

Portzone model for Øresundsregionen – fremskrivning af trafikpotentialet for ny tog tunnel mellem Helsingør-Helsingborg

Jeppe Husted Rich, Atkins Danmark, jeppe.husted.rich@atkinsglobal.com

Otto Anker Nielsen, CTT/DTU, [oan@ctt.dtu.dk](mailto: oan@ctt.dtu.dk)

Jan Holm, Atkins Danmark, jan.holm@wsatkins.com

Formål og baggrund

Dette papir beskriver HH-projektet, der har til formål at belyse de trafikale konsekvenser af en tog tunnel mellem Helsingør og Helsingborg set i sammenhæng med den udvikling, som allerede er i gang i Øresundsområdet. Fokus i papiret vil være koncentreret omkring de data og modelmæssige overvejelser, projektet har givet anledning til, hvorimod projektets tidsplan ikke har gjort det muligt at præsentere endelige efterspørgsler. Opdragsgiveren er HH-konsortiet, der med sekretariat i Helsingør Kommune, yderligere har Frederiksborg amt og HUR som partnere på den danske side, mens Helsingborg Stad og Region Skåne er de svenske partnere. Yderligere bidrager EU's Interreg projekt med midler. Dette projekt løses af Atkins Danmark, Transek samt medarbejdere fra CTT på Danmarks Tekniske Universitet med Atkins som ledende part. Partnerne indgår i fire projektteams omkring:

- Scenarieanalyse
- Tilgængelighedsberegninger
- Trafikprognoseberegninger samt
- Multikriterieanalyse.

Opgaven er startet februar 2002 og skal afsluttes dette år. Dette papir beskriver primært trafikprognoseberegningen som dannes med udgangspunkt i den konstruerede portzone model, samt udvalgte dele af scenariekonstruktionen. For yderligere dokumentation henvises til projektoplægget udarbejdet af Atkins Danmark januar 2002. Modellen er konstrueret med henblik på at kunne besvare en række spørgsmål vedrørende den fremtidige trafik over Øresund. Mere præcist skal man kunne behandle

- Konkurrencen mellem de alternative ruter over Øresund (porte).
- Effekter af ændringer i infrastruktur og plandata.
- Effekter af ændringer i befolkningsmønstret.
- Turfordelingen på destinationer samt.
- Effekter af forskellige integrationsniveauer.

I det aktuelle udredningsarbejde arbejdes der med et basisår anno 2001, samt to fremskrivningsår: henholdsvis 2015, som et midtvejs scenarie, samt 2030 som en fuld planhorisont. For hver af disse fremskrivningsår analyseres fire forskellige tilstande. Først og fremmest med/uden HH forbindelse og dernæst med/uden fuld integration.

Regionens udvikling

Da man opererer med fremtidsscenarier for år 2015 og 2030, skal der indhentes oplysninger vedrørende udviklingen i infrastrukturen, således at disse kan indregnes i modellen. Disse data er indsamlet hos relevante planmyndigheder i Danmark og Sverige. Herved bliver det muligt at tage højde for, at eksempelvis nye vejprojekter vil ændre fremkommeligheden og dermed konkurrenceforholdet mellem en tunnelforbindelse og Øresundsbroen. I relation til regionens udvikling tages der også højde for den regionale vækst i antal arbejdspladser, eksempelvis som man forventer i Hillerød regionen. Dette har betydning for turgenerationspotentialer. Endeligt kan der ske helt grundlæggende ændringer i befolknings sammensætningen frem mod disse prognoseår, eksempelvis ved at der kommer færre mennesker på arbejdsmarkedet. Alle disse omstændigheder må indregnes i en given model således at konsekvenserne af en HH-togtunnel på bedste måde kan afdækkes.

Visionen med den faste HH-jernbaneforbindelse er en Øresundsringbane Helsingør – København – Malmö – Helsingborg – Helsingør, hvor en rejse Øresund rundt kan gennemføres på præcis 2 timer. Det vil hermed betyde at alle rejsemål i regionen kan nås på højst 1 time. Dette betyder samtidig at forbindelsen ud fra et pendlingsperspektiv er særdeles interessant.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Visionen om en Øresundsringbane.

Tunnelen trafikeres desuden med "Europatog" Oslo/Göteborg/Stockholm – København og videre via en fast Femer – Bælt forbindelse til Tyskland.

Det forudsættes også i scenarierne, at Kystbanen er udbygget med et ekstra 3. spor på en delstrækning for at muliggøre overhaling med Europatoget. Europatoget kører på eget spor fra Stockholm til Helsingborg i Europakorridoren.

Data beskrivelse

Den nuværende trafik over Øresund ses nedenfor i tabel 1. Portsnittene er omregnet fra de originale kilder (Shippax Information) der er angivet i totale personer per år til antal personer per døgn på de enkelte porte.

Port	Transportmiddel	Årsdøgnsnit
Øresund	Bil	22844
Øresund	Kollektiv	13522
Flyvebåde	Bil	0
Flyvebåde	Kollektiv	2915
HH	Bil	18923
HH	Kollektiv	12616
i alt		70820

Tabel Fejl! Ukendt argument for parameter.: Øresundstrafik anno 2001. Trafikken er angivet som årsdøgnsnit (trafik pr. gennemsnits døgn) fordelt på portzoner og transportmiddel. Kilde: Shippax Information.

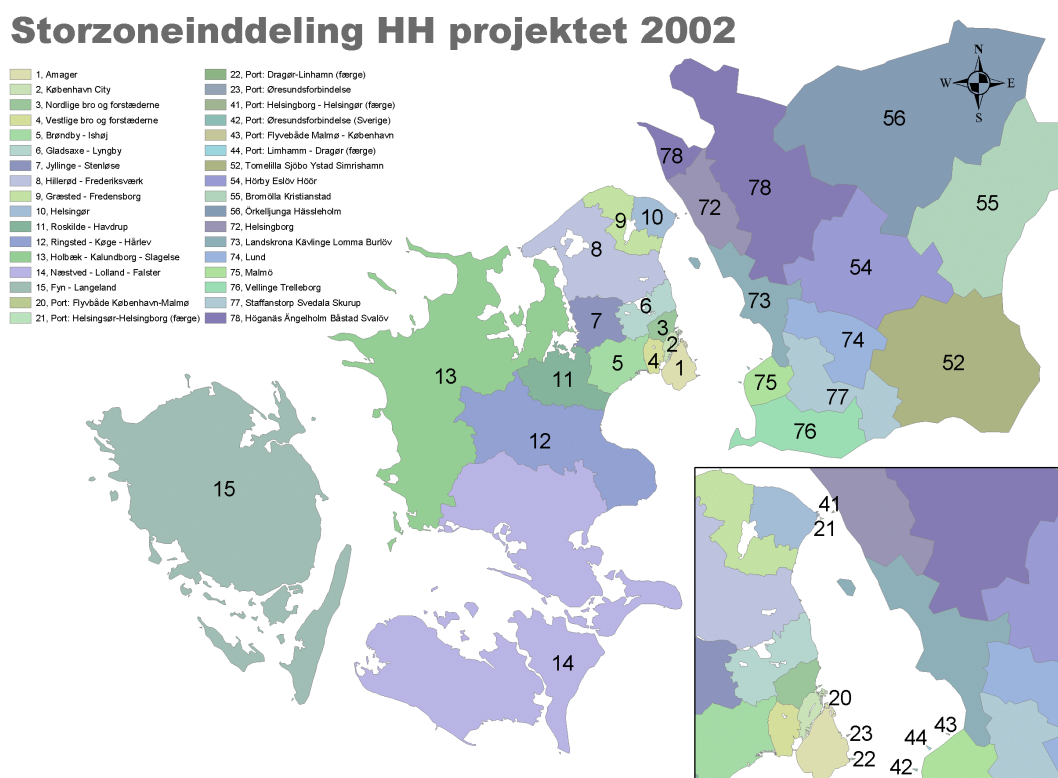
Det kan konstateres, at HH korridoren allerede idag er en ganske seriøs konkurrent til Øresundsbroen målt på både biltrafik og kollektiv trafik. Henved 46% af den samlede trafik (eksklusiv flyvebådstrafik) gennemføres idag på HH korridoren. Dette endda eksklusiv godstrafik, der fortrinsvis benytter HH korridoren. Med henblik på den kollektive trafik over HH korridoren udgør denne totalt set 17,7% af den samlede trafik svarende til 12616 personer per døgn. Denne trafik udgøres primært af gang-passagerer, men også i nogen udstrækning af bus passagerer. Da HH modellen baseres på to separate modeller for henholdsvis Sverige og Danmark er det nødvendigt at opdele trafikken på oprindelsesland.

Port	Transportmiddel	Årsdøgnsnit - Svenskere	Årsdøgnsnit - Danskere
Øresund	Bil	17361	5483
Øresund	Kollektiv	10277	3245
Flyvebåde	Bil	0	0
Flyvebåde	Kollektiv	1836	1079
HH	Bil	10975	7948
HH	Kollektiv	9588	3027
i alt		50037	20782

Tabel Fejl! Ukendt argument for parameter.: Øresundstrafik anno 2001 fordelt på portzoner, transportmiddel og oprindelsesland. Kilde: Shippax Information samt COWI 2001 .

Det er væsentligt at bemærke, at svenskere meget hyppigere end danskere rejser over Øresund. Ca. 25000 svenskere rejser over Øresund og tilbage, mens kun omkring 11000 danskere rejser modsat. Dette skal ses i lyset af at populationen på den svenske side er mindre end den danske. Tallene, der beskriver disse forskelle, er blandt andet hentet fra Shippax Information samt fra en COWI rapport, der beskriver trafikken på Øresund baseret på en markedsanalyseundersøgelse for november 2001. Disse tal er desuden blevet holdt op mod tal fra en undersøgelse foretaget af Øresund Network AB. Denne undersøgelse har både elementer af RP og SP og danner grundlag for udarbejdelsen af det såkaldte Øresundsindex.

Hvad angår geografisk udstrækning foreslås det, at modellen i Danmark kun dækker Danmark øst for Storebælt. Dels må trafikken mellem Fyn og Sverige (bortset fra lang-distance trafik, der næppe ændrer omfang, men måske rute) antages totalt set at være mindre påvirket af HH og af mindre omfang end trafikken fra Sjælland, dels vil dobbelt betaling såvel over Storebælt som Øresund medføre en yderligere kompleksitet i modelopbygningen, der ikke synes rimelig i forhold til budget og tidsplan.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Geografisk inddeling i forbindelse med portzone modellen.

Skillelinien for modellen i Sverige er Skåne. Det har været overvejet at udvide modellen til et større område, men dette er ikke entydigt simpelt, fordi man så ville skulle operere med en række meget store zoner med ganske ringe befolkningsgrundlag. En sådan inhomogen

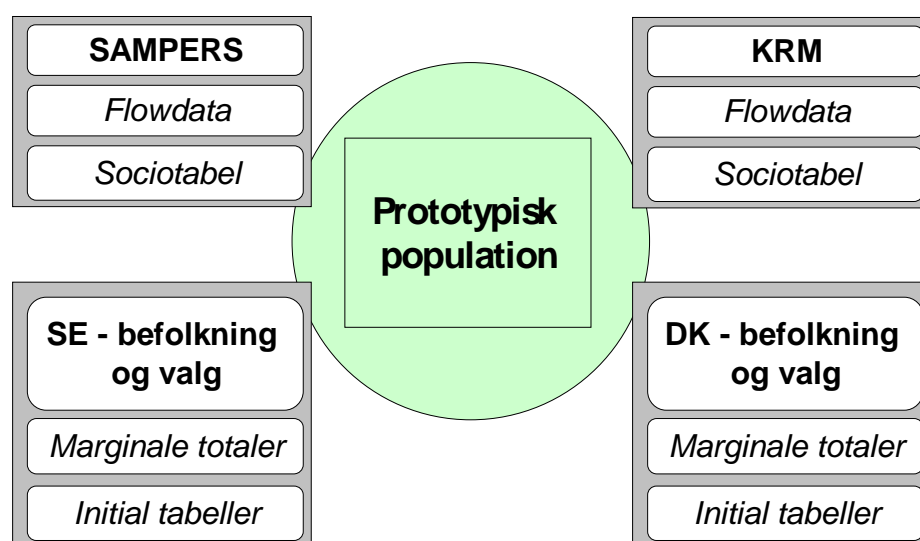
zonestruktur hvad angår størrelse og tæthed kan efterfølgende give problemer med estimationen af modellen.

Der opereres således med en ekstra dansk og svensk portzone til omverdenen, hvor igennem eksempelvis Europatog fra Stockholm til det øvrige Europa og Danmark vil gå. Størrelsesordenen af dette langsigtede trafikpotentiale for lange ture er analyseret i en separat undersøgelse foretaget af Atkins Danmark.

KRM og SAMPERS som datakilder

Der findes ikke for øresundsregionen et samlet konsistent datasæt for individers rejseadfærd. Der findes imidlertid internt i Sverige og Danmark detaljerede datakilder for den interne landtrafik. Herudover findes der relativt pålidelige tal for trafikken over bæltet på de forskellige portzoner opdelt på transportmidler. Yderligere findes der fra SAMPERS og KRM estimater af fordelingen af rejser over bæltet fordelt på destinationer (omregnet til storzoner), formål og transportmidler. Et problem er, at disse data er skabt ud fra en prognose beregning og derfor ikke er korrekte. Der er således store variationer mellem observeret trafik 2001 og den i SAMPERS og KRM genererede trafik, hvad angår fordelingen på turformål, men også til dels på mode-fordelingen. Teknikken vi har anvendt, er derfor at opregne et syntetisk mikro sample under en række marginale restriktioner. På den måde sikrer vi os, at data er balanceret på et overordnet niveau. Som det ofte er tilfældet i model projekter, har konstruktionen af data været en relativt tidskrævende proces. Vi har skulle sikre konsistens mellem forskellige modeller, mellem en lang række datakilder med forskellige formater og oftest med modsat rettede resultater, samtidigt med at både populationen og infrastrukturen (med afledte effekter på rejsetider) har skulle beskrives helt frem til 2015 og 2030.

Selve databehandlingen er relativt omstændelig, fordi datakilder fra DK og SE grundlæggende er inkonsistente. Der er derfor en lang række datamodeller knyttet til konstruktionen af en endelig prototypisk population. De væsentligste elementer er illustreret nedenfor i figur 2.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.: Datakilder ved konstruktion af den prototypiske population.

Fra SAMPERS fås dels flowdata, dvs. antal personrejser mellem storzoner fordelt på formål og transportmidler og dels en tabel for den socioøkonomiske sammensætning i storzonerne opdelt på køn, alder og erhvervstilknytning. Disse to tabeller er ikke som udgangspunkt forenede, således at rejseadfærden er opdelt på hver enkelt sociogruppe. Derfor introduceres en række "initial tabeller", som med udgangspunkt i andre datakilder sammen med andre "marginale totaler" danner udgangspunkt for konstruktion af en syntetisk prototypisk population, hvor valg og socioøkonomisk status er krydsede. Denne konstruktion er baseret på en iterativ proportional fitting procedure, der forsøger at bevare strukturen i en initial matrix samtidigt med, at den overholder en række begrænsninger på søjle og række summer. For KRM modellen er processen mere eller mindre identisk.

I scenarier konstrueres på samme måde prototypiske befolkninger, der opfylder overordnede betingelser for den fremtidige befolkningssammensætning anno 2015 og 2030. Hertil kommer, at rejsetider og rejseomkostninger samt erhvervsmønstret ændrer sig.

Model beskrivelse

Indenfor transport efterspørgselsmodeller anvendes sædvanligvis stokastiske nytteteoretiske modeller, hvor man forsøger at estimere individernes indirekte nyttefunktion. Herved bliver det muligt, på en indirekte måde, at afdække præferencer og dermed efterspørgsel i relation til et givent beslutningsproblem. For HH modellen anvendes på en lignende måde en nested logit struktur, men med den forskel fra sædvanlige mikromodeller, at vi ikke modellerer socioøkonomiske præferencer, men håndterer socioøkonomiske variationer gennem en forudgående vægtning af de enkelte observationer i logit modellen. I denne model repræsenterer en observation en sociogruppe af prototypiske individer, der foretager det samme valg i beslutningsrummet. Baggrunden for denne modelstruktur er, at siden vi ikke kender individernes socioøkonomiske status i detaljer og derfor skal konstruere et syntetisk mikro sample forud for en mikromodel, så vil en model altid i sidste ende replikere de betingelser, vi fastlagde ved konstruktionen af samplet. Med andre ord vil den socioøkonomiske variation ikke fortælle os noget om den reelle socioøkonomiske variation i samplet, men udelukkende noget om teknikken bag udtrækket. Den vægtede logit model rummer imidlertid god mulighed for at håndtere socioøkonomiske scenarier ved at anvende et andet sæt af vægte, der er estimeret ud fra andre marginale totaler. På denne vis er det forholdsvist enkelt at gennemregne effekterne af et ændret befolkningsmønster. I relation til projektets overordnede sigte er der ikke nogen ulemper ved metoden. Man fanger gennemsnitspræferencer for sociogrupper og ikke detail- information for de enkelte individer. Opdelingen i sociogrupper er relativ grov, som det ses nedenfor i tabel 3

Køn	Alder	Erhverv	Land / Zone
1 (mand)	1 (0-18 år)	0 (Ikke erhvervsaktive)	DK, 1...15
2 (kvinde)	2 (19-24 år)	1 (Erhvervsaktive)	SE, 1...11
	3 (25-29 år)		
	4 (30-64 år)		
	5 (65- år)		

Tabel Fejl! Ukendt argument for parameter.: Definition af sociogrupper.

For Danmark er der således i alt $2*5*2*15 = 300$ sociogrupper, mens der på den svenske side opereres med $2*5*2*11 = 220$ sociogrupper, fordi antallet af storzoner er 11 og ikke 15. Hver sociogrupper er yderligere defineret ud fra hvilke valg, de foretager. De valg, der opereres med, er vist i tabel 4 nedenfor.

Formål	Port	Transportmiddel	Destination
1 (Bolig-Arbejde)	1 (Øresund)	1 (Bil)	1...15 Dk
2 (Erhverv)	2 (Flyvebådene)	2 (Kollektiv)	1...11 Se
3 (Fritid/Ærinde)	3 (HH)		

Tabel Fejl! Ukendt argument for parameter.: Definition af valgsæt.

Hvis tabellerne for henholdsvis sociogrupper og valg krydses, fås en komplet valg-socio tabel på $300*(3*2*15 + 3*3*2*11) = 86400$ indgange for den danske side og $220*(3*2*11 + 3*3*2*15) = 73920$ indgange for den svenske side. En række af disse potentielle kombinationer findes selvsagt ikke i data, og derfor er tabellerne typisk en anelse mindre. Det er dog konstruktionen af disse tabeller, vha. "Iterativ proportional fittings" rutiner, der er det helt centrale i databehandlingen. Det helt store dataarbejde opstår, når de ovennævnte tabeller, hvor hver indgang repræsenterer et givent antal prototypiske individer, skal udvides til også at indeholde valgalternativer. Det vil for den danske side sige en yderligere forøgelse af antal observationer til $86400*(2*15 + 3*2*11) = 8294400$ og for den svenske side til $73920*(2*11 + 3*2*15) = 8279040$. Bemærk her, at formål ikke inddrages som valg, men som markedssegment. Med andre ord estimeres der 3 modeller for hver land, en for hvert formål. Herved tages der højde for, at forskellige formål typisk har forskellige fordelinger på rejselængden, men også anderledes attraktioner som typisk kan give forskelle i de estimerede parameterverdier.

De eneste variable, der findes i modellen, er således udover en vægt, der repræsenterer størrelsen af de enkelte sociogrupper, attraktioner, rejsetider, rejseomkostninger, alternativ specifikke konstanter samt eventuelle parametre hørende til modellens logsummer. De alternativ specifikke konstanter sikrer, at modellen er balanceret og dermed (totalt set) fitter perfekt i basisåret. Denne egenskab kendes også fra en dobbeltbegrænset gravitationsmodel.

At estimere trafikefterspørgsler over nye faste forbindelser mellem lande er vanskeligt, fordi sådanne projekter først over forholdsvis lang tid realiserer deres fulde potentiale. Integration mellem lande og forskellige kulturer kommer således ikke fra dag ét, fordi en fast forbindelse etableres, men sker først langsomt ved at arbejdsmarkedet og de forskellige kulturer smelter sammen. For at imødekomme denne kritik er de underliggende trafikmodeller bygget til at estimere minimums og maksimums grænser for trafikken over bæltet. Minimums grænsen etableres ved at betragte en situation med ”ingen yderligere integration” i forhold til integrationen anno 2001. Maksimum grænser skønnes at kunne etableres ved at udvide en dansk, henholdsvis svensk model, med zoner fra den anden side af bæltet og simulere trafikstrømme til og fra disse zoner som om disse nye zoner opførte sig som de interne lande zoner. En opstilling af de fire modeller ses nedenfor.

1. **DK-MIN:** Model med et 2001 integrationsniveau. Rejseadfærd for danskere internt i DK og over bæltet. Er estimeret udfra faktisk intern dansk trafik samt trafik over bæltet 2001 til svenske zoner
2. **SE-MIN:** Model med et 2001 integrationsniveau. Rejseadfærd for svenskere internt i SE (skåne) og over bæltet. Er estimeret udfra faktisk intern svensk trafik samt trafik over bæltet 2001 til danske zoner.
3. **DK-MAX:** Model med maksimum integration. Rejseadfærd for danskere internt i DK og til ”interne svenske zoner” over bæltet. Er estimeret udfra faktisk trafik internt DK 2001.
4. **SE-MAX:** Model med maksimum integration. Rejseadfærd for svenskere internt i SE og til ”interne svenske zoner” over bæltet. Er estimeret udfra faktisk trafik internt i SE 2001.

For alle modellerne estimeres separate modeller for 3 tur formål. Disse er Bolig-arbejde (inklusive Bolig-studie), Erhvervs ture og andre ture (inklusive fritidsture). Det var oprindeligt planlagt at Bolig-studie ture skulle behandles separat, men datagrundlaget viste sig efterfølgende at være for spinkelt.

Fra O-D tal til rejseaktivitet

Et af de mange problemer, det forhåndsværende datagrundlag har givet anledning til, er differentieringen mellem de kendte O-D tal som leveret af KRM og SAMPERS og de faktiske rejseaktiviteter mellem zonerne. Eftersom O-D tallene angiver døgntrafik, vil O-D matricen altid være omtrent symmetrisk, fordi langt de fleste personer også skal hjem den pågældende dag. Det er et problem for den diskrete valgmodel, fordi attraktionerne i modellen bliver misspecificerede. Sagen er, at en del af trafikken (i gennemsnit halvdelen) er ”retur-trafik” og ikke et resultat af en egentlig attraktion. Man er således nødt til at beregne andelen af ”retur-trafik” på de enkelte zone par og justere den tilhørende vægt i forhold til denne procentdel. Som sådan indgår der derfor to typer af vægte i modellen, en vægt, som angiver den faktisk motiverede trafik i systemet (eksklusiv retur-rejser) og en vægt, som angiver alle strømme

mellem alle zoner. Den første vægt anvendes i estimationen af modellen, mens den anden anvendes, når vi skal opskalere resultater til brug for assignment modellen.

Afsluttende diskussion af modelstruktur

Vi vil her, uden at dykke ned i konkrete resultater, forsøge at beskrive en række af de problemer, modeludviklingen har givet anledning til. Indledningsvis vil vi dog gerne påpege det paradoksale i, at datagrundlaget for Øresundsrejser er så forholdsvis sporadisk, som det er tilfældet. Der findes ikke nogen samlet løbende transportvaneundersøgelse, som inddrager både danskere og svenskere. Vi efterspørger her en undersøgelse, hvor socioøkonomisk variation indgår sammen med personernes daglige aktivitetsmønster. I den forbindelse har vi i projektet anvendt meget tid på at sammenstykke et fornuftigt billede af transportaktiviteterne i regionen, et billede som er ”konstrueret”, og derfor ikke indeholder den variation, man ville finde i et observeret survey.

Den anvendte stokastiske nytteteoretiske modelramme har i sig selv ikke være problematisk. Det er mere et spørgsmål om, at de data og forudsætninger man har lagt til grund, ikke har været realistiske. Modellen giver således på en forholdsvis let måde effekter af fremtidige befolknings sammensætninger og den erhvervmæssige udvikling. Dernæst er modellen også forholdsvis succesfuld i sin modellering af de forskellige konkurrenceforhold mellem ruter og transportmidler. Det væsentligste problem er, at den komparative statiske modelramme ikke rummer mulighed for at inddrage langsigtede effekter på bolig- og arbejdsmarkedet på en tilfredsstillende måde. Modellen fanger eksempelvis ikke migrationseffekter, hvor danskere flytter til Sverige på grund af de billigere huspriser. Dette betyder generelt, at modellen kraftigt vil undervurdere trafikspringet for specielt boligarbejdsstedsrejser og i mindre omfang erhvervsrejser. Omvendt vurderer vi, at fritids/ærinde ture bliver overvurderet i modellen. Problemet er, at der i dag findes et meget højt antal landgangspassagerer på de forskellige færgeforbindelser over HH. Et højt udgangsniveau anno 2001 giver også et højt fremskrevet niveau (de relative ændringer i trafikspringet fordelt på de forskellige formål er omtrent ens), mens et lavt niveau for boligarbejdsstedsrejser ligeledes giver et lavt fremskrevet niveau. Endeligt er det problemer med de officielle befolkningsprognoser på den svenske side. Fra 2015 til 2030 falder befolkningsgrundlaget og antallet af arbejdspladser, hvorved trafik-attraktionen bliver mindre. Da vi har anvendt officielle svenske prognoser er problemet et spørgsmål om, at man fra officielt hold begynder at overveje befolknings og erhvervsudvikling i et mere realistisk ”integrationsperspektiv”.

Vi har forsøgt at imødekomme en række af problemerne ved på anden vis at fremskrive trafikken i en række scenarier der beskriver fuld integration. Dette er af andre grunde en vanskelig øvelse og vi har i den forbindelse valgt at supplere den endelige analyse med en række mere overordnede overvejelser omkring bolig-arbejdsstedstrafikken. Blandt andet kigger vi på befolkningsvæksten på den danske omkring HH korridoren.