

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



2021.01.27

## En højklasset baneforbindelse under Kattegat



Skal der anlægges en Kattegat-forbindelse, bør den udføres som en højklasset<sup>1</sup> 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 rejse-tiden 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 to borede tunnelrør, forberedt til mulige højere hastigheder, så de forventede teknologiske muligheder kan komme i anvendelse efter behov. Traditionelle sporbårne tog kan udvikles med højere hastigheder, men eksperter forventer, at lydsvage højhastighedstog svævende på magnetbaner vil erstatte hjulene. Endelig forventes det, at man i lufttætte cylinderformede rør på et tidspunkt kan sænke lufttrykket og dermed sænke 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, så forventede nye muligheder tages med i betragtning. De nuværende overvejelser synes ikke at harmonere med disse tendenser og forventninger.

---

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

## ***Den forventede transportudvikling***

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 linjeføringer er fremlagt i en delrapport og omhandler alle enten en firesporet motorvej eller en kombination af vej og en eller tosporet togbane<sup>2</sup>. Alle de kombinerede projektforslag beløber sig til over 100 mia. kr., altså i samme størrelsesorden som Storebæltsforbindelsen, så der vil være tale om en af vor tids største investeringer på transportområdet.

Rigtigt meget vil dog være anderledes, når en sådan løsning om 15-20 år kan være færdig, og tager man ikke højde for det, vil der være stor risiko for, at man vil få en helt forkert løsning, og at store pengesummer vil være spildt. Meget tyder nemlig på, at man regner med at situationen mest af alt vil være som nu, og at man ikke tør se fremad og tage bestik af kendte såvel som forventede udviklingstendenser.

Forskellige løsningsforslag er løbende blevet foreslået fra forskellig side, men stort set alle forholder sig ikke tydeligt nok til hvad, der vil være virkeligheden til den tid og være gældende måske over 50 år frem. I 2018 udarbejdede Rambøll ganske vist et "Idekatalog – Kollektive mobilitetsløsninger for en fast Kattegatforbindelse"<sup>3</sup> og heri blev en del mere eller mindre innovative forslag opstillet, men kun med løsningsforslag udformet som vejanlæg.

Kikker man på tendenser i den fremtidige udvikling, er der naturligvis en vis uenighed blandt eksperter, men flere forhold vil dog uden for enhver tvivl komme til at gælde. Rambøll rapporten nævner specifikt elektrificering, digitalisering, trængsel og automatisering, som afgjort bør give anledning til mere seriøse overvejelser. Vi ser desuden allerede i dag, at klimasituationen nu i højere grad skal tages i betragtning.

Elektrificering vil derfor betyde, at alle nye biler vil være eldrevne, og det tilsvarende vil gælde for tog, busser og lastbiler, evt. i nogen grad 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 enhver sammensætning af transportformer, altså også gældende for en Kattegatforbindelse. Der vil være mulighed for pålidelige pladsreservationer og med passende skift mellem transportmidler, også selv om der skulle opstå forsinkelser. Flere brugere vil efterspørge personlige muligheder, så der vil desuden være et større udbud af diverse serviceydelser.

Trængsel ved bilkørsel vil blive et voksende problem visse 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 eksperterne<sup>4</sup>, at såkaldt højklassede transportsystemer er et af de bedste midler til at reducere trængsel, specielt i de større byer og forbindelser

---

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

<sup>3</sup> [https://www.trm.dk/media/4859/idekatalog-over-kollektive-mobilitetsloesninger-for-en-fast-kattogatforbindelse2312\\_final-a.pdf](https://www.trm.dk/media/4859/idekatalog-over-kollektive-mobilitetsloesninger-for-en-fast-kattogatforbindelse2312_final-a.pdf)

<sup>4</sup> Se rapporten fra transportministeriets ekspertgruppe i 2018: <https://www.trm.dk/publikationer/2018/afrapportering-ekspertgruppen-mobilitet-for-fremtiden/>

mellem disse. En Kattegatforbindelse vil være en hovedfærdselsåre, der således vil være i direkte linje mellem Danmarks to største byer, og den bør naturligvis være højklasset.

Endvidere vil mulighederne for at kunne lade sig transportere i stedet for at transportere sig selv blive meget 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 ved en hovedfærdselsåre af høj standard.

Det hastige udvikling af automatisering vil få stor betydning. Selvkørende køretøjer vil med sikkerhed være udviklet og være klar til anvendelse. Disse køretøjer vil være attraktive for mange, men de vil samtidigt øge antallet af biler og forstærke trængslen på vejene og i byerne<sup>5</sup>. Hvis Kattegatforbindelsen realiseres som motorvej, vil denne tendens derfor blive forstærket, og øget trængsel vil forplante sig til resten af hovedstrækningen og til byerne.

Helt afgørende er det imidlertid, at der forventes en kraftigt udvikling i relation til servicebaseret mobilitet og dermed en væsentlig reduktion i antallet af privatejede biler. Den største forandring vil ske gennem en kraftig vækst i fremkomsten af flåder af biler, der kan benyttes til énvejs kørsel (one-way car sharing<sup>6</sup>). Et afgørende incitament er, at disse vil kunne bestilles digitalt, være tæt ved eller selv komme til brugerens ønskede sted, kan låses op af brugeren, benyttes og til sidst efterlades ved bestemmelsesstedet. I de første år kan det eventuelt være med brugeren som fører, men senere vil der være tale om selvkørende taxaer. Disse muligheder vil i væsentlig grad afhænge af pris, men vi ved, at privatejede personbiler i gennemsnit kun udnyttes 5% af tiden, hvorfor den totale pris for at eje egen bil vil være for høj for et stigende antal ejere<sup>7</sup>. Det er allerede nu tilfældet for mange borgerne i de større byer, og et stigende antal personer fravælger at eje en bil. Selvkørende funktioner vil endvidere føre til langt større udbud af førerløse busser, som dermed vil føre til lavere priser. Det har særlig stor betydning ved starten og slutningen af en rejse, typisk ved bus-, letbane- eller togstationer.

Et bredere udbud af mobilitetsløsninger vil altså fremkomme, og man vil benytte sig af den løsning, der passer én bedst. Men indgår en Kattegatforbindelse som en valgmulighed, vil incitamentet til at lade en servicebaseret højklasset løsning indgå i hele eller dele af transporten være stort. Relativt få vil altså til den tid have vægtige argumenter for at forlange en motorvejsløsning. Den er derfor helt ude af proportioner i forhold til en baneløsning, der kan anlægges for kun omkring den halve pris sammenlignet med de hidtidigt foreslåede kombinerede løsninger med motorvej og bane. I det mindste bør en moderne baneløsning realiseres først, og så kan en motorvej anlægges efterfølgende, hvis behovet viser sig.

---

<sup>5</sup> Se: <https://www.vtpi.org/avip.pdf>

<sup>6</sup> Se: [https://en.wikipedia.org/wiki/One-way\\_carsharing](https://en.wikipedia.org/wiki/One-way_carsharing)

<sup>7</sup> Se: <https://theconversation.com/car-ownership-is-likely-to-become-a-thing-of-the-past-and-so-could-public-transport-110550> og [https://uk.nttdata.com/-/media/nttdatauk/files/case\\_studies/case-studies/when-the-car-takes-over---ntt-data-whitepaper.pdf](https://uk.nttdata.com/-/media/nttdatauk/files/case_studies/case-studies/when-the-car-takes-over---ntt-data-whitepaper.pdf)

## ***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 regnes for førende. Højhastighedstog i de store europæiske lande er også i god udvikling og betragtes som komfortable efter sædvanlig målestok.

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. Dermed bliver luftmodstanden den eneste friktion, og det vil være muligt at opnå meget højere hastigheder. Hvis luftmodstanden også skal reduceres, forestiller man sig at banen lægges i et lufttæt rør og en stor andel af luften suges ud. Dermed forventer man at kunne opnå hastigheder på over 1000 km/t<sup>8</sup>. Flere pilotprojekter er i gang flere steder i verden, og et af de mest markante, Hyperloop One, bliver i øjeblikket udviklet af Virgin selskabet<sup>9</sup>. Ekspertter omtaler denne udvikling som noget, der helt sikker vil blive realiseret på et tidspunkt.

Der er allerede bevis for at magnetsvævebaner kan fungere, og i Japan har man på en testbane sat verdensrekorden på 603 km/t. I Kina har man verdens første kommercielle magnetsvævetog, der forbinder Shanghai med lufthaven, 30.5 km på ca. 8 min med tophastighed på 431 km/t. De nuværende løsninger er særdeles dyre i anlægsomkostninger, så en del udfordringer skal stadig løses. Specielt retter forventningerne sig mod, at nye superledende materialer skal blive udviklet. Det er bevist, at disse materialer kan anvendes, men der kræves meget energi til nedkøling. Man afventer derfor, at sådanne nye materialer kan komme i anvendelse og kræve meget mindre nedkøling<sup>10</sup> og dermed bevirke meget lavere driftsomkostninger.

Det er indlysende, at disse teknologier vil revolutionere transporten. En rejse direkte mellem store bycentre vil kunne tilbagelægges hurtigere end med fly og med et forventet langt lavere energiforbrug, herunder CO<sub>2</sub> udslip. Transporten vil være fuldstændig jævn og lydløs, og visionerne lægger op til, at en bred vifte af underliggende 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. Derudover kan persontransport fungere fleksibelt sammen med godstransport, endog så personligt gods/bagage kan håndteres automatisk. Væsentlig højere hastigheder end i dag vil være meget afgørende for brugernes tid og dermed let udkonkurrere bilkørsel med risiko for at havne i kødannelser.

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 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 gøre netop denne fremtidssikret.

---

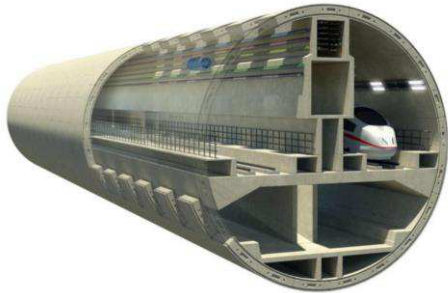
<sup>8</sup> Se her om Hyperloop Transport Technologies:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Hyperloop\\_Transportation\\_Technologies](https://en.wikipedia.org/wiki/Hyperloop_Transportation_Technologies)

<sup>9</sup> Se: <https://virginhyperloop.com/>

<sup>10</sup> Se: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-9142623/China-unveils-super-bullet-maglev-train-travel-385mph.html>

## Anlæg en avanceret og fremtidssikret baneforbindelse

En tosporet togbane som eneste Kattegatforbindelse bliver øjensynlig ikke analyseret nærmere af Vejdirektorat-gruppen. De omtalte tendenser og forventede teknologiske udviklingsmuligheder underbygger dog tydeligt en sådan transportløsning. Som med andre transportinvesteringer er det afgørende, hvad der samlet set vil give det samfundsmæssigt største udbytte, så en avanceret og fremtidssikret baneforbindelse bør selvfølgelig overvejes som en mulighed.



En almindelig kendt jernbaneudformning (spor og hjul), men dog med hastigheder på minimum 250 km/t, vil sandsynligvis være den "sikre løsning", der vælges på tidspunktet for ibrugtagning. Hvis det imidlertid på et tidspunkt kan blive givtigt at øge hastigheden til et væsentligt højere niveau og eventuelt også med mulighed for at realisere en form for hyperloop

løsning, er det absolut mest hensigtsmæssigt, at forbindelserne kyst til kyst udformes som borede tunneller, se Vejdirektoratets illustration. 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 rystelser, men konstruktionen skal derimod laves, så der er plads nok til installation af elektromagnet-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 støbt, 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. Landanlæggene ved begge ender og på Samsø skal naturligvis være udformet som højhastighedsbaner, og det bør vurderes, om de også skal rørlægges fra starten.

Det skal endvidere 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 sagtens indrette særlige vogne til dem, der absolut ønsker at benytte bil via forbindelsen.

Med denne skitserede vifte af muligheder, vil det med stor sandsynlighed at en sådan forbindelse vil 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 togbane. En motorvej uden togbane har tidligere været diskuteret, hvorimod en tosporet togbane som eneste forbindelse øjensynlig ikke er interessant for ret mange.

På baggrund af tendenser og forventninger til fremtidens transportformer anbefales det, at en fremtidig Kattegatforbindelse alene skal anlægges som to borede tunnelrør og detailudformes, så de er forberedt til høje hastigheder, dels at der eventuelt kan installeres magnetsvævende togvogne og dels til at luftmodstanden i tunnelen yderligere kan sænkes, så meget højere hastigheder kan opnås. Et sådant baneløsning vil på overbevisende måde kunne konkurrere med personbiler og samtidigt være et relevant og klimaforsvarligt middel til at løse trængselsproblemerne på vejene.

Den afgørende begrundelser for den foreslåede banetunnelløsning er mobilitetsudviklingen, idet servicebaseret mobilitet vil være kraftigt udbygget på det tidspunkt, hvor forbindelsen om 15-20 år skal tages i brug. En overvejende del af trafikanterne vil vælge at lade sig transportere frem for at transportere sig selv, så andelen af privatejede biler vil falde betragteligt. Denne udvikling vil fortsætte, så argumenterne for at anlægge en motorvejsforbindelse vil efterhånden fordufte, og en sådan meget dyrere løsning vil altså være helt urimelig. Servicebaseret mobilitet vil samtidigt medføre større krav fra brugerne til bredere udbud af komfort og anden service, så mange flere individuelle valg kan træffes.

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 er hensigtsmæssigt. Alle andre hovedstrækninger i Danmark kan naturligvis også opgraderes, men det vil betyde anlæggelse af parallelle strækninger, hvilket vil være dyrere og først vil blive aktuelt langt senere. En ny baneløsning af nævnte art under Vejle Fjord kunne dog være en mulighed, hvis en Kattegatforbindelse må skrinlægges.

Vejdirektorat-gruppen jonglerer i de nuværende forslag som nævnt med investeringer på over 100 mia. kr. Selv med højere kvalitet for brugerne end sædvanligt, vil den skitserede løsning kunne anlægges for omkring den halve pris og til lavere transportomkostninger og billetpriser. Finansiering af en Kattegatforbindelse er åbenbart ikke et problem, så nu bør politikerne anvende eksperternes viden om fremtidens transportformer og brugeradfærd og vælge en fremtidssikret løsning, der samtidig er til stor gavn for samfundet. Alt i alt er valget af to borede tunnelrør meget et spørgsmål om politisk mod og vilje, men det er en løsning som samtidigt vil sætte Danmark på verdenskortet.