

# Vurdering af alternativer for højhastighedsbaner.

Jens W. Brix & Uffe Kousgaard.

Institut for Veje, Trafik og Byplan, DTU.

Paper præsenteret ved *Trafikdage på AUC*, august 1994.

## 1. Introduktion

Europakommissionen arbejder for tiden på at binde eksisterende højhastighedsbaner sammen til et fælleseuropæisk net. I den forbindelse er der udpeget 15 nøgleforbindelser - dvs. nogle flaskehalser, hvor en forbedring i særlig grad er i stand til at forøge mobiliteten og samle Europa trafikalt. Fugleflugtslinien (København-Hamburg) er en af disse nøgleforbindelser.

I vores eksamensprojekt har vi foretaget en samfundsøkonomisk vurdering af forslag til højhastighedsbaner på Fugleflugtslinien. Vurderingen omfatter kun strækningen København-Rødby og tager udgangspunkt i en situation, hvor de faste forbindelser over Storebælt, Øresund og Femerbælt er virkeliggjort.

Når disse faste anlæg er gennemført, forventes banetrafikken at stige betydeligt, hvilket nødvendiggør en række kapacitetsudvidelser i banenettet, bl.a. elektrificering og udvidelse til dobbeltspor fra Orehoved til Rødby. Samtidig forøges strækningshastighederne, så køretiden København-Rødby nedsættes til 88 minutter i forhold til 115 minutter i dag. Samlet er der tale om basisinvesteringer for 5 mia. kr. Ved investeringer i højhastighedsbaner kan rejsetiden bringes yderligere ned og her sigter man mod en køretid København-Rødby på 55-60 minutter.

## 2. Vurderingsmodel

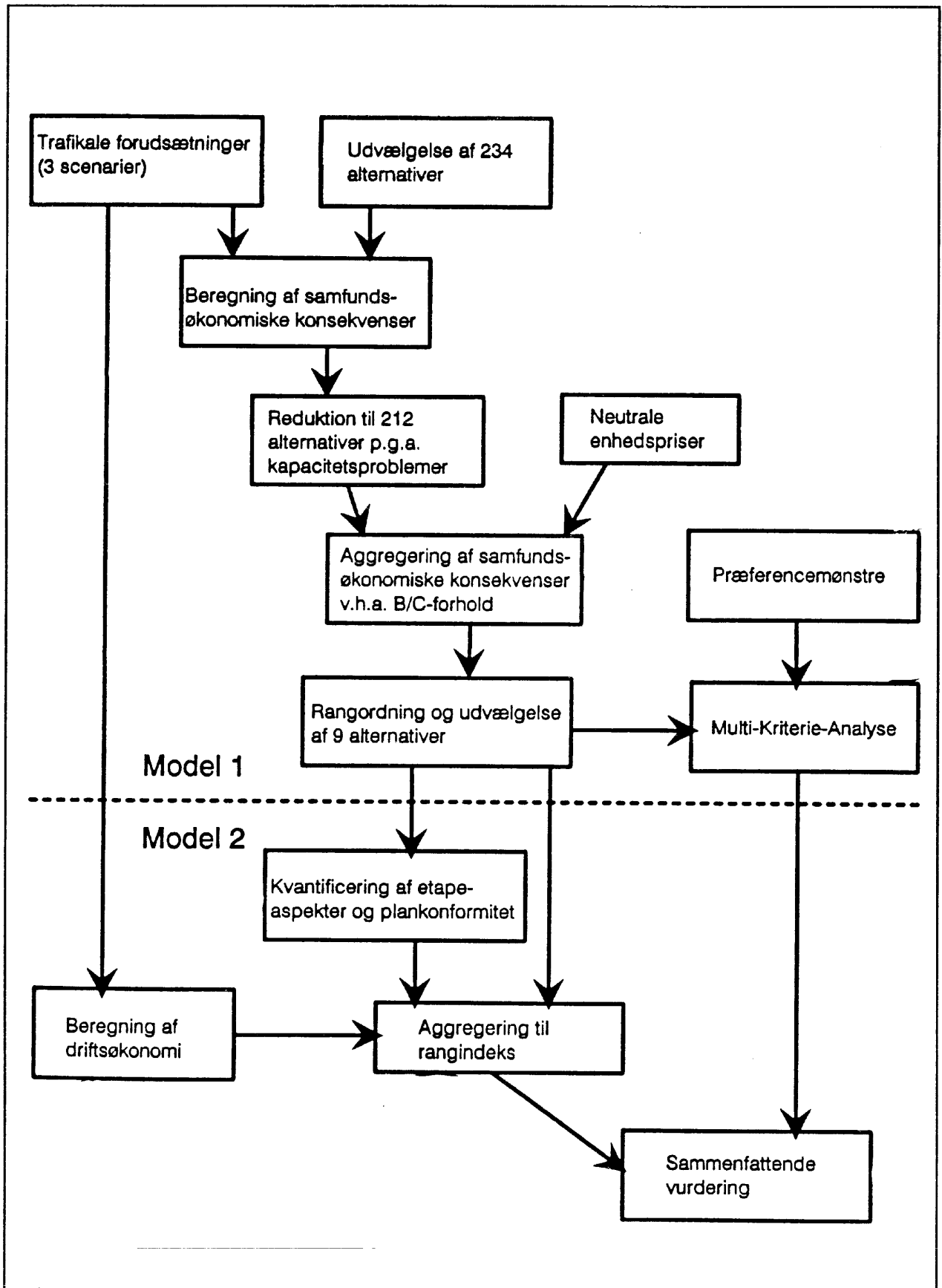
Den benyttede vurderingsmodel består af 2 delmodeller: model 1 og model 2 (se figur 1).

### Model 1

Først udvælges de alternativer, som medtages i vurderingen, hvorefter konsekvenserne beregnes med 3 forskellige trafikale scenarier som grundlag. Udvælgelsen er sket på grundlag af samtlige matematiske mulige kombinationer, hvorefter der er tyndet ud i forslagsmængden indtil et antal rimelige forslag (234) stod tilbage. Denne fremgangsmåde er benyttet for at undgå, at der på forhånd ses bort fra fordelagtige løsninger. Ved udvælgelsen er der taget udgangspunkt i forslag fremsat af DSB, som omfatter:

- Nybygningsløsninger, der er nyanlagte baner indrettet til kørsel med 250 km/t eller 300 km/t med anvendelse af konventionelt højhastighedsmateriel (det franske TGV-A).
- Udbygningsløsninger, hvor eksisterende baner ombygges (der foretages kurveudretninger og opretning af spor) til kørsel med 200 km/t. Der anvendes samme materiel som i nybygningsløsninger.
- Løsninger med brug af kurvestyrede tog, hvorved forstås tog, der ved hjælp af en mekanik krænger i kurverne (det svenske X-2000). Sammenlignet med konventionelt højhastighedsmateriel kan disse tog gennemkøre langt snævrere kurveforløb med 200 km/t. Til gengæld er materiellet dyrere end det konventionelle materiel.

Disse principielt forskellige løsninger kan kombineres på mange måder. F.eks. kan det tænkes, at den optimale løsning består af udbygning på nogle strækninger og nybygning på andre strækninger. Der er heller ikke noget i vejen for, at kurvestyrede tog kan køre på nybyggede eller udbyggede strækninger, hvis dette skulle vise sig fordelagtigt. En væsentlig del af analysen har været at foretage en metodisk vurdering af disse kombinationsmuligheder.



Figur 1 Oversigt over vurderingsproceduren for model 1 og model 2.

Følgende konsekvenser beregnes:

- Tidsbesparelser
- Regularitetsforbedringer
- Driftsomkostninger
- Sikkerhed
- Arealbeslaglæggelse
- Støjbelastning
- Luftforurening
- Globalt miljø

Regularitetsforbedringer udtrykkes ved den %-mæssige reduktion i omfanget af forsinkelser i forhold til basisalternativet. Grundlæggende er der tale om tidsbesparelser, men af en lidt anden karakter, da disse tidsgevinster kommer alle tog i systemet til gode (ikke kun de hurtige ad højhastighedsbanen). Passagerer vægter generelt uventet tidsforbrug højere end planlagt tidsforbrug.

De samfundsmæssige ulemper ved at beslaglægge areal til transportformål udtrykkes ved et index, som tager hensyn til beslaglagte områders nuværende anvendelse og tilstand (jordbrug, skov, råstofindvinding etc.), eventuelle planlægningsinteresser (fredningsinteresser og friluftsområder) samt beliggenhed i forhold til eksisterende transportkorridorer (ud fra den filosofi, at områder der er gennemskåret af motorvej allerede er mere eller mindre spolerede).

Luftforureningen udtrykkes ved emission af CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og partikler og globalt miljø udtrykkes ved CO<sub>2</sub>-emissionen.

De øvrige konsekvenser er beregnet ved hjælp af sædvanlig metoder.

Nogle af alternativerne medførte så dårlig regularitet (mere end 50% dårligere end basisalternativet), at de blev sorteret fra som relevante. Herefter var der 212 alternativer tilbage.

Den samfundsøkonomiske rentabilitet udtrykkes ved B/C-forholdet, hvor aggregeringen af konsekvenser i første omgang er sket ved brug af såkaldte neutrale enhedspriser. Herved forstås enhedspriser, der så vidt muligt er fastsat efter gængse metoder. Der aggregeres tillige ved brug af to justerede sæt enhedspriser (forskellige præferencemønstre), hvor henholdsvis mobilitetsfordele og miljøforbedringer er værdisat højere end i det neutrale præferencemønster.

Tidsbesparelser (kr/time)	75
Regularitet (mio. kr per %)	1,5
Driftsomkostninger (kr/kr)	1,0
Sikkerhed (mio. kr per døbt)	10,0
Arealbeslaglæggelse (kr/m <sup>2</sup> )	
Billigste	0,45
Dyreste	176,0
Støjbelastning (1000 kr/SBT)	65
Luftforurening	
NO <sub>x</sub> (kr/kg)	50
CO (kr/kg)	0,3
SO <sub>2</sub> (kr/kg)	40
HC (kr/kg)	40
Partikler (kr/kg)	120
Globalt miljø (kr/tons CO <sub>2</sub> )	300

*Anvendte neutrale enhedspriser.*

Med de beregnede B/C-forhold som grundlag udvælges herefter 9 alternativer, som beskrives og analyseres nærmere. Ved udvælgelsen er der lagt vægt på, at de 9 projekter repræsenterer forskellige løsningstyper. Valgte man blot de 9 øverst placerede forslag, ville der kun være små detaljer til forskel på de fleste af løsningerne. En væsentlig årsag til at udvælge forskellige forslag

er at sikre, at alternativer, der er fordelagtige over for andre aspekter end de, der er medtaget i model 1, vil være repræsenteret i model 2.

Derfor er der først udvalgt nogle projekttyper, som vi mener ville være interessante at undersøge, hvorefter det bedste projekt inden for hver løsningstype er blevet udtaget .

## Model 2

Da der i den politiske beslutningsproces også bliver lagt vægt på andre end samfundsøkonomiske aspekter, beregnes et såkaldt rangindex i model 2, hvor følgende aspekter er inddraget:

- Driftsøkonomi
- Funktionalitet
- Plankonformitet
- Etapeaspekter

Til sidst foretages en sammenfattende vurdering, der munder ud i udpegning af 1 forslag som det mest fordelagtige.

## Trafikale scenarier

Prognoser, som forsøger at forudsige trafikens volumen efter betydelige infrastrukturforbedringer, er normalt behæftet med betydelig usikkerhed, bl.a. fordi trafikens udvikling er nært knyttet til den økonomiske udvikling i det omgivende samfund - og denne er som bekendt vanskelig at forudsige.

Trafikkens volumen er afgørende for de trafikale konsekvenser, og derfor har vi valgt at foretage konsekvensberegningen med 3 forskellige trafikale scenarier som grundlag (se figur 2 og 3):

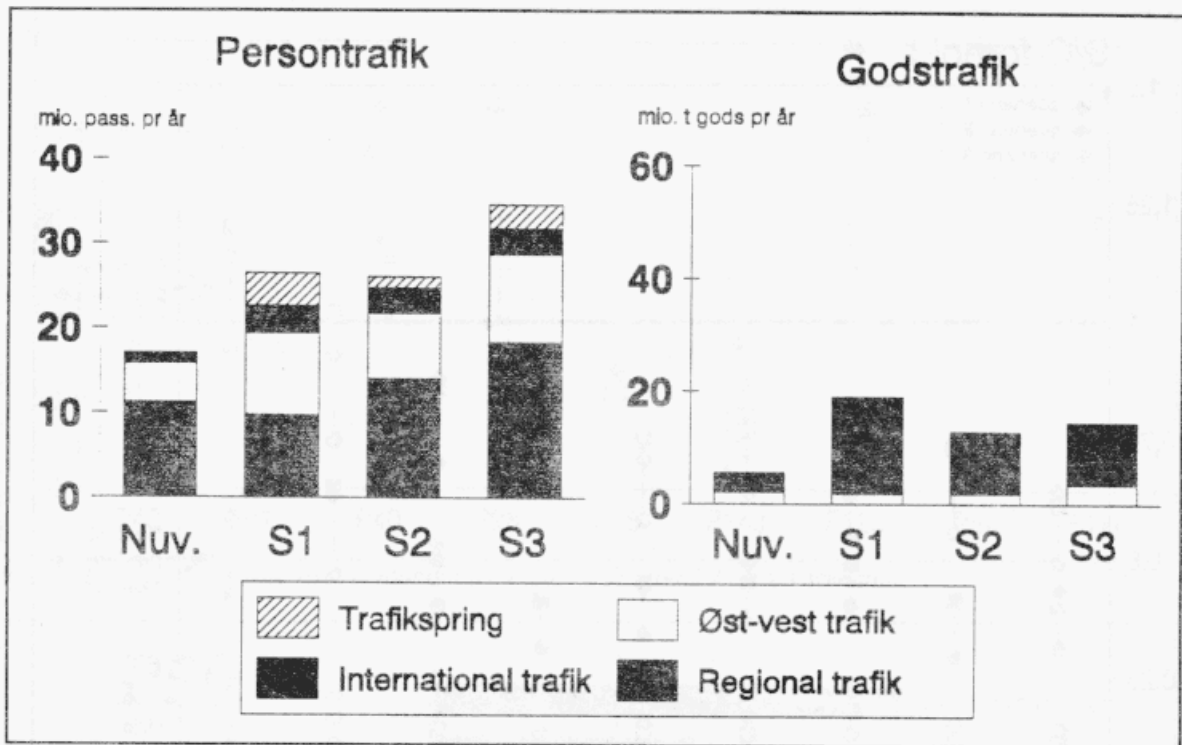
- **Scenario 1: Integration og økonomisk opsving.** Europa præges af liberaliserede markedsvilkår, stærk vækst og stadig tættere EU-integration. Derfor stiger den internationale person- og godstrafik voldsomt og her har jernbanen potentiale til at vinde store markedsandele. På de regionale distancer får banen derimod sværere ved at klare sig i det stadig mere velhavende samfund med større bilpark.
- **Scenario 2: Stagnation og usikkerhed.** Europa præges af krisestemning og vanskelige økonomiske vilkår - opsvinget fortoner sig fortsat. Trafikken stiger kun langsomt, både regionalt, nationalt og internationalt. Markedet reagerer trægt på forbedringer, og derfor fås mere afdæmpede trafikspring.
- **Scenario 3: Disintegration og bæredygtighed.** Udviklingen mod det integrerede Europa ophører og vender. Det bliver i stedet et fædrelandenes Europa, hvor miljøet får stor ideologisk betydning - økologi, sundhed og bæredygtighed sættes højt. Gennem afgifter og andre politiske virkemidler gøres en ihærdig indsats for at få mere trafik over på banerne, både person og godstrafik.

## 3. Resultater

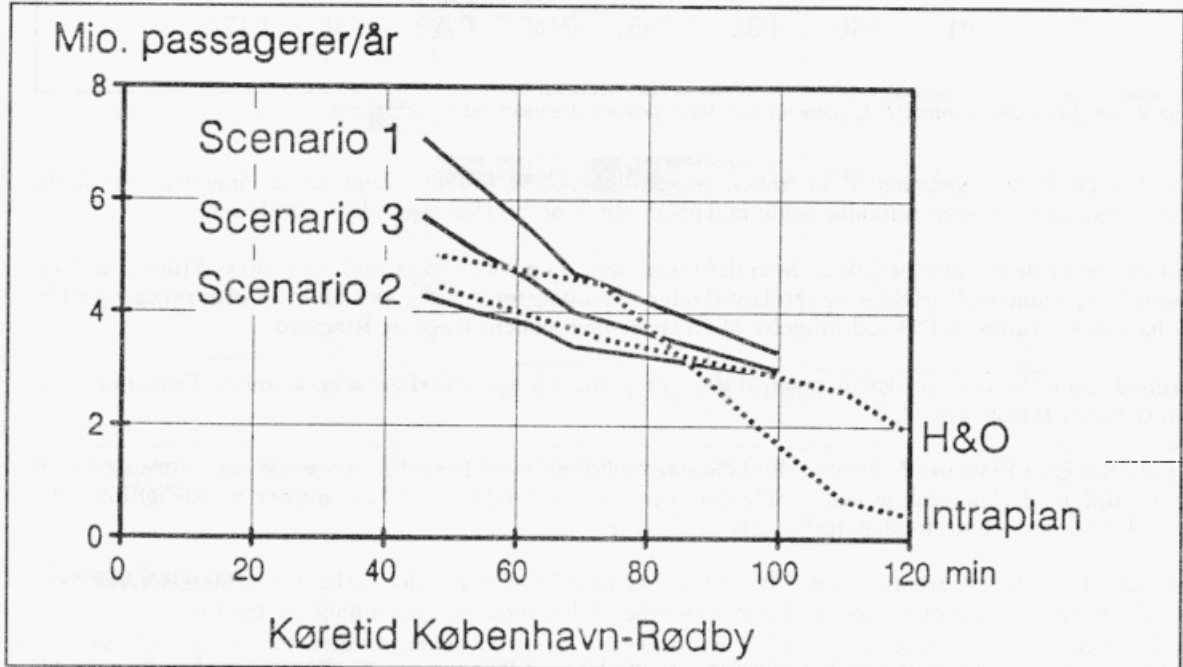
De beregnede B/C-forhold for de 9 udvalgte forslag fremgår af figur 4, som viser rentabiliteten for hvert præferencemønster og scenario.

Som det ses er rangfølgen den samme uanset hvilket scenario, der lægges til grund, hvilket betyder, at projekternes indbyrdes placering er uafhængig af de benyttede trafikale forudsætninger.

Anderledes forholder det sig med præferencemønstrene, hvor der er betydelig forskel i vurderingen af projekterne. F.eks. er P174 bedst i økonomi-præferencemønsteret og dårligst i miljø-præferencemønsteret, mens P40, der er ligger bedst i miljø-præferencemønsteret, får en ringe placering i økonomi-præferencemønsteret. Således giver model 1 ikke nogen entydig vurdering af projekternes indbyrdes fordelagtighed.

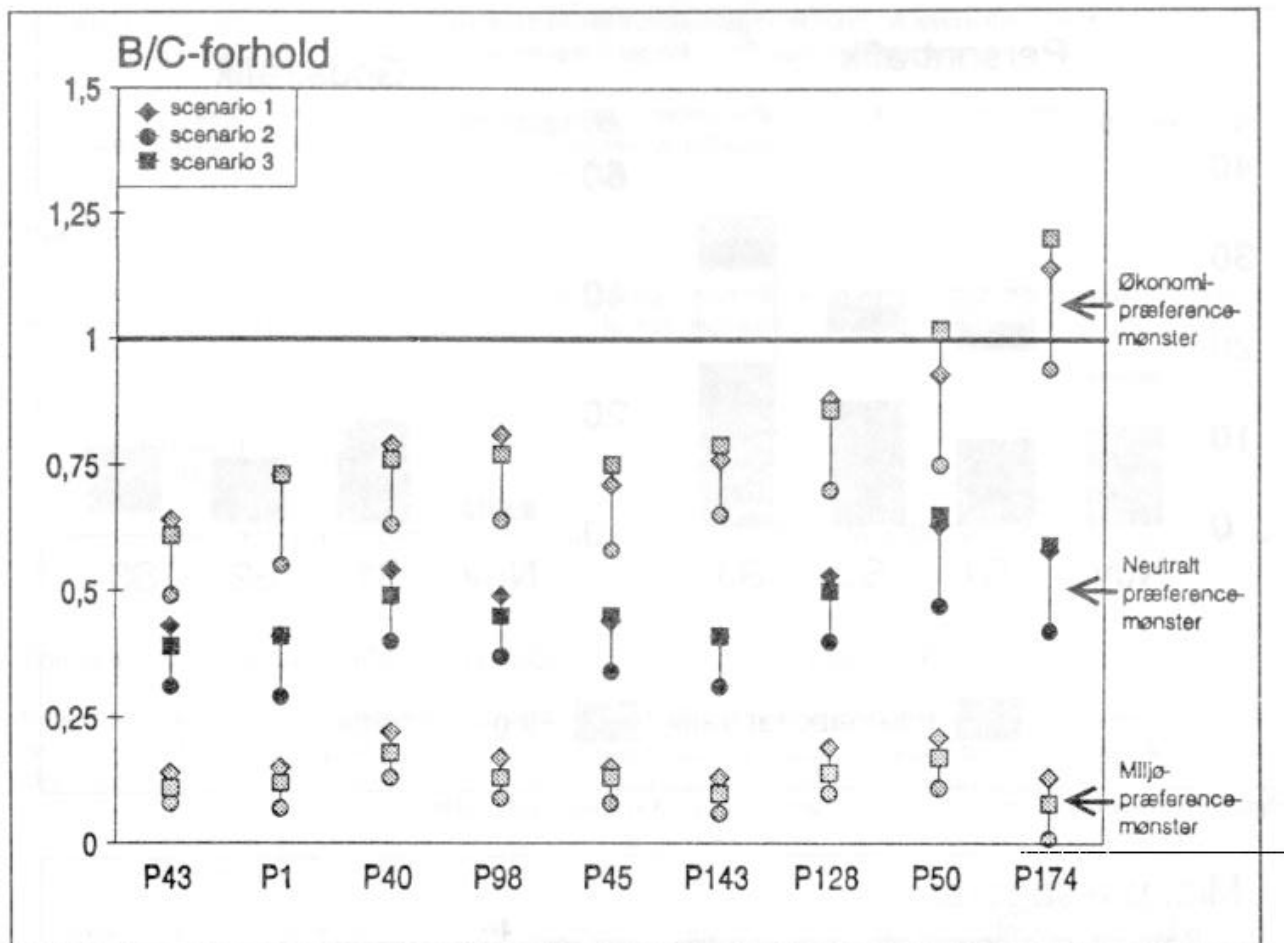


Figur 2 Totale trafikmængder i de 3 scenarier (S1, S2, S3) fordelt på trafiktyper.



Figur 3 Sammenligning af trafikmængder for prognoser og scenarier.

Når model 2 aspekterne inddrages (se figur 5), ændres billedet. Her er der 4 projekter, som fremstår ringere end de øvrige 5, og disse 4 projekter er derfor frasorteret. Af de tilbageværende 5 forslag ser P50 ud til at være en anelse bedre end de øvrige, men denne forskel er så lille, at den ikke kan anses for at være robust vurderingsmodellens nøjagtighed taget i betragtning.



Figur 4 Samfundsøkonomisk B/C-forhold for hvert præferencemønster og scenario.

Ved den endelige udpegning af et enkelt projekt lægger vi i stedet vægt på at minimere absolutte anlægsomkostninger, men samtidig holde mulighederne åbne overfor fremtidige udvidelser.

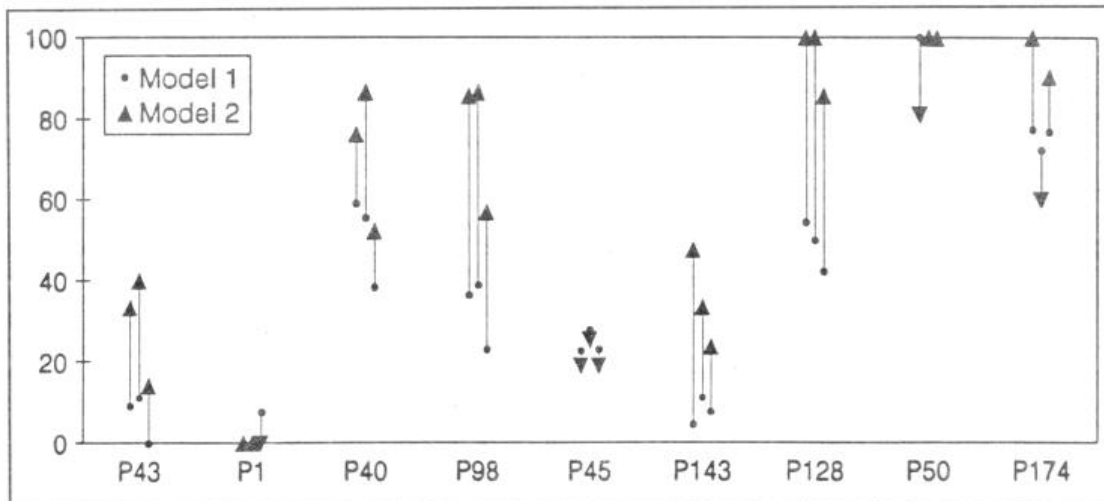
P174 og P50 er de billigste projekter. Som det ses af figur 7 og 8 kan P50 udvides til P40 ved tilføjelse af en nybygget strækning mellem Køge og Orehoved uden overflødiggørelse af nogen af de udførte anlæg, og P128 kan ligeledes udvides til P98 ved tilføjelse af en strækning fra Køge til Ringsted.

Derimod kan P174 ikke udvides til nogen af de øvrige uden overflødiggørelse af anlæg. Derfor er dette projekt blevet frasorteret,

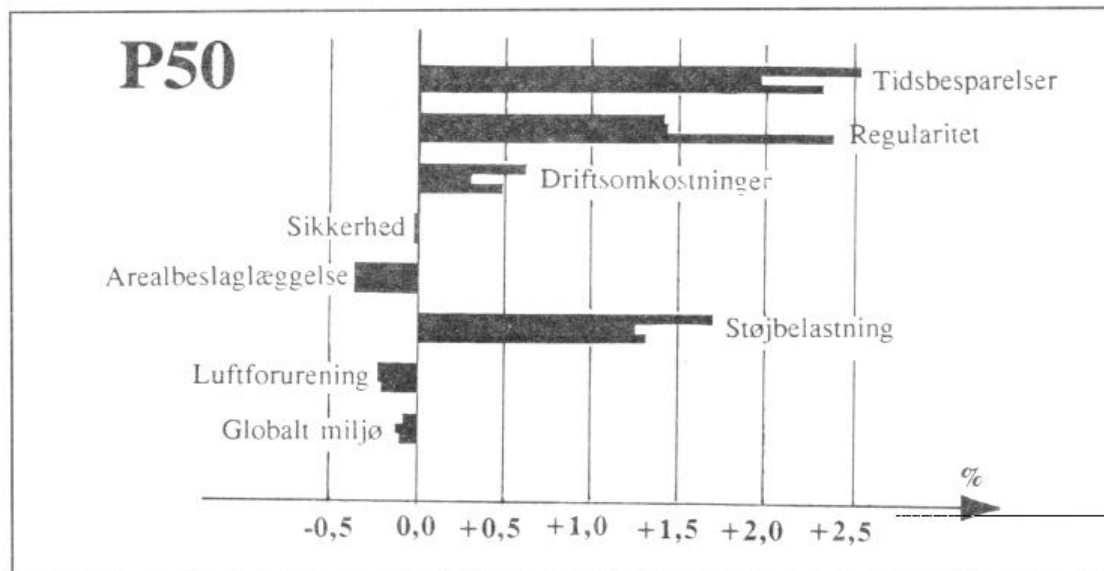
Af politiske grunde vil det nok være vanskeligt at realisere P128, da den overvejende del af investeringen peger sydpå mod Hamburg og kun en lille del peger med Jylland/Fyn. P50 er desuden betydeligt billigere, og samlet fremstår dette forslag derfor som det bedste.

Den samlede førstearsforrentning for P50 er 5,6% (scenario 1), og her er det særligt tidsbesparelser, regularitetsforbedringer og støjforbedringer, der er væsentlige i den samlede forrentning (se figur 6)

At der er negative luftforureningskonsekvenser forbundet med P50 kan måske virke overraskende, men skyldes primært, at X2000 toget ikke er specielt energieffektivt og at energiforbruget er større ved den høje hastighed.



Figur 5 Rangindeks. Pilene viser ændringen fra model 1 til model 2 i hvert scenarie.



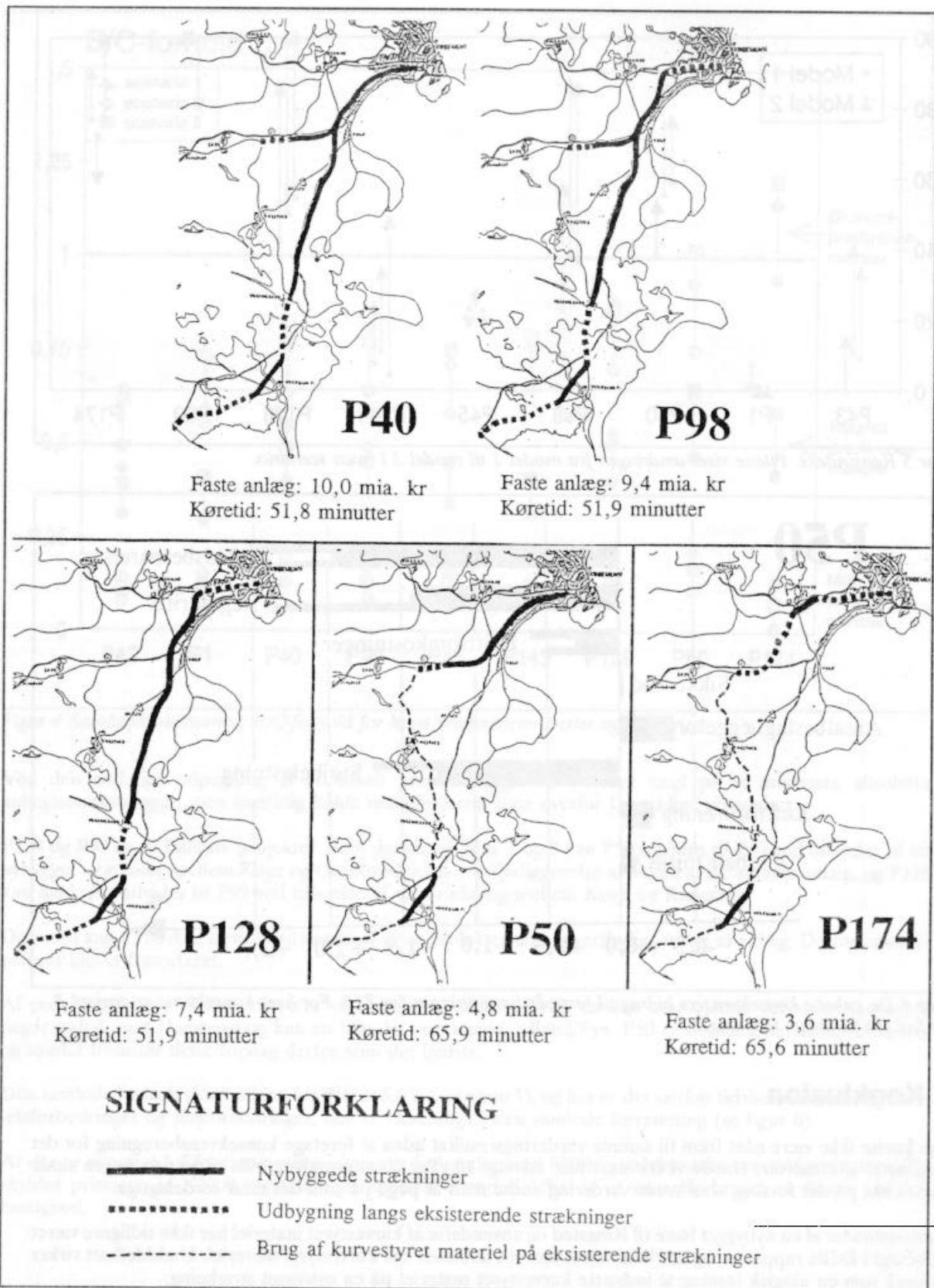
Figur 6 De enkelte konsekvensers bidrag til førsteårsforrentningen for P50. For hver konsekvens er angivet 3 værdier (én for hvert scenarie).

## 4. Konklusion

Man kunne ikke være nået frem til samme vurderingsresultat uden at foretage konsekvensberegning for det store antal alternativer. Havde vi fra start udvalgt 10 eller 20 alternativer, ville vi næppe nogen sinde have tænkt på det forslag, som vores vurdering endte med at pege på som det mest fordelagtige.

Kombinationen af en nybygget bane til Ringsted og anvendelse af kurvestyret materiel har ikke tidligere været undersøgt i nogle af DSBs rapporter og har ikke været nævnt i debatten om kurvestyret materiel. Umiddelbart virker det også som en ulogisk løsning at indsætte kurvestyret materiel på en nybygget strækning.

Hvis ikke man går meget grundigt til værks, når alternativerne udvælges, risikerer man således at



Figur 7 De 5 mest fordelagtige forslag i model 2.



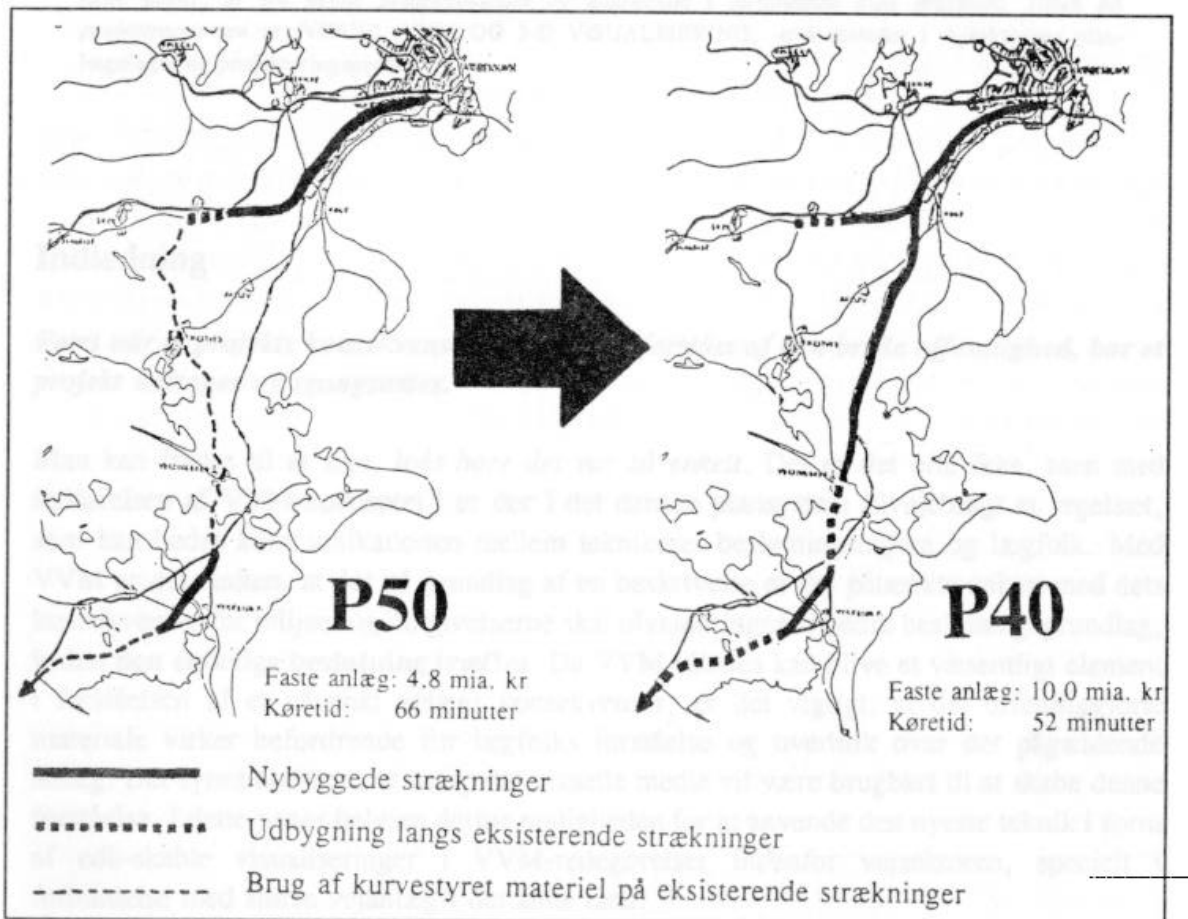
overse fordelagtige løsningsmuligheder. Som dokumentation for resultatet har det også stor værdi, at gennemregningen er sket for alle relevante alternativer.

I forbindelse med projekter, hvor den trafikale udvikling indeholder et betydeligt element af usikkerhed, vil man altid mistro en vurdering, der baserer sig på en bestemt prognose. I dette tilfælde viste det sig, at de samme alternativer er bedst i alle 3 scenarier.

Derfor har en gennemregning med forskellige trafikale forudsætninger stor betydning for dokumentationen, og scenario-metoden er generelt velegnet i problemstillinger, der må betragtes som "beslutning under usikkerhed". Det kunne f.eks. have været nyttigt at benytte scenarioteknik i forbindelse med de store broprojekter, hvor en stor del af skænderierne netop er gået på de anvendte trafikale forudsætninger.

Med anvendelse af scenarier stiger uddatamængden imidlertid betragteligt. Kombineres dette med inddragelse af mange alternativer bliver resultatet umiddelbart helt uoverskueligt, hvorfor det er nødvendigt med rutiner, som kan behandle og reducere disse datamængder. Forskellige kriterier kan give vidt forskellige resultater, så det anvendte beslutningskriterium har stor betydning.

Model 2 er en udbygning af modellen i forhold til en sædvanlig samfundsøkonomisk analyse, idet den medtager ikke-samfundsøkonomiske aspekter. Umiddelbart kan det virke som en sammenblanding af analyseformer, der ikke hører sammen. Anvendelse af sådanne "blandede" modeller kan dog hjælpe til at sikre, at analysen udpeger mere robuste forslag.



Figur 8 P50 er det mest rentable projekt. Det kan eventuelt senere udvides til P40, som også er et af de bedste forslag.