

Strategi for fjernbanen 2021-2050 - en skitse

En langsigtet strategi for udviklingen af fjernbanen frem mod 2050 mangler

Togfonden, elektrificeringen og det nye signalsystem implementeres frem mod 2030. Men der findes ingen analyser af, hvordan fjernbanen herefter kan udvikles. De eneste to projekter der pt. undersøges er Kattegatforbindelsen og en omfartsbane ved Ringsted, men de undersøges ikke i en større sammenhæng, og end ikke i sammenhæng med hinanden.

Om notatet

Nærværende teknisk/økonomiske notat er et forslag til en sammenhængende, langsigtet og ambitiøs strategi for fjernbanen, og kan forhåbentlig inspirere til den nødvendige politiske diskussion.

Baggrundsnotat for præsentation i Folketingets Transportudvalg 26. januar 2021

Version 2. Opdateret version med Femern hastighedsopgradering, opdateret anskaffelsespris for 300 km/t materiel, svenske anlægspriser for højhastighedsbaner, elasticitet for passagertal og beregning af nødvendig finansiering for at anlægge togfondbanerne for 300 km/t.

Poul Brandt Jensen
Civilingeniør, HD, Fremtidig Jernbaneinfrastruktur Nørd

21. januar 2021

1. Resumé

Manglende højhastighedsstrategi

Med Togfonden anlægges i de kommende 10 år en række nye jernbaner. Der hersker imidlertid omfattende forvirring om, hvilken hastighed ny jernbaneinfrastruktur bør være anlagt (drift) og især forberedt (traceret) for. I praksis besluttes administrativt, tilsyneladende uden at Transportministeren og Transportudvalget er opmærksom herpå, at den i praksis maksimalt mulige hastighed for højhastighedstog i Danmark i de næste hundrede år skal være 200-250 km/t.

Højere hastighed giver lavere billetpriser og flere rejsende

Anlæg af nye baner for 300 km/t koster kun 8% mere end for 250 km/t. Højhastighedsmateriel koster også kun 8% mere. Med den 20% højere hastighed udnyttes materiel og personale mere effektivt!

Reduktion af køretiden med 25% (45 minutter i stedet for 1 time), medfører 38-75% flere passagerer. Med andre ord, højere hastighed behøver ikke medføre højere billetpriser, tvært imod.

Nye langsigtede, politiske rejsetidsmål

Det er med relativt beskedne ekstra investeringer muligt at opnå markant bedre rejsetider f.eks. København-Odense-Aarhus på 2x45 minutter og Aarhus-Holstebro på 1 time. Indledningsvist skal "togfond-banerne" blot anlægges for 300 km/t i stedet for 250 km/t., derefter kan resten opnås med en langsom trinvis opgradering/udbygning over mange år, efterhånden som finansiering kan findes efter 2030.

Anlæg af alle "togfondbaner" straks for 300 km/t kræves en ekstra finansiering i størrelsesordenen 1,2 mia. kr. inkl. 50% NAB.

Beregninger i nærværende notat indikerer at samfundsøkonomien i disse markante opgraderinger er lige så god som i Ny bane på Vestfyn.

Kattegatforbindelsen mellem to stole

Kattegatforbindelsen er i Transportministeriets nuværende oplæg et rejsetidsmæssigt misfoster med en rejsetid København-Aarhus på 1 time og 10 minutter.

- Enten bør man spare de 55 mia. kr. til kattegatforbindelsens banedel og stille sig tilfreds med at det efter en ny kombineret Lillebæltsbro er anlagt, under alle omstændigheder er en god ide at opgradere København-Odense-Aarhus for kun 12,6 mia. kr. til 1 time og 25 minutter ("2x45 minutter").

- Eller også bør man anlægge kattegatforbindelsen for 300 km/t og dermed reducere rejsetiden til 55 minutter. Dette kræver en relativt beskedne yderligere udgift på 5,1-10,2 mia. kr. så den samlede pris bliver 60-65 mia. kr. En løsning der bevisligt har et bedre samfundsmæssigt afkast.

Hastighedsopgradering af fjernbanerne

I lighed med Togfondens hastighedsopgradering af regionalbanerne til 160 km/t, vil det med DSB's anskaffelse af Fremtidens Tog, være relevant straks at iværksætte en undersøgelse af om der kan foretages økonomisk fornuftige opgraderinger af fjernbanerne til 200 km/t (fase 1). Og på længere sigt 200-250 km/t (fase 2).

"Scandinavian triple three vision"

Det er i praksis muligt at opfylde en skandinavisk "3x3 vision" om 3 timers rejsetid, mellem de 3 skandinaviske hovedsæder, indenfor 3 årtier. Men en fælles skandinavisk politisk målsætning vil hjælpe den nødvendig koordinering og prioritering.

- **Stockholm-Oslo** på 3 timer arbejder flere regioner i Sverige allerede på at få gennemført. Der foreligger planer for de 2 nødvendige nye banestrækninger, som skal afkorte og aflaste eksisterende hårdt belastede strækninger.
- **Stockholm-København** er med nye 320 km/t stambaner i Sverige tættest på målet. Der kræves fra dansk side kun deltagelse i hastighedsopgradering af Malmø-København.
- **København-Oslo** er ikke den længste af forbindelserne, men i Sverige anlægges nye baner på vestkysten overraskende nok for kun 200 km/t, så det bliver måske meget dyrt at opgradere til højhastighed. Der kræves en fælles skandinavisk aftale (læs: Pres på Sverige) for at komme i mål her. En del af den total set billigste løsning synes at være en tunnel København-Landskrona.

Aarhus-Hamborg på 2½ time kræver i Danmark dobbeltspor Tinglev-Padborg og 200-250 km/t Padborg-Kolding.

København-Hamborg på 2 timer.

Med Femern forbindelsen, og de dertil hørende anlæg på land, reduceres rejsetiden til præcist 2½ time. – På vej mod 2 timers målet kan et delmålet på 2¼ time opnås alene med danske hastighedsopgraderinger. Så plejer tyskerne nogle år senere at følge efter 😊. For at opfylde 2¼ time delmålet skal Nykøbing F-Rødby-Puttgarden anlægges for 300 km/t i stedet for kun 200 km/t.

2. Oversigt

2.1. Nøgletal

- Anlægsudgift, nyanlæg ved 300 km/t i stedet for 250 km/t +8%
- Pris for togmateriel ved 300 km/t i stedet for 250 km/t +8%
- Hastighed 300 km/t i stedet for 250 km/t +20%
- Antal passagerer ved 45 minutter i stedet for 1 times rejsetid +38-75%

2.2. Mål som kan nås med 300 km/t

Alle beregninger forudsætter at Togfondens projekter allerede er finansieret (for 250 km/t)
Nogle beregninger er baseret på grove estimater.

År	Beskrivelse	Budget inkl 30/50% NAB	Kr./sparet minut/rejsende *)
	Reference til sammenligning: Ny bane på Vestfyn	4,5 mia. kr.	8
• 2029	Superlyn standser i Hobro.	0,6 mia. kr.	-
• 2035	København-Aarhus 55 minutter	Kattegatforbindelsen + 5,1-10,2 mia. kr.	4-8
• 2035	Ny station Odder Nord på Kattegatbanen.	0,2-0,3 mia. kr.	-
• 2035	Ny bane Aarhus-Silkeborg 160 km/t	3,4 mia. kr.	4
• 2035	Aarhus-Holstebro 1 time. **)	Ny bane Aarhus-Silkeborg + 1,6 mia. kr. **)	8
• 2040	Odense-Aarhus 45 minutter.	Ny Lillebæltsbro 300 km/t + 3,4 mia. kr.	9
• 2040	Superlyn stop Erritsø, Vejen og Bramming.	Ny Lillebæltsbro 300 km/t + 0,1 mia. kr.	-
• 2040	København-Odense 45 minutter.	9,2 mia. kr.	7
• 2045	Aarhus-Padborg-Hamborg 2½ time.	Dobbeltspor, Kolding-Padborg 200 km/t, Tyskland m.m.	
• 2050	Odense-Esbjerg 55 minutter	Ny Lillebæltsbro 300 km/t + 2,2 mia. kr.	12
• 2050	Aarhus-Aalborg 55 minutter + ny station	4,5 mia. kr.	13
• 2050	København-Hamborg 2 timer.	Mange delprojekter i Danmark og Tyskland	(14)
• 2050	3 timer mellem de skandinaviske hovedstæder.		-
• 2030-2050	Økonomisk fornuftige hastighedsopgraderinger til 200+ km/t af fjernbanerne.		

2.3. "To do" i 2021 – hvis målene skal opfyldes billigst muligt

- Fastlæggelse af normer og tillægspris for anlæg af jernbaner ved 300 km/t (eller 320 km/t).
 - Budgetestimat for Togfond-projekterne er 1,2 mia. kr. inkl. 50% NAB
- Ved Ringsted skal vælges en 300 km/t sydlige omfartsbane tilsluttet Kattegatbanen i Fjenneslev.
- Der skal vælges tunnel under Vejle Fjord og VVM for tunnel bør gøres færdig for 300 km/t.
- Evt. en tillægs VVM for ny bane på Vestfyn anlagt for 300 km/t. (Det samfundsøkonomisk optimale, men antageligvis politisk uacceptabelt). VVM for 300 km/t på østlige halvdel er allerede foretaget!.
- Kommissorium for VVM for Kattegatforbindelsen skal specificere linjeføring og budget for 300 km/t hele vejen mellem Ringsted og Hasselager. - Ny P&R station Odder Nord inkluderes.
- Nykøbing F–Puttgarden anlægges straks for 300 km/t (1,55 mia. kr.). (250 km/t 0,85 mia. kr.)
- Start en screening af hastighedsopgraderinger af fjernbanerne.

*) kr./sparet minut/rejsende – En anlægs-udgiftsindikator

I Togfond-rapporten beregnes for de enkelte delprojekter mia. kr./minut sparet. Dette tager ikke hensyn til at nogle strækninger er mere befærdet end andre, hvorfor en "udgiftsindikator" er opstillet således: Udgiften i mia. kr./antal sparede minutter/antal rejsende over 20 år. Med denne indikator er det muligt at foretage en grov sammenligning af projekternes samfundsmæssige nytte. Ny bane på Vestfyn har til sammenligning en udgiftsindikator på 8,4 kr./min./rejsende. Detaljer kan findes i appendiks 10.

**) Forudsætter ny bane Silkeborg-Aarhus anlægges for 250 km/t ikke 160 km/t. Ekstraudgiften er inkluderet i de 1,6 mia. kr.

3. Indhold

1. Resumé.....	2
2. Oversigt.....	4
2.1. Nøgletal	4
2.2. Mål som kan nås med 300 km/t	4
2.3. "To do" i 2021 – hvis målene skal opfyldes billigt	4
3. Indhold.....	5
4. Hastighed – Målet er uklart.....	7
5. Hastighed - Et paradigmeskifte for jernbanen	8
6. København-Odense-Aarhus på 2x45 minutter	9
6.1. Hvordan kan 45 minutters køretid være efter timemodel?.....	9
6.2. København-Odense på 45 minutter	10
6.3. Odense-Aarhus på 45 minutter	11
6.4. Hvad koster det at opgradere de eksisterende Togfond projekter til 300 km/t.....	12
7. Timemodel via Kattegat København-Aarhus-Aalborg på 2 timer.....	13
7.1. Status for køretid på kattegatforbindelsen	13
7.2. København-Aarhus på 55 minutter	14
7.3. 55 minutter medfører 37-66% flere passagerer.....	15
7.4. Kattegatforbindelsen mellem to stole.....	15
8. Ny station i Odder Nord.....	16
9. Odense-Esbjerg.....	17
9.1. Ny Lillebæltsbro: Superlyn stop i Erritsø-Kolding-Vejen-Bramming.....	17
9.2. Odense-Esbjerg på 55 minutter – (stop i Erritsø, Kolding, Vejen og Bramming)	17
9.3. Odense-Esbjerg på 45 minutter – ikke attraktivt	18
10. Aarhus-Aalborg.....	19
10.1. Superlyn stop i Hobro	19
10.2. Aarhus-Aalborg på 55 minutter - med stop i Aarhus Nord/Lisbjerg	20
11. Aarhus-Herning-Holstebro på 1 time	21
11.1. Tids og udgifts budget – Aarhus-Holstebro på 1 time	21
12. Hastighedsopgradering af fjernbanen.....	23
13. Internationale forbindelser	24
13.1. Nogle realistiske mål.....	24
13.2. Skandinavisk vision "3x3"	25
13.3. Stockholm-Oslo 3 timer	26
13.4. København-Stockholm 3 timer.....	26
13.5. Oslo-Gøteborg-København 3 timer	27
13.6. København-Hamborg 2 timer	28
13.7. København-Hamborg 2¼ time alene ved dansk beslutning	28
13.8. Aarhus-Hamborg på 2½ time – via Padborg.....	29
13.9. Aarhus-Hamborg – via Ringsted i 2035	29
13.10. Aarhus-Hamborg på 2 timer 20 minutter – via Ringsted i 2050.....	29
14. Appendiks 1. Hastigheden på de nye baner	30
15. Appendiks 2. Timemodellen kan gennemføres med DSBs Fremtidens Tog ved 200 km/t	31
15.1. Baggrund.....	31
15.2. København-Odense	31
15.3. Odense-Aarhus	31
15.4. Aarhus-Aalborg.....	32
15.5. Odense-Esbjerg.....	32
15.6. Hastighedsopgradering kontra anskaffelse af højhastighedstog	32
16. Appendiks 3 – Budget priser.....	33
16.1. Ny-anlæg af jernbane for 300 km/t. 175 mio. kr./km	33
16.2. Anlæg af jernbane for 300 i stedet for 250 km/t. 13 mio. kr./km	33

17. Appendiks 4	København-Odense 13 minutter hurtigere - beregninger	34
18. Appendiks 5	Odense-Aarhus 17 minutter hurtigere - beregninger.....	36
19. Appendiks 6	- København-Aarhus på 55 minutter - beregninger.....	38
20. Appendiks 7.	Ny omfartsbane ved Ringsted.....	40
21. Appendiks 8	Odense-Esbjerg - beregninger	41
21.1.	Superlyn stop i Erritsø-Kolding-Vejen-Bramming - beregninger	41
21.2.	Odense-Esbjerg på 55 minutter stop i Erritsø, Kolding, Vejen, Bramming.....	41
21.3.	Odense-Esbjerg på 45 minutter - beregninger	42
22. Appendiks 9	Aarhus-Herning-Holstebro – Beregninger	43
22.1.	Elektrificering eller batteritog	43
22.2.	Rejsetider og budget – Aarhus-Holstebro på 1 time	44
23. Appendiks 10	Udgiftsindikator	47
24. Appendiks 11	- Superlyntog 300 km/t – køredata – køretidstab ved stop på station	49
25. Appendiks 12	- Aarhus-Aalborg på 55 minutter ved hastighedsopgradering	51
26. Appendiks 13	Elasticitet: Rejsetid kontra Passagerer.....	52

4. Hastighed – Målet er uklart

I øjeblikket foregår en tilfældig og usammenhængende udvikling af fjernbanen, fordi mangel på en langsigtet målsætning de facto medfører at beslutninger træffes administrativt flere forskellige steder (Vejdirektoratet, Banedanmark og Ministeriet), med konfliktende ideer om, hvad der skal ske med jernbanen på lang sigt. Hertil kommer ikke mindst skiftende regeringers helt forskellige prioriteringer.

I forbindelse med Togfondens projekter for nye baner har Transportministeriet i kommissorierne for VVM undersøgelserne specificeret at de skal anlægges for drift ved 250 km/t med perspektiv til 300 km/t. På trods heraf forberedes traceen for de nye baner tilsyneladende helt tilfældig for enten 250, 265/285 eller 300 km/t. (For detaljer om hastigheder for de ny baner se appendiks 1).

På kattegatbanen skifter drifts- og tracéhastigheden, hver gang en ny undersøgelse igangsættes. På land skifter både drifts- og tracéhastigheden løbende frem og tilbage mellem 250 og 300 km/t. På samme måde skifter drifts- og tracéhastigheden på kyst-til-kyst strækningen mellem 200 og 250 km/t. For hver ny rapport skifter rejsetiden København-Aarhus via Kattegat derfor ret markant, på trods af at rejsetiden må være forbindelsens primære mål. (Hvilket hovedkommissoriet også specificerer, men det bliver ikke efterlevet i praksis).

Denne manglende sammenhæng medfører uundgåeligt et samfundsøkonomisk tab. Enten ved at forberede nogle nye baner for høje hastigheder, der aldrig vil kunne udnyttes, eller endnu værre ved at forberede nogle nye baner for for lave hastigheder.

5. Hastighed - Et paradigmeskifte for jernbanen

Siden Togfondrapporten i 2013 har den økonomisk "optimale" hastighed for jernbanen ændret sig markant. Baggrunden for dette markante skifte er en globalt øget politisk prioritering af jernbanen med deraf følgende øget volumen, teknologisk udvikling og standardisering. Hermed er opnået forbedret pålidelighed og billiggørelse af baneteknik og rullende materiel, særligt ved højere hastigheder.

Eksempelvis kan de af DSB nyligt bestilte 8 vognstammer fra Talgo for en beskedne pris opgraderes fra 200 til 300 km/t; også efter de er leveret til DSB!. Der synes således ikke længere at være rullende-materiel-økonomisk grund til ikke allerede nu at anlægge jernbaner for 300 km/t. Hvilket står i stærk kontrast til de transportøkonomiske nøgletal, samt DSB's analyse i rapporten Fremtidens Tog fase 1.5, hvor højhastighedstog blev beskrevet som meget dyrere (+50%) end fjerntog på grund af behovet for tæthed. Dette illustrerer, hvor hurtigt udviklingen er gået. – Det må betegnes som rettidig omhu at DSB har option på yderligere op til 24 vognstammer indenfor de næste 12 år. *)

Kilder i markedet oplyser at prisforskellen mellem 250 km/t og 300 km/t togsæt kun er omkring 5%. Danmark er i højhastighedssammenhæng geografisk set relativt lille, og vore højhastighedsbaner er derfor relativt korte. Dertil behøves materiel som hurtigt kan accelerere og udnytte de korte 300 km/t strækninger. Den hurtige tekniske udvikling af både motorer og især effektelektronik gør at sådanne kraftigt motoriserede tog (=ekstra banemotorer) ikke længere er særligt meget dyrere. Kilder i markedet indikerer at et sådant togsæt vil have et tillæg til "total costs of ownership" på 2-3%. Den samlede ekstrapris for 300 km/t tog er således ca. 8%. Se i øvrigt appendiks 11.

I en EU rapport **) indikeres at omkostningen til at anlægge højhastighedsbaner for passagertrafik ved 300 km/t kun er 4-5 % højere end for 250 km/t. Svenske beregninger giver 9%. Af appendiks 3 fremgår at et rimeligt estimat efter danske forhold er 8%.

Banedanmark oplyser at: "Køreledningsanlægget Sicat-SX er på nuværende tidspunkt godkendt til 250 km/t. Hvis omgivelserne er tilpasset 300 km/t er den umiddelbare vurdering at Sicat-SX med tilpasning også kan benyttes her. Dette vil dog kræve nye simuleringer for at kunne endelig bekræfte."

Hvor der i Storebæltstunnelen (1997) er anvendt ballasteret spor, er der i den nyere Drogdentunnel i Øresund (2000) anvendt slab track. Også i Femern, Vejle Fjord og en eventuel Kattegattunnel er det planen at anvende slab track.

Slab track betyder skinnerne er fæstnet i beton(plader) i stedet for sveller og skærver. Slab track er ifølge svenske trafikverket ***) 8-9% dyrere at anlægge end ballasteret spor. Til gengæld er slab track næsten vedligeholdelsesfrit, i markant modsætning til ballasteret spor. Dermed er behovet for sporspærringer også markant lavere. Ved høje hastigheder er "Total Cost of Ownership" for slab track lavere end for ballasteret spor. Der ses i litteraturen mange eksempler på at i et 20-30 års perspektiv er slab track billigst. Slab Track kan i øvrigt anlægges så støjen er markant mindre end fra ballasteret spor. ****)

Slab Track anvendes i Sverige på hele den nye 320 km/t bane Lund-Hässleholm (ikke kun i tunnellerne), og på hele den nye 400 km/t bane "HS2" tværs gennem England.

DTU arbejder med et billigere asfalt koncept, med lavere CO2 udslip, men med samme fordele som slab track

Der synes således at være ualmindelig god grund til at undersøge, hvad det reelt vil koste at anlægge og vedligeholde alle nye baner i Danmark for 300 eller evt. 320 km/t.

*) <https://www.talgo.com/en/communication/notice/dsb-awards-talgo-a-contract-to-supply-8-coach-formations/>

**) "A European high-speed rail network: not a reality but an ineffective patchwork" figur 5:
<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/high-speed-rail-19-2018/en/>

***) Svensk artikel: Nya stambanor för 205 miljarder?

<https://jarnvagar.nu/nya-stambanor-for-205-miljarder-kr/>

*****) BALLASTLESS TRACK SYSTEMS EXPERIENCES GAINED IN AUSTRIA AND GERMANY

<https://dokumen.tips/documents/ballastless-track-systems-experiences-gained-in-austria-track-systems-experiences.html>

6. København-Odense-Aarhus på 2x45 minutter

6.1. Hvordan kan 45 minutters køretid være efter timemodell?

Umiddelbart skulle man tro at "Timemodellen" kun drejer sig om at der er 1 times køretid mellem stationerne. Imidlertid er det væsentligste at togene ankommer og afgår i begge retninger samtidig, så optimal korrespondance med busser og andre tog opnås. Over de kommende 10 år implementeres i Tyskland "Deutsche takt", hvor alle baner optimeres efter at togene skal ankomme og afgå i samme takt på minuttal 0, 15, 30 og/eller 45.

Det er måske lidt overraskende, men 45 minutters køretid kombineret med halvtimesdrift, giver samme fordele som i takt/timemodellen, dvs. at togene ankommer og afgår i begge retninger samtidigt både i København, Odense, Aarhus og Aalborg, som det fremgår af denne køreplan:

Superlyn - Køreplan halvtimesdrift

København afg.	00	30	Aalborg afg.	00	30
Odense ank.	45	15	Aarhus ank.	00	30
Odense afg.	47	17	Aarhus afg.	05	35
Aarhus ank.	25	55	Odense ank.	43	13
Aarhus afg.	30	00	Odense afg.	45	15
Aalborg ank.	30	00	København ank.	30	00

Analogt med Timemodellen vil Superlyn i ankomme og afgå i minuttal 00 og 30 i både København, Aarhus og Aalborg. I Odense vil Superlyn ankomme og afgå i minuttal 15 og 45.

Bemærk i øvrigt at den aktuelle køretid København-Aarhus er kun 1 time og 25 minutter.

2 minutter ophold på Odense station flyttes "administrativt" fra København-Odense til Odense-Aarhus

I ovenstående køreplan medregnes de 2 minutters ophold på Odense station til de 45 minutters køreplanstid mellem Odense og Aarhus, modsat Timemodellen, hvor de medregnes til køretiden København-Odense. Denne kosmetiske ændring er foretaget for at holde omkostningerne til ny infrastruktur så lave som muligt, idet det umiddelbart synes at være billigere at hastighedsopgradere Odense-Aarhus end København-Odense. Dette bør dog efterprøves med mere detaljerede beregninger, ikke mindst fordi opgraderinger København-Odense kommer flere rejsende til gode end Odense-Aarhus.

I forhold til Timemodellen skal der dermed kun opnås $15 - 2 = 13$ minutters reduceret køretid på strækningen København-Odense. Omvendt skal køretiden reduceres $15 + 2 = 17$ minutter på strækningen Odense-Aarhus.

Den faktiske køretid København-Odense er 45 minutter, mens den faktiske køretid Odense-Aarhus er 38 minutter. Når opholdstiden på både Odense station (2 minutter) og Aarhus station (5 minutter) medregnes til Odense-Aarhus bliver "rejsetiden" i alt 45 minutter. Derfor er projektet døbt "2 x 45 minutter".

6.2. København-Odense på 45 minutter

Køreplanstiden København-Odense kan reduceres med 13 minutter til 45 minutter med f.eks. nedenstående elementer. Der findes sandsynligvis andre og billigere kombinationer af elementer. Formålet er imidlertid blot at anskueliggøre at det rent faktisk er muligt og at få et indledende estimat af omkostningen.

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
a. København-Kværkeby 250 km/t i stedet for 200 km/t	49 km	2,9 min.	0 kr *)
b. Sydlig omfartsbane Ringsted 300 km/t	15 km	1,9 min.	0 kr. **)
c. Ny bane Ringsted-Korsør(Vemmelev) 300 km/t	31 km	4,5 min.	5,4 mia. kr
d. Opgr. Vemmelev-Korsør-Nyborg gennemsnit 240km/t	30 km	2,0 min.	2 mia. kr.
e. Nyborg-Odense 250 km/t i stedet for 200 km/t	20 km	1,2 min.	1,8 mia. kr.
f. Reduceret køretidstillæg 8% af 12 minutter	-	1,0 min.	0 kr.
	I alt	13,5 min.	9,2 mia. kr.

Se detailberegninger i Appendiks 4

*) Af appendiks 2 fremgår at der kan køres København-Odense på 58 minutter med 200 km/t materiel, når timemodellen/Togfonden er implementeret. Når materiel for 250 km/t indsættes kan rejsetiden derfor reduceres yderligere. Banen København-Ringsted er allerede anlagt for 250 km/t og det koster derfor intet at udnytte denne hastighed.

***) Omfartsbane Ringsted koster 2,6 mia. kr., men forudsættes anlagt i forbindelse med fuldførelse af timemodellen/Togfonden.

Som det fremgår af tabellen kan køretiden København-Odense reduceres til 45 minutter for en udgift på 9,2 mia. kr. Med de elementer, der skal finansieres af dette projekt (punkt c-e + andel af reduceret køretidstillæg) opnås en rejsetidsbesparelse på 8,0 minut for 9,2 mia. kr. svarende til 1,1 mia. kr. pr. sparet minut. Hvilket er på niveau med de dyreste af Togfond-projekterne. Dette er imidlertid overraskende lavt, når betænkes at strækningen allerede er optimeret i forbindelse med timemodellen/Togfonden.

Udgiftsindikatoren beregnes med 26.400 daglige rejsende til 7,3 kr./sparet minut/rejsende. Hvilket er mindre end de 8,4 kr./sparet minut/rejsende for ny bane på Vestfyn. Se appendiks 10.

jf. appendiks 13. Da rejsetiden reduceres med 22% fra 58 til 45 minutter, må antallet af passagerer derfor forventes at stige med 38-66%, med deraf følgende forøgede billetindtægter. (jf. appendiks 13).

Ud over omfartsbanen ved Ringsted, som allerede undersøges af Banedanmark, vil delprojektet "Opgradering af Vemmelev-Storebælt-Nyborg" være det mest oplagte at sætte i gang først. Både fordi hastigheden kun opgraderes til højst 250 km/t, og dermed relativt hurtigt vil kunne anvendes af rullende materiel (SJ har netop bestilt de første 250 km/t togsæt), men også fordi finansieringen måske er lettere at finde enighed om, da (hovedparten af) strækningen ejes af Storebæltsforbindelsen, og dermed skal finansieres af Storebæltsforbindelsen.

Alternativ hastighedsopgradering – "gratis"

En alternativ køretidsbesparelse kan opnås ved hastighedsopgradering af København-Køge-Ringsted, hvis kattegatforbindelsen opføres for 55 minutters køretid. Se afsnittet om Kattegatforbindelsen, hvor det forudsættes at der kan opnås 1,8 minuts rejsetidsbesparelse ved at opgradere København-Køge-Ringsted til højere hastighed end 250 km/t. Implementeres denne hastighedsopgradering vil hastighedsopgraderingen af Østfyn til 250 km/t kunne undværes. Og/eller der kan foretage en mindre og dermed billigere opgradering af Storebæltsforbindelsen.

6.3. Odense-Aarhus på 45 minutter

Køreplanstiden Odense-Aarhus kan reduceres med de nødvendige 17 minutter med f.eks. nedenstående elementer. Der findes sandsynligvis andre og billigere kombinationer af elementer. Formålet er imidlertid blot at anskueliggøre at det rent faktisk er muligt og at estimere omkostningen.

Beskrivelse	Længde	Tid	Budget inkl. 50% NAB
a. Ny bane udenom Horsens 300 km/t	6 km	2,4 min.	2,3 mia. kr.
b. Odense-Nørre Åby 275 km/t i stedet for 250 km/t	35 km	0,8 min.	0,5 mia. kr.
c. Ny Lillebæltsbro med jernbane Nørre Åby-Brejning 300 km/t	41 km	11,3 min.	0 kr. *)
d. Brejning - Løsning 300 i stedet for 250 km/t	15 km	0,5 min.	0,2 mia. kr.
e. Hovedgård - Hasselager 300 i stedet for 250 km/t	22 km	0,8 min.	0,3 mia. kr.
f. Reduceret køretidstillæg 8% af 16 minutter		1,3 min.	
	I alt	17,1 min.	3,3 mia. kr.

Se detailberegninger i Appendiks 5

*) Odense-Aarhus 45 minutter forudsætter at ny Lillebæltsbro med landanlæg 300 km/t (10,6 mia. kr. for banedelen) finansieres i anden sammenhæng, idet behovet herfor opstår pga. manglende vejkapacitet.

Når bortses fra Lillebæltsbroen og omfartsbanen ved Horsens er de andre elementer i tabellen blot simple opgraderinger til 300 km/t af Togfondens eksisterende projekter. Dog skal det fremhæves at der ifølge VVM ikke kan opgraderes til 300 km/t for broløsninger over Vejle Fjord. Der skal således vælges tunnel under Vejle Fjord. Denne synes linjeføringsmæssigt uden videre at kunne håndtere 300 km/t.

Vejdirektoratet har imidlertid på grund af tidspres ikke undersøgt det i VVM for Vejle Fjord forbindelsen. Denne bør derfor opdateres så den inkluderer en tunnel for 300 km/t. I øvrigt er budgettet for tunnelen ifølge VVM relativt usikkert, hvorfor det også af denne grund vil være på plads at lade en opdateret VVM udarbejde i 2021, inden endelig beslutning evt. træffes ultimo 2021.

Ny bane på Vestfyn er i VVM kun traceret for 265/285 km/t, svarende til antageligvis 275 km/t i gennemsnit. Det er samfundsøkonomisk tragisk at banen ikke er traceret for 300 km/t. Var banen traceret for 300 km/t, ville det koste nøjagtigt det samme at anlægge (eller opgradere) banen til 265/285 km/t, som det vil koste at anlægge (eller opgradere) banen til 300 km/t, med en gratis rejsetidsreduktion til følge (og dermed mulighed for økonomiske besparelser andre steder). Det samfundsøkonomisk optimale vil derfor være straks at udarbejde en ny VVM for 300 km/t for ny bane på Vestfyn. Ikke mindste i betragtning af at der allerede foreligger en VVM for den østlige halvdel for 300 km/t, udarbejdet i forbindelse med "kombinationsløsningen".

Som det fremgår af tabellen vil det koste 3,3 mia. kr. på at opnå en rejsetidsbesparelse på 5 minutter (punkt a,b,d,e og forholdsmæssig andel af f) svarende til 0,7 mia. kr. pr. km. Dette svarer til mange af projekterne i Togfonden, herunder Vejle Fjord og Hovedgård-Hasselager. Udgiftsindikatoren beregnes til 9,1 kr./sparet minut/rejsende, hvilket kun er marginalt mere end de 8,4 kr./sparet minut/rejsende for Ny bane på Vestfyn. Se i øvrigt Appendiks 10.

Da rejsetiden reduceres med 31% fra 55 til 38 minutter, må antallet af passagerer forventes at stige med 53-93%, med deraf følgende forøgede billetindtægter. jf. appendiks 13.

Ny bane udenom Horsens vil umiddelbart være det projekt der implementeres sidst, ikke mindst fordi det er et dyrt projekt i forhold til udbyttet. Omvendt kunne ny bane udenom Horsens i stedet blive implementeret hurtigt, og derved allerede omkring 2031-2032 gøre det muligt at gennemføre Timemodellen med materiel der kun kører 200 km/t, som f.eks. DSB's Fremtidens Tog. For detaljer se appendiks 2.

6.4. Hvad koster det at opgradere de eksisterende Togfond projekter til 300 km/t

Omfartsbane ved Ringsted	15 km a 13 mio. kr.	0,2 mia. kr.
Ny bane på Vestfyn (265/285 km/t)	35 km a 13 mio. kr.	0,5 mia. kr.
Vejle Fjord (Brejning-Løsning)	15 km a 13 mio. kr.	0,2 mia. kr.
Hovedgård-Hasselager	22 km a 13 mio. kr.	0,3 mia. kr.
Netto i alt		<u>1,2 mia. kr.</u> inkl. 50% NAB

De 1,2 mia. kr. er et estimat, og bør derfor korrigeres/verificeres af Banedanmark.

Omfartsbanen i Ringsted bliver 1,1 mia. kr. billigere og finansierer indirekte hastighedsopgraderingen
Hvis man ønsker at forberede omfartsbanen ved Ringsted for senere at kunne gennemføre projektet København-Odense-Aarhus på 45 minutter, skal omfartsbanen rent faktisk være 7 km kortere end det af Banedanmark foreslåede, og dermed spares 1,1 mia. kr. (7 km a 162 mio. kr.). Se appendiks 7.

7. Timemodel via Kattegat København-Aarhus-Aalborg på 2 timer

7.1. Status for køretid på kattegatforbindelsen

I den oprindelige 2015 undersøgelse af kattegatforbindelsen forudsattes 300 km/t på hele den nye bane inklusive broer. Rejsetiden var da 58 minutter (med tilslutning af den nye bane i Lejre).

I Transportministeriets seneste rapport fra marts 2020 *) forudsættes at banen på land bliver anlagt for drift ved 250 km/t, mens kyst til kyst forbindelsen anlægges for kun 200 km/t. Køretid bliver da 1 time og 10 minutter til en pris af omkring 55 mia. kr. for banedelen alene. Dette virker kontraintuitivt, når der via Odense kan opnås en køretid på 1 time og 25 minutter for kun 12 mia. kr. (+ en ny kombineret Lillebæltsbro, som er nødvendig pga. biltrafikken). Se foregående afsnit "København-Odense-Aalborg på 2x45 minutter".

Problemet er at man i de nuværende linjeføringsovervejelser har sub-optimeret ved at undersøge spareløsninger, uden at de foretagne rejsetids-fravalg er understøttet af økonomiske beregninger eller estimater. Dette på trods af at der i hovedkommissoriet for forundersøgelsen af kattegatforbindelsen står: " Det er en målsætning, at en kommende fast forbindelse over Kattegat skal være til gavn for flest mulige brugere, være økonomisk sammenhængende og give størst mulige tidsbesparelser for rejsende...".

På det foreliggende grundlag er det derfor ikke muligt for politikerne at foretage et informeret valg af hvilke løsninger/rejsetider, der ønskes undersøgt nærmere i den kommende VVM for Kattegatforbindelsen. Der foreligger ganske enkelt ingen (samfunds)økonomiske beregninger af alternativer. Dermed er beslutningen om rejsetid de facto på vej til at blive taget administrativt. Ingen aner om det vil koste 5 mio. kr. eller 5 mia. kr. at anlægge forbindelsen for 300 km/t.

I dette afsnit vil blive fremlagt en alternativ Kattegatløsning, som reducerer rejsetiden til 55 minutter, og dermed gør det muligt at køre efter timemodel København-Aarhus-Aalborg på 2 timer præcist.

*) INDLEDENDE LINJEFØRINGSOVERVEJELSER FOR EN KATTEGATFORBINDELSE. SAMMENFATNING AF KOMBINEREDE ANLÆGSOVERSLAG. Marts 2020. <https://www.ft.dk/samling/20191/almindel/TRU/bilag/274/2161524.pdf>

7.2. København-Aarhus på 55 minutter

Analogt med "Togfonden" kan man overveje om det med en Kattegatforbindelse vil være muligt at køre København-Aarhus-Aalborg på præcist 2 timer efter timemodell. I givet fald skal køretiden København-Aarhus via Kattegat være 55 minutter, idet toget skal bruge 5 minutter på at vende i Aarhus, inden det fortsætter mod Aalborg. Køretiden skal således reduceres 15 minutter i forhold til Transportministeriets nuværende plan på 1 time og 10 minutter. – Disse 15 minutter kan f.eks. opnås således:

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
a. Kattegatbane på land 300 km/t i stedet for 250 km/t	85+7 km	5 min.	1,2 mia. kr
b. Køretidstillæg 8% i stedet for 10%		1,3 min.	0 kr.
c. Valg af sænketunnel KKØ i stedet for bro		-	0 eller 2,5-5,1 mia. kr.
d. Kyst-Kyst 300 km/t i stedet for 200 km/t	46 km	4,5 min.	1,4 mia. kr.
e. Omfartsbane syd om Ringsted	15 km	1,8 min.	*)
f. Hastighedsopgradering Kbh.-Køge Nord-Kværkeby	17+30 km	1,8 min.	2,5 mia. kr
g. Reduceret Køretidstillæg 8% af 7,7 min.		0,6 min.	0 kr.
	I alt	15,0 min.	5,1 eller 7,6-10,2 mia.kr.

For detaljerede beregninger se appendiks 6

*) Sydlig omfartsbane Ringsted koster 2,6 mia. kr., men forudsættes finansieret i forbindelse med timemodellen/Togfonden.

Bro eller sænketunnel mellem Sjælland og Samsø

Hvis der skal køres 300 km/t mellem Sjælland og Samsø behøves en tunnel, da en hænge/skråstagsbro vil blive for dyr. I punkt c) foreligger derfor økonomisk set to muligheder for jernbanen:

- VVM ender med at anbefale tunnel af samme grund som på Femern, nemlig at en tunnel totaløkonomisk er bedst, selvom tunnelen er dyrere end en bro. Dette skyldes bl. a. at vejrliget gør at en bro skal lukkes flere gange om året, med store samfundsøkonomiske tab til følge. En tunnel er også mindre udsat for påsejling end en bro osv.. I dette tilfælde "koster det ikke jernbanen noget" at vælge en tunnel. Altså en udgift på 0 kr. i punkt c). Den samlede udgift til at reducere rejsehastigheden med 15 minutter er da kun 5,1 mia. kr., svarende til en helt utrolig lav pris på 0,4 mia. kr. pr. sparet minut (Der ses i beregningen bort fra punkt b og e, jf. appendiks 6). Udgiftsindikatoren kan da beregnes til ligeledes meget lave 3,9 kr./sparet minut/rejsende. En sådanne udvidelse af kattegatforbindelsens budget må derfor med rimelig stor sikkerhed være samfundsøkonomisk fornuftig.

- VVM ender med at anbefale en bro (og lav hastighed for jernbanen). I dette tilfælde skal "jernbanen betale" for at de 300 km/t kræver, at det skal være en tunnel. Den samlede pris er da 10,2 mia. kr., svarende til 0,8 mia. kr. pr. sparet minut. Dette er noget overraskende lige så billigt som nogle af Togfondens nye baner. Udgiftsindikatoren kan i dette tilfælde beregnes til 7,7 kr./sparet minut/rejsende, hvilket er mindre end de 8,4 kr./sparet minut/rejsende for ny bane på Vestfyn, og det kan således måske være samfundsøkonomisk fornuftigt isoleret set at udvide kattegatforbindelsen med denne hastighedsopgradering.

ad f) Synergieffekt med København-Odense og Hamborg-København 2 timer

Bemærk at hastighedsopgraderingen København-Køge Nord-Kværkeby også vil komme projektet København-Odense på 45 minutter og København-Hamborg på 2 timer til gode.

7.3. 55 minutter medfører 37-66% flere passagerer

For projekter med så stor rejsetidsreduktion kan forventes en elasticitet på 1,7-3, jf. appendiks 13. Rejsetiden reduceres med 22% fra 70 til 55 minutter, må antallet af passagerer derfor forventes at stige med 37-66% i forhold til det antal passagerer der pt. forudsættes i kattegatundersøgelsen, med deraf følgende forøgede billetindtægter.

7.4. Kattegatforbindelsen mellem to stole

Både projektet København-Odense-Aarhus på 2x45 minutter og Kattegatforbindelsen kan siges at have som mål at reducere rejsetiden København-Aarhus. Man kan derfor opstille følgende liste over de marginale omkostninger hver gang rejsetiden København-Aarhus reduceres:

	Togfonden Timemodellen	Ny Lillebæltsbro 300 km/t	Kbh.-Odense-Aarhus 2 x 45 minutter	Kattegat 200 km/t Transportministeriet	Kattegat 300 km/t nærværende notat
Rejsetid	1 time 55 min.	1 time 44 min.	1 time 25 min.	1 time 10 min.	55 min.
Rejsetids reduktion	0-reference	11 min.	19 min.	15 min.	15 min.
Pris	0-reference	10,6 mia. kr.	12,6 mia. kr.	55 mia. kr.	5,1-10,2 mia. kr.
Effektivitet	0-reference	1 mia. kr./min.	0,7 mia. kr./min.	3,7 mia. kr./min.	0,4-0,8 mia. kr./min.

Tabel: Marginale omkostninger i mia. kr./minut, når rejsetiden reduceres København-Aarhus

Som det fremgår af tabellen sætter man sig med Transportministeriets nuværende kattegatløsning midt imellem 2 stole, og derfor bør man:

- enten spare de 55 mia. kr. og sammen med en ny Lillebæltsbro bruge 12,6 mia. kr. på at reducere rejsetiden til 1 time og 25 minutter.
- eller også tage skridtet fuldt ud og øge kattegatforbindelsens investeringseffektivitet ved at bruge de ekstra 5,1-10,2 mia. kr på at reducere rejsetiden til 55 minutter.

Nu kan man indvende at det ikke er rimeligt for Kattegatforbindelsen i beregningen at forudsætte Kbh.-Odense-Aarhus 2 x 45 minutter. Men selv hvis kun Togfonden/timemodellen + Ny Lillebæltsbro forudsættes, vil i ministeriets version af Kattegatforbindelsen stadig kun have en "investeringseffektivitet" på 1,6 mia. kr./min. (55 mia. kr./34 min).

Højere hastighed medfører højere relativ nytteværdi – også i Sverige

Ovenstående tabel viser at nytteværdien (rejsetidsbesparelsen) af at forøge hastigheden over Kattegat til 300 km/t er relativt større end udgiften (Nytteværdien vokser hurtigere end investeringen). Dette bekræftes af svenske beregninger *) af sammenhængen mellem hastighed og nytteværdi ved anlæg af de nye svenske stambaner. Beregningerne er baseret på Trafikverkets modeller.

*) Svensk artikel: Nya stambanor för 205 miljarder?

<https://jarnvagar.nu/nya-stambanor-for-205-miljarder-kr/>

8. Ny station i Odder Nord

Det fremgår ikke af hovedkommissoriet for kattelgatforbindelsen at der bør anlægges en ny station i Odder nord.

Kattelgatforbindelsens jernbane og motorvej kommer til at passere umiddelbart nord om Odder by.

I Odder Nord kommer kattelgatforbindelse til at krydse Aarhus letbane. For rejsende fra de sydlige stationer på letbanen vil forbindelsen til København være hurtigere ved at skifte i Odder frem for i Aarhus.

Da Odder Nord befinder sig kun 18 km syd for Aarhus centrum, vil det samtidig være helt oplagt at anlægge stationen med et stort parker og rejs anlæg. Dette anlæg vil blive benyttet af den sydlige del af Aarhus foruden Skanderborg og Horsens. Helt på samme måde som Skanderborg station i dag i stor udstrækning benyttes af bilister fra hele det sydlige Aarhus, som skal til København.

Transporttiden fra Odder Nord til København H vil med stop på Samsø, Kalundborg, Ringsted og Køge Nord være ca. 1 time og 5 minutter. Transporttiden Odder Nord- Aarhus H vil blive omkring 8 minutter, mens transporttiden med letbane er chokerende 41 minutter. (Man hastighedsopgraderede ikke letbanen, da man havde chancen).

Prisen for at opføre en ny station i Kalundborg Øst hhv. Jerne ved Esbjerg har været mindre end 100 mio. kr. pr. stk. Ekstraudgiften for at anlægge en ny station i Odder Nord samtidig med anlæg af Kattelgatbanen vil dog være noget højere, idet banen skal anlægges for 300 km/t og stationen dermed skal have 2 gennemkørselsspor uden perron. Det antages at prisen vil være 0,2-0,3 mia. kr.

9. Odense-Esbjerg

9.1. Ny Lillebæltsbro: Superlyn stop i Erritsø-Kolding-Vejen-Bramming

Beskrivelse	Længde	Tid	Budget inkl. 50% NAB
a. Ny Lillebæltsbro og 300 km/t materiel (Velaro)	-	6,3 min.	0 kr. *)
b. Ny station i Erritsø	-	-	0,1 mia. kr.
	I alt	6,3 min.	0,1 mia. kr.

Se detailberegninger i Appendiks 8

*) Ny Lillebæltsbro med landanlæg finansieres i anden sammenhæng, idet behovet herfor opstår pga. manglende vejkapacitet.

Indsættelse af 300 km/t superlyn og en ny 300 km/t Lillebæltsbro medfører automatisk en 6,3 minutter køretidsbesparelse på strækningen Odense-Esbjerg. (Se detailberegninger i Appendiks 8).

Det begrænsede passagergrundlag gør det interessant at overveje at anvende køretidsbesparelsen til at standse i Vejen og Bramming i stedet for at forkorte rejsetiden Odense-Esbjerg. En standsning på disse stationer betyder nemlig at superlyn kan erstatte IClyn på strækningen, med en markant besparelse på driften til følge. Og naturligvis til stor fordel for rejsende fra disse stationer.

Da et stop i Vejen og Bramming kun "koster" 2 minutter pr. station, kan der med 6,3 minutters ekstra tid til rådighed standses på yderligere én station. Der er derfor også mulighed for at standse på en ny station i Erritsø, som der er et stort lokalt ønske om. En ny station koster mindre end 0,1 mia. kr. at anlægge og er således den eneste ekstra udgift (ud over en ny Lillebæltsbro).

9.2. Odense-Esbjerg på 55 minutter – (stop i Erritsø, Kolding, Vejen og Bramming)

Strækningen Lillebælt-Esbjerg er ikke hastighedsopgraderet i forbindelse med Togfonden. Det vil derfor være relativt billigt at foretage en hastighedsopgradering til 200 km/t, og således bedre kunne udnytte DSB's Fremtidens Tog, og på lang sigt også give superlyn mulighed for at komme hurtigere frem.

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
Lunderskov-Esbjerg opgradering til 200 km/t mm.		5-6 min.	2,2 mia. kr

Se detailberegninger i Appendiks 8

I forbindelse med Togfonden er det beregnet at rejsetiden Lunderskov-Esbjerg kan reduceres med 5-6 minutter ved en hastighedsopgradering til 200 km/t. Prisen herfor er 2,2 mia. kr. Det vil dermed være muligt for superlyn at kunne køre Odense-Esbjerg på knap 55 minutter, hvilket stadig vil betyde at superlyn afgår og ankommer næsten samtidigt og dermed opnår optimal korrespondance med lokaltrafikken (helt analogt med Odense-Aarhus på 55 minutter i Timemodellen).

Ud over at passagererne får 5 minutters kortere køretid, giver det superlyn optimale 10 minutter til at vende i Esbjerg. Hermed kan en vognstamme og evt. personale spares væk i forhold til situationen, hvor superlyn ankommer og afgår præcist samtidigt, med det resultat at det ankommende superlyn skal vente 1 time, før det kan returnere mod Odense.

Selvom hastighedsopgraderingen i sig selv er relativt billig med kun 0,4 mia. kr. pr. sparet minut, så er der kun 5.500 daglige rejsende på strækningen og udgiftsindikatoren bliver så høj som 12 kr./sparet minut/passager (Se appendiks 10). Men heri er ikke indregnet besparelse på 1 vognstamme.

9.3. Odense-Esbjerg på 45 minutter – ikke attraktivt

Analogt med København-Odense-Aarhus på 2 x 45 minutter vil det vil være naturligt at undersøge, om det er muligt at reducere køretiden Odense-Esbjerg fra 60 til 45 minutter. De første 11,3-12,3 minutters mulige køretidsbesparelse er der allerede redegjort for i afsnit 8.1 og 8.2 ovenfor. De sidste ca. 3,5 minutters køretidsbesparelse kan opnås med opgraderinger for omkring 1,8 mia. kr. svarende til en høj udgiftsindikator på 15,6. Se appendiks 8 for detaljer.

Dette vil imidlertid kræve at Superlyn ikke kan standse i Erritsø, Vejen og Bramming. Hertil kommer at der ikke er passagergrundlag for at køre i halvtimesdrift, som er forudsætningen for at 45 minutters køretid kan foregå efter Timemodel/Taktmodel.

Alt i alt ikke en særlig attraktiv løsning.

10. Aarhus-Aalborg

10.1. Superlyn stop i Hobro

Timemodellen ifølge Togfonden tilsiger at Superlyn mellem Aarhus og Aalborg kun standser i Randers.

Imidlertid forventes at Nordjyske Jernbaner fra 2027 udvider kørslen helt ned til Hobro. De hertil nødvendige togsæt er bestilt (option udnyttet). Hvis Superlyn kan stoppe i Hobro, vil det derfor give store trafikale fordele, da alle rejsende fra stationer mellem Aalborg og Hobro så får mulighed for omstigning til Superlyn i Hobro, og dermed en markant hurtigere forbindelse til Aarhus/Odense/København.

Samtidig kan Superlyn med stop på Hobro station helt erstatte strækningens IC-lyn, med store driftsmæssige besparelser til følge. En sådan løsning er allerede forudset af Trafikstyrelsen, idet man i Trafikplan for statens jernbaner 2017-2032 (figur 74) har foreslået at Superlyn fra 2027 standser i Hobro foruden Randers. Der kræves imidlertid at Superlyn kan spare ca. 2 minutters køretid for at have tid til at standse på Hobro station.

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
Bedre accelerationsegenskaber		1 min.	0 kr.
<u>Randers-Hobro hastighedsopgradering 200 km/t - option</u>	<u>23 km</u>	<u>1 min.</u>	<u>0,6 mia. kr.</u>
	I alt	2 min.	0,6 mia. kr.

Banedanmark har i beslutningsgrundlaget for hastighedsopgradering for delstrækningen Randers-Hobro anført en option på at opgradere til 200 km/t i stedet for 180 km/t for en pris af knap 548 mio.kr. Udnyttes optionen reduceres rejsetiden med ca. 1 minut. - Samtidig reduceres rejsetiden med yderligere ca. 1 minut, hvis DSBs Fremtidens Tog anvendes til timemodellen, idet disse fjerntog har bedre accelerationsevne end de (svagt motoriserede) højhastighedstog der anvendes for beregningerne i Togfonden. Hermed er opnået de nødvendige 2 minutters rejsetidsbesparelse.

Som det fremgår af appendiks 11 må man forvente at fremtidige 300 km/t superlyn har lige så gode accelerationsegenskaber som DSB's nye fjerntog, og det vil også for 300 km/t superlyn være muligt at gøre ophold i Hobro.

10.2. Aarhus-Aalborg på 55 minutter - med stop i Aarhus Nord/Lisbjerg

Hvis det er muligt at reducere køretiden fra 60 til 55 minutter, vil superlyn (i lighed med forslaget om Odense-Esbjerg på 55 minutter) have 10 minutter til at vende i Aalborg, og en togstamme dermed kan spares væk. Værdien heraf er betydelig, hvis samtidig udgiften til personale reduceres tilsvarende. Samtidig vil passagerne naturligvis komme 5 minutter hurtigere frem.

Den umiddelbare løsning vil være yderligere hastighedsopgradering. Dette er beskrevet i appendiks 12 og indikerer at et groft indledende estimat af udgifterne hertil er i størrelsesordenen 3-4 mia. kr., svarende til et udgiftsindeks på 13-17 kr./sparet minut/passager. Dette er et meget højt indeks og projektet må antages ikke at være samfundsøkonomisk fornuftigt.

Imidlertid foreligger der en mere "direkte" mulighed. En ny bane mellem Aarhus og Randers. En sådan vil ikke kun give reduceret køretid, men også øget kapacitet.

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
Ny bane Aarhus-Rander 250 km/t	30 km	7 min.	4,5 mia. kr.

En ny bane er skitseret i Togfonden og er angivet ved 200 km/t at spare 7 minutters køretid. Ved 250 km/t vil besparelsen da være 9 minutter og ved 300 km/t knap 10 minutter. Med stop i både Randers og Aarhus Nord (se nedenfor), kan banen ikke udnyttes særlig godt for 300 km/t. Det forudsættes derfor at banen anlægges for kun 250 km/t. Siden Togfond-rapporten fra 2014 er det besluttet at hastighedsopgradere den gamle strækning Aarhus-Randers. Tidsbesparelsen ved en ny bane bliver derfor mindre end oprindeligt beregnet, antageligvis omkring 2 minutter mindre, så ved 250 km/t bliver tidsbesparelsen ikke 9 minutter, men kun ca. 7 minutter.

De 7 minutters rejsetidsbesparelse er imidlertid 2 minutter mere end ønsket, og det bliver derfor muligt for Superlyn indenfor timemodellen at kunne standse på en ny station i "Aarhus Nord/Lisbjerg".

Aarhus Letbane kommer, når den engang forlænges, til at krydse den gamle bane i Hinnerup, men vil krydse den nye bane i Lisbjerg, altså markant tættere på befolkningskoncentrationen i Aarhus Nord. Passagergrundlaget for krydsningen med den nye bane Aarhus-Randers er således langt større, og det vil være naturligt her at etablere en parker og rejs station "Aarhus Nord/Lisbjerg", med et stort antal parkeringspladser.

Prisen for den nye bane var i togfondrapporten estimeret til 4 mia. kr. (200 km/t) og vil i 2020 priser koste omkring 4,5 mia. kr. Prisen for 250 km/t er som bekendt kun marginalt højere. Regnes med en køretidsbesparelse på 7 minutter, bliver udgiftsindikatoren relativt høj med 12,9 kr./min./passager, og projektet må nok afvente at passagertal

let er forøget markant som følge af togfonden/timemodellen. Projektet er derfor henlagt til sidst i perioden hen mod 2050. Se beregninger i appendiks 10. - I denne beregning er imidlertid ikke taget hensyn til den yderligere fordel at et togsæt kan spares væk i Aalborg. Til gengæld er 2 minutter anvendt til at gøre ophold på Aarhus Nord, og vil således ikke komme de (andre) rejsende til fordel. Udgiften til en ny station i Aarhus Nord er heller ikke regnet med. Den dramatiske forkortelse af rejsetiden Aarhus-Randers vil omvendt forøge passagertallet her markant. Se i øvrigt appendiks 13.

11. Aarhus-Herning-Holstebro på 1 time

Partierne bag Togfonden har aftalt at se nærmere på en ny bane Aarhus-Silkeborg, når Togfonden er realiseret. Det vil være naturligt at anlægge denne bane nogenlunde samtidig med kattegatforbindelsen, da passagerer fra Midt- og Vestjylland med kattegatforbindelsen kommer til at rejse til København via Aarhus i stedet for Vejle.

Der må i lighed med dagens situation forventes stærke Midt- og Vestjyske ønsker om kunne køre direkte til København uden togsift i Aarhus. I screeningen for en Kattegatforbindelse forudsættes to "kattegatlyn" pr. time. Et af disse skal forventeligt fortsætte mod Aalborg, og det er da naturligt at lade det andet fortsætte mod Herning/Holstebro. Analogt med Timemodellen/Togfonden vil det derfor være interessant at undersøge om det vil være muligt at gøre Holstebro til "Timemodelby".

Kattegatlyn kan erstatte det eksisterende lyntog på strækningen Aarhus-Herning og fortsætte til Holstebro kun med stop i Gødstrup, hvortil der forventes en del pendling pga. det nye sygehus. Kattegatlyn vil dermed foruden Aarhus få stop i Silkeborg, Ikast, Herning, Gødstrup og Holstebro.

Med en rejsetid på 1 time Aarhus-Holstebro opnås følgende rejsetider:

	I dag	"Kattegatlyn"
Aarhus-Silkeborg	41	18½
Aarhus-Herning	76	38½
Aarhus-Holstebro	113½	60

11.1. Tids og udgifts budget – Aarhus-Holstebro på 1 time

Beskrivelse	Længde	Tid sparet	Budget inkl. 50% NAB
a. Ny dobbeltsporet bane Aarhus-Silkeborg 160 km/t	29 km	19 min.	3,4 mia. kr
b. Aarhus-Silkeborg 250 km/t i stedet for 160 km/t	25 km	3 min.	0,7 mia. kr.
c. Regionale hastighedsopgraderinger og færre stop		22 min.	"Togfonden"
d. Batteri-tog i stedet for diesel-tog		3 min.	0 kr.
e. Yderligere hastighedsopgraderinger 160 km/t og kortere stop		6,5 min.	0,6 mia. kr.
f. Andre udgifter		-	0,3 mia. kr.
	i alt	53,5 min.	3,4 + 1,6 mia.kr.

For detaljer se appendiks 9

a) I forundersøgelsen fra 2016 er banen planlagt som en simpel regionalbane med en maksimalhastighed 160 km/t. For en udgift på 3,4 mia. kr. reduceres rejsetiden fra 41 til 22 minutter, svarende til 19 minutters kortere rejsetid for 8.400 daglige rejsende. Udgiftsindikatoren kan da beregnes til 3,6 kr./minut/rejsende. se i øvrigt appendiks 10.

b) Hvis Aarhus-Holstebro på 1 time skal opnås er 250 km/t nødvendig på den nye bane Aarhus-Silkeborg.

c) I Togfonden indgår allerede planlagt en række "Regionale hastighedsopgraderinger". Desuden standse ikke på en række mindre stationer.

d) Anvendelsen af elektriske kattegatlyn forbedrer i sig selv rejsetiden i forhold til det eksisterende diesel materiel. Banen behøver ikke blive elektrificeret, da højhastighedstog om 15 år som standard kan leveres med batterier for 100 km kørsel på ikke elektrificeret strækning. Se appendiks 9.

e) Yderligere hastighedsopgraderinger ud over Togfondens "Regionale hastighedsopgraderinger", og kortere ophold på Silkeborg og Herning station.

f) Nogle kilometer dobbeltspor er nødvendig ved Holstebro. Desuden skal Kattegatlyn have prioritet i forhold til lokale tog. For i rimelig grad også at tilgodese optimale køretider for disse lokale tog skal der sandsynligvis foretages nogle ændringer på den enkeltsporede bane.

Udgiftsindikator

Hvis man forudsætter at a) de 3,4 mia. kr. til ny bane Aarhus-Silkeborg for 160 km/t allerede er finansieret, vil det koster det yderligere 1,6 mia. kr. at spare 8,5 minut (punkt b + e. De 6,5 minut i e) dog eksklusive det ene minut som vindes ved kortere stationsophold).

Da den største del af rejsetidsbesparelsen opnås for rejsende mellem Silkeborg og Herning, er anvendt antallet af rejsende omkring lkast 3.900. Udgiftsindikatoren for den marginale omkostning for at opnå en rejsetid Aarhus-Holstebro kan dermed beregnes til 8,0 kr./sparet minut/rejsende. Se i øvrigt appendiks 10.

12. Hastighedsopgradering af fjernbanen

Togfonden indeholder en samfundsøkonomisk optimal opgradering af alle regionale baner til højst 160 km/t.

Projektet hastighedsopgradering af kystbanen synes imidlertid at være glemt. Det var godt nok dyrere end budgeteret, og blev derfor standset. Men at det er dyrere end forventet betyder jo ikke nødvendigvis at der ikke er god økonomi i opgraderingen. Hastigheden på den stærkt befærdede strækningen er så uhyggelig lav, at der må være lavt hængende frugter, også hvis banen ændres til S-tog. Fremtidige S-tog på strækningen bør kunne køre 160 km/t, ikke mindst hvis en HH tunnel for S-tog til Helsingborg bygges.

Fase 1 200 km/t

Med DSB's indkøb af nyt materiel, der kan køre 200 km/t, vil det være relevant at undersøge om det er samfundsøkonomisk fornuftigt at opgradere nogle af de fjernbanestrækninger, disse tog skal betjene, analogt med Togfondprojektet "Hastighedsopgradering af regionalbanerne".

Her tænkes i første omgang på billige opgraderinger, analogt med den besluttede hastighedsopgradering til 200 km/t Ringsted-Odense, hvor ca. 5 minutters køretidsreduktion opnås for kun 0,6 mia. kr. Men på længere sigt også dyrere opgraderinger, hvor det giver samfundsøkonomisk mening.

- Øresund-Ny Ellebjerg
- København-Roskilde-Ringsted
- Roskilde-Holbæk
- Kolding-Padborg
- Kolding-Esbjerg
- Brejning – Vejle – Daugård (opgradering er måske ikke mulig, men det er aldrig undersøgt)
- Omkring Horsens station (undersøgt i Togfonden)
- Hovedgård-Skanderborg-Hasselager

Fase 2 Op til 250 km/t

Hastighedsopgraderingerne behøver imidlertid på lang sigt ikke være begrænset til 200 km/t. Anlæg af Togfondens nye baner må forventes at medføre at DSB og andre operatører anskaffer 250-300 km/t materiel for drift i Danmark, ikke mindst i lyset af at materiel for 250 km/t ifølge kilder i markedet kun koster ca. 10% mere end for 200 km/t. SJ har eksempelvis netop bestilt materiel for 250 km/t og har udtalt interesse for at betjene Stockholm-København-Aarhus og Stockholm-København-Esbjerg.

Det behøver ikke nødvendigvis være opgradering til 250 km/t. Lokale forhold kan gøre at f. eks. 220 km/t er relevant over nogle delstrækninger. En overvejelse om hastighedsopgraderinger bør også ses i en større (international) sammenhæng. Det kunne dreje sig om strækningerne:

- Malmø-Ny Ellebjerg
- København-Roskilde-Ringsted
- Kolding-Padborg
- Ringsted-Nykøbing F

Også

- Kolding-Esbjerg
- Aarhus-Aalborg

bør undersøges nærmere, uanset at opgraderinger til mere end 200 km/t ved en umiddelbar vurdering i nærværende notat synes at være for dyre i forhold til passagertallet.

13. Internationale forbindelser

Med initiativet TEE 2.0 **) har Tyskland foreslået at genindføre Trans Europæiske Ekspres dag- og nattog, hvor udgangspunktet er at 3-4 lande inkluderes i hver forbindelse. Bemærkelsesværdigt er også at der påtænkes op til 250 km/t nattog, som kan udnytte de kommende baner for 250 km/t, og det faktum at der er god plads på skinnerne om natten. TEE 2.0 forslaget fokuserer i Skandinavien imidlertid kun på korridorren Stockholm-København-Femern med linjerne Stockholm-København-Hamborg-Paris og Stockholm-København-Berlin-München. Der er behov for at supplere initiativet med et dansk/skandinavisk perspektiv.

TEE 2.0 handler imidlertid kun om at oprette nye togforbindelser, ikke om den nødvendige underliggende videre udvikling af skinnenettet. Hermed fremlægges et sådant forslag.

13.1. Nogle realistiske mål

Indledningsvis kan opstilles følgende simple tabel over internationale strækninger med "psykologiske" mål for rejsetiderne.

Strækning	luftlinje	Mål	hastighed
København-Stockholm	520 km	3 timer	173 km/t
København-Oslo	480 km	3 timer	160 km/t
Stockholm-Oslo	420 km	3 timer	140 km/t
København-Hamborg	290 km	2 timer	145 km/t
Aarhus-Hamborg	290 km	2½ time	116 km/t

Der er anvendt afstande i luftlinje. Både fordi det er enkelt, men også fordi man herved undgår at medregne store omveje på eksisterende baner; omveje som kan fjernes med nye baner.

Som man ser af tabellen vil det være strækningen København-Stockholm, der med 173 km/t har den højeste gennemsnitshastighed for at nå målet. Ironisk nok er det her man er tættest på at realisere det!

Umiddelbart kan man finde det mærkeligt at der ikke opstilles samme mål for København-Hamborg og Aarhus-Hamborg, når de har samme afstand. Men antallet af rejsende fra København er markant større end fra Aarhus, og dermed er der ikke samme økonomi i en opgradering. På sigt vil der gennem København komme yderligere trafik fra Oslo, Stockholm og Sydsverige.

**) Link TEE 2.0:

https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/eu-ratspraesidentschaft-innovative-schiene-nachtverkehr-21-09-2020.pdf?__blob=publicationFile

13.2. Skandinavisk vision "3x3"

Som det fremgår af tabellen er der i grove træk samme afstand mellem de tre skandinaviske hovedstæder. Da det samtidig er de tre største befolkningskoncentrationer i Skandinavien giver det mening at optimere jernbanerne mellem disse byer.

Der har gennem årene været meget stor interesse i Norge for at få en hurtigere forbindelse til København og Hamborg.

I Sverige er man begyndt anlæg af hurtige 320 km/t forbindelser fra Stockholm til Malmø og Gøteborg, men overraskende nok ikke hurtige forbindelser fra Gøteborg til Oslo og Gøteborg til Malmø/København. Til gengæld har der fra svensk side i mange år været presset på for Øresundsforbindelsen, Femernforbindelsen og HH-forbindelsen, for at opnå stabile og hurtige forbindelser til kontinentet. Og i øjeblikket vokser presset for en ekstra jernbaneforbindelse over/under Øresund, for at få redundans for godstransporten til kontinentet, når jernbanefærgerne om få år indstilles mellem Sverige og Tyskland.

Med den større fokus på CO2 udslip, ikke mindst i Sverige, må tiden nu være kommet hvor Danmark og Norge kan påvirke Sverige til i et samarbejde (også) at forbedre jernbanen Oslo-Gøteborg-København. Måske kunne de tre lande enes om en enestående skandinavisk 3x3 jernbanevision:

3 skandinaviske hovedstæder - rejsetid på 3 timer - anlagt om 3 årtier.

13.3. Stockholm-Oslo 3 timer

I dag tager togrejsen mellem Stockholm og Oslo 5 timer, hvilket er ca. 1½ time mindre end for et par år siden. Resultatet af denne 1½ times rejsetidsreduktion er over al forventning, og SJ man har øget antallet af daglige afgang, om end der endnu ikke er tale om timedrift. Mange af de nye rejsende på strækningen er skiftet fra fly til tog.

Der foreligger allerede adskillige rapporter om hvilke udbygninger, der skal foretages for at opnå en køretid Stockholm-Oslo på under 3 timer. Den samlede udgift er 55 mia. SEK og kræver to nye banestrækninger. Den ene strækning er Örebro-Kristinehamn, som vil være 50 km kortere end den hidtidige anvendte og stærkt overbelastede strækning. Anlæg af denne nye strækning er allerede rimeligt højt prioriteret i Sverige, om end den ikke er besluttet endnu. Den anden nye bane skal aflaste den ligeledes (men af gods) overbelastede strækning mellem Arvika og Oslo.

Karlstad, "hovedstaden" i Värmland ligger midt mellem Oslo og Stockholm og lobbier, sammen med Örebro og Västerås kraftigt for projektet 2 og 55 minutters rejsetid Stockholm-Oslo. De driver en hjemmeside herom, "Skandinaviens mest lönsamma järnvägsprojekt".

Links:

www.oslo-sthlm.se

<http://jernbanemagasinet.no/artikler/slik-reduseres-reisetiden-til-tre-timer-oslo-stockholm/>

13.4. København-Stockholm 3 timer

Som bekendt har Sverige en ambition om at bygge 320 km/t højhastighedsbaner med rejsetidsmålene Stockholm-Gøteborg på 2 timer og Stockholm-Malmø på 2½ time.

Med Stockholm-Malmø på 2½ time kan Stockholm-København på 3 timer nås. Den 70 kilometer lange delstrækning Lund-Hässleholm er i 2020 besluttet anlagt for 320 km/t og forventes færdig i 2037-39.

Syd for Stockholm er en 160 kilometer delstrækning, Ostlänken under anlæg og forventes færdig i 2035. Imidlertid bliver hastigheden her kun 250 km/time pga. det store antal byer banen skal sno sig ind igennem. Rejsetiden Stockholm-Malmø bliver derfor 2 timer 37 minutter. Skal målet om Stockholm-København på 3 timer nås, kræves derfor en hastighedsopgradering af den 40 km lange bane Malmø-København, herunder særligt Øresundsbroen.

13.5. Oslo-Gøteborg-København 3 timer

En særdeles veldokumenteret undersøgelse af muligheden for at reducere rejsetiden Oslo-København til 4 timer findes i dokumentet "Den skandinaviske 8 millioners by", www.8millioncity.com. Rapporten beskriver de meget store økonomiske fordele ved en nærmere integration af Hamborg-København/Malmø-Gøteborg-Oslo. Rapporten er imidlertid udarbejdet i 2014, og på det tidspunkt "turde" forfatterne kun antyde 320 km/t højhastighedsbaner (med en rejsetid på København-Oslo på 2½ time). Derfor tog arbejdsgruppen primært udgangspunkt i hastighedsopgraderinger til 250 km/t, med 4 timers rejsetid Oslo-København til følge.

I Norge er man begyndt at udbygge jernbanen fra Oslo til grænsen mod Sverige, men har valgt at den første delstrækningen kun anlægges for 250 km/t. Hastigheden for den næste del af strækningen er ikke besluttet endnu.

På strækningen fra den norske grænse til nord for Gøteborg skal anlægges en ny højhastighedsbane. Der foreligger analyser heraf ([Missing Link -Halden-Trollhättan](#), Ramböll, 2013). I analysen beregnes at med 360 km/t på den nye bane kan en rejsetid Oslo-Gøteborg på 1 time 15 minutter opnås, for at nå en rejsetid København-Oslo på 2½ time. – I nærværende notat antages at dette mål end ikke i dag er politisk/økonomisk acceptabelt, og banen derfor kun kan forventes anlagt for 320 km/t. Rejsetiden Gøteborg-Oslo bliver da omkring 1½ time.

For strækningen Gøteborg-Malmø er det bemærkelsesværdigt at man i Sverige overhovedet ikke tænker på højhastighedsbane, på trods af at Malmø og Gøteborg er Sveriges 2. og 3. største by. Fokus er udelukkende på at få dobbeltspor på de sidste to delstrækninger og kun for 200 km/t. Det kræver måske at Danmark/København, Norge/Oslo, Malmø og Gøteborg går sammen til den svenske regering (i Stockholm!), hvis der skal ske mere. Et skandinavisk perspektiv er virkelig nødvendigt her.

Optimeringen af strækningen København-Gøteborg kompliceres af at man fra dansk side har gjort klart at selvom man opfører en HH-forbindelse, er der ikke kapacitet på kystbanen til flere tog (og det bliver da helt umuligt hvis kystbanen ombygges til S-tog). Der skal altså køres via Malmø. - Skal man på strækning Malmø-Gøteborg spare f.eks. 30 minutters rejsetid kræver det at 270 km bane opgraderes fra 200 km/t til 320 km/t. Det kan være lige så dyrt at opgradere til 320 km/t, som at anlægge nye baner for 320 km/t. Omkostningen for at reducere rejsetiden med 30 minutter på denne måde kan derfor blive så høj som 47 mia. danske kr. Andre muligheder end opgradering til 320 km/t bør derfor undersøges.

Den billigste løsning kan være "Europasporet", den tunnel Landskrona har foreslået mellem Landskrona og København centrum. Den vil binde Landskrona tæt til København (14 minutter), og samtidig skære 55 minutter af rejsetiden fra Oslo/Gøteborg i forhold til at skulle via Malmø. Prisen for en sådan tunnel er beregnet til 48 mia. svensk kr. inkl. 50% NAB (2014 priser fra www.europasporet.se). Og Sverige opnår den meget ønskede reserveforbindelse for godstog i tilfælde af at der er problemer på Øresundsbroen. (Og så kan der måske opnås forhøjet EU tilskud til godsdelen af forbindelsen!).

Konklusion Oslo-København 3 timer

Det er oplagt at et skandinavisk samarbejde er nødvendigt, hvis rejsetiden Oslo-København skal reduceres til 3 timer. Det er infrastrukturmæssigt muligt, der er faktisk mange forskellige muligheder, men det kræver at man sammen opstiller målet politisk, så den økonomisk optimale "interskandinaviske" løsning kan findes. Med Oslo-København på 3 timer vil direkte tog Oslo-København-Hamborg/Berlin blive relevante.

Links: www.europasporet.se
<https://ing.dk/artikel/landskrona-lobbyer-ny-oeresundstunnel-179676>

13.6. København-Hamborg 2 timer

Med den kommende Femernforbindelse, og den tyske beslutningen om at anlægge den tyske tilslutningsbane for 200 km/t, kommer rejsetiden ned på præcist 2½ time.

Det er åbenlyst at et mål om en rejsetid på 2 time skal aftales mellem Danmark og Tyskland. Erfaringsmæssigt er det dog svært at få aftaler op opgraderinger på plads med Tyskland. Det vil derfor være bedre at foretage de nødvendig/oplagte opgraderinger i Danmark først, og dermed inspirere tyskerne til efterfølgende at matche de danske anlæg. Præcist som det er sket med opgradering fra 160 til 200 km/t på de tyske landanlæg og senest beslutningen om at anlægge en tunnel i stedet for Fehmern Brücke.

13.7. København-Hamborg 2¼ time alene ved dansk beslutning

Hvis man kun fokuserer på danske elementer til at opnå 2 timer rejsetidsmålet, er det muligt alene ved dansk indsats relativt hurtigt at nå et delmål på 2¼ time således.:

1,8 minut: Hastighedsopgradering 300 km/t Kbh.-Køge Nord-Kværkeby.
Finansieres i forbindelse med kattegatforbindelsen.

1,2 min: Sydlig omfartsbane i Ringsted med afgrening anlagt for 300 km/t.
Finansiers af togfonden. Jf. appendiks 7.

3,5 min: Store dele af de 70 km bane Glumsø-Nykøbing F kan så vidt vide, uden meget store omkostninger opgraderes til 230 km/t. Derudover kan mange banestykker nok opgraderes til 250 km/t. Regnes med en gennemsnitshastighed på 240 km/t kan 3,5 minut spares.

3,5 min.: Den kommende nye 35 km dobbeltsporede og næsten helt lige bane Nykøbing F-Rødby anlægges straks for 300 km/t og ikke kun 200 km/t.

1,5 min.: Femerntunnelen 18 km anlægges fra starten for 300 km/t.

ca. 3 min: Den i Tyskland allerede besluttede sænketunnel i stedet for Fehmern Brücke (inkl. reduceret køretidstillæg, da sænketunnelsen er dobbeltsporet, mens broen den erstatter er enkeltsporet).

1 min.: Reduceret køretidstillæg

Disse tiltag vil reducere rejsetiden med 15 minutter, svarende til 10% reduktion. Med en elasticitet på 1,7-3 (se appendiks 13) vil antallet af passagerer stige med 17-30%. På lang sigt er der gode muligheder for optimeringer i Tyskland så målet på 2 timer kan nås. Særligt den befærdede strækning Lübeck-Hamborg med en maksimal hastighed i dag på kun 160 km/t må have god samfundsøkonomi i en opgradering. Men oplagt er også at hæve hastigheden over Femern øen til 250 km/t.

Budget - Nykøbing F-Puttgarden anlagt for 300 km/t (eller 250 km/t)

Anlæg af Nykøbing F-Rødby-Puttgarden for 250 km/t i stedet for 200 km/t er så vidt vides beregnet til 0,85 mia. kr. - Hvis man i stedet straks anlægges for 300 km/t koster det yderligere (i forhold til 250 km/t) 13 mio. kr. pr. km. for de 35 km Nykøbing F-Rødby svarende til 450 mio. kr. (Se appendiks 3 for budget tal). Tunnelen er antageligvis pga. anvendelsen af slab track næsten omkostningsfri straks at anlægges for 300 km/t, konservativt afsættes dog også her 13 mio. kr. pr. km. svarende til 250 mio. kr. I alt er det dermed estimeret at koste 1,55 mia. kr. straks at anlægges for 300 km/t. Med 5 minutters rejsetidsbesparelse svarer det til kun 0,3 mia. kr. pr. minut, hvilket er meget billigt i forhold til Togfondprojekterne. Udgiftsindikatoren er dog i den høje ende med i størrelsesordenen 14 kr./sparet minut/rejsende.

Umiddelbart er det svært at retfærdiggøre at opgradere dele af strækningen til 300 km/t, når der sandsynligvis ikke kommer 300 km/t strækninger mellem Femern og Hamborg indenfor de næste 30 år. Set i lyset at TEE 2.0 og kommende forbindelser med 320 km/t materiel Stockholm-København-Hamborg/Berlin /Paris/München, bør det dog alligevel overvejes, evt. som en del af en skandinavisk aftale.

13.8. Aarhus-Hamburg på 2½ time – via Padborg

Rejsetiden er i dag 4 timer og 26 minutter. Ifølge ” Østjysk initiativ for bedre togforbindelser mellem den østjyske byregion og Hamburg” *) kan rejsetiden med allerede planlagte og forventede projekter i Danmark og Tyskland, kombineret med administrative forbedringer, reduceres til 2 timer 53 minutter. Beregningen forudsætter alle Togfondprojekter, dobbeltspor Tinglev-Padborg samt flere ikke besluttede projekter i Tyskland. Der forudsættes desuden anvendelse af elektrisk materiel med en maksimalhastighed på 250 km/t.

For at nå et mål om en rejsetid på 2½ time kræves således ”kun” yderligere 23 minutters rejsetidsforbedringer i Danmark og Tyskland tilsammen.

10 minutter: På dansk side kan en yderligere 5 minutters rejsetidsreduktion opnås ved at hastighedsopgradere den 75 km lange ret lige bane Lunderskov-Padborg fra 160 til 200 km/t. Kun kurven ved Tinglev synes at give en markant udfordring. Opgraderes til 250 km/t kan 10 minutters rejsetid spares.

18 minutter: Anlæg af shunt omkring Horsens (i forbindelse med Odense-Aarhus på 45 minutter) betyder at der kan undlades stop i Skanderborg, Horsens og Vejle og køretiden kan reduceres med 18 minutter.

Rejsetiden reduceres hermed med 28 minutter til 2 timer og 25 minutter. Der standses fortsat i Fredericia, Kolding og Padborg så et sådant togsystem er samtidig en lyntogsforbindelse mellem disse byer og Aarhus.

Alternativt er det muligt at forbedringer i Tyskland over de næste 20-30 år kan bidrage med den nødvendige rejsetidsbesparelse, så en samlet rejsetid på 2½ time Aarhus-Hamburg kan opnås selvom der standses i Skanderborg, Horsens og Vejle.

Det er åbenlyst at et mål om en rejsetid på 2½ time er noget der skal aftales mellem Danmark og Tyskland. Indledningsvist vil det være relevant at nedsætte en arbejdsgruppe som kan skabe et fælles dansk tysk overblik og forslag til, hvordan et sådant mål ville kunne nås samfundsøkonomisk optimalt.

*) <https://ing.dk/artikel/saadan-kan-togtiden-mellem-aarhus-og-hamburg-goeres-85-minutter-kortere-naesten-gratis>

13.9. Aarhus-Hamburg – via Ringsted i 2035

En alternativ vej fra Aarhus til Hamburg er via kattegatforbindelsen, Ringsted og Femern. Hvis det forudsættes at kattegatforbindelsen i 2035 er anlagt for 55 minutters køretid, vil køretiden være:

- Aarhus-Ringsted ca. 35 minutter
- Vende i Ringsted 5 minutter
- Ringsted-Hamburg 2 timer 10 minutter
- **I alt 2 timer 50 minutter**

13.10. Aarhus-Hamburg på 2 timer 20 minutter – via Ringsted i 2050

Hvis man forudsætter at København-Hamburg er opgraderet til 2 timers køretid, bliver rejsetiden Aarhus-Ringsted-Hamburg:

- Aarhus-Ringsted ca. 35 minutter
- Vende i Ringsted 5 minutter
- Ringsted-Hamburg 1 timer 40 minutter
- **I alt 2 timer 20 minutter**

Det er åbenlyst at rejsetiden for et direkte tog kan reduceres med yderligere 5 minutter med en shunt udenom Ringsted. Men passagertallet er forventeligt så lille, at det ikke har ret god samfundsøkonomi.

I beregningen er forudsat anvendelse af 300 km/t materiel via Kattegat. Med 250 km/t materiel forlænges rejsetiden med 5 minutter. Hvis man samtidig også forudsætter 10 minutter til at skifte tog i Ringsted, vil rejsetiden blive 2½ time. (Forudsat at København-Hamburg forbindelsen standser i Ringsted, hvilket ikke er planen!).

14. Appendiks 1. Hastigheden på de nye baner

I forbindelse med Togfondens projekter for nye baner har Transportministeriet i kommissorierne specificeret noget i retning af at de skal anlægges for drift ved 250 km/t med perspektiv til 300 km/t. På trods heraf forberedes traceen for de nye baner tilsyneladende helt tilfældig for enten 250, 265/285 eller 300 km/t. På kattegatbanen skifter både drifts og tracé hastigheden, hver gang en ny undersøgelse igangsættes.

Strækning	Drift km/t	Tracé forberedt for km/t
Ny bane København-Ringsted	250	250
Ny bane på Vestfyn	250	265/285
Bro over Vejle fjord	250	250
Tunnel under Vejle fjord	250	250 måske 300. VVM er ufærdig på dette punkt.
Ny Lillebæltsbro	250	300
Ny bane Hovedgård-Hasselager	250	300
Kattegatforbindelsen på land	før 300 nu 250	først 300, så 250, nu igen 300
Kattegatforbindelsen kyst-kyst	før 250 nu 200	før 250 nu 200

Ny bane København-Ringsted er ikke forberedt for hastigheder på 300 km/t. Ingen tænkte på 300 km/t for 10 år siden, da projektet blev besluttet. Banedanmark har oplyst at *"En opgradering af København-Ringsted fra 250 km/t til 300 km/t, vil kræve en ændring af et antal kurver på strækningen, da banen er designet til 250 km/t. Udover ændrede komponenter i sporet som fx sveller, kørestrøm og sikringsanlæg, vil det kræve at banens broer og dæmninger flyttes eller ombygges, hvilket vil være et omfattende projekt."*

Ny bane på Vestfyn er ifølge VVM projekteret med tracé, der kun er forberedt for 265/285 km/t. I forbindelse med den såkaldte kombinationsløsning blev imidlertid en 300 km/t løsning fremlagt. Så for den østlige del af den nu valgte nordlige linjeføring, findes således allerede en VVM for 300 km/t.

Vejle fjord

Alle linjeføringer for landanlæg i umiddelbar forbindelse med selve **broen** over Vejle Fjord er kun forberedt med en tracé for 250 km/t, og det er i VVM undersøgelsen side 25 anført at: *"Det vil have store økonomiske konsekvenser at tilpasse sporgeometrien på land til 300 km/t,"*

For løsningen med **tunnel** under Vejle Fjord er det i forbindelse med VVM end ikke undersøgt om den vil være forberedt for 300 km/t, idet der i det tekniske notat til VVM undersøgelsen er anført: *"Linjeføringen er ikke screenet for en opgradering til 300 km/t"*. Det er imidlertid tydeligt at traceen i sig selv ikke er nogen hindring for opgradering til 300 km/t. Men tunnelåbningerne skal måske modificeres. Der anvendes slab track, så det er næsten omkostningsfrit at anlægge selve tunnelen for 300 km/t

Ny Lillebæltsbro

I Vejdirektoratet og Trafikstyrelsens strategiske analyse "LILLEBÆLT - NY BANE OG VEJFORBINDELSE" planlægges banen anlagt for drift ved 250 km/t, men trace forberedt for 300 km/t.

I VVM for ny bane Hovedgård-Hasselager anføres at banen vil være forberedt for 300 km/t. Banedanmark har i øvrigt oplyst at *"Tracé, dæmning, broer og tunneler er under hensyntagen til tekniske, miljømæssige og økonomiske forhold i videst muligt omfang forberedt til 300 km/t."*

På Kattegatforbindelsen har der indtil og med februar 2018 været planlagt med drift ved 300 km/t jf. *"Genberegninger af en fast forbindelse over Kattegat Strategisk analyse Rapport 583 – 2018"*. Køretime 0:58. Men i *"En fast forbindelse over Kattegat - Strategisk analyse af en ren vejforbindelse samt en kombineret vej- og jernbaneforbindelse Rapport 594 – 2018"* af december 2018 blev drift hastigheden for hele den 142 km lange strækningen sat til 250 km/t og traceen ikke forberedt for 300 km/t.

I "INDLEDENDE LINJEFØRINGSOVERVEJELSER FOR EN KATTEGATFORBINDELSE" af marts 2020 forudsættes banen på land anlagt for drift ved 250 km/t traceret for 300 km/t, mens kyst til kyst forbindelsen nu kun anlægges og tracers for 200 km/t.

15. Appendiks 2. Timemodellen kan gennemføres med DSBs Fremtidens Tog ved 200 km/t

15.1. Baggrund

Af dansk folkepartis tidligere transportordfører, Kim Christiansens gentagne udtalelser til dagspressen har man kunnet få det indtryk at DSB er nødt til at indkøbe højhastighedstog (230-250 km/t) for at køre efter timemodellen. Der foreligger imidlertid en anden løsning, nemlig at anlægge en ny bane udenom Horsens. Ny bane udenom Horsene vil samtidig være første del af projektet Odense-Aarhus på 45 minutter.

15.2. København-Odense

I beslutningsgrundlaget for hastighedsopgradering Ringsted-Odense indgår at hastighedsopgradere storebæltstunnelen og 45 km på land af strækningen Ringsted-Odense, i stedet for som oprindeligt planlagt at opgradere Storebæltstunnelen, Vestbroen og en 4 km strækning vest for Ringsted. Opgradering af 45 km i stedet for 4 km giver 1,4 minuts ekstra køretidsreduktion. I beslutningsgrundlaget er hastigheden gennem både Slagelse og Sorø desuden forøget mere end oprindeligt forudsat for at opfylde Timemodellen. Dette udkompenserer antageligvis mere end rigeligt at Vestbroen ikke opgraderes. Groft kan den samlede ekstra rejsetidsbesparelse i forhold til behovet for at opfylde Togfonden/timemodellen estimeres til omkring 2 minutter.

DSB har tidligere beregnet at et fjerntog (200 km/t) skal bruge 1 minut og 51 sekunder mere end et højhastighedstog (250 km/t) på at køre København-Odense. (DSB Fremtidens Tog – 2014 – side 33). Hvilket således ret præcist svarer til den ekstra rejsetidsbesparelse Banedanmark kommer til at opnå med projektet "Hastighedsopgradering Ringsted-Odense.

Med hastighedsopgraderingen Ringsted-Odense, kan Timemodellen derfor uden videre opfyldes på strækningen København-Odense med tog, der har en maksimal hastighed på 200 km/t. Men udfletningen/omfartsbanen ved Ringsted skal naturligvis anlægges, således som forudsat i Togfonden.

15.3. Odense-Aarhus

For denne strækning har DSB beregnet at et tog der kører 200 km/t skal bruge 2 minutter og 9 sekunder mere end et tog der kører 250 km/t.

Tilsvarende er i Togfonden DK side 63 anført at et fjerntog har en køretid på 56,3 minutter, altså kun 1,3 minut mere end nødvendigt for at opfylde timemodellens krav om 55 minutters køretid på denne strækning.

For at betjene strækningen efter timemodel med fjerntog behøves således en køretidsreduktion på 1,3-2,2 minutter. Det vil derfor være nødvendigt at foretage ekstra hastighedsopgraderinger.

Banedanmark har allerede i "Beslutningsgrundlag for hastighedsopgradering Fredericia-Aarhus maj 2017" re-budgetteret og udvidet hastighedsopgraderingen med en ekstra køretidsbesparelse ved at øge hastighedsopgraderingen Fredericia- Børkop (150 km/t), Børkop-Vejle fjord (250 km/t) og Daugård-Løsning (250 km/t). Den ekstra køretidsbesparelse er dog ganske beskeden ved 200 km/t, antageligvis mindre end 0,5 minutter.

Der udestår således et behov for køretidsbesparelse i størrelsesordenen 2 minutter. Anlægges en 6 km lang ny bane udenom Horsens, kan køretiden reduceres med 2,2 minutter ved 250 km/t. Ved 200 km/t vil besparelsen kun være 1,8 minut.

Ny bane udenom Horsens er beregnet til at koste 1,9 mia. kr. (Togfonden DK side 63, inkl. 50% NAB tillæg, 2013 priser). I 2020 priser således omkring 2,2 mia. kr. - Anlægges banen straks for 300 km/t vil det koste yderligere ca. 35 mio. kr. pr. km. (Budgetpriser i Appendiks 3). I alt 2,4 mia. kr. Denne løsning har den store fordel, at den også er første del af projekt København-Odense-Aarhus på 2 x 45 minutter.

15.4. Aarhus-Aalborg

Da der mellem Aarhus og Aalborg ikke vil forekomme strækninger som tillader mere end 200 km/t, vil DSB's nye tog uden videre kunne køre efter timemodellen på denne strækning.

15.5. Odense-Esbjerg

Ifølge Togfonden DK side 63 kan timemodellen uden videre opfyldes på denne strækning med tog der kører 200 km/t.

15.6. Hastighedsopgradering kontra anskaffelse af højhastighedstog

Højhastighedstog (250 km/t) er af DSB vurderet til at koste 35% mere i anskaffelse end fjerntog (200 km/t), mens vedligehold er estimeret til at være næsten dobbelt så dyr. (DSB Fremtidens tog – 2014 – side 31). Alene ekstra udgiften til at anskaffe højhastighedstog frem for fjerntog vil således være omkring 1,25 mia. kr. (50 togsæt á 100 mio. kr. pr. stk. i stedet for 75 mio. kr. pr. stk.).

DSB har ligeledes beregnet at det vil koste 300-400 mio. kr. pr.år ekstra at indkøbe og anvende højhastighedstog.

Som beregnet ovenfor kan timemodellen implementeres med fjerntog ved 200 km/t for en anlægsudgift på 2,3 mia. kr. (Ny bane udenom Horsens). Da anvendelsen af fjerntog frem for højhastighedstog giver en årlig besparelse på 3-400 mio.kr vil timemodel med DSBs Fremtidens Tog ved 200 km/t således være "selvfinansierende".

Som anført i indledningen til nærværende notat er der sket en markant udvikling af kørende materiel, med kraftigt faldende priser for højhastighedsmateriel til følge. Det er således ret usikkert om DSB's beregninger fra 2014 er gældende i dag, og dermed om der overhovedet er tale om "selvfinansiering".

16. Appendiks 3 – Budget priser

16.1. Ny-anlæg af jernbane for 300 km/t. 175 mio. kr./km

Prisen for at anlægge nye jernbaner til 300 km/t kan estimeres ud fra ”Genberegninger af en fast forbindelse over Kattegat”. Her er anført at de 70 km Lejre-Røsnæs vil koste $3,8+8,3 = 12,1$ mia. kr. at anlægge, svarende til ca. 175 mio. kr. pr. km. (Inklusive 50% NAB).

16.2. Anlæg af jernbane for 300 i stedet for 250 km/t. 13 mio. kr./km

Ny bane over Vestfyn anlægges for 250 km/t og koster 140 mio.kr. pr. km. Inklusive 30% NAB. Omregnes til at indeholde 50% NAB vil prisen være 162 mio. kr. Baner for 300 km/t er ovenfor beregnet til 175 mio. kr. pr. km. inkl. 50% NAB. Prisforskellen er 13 mio. kr. pr. km. svarende til 8% ekstra. Hermed haves et ”høker” estimat af, hvad det koster ekstra at anlægge en jernbane for 300 km/t frem for 250 km/t.

Reality check 1

Et reality check på denne beregning kan findes i figur 5 i nedenstående EU rapport *). Af figuren fremgår at omkostningen til at anlægge en højhastighedsbaner for passagertrafik ved 300 km/t har index 91%, mens 250 km/t har indeks 87%. Svarende til at det koster ca. 4,6% mere at anlægge for 300 km/t. Da forudsætningerne for rapporten ikke kendt fastholdes de 8% konservativt.

Reality check 2

En svensk artikel **) baseret på Trafikverkets modeller viser at det vil koste ca. 9% mere at anlægge jernbaner for 300 km/t frem for 250 km/t.

300 km/t kræver en mere ret linjeføring. Dette må antages at medføre behov for flere (dyre) tunneler og dæmninger i Sverige end i Danmark. Det må derfor være rimeligt at antage at ekstra omkostningen ved at anlægge for 300 km/t i Danmark er lavere end i Sverige.

Det kan dermed bekræftes at 8% må være et godt estimat for, hvad det vil koste ekstra i Danmark.

*) EU rapport: ”A European high-speed rail network: not a reality but an ineffective patchwork”
<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/high-speed-rail-19-2018/en/>

**) Svensk artikel: Nya stambanor för 205 miljarder?
<https://jarnvagar.nu/nya-stambanor-for-205-miljarder-kr/>

17. Appendiks 4

København-Odense 13 minutter hurtigere - beregninger

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
a. København-Kværkeby 250 km/t i stedet for 200 km/t	49 km	2,9 min.	0 kr
b. Sydlig omfartsbane Ringsted 300 km/t	15 km	1,9 min.	0 kr.
c. Ny bane Ringsted-Korsør(Vemmelev) 300 km/t	31 km	4,5 min.	5,4 mia. kr
d. Opgr. Vemmelev-Korsør-Nyborg gennemsnit 240km/t	30 km	2,0 min.	2 mia. kr.
e. Nyborg-Odense 250 km/t i stedet for 200 km/t	20 km	1,2 min.	1,8 mia. kr.
f. Reduceret køretidstillæg 8% af 12 minutter	-	1,0 min.	0 kr
	I alt	13,5 min.	9,2 mia. kr. inkl. 50%NAB

a) København-Kværkeby

Af appendiks 2 fremgår at der kan køres København-Odense på 58 minutter med 200 km/t, når timemodellen/Togfonden er implementeret. Når materiel for 250 km/t indsættes kan rejsetiden derfor reduceres yderligere. Banen København-Ringsted er allerede anlagt for 250 km/t og det koster derfor intet at udnytte denne hastighed.

Da der ikke kan køres med maksimal hastighed de første km fra København H, er der ikke beregnet køretidsbesparelse for de første 5 km. Køretid for de resterende 49 km ved 200 km/t er 14,7 minut, ved 250 km/t er den 11,8 minut. Differens 2,9 minut.

b. Sydlig omfartsbane Ringsted 300 km/t

Banedanmark har i forbindelse med en høring bl.a. foreslået at der anlægges en 22 km lang ny omfartsbane ved Ringsted. Banen foreslås at starte i Kværkeby og slutte i Sorø. Banen bør imidlertid ikke tilkøbes den gamle bane i Sorø, som foreslået af Banedanmark, men i stedet i Fjenneslev, hvor også Kattegatforbindelsen skal tilsluttes. Banen bliver da kun 15 km. lang. Detaljer findes i appendiks 7.

15 km ny bane Kværkeby-Fjenneslev for 300 km/t i stedet for 200 km/t gennem Ringsted (som forudsat i Togfonden) giver en køretidsbesparelse på 1,5 minut. Omfartsbanen udenom Ringsted er 1 km længere end gennem Ringsted og det tager således 0,2 minut længere. Den samlet besparelse er da på 1,3 minut.

Togfonden/Timemodellen synes ikke at forudsætte en niveaufri udflætning i Ringsted. Så også efter Timemodellen er implementeret er der inkluderet køretidstillæg for krydsende trafik i Ringsted. Omfartsbanen fjerner 0,4 minuts middelforsinkelse (24 sekunder jf. side 34 i "Sammenligningsnotat – Udflætning og hastighedsopgraderinger ved Ringsted", Banedanmark). Det må være rimeligt at antage at køretidstillægget for krydsende trafik er lidt større end middelforsinkelsen, og antages derfor at være 0,6 minut.

Det samlede estimat for tidsbesparelsen er derfor $1,3 + 0,6 = 1,9$ minut.

Af appendiks 3 fremgår at nye baner for 300 km/t koster ca. 175 mio. kr. pr. km. inkl. 50% NAB at anlægge. Budgettet for den 15 km lange ny bane udenom Ringsted er derfor 2,6 mia. kr. inkl. 50% NAB.

Da omfartsbanen allerede er under analyse hos Banedanmark, som et alternativ til en niveaufri udflætning i Ringsted, forudsættes i dette notat at omfartsbanen bliver finansieret i forbindelse med færdiggørelsen af Togfonden/timemodellen. Bemærk også at det forudsættes at banen anlægges for 300 km/t, så der ikke skal skaffes ekstra finansiering til at den anlægges for 300 i stedet for 250 km/t.

c. Ny bane Ringsted-Korsør(Vemmelev) 300 km/t

31 km ny bane udenom Slagelse (Fjenneslev Syd-Vemmelev) anlægges for 300 km/t. Det antages at gennemsnitshastigheden på den gamle bane er 185 km/t (efter Togfond-projektet Hastighedsopgradering Ringsted-Odense er gennemført), idet der er flere skarpe kurver omkring Slagelse. (Jf. Beslutningsgrundlag, Oversigtsrapport, september 2016, Hastighedsopgradering Ringsted-Odense anden figur i afsnit 1.2.) Køretid for 31 km ved 185 km/t er 10,1 minut, ved 300 km/t er køretiden 6,2 minut. Differens 3,9 minut. Hertil kommer at den nye bane vil være 3 km kortere og dermed spares yderligere 0,6 minut. I alt spares således 4,5 minutter.

Ny bane Ringsted-Korsør (Vemmelev) vil være 31 km lang og med en anlægsudgift på 175 mio. kr. pr. km. svarer det til 5,4 mia. kr.

d. Opgradering af Vemmelev-Korsør-Nyborg til gennemsnit 240km/t

På den 30 km lange strækningen Vemmelev-Korsør-Storebælt-Nyborg kan en række opgraderinger foretages. Hastigheden Vemmelev-Storebælt kan øges til 250 km/t. Hastigheden i tunnelen kan antageligvis også øges til 250 km/t, hvis portalerne ændres. Ved udskiftning af kørestrøms-anlægget på vestbroen kan hastigheden her øges fra de nuværende 180 km/t. Hastigheden gennem Nyborg station kan øges. Det antages at gennemsnitshastigheden på strækningen efter Togfond-projekterne er gennemsnitlig 190 km/t og at den kan øges til gennemsnitlig 240 km/t. Herved kan 2,0 minut spares.

I mangel af detaljeret viden antages konservativt at den samlede opgraderingen koster 2 mia. kr. svarende til 1 mia. kr. pr. sparet minut.

e. Nyborg-Odense 250 km/t i stedet for 200 km/t

Nyborg-Odense opgraderes til 200 km/t ifbm. Togfondens projekt "hastighedsopgradering Ringsted-Odense".

Strækning Nyborg-Odense er relativt lige, og 20 km af strækningens i alt 28 km kan derfor relativt billigt opgraderes fra 200 til 250 km/t. De sidste 8 km før Odense opgraderes ikke. Køretidsbesparelsen er da 1,2 minut.

Et estimat af udgiften til at opgradere eksisterende baner fra 200 km/t til 250 km/t kan findes ud fra tabellen side 10 i "Beslutningsgrundlag Hastighedsopgradering Fredericia-Aarhus", idet de i alt 10 km bane Børkop-Vejle Fjord og Vejle Fjord-Løsning skal opgraderes fra 170-180 km/t til 250 km/t. Ud fra tabellen kan dette beregnes til at koste 868 mio. kr., svarende til 87 mio. kr. pr. km. inkl. 30% NAB. Heri er imidlertid inkluderet hele udgiften Pjedsted-Børkop-Brejning og Daugaard-Hedensted-Hatting, hvorfor udgiften må være lavere. På den anden side set er der kun tillagt 30% NAB. Et groft estimat inklusiv 50% NAB sættes derfor til 90 mio. kr. pr.km.

Opgradering af de 20 km bane Nyborg-Odens for 90 mio. kr. pr. km. koster således i alt 1,8 mia. kr.

f. Reduceret køretidstillæg 8% af 12 minutter

Et normalt køretidstillæg er ca. 8%. 12 minutters køretidsbesparelse udløse dermed en reduktion på 8% af 12 minutter svarende til 1,0 minut. Køretidstillægget kan måske reduceres yderligere, da superlyn på den nye bane Sorø-Vemmelev ikke skal flette med regionaltrafik og godstog. Men i mangel af data herfor er dette ikke indregnet.

Alternativ hastighedsopgradering

En alternativ køretidsbesparelse kan opnås ved hastighedsopgradering af København-Køge-Ringsted. Se afsnittet om København-Aarhus-Aalborg på 2 timer via Kattegat, hvor det forudsættes at der kan opnås 1,8 minuts rejsetidsbesparelse ved at opgradere København-Køge-Ringsted til højere hastighed end 250 km/t. Implementeres denne hastighedsopgradering vil hastighedsopgraderingen af Østfyn til 250 km/t kunne undværes. Og/eller der kan foretage en mindre og dermed billigere opgradering af Storebæltsforbindelsen.

18. Appendiks 5 Odense-Aarhus 17 minutter hurtigere - beregninger

Beskrivelse	Længde	Tid	Budget inkl. 50% NAB
a. Ny bane udenom Horsens 300 km/t	6 km	2,4 min.	2,3 mia. kr.
b. Odense-Nørre Åby 275 km/t i stedet for 250 km/t	35 km	0,8 min.	0,5 mia. kr.
c. Ny Lillebæltsbro med jernbane Nørre Åby-Brejning 300 km/t	-	11,3 min.	10,6 mia. kr.
d. Brejning - Løsning 300 i stedet for 250 km/t	15 km	0,5 min.	0,2 mia. kr.
e. Hovedgård –Hasselager 300 i stedet for 250 km/t	22 km	0,8 min.	0,3 mia. kr.
f. Reduceret køretidstillæg 8% af 15,8 minutter		1,3 min.	.
	I alt	17,1 min.	10,6 + 3,3 mia. kr

a) Ny bane udenom Horsens

Anlægges en 6 km lang ny bane udenom Horsens, kan køretiden reduceres med 2,4 minutter ved 300 km/t. (Togfonden DK side 63).

Ny bane for 250 km/t udenom Horsens er beregnet til at koste 1,9 mia. kr. (Togfonden DK side 63, inkl. 50% NAB tillæg, 2013 priser). I 2020 priser (+2% pa.) således omkring 2,2 mia. kr., hvilket er en ret høj pris pr. kilometer, men skyldes at der er meget blødbund i området. - Anlægges banen straks for 300 km/t vil det koste yderligere ca. 13 mio. kr. pr. km. svarende til 0,1 mia. kr. (se budgetpriser i appendiks 3). I alt 2,3 mia. kr.

b) Fra 250 til 275 km/t på strækningen Odense-Nørre Åby

Den nye bane over Vestfyn anvendes ved 250 km/t for at opnå timemodellen.

Banen er desværre planlagt med tracé for kun delvist 265 og delvist 285 km/t. En rejsetidsbesparelse kan således opnås ved opgradering til delvis 265, delvis 285 km/t. Det antages at gennemsnitshastigheden kan hæves fra 250 til 275 km/t. Rejsetidsbesparelsen for de 35 km bane er da 0,8 minut.

Hvis Odense-Nørre Åby fra begyndelsen anlægges for 265/285 km/t i stedet for 250 km/t vil prisen være $35 \text{ km} * 13 \text{ mio. kr./km} = 0,46 \text{ mia. kr.}$ - Bemærk at det her forudsættes at koste det samme at øge hastigheden til 265/285 km/t som at øge hastigheden til 300 km/t, idet der antageligvis ikke er nogen som helst prisforskel, da det ikke vil være økonomisk optimalt at skulle udarbejde standarder for 285 km/t, når man alligevel skal udarbejde en standard for 300 km/t. - Havde hastigheden kunnet øges til 300 km/t, ville rejsetidsreduktionen have været 1,4 minut i stedet for 0,8 minut. Hvis ny bane på Vestfyn havde været traceret for 300 km/t, kunne dermed have været sparet 0,6 minut uden at det ville koste noget som helst. Hermed kunne have været sparet penge på opgraderinger andre steder. Der er således tale om et markant samfundsøkonomisk spil af penge at Odense-Nørre Åby i VVM kun er forberedt for 265/285 km/t.

Samfundsøkonomisk set burde en ny VVM udarbejdes, så banen kan blive anlagt for 300 km/t. Der er allerede udarbejdet VVM for den østlige halvdel af strækningen i forbindelse med den såkaldte kombinationsløsning.

c) Ny Lillebæltsbro med jernbane Nørre Åby-Brejning. 300 km/t

For en ny Lillebæltsbro med tilhørende bane til Pjedsted er tidsbesparelsen ved 300 km/t 11 minutter.

Dette ses af side 32 i Transportministeriets strategiske analyse "LILLEBÆLT - NY BANE OG VEJFORBINDELSE" tabel 6.1 idet rejsetiden er Odense-Aarhus er 55 minutter (med 250 km/t materiel) før anlæg af ny Lillebæltsbro og 44 minutter for 300 km/t efter anlæg af ny Lillebæltsbro frem til Pjedsted.

Hertil kommer en yderligere tidsbesparelse ved at banen føres 7 km længere frem til Brejning/Vejle Fjord i stedet for Pjedsted. Hermed kan køres 300 km/t i stedet for (højest) 200 km/t over en 7 km strækning, svarende til 0,7 minut. Banen er dog 2 km. længere, hvilket "koster" 0,4 minut, og dermed opnås netto 0,3 minut. Samlet tidsbesparelse er da 11,3 minut.

Omkostningen kan findes i Transportministeriets strategiske analyse "LILLEBÆLT - NY BANE OG VEJFORBINDELSE" med 2013 priser inklusiv 50% tillæg NAB og uden brugerfinansiering: Udgiften ved at opføre en ren jernbaneforbindelse er side 41 beregnet til 8,9 mia. kr. for tilslutning ved Pjedsted. Ekstra prisen for i stedet at føre jernbanen frem til Brejning kan findes af forskellen på anlægsbudgettet i tabel 8.1 og 8.2 dvs. $14,89 - 13,25 = 1,6$ mia. kr.

Men da anlægget af forbindelsen udløses af at det er bilisterne, der har behov for den, kan man evt. fratrækkes besparelsen ved at anlægge forbindelsen som en kombineret bro frem for 2 separate broer. Denne besparelse er side 41 opgjort til 1,2 mia. kr. Jernbanens andel af budgettet for den kombineret forbindelse kan derved beregnes til $8,9 + 1,6 - 1,2 = 9,3$ mia. kr. Fremskrevet med 2% pa. til 2020 priser findes budgettet at være 10,6 mia. kr.

d) Brejning-Løsning

Hvis man fra begyndelse anlægger Brejning-Løsning for 300 km/t vil merprisen kun være 13 mio.kr./km og ekstra udgiften for de 15 km er da kun 0,2 mia. kr. Da der under alle omstændigheder anvendes slab track i tunnelen, er det næsten omkostningsfrit at anlægge denne for 300 km/t. For at være konservativ beholdes dog estimatet på 0,2 mia. kr. for hele strækningen Brejning-Løsning.

Rejsetidsbesparelsen er ved en umiddelbar beregning 0,6 minut. Dog støder banen op til en langsommere bane i Løsning, hvorfor der fratrækkes 0,1 minut jf. appendiks 11. Netto således 0,5 minut.

Det antages i øvrigt at Banedanmark allerede har forberedt linjeføringen for strækningen Børkop-Vejle Fjord og Vejle Fjord-Løsning for 300 km/t, i forbindelse med den allerede planlagte hastighedsopgradering til 250 km/t i forbindelse med togfondens fase 2.

Desuden forudsættes at ny bane over Vejle fjord bliver en tunnel for 300 km/t, idet ingen af de analyserede linjeføringer for broer over Vejle Fjord ifølge VVM er forberedt for opgradering til 300 km/t.

e) Hovedgård-Hasselager

Opgraderes den 22 km lange strækning fra 250 til 300 km/t kan spares 0,9 minut, dog skal der nu accelereres og nedbremses til 300 i stedet for 250 km/t, hvilket koster 0,1 minut jf. appendiks 11. Netto således 0,8 minut.

Hvis man fra begyndelse anlægger Hovedgård-Hasselager for 300 km/t vil merprisen kun være 13 mio.kr./km og ekstra udgiften for de 22 km er da kun 0,3 mia. kr. (Se budgetpriser i appendiks 3).

f) Køretid

Køretiden er reduceret med 15,8 minutter (punkt a-e). Hvis køretidstillægget er 8% kan køreplanstiden således reducere med 8% af 15,8 minutter svarende til yderligere 1,3 minutter. Køretidstillægget kan sandsynligvis reduceres markant mere, da de nye baner betyder at superlyn ikke skal flettes med lokaltrafik og godstog.

Det er dog uklart om reduceret køretid allerede er medregnet fsva. de 11 minutter der spares ved en ny Lillebæltsbro. Til gengæld er den beregning baseret på et tog med meget dårlig acceleration (Velaro), hvor det forventede superlyn for 300 km/t vil have markant bedre accelerationsegenskaber (appendiks 11). Disse to effekter antages i mangel af bedre data at udligne hinanden.

19. Appendiks 6 - København-Aarhus på 55 minutter - beregninger

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
a. Kattegatbane på land 300 km/t i stedet for 250 km/t	85+7 km	5 min.	1,2 mia. kr
b. Realistisk køretidstillæg 8% i stedet for 10%		1,3 min.	0 kr.
c. Valg af sænketunnel i stedet for bro		-	0 eller 2,5-5,1 mia. kr.
d. Kyst-Kyst 300 km/t i stedet for 200 km/t	46 km	4,5 min.	1,4 mia. kr.
e. Omfartsbane syd om Ringsted	15 km	1,8 min.	*)
f. Hastighedsopgradering Kbh.-Køge Nord-Kværkeby	17+30 km	1,8 min.	2,5 mia. kr
g. Reduceret køretidstillæg 8% af 7,7 min.		0,6 min.	0 kr.
	I alt	15,0 min.	5,1 eller 7,6-10,2 mia.kr.

*) Omfartsbane Ringsted koster 2,6 mia. kr., men forudsættes anlagt i forbindelse med fuldførelse af timemodellen/Togfonden.

a. Kattegatbane på land 300 km/t i stedet for 250 km/t

I hovedrapporten "Indledende linjeføringsovervejelser..." side 26 tabel 5.2 angives at ved 300 km/t på land reduceres køretiden med 5 minutter til 1:05. (Hvilket umiddelbart synes at være noget optimistisk i forhold til de 1:10 ved 250 km/t). Køretiden kan dog ifølge hovedrapporten blive op til 3 minutter længere, hvis den længste af de undersøgte linjeføringer vælges. I det tilfælde vil det være nødvendigt med yderligere tiltag f.eks. at Kattegatforbindelsen og omfartsbanen ved Ringsted anlægges for 320 km/t, da der herved kan spares yderligere 1,9 minut. Desuden kan også København-Ringsted opgraderes yderligere.

Af appendiks 3 i nærværende notat fremgår en budgetpris på 13 mio. kr. pr. km. at anlægge en ny bane for 300 km/t frem for 250 km/t. Budgettet for ekstraomkostningen for de ca. 85 + 7 km på land (banen på Samsø er 7 km) er derfor 1,2 mia. kr.

Med en køretidsreduktion på 5 minutter til en pris á 1,2 mia.kr. findes at omkostningen kun er 0,24 mia. kr. pr. sparet minut. Hvilket er mindre end de fleste Togfondprojekter!

b. Realistisk køretidstillæg 8% i stedet for 10%

I hovedrapporten "Indledende linjeføringsovervejelser..." er inkluderet 10% køretidstillæg for hele banen København-Aarhus. Det er mere normal at anvende 8%, ikke mindst i betragtning af at Kattegatbanen ikke kommer til at blive særlig tæt trafikeret. Hertil kommer at anlæg af banen for 300 km/t betyder at der skal være to gennemkørselsspor på alle de nye stationer, og dermed er der overhalingsmulighed på de nye stationer i Kalundborg Nord, Samsø og Odder Nord. Trafikken kan dermed hurtigere genoprettes efter uregelmæssigheder, og behovet for køretidstillæg reduceres.

c. Valg af sænketunnel i stedet for bro Sjælland-Samsø

En skråstagsbro mellem Sjælland og Samsø er for dyr, hvis den skal anlægges med jernbane for 300 km/t. Jernbanen har derfor brug for at der anlægges en sænketunnel Sjælland-Samsø.

En sænketunnel er i 4 af de 5 fremlagte linjeføringer i "Indledende linjeføringsovervejelser..." 2,5-5,1 mia. kr. dyrere end en broløsning. Der er her set væk fra løsningen der går udenom Samsø, hvor ekstra prisen er 10,7 mia. kr. På Femern blev en sænketunnel valgt på trods af at den var dyrere end en skråstagsbro, da en tunnel ikke skal lukkes flere gange om året pga. vejrlig. Alt i alt blev en tunnel således vurderet at have en bedre økonomi end en skråstagsbro. Et analogt argument må gøre sig gældende for Kattegatforbindelsen. (Dog kan lavbroen mellem Samsø og Jylland på enkelte dage også betyde lukning af broen, men da højden er lavere her, vil det ikke være så ofte som på skråstagsbroen). I dette tilfælde "koster det ikke jernbanen noget" at vælge tunnel.

Hvis derimod den billigste løsning samlet set er en skråstagsbro, vil jernbanen "skulle betale" omkostningen for at vælge tunnelloøsningen frem for bro. Altså 2,5-5,1 mia. kr.

d. Kyst-Kyst 300 km/t i stedet for 200 km/t

Anlægges hele kyst-til kyst strækningen for 300 km/t frem for 200 km/t, giver de 46 km isoleret set en rejsetidsreduktion på 4,6 minut. Dog er 0,4 minut (24 sekunder) måske allerede medregnet i

hovedrapporten under punkt a., idet dette er den rejsetidsreduktion der i hovedrapporten angives at kunne opnås ved at banen over Samsø anlægges for en højere hastighed end 200 km/t.

Med 300 km/t på hele forbindelsen skal der ikke længere spildes tid på at bremses ned til 200 km/t før, og accelerere igen efter kyst-kyst forbindelsen. Herved spares 0,3 minut.

Den samlede køretidsreduktion bliver således $4,6-0,4+0,3 = 4,5$ minutter.

For både tunnelen og (antageligvis) broen mellem Samsø og Jylland gælder at der under alle omstændigheder vil blive anvendt slab track, og at det dermed ikke er nævneværdigt dyrere rent jernbaneteknisk at anlægge for 300 eller 320 km/t. Dog betyder den større dynamiske belastning at broen skal udføres lidt kraftigere. Dette antages at koste 5% af broens pris på 15 mia. kr., svarende til 0,75 mia. kr. Konservativt tillægges dog for hele kyst-kyst strækningen ekstraudgiften ved at anlægge for 300 km/t i stedet for 250 km/t svarende til på 13 mio. kr. pr. km. jf. appendiks 3. Udgiften til de 46 km bane er da 0,6 mia. kr. Herved er der også taget hensyn til at der kan forekomme ekstraudgifter, som følge af at linjeføringen skal have mindre skarpe kurver ved 300 km/t end ved 200 km/t.

Den samlede udgift er da $0,75+0,6=1,35$ mia. kr.

e. Omfartsbane syd om Ringsted

Banedanmark har netop foretaget en høring angående en omfartsbane ved Ringsted. Som angivet i appendiks 7 forudsættes i nærværende notat den sydlige løsning, men med tilslutning i Fjenneslev i stedet for Sorø. Banen bliver da 15 km lang (og ikke 22 km som foreslået af Banedanmark).

Anlægges den sydlige omfartsbane Kværkeby-Fjenneslev for 300 km/t reduceres køretiden med 2 minutter i forhold til at køre 180 km/t gennem Ringsted, som køretidsberegningerne i "Indledende linjeføringsovervejelser for en kattegatforbindelse" forudsætter. Omfartsbanen er imidlertid 1 km længere end gennem Ringsted, hvilket reducerer køretidsgevinsten med 0,2 minut til 1,8 minut.

Hertil kommer at der på en del af strækningen Kværkeby-Ringsted kan køres 250 km/t og ikke kun 180 km/t, hvilket yderligere reducerer gevinsten. Til gengæld spares nedbremsning og acceleration, når der kan køres niveaufrit udenom Ringsted med 300 km/t og fortsættes mod Kattegat med 300 km/t. Disse effekter antages lidt groft at udligne hinanden.

Af appendiks 3 fremgår at nye baner for 300 km/t koster ca. 175 mio. kr. pr. km. inkl. 50% NAB at anlægge. Budgettet for den 15 km lange ny bane udenom Ringsted er derfor 2,6 mia. kr. inkl. 50% NAB.

Da omfartsbanen allerede er under analyse hos Banedanmark, som et alternativ til en niveaufri udfletning i Ringsted, forudsættes omfartsbanen at blive finansieret i forbindelse med denne færdiggørelse af Togfonden/timemodellen.

f. Hastighedsopgradering København-Køge Nord-Kværkeby

Opgradering af 17 km bane Køge Nord-Kværkeby fra 250 til 300 km/t giver en besparelse på 0,7 minut. Banen er ikke anlagt i 300 km/t tracé, men er imidlertid relativt lige, hvorfor der ikke skal foretages større udretninger af banen. Det antages derfor konservativt at koste 1/3 af prisen for en ny bane dvs. 1/3 af 175 mio. kr. pr. km. svarende til 60 mio. kr./km. Hastighedsopgraderingen af de 17 km jernbane vil således koste 1,0 mia. kr.

Yderligere 1,1 minut antages at kunne opnås ved delvist hastighedsopgradering af de 30 km. bane København-Køge Nord. Prisestimat herfor 1,5 mia. kr. I alt således 1,8 minut og 2,5 mia. kr.

Alternativt og sandsynligvis billigere kan hastigheden øges til 320 km/t på hele den ca. 160 km. lange strækning Kværkeby-Hasselager. Besparelse 2,0 minutter.

g. Reduceret Køretidstillæg 8% af 8,2 min

Med reduceret køretid kan også køretidstillægget reduceres. Reduktionen af tillægget i forbindelse med punkt a) er dog uden tvivl allerede inkluderet i punkt a), hvorfor kun de 8,2 minutter i punkt d, e og f inkluderes i reduktionen.

20. Appendiks 7. Ny omfartsbane ved Ringsted

Banedanmark har i sommeren 2020 lagt et debatoplæg om "Kapacitetsudvidelse ved Ringsted" i høring. Den sydlige løsning, men med tilslutning i Fjenneslev er forudsat i nærværende notat.

Sydlig løsning - tilslutning til Kattegatbanen i Fjenneslev

Debatoplæggets sydlige løsning synes ikke at tage hensyn til en kommende Kattegatbane. Da linjeføringen for den kommende Kattegatbane, som den pt. foretrukne løsning, tilsluttes i Fjenneslev mellem Ringsted og Sorø, vil det være naturligt at lade den sydlige omfartsbane tilslutte den gamle bane samme sted i Fjenneslev. Hermed kan et udfletningsanlæg fra gammel bane til Kattegatbanen og til omfartsbanen kombineres og evt. anlægges samtidigt, med besparelser og færre gener til følge.

Ved tilslutning i Fjenneslev i stedet for Sorø opnås samtidig den fordel at en kommende ny bane Ringsted – Korsør (Vemmelev) kan føres udenom Sorø (som ellers skal opgraderes til 300 km/t). Ringsted omfartsbanen bør, hvis praktisk muligt, allerede nu forberedes for en udfletning mod Korsør, evt. bare ved over en kortere strækning at have større afstand mellem sporene, så en sideflytning ikke bliver nødvendig, når udfletningen mod Korsør skal etableres.

Ved tilslutning i Fjenneslev bliver omfartsbanen kun ca. 15 km lang og dermed kortere og billigere end Banedanmarks forslag. Rejsetiden København-Odense bliver dog i første omgang lidt længere, men det udlignes når ny bane Ringsted-Korsør anlægges.

Hastighed 300 km/t

København-Odense på 45 minutter kræve at nye banestykker anlægges for 300 km/t. Ligeledes er 300 km/t nødvendig for at opnå en køretid København-Aarhus på 55 minutter via Kattegat. Derfor bør omfartsbanen straks anlægges for 300 km/t.

Afgreningen mod Femern bør anlægges for 300 km/t af hensyn til et evt. kommende langsigtet målet om København-Hamburg på 2 timer. Ikke mindst fordi det må forudses at SJ vil ønske at køre med 320 km/t materiel Stockholm-Ny Ellebjerg-Hamburg. Bemærk også at projektet København-Aarhus på 55 minutter forudsætter hastighedsopgradering af Køge Nord-Kværkeby til 300 km/t. Afgreningen mod Femern vil derfor i fremtiden være en forlængelse af et banestykke med denne hastighed.

Projektet "Kapacitetsudvidelse i Ringsted" bliver det første projekt for 300 km/t i Danmark, og kommer derfor til at skulle fastlægge normer herfor. Projektet vil dermed kunne undersøge, hvad det koster mere at anlægge nye baner for 300 km/t frem for 250 km/t, og fremlægge resultatet heraf for politikerne, så det blive dem der forholder sig til fremtiden for jernbanen.

Nordlig omfartsbane er kortsigtet og for dyr på lang sigt

Banedanmark har også foreslået en mindre optimal trafikløsning bestående af en ca. 16 km. lang omfartsbane nord om Ringsted. Denne tilsluttes i Fjenneslev, og vil derfor umiddelbart kunne tilsluttes Kattegatbanen, om end udfletningen ikke umiddelbart synes at være optimal for en 300 km/t tracé mellem retningerne Kattegatbanen og Køge, da det medfører en lang kurve. Den nordlige omfartsbane vil desuden gøre en kommende nye bane Fjenneslev-Vemmelev adskillige km længere end den sydlige omfartsbane og kræve en kompliceret og dermed dyr udfletning i Fjenneslev. I forbindelse med projektet København-Odense på 45 minutter er opnåelse af de sidste minutters rejsetidsbesparelse kostbar (omkring 1,5 mia. kr. pr. sparet minut). En forlængelse af banen København-Odense, som den nordlige omfartsbane medfører, vil derfor kræve yderligere særdeles kostbare opgraderinger andre steder for stadig at kunne nå målet om en rejsetid på 45 minutter.

Da den nordlige og den med tilslutning i Fjenneslev sydlige omfartsbane er ca. lige lange vil de alt andet lige være lige dyre (når bortses fra den sydlige omfartsbanes afgrening mod Femern). Den sydlige omfartsbane er derfor alt i alt langt at foretrække og vil i det lange løb være både bedst og billigst.

Østlig og vestlig udfletning er kortsigtede og for dyre på lang sigt

Da det ikke er muligt indenfor et rimeligt budget at anlægge 2 gennemkørselsspor for 300 km/t uden perron gennem Ringsted, er udfletninger øst og/eller vest for Ringsted kortsigtede løsninger, som besværliggør muligheden for at opnå København-Odense på 45 minutter og København-Aarhus på 55 minutter. Disse løsninger vil derfor indirekte medføre betydelige ekstra milliard udgifter andre steder.

21. Appendiks 8 Odense-Esbjerg - beregninger

21.1. Superlyn stop i Erritsø-Kolding-Vejen-Bramming - beregninger

Beskrivelse	Længde	Tid	Budget inkl. 50% NAB
a. Ny Lillebæltsbro og 300 km/t materiel (Velaro)	-	6,3 min.	0 kr
b. Ny station i Erritsø	-	-	0,1 mia. kr.
	I alt	6,3 min.	0,1 mia. kr.

a. Ny Lillebæltsbro og 300 km/t materiel

Af "Lillebælt – Ny bane og vejforbindelse, Strategisk analyse, 2013" fremgår af tabel 6.2 at en ny Lillebæltsbro kombineret med 300 km/t materiel vil reducere rejsetiden med 7 minutter (fra 60 til 53. Det er åbenlyst at tiderne i den strategiske analyse må være +/- 1 minut, men i mangel af bedre præcision anvendes disse tal). Imidlertid er VVM for ny bane på Vestfyn pt. kun forberedt for 265/285 km/t og der mistes derfor ca. 0,7 minut. Netto bliver besparelsen så 6,3 minutter.

Da behovet for den nye Lillebæltsbro vil blive udløst af at bil-trafikken når den kritiske grænse, kan man i nærværende sammenhæng tillade sig at betragte den som omkostningsfri.

Ad b) Ny station i Erritsø

Strækningshastigheden ved en ny station i Erritsø må forventes at være højere end 200 km/t og dermed "koste" lidt mere end 2 minutters køretid. Til gengæld er der forudsat svagt motoriseret Velaro materiel, hvilket er urealistisk sløvt i vore dage, jf. appendiks 11. Disse to effekter antages derfor at udligne hinanden.

Prisen for at opføre en ny station i Kalundborg Øst hhv. Jerne ved Esbjerg har været mindre end 100 mio. kr. pr. stk. Udgiften for at anlægge en ny station i Erritsø samtidig med anlæg af den nye Lillebæltsbro med tilhørende bane sættes derfor til 0,1 mia. kr.

21.2. Odense-Esbjerg på 55 minutter stop i Erritsø, Kolding, Vejen, Bramming

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
c. Lunderskov-Esbjerg opgradering til 200 km/t mm.		5-6 min.	2,2 mia. kr

c. Lunderskov-Esbjerg opgradering til 200 km/t mm.

Togfonden DK side 71. "Opgradering af banen Lunderskov-Esbjerg (C2) Strækningen opgraderes fra 180 km/t til 200 km/t, og en række kurver i og udenfor byområder, hvor der i dag køres ned mod 120 km/t, rettes ud. Opgraderingerne koster 1,9 mia. kr. og vil give 5-6 minutters rejsetidsbesparelse." - Korrigeres med +2 % pa. findes prisen i 2020 kr. at være 2,2 mia. kr.

21.3. Odense-Esbjerg på 45 minutter - beregninger

De nødvendige 15 minutters køretidsreduktion kan opnås med de 11,3-12,3 minut opnået i afsnit 20.1 og 20.2 ovenfor. De manglende 2,7-3,7 minut kan opnås således

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
d. Opgradering af Lillebælt-Kolding-Lunderskov		0,5 min.	0,3 mia. kr.
e. Opgradering til mere end 200 km/t		3 min.	1,5 mia. kr.
	I alt	3,5 min.	1,8 mia. kr.

d) Opgradering af Lillebælt-Kolding-Lunderskov

Togfonden DK side 70: "Opgradering af Lillebælt-Kolding-Lunderskov (C1) En delstrækning opgraderes fra 140 km/t til 150-160 km/t, derudover er der begrænsede muligheder for længere sammenhængende strækninger, der vil kunne opgraderes fra de nuværende 160 km/t, uden større konsekvenser for omliggende byområder. Opgraderingerne koster 300 mio. kr. og vil give op imod ½ minuts rejsetidsbesparelse.". Korrigeres med +2 % pa. findes prisen i 2020 at være 0,34 mia. kr.

e) Opgradering til mere end 200 km/t

Hastighedsopgradering til mere end 200 km/t. Analogt med optionen for ekstra hastighedsopgradering Randers-Hobro (0,5 mia. kr. for 1 minut), antages det at koste 0,5 mia. kr. pr. minut, idet opgraderingen også her er et tillæg til en i forvejen planlagt opgradering (punkt c.), og således kan foretages samtidigt. 2 minutter koster således 1 mia. kr.

Med en samlet udgift på 1,8 mia. kr. for 3,5 minutters rejsetidsbesparelse bliver udgiftsindikatoren så høj som 15,6 kr./minut/passager.

22. Appendiks 9 Aarhus-Herning-Holstebro – Beregninger

22.1. Elektrificering eller batteritog

Hvis Kattegatlyn skal fortsætte til Herning/Holstebro skulle man umiddelbart tro at strækningen Aarhus-Herning/Holstebro skal elektrificeres, hvilket vil koste omkring 2 mia. kr. (1,3 mia. kr. for Aarhus-Herning ifølge forundersøgelsen af Ny bane Aarhus-Silkeborg og ca. 0,7 mia. kr. for Herning-Holstebro).

Imidlertid falder prisen på batterier markant i disse år (-15% pa.), samtidig med at de fylder og vejer mindre og mindre. Allerede i dag kan f.eks. Bombardiers 250 km/t "ZEFIRO Express" leveres med batterier, så det kan køre 100 km uden køreledning.

Med rimelighed kan det derfor forventes at Kattegatlyn (300 km/t) om 15 år vil kunne leveres med batterier, så der kan køres Aarhus-Holstebro uden el-ledninger.

22.2. Rejsetider og budget – Aarhus-Holstebro på 1 time

Strækning/station	"I dag" rejse- planen	Ny bane Aarhus-Silkeborg 160km/t 250km/t		Regionale opgraderinger og færre stop	Batteritog	Yderligere regio- nale opgraderinger Kortere stop	km/t
Aarhus-Silkeborg 43 km	41	22	19	-	18,5	18	143
Ophold Silkeborg st.	1	-	-	-	-	0,5	
Silkeborg-Herning 41 km	34	-	-	25	23,5	19,5	126
Ophold Herning st.	1	-	-	-	-	0,5	
Herning-Holstebro 41 km	35	-	-	22	21	20	123
Stop på Gødstrup st.	1,5	-	-	-	-	1,5	
I alt	1:53½					1:00	

Rejseplanen 1 time 53½ minut

Rejsetiderne for de 3 delstrækninger Aarhus-Silkeborg, Silkeborg-Herning og Herning-Holstebro er fundet oktober 2020 på rejseplanen med hurtigste forbindelse, tillagt et tidstab på 1,5 minut ved at standse på en fremtidig Gødstrup st. Herved fremkommer en teoretisk rejsetid for en direkte forbindelse Aarhus-Silkeborg-Ikast-Herning-Gødstrup-Holstebro med dagens bane og materiel.

Beskrivelse	Længde	Tid sparet	Budget inkl. 50% NAB
a. Ny dobbeltsporet bane Aarhus-Silkeborg 160 km/t	29 km	19 min.	3,4 mia. kr.
b. Aarhus-Silkeborg 250 km/t i stedet for 160 km/t	25 km	3 min.	0,7 mia. kr.
c. Regionale hastighedsopgraderinger og færre stop		22 min.	"Togfonden"
d. Batteri-tog i stedet for diesel-tog		3 min.	0 kr.
e. Yderligere hastighedsopgraderinger 160 km/t og kortere stop		6,5 min.	0,6 mia. kr.
f. Andre udgifter		-	0,3 mia. kr.
	i alt	53,5 min.	3,4 + 1,6 mia.kr.

a) Ny bane Aarhus-Silkeborg 160 km/t

I Trafikstyrelsens forundersøgelse fra 2016 er beregnede at det vil koste 3,1 mia.kr. inkl. 50% NAB at anlægge den 29 km lange nye strækning til 160 km/t dobbeltsporet, men ikke elektrificeret. I 2020 priser (+2% pa.) 3,4 mia. kr. inkl. 50% NAB.

Rejsetiden er i "Ny bane Aarhus-Galten-Silkeborg, Forundersøgelse oktober 2016" beskrevet til at være 23 minutter, når der vælges dobbeltspor, men i køreplanen i samme rapport er anvendt 22 minutter (tabel 8). I de 23 minutter er antageligvis inkluderet 1 minut til ophold på Silkeborg station. I ovenstående tabel anvendes derfor 22 minutter.

b) Ny bane Aarhus-Silkeborg 250 km/t

Banen er planlagt for kun 160 km/t, men bortset fra de sidste få km før tilslutningen til Svejlbæk traceret for 200 km/t. Hvis banen bortset fra svinget ved Svejlbæk straks anlægges for 250 km, kan der over ca. 25 km spares 3 minuts køretid

(Banen er ikke lang nok til at det giver mening at anlægge den for 300 km/t, da tilstødende baner har en hastighed på kun 160 km/t. Hertil kommer at der på strækningen skal anlægges 3 nye stationer, som ved 300 km/t ville kræve 2 gennemgående spor uden perron, og dermed ville fordyre projektet yderligere.)

På Vestfyn er prisen 140 mio. kr. pr. km. inkl. 30% NAB. Anlæg af 29 km bane for 250 km/t kan da estimeres til 4,1 mia. kr. og dermed 0,7 mia. kr. mere end for en bane for 160 km/t. (De sidste 4 km før Silkeborg anlægges dog ikke for 250 km/t, men kun 160 km/t. Imidlertid kræves her store udgravninger, så udgiften på 140 mio. kr. pr. km. anvendes også for denne strækning).

c) Regionale hastighedsopgradering (Togfonden) og færre stop

Silkeborg-Herning: Ifølge den opdaterede screeningsrapport 2015, kan rejsetiden med regionale hastighedsopgradering reduceres fra 34 til 25 minutters køretid, idet der kun standses i Ikast.

Herning-Holstebro: Ifølge den opdaterede screeningsrapport 2015 kan rejsetiden nedbringes fra 35 til 27 minutter, men med stop på alle 3 mellemliggende stationer. Hvis der ikke standses på disse 3 stationer reduceres køretiden yderligere med ca. 5 minutter til 22 minutter.

d) Batteritog i stedet for dieselmateriel

Anvendelsen af batteritog vil reducere køretiden pga. bedre accelerationsegenskaber. Se i øvrigt appendiks 11 om forventningerne til 300 km/t materiel.

Aarhus-Silkeborg: Da de 29 km ny bane Aarhus-Silkeborg har en jævn hastighedsprofil kan rejsetiden kun forbedres ganske lidt ved indsættelse af hurtigere accelererende elektrisk materiel. Skønsmæssigt 0,5 minuts forbedring.

Silkeborg-Herning: Her er en del hastighedsændringer på strækningen, så der regnes med 1,5 minuts kortere køretid.

Herning-Holstebro: Strækningen forudsættes opgraderet til 160 km/t hele vejen, men der er stadig en del lokale hastighedsnedsættelser. Der regnes derfor med 1 minuts rejsetidsforbedring ved indsættelse af elektrisk materiel.

e) Yderligere hastighedsopgraderinger og kortere stop

Ved Togfondens regionale hastighedsopgraderinger forudsættes kun udført kurveudretninger op til 20 cm. Ved at foretage større kurveudretninger, vil en del yderligere rejsetidsbesparelser kunne opnås, men naturligvis vil omkostningerne for at opnå en tidsbesparelse være højere.

Aarhus-Silkeborg: Den 6 km lange lige strækningen Svejlbæk-Silkeborg Øst opgraderes kun til 140 km/t i forbindelse med Regionale hastighedsopgraderinger. Opgraderes til 160 km/t kan 0,3 minut spares. Det antages at en mindre hastighedsforøgelse er mulig i tilslutning C3 ved Svejlbæk, så en samlet rejsetidsbesparelse på **0,5 minut** kan opnås for en rimelig udgift.

Alternativ Aarhus-Silkeborg: Opgraderes Svejlbæk-Silkeborg Øst til 200 km/t evt. i sammenhæng med udbygning til dobbeltspor, som beskrevet i Ny bane Aarhus-Galten-Silkeborg Forundersøgelse oktober 2016 kan spares ca. 0,7 minut. Ekstra udgiften til 200 km/t antages at være 0,3 mia. kr. (50 mio. kr. pr.km.)

Desværre er linjeføringen for ny bane Aarhus-Silkeborg ikke til 200 km/t hele vejen, idet hastigheden kun er 140/160 km/t ved tilslutningen ved Svejlbæk. Det bør derfor undersøges, hvad det vil koste at øge hastigheden for linjeføringen C3 til 200 km/t, her antages i mangel af viden at det vil koste 0,3 mia. kr. Kombineret med opgradering af Svejlbæk-Silkeborg til 200 km/t kan måske 1,5 minuts rejsetid spares.

Den samlede udgift er 0,4 mia. kr./sparet minut og er ret høj sammenholdt med prisen for at reducere køretiden mellem Silkeborg og Holstebro (0,1 mia. kr./min. se nedenfor). Der ses derfor i nærværende notat væk fra muligheden for at spare disse 1,5 minut mellem Aarhus og Silkeborg. Men det bør naturligvis undersøges nærmere, ikke mindst fordi der er markant flere rejsende Silkeborg-Aarhus end Herning-Silkeborg.

Silkeborg-Herning: Mellem Silkeborg og Bording findes mange skarpe kurver, ikke desto mindre er der mulighed for hastighedsopgraderinger mellem nogle af kurverne.

De første 5 km fra Silkeborg st. til Funder er hastigheden kun 100 km/t, og kan over 3-4 km øges til 140 km/t med 0,5 minuts besparelse til følge.

De 7 km fra Funder til Engesvang er hastigheden 120 km/t, og kan med mindre kurveudretning øges til 160 km/t. Herved kan i alt ca. 0,7 minut spares.

Efter Togfondens regionale hastighedsopgraderinger er hastigheden på den 12 km lange strækningen Ikast-Herning stadig kun 120 km/t. Strækningen kan opgraderes til 160 km/t. Evt. skal kurven øst for Hammerum

udrettes en smule (radius er udmålt med google findes til 1.150 meter, lidt mindre end de nødvendige 1.200 meter). I alt 1,3 minut kan spares.

Ligeledes synes den 10 km lange strækning Bording Øst-Ikast at kunne opgraderes fra 140 til 160 km/t, dog med hastighedsnedsættelse gennem bording og dermed kan spares yderligere knap 0,5 minut. Måske er det en relativt beskedne opgave evt. at opgradere til 160 km/t gennem Bording.

Hermed er for Silkeborg-Herning er udpeget delstrækninger med samlet 3 minutters køretidsbesparelse. Når hele strækningen går igennem detaljeret og med mere præcise beregninger, må det forventes at der kan findes yderligere 1 minut. Det antages således at rejsetiden kan reduceres med i alt **4 minutter** på strækningen Silkeborg-Herning.

Herning-Holstebro: På strækningen Aulum-Holstebro kan 14 km bane opgraderes fra 140 til 160 km/t, når der samtidig udføres en kurveudretning i Tvis. Køretiden reduceres med 0,7 minut. Mindre kurveudretninger andre steder på strækningen antages at kunne give yderligere 0,3 minut. I alt **1 minut**.

Den samlede køretidsbesparelse ved yderligere hastighedsopgraderinger er da i alt **5,5 minut**.

Budget: I regionale hastighedsopgraderinger var gennemsnitsudgiften til rejsetidsbesparelse 15 mio. kr./sparet minut. Den dyreste var Struer-Langå-Aarhus med 26 mio. kr./sparet minut. (Beregning ud fra Tabel 2 og tabel 78 i Hastighedsopgraderinger af regionalbaner - Screeningsrapport 2015). De billigste opgraderinger er naturligvis planlagt at blive foretaget i forbindelse med Togfondens regionale opgraderinger. Yderligere opgraderinger vil derfor være dyrere. Da kurveudretninger er meget dyre, antages de yderligere rejsetidsbesparelser at være fire gange dyrere end de dyreste af Togfondens opgraderinger, svarende til 100 mio. kr./sparet minut. Budgettet for de 5,5 minut er derfor 0,6 mia. kr.

Kortere stop i Silkeborg og Herning: Der er i køreplanerne regnet med 1 minuts ophold på Silkeborg og Herning station. Det antages at der reelt kan nøjes med 30 sekunder. I alt **1 minut**.

f) Andre udgifter

Hvis der skal køres efter timemodel, dvs. superlyn ankommer og afgår samtidig i Holstebro, skal der nødvendigvis anlægges dobbeltspor på de sidste kilometer før Holstebro station. Herved undgås at små forsinkelser i det ankommende superlyn forplanter sig til afgangens af det andet superlyn. Store forsinkelser i det ankommende kattegatlyn klares ved at de to superlyn mødes på en stationen før Holstebro (afgående kattegatlyn prioriteres over ankommende).

For at gennemføre en rimelig køreplan for regionale tog, samtidig med at kattegatlyn prioriteres, skal måske anlægges flere mødes-stationer, eller forlængede mødespor.

Der afsættes derfor 0,3 mia. kr. til denne type tiltag.

23. Appendiks 10 Udgiftsindikator

For bedre at kunne sammenligne forskellige delprojekters investeringseffektivitet anvendes f.eks. i Togfonden rapporten nøgletallet ”mia. kr. pr sparet minuts køretid”. Dette mål er tilstrækkeligt, når der blot skal findes, hvilken delstrækning det vil være billigst for at opnå et overordnede mål over en længere strækning f.eks. Odense-Aarhus på 1 time (Timemodellen).

Det er imidlertid åbenlyst at det, alt andet lige, må give en bedre samfundsøkonomi at spare 1 minut på en mere befærdet strækning end på en mindre befærdet strækning. For at tage hensyn hertil er for alle relevante projekter i nærværende notat beregnet en udgiftsindikator, hvor der tages hensyn til antallet af rejsende på stækningen.

Indikatoren beregnes ganske simpelt som antal kr./sparet minut/rejsende.

Idet indikatoren udelukkende skal anvendes til at sammenligne projekter er der arbitrært valgt at anvende antallet af rejsende i en 20 års periode. Omregning fra antal hverdagsrejsende (se nedenfor) til rejsende pr. år er ligeledes arbitrært sat til 300 x antal hverdagsrejsende. Antallet af hverdagsrejsende ganges således med $20 * 300 = 6.000$.

Eksempelvis for Ny bane på Vestfyn:

$4,54 \text{ mia. kr.} / 5 \text{ minutter} / (18.000 \text{ rejsende} * 20 * 300) = 8,4 \text{ kr./sparet minut/rejsende}$ i løbet af 20 år.

For at få en fornemmelse af udgiftsniveauet for de i nærværende notat omtalte projekter er udgiftsindikatoren beregnet for det allerede besluttede togfondprojekt Ny bane på Vestfyn. Hermed kan alle foreslåede projekter sammenholdes med et allerede kendt projekt.

En anden reference vil være at Ny bane Aarhus-Silkeborg med en udgiftsindikator på 3,6 kr./minut/passager i forundersøgelsen i 2016 er beregnet til knapt at være samfundsøkonomisk lønsom, heri er imidlertid ikke taget hensyn til at kattegatforbindelsen vil øge projektets lønsomhed. Dette kunne indikere at projekter med højere udgiftsindikator end 4-5 kr./minut/passager ikke er lønsomme. – En mere detaljeret beregning er således nødvendig, men er for omfangsrigt til dette notats formål.

Beregning af udgiftsindikatoren for alle projekter

Projekt	udgift	sparet .	passagerer pr. hverdag	udgiftsindikator kr./min./passager
Ny bane på Vestfyn	4,54 mia. kr.	5 min.	18.000	8,4
København-Aarhus 55 minutter	5,1 el. 10,2 mia. kr.	11,9 min.	18.500	3,9 eller 7,7
Ny bane Aarhus-Silkeborg 160 km/t	3,4 mia. kr.	19 min.	8.400	3,6
- Aarhus-Holstebro 1 time.	1,6 mia. kr.	8,5 min.	3.900	8,0
Odense-Aarhus 45 minutter.	3,4 mia. kr.	5 min.	12.150	9,3
København-Odense 45 minutter.	9,2 mia. kr.	8 min.	26.400	7,3
Odense-Esbjerg 55 minutter	2,2 mia. kr.	5,5 min.	5.500	12,1
- Odense-Esbjerg 45 minutter	1,8 mia. kr.	3,5 min.	5.500	15,6
Aarhus-Aalborg 55 minutter – hast.opgr.	3-4 mia. kr.	5 min.	7.600	13-17
Aarhus-Aalborg 55 minutter - ny bane	4,5 mia. kr.	7 min.	8.300	12,9
Nykøbing F-Puttgarden	1,5 mia. kr.	5 min	3.460	14,5

Antal rejsende pr. strækning

Antallet af rejsende er fastlagt med udgangspunkt i antal rejsende i 2032, således som de kan findes i "Trafikplan for statens jernbaner 2017-2032" figur 14 samt bilag 2. Da brugerne af projekterne i nærværende notat særligt er rejsende mellem Danmarks største byer, er antallet af rejsende pr. strækning så vidt muligt fundet midt på strækningen, hvor der er færrest lokale rejsende, idet de lokale rejsende normalt ikke får glæde af projekterne. I nærværende notat er desuden forudsat opførelsen af en Kattegatforbindelse, antallet af rejsende er derfor modificeret med hensyn hertil.

Projekt	delstrækning	Antal rejsende	Ændring pga. Kattegat	Antal rejsende efter Kattegat
København-Aarhus	Kattegat	-	-	18.500 **)
København-Odense	Korsør-Nyborg	35.900	-9.500	26.400 **)
Ny bane Vestfyn	Odense-Fredericia	27.500	-9.500 o)	18.000
Odense-Aarhus	Horsens-Skanderborg	20.700	-8.550 ***)	12.150
Aarhus-Randers	Aarhus-Randers	7.800	+500 ****)	8.300
Aarhus-Aalborg	Randers-Hobro	7.100	+500 ****)	7.600
Odense-Esbjerg	Lunderskov-Bramming	5.500	0	5.500
Aarhus-Silkeborg	Galten-Svejbæk	7.400 *)	+1.000 *****)	8.400
Aarhus-Herning	omkring lkast	3.400 *)	+500 *****)	3.900

o) Antallet af rejsende København-Odense-Aarhus der mistes til kattegatforbindelsen må være det samme på strækningen Odense-Fredericia som på Korsør-Nyborg.

*) Ny bane Aarhus-Galten-Silkeborg Forundersøgelse oktober 2016, figur 49

***) En fast forbindelse over Kattegat – rapport 594 – 2018 side 33 tabel 5.1. Rejsende i 2035 ikke 2032.

****) 90% af de 9.500 rejsende der mistes over Storebælt. Idet ca. 10% af de rejsende over Storebælt vil være kommet fra Midt og Vestjylland og have rejst via Vejle, og ikke på Horsens-Skanderborg strækningen.

*****) Estimat.

*****) Estimat. Bemærk at Odense-Aarhus 45 minutter evt. kan flytte endnu flere rejsende fra Herning – Vejle - Odense til Herning-Aarhus-Odense, da det ved optimal skift vil være hurtigere.

24. Appendiks 11 - Superlyntog 300 km/t – køredata – køretidstab ved stop på station

Ved vurdering af togmateriel er der tre parametre, som bestemmer materiellets køretid: startacceleration, motoreffekt og vægt. Fra 0 til 50-100 km/t er accelerationen konstant (startaccelerationen), mens den over 50-100 km/t er faldende, idet accelerationen her er proportional med motoreffekt/vægt/hastighed (bortset fra vind og rullemodstand).

Startacceleration

Ideelt skal startaccelerationen være 1-1,1 m/s/s. Er den højere bliver det ukomfortabelt for passagerer. Er den lavere forlænges køretiden. I rapporten Togfonden fra 2013 anvendtes som udgangspunkt det svagt motoriserede Velaro (tophastighed 300 km/t) med en startacceleration på 0,5-0,6 m/s/s. Der er imidlertid sket en markant teknisk udvikling af både motorer og effektelektronik siden da. Som eksempel på dagens højhastighedsmateriel kan tages ZEFIRO Express (250 km/t) med en start acceleration på 0,9 m/s og hvis ekstra motor tilkøbes 1,1 m/s. Omregnet (ændret gearing) til tophastighed på 300 km/t og med den ekstra motor, svarer det til en start acceleration på 0,9 m/s/s. ZEFIRO 380 km/t har en start acceleration på 0,7 m/s/s. Omregnes gearingen fra 380 til 300 km/t vil startaccelerationen også være 0,9 m/s/s. Det er således en rimelig antagelse at 300 km/t standardmateriel allerede i dag kan anskaffes med en startacceleration på 0,9 m/s/s. Om 10-15 år vil det være endnu bedre.

Acceleration ved højere hastigheder

For at fastlægge en accelerationskurve for et "standard" 300 km/t tog tages udgangspunkt i en Flirt 200 km/t (Togfonden fig. 27). Dette tog har en god startacceleration (0,9 m/s/s 0-65 km/t) og en god motorisering, og kan dermed holde en høj acceleration hele vejen op til tophastigheden, idet accelerationen ved 200 km/t er hele 0,25 m/s/s.

Et bud på et typisk godt motoriseret tog for 300 km/t kan baseres på denne Flirt med 50% større motorkraft og med gearing for 300 km/t. Populært sagt udkompenseres den højere gearing præcist af den højere motorkraft. (Accelerations-kurven kan da findes ved at hastighederne på x-aksen ganges med 1,5 i forhold til Togfonden fig. 27). En sådanne 300 km/t Flirt vil have en konstant acceleration på 0,9 m/s/s op til 100 km/t og herefter faldende til 0,25 m/s/s ved 300 km/t. På grund af den større vindmodstand er det dog nok mere realistisk med en acceleration på kun 0,2 m/s/s med 300 km/t.

Højhastighedstog har bedre acceleration end fjerntog

Det er her særdeles interessant at denne "300 km/t Flirt" ved hastigheder på over 65 km/t, vil accelerere bedre end en "200 km/t Flirt". Hvilket konkret betyder at et sådanne 300 km/t tog anvendt som "Kattegatlyn" vil være hurtigere end et lokal- eller fjerntog på strækningen mellem Silkeborg og Holstebro, hvor maksimal-hastigheden er 160 km/t, men hvor der er mange hastighedsnedsættelser undervejs pga. kurver.

Superlyn 300 km/t - køredata

Til beregning af køretider anvendes en "300 km/t Flirt", ved aflæsning af kurven i Togfonde fig. 27, med alle hastigheder på x-aksen ganget med 1,5, dvs. omregnet til Flirt for 300 km/t, som beskrevet ovenfor.

Og man finder følgende tilnærmede data for et "300 km/t superlyn". Da luftmodstanden vokser overproportionalt med hastigheden vil der dog blive anvendt lidt lavere acceleration ved høje hastigheder.

Hastighed	Acceleration aflæst	Acceleration modificeret pga. højere luftmodstand.
100 km/t	0,9 m/s/s	0,9 m/s/s
160 km/t	0,55 m/s/s	0,55 m/s/s
200 km/t	0,45 m/s/s	0,40 m/s/s
250 km/t	0,35 m/s/s	0,30 m/s/s
300 km/t	0,27 m/s/s	0,20 m/s/s

Og følgende forsimplede tabel kan opstilles.

Hastighed	Gennemsnit Acceleration	tid	sum tid	distance	sum distance
0-100 km/t	0,9 m/s/s	31 sek.	31 sek.	0,4 km.	0,4 km.
100-160 km/t	0,7 m/s/s	24 sek.	55 sek.	0,9 km.	1,3 km.
160-200 km/t	0,45 m/s/s	25 sek.	80 sek.	1,2 km.	2,5 km.
200-250 km/t	0,35 m/s/s	40 sek.	120 sek.	2,5 km.	5,0 km.
250-300 km/t	0,25 m/s/s	56 sek.	176 sek.	4,2 km.	9,2 km.
i alt		176 sek.		9,2 km.	

Bemærk at selvom det tager 56 sekunder og 4,2 kilometer at accelerere fra 250 til 300 km/t, så "koster" det kun 5 sekunder i køretid, i forhold til at kunne køre 300 km/t hele vejen på samme strækning. (Gennemsnitshastighed 275 i stedet for 300 km/t). Nedbremning fra 300 til 250 km/t med 0,9 m/s/s koster tilsvarende kun 1 sekund i forhold til at kunne køre 300 km/t på samme strækning. I alt "koster" det således 6 sekunder eller 0,1 minut at accelerere og nedbremse fra 250 til 300 og tilbage til 250 km/t.

Acceleration fra 200 til 300 km/t "koster" 15 sekunder i forhold til at køre 300 km/t hele tiden på samme strækning. Nedbremning med 0,9 m/s/s koster tilsvarende 5 sekunder. I alt 20 sekunder eller 0,3 minut.

Dette illustrerer hvor vigtigt det er at strækninger der støder op til 300 km/t strækninger også har høje hastigheder.

I forbindelse med stop på Erritsø, Vejen, Bramming og Hobro station er det relevant at beregne tiden for nedbremning fra 200 km/t til 0 og acceleration tilbage til 200 km/t. Nedbremningen tager 60 sekunder men "koster" 30 sekunder, da gennemsnitshastigheden er 100 km/t. Tilsvarende vil accelerationen fra 0 til 200 km/t "koste" 33 sekunder. I alt et tidstab på 63 sekunder. Hvis teknisk tid er 15 sekunder, og der anvendes 42 sekunder til ophold, "koster" det således 2 minutter at standse på 1 ekstra station, når strækningshastigheden er 200 km/t. På flere af de nævnte stationer er strækningshastigheden lavere.

25. Appendiks 12 - Aarhus-Aalborg på 55 minutter ved hastighedsopgradering

Her skal foretages en kort overvejelse af muligheden for med hastighedsopgraderinger at opnå en køretid på 55 minutter Aarhus-Aalborg, så superlyn har 10 minutter til at vende i Aalborg, og en togstamme dermed kan spares væk.

For at opnå 55 minutters køretid skal køretiden reduceres med 5 minutter.

Beskrivelse	Længde	Tidsreduktion	Budget inkl. 50% NAB
Randers-Hobro hastighedsopgradering 250 km/t	23 km	1 min.	0,3 mia. kr.
Hobro-Aalborg 250 km/t		2	1-2 mia. kr.
<u>Aarhus-Randers</u>		2	2 mia. kr.
	I alt	5 min.	3-4 mia. kr.

Der er en option på for 0,6 mia. kr. at opgradere strækningen Randers-Hobro til 200 km/t i forbindelse med Togfonden. Det vil det være relevant at overveje, hvad det vil koste straks at opgradere til 250 km/t. Strækningen er rimelig lige, med flere mindre kurver som i forvejen skal udrettes. Det antages derfor kun at koste 50% ekstra at opgradere til 250 km/t.

Hvis hastigheden mellem Hobro og Aalborg øges fra 200 til 250 km/t kan ca. 2 minutters rejsetid spares. Banen her er imidlertid netop anlagt for 200 km/t, så det vil tidligst i 2050 være relevant i forbindelse med sporfornyelse. Der er adskillig kurver på banen, så det må forventes at være ret kostbart. Et særdeles groft estimat vil være 0,5-1 mia. kr. pr. minut svarende til 1-2 mia. kr.

De sidste 2 minutter skal findes mellem Aarhus og Randers, hvor hastigheden netop er øget i forbindelse med Togfonden. Yderligere opgradering må her forventes at være ekstrem dyr, fordi banen har mange kurver. Et særdeles groft estimat vil være 1 mia. kr. pr. minut svarende til 2 mia. kr.

Alt i alt en stor investering i forhold til tidsbesparelsen. Med en udgift på 3-4 mia. kr. for de 5 minutters køretidsbesparelse og 7.600 daglige passagerer på strækningen bliver udgiftsindikatoren er så høj som 13-17 kr./min./passager. Projektet må derfor antages at være samfundsøkonomisk helt urealistisk, omend der er tale om særdeles grove estimater.

26. Appendiks 13 Elasticitet: Rejsetid kontra Passagerer

Af Transportministeriets rapport:

Togets konkurrenceevne - "En jernbane i vækst" Kundeparametre og udvalgte instrumenter *)

fremgår at

- elasticiteten for rejsetid over Storebælt er 1½-2, hertil kommer de dynamiske effekter.
- franske erfaringer med TGV var en elasticitet på 2-3
- svenske erfaringer Stockholm-Sundsvall var en elasticitet på 1,7

Elasticiteten for større projekter kan baseret på disse erfaringer forventes at ligge i intervallet 1,7-3. Hvilket betyder at hver gang rejsetiden nedsættes med 1% øges passagertallet med 1,7-3%.

En rejsetidsreduktion fra 1 time til 45 minutter er en reduktion på 25% og må derfor forventes at medføre en 38-75% forøgelse af passagertallet.

*) <http://docplayer.dk/5032451-Togets-konkurrenceevne-en-jernbane-i-vaekst.html>