbare om end der peges på behov for at kende mere til geologi mv.

Af nedenstående anlægestimater ses, at regionaltoogsvarianterne generelt set kræver større investeringer end metroløsningerne. Alle priser er excl. omkostninger til det rullende materiel, men inklusiv projektering og byggestyring, tilslutningsskakte på hver side samt mekaniske og elektriske installationer.

Løsningsforslag	Investerings-		Anlægs-
	estimat	+50%*	
1 Boret tunnel for regionaltog 22 km længde, 160 km/h	20 mia DKK	29 mia DKK	8 år
2 Boret tunnel for metrotog 22 km længde, 100 km/h	14 mia DKK	21 mia DKK	6,5 år
3 Boret tunnel for regionaltog 22 km længde, 160 km/h	16 mia DKK	24 mia DKK	6,5 år
4 Sænketunnel for metro 23 km længde, 100 km/h	15 mia DKK	22 mia DKK	6 år
5 Sænketunnel for regionaltog 23 km længde, 160 km/h	17 mia DKK	26 mia DKK	6 år
6 Sænketunnel+lavbro for metro 23 km længde, 100 km/h	15 mia DKK	22 mia DKK	6 år

Tab 13 Investeringsoverslag kyst-kyst strækningen. *) Som en måde at tage højde for risikoelementer på et tidligt stadie i planlægning af store infrastrukturinvesteringer er - som vanlig dansk praksis - tillagt en korrektionsfaktor på 50% på Rambølls cost-estimat.

Løsning 1: Boret tunnel, regionaltog, dobbelt tunnel

Denne løsning er udført som i princippet under Storebælt med to enkeltrør, hver med ét jernbanespor. Tværprofilet er relativt lille, og jordmængderne der skal udgraves er relativt mindre. Der skal etableres tværtunneler for hver 300 m til redning. Disse tværtunneler vil også skulle huse tekniske installationer, pumper mm. og fungerer derfor både ved alm. vedligeholdelse og i nødsituation. Løsnin-gen er ikke egnet som metrotunnel.

Løsningen kræver etablering af kunstig ø i Øresund til ventilation. Dette skyldes, at der i modsætning til de øvrige løsninger kun kan installeres længdeventilation og ingen separat røgkanal.

Løsning 2: Boret tunnel, metrotog, enkelt tunnel

I denne 2-etage løsning er jernbanesporene placeret oven på hinanden, hvilket er ideelt for en metroløsning. Der er flugtvejsdøre pr 100 m til en sidegang, der ligger i hele tunnelens længde. Fra nedre dæk har passagerer adgang til flugtvej via trappe.

Metrotogene har ikke pantograf (strømaftager) og henter el fra en 3. skinne ved siden af toget. Dette gør at metrotogene ikke har behov for megen plads i højden og trafikrørene opnår derved en udformning, så det samlede tværsnit på hele tunnelen bliver relativt lille.

Denne løsning har et relativt stort tværprofil og er karakteriseret ved, at der skal udføres omfattende konstruktionsarbejder i form af de indvendige betondæk mm., når selve tunnelen er færdig. I relation til bygge- og installationslogistikken vil denne løsning være krævende. Der er etableret 15 m² ventilation i venstre side af tunnelen.

Løsning 3: Boret tunnel, regionaltog, enkelt tunnel

Denne løsning er som løsning 2 en boret enkelttunnel, men hvor tværsnittet endda er noget større. På grund af regionaltogetes strømaftager øges kravet til højde og derfor placeres jernbanesporene parallelt med hinanden.

Der er flugtvejsdøre pr 100 m fra hvert trafikrør til en mellemgang, der fungerer som sikkert område.

Over sikkerhedsområdet er der plads til installationer, og der er etableret 15 m² ventilation i venstre side af tunnelen.

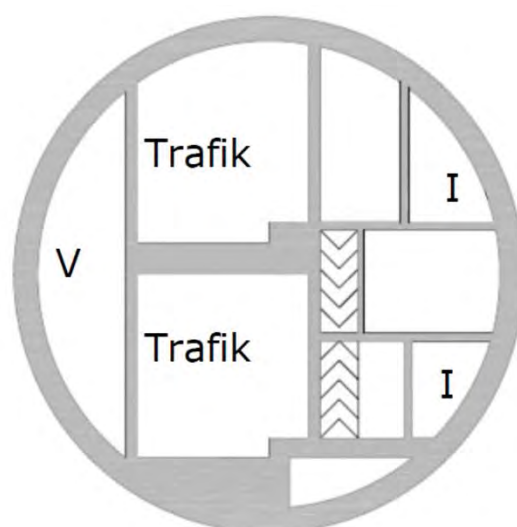
Der er også plads til installationer under sporniveau. Af de 3 installationsgange kan den midterste indrettes til servicekørsel med små specialbiler.

Løsning 1:**Boret tunnel, regionaltog, dobbelt tunnel**

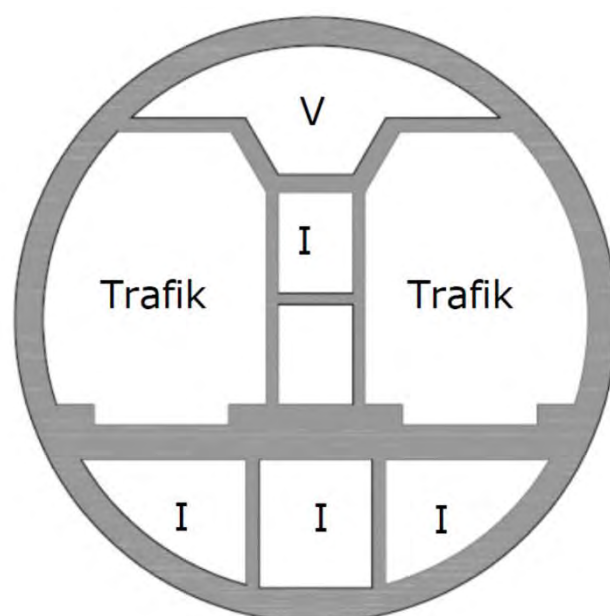
8,1 m indre diameter
 8,8 m ydre diameter
 17,7 m³ beton pr meter *
 *) ekskl. tværtunnel

**Løsning 2:****Boret tunnel, metrotog, enkelt tunnel**

12,0 m indre diameter
 13,2 m ydre diameter
 42,7 m³ beton pr meter

**Løsning 3:****Boret tunnel, regionaltog, enkelt tunnel**

14,5 m indre diameter
 15,9 m ydre diameter
 60,0 m³ beton pr meter



I = installationer

V = ventilation

Løsning 4: Sænketunnel, metrotog

Dette forslag til løsning omfatter en sænketunnel udført i princippet som på den eksisterende Øresundsforbindelse under Drogden. Den eksisterende Øresundstunnel indeholder dog også plads til biler og måler hele 39 x 9 m. I sammenligning hermed er tværsnitsprofilen for en sænketunnel for metrotog meget lille.

Mellem de to jernbanerør kan placeres sikkert område. Der er 100 m mellem hver flugtsvejsdør ind til det sikre område. Over dette område kan placeres 15 m² ventilation.

For at få plads til alle nødvendige installationer såsom transformatorer, pumper mm, er det nødvendigt at indsætte ca. 6 specialtunnelelementer med ca. 2 km mellem hvert. Dette er ikke vist på tværsnitfiguren. Disse elementer har i princippet samme udformning men skal være højere og/eller bredere. Specialelementerne kendes også fra Femern-sænketunnelløsningen.

Løsning 5: Sænketunnel, regionaltog

Denne løsning minder om løsning 4, men tværsnitsprofilen for regionaltog bliver en del større. Det skyldes det større profil som regionaltogene har.

Der etableres flugtsvejsdøre til sikkert område for hver 100 m. Ventilationsarealet på 15 m² kan placeres lidt anderledes, hvorved tunnelen bliver bredere. Dette medfører, at der i denne løsning kan skabes lidt ekstra plads – i den midtliggende redningsvej – for servicekørsel med en specialbil.

I lighed med sænketunnelløsningen for metro foreslås etableret et antal specialtunnelelementer, der er højere/bredere end som angivet på tværsnitfiguren.

Løsning 6: Kombineret sænketunnel/bro, metrotog

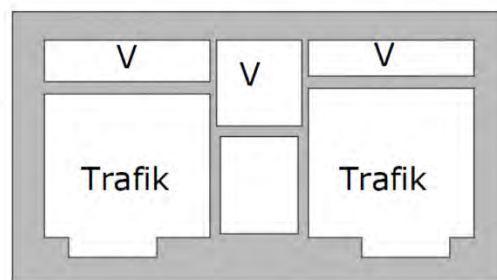
En kombination af sænketunnel og bro er undersøgt som et alternativ til en lang tunnelforbindelse. Etablering af sænketunnelen tager udgangspunkt i løsning 4, men tunnelen opbrydes ca. midtvejs, hvor jernbanen nord for Saltholm føres op på en let buet lavbro med en længde på ca. 7,2 km.

I undersøgelserne udført af Rambøll foreslås ramperne mellem tunnel og bro anlagt på 2 små kunstige øer. Lavbroen vil være smallere end tunnelen, idet ramperne er bredest ved tunneltilslutningen. Togene vil kortvarigt skulle håndtere en stigning på omkring 5,0%, når toget kører op fra henholdsvis ned i tunnelen. Dette medvirker til at mindske ø-overfladens størrelse.

Selve lavbroen vil stå på lav vanddybde og udføres som en traditionel bjælkebro mellem de to øer.

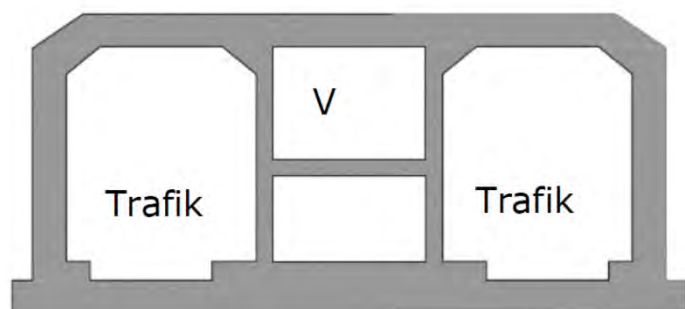
Løsning 4:
Sænketunnel, metrotog

14,0 m bred
 7,7 m høj
 45,3 m³ beton pr meter



Løsning 5:
Sænketunnel, regionaltog

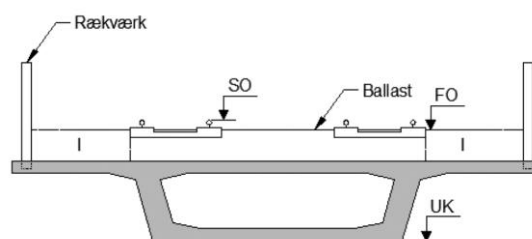
19,9 m bred
 9,2 m høj
 64,9 m³ beton pr meter



Løsning 6:
Kombineret sænketunnel/bro, metrotog

Tunnel:
 14,0 m bred
 7,7 m høj
 45,3 m³ beton pr meter

Bro:
 11,0 m bred
 1,65 m høj



Linjeføring for borede tunnelloesninger

Den borede tunnelforbindelse mellem Malmö og København er af Rambøll foreslået at gå i en ret linje under Øresund. Eksemplet viser linjeføring for tunnelloesning med ydre diameter på 15,5 m. Tunnelen skal i dybden placeres svarende til minimum én diameter under kalklaget.

Dette betyder, at tunnelen kommer til at ligge med en dybde på ca. 31 m under kalkoverfladen (målt fra bund af tunnel). På denne 22 km lange lige strækning vil de laveste punkter være ca. 50 m under havoverfladen, idet der er foreslået 4 dybdepunkter, så tunnelen ikke bliver alt for dyb. Hældningerne har at gøre med, at der skal etableres en række pumpestationer for effektivt at holde tunnelen tør.

Udførelsen med de foreslåede dybdepunkter betyder, at tunnelen undgår at ligge lavt. Dybeste punkt for Storebæltstunnelen er 75 m under havoverfladen, den Engelske Kanaltunnel ligger 115 m under havoverfladen og på den nye Metro Cityring linje M3 og M4 i København er dybden 33 m under terræn.

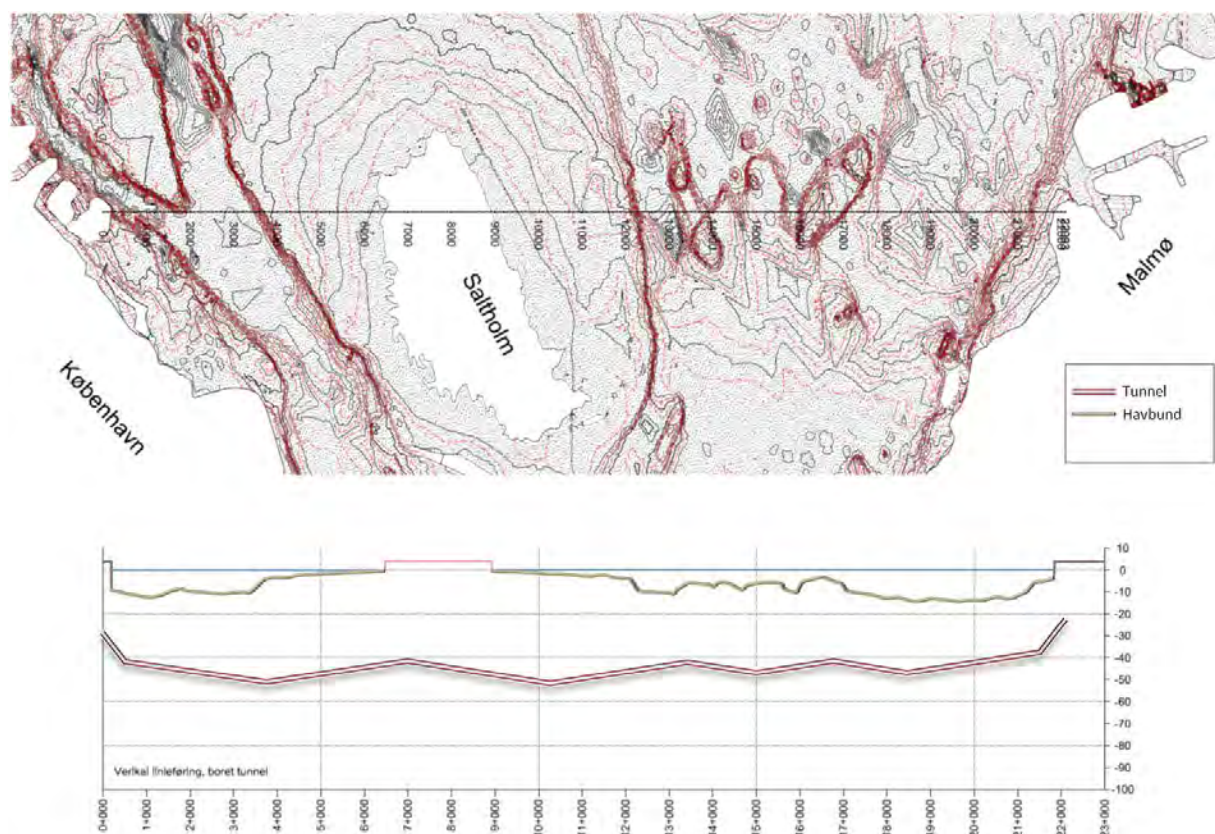


Fig 28: Linjeføring for boret tunnel efter forslag fra Rambøll.

Ved den svenske henholdsvis den danske kyst skal der konstrueres store skakte for at modtage og for at afsende tunnelboremaskinerne, og for at danne overgang til den videre linjeføring. Dybden af disse skakte er blandt andet bestemt ud fra diameteren på selve tunnelboremaskinen, og i forhold til hvor langt under jordbunden tunnelen skal placeres. Omkostningerne til skaktene er forsøgt minimeret

ved at hæve linjeføring og hældning på tunnel så meget op mod terræn som muligt på tunnelenderne.

På den valgte strækning er vanddybden ganske lav midt i Øresund, typisk kun nogle få meter, mens dybden i dansk territorium er 10 m over en kort strækning, og nær ved den svenske kyst er der maksimalt 13-14 m, - samlet set altså ikke et dybt farvand. Det foreslås at gøre tunnelerne stejle og udnytte persontogenes evne til at køre på gradienter på op til 5,0% (metro endda op til 6% stigning).

Linjeføring for sænketunnelløsningerne

Tilslutningspunkterne for løsninger med sænketunnel er de samme som ovenfor. Linjen er 23,2 km lang. For at minimere udgravningen af renden til sænketunnelen forsøges linjeføringen lagt optimalt i forhold til havbundstopografien især tæt på den danske kyst, med henblik på at afgravningsmængderne bliver så små som mulige. I dette tilfælde betyder det, at linjen er lagt syd om Middelgrunden. De stejleste topografiske skråninger er 5,0% over 100 m i området omkring Drogden og Middelgrunden.

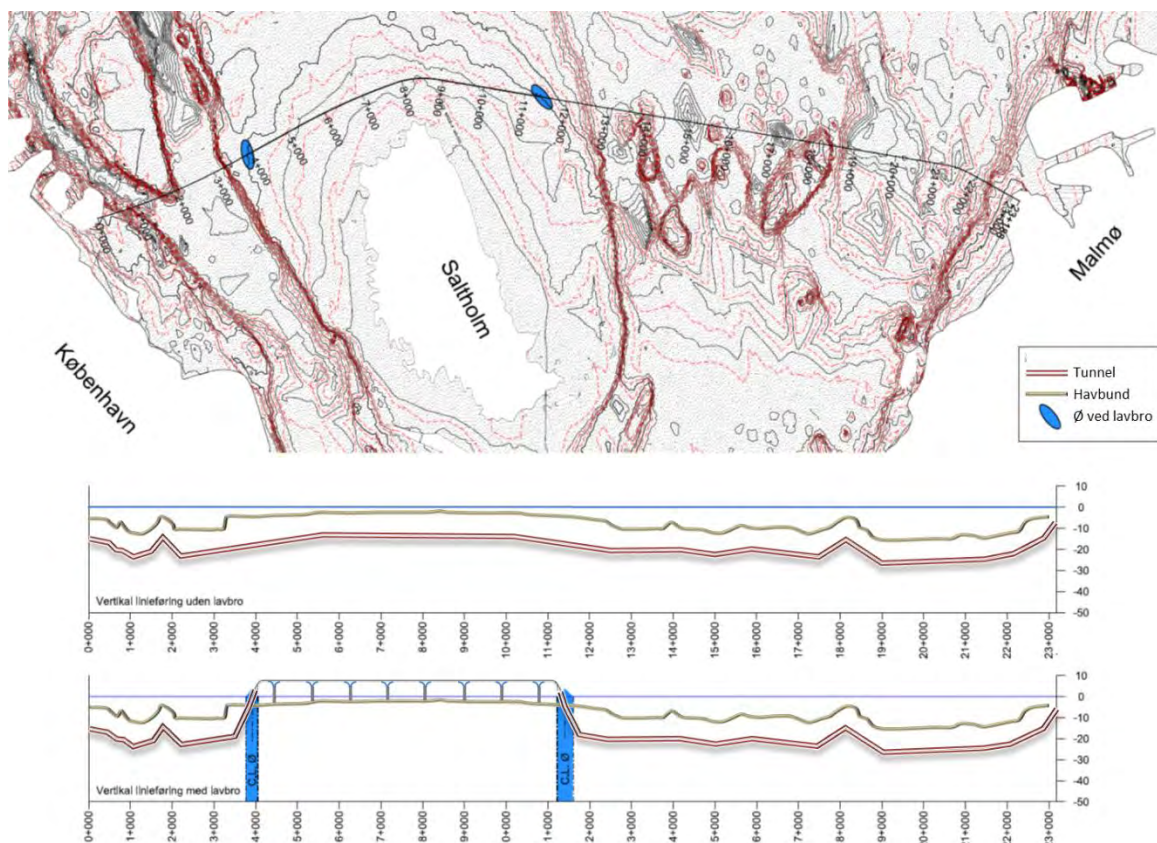


Fig 29: Linjeføring for sænketunnel og sænketunnel-lavbro efter forslag fra Rambøll.

Der er foreslået 2,5% max hældning på sænketunnelen, der bliver sammensat af elementer på ca 200 m længde. I store træk vil det indebære, at tunnelen kan følge havbunden optimalt. Som det fremgår af længdeprofilet på figuren vil tun-

nelen blive foreslået anlagt med et antal dybdepunkter for at sikre afvandingen i tunnelen.

Den kombinerede løsning med en lavbro har ikke en anden principiel linjeføring end den 'rene' sænketunnelløsning. De 2 kunstige øer, der bliver ovale og får en samlet længde på ca. 500 m, er markeret med blå. Lavbroen inkl. disse øer har en længde på ca. 7,7 km, idet det antages, at broen hensigtsmæssigt kan krummes let på det midterste afsnit.

Miljømæssige og geotekniske udfordringer

Der er ikke i denne sammenhæng gennemført nye studier af Øresunds geologiske jordbundsforhold. Undersøgelserne bygger i vid udstrækning på kendte data.

Overordnet set er bundforholdene relativt gunstige at etablere både den borede løsning og den udgravede sænketunnel løsning i. Såvel Københavnerkalken (blå) som Bryozokalkstenen (Grøn: Limhamnsledet) indeholder stedvis flintbænke. Den hårde kalk og flinten kan håndteres af boremaskinerne, om end der er erfaring med, at der opstår et stort slid på skæreskiverne i borehovederne, som derfor kræver ofte tilsyn og vedligehold i boreprocessen.

For sænketunnelløsningen er det håndtering af sedimentspildet og dermed minimering heraf der er miljømæssigt vigtigt. På grund af kalkens hårdhed og stabilitet er det forventningen, at det er muligt at grave renden for sænketunnelen med ret stejle sider, hvilket er gunstigt, idet det vil reducere udgravnings- og tilbagefyldningsmængderne. Rambøll forventer, at man udgraver sænketunnelrendens skråninger i kalk i forholdet 2:1 (dvs. 1 m horisontalt, 2 m vertikalt), mens man for midlertidige skråninger i de kvartære jordlag bør kunne arbejde med forholdet 1:2.

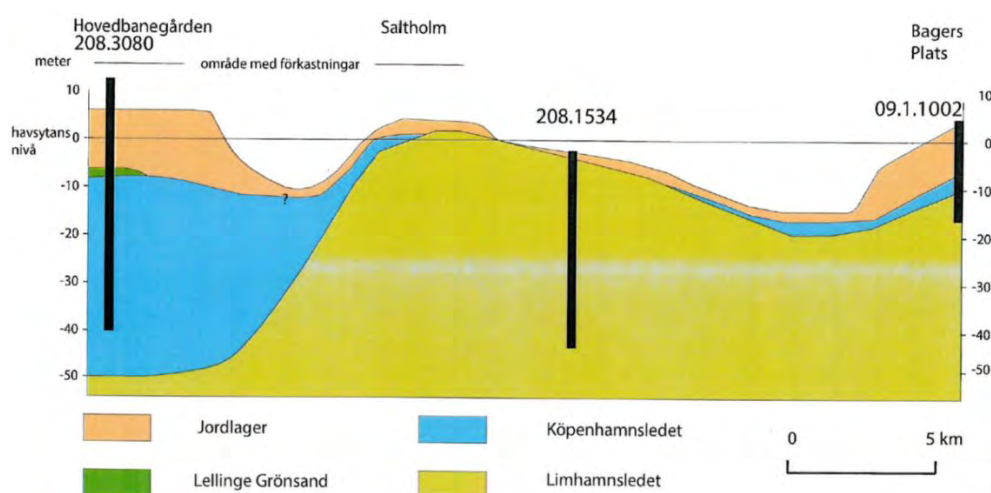


Fig 30: Det geologiske tværsnit for sænketunnelløsningen (Rambøll 2013).

Det er generelt forudsat, at miljøkravene baseres på følgende:

- ▶ En ny fast forbindelse skal (igen) kunne bygges som en 0-løsning for vandgennemstrømningen i Øresund, dvs. hvis der fyldes op i Øresund (f.eks. med etablering af en ø) skal gennemstrømningen sikres ved uddybning i andre områder
- ▶ I lighed med kravene til Øresundsbron skal også en Øresundsmetro overholde 1 km respektafstand til Saltholm.

Saltholm ligger i Natura2000-område. Erfaringerne med Øresundsbron viser, at et stort infrastrukturanlæg i lokalområdet har en påvirkning på miljøet. Der har løbende været foretaget monitoring af miljøforholdene i området. I broens tilfælde er der ingen indikationer på, at påvirkningen som sådan er negativ med tanke på at broen/Peberholm befinder sig i det skraverede Natura2000-område.

Ved overholdelse af respektafstandskravet for anlæg af den kombinerede sænketunnelløsning med lavbro skal linjeføringen i en passende bue trækkes minimum 1 km nord om Saltholm.



Fig 31: Natura2000-området i Øresund (Rambøll 2013).

Kyst-kyst strækningen med tilkobling

Strækningen under Øresund (og i et af alternativerne delvis over på lavbro) udgør den faste forbindelse kyst-til-kyst. Denne omfatter et samlet projekt som det er fremgået af gennemgangen ovenfor, mens København H – kyst og Malmö C – evt videre forlængelse udgør 2 andre tekniske etaper.

- ▶ Første etape kan være i forbindelse med mulighederne for at fortsætte udbygningen af metroen i København med M6/M7 mellem København H via Islands Brygge, Amagerbro og videre mod Prags Boulevard evt helt til Kløvermarken og Prøvestenen (depot/klargøringscenter).

- ▶ Selve linjen over Øresund er en selvstændig stor etape, der kan koble sig på udbygningen i København eller være en del af en selvstændig pendulinje.
- ▶ I Malmö er der behov for at se nærmere på linjeføringen ind til Malmö C, herunder om der skal vælges den ene eller den anden variant. Linjerne skal naturligvis være forberedte til at kunne gå videre.



Fig 32: Principløsninger for indføringen af Øresundsmetro mod Københavns Hovedbanegård og mod Malmö C.

Tunnelanlæggene til en Øresundsmetro, som er integreret med kommende etaper af Københavns metroudbygning, kan foreløbigt i runde tal estimeres til 20 – 24 mia DKK inklusive 2 stationer på svensk side, Västra Hamnen og Malmö C. Overslaget indeholder ikke den danske 50% korrektionsfaktor, som anlægsprojekter i tidligt stadium tillægges budgetmæssigt.

På dansk side indgår der i de samlede infrastrukturomkostninger en udvidelse af 20 stationer og 18 km tunnel i forhold til dagens metrostandard. Omkostninger for togsæt skønnes til ca. 2 mia DKK, idet der tages højde for en merudgift for noget større togsæt i forhold til det kendte materiels dimensioner.

En separat pendullinje, der går direkte mellem København H og Malmö C med en rejsetid omkring et kvarter, skønnes at koste 22 – 26 mia DKK plus omkostninger til togsæt svarende til 1½ - 2 mia DKK.

Hvis der vælges en integreret løsning, med en jævnførbar hastighedsstandard på selve kyst-til-kyst strækningen, bliver omkostningerne i størrelsesorden 2 mia DKK lavere samtidig med at der bliver tilgang til 17 stationer i de 2 byer, 15 på dansk side og 2 på svensk. Ulempen er, at den direkte rejse Malmö C – København H vil have en noget længere rejsetid, men til gengæld kan man nå andre dele af det centrale København hurtigere.

Samlede etapeforslag mia DKK	Tunnelanlæg	Togsæt	Total
Øresundsmetro Integreret M6	20,3 – 23,9	1,8 – 2,0	22,1 – 25,9
Pendulløsning, ej integreret	22,2 – 25,8	1,5 – 1,9	23,7 – 27,7

Tab 14: Priser angivet uden 50% korrektionsfaktor.

Som det fremgår af trafikeringsprincipperne er det muligt at etablere den integrerede Øresundsmetro i en situation, hvor M6 i København i en første etape kun anlægges på strækningen København H-v/Prags Boulevard (inkl vedligeholdelsescenter CMC på Prøvestenen). Hvis dette kunne ses som en sandsynlig første etape begrænser (udskyder) det de ovenfor inkluderede merudgifter til større tog, stationer og tunnelstrækninger på den københavnske M6/M7.

De centrale trafikknudepunkter

Malmö Centralstation og Københavns Hovedbanegård er udpeget som de vigtigste stationer. Uanset om Øresundsmetroen udformes som et separat shuttle-system mellem Malmö C og København H (pendulløsningen) eller med linjeforgrening under de respektive bycentre, behøves gode placeringer af en metrostation ind mod de dominerende jernbanestationer. Gode skiftemuligheder til anden trafik og god kontakt med nærområdet er vigtigt.

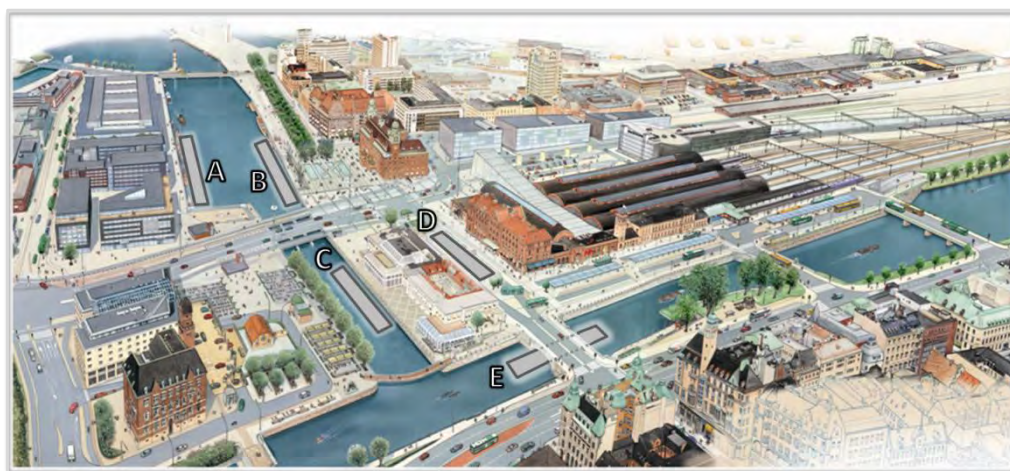


Fig 33: Malmö Centralstationer med angivelse af 5 placeringer for mulig ny Øresundsmetrostation.

Malmö Centralstation

Ved centralstationen er korte gangafstande til Citytunnelens opgange vigtige ligesom holdepladser for anden lokal og regional kollektiv trafik.

En specielt styrende faktor er, at tunnelen for en Øresundsmetro nødvendigvis må føres under den underjordiske citytunneldel af centralstationen, hvis man på sigt skal forlænge tunnel ind under det centrale Malmö. Fem stationsplaceringer er identificeret, hvoraf placering C og E forekommer at være de mest optimale:

- ▶ I alternativ C anlægges station under kanalen indtil Børshuset og Bagers Plads. Byggepladsen er relativt lettilgængelighed og vil rumme plads til at koble en linjeforlængelse sydpå.
- ▶ I alternativ E anlægges stationen i kanalen ved Skeppsbron og kommer tæt på centralstationsbygningen men også anden kollektiv trafik, hvortil bliver gode skiftemulighederne.

Københavns Hovedbanegård

Hovedbanegården udgør et dominerende trafikknudepunkt for kollektiv trafik. Aktivitetsniveauet i form af det flow af passagerer, der kommer ud, ind og rundt på stationen vil blive øget markant i 2018.

Her vil dels åbne den helt nye hovedjernbanelinje fra vest, dvs. København-Ringsted strækningen via Ny Ellebjerg, dels vil Cityringen åbne med i alt 17 nye metrostationer. I 2019 åbner første etape af Nordhavnslinje, og i øjeblikket diskuteres hvordan finansieringen kan finde sted for en Sydhavnslinje, der vil kunne åbne i 2021, hvis en beslutning mellem Københavns Kommune og den danske stat falder på plads. Disse linjer fører ind til den kommende metrostation, der ligger under København H i dennes vestlige side ved Reventlowsgade.

Placering af linjeføringen for Øresundsmetro ind til København H vil afhænge af, om der vælges en integreret løsning med eksisterende planer for den fortsatte metroudbygning i København, eller der vælges en pendulløsning.

For en integreret løsning vil Øresundsmetrostationen mere enkelt hænge sammen med den kommende metrostation København H. Derimod peger de anlægstekniske undersøgelser på, at pendulløsningen vil skulle etableres som en NATM-station under perronerne på Hovedbanegården, og vil i øvrigt skulle respektere Trafikstyrelsens eventuelle udvidelsesplaner. Disse planer omfatter bl.a. en mulig udvidelse af København H med nye fjernperroner.



Fig 34: Københavns Hovedbanegård set mod nord.

5. Status – og videre analyser

Efter 2 års studier kan det konkluderes, at fusionstanken om at smelte regionens to største byer sammen til én er fuldt mulig på basis af en offensiv infrastruktur-satsning. Gennem en højfrekvent og ”snabb” metroforbindelse i tunnel under Øresund vil interaktionen og udvekslingen tværs over sundet forøges markant. En Øresundsmetro er fysisk set et omfattende anlægsprojekt, teknisk udfordrende og med relativt store initialinvesteringer. Benefit-siden er også omfattende, - ikke kun ved at der kommer mange lokale rejsende mellem de to byer, men også ved at fordelene er regionale, da mange mennesker på lidt længere distancer har direkte nytte af en Øresundsmetro, når man skal krydse vandet.

Der er således udsigt til et regulært *boom* i trafikken, hvis der investeres i en ny metroforbindelse. Dette perspektiv ligger helt klart nu med de foreliggende prognoser og analyser af udviklingsmulighederne i transportmarkedet gennem ny effektiv infrastruktur. Øresundsbron har i særdeleshed været vækstsikende, men i de senere år er væksten aftaget og stagneret, og selvom der er restkapacitet i forbindelsens jernbanedel, er det en begrænset kapacitet. Øresundsbrons kapacitet kan udbyttes bedre, hvis der sker en vis aflastning i relation til de lokale rejser. Hvis disse i fremtiden foretages med en Øresundsmetro, er der plads til at sætte ekstra godstog ind på forbindelsen for at opfylde EU-målene om de grønne transportkorridorer. Det er også muligt at opfylde målene om at binde Europa sammen med højhastighedstog og maksimalt udnytte fordelene i den faste Femern Bælt-forbindelse.

Interregprojektet om Øresundsmetro har på idéskitseniveau bidraget med ny sagkundskab og teknisk datamateriale:

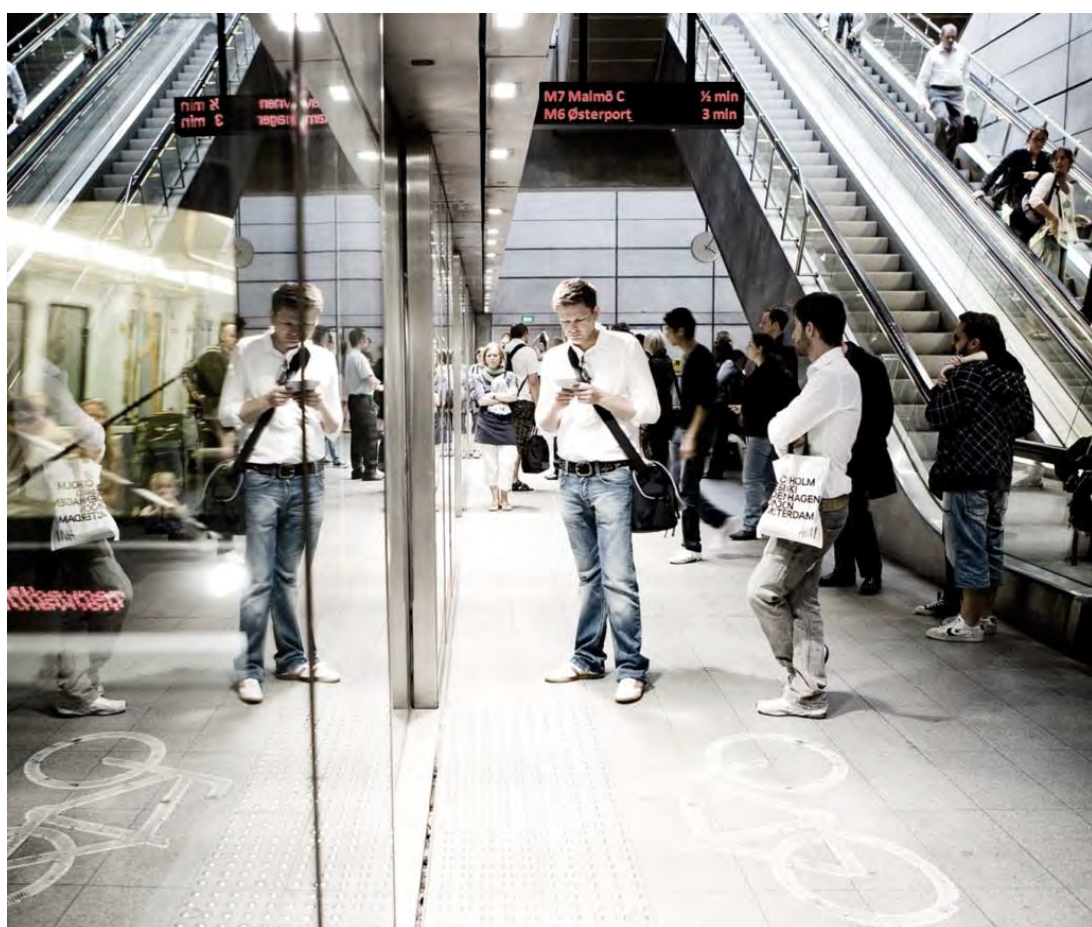
- ▶ Projektet har løftet meget **interessante alternativer** frem, når vi ser på hvilken type metro, som kunne realiseres. Både pendulløsningen, der kører non-stop frem og tilbage mellem de to centralstationer på hver side sundet, og den integrerede løsning, der bygger videre på udbygningen af den københavnske metro, udgør spændende muligheder med hver deres fordele. De konceptuelle, trafikale løsninger vil kunne udvikles yderligere i kommende studier.
- ▶ Øresundsmetro omfatter en ny 22-23 km lang **tunnelløsning** kyst-til-kyst, og der er flere tekniske muligheder herfor. På land skal tunnelen under alle omstændigheder udgraves med hjælp af tunnelboremaskiner (TBM) for at komme fra kysten ind til Københavns Hovedbanegård, og TBM-teknikken vil ligeledes kunne anvendes hele vejen under Øresund til Malmö C. For kyst-til-kyst strækningen har undersøgelserne som alternativ vurderet bygbarheden i den velkendte sænketunnelteknik, og der er også mulighed for at kombinere dette alternativ på en del af strækningen med en kort lavbro nord om Saltholm. Erfaringsgrundlaget er allerede

betydeligt, og det ligger fast at de geologiske betingelser er gunstige for at etablere tunnel på tværs af det sydlige Øresund. Fortsatte studier vil kunne gå yderligere i dybden med bl.a. kombinationsmuligheder af de forskellige tekniske tunnelloøsninger samt indføringsproblematikken i de respektive byer.

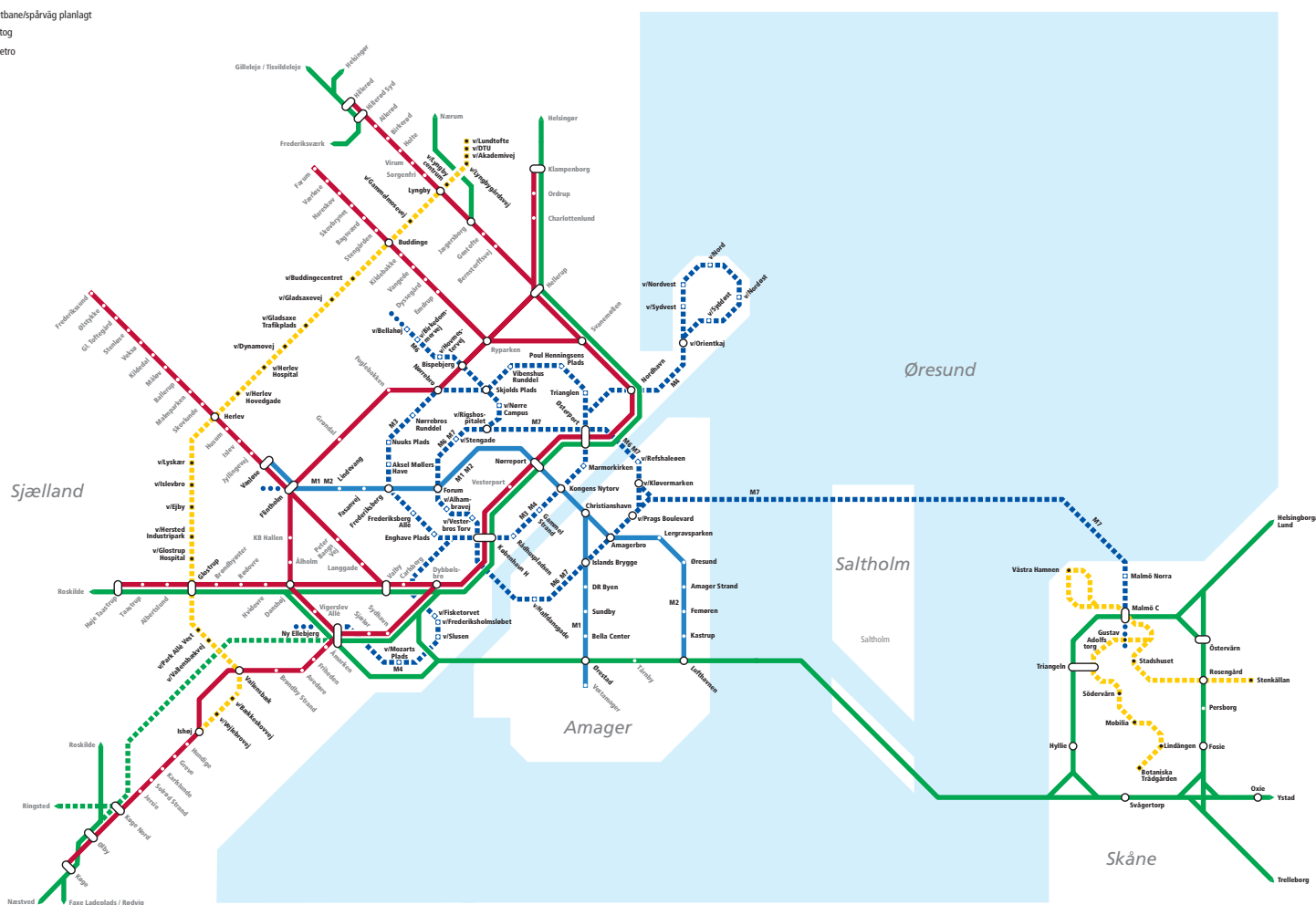
- ▶ Under hensyn til maksimal sikkerhed og tryghed kan tunnelerne etableres til en **Øresundsmetro med højere fart** end vi kender i dag. Køretiderne bliver – sammenlignet med den bestående forbindelse – meget attraktive, og der viser sig mulighed for at komme på tværs af sundet på 15 til 20 minutter afhængig af løsning. For dem som pendler frem og tilbage er der således tale om at spare typisk en halv times daglig rejsetid. Det vil være relevant i videregående studier at afdække de materiel- og driftsmæssige aspekter i den automatiske, førerløse metroløsning.
- ▶ De **foreløbige prognoser** baserer sig på regionens normalt anvendte trafikmodeller Skåne-Tass og OTM med det relativt omfattende datagrundlag, der er indbygget i disse modeller. I 2030 vil den kollektive trafik være mere end fordoblet, hvis der etableres en Øresundsmetro, dvs. at mere end 60.000 mennesker rejser på tværs af Øresund med en transportform, der er venlig over for klima og miljø. Det vil i fortsatte studier være relevant at gå tættere på, hvordan indbyggernes transportpræferencer ser ud lokalt og regionalt, hvordan rejsestrømmene udvikler sig på længere sigt, herunder hvordan trafikken til/fra Københavns Lufthavn Kastrup vil udvikle sig mm.
- ▶ En metrolinje på tværs af Øresund vil udgøre et nyt system med meget høj transportkapacitet. I **byplanlægningen** i København og Malmö er der store udfordringer i forhold til et voksende behov for at etablere kollektive trafikløsninger af høj kvalitet. Nærværende interreg-projekt har forsøgt at konkretisere visionen om en Øresundsmetro. Der vil i fortsatte studier være behov for at videreudvikle disse første idéskitser ved at samtænke de eksisterende **strategiske udviklingsplaner** i de to byer og i regionen i øvrigt. Det vil være nyttigt at se nærmere på, hvordan Øresundsmetroen som et grænseoverskridende kommunikationssystem understøtter storbyområdet og regionen i forhold til de globale og konkurrencemæssige udfordringer – herunder hvilke nye styrker som storby og region kunne opnå gennem satsning på bedre tilgængelighed og mobilitet i form af Øresundsmetro som strategisk udviklingsprojekt.
- ▶ I princippet er der med de nu foreliggende Øresundsmetroalternativer og de hermed forbundne system- og linjeføringskitser givet grundlag for at se nærmere på forslag til **udbygningsetaper og koblingsmuligheder** til øvrige trafiksystemer. Det drejer sig om landtilslutninger, mulige stations- og linjeføringsplaceringer med henblik på at beagte respektive byers

planlægning i de tidlige stadier. Det kan eksempelvis være udpegning af relevante steder, hvor mødet mellem kyst-kyst-tunnel og landtunneler hensigtsmæssigt kunne ske, arealreservationer for stationer og serviceanlæg, og tekniske faktorer i relation til de kommende udbygningsetaper for Københavns metro med hensyn til at muliggøre indkobling af Øresundsmetro senere (tværsektioner, stationsgeometri osv).

- ▶ I det fortsatte arbejde kan der endvidere være behov for at udbyde aspekter omkring **organisering og planprocesser**, herunder behov for på kort sigt at udarbejde oversigtlige analyser og et handlingsprogram, som opstiller emner det kan være nyttigt at indhente mere viden på. På længere sigt vil mere dybdegående analyser blive nødvendige i relation til, hvordan miljøkonsekvensbeskrivelse og en fælles planproces kunne udformes så denne inddrager både de lokale og nationale problematikker i et muligt videre beslutningsforløb.



- Letbane/spårvæg planlagt
- S-tog
- Metro



LÆS MERE OM ØRESUNDSMETROEN

Se alle præsentationer og delrapporter på nettet:

www.malmo.se/oresundsmetro

www.kk.dk/oresundsmetro

KONTAKT OS

oresundsmetro@okf.kk.dk

oresundsmetro@malmo.se

