

Kaj A. Jørgensen
Lektor emeritus v. Aalborg Universitet
Tranevej 48, Grindsted, 9310 Vodskov
kaj@mp.aau.dk – kaj@inetdata.dk



2023.10.20

En højklasset baneforbindelse under Kattegat



Skal der anlægges en Kattegat-forbindelse, bør den udføres som en højklasset¹ baneforbindelse. Det er det mest optimale om 15-20 år, når en forbindelse kan stå klar. Af flere grunde vil den være mere attraktiv end en vejforbindelse. Den vil være hurtigere, mere behagelig og rejsetiden kan udnyttes langt bedre.

Resume

Udviklingstendenserne viser, at antallet af privatejede biler til den tid vil være reduceret, så et stort antal bilister vil vælge servicebaseret mobilitet. Elektrificering og automation med bl.a. forventede toghastigheder på over 250 km/t og førerløs drift vil endvidere give mulighed for udbud af flere mobilitetsløsninger, f.eks. hyppigere afgang, forskellige toglængder, lettere og kortere vogne samt flere personligt tilpassede valgmuligheder, ikke mindst vedrørende komfort. Digitalisering vil give brugerne nem adgang til sammensætning af rejser fra start til slut med reservationer, der dynamisk opdateres efter de aktuelle forhold.

Konkret bør forbindelserne fra kyst til kyst udformes som togbane i et boret tunnelrør med to spor, forberedt til mulige højere hastigheder, så de forventede teknologiske muligheder kan komme i anvendelse efter behov. Traditionelle sporbårne tog kan få højere hastigheder, men det forventes, at tog svævende på magnetbaner vil muliggøre meget højere højhastigheder og til meget lave driftsomkostninger. I lufttætte cylinderformede rør kan lufttrykket sænkes og dermed mindske luftmodstanden betragteligt, hvorved meget høje hastigheder kan opnås.

Løsningen her er visionær men realistisk, og med det forventede lange tidsforløb er det jo meget vigtigt at inddrage eksperter vurderinger af tendenser og teknologier og dermed vurdere, hvad der er optimalt på forskellige tidspunkter fremover. Udformningen bør derfor være sådan, at forventede nye muligheder kan tages med i betragtning. De nuværende overvejelser synes ikke at harmonere med disse tendenser og forventninger.

¹ Et højklasset transportsystem er kendetegnet ved høj hastighed, høj kapacitet og høj komfort, tillige med et udbud af andre servicemuligheder.

En fast Kattegatforbindelse via Samsø



Figur 1 - Korridorer i forundersøgelsen

indenrigsflyvning mellem Aalborg og København. Det vil kræve omkring en halvering af transporttiden fra ca. 4½ time til ca. 2½ timer, hvilket på ingen måde vil være realistisk uden en Kattegatforbindelse. Betydningen for Nordjylland er betragtelig, men Aarhus og Midtjylland vil drage mest fordel af en fast Kattegatforbindelse.

Analysen vedrørende etablering af en fremtidig Kattegatforbindelse gennemføres i øjeblikket i et samarbejde mellem Vejdirektoratet, Sund & Bælt og Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. Et antal konkrete korridorer er blevet fremlagt i en delrapport og omhandler alle enten en firesporet motorvej eller en kombination af vej og en tosporet togbane² hen over Samsø. En togforbindelse som selvstændigt forslag har ikke seriøst været til overvejelse. I juni 2022 blev forundersøgelserne fremlagt³. Vejforbindelsen alene vil beløbe sig til ca. 80 mia. kr., mens det kombinerede projektforslag vej og tog vil være på ca. 110 mia. kr., altså i samme størrelsesorden som Storebæltsforbindelsen, så der vil være tale om en af vor tids største investeringer på transportområdet.

Forskellige alternative løsningsforslag er løbende blevet foreslået, men stort set alle forholder sig ikke tydeligt nok til den fremtidige virkelighed. I 2018 udarbejdede Rambøll ganske vist et såkaldt "Idekatalog – Kollektive mobilitetsløsninger for en fast Kattegatforbindelse"⁴, og heri blev en del mere eller mindre innovative forslag opstillet, men kun med løsningsforslag udformet som vejbro.

En vejforbindelse kan i stor udstrækning karakteriseres som "mere af samme slags", men det er tilsyneladende den løsning, som politikerne foretrækker, altså en ren videreførelse uden hensyntagen til fremtidige muligheder. Den vil som bekendt generere mere bilkørsel og dermed sætte endnu mere pres på trafikken i storbyerne og indfaldsvejene.

Som det gennemgås i det følgende, kan der være gode grunde til at kikke mere fordomsfrit på mulighederne, og her i særlig grad tage hensyn til udviklingen på længere sigt. Kommende teknologiske landvindinger kommer til at spille en meget vigtig rolle på transportområdet.

² Se: <https://kattogat.dk/wp-content/uploads/2020/03/Delrapport-Indledende-linjef%C3%B8ringsovervejelser-85000-RAD-PL-RAP-0111-2.pdf>

³ Se: <https://kattogat.dk/om-forbindelsen/dokumenter/>

⁴ https://www.trm.dk/media/4859/idekatalog-over-kollektive-mobilitetsloesninger-for-en-fast-kattogatforbindelse2312_final-a.pdf



Figur 2 - Landskab på Samsø



Figur 3 - Energiforsyning på Samsø

Konsekvenserne ved en motorvej hen over Samsø er mange, og beboerne på øen argumenterer generelt kraftigt imod de indgreb, der vil ske. Øen har gennem årene opbygget en række særpræg, som man frygter, vil blive ødelagt. Mange bosiddende har etableret sig der for netop at slutte op om de eksisterende forhold og bevare/udbygge dem. Man fremhæver særligt natur, miljø og bæredygtighed som afgørende faktorer. F.eks. har man udviklet stor egen energiproduktion, hvilket har gjort øen gennemsnitligt selvforsynende. Turismen spiller også en væsentlig rolle for øens økonomi, og det er svært at vurdere hvilke risici, der vil være forbundet med det.

Den forventede transportudvikling

Det er særdeles kendetegnende, at de danske myndigheder og politikere ikke forholder sig ret meget til analyser af den fremtidige udvikling på transportområdet. En række VVM-analyser viser det tydeligt, og det er på trods af at alle markante strukturelle tiltag omkring infrastrukturen vil have levetider på mindst 50 år, og med sædvanlig indsats for vedligeholdelse vil de kunne anvendes i endnu længere tid.

Meget tyder på, at man mest af alt baserer sig på nuværende forhold, og at man ikke tør se fremad og tage bestik af kendte såvel som forventede eller overvejende sandsynlige udviklingstendenser. Der vil således være stor risiko for, at man projekterer helt forkerte løsninger, og at store pengesummer vil være spildt.

Overordnet set ved vi, at verden forandrer sig hele tiden, og at vi derfor kan være nødsaget til at forholde os til det. Det gælder f.eks. de udefra kommende trusler omkring klimaet, hvor udledning af drivhusgasser nødvendigvis skal reduceres eller i det mindste komme under kontrol. Som følge deraf sker der globalt mange tiltag for at forandre produktion af energi, så udnyttelsen af de fossile drivmidler reduceres.

Vi er også på andre områder nødsaget til at foretage mere eller mindre markante ændring, og det gælder i særdeleshed omkring den teknologiske udvikling. På kort sigt kan vi allerede se en række faktorer, som påvirker os, og det gælder også for transporten.

Generelt nævner eksperter elektrificering, digitalisering og automatisering, som afgjort bør give anledning til mere seriøse overvejelser. Elektrificering vil betyde, at alle nye biler relativt hurtigt vil være eldrevne, og det tilsvarende vil gælde for tog, busser og lastbiler, en overgang med brint som drivmiddel.

Udviklingen vedrørende digitalisering/IT vil fortsætte, så her vil alle til den tid helt uden besvær kunne planlægge og gennemføre tidsbestemt kørsel via sammensætning af relevante transportformer. Der vil være mulighed for pålidelige pladsreservationer og med passende skift mellem transportmidler, også under hensyntagen til uforudsete forsinkelser. Flere brugere vil efterspørge personlige muligheder, så der vil desuden være et større udbud af diverse serviceydelser.



Figur 4 - Trængsel og kødannelser

Trængsel ved bilkørsel vil blive et voksende problem mange steder, hvis der ikke bliver gjort noget afgørende for at regulere det. Det er et problem, som man ikke kan bygge sig ud af. Reducerer man trængsel et sted, så opstår der nye steder med trængsel. Derfor fastslår eksperterne⁵, at såkaldt højklassede transportsystemer er et af de bedste midler til at reducere trængsel, specielt i de større byer og forbindelser mellem disse.

Desuden vil mulighederne for at kunne "lade sig transportere" i stedet for at "transportere sig selv" blive mere afgørende. Det handler i høj grad om værdien af, at den enkelte trafikant kan udnytte sin tid bedre, en værdi der har stor betydning for mange. En nøgletendens vil derfor være i hvor høj grad servicebaserede mobilitetsløsninger vil vinde indpas.

Den hastige udvikling vedrørende automatisering vil få stor betydning. Selvkørende køretøjer vil med sikkerhed være udviklet og være klar til anvendelse, se Figur 5. Disse køretøjer vil være attraktive for mange, men de vil samtidigt øge antallet af biler og forstærke trængslen på vejene og i byerne⁶. Derfor forventes en voksende udvikling i relation til servicebaseret mobilitet og dermed reduktion af antallet af privatejede biler.



Figur 5 - Nye muligheder med selvkørende biler

Det er altså nogle af tendenserne, som vi allerede nu kan se, vil få betydning for transporten. Men som anført er der behov for at kikke længere frem, når det drejer sig om større infrastrukturprojekter. I et separat notat "Bilismens og andre transportmidlers fremtid"⁷ er der særligt redegjort for den teknologiske udvikling de næste 10 år.

Indgår en Kattegatforbindelse som en valgmulighed, vil rigtigt meget være anderledes, når en sådan løsning om 15-20 år kan være færdig. Hvis den realiseres

⁵ Se rapporten fra transportministeriets ekspertgruppe i 2018:
<https://www.trm.dk/publikationer/2018/afrapportering-ekspertgruppen-mobilitet-for-fremtiden/>

⁶ Se: <https://www.vtpi.org/avip.pdf>

⁷ Se: <http://www.inetdata.dk/BilismensOgAndreTransportmidlersFremtid.pdf>

som motorvej, vokser trængslen yderligere, og den vil forplante sig til resten af hovedstrækningen og særligt de tilknyttede byer.

I stedet forøges incitamentet til at lade en servicebaseret kørsel indgå i hele eller dele af transporten som højklasset baneløsning. Relativt få vil altså til den tid have vægtige argumenter for at forlange en motorvejsløsning. Som nærmere anført i det følgende er denne helt ude af proportioner i forhold til en baneløsning, der utvivlsomt kan anlægges for omkring samme pris som motorvejsløsningen. I det mindste bør en moderne baneløsning realiseres først, og så kan en motorvej jo anlægges efterfølgende, hvis behovet alligevel skulle vise sig om mange år.

Nye muligheder for banetransport er allerede på vej

Højklasset banetransport bliver løbende udviklet i forskellige former verden over. Først og fremmest ledes tanken hen på højere hastigheder, hvor Japan og Kina regnes for førende. Højhastighedstog i de store europæiske lande er også i god udvikling og betragtes som komfortable efter sædvanlig målestok.



Figur 6 - MagLev togvogn (Pod)



Figur 7 - Intern indretning af MagLev Pod

Herudover er en ny udvikling i gang nu, hvor den traditionelle jernbane (spor og hjul) bliver erstattet af magneter, så vognene kommer til at svæve over banelegemet. Teknologien kaldes MagLev, en forkortelse af eng. Magnetic Levitation. Dermed bliver luftmodstanden den eneste friktion, og det vil være muligt at opnå meget højere hastigheder. Hvis luftmodstanden også skal reduceres, vil banen blive lagt i et lufttæt rør, og en stor andel af luften suges ud. Dermed forventer man at kunne opnå hastigheder på over 1000 km/t⁸. Flere pilotprojekter er i gang forskellige steder i verden, og et meget interessant projekt er under udvikling ved Det tekniske Universitet i München⁹, se Figur 6 og Figur 7.

Det forventes, at en bred vifte af yderligere løsninger kan komme på tale. Dels kan køretøjerne have forskellig længde, så de kan rumme helt ned til få personer, dels kan individuel komfort og anden service vælges til på forhånd, og personligt gods/bagage kan håndteres automatisk og sikkert. Derudover kan godstransport indgå fleksibelt tillige med transport af biler.

Som antydnet vil der gå en del år, inden disse visioner kan blive til virkelighed, men de vil utvivlsomt blive realiseret. Det er kun et spørgsmål om tid og penge. Det er derfor en nærliggende tanke, at det vil være optimalt at ofre nogle midler på at planlægge

⁸ Se her om Hyperloop:
https://en.wikipedia.org/wiki/Hyperloop_Transportation_Technologies

⁹ Se: <https://tumhyperloop.com/>

en basisløsning, der er dækkende tilstrækkeligt langt frem i tid og være forberedt på, at avancerede løsninger af ovennævnte art kan udbydes. Skal en Kattegatforbindelse realiseres, vil det være oplagt at fremtidssikre netop denne strækning.

Samfundsøkonomi

Når transportinvesteringer skal analyseres, har det i de senere år været et krav at anvende en specifik model/manual¹⁰ for, hvad der samlet set vil give det største udbytte for samfundet på langt sigt. Manualen er en analyse af udgifter og indtægter ved givne projektforslag set over en valgt periode på minimum 50 år. Beløbene vurderes så som sædvanlige investeringsbetragtninger ud fra statens diskonteringsrente. To modsatrettede beløb er sædvanligvis afgørende for resultatet, nemlig det investerede beløb (netto anlægsomkostninger) og gevinsten i form af værdien af sparet tid. Det første beløb kan relativt sikkert estimeres men det sidste er det langt mere usikkert at bestemme, og det udvikles der stadig på at forbedre.

Analysemodellen kan nogenlunde forsvares for mindre projekter og de, der har en væsentlig samlet gevinst for samfundet, men for projekter, hvor der er mange usikkerheder, hvor en række forhold ikke er medtaget, og mere strategisk betingede overvejelser skal medtages, er metoden utilstrækkelig. Modelresultatet kan i bedste fald kun betragtes som et løst udgangspunkt. Derfor vil det i højere grad handle om samlet at vurdere, hvad der strategisk er bedst at gennemføre, når alle forhold er belyst.

Det kræver, at uafhængige eksperter får til opgave at analysere alle forhold grundigt og med langtrækkende perspektiver i sigte. Det omfatter som nævnt at foretage bedre vurderinger af den teknologiske udvikling og betydningen af samfundets forbrug af kritiske ressourcer. Resultaterne af flere alternative muligheder skal rangordnes ud fra vedtagne kriterier og prioriteringer, og ideelt set bør eksperterne sammen pege på den bedste løsning. Bliver der overladt for meget til politikerne, kommer der for ofte en række holdningsprægede og ideologiske synspunkter i spil.

Et eksempel på det er, hvordan finansiering af et projekt kan komme til at forplumre analysen, hvilket også omhandler vurderingerne omkring en Kattegatforbindelse. Man har argumenteret, at det vil være umuligt at lægge en brugerbetaling på togture, mens det godt kan lade sig gøre for biltrafikken. Denne vurdering hænger jo netop sammen med en forventning om at privatbilismen vil fortsætte som hidtil, men sker der i mellemtiden et skifte til servicebaseret transport, vil der netop blive vendt op og ned på det.

Anlæg af en avanceret og fremtidssikret baneforbindelse

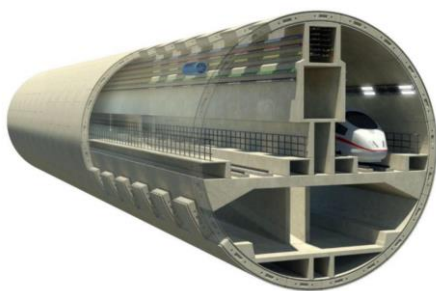
En mulig fast Kattegatforbindelse mellem Jylland og Sjælland bør som anført anlægges som en baneforbindelse, og den vil således blive en hovedfærdselsåre, der naturligvis bør være højklasset. Det gælder primært mht. hastighed, men en række andre forhold bør som før nævnt tænkes ind. På tidspunktet for ibrugtagning af

¹⁰ Se: <https://www.trm.dk/publikationer/2015/manual-for-samfundsøkonomisk-analyse-paa-transportomraadet>

forbindelsen, vil en almindelig kendt jernbaneudformning (spor og hjul) nok stadig være mest sandsynlig, og med en tophastighed på minimum 250 km/t.

Da afstandene kyst til kyst er relativt afgørende for anlægsomkostningerne, vil det alt i alt være mest hensigtsmæssigt, at linjeføringen går over Samsø. En af de væsentligste ulemper ved jernbaner er fortsat støjgenerne og et andet er inddragelse af land/natur. Disse gener er markant mindre i sammenligning med en motorvej, men de bør alligevel minimeres mest muligt. Linjeføringerne på Samsø bør derfor placeres mest skånsomt og gerne sænkes passende under terræn. Endelig er muligheden for direkte tilslutning til Aarhus banegård ikke uoverstigelig.

På havsiden kan banen anlægges over eller under vandet, altså som henholdsvis dæmning/bro og tunnel, og begge løsningsmuligheder kan eventuelt anvendes. En broløsning omfatter typisk en dæmning et stykke af vejen og så en bro med frirum til skibsfarten. En tunnel kan enten udformes som nedsænkede elementer eller bores ud under havbunden som enten et eller to rør. Hvis magnetbårne tog som forventet bliver den typiske teknologi til den tid, og realisering af en form for hyperloop bliver aktuelt, er det absolut mest hensigtsmæssigt, at forbindelserne kyst til kyst udformes som borede tunneller. Den afgørende begrundelse er muligheden for sænkning af lufttrykket og dermed opnåelse af meget højere hastigheder. Derfor er visse forberedelser nødvendige.



Figur 8 - Boret tunnelrør med to spor

Videre vil det være mest hensigtsmæssigt, at en boret tunnel udformes i ét rør til begge spor, se Figur 8. Konsekvensen er, at der skal bygges én større boremaskine i stedet for to mindre, og der skal nok fjernes lidt mere materiale. Til gengæld kan anlægsarbejdet effektiviseres væsentligt, hvorfor den samlede tid for udførelsen kan forkortes. Med et mellemdæk i røret kan bortskaffelse af materiale og fremføring af betonelementer ske i under dækket via

f.eks. conveyor bæltter. På dækket oven over kan sporanlæg, installationer osv. anlægges løbende i takt med fremdriften af borearbejdet.

Flere andre forhold er dog også vigtige for fremtidssikringen. Betonkonstruktionen skal være tilstrækkelig robust og underlaget ved banelegemet skal fremtidssikres, hvis hastighedsniveauet med almindelig jernbane på hjul skal kunne tåle højere hastigheder. Omvendt vil en mulig opgradering af banen til magnetsvævebane ikke bevirke større påvirkninger, men konstruktionen skal derimod laves, så der er plads nok til installation af magnet-elementer langs hele banen ved siden af sporene, og at dette arbejde på et tidspunkt kan udføres uden forhindringer for den daglige trafik (evt. natarbejde). Endelig er det vigtigt, at den udvendige cylinder er lavet, så den fra starten eller senere kan gøres tilstrækkelig lufttæt, hvis hyperloop en gang skal realiseres. Disse tiltag til fremtidssikring vil økonomisk set være begrænsede.

Det skal understreges, at en del andre muligheder også bør realiseres. Først og fremmest vil det være indlysende, at tog af varierende længde, måske helt ned til enkeltvogne, kan anvendes, og at afgangshyppigheden kan gøres meget større, da alle tog naturligvis vil være automatiserede, selvkørende og centralt overvågede. Varieret udbud af komfort og service bør som nævnt være en selvfølge. Endelig kan

man som nævnt sagtens indrette særlige vogne til dem, der absolut ønsker at benytte bil via forbindelsen.

Med denne skitserede vifte af muligheder, vil en sådan forbindelsen med stor sandsynlighed være attraktiv. Den højere hastighed, god komfort og andre servicetilbud vil appellere til brugerne. Brugere vil i højere grad kræve det, og digitalisering og automatisering vil underbygge behovet for en sådan udvikling. Mange vil endvidere sætte pris på energi og miljø, herunder mindre støj. Prisen vil naturligvis være ret så afgørende, specielt i forhold til udnyttelsesgraden. Baneløsninger har traditionelt været dyre, men meget bør forenkles, smidiggøres og gøres billigere. Den optimale langsigtede løsning bør vælges.

Konklusion

De aktuelle analyser af en mulig Kattegatforbindelse omfatter enten en firesporet motorvej eller en kombination af motorvej og tosporet togbane. En togbane som eneste forbindelse har ikke været behandlet seriøst. På baggrund af tendenser og forventninger til fremtidens transportformer anbefales det her, at en fremtidig Kattegatforbindelse alene skal anlægges som et boret dobbeltsporet tunnelrør.

Denne løsning bør detailudformes, så den er forberedt til høje hastigheder, dels ved at der kan installeres spor til magnetsvævende togvogne, og dels ved at luftmodstanden i tunnelen yderligere kan sænkes, så meget højere hastigheder kan opnås. En baneløsning vil være et relevant og klimaforsvarligt middel til fremtidige situation 15-20 år og frem. Generne for Samsø ved en baneløsning vil være begrænsede, og en linjeføring direkte til Aarhus Hovedbanegård kan endog komme inden for rækkevidde.

De stigende trængselsproblemer på vejene kan ikke løses ved at blive ved med at bygge, og den teknologiske udvikling vil betyde, at servicebaseret mobilitet vil vinde frem. En overvejende del af trafikanterne vil vælge at lade sig transportere frem for at transportere sig selv, så andelen af privatejede biler vil falde. Servicebaseret mobilitet vil samtidigt medføre større krav fra brugerne til bredere udbud af komfort og anden service, så mange flere individuelle valg kan træffes. Denne udvikling vil fortsætte, så argumenterne for en motorvejsforbindelse vil efterhånden fordufte, og en sådan meget dyrere løsning vil altså være helt urimelig.

At anlægge en mulig Kattegatforbindelse som foreslået her er særdeles oplagt, da en fast forbindelse ikke findes allerede. Det vil være optimalt, idet anlægget så kan planlægges fremtidssikret, og nye teknologier kan bringes i anvendelse, når det findes hensigtsmæssigt. Alle andre hovedstrækninger i Danmark planlægges også opgraderet, men det vil mange steder betyde anlæggelse af parallelle strækninger, hvilket jo også har en pris. Den foreslåede Kattegatforbindelse har naturligvis størst betydning for Aarhus, men den vil "suge" trafik fra hele Midt- og Nordjylland og vil samtidig mindske trængslen væsentligt i Trekantsområdet og på Fyn.

Der jongleres i de nuværende forslag med investeringer på omkring 80-110 mia. kr. Selv med ambitioner om højere kvalitet for brugerne end sædvanligt, vil den skitserede løsning kunne anlægges for sammenlignelig pris og på sigt med betydelig lavere driftsomkostninger.

Politikerne bør nu inddrage uvildige eksperters viden om tendenser og teknologiudvikling for fremtidens transportformer og brugeradfærd, og de bør få til

opgave at vælge en langsigtet og fremtidssikret løsning, der samtidig er til gavn for samfundet. Alt i alt er valget af et boret tunnelrør meget et spørgsmål om politisk mod og vilje, men det er jo en løsning, som samtidigt vil sætte Danmark på verdenskortet.