

Energiforbrug og emissioner fra togdrift i Danmark

Miljøchef Ulrik Winge, DSB

Indledning - Bæredygtighed i transportsektoren

Et af de største globale miljøproblemer - måske det største - er det stadigt stigende energiforbrug baseret på afbrænding af fossile brændsler (kul, olie og gas) og den deraf følgende luftforurening, som truer med at ændre jordens klima.

En væsentlig del af dette energiforbrug går til transport, og dette forbrug er stadig stigende. Derfor er der specielt fokus på transportsektoren i bestræbelserne for at sikre en bæredygtig udvikling.

Den globale skala er vigtig, fordi den sætter de yderste grænser for hvad omgivelserne kan tåle; i lokal skala er der altid i et eller andet omfang mulighed for at eksportere problemerne til andre. Man taler derfor om "det økologiske råderum", der skal forstås som den mængde ressourcer, miljøkvalitet og tilladt forurening, der er til rådighed, uden at de samme muligheder ødelægges for vore efterkommere eller for andre indbyggere på kloden.

Transportsektoren står for en 1/5 af det samlede energiforbrug i Danmark, og udviklingen går ikke i bæredygtig retning. Den samlede transport af personer og gods stiger, og selv om transportmidlerne stadig gøres mere miljøvenlige, er resultatet stigende ressourceforbrug og forurening. Uden nye initiativer er det fra regeringen vurderet, at der vil ske en stigning i transportsektorens CO₂-udledning på ca. 16% frem til år 2005 og med 26% frem til år 2030.

Transportsektorens økologiske råderum er ikke veldefineret og er i virkeligheden et spørgsmål om hvor meget af samfundets råderum der bruges på transport, og hvor meget der reserveres til andre opgaver. Ifølge Miljø- og Energiministeriets debatoplæg "Danmarks energifremtider" fra 1995 skønnes Danmarks samlede CO₂-emission at skulle reduceres til en tiendedel af nutidens niveau i løbet af næste århundrede.

Fordelt på hver indbygger med nutidens energifordeling og teknologi vil dette betyde, at vi hver dag kan lade os transportere:

12 km i IC3-tog eller

4 km i bil eller

2 km i fly

Eksemplet viser, at der er behov for store forbedringer i transportmidlernes energieffektivitet, men også at der er stor forskel på, hvor langt vi kan tillade os at rejse med forskellige transportmidler.

Udfordringen på transportområdet er derfor klar: Transporten skal indrettes så samfundet bevarer stor/nødvendig mobilitet samtidig med at miljøbelastningen reduceres kraftigt.

Jernbanens rolle

DSB vil yde et væsentligt bidrag til at nå dette mål. Bruges jernbanen rigtigt, har den en række miljømæssige fordele i forhold til de konkurrerende transportformer. Først og fremmest kan tog transportere personer og gods med mindre energiforbrug og mindre luftforurening end de konkurrerende

transportformer, og mulighederne for yderligere forbedringer er store. DSB vil derfor være en central medspiller i bestræbelserne for udvikling af bæredygtig mobilitet i samfundet.

DSBs miljøudfordring er at udbyde transport, der både er konkurrencedygtig og miljørigtig. Vi skal hele tiden forbedre os på miljøområdet, men samfundet får kun glæde af miljøfordelen, når kunderne bruger toget. Derfor er det vigtigt at konstatere, at der er sammenfald mellem de konkurrencemæssigt og de miljømæssigt stærkeste produkter.

De største miljøfordele ved jernbanetransport findes indenfor fjerntrafik med passagerer og gods samt i de store byers myldretidstrafik, altså der hvor mange mennesker eller meget gods skal flyttes på samme tid. DSB er meget bevidst om, at den afgørende faktor for jernbanens miljøfordel er kapacitetsudnyttelsen. Næsten tomme passagertog eller godstog med meget små godsmængder er ikke miljørigtig transport.

Afgrænsning

Transportsektorens miljøproblemer er omfattende: Ud over energiforbruget og luftforureningen kan nævnes støj, påvirkning af natur og landskab, barriereeffekt, kødannelser og ulykker. Og til transportarbejdet er knyttet håndtering af kemikalier og brændstoffer, ressourceforbrug til de tilknyttede driftsfunktioner, bortskaffelse af affald osv. Dette paper omhandler kun energiforbrug og luftforurening. DSBs miljøarbejde omfatter imidlertid også en lang række andre miljøpåvirkninger, hvilket fremgår af DSBs miljøstrategi, som blev udgivet i juni 1996/1/. Det er i øvrigt DSBs anden. Den første blev udgivet i 1992. Når der i det følgende tales om togets miljømæssige konkurrencesituation dækker dette således energiforbrug og luftforurening sammenlignet med de øvrige transportformer bil, bus og fly.

Togets miljømæssige konkurrencesituation - nutid

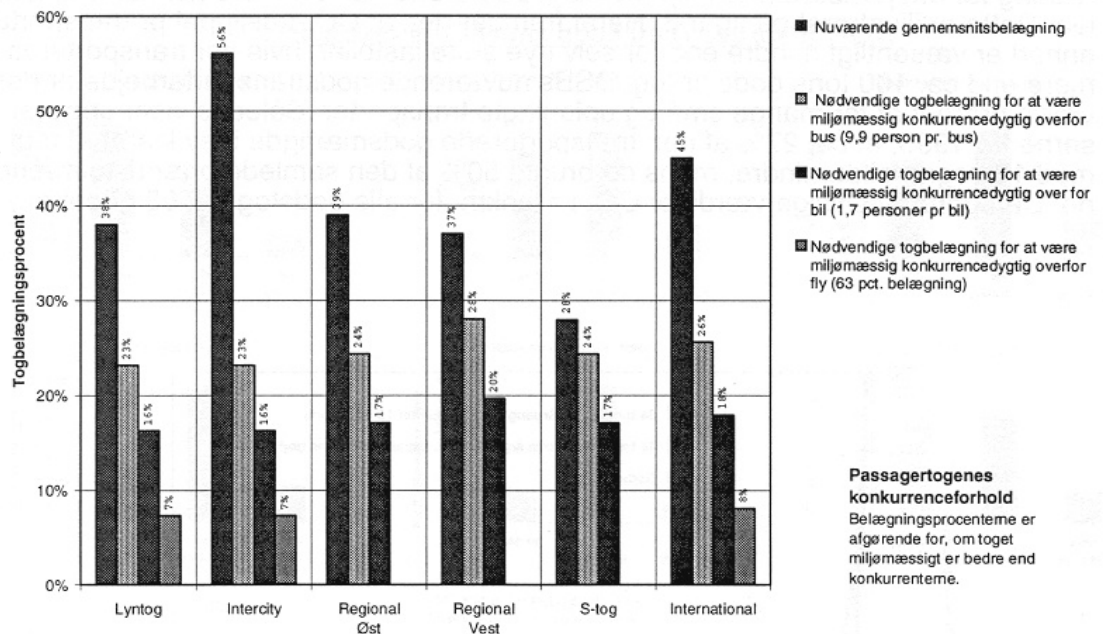
Uanset, at jernbanen har et naturligt miljømæssigt fortrin, er belægningsprocenten det helt centrale element når energiforbrug og emissioner sammenlignes med andre transportformer.

Ser man på DSBs passagerproduktudbud som helhed, viser figur 1, at alle produkt er miljømæssigt konkurrencedygtige, når det gælder CO₂, pr personkm.

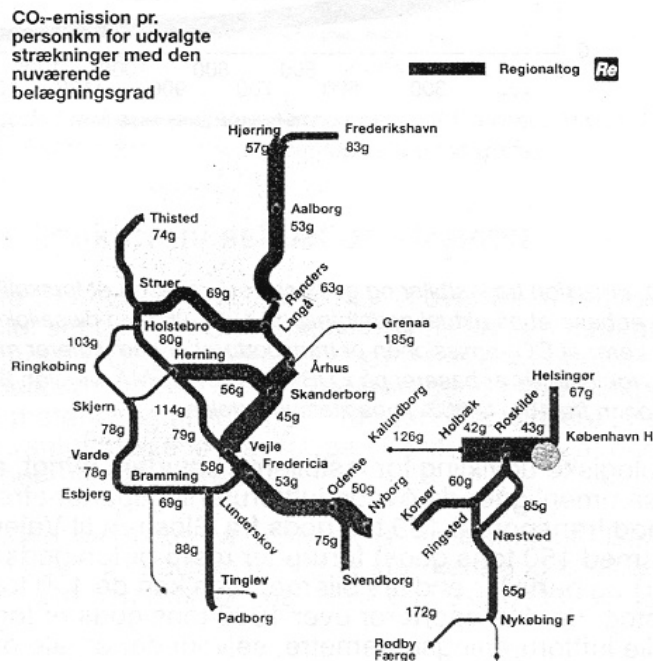
Miljøbelastningen fra lyntogstrafikken og den internationale togtrafik er - selv med relativt få passagerer i togene - mindre end fra flytrafikken. InterCitytrafikken, som har høje belægningsprocenter og bruger lette IC3-togsæt er klart mindre miljøbelastende end fly, bil og bus, især når det gælder CO₂, og energiforbrug.

Regionaltog og S-tog er også miljømæssigt et bedre valg end bil og bus. Men billedet her er mere broget. F.eks. kan tyndt belagte dele af regionaltogstrafikken med det nuværende materiel og den nuværende belægning ikke konkurrere miljømæssigt med bussen og nogen steder heller ikke med bil. Det fremgår af figur 2.

S-togstrafikken er i myldretiden, hvor belægningen er høj (ca. 45%), langt mindre miljøbelastende end bilerne, men den kører i gennemsnit med så lave belægningsprocenter, at konkurrencefordelen er mere beskeden. Men så har S-toget den fordel, at den ikke forurener byluften lokalt og dermed heller ikke belaster beboernes sundhed.

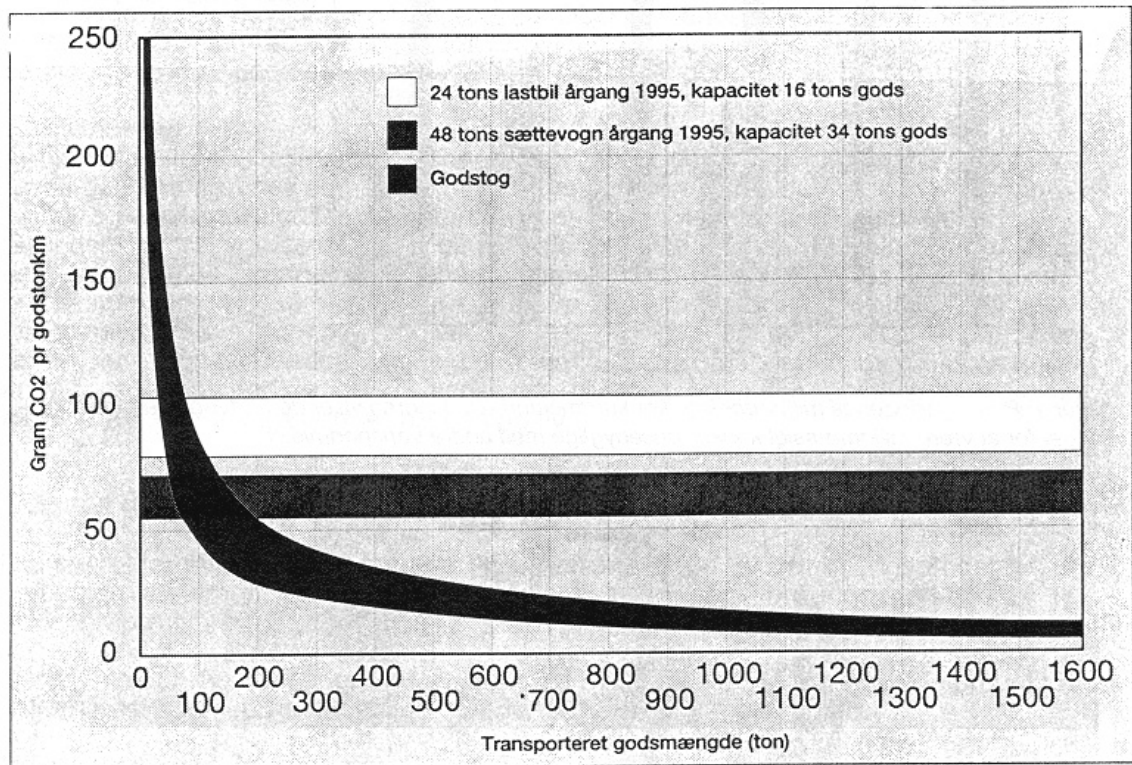


Figur 1: Passagertogenes miljømæssige konkurrenceforhold. Figuren viser de nødvendige togbelægninger for at være miljømæssigt konkurrencedygtige med andre transportmidler.



Figur 2: CO₂-emission pr personkm. for udvalgte regionaltogstrækninger med den nuværende belægningsgrad. Bemærk, at en tynd linie betyder høj CO₂-emission pr personkm.. Eksempler på CO₂-emission for andre transportmidler: Bil: 117 g/pkm (1,7 person pr bil), Bus: 82 g/pkm (9,9 personer pr bus). Beregnet vha. EDB-modellen TEMA, version 2, 1996.

Også for godstog er belægningen og den samlede godsmængde af afgørende betydning for om jernbanen er miljømæssigt bedre end den primære konkurrent, lastbilen. Dette er illustreret på figur 3. Heraf fremgår det, at CO₂-udslippet pr transporteret enhed er væsentligt mindre end for selv nye store lastbiler, hvis der transporteres mere end ca. 100 tons gods pr tog. DSBs nuværende gods-transportarbejde er desværre præget af for mange små og uplanlagte transporter. Således viser opgørelserne fra 1995, at ca. 27% af den transporterede godsmængde blev klaret af tog med 12 vogne eller mindre, mens de brugte 50% af den samlede brændstofmængde. Den gennemsnitlige værdi for CO₂ pr tonkm. for alle godstog var 53 g/tonkm.

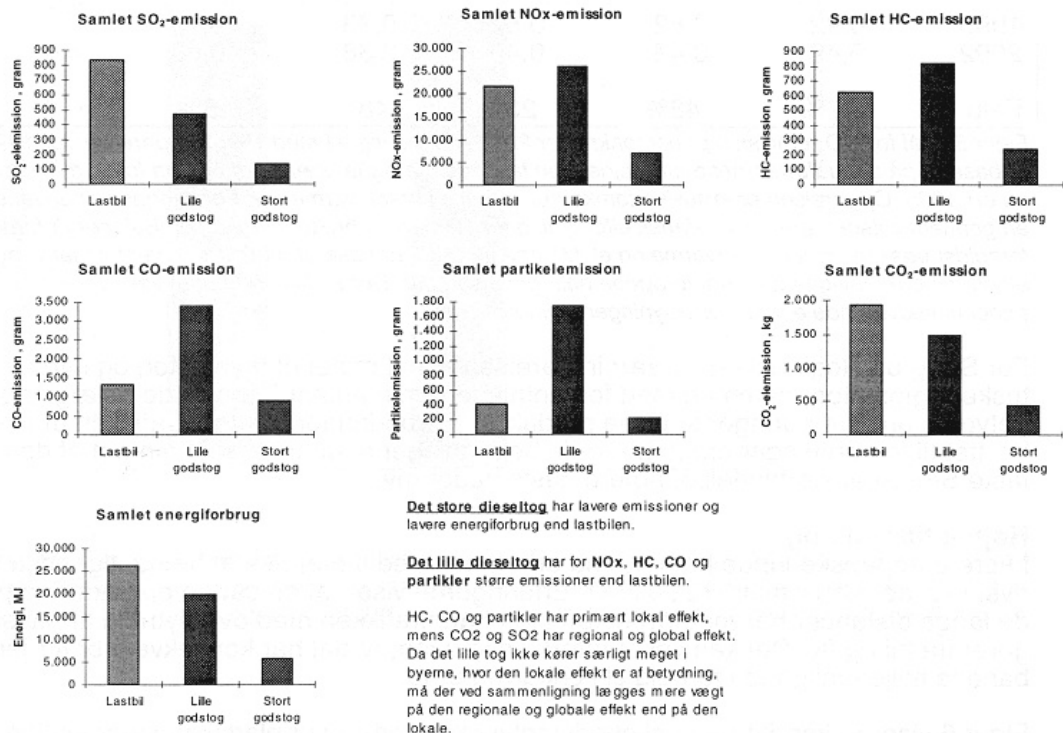


Figur 3: CO₂-emission fra lastbiler og godstog ved transport af forskellige godsmængder. Opgørelsen for godstog er baseret på aktuel godstransport 1994-95 med diesellokomotiver af GM-typen. Kurvens bredde illustrerer at CO₂-emissionen pr transporteret enhed varierer med belægning, hastighed mv. Opgørelsen for lastbiler er baseret på EDB-modellen TEMA, version 2. De angivne intervaller viser CO₂-emissionen fra 40% til 60% kapacitetsudnyttelse.

Den teknologiske udvikling for lastbilerne betyder i øvrigt, at nye lastbiler står stærkt, når man sammenligner de øvrige luftforureningsparametre. På figur 4 er vist et eksempel med transport af 150 tons gods fra Glostrup til Vejen. Figuren viser, at et "lille godstog" (med 150 tons gods) forurener mere pr ton gods med NO_x, CO, HC (kulbrinter) og partikler end lastbilerne. Men kan de 150 ton transporteres med et stort godstog, der transporterer over 1000 tons gods er toget et miljømæssigt bedre valg for alle luftforureningsparametre, selvom der er tale om diesellokomotiver, der er over 20 år gamle. Eksemplet viser betydningen af, at jernbanen udnyttes på den rigtige måde til godstransport: Til transport af store mængder gods over lange afstande.

DSB opgør årligt energiforbrug og luftforurening fra togtrafikken. Resultaterne fremgår af /1/.

Transport af 150 tons gods fra Glostrup til Vejen



Figur 4: Transport af 150 ton gods fra Glostrup til Vejen med hhv. lastbil (beregnet vha. EDB-modellen TEMA, version 2), lille godstog (150 ton gods) og stort godstog (1300 ton gods).

Togets miljømæssige konkurrencesituation - fremtid

Med åbningen af den faste Storebæltsforbindelse står vi over for et løft for jernbanetrafikken i Danmark. Samlet set betyder Storebæltsforbindelsen en markant styrkelse af jernbanens konkurrenceevne. DSB kommer til at køre mere og hurtigere. Dette giver i sig selv større miljøbelastning. Men samtidig vil forøgede belægningsprocenter, udrangering af det gamle materiel og afslutning af færgedriften trække i den rigtige retning. I det nuværende transportbillede står færgen f.eks. for 56% af energiforbruget på en togrejse fra København til Århus /1/.

DSB har med sin miljøstrategi sat fokus på jernbanens produktudbud. Det skal først og fremmest omfatte produkter, der miljømæssigt er stærkere end konkurrenterne. I den forbindelse skal man være opmærksom på, at bil og bus også hele tiden forbedrer sig miljømæssigt.

DSBs mål 2002

DSBs mål for CO₂-emissionen pr personkm. i år 2002 er vist i figur 5. Vi vil årligt følge om udviklingen går i den rigtige retning, hvilket vil fremgå af DSBs grønne regnskaber, som udsendes første gang for 1996.

	S-tog	Regional	InterCity	Lyntog	International
1995	0,92	0,82	0,52	0,73	0,74
2002	0,49	0,43	0,40	0,38	0,68
Fald	47%	48%	23%	48%	8%

Figur 5: Mål for CO₂-emission pr personkm. for 2002 sammenlignet med 1995. Opgørelsen for 1995 er baseret på det udførte transportarbejde, den tankede mængde brændstof og den forbrugte mængde el i 1995. Opgørelsen er inklusive tomkørsel, materielkørsel, varme mv. For eltogene er anvendt en gennemsnitsbetragtning for dansk elforsyning for 1995, hvor bruttoenergi og emissioner er fordelt forholdsmæssigt mellem fjernvarme og el. Målene for 2002 er baseret på DSBs forventninger til øget eldrift, højere hastigheder samt forøgede belægningsgrader. Der er ikke indregnet væsentligt forøget andel af vedvarende energi i elforsyningen. Kilde: /1/.

For S-tog og Regionaltog vil især indførelsen af nyt materiel (nye S-tog og nye elektriske regionaltog) sammen med forventninger om markant forbedrede belægninger betyde store forbedringer af disse produkter. Forbedringer i lyntogstrafikken er især knyttet til forventninger om forbedrede belægninger som følge af åbningen af den faste Storebæltsforbindelse, højere hastigheder mv.

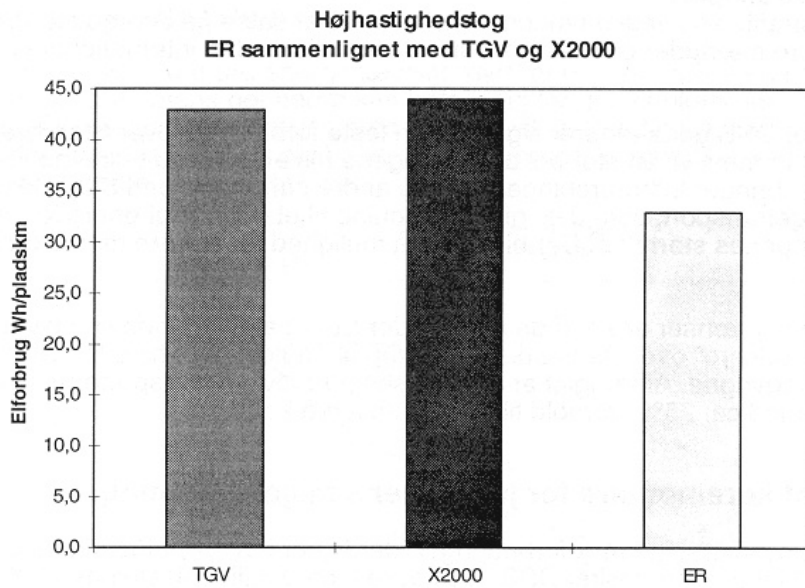
Højhastighedstog

I flere europæiske lande har man nu erfaringer med indførelse af højhastighedstog, dvs. tog, der kører mindst 200 km/t. Erfaringerne viser, at en sådan opgradering på de lange distancer har medført et løft i jernbanetrafikken med overflytning af passagerer fra bil og fly. Det kan vel at mærke ske uden, at det har konsekvenser for jernbanens miljøvenlighed i forhold til konkurrenterne.

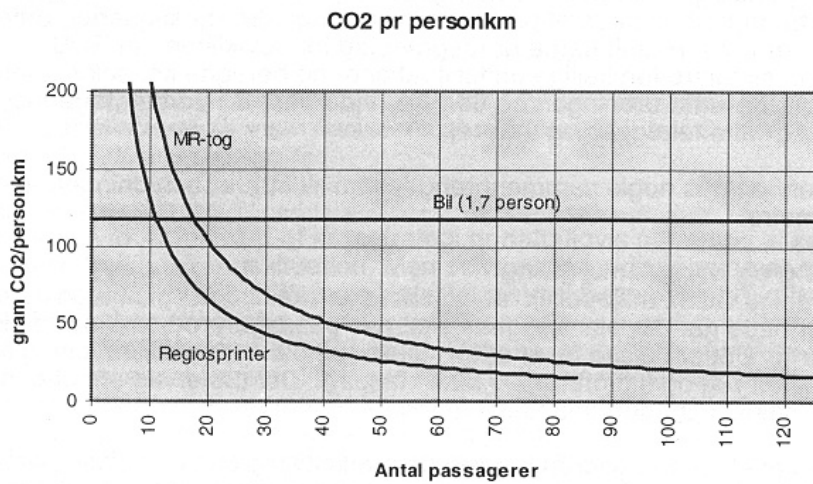
Figur 6 viser to kendte højhastighedstogtypers elforbrug pr pladskm. sammenlignet med det nye elektriske regionaltog. Figuren viser, at der pr plads ikke er tale om væsentligt forøget elforbrug med de høje hastigheder. Det skyldes, at togene holder den høje hastighed over længere afstande (minimum 100 km) f.eks. svarende til en højhastighedsforbindelse mellem København og Ålborg med stop i Odense og Århus, mens regionaltogoperatøren opererer med mange stop og dermed energikrævende accelerationer. Indførelse af højhastighedstog, der opererer med høje belægningsprocenter vil derfor være et godt bud på hurtig miljørigtig transport mellem landsdelene.

Regionaltogsdrift på yderstrækningerne

DSB er gået i gang med at gennemgå sit produktudbud for at forbedre det miljømæssigt. Det står klart, at nyt attraktivt, meget lettere og mere fleksibelt materiel er nødvendigt, hvis jernbanetransport skal være miljørigtig i forhold til bil og bus, der hvor transportbehovet er relativt lille. Figur 7 sammenligner DSBs nuværende regionaltogsmateriel (MR), de nye "Regiosprinter"-tog og privatbiler. Figuren viser, at der skal være godt 20 personer med MR-toget før det er miljømæssigt konkurrencedygtigt med bil (bilernes belægning er i gennemsnit 1,7 person). Figuren viser også betydningen af, at materiellet tilpasses transportbehovet. Således giver regiosprinterens ca. 40% mindre CO₂-udslip pr person end MR ved transport af 20 personer.



Figur 6: Elforbrug pr pladskm. for højhastighedstog (TGV, Frankrig og X2000, Sverige) sammenlignet med elektrisk dansk regionaltog (ER). Højhastighedstogene er målt ved kørselsmønstre svarende til et evt. dansk højhastighedskoncept. ER-toget er målt i drift som dansk regionaltog. Bemærk at det er netto-elforbrug.



Figur 7: CO₂-emission pr personkm. ved forskellig belægning af regionaltog hhv. MR (DSBs nuværende regionaltog Vest for Storebælt, Regiosprinter (nyt materiel på Nærum banen) samt bil med gennemsnitligt antal passagerer. Data for regiosprinter tilpasset DSB-regionaltogsdrift.

Fremtidens godstransport

For jernbanegodstrafikkens vedkommende ønsker DSB at satse på den godstrafik, der indebærer store mængder over lange afstande dvs. især den internationale trafik.

Miljøsituationen for DSB gods ændrer sig, når den faste forbindelse over Storebælt åbner. Først og fremmest vil en stor del af godstogene blive kørt med eldrevne lokomotiver. Det nedbringer luftforureningen for alle andre parametre end SO₂. Desuden undgås færgetransport, som dels giver anledning til et betydeligt energiforbrug, dels begrænser togenes størrelse. Der bliver altså mulighed for at køre med større tog.

Inden for Danmarks grænser er en af de muligheder Storebæltsforbindelsen giver, etablering af en "godsbro" over Danmark fra Tåstrup til Taulov, hvor hele lastbiler transporteres på togvogne. Afhængigt af udnyttelsesgrad mv. vil transporterens CO₂-udslip reduceres med ca. 25% i forhold til, hvis lastbilerne kørte selv.

Betydningen af køremønstre for jernbanens miljøbelastning.

Ud over de samfundsmæssige miljøforbedringer, der ligger i overflytning af passagerer fra bil og fly til jernbanen ønsker DSB også at reducere miljøbelastningen fra selve jernbanetransporten.

Det kan både ske ved at tilpasse produktionen bedre til behovet, udnytte den teknologiske udvikling til bl.a. at stille høje miljøkrav ved anskaffelse af nyt materiel, samt udvikle og indføre metoder så køreplanlægning og kørsel bliver mere miljørigtig.

DSB gennemførte i 1994 med bistand fra Dansk Teknologisk Institut målinger af energiforbrug og luftforurening fra dieselmateriellet i forskellige driftssituationer og har dermed fået grundlag for langt mere nøjagtige opgørelser af energiforbrug og luftforureningen fra togdriften baseret på togenes køremønstre (hastigheder, antal stop, accelerationer mv.). Resultaterne er nu grundlag for udviklingen af EDB-værktøjer, der kan simulere forskellige driftssituationer og beregne konsekvenserne for energiforbruget og luftforureningen og dermed finde frem til hvordan togenes kørsel ideelt set bør tilrettelægges og udføres.

I det følgende gennemgås nogle sammenhænge, som illustrerer betydningen af de forskellige parametre:

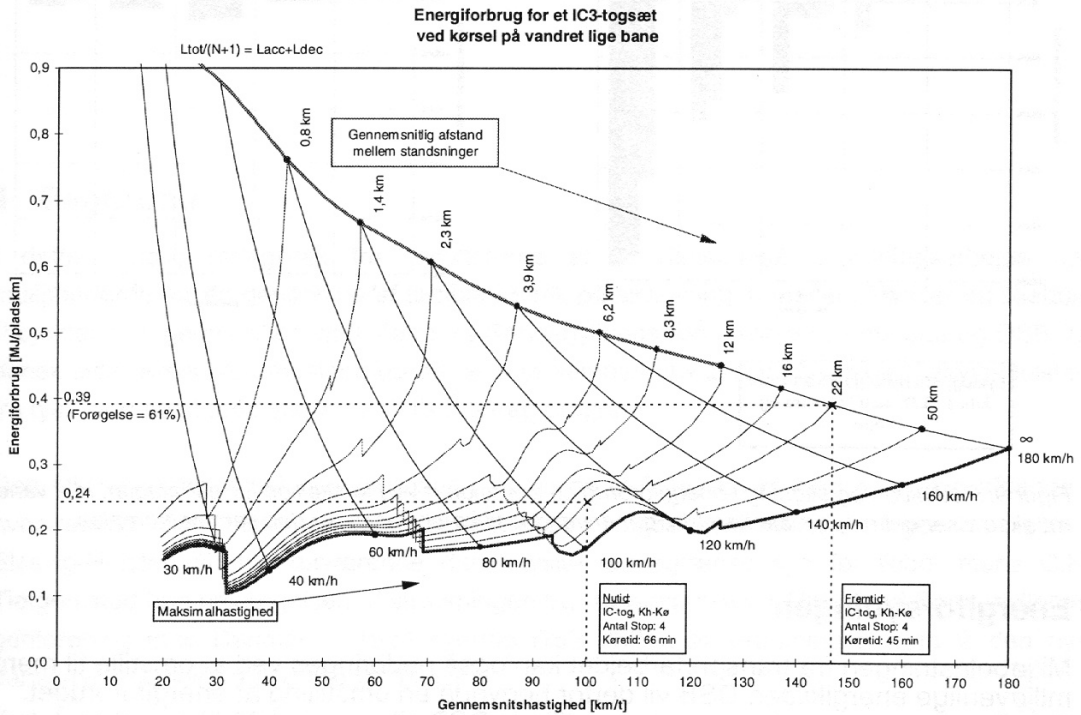
Produktudvikling og køreplanlægning

Det er en vigtig del af DSBs miljøpolitik, at miljøhensyn skal indgå i planlægning og produktudvikling, både når der planlægges f.eks. nye passagerprodukter og når køreplanerne bliver til. Det er i disse faser at en række forhold med stor betydning for togdriftens energiforbrug og luftforurening bliver fastlagt. Det drejer sig om bl.a. om køretider, maksimalhastigheder og antallet af stop.

Sammenhængen mellem energiforbruget (og dermed CO₂ og SO₂) og disse parametre for IC3-tog er illustreret på figur 8. I figuren ses at energiforbruget pr. pladskm. er 0,24 MJ når turen København-Korsør gennemføres på 66 minutter svarende til den nuværende situation. Ønsker man turen gennemført på 45 minutter stadig med 4 stop sker der en dramatisk forøgelse af energiforbruget til 0,39 MJ, fordi en højere maksimalhastighed (180 km/t) er nødvendig. Gennemføres turen derimod uden stop på 45 minutter er det kun nødvendigt med en maksimalhastighed på ca. 150 km/t og der sker ikke en forøgelse af energiforbruget. Som det fremgår af figuren kan rejsetiden nedbringes til 57 minutter gennemsnitshastighed 115 km/t) med 4 stop uden at energiforbruget stiger.

Det er med andre ord energimæssigt "dyrt" at presse rejsetiden ned for tog med mange stop, mens det bedre kan betale sig for gennemkørende tog. Disse hensyn indgår i de hjælpeværktøjer, som

DSB nu vil udvikle til bl.a. køreplanlæggere, idet det naturligvis i praksis skal afvejes med hensyn til kapacitet, regularitet, korrespondance med andre tog, bus osv.



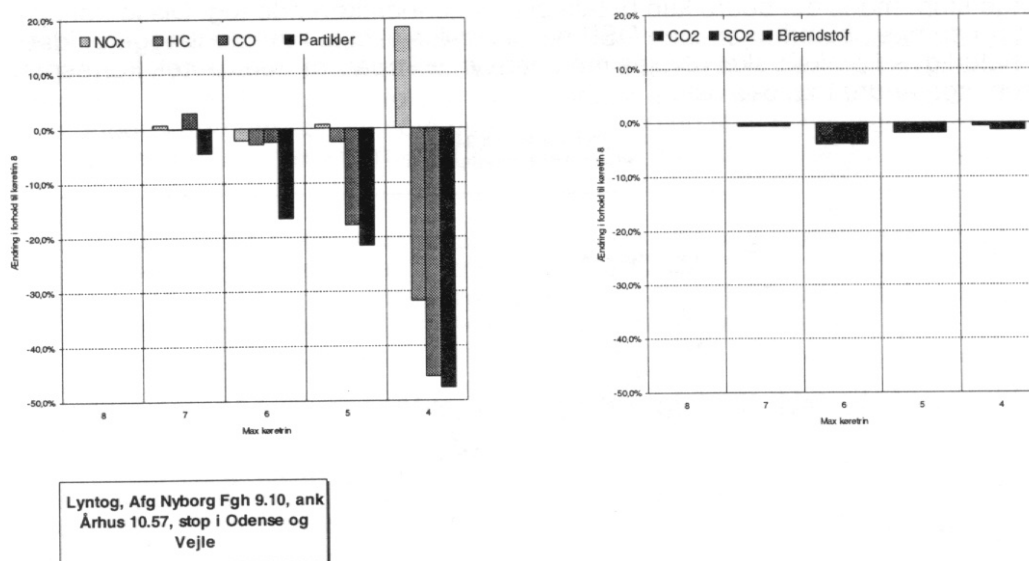
Figur 8: Energiforbrug for et IC3 togsæt på vandret lige bane som funktion af køretid, maksimalhastighed og antallet af standsninger. Sammenhængen er tilsvarende for CO_2 og SO_2 mens det ikke gælder for CO , HC , NOx og partikler.

Togets fremføring

Lokomotivførerens valg af kørestrategi er naturligvis afhængig af køreplanen og den aktuelle trafikafviklingssituation. Men selv inden for disse rammer er energiforbrug og - for dieseltog - visse luftforureningsparametre afhængige af hvordan toget fremføres. Et eksempel herpå er vist i figur 10, som viser hvordan luftforureningen afhænger af accelerationerne på IC3-toget. Det ses, at man ved blødere acceleration (lavere maksimalhastighed) kan reducere f.eks. partikelemissionen med over 40%, idet køretiden vel at mærke er konstant. Men samtidig betyder det højere NO_x -emission pga. den højere maksimalhastighed, mens brændstofforbrug og dermed CO , og SO_x -emissionen ikke påvirkes nævneværdigt.

DSB undersøger i øjeblikket sådanne sammenhænge nøjere med henblik på at integrere det i bl.a. lokomotivføreruddannelsen.

Energiforbrug og emissioner for IC3 ved forskellige kørestrategier.



Figur 9: Reduktion og stigning i energiforbrug og emissioner ved forskellige kørestrategier, idet vandret akse viser det maksimale køretid, der anvendes til kørsel inden for den samme køreplan.

Energiforsyningen

Miljøbelastningen fra transportarbejdet kan også nedbringes ved at omstille til mere miljøvenlige energikilder. DSB vil derfor begynde en omstilling af energiforbruget. For dieseltogenes vedkommende omstillede DSB allerede i 1993 til miljødiesel, hvilket reducerede SO₂-udledningen markant. For eltogenes vedkommende er miljøbelastningen afhængig af udviklingen indenfor den danske elforsyning, som i dag hovedsageligt er kulbaseret. Men DSB ønsker som stor elforbruger at anvende mere vedvarende energi (vind, sol, og vandkraft), så miljøbelastningen fra drift af S-tog og eltog i fjern- og godstrafikken kan reduceres.

Den eneste økonomisk realistiske vedvarende energiteknologi til elproduktion i Danmark er på nuværende tidspunkt vindmøller. Den anden mulighed er at indkøbe el fremstillet fra vandkraft i Sverige eller Norge. Den sidste mulighed kan realiseres i regi af et frit elmarked, idet DSBs elforbrug årligt er stort nok til at falde indenfor den kategori af storforbrugere, som kan handle her. Men det kan blive svært at få garanti for, at den elektricitet DSB får leveret rent faktisk er produceret på vandkraft. Derfor vil DSB sammen med elselskaberne med støtte fra Energistyrelsen undersøge muligheden for at der produceres vindmølleenergi til DSBs togdrift, f.eks. ved opsætning af vindmøller på DSBs egne arealer.

Referencer

1. Ny Fart i Miljøet. DSBs miljøstrategi mod år 2000. DSB 1996.