

Fra en national til en europæisk jernbane, set med en rådgivers øjne."

**Af Preben Olesen, Overingeniør M. Sc.
DSB bane, Rådgivning**

**"Trafikdage på Aalborg Universitet '96" den 19-20 august 1996, arrangeret af
Transportrådet og Trafikforskningsgruppen(AUC).**

1. Indledning.

Indtil for få år siden var de europæiske jernbaner alene optaget af deres egne nationale opgaver, med hvad det indebar af driftøkonomi, regularitet samt udbygning af banenettet. Det drejede sig stort set alene om et nationalt transportbehov.

I 1991 begyndte EU imidlertid på en europæisk jernbanelovgivning. EU ønskede at satse på en bæredygtig jernbanetransport som alternativ til overfyldte centraleuropæiske veje og lufthavne.

EU udformede og vedtog derfor EU-direktivet 91/440 om jernbanernes organisering. Forbilledet var det kendte fra f. eks. vejsektoren, hvor kvalificerede vognmandsvirksomheder med godkendte køretøjer og uddannede chauffører har lige adgang til vejnettet. Vejnettet forvaltes, altså udbygges og vedligeholdes, af infrastrukturforvaltere, herhjemme repræsenteret ved Vejdirektoratet, amterne og kommunerne.

Det er modellen, som ligger i direktivet om jernbanernes organisering, som trådte i kraft den 1.1.1993. Siden denne dato har alle EU-banerne undergået organisatoriske ændringer inden for direktivets rammer, men formet forskelligt ud fra nationale politiske ønsker.

I juni 1995 vedtog EU to direktiver, hhv licensdirektivet 95/18/EU og kapacitetsdirektivet 95/19/EU. De to direktiver må betragtes som en umiddelbar opfølgning på direktivet om jernbanernes organisering. I licensdirektivet beskrives, hvordan jernbanevirksomhederne kan kvalificere sig til at få tildelt en licens som jernbanevirksomhed, herunder opnå godkendelse af materiel og personale. Kapacitetsdirektivet beskriver rammerne for, hvordan tildeling af en kørevej skal ske og hvilke retningslinier, der skal gælde for betaling.

2. Interoperabilitet.

Et fjerde direktiv, som fremover vil få stor indflydelse på jernbanernes teknologiske udvikling, er det såkaldte interoperabilitetsdirektiv (KOM(95)271 af 15.6.95), som forventes godkendt i 1996 og udmøntet i de nationale lovgivninger 18 måneder senere. Med interoperabilitet menes teknisk og sikkerhedsmæssig harmonisering af de europæiske baner med henblik på at fremme grænseoverskridende trafik. I direktivet udstikkes retningslinierne for harmoniseringen, og i henhold til direktivteksten ønsker EU ikke bare at styre udviklingen af de kommende

europæiske jernbanespecifikationer, EU agter også at kontrollere, at banerne følger forskrifterne.

Interoperabilitetsdirektivet gælder for det europæiske højhastighedsnet, som er opdelt i to bane- eller hastighedsklasser, hhv banerne i området omkring 200 km/t samt banerne i hastighedsintervallet fra 250 km/t og opover. Det danske hovednet fra København til Rødby, fra Padborg til Frederikshavn samt fra København til Esbjerg udgør i dag en del af det europæiske højhastighedsnet i baneklassen 200 km/t.

Som bilist kan man i dag ikke ved en bilrejse til udlandet forestille sig at skulle skifte bil ved grænsen, før man kan fortsætte frem til næste grænse. Man kan heller ikke forestille sig, at chaufføren skal op til en ny køreprøve, fordi færdselsloven og signalgivningen i nabolandet er en anden. Sådan er situationen i vejsektoren ikke, men det er, lidt forenklet, de nationale baners situation.

3. De nationale banetekniske systemer.

Infrastrukturen i de europæiske baner er opbygget ud fra nationale regelsæt. Det medfører, at sporanlæg, elektrificering, sikringsanlæg og automatisk togkontrol (ATC) samt fjernstyring af tog og kommunikation med lokoførerne er forskellige i varierende grad.

Sporanlæg er ud fra en overordnet betragtning stort set de samme med en skinneafstand på 1435mm. Skinnehældningen og en del andre parametre varierer dog en del. Som helhed anses sporet set i et europæisk lys ikke for et problematisk element.

Den afgørende parameter ved kørsel med høj hastighed er det dynamiske samspil mellem sporkonstruktion og tog. Togets konstruktion er udformet, så de såkaldte bogier gennem en fjederkonstruktion hviler på én eller flere hjulaksler, samt således at vognkassen tilsvarende gennem en anden type fjederkonstruktion hviler på bogierne. Hjulflangens og skinnetoppens geometri bevirker, at berøringsarealet mellem hjul og skinne bliver på størrelse med neglen på en tommelfinger. Kun en del af berøringsarealet danner i øvrigt modhold (friktion) ved togets kørsel. Fjedersystemerne og berøringsarealet er nogle af de parametre, der styrer togets dynamiske kørsel.

Elektrificeringen er i hovedtræk udført i to udgaver med et strømforsyningsniveau i den faste infrastruktur på 15 kV 16 2/3 Hz eller 25 kV 50 Hz. I Danmark er elektrificeringen baseret på 25 kV systemet, mens Sverige og Tyskland anvender 15 kV. De to systemer kan i en grænseoverskridende trafik bekøres ved, at materiellet i fart selv skifter mellem strømsystemerne. Det franske højhastighedsmateriel (TGV) har således altid skiftet automatisk mellem strømsystemet på det ældre jernbanenet i Paris' omegn og det moderne 25 kV system på de særligt anlagte TGV-strækninger. De forskellige strømsystemer volder således ikke nævneværdigt besvær.

Telekommunikationen med lokoførerne har med et vist held været standardiseret mellem visse lande i henhold til en international forskrift. De danske og tyske radiosystemer er således kompatible. Valg af kommunikationssprog i den europæiske trafik udestår derimod. Til telekommunikation regnes også fjernstyringsanlæg, som i dag i Danmark baserer sig på standard datamatudstyr.

De store hindringer for interoperabilitet ligger i **sikringsanlæggene** og **de automatiske togkontrolsystemer**, ATC-systemerne. Sikringsanlæggene er de fejlsikre anlæg, der styrer sporskifterne og de ydre signaler. I disse anlæg skabes den basale tekniske sikkerhed. ATC-systemerne sender den ydre signalinformation op i toget og viser den for lokoførerne. Endvidere er de garant for, at signalinformationen overholdes. Forskellen i signalinformationens mængde og betydning er udfordringen i EUs bestræbelser på at skabe interoperabilitet.

4. Den danske færdselslov bør ændres

I relation til EUs ønske om grænseoverskridende trafik er det overordnede problem, at alle de nationale sikringsanlæg og ATC-systemer skal respektere hver deres nationale og forskellige færdselslov. Dette vanskeliggør en grænseoverskridende trafik i betydeligt omfang. Som et eksempel på, hvor forskellige regelsættene er, kan nævnes, at den danske og svenske færdselslovs ydre signalgivning er i indbyrdes farlig modstrid.

På Øresundsforbindelsen klares skiftet i signalsystemerne ved, at toget i fart skifter fra det ene lands ATC til det andets. Løsningen er forholdsvis enkel, men teknisk og økonomisk er den ikke elegant, idet toget skal have en ATC-installation for hvert land, der skal køres i.

En sideeffekt af de forskellige, nationale færdselslove er, at en mindre jernbaneforvaltning som DSB ikke kan købe de sikringsanlæg, som de store producenter leverer til de store baneforvaltninger. Når teknologien ændrer sig, begynder derfor det samme omkostningsfyldte udviklingsarbejde hos DSB som hos vore udenlandske kolleger.

Medens der ventes på resultaterne af EUs bestræbelser, kunne en pragmatisk harmonisering med vore nabolande bidrage til at skabe et sammenhængende markedsområde, som ville være attraktivt for en større kreds af leverandører. Dette burde føre til lavere priser på masseproducerede komponenter, altså et købers marked også for DSB, der aldrig vil blive en stor aftager alene. Det er derimod både Tyskland og Sverige allerede i dag.

Ved at kunne anvende de store banetekniske leverandørers hovedproduktlinier vil DSB samtidigt løbende være sikret en teknologisk opgradering, som leverandørerne på deres hovedprodukter er tvunget til at gennemføre for at kunne beholde deres markedsandel.

DSBs mulighed for at hente konkurrencemæssige tilbud ind på leverancer af sikringsanlæg er således i høj grad betinget af, at en så fundamental lov som færdselsloven ændres. Derfor er der i DSB-bane sat et arbejde i gang med henblik på at ændre regelsættene.

5. Et internationalt, højt fagligt niveau.

For at sikre et internationalt, højt fagligt niveau i den danske jernbane-infrastrukturs udbygning, har DSB-bane/Rådgivning igennem de sidste fem år samarbejdet med Danmarks Tekniske Universitet, AUC og udenlandske forskningsinstitutter. I denne periode er der således løbende igangsat 10 Ph.D.-studier inden for forskellige fagteknikker, spændende fra tekniske emner til miljø og økonomi. De første studier er afsluttet med flotte resultater.

6. Økonomien i jernbanebyggeri.

Når en ny banestrækning skal bygges, vil det altid være nødvendigt at analysere forskellige linieføringer for at finde frem til en økonomisk gunstig løsning, som kan leve op til de specificerede krav, herunder krav til hastighed, komfort og rejsetid.

Økonomien i linieføringerne vil afhænge af omkostningerne i

- anlægsarbejdet, som skal skabe fundamentet for banen
- baneteknikken.

Hvert lands forskellige topografi, forskellige byafstande, højdevariationer og jordbundsforhold vil bevirke forskellige prisniveauer. Antallet af langsgående broer, der skal føre banen over f. eks. vejanlæg og havområder, har betydelig indflydelse på omkostningerne. Det gælder også for tunnelanlæg, der af plan- eller miljømæssige årsager skal føre en jernbane gennem et byområde. Med tunneler og store broer følger også særlige installationer til styring, regulering og overvågning af miljø og konstruktioner. Fravalg af de dyre anlægselementer såsom broer og tunneler giver ofte anledning til store omvejskørsler og dermed øgede rejsetider.

Nationale markeds- og konjunkturforudsætninger har forskellig indflydelse på prisniveauerne. Mulighederne for at udbyde leverance- og entreprenørydelser i licitationer er tilsvarende afgørende for omkostningerne i jernbanebyggeri. Alle de europæiske jernbaner har i større eller mindre grad været præget af monopolleverancer, dels på grund af ovennævnte nationale regelsæt, og dels af hensyn til lokale politiske ønsker om at understøtte egne industrier. Med krav om den billigst mulige jernbane, er konkurrence på leverancer og entreprenørarbejde imidlertid nødvendig. I Danmark udbydes i dag op til 90% af leverandør- og entreprenørydelserne i jernbanebyggeri.

Entrepriseformerne vælges afhængig af udbudssituationen, der i øvrigt styres af EUs forsyningsdirektiv. Svenske entreprenører har i de seneste år markeret sig pænt på det danske anlægsområde, formentlig bl.a. fordi den svenske valuta ligger

ca. 15% lavere end den danske, medens lønninger og materialer ofte udgør det samme i de to nationale valutaer. Ved omregning til én valutaenhed i en sammenligning mellem forskellige landes prisniveauer forvrænges niveauet derfor ofte.

En banestrækning er således økonomisk ikke "bare en banestrækning", ligesom en bros omkostninger ikke er uafhængige af længde, lokalt terræn, vand- og funderingsforhold samt nationale markeds- og konjunkturforudsætninger.

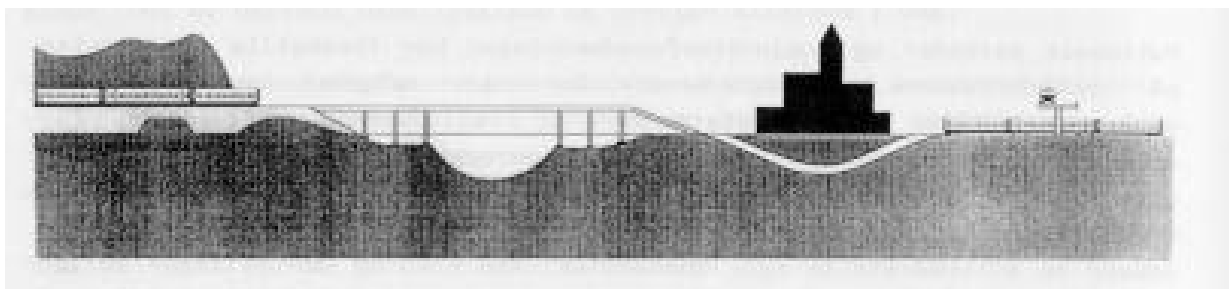
7. Anlægstekniske elementer i jernbanebyggeri.

Når en linieføring er valgt, skal der gennemføres en udjævning af det lokale terræn. Der skal som tidligere nævnt måske anlægges langsgående broer og tunneler. Jordarbejde, broer, tunneler og miljøforanstaltninger er eksempler på anlæg, der skaber fundamentet eller planum for det egentlige baneanlæg.

På det anlægstekniske område samarbejder DSB med de anerkendte, danske rådgivende ingeniørfirmaer. Ikke mindst på bro- og tunnelområdet er danske ingeniører internationalt anerkendte.

På det anlægstekniske område har DSB således de bedste muligheder for at minimere omkostningerne i en linieføring under hensyntagen til funktionskrav samt økonomiske, miljø- og designmæssige kriterier.

Miljøanalyser af en linieførings indpasning i land- og bymiljøer er i dag naturlige og omfattende vurderinger, som beløbsmæssigt løber op i omkring 5-15% af de totale udgifter.

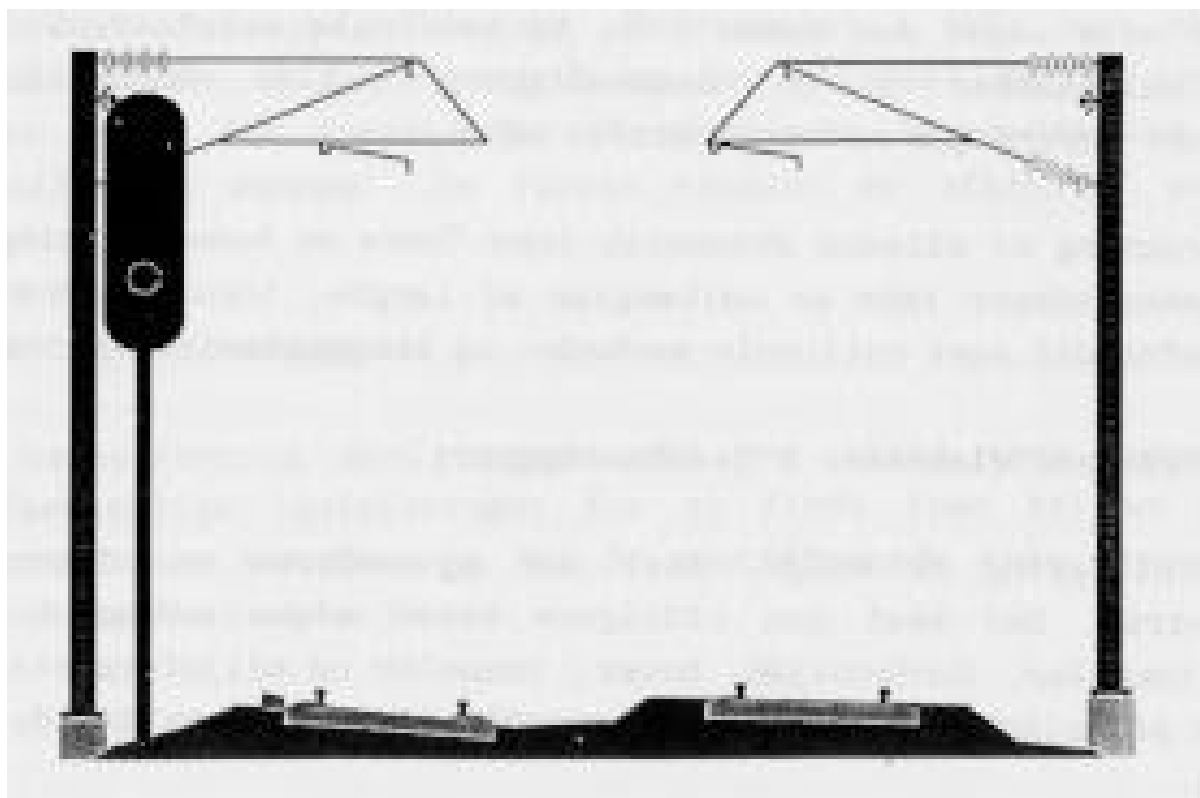


Figur 1. Anlægstekniske elementer.

8. Banetekniske elementer

Når de anlægstekniske elementer er udført, og planum for en bane således er skabt, kan der gennemføres en installation af baneteknikken, dvs spor- og

perronarbejder, køreledningsanlæg samt signal-, telekommunikations- og fjernstyringsanlæg.



Figur 2. Baneteknik.

I forbindelse med bygning af nye banestrækninger kan passager- og godsoperatører ofte have behov for større stations-, værksteds- og togklargøringsanlæg. Disse skal ikke omtales eller medtages yderligere her, men man skal være opmærksom på, at store beløb kan være afsat til formålet.

De forskellige sikkerhedsniveauer, som forlanges ud fra nationale færdselsregler og sikkerhedsforskrifter har en vis indflydelse på baneteknikprisen. Mængder og indhold i baneteknikken fastlægges ud fra krav og forskrifter.

9. Prisstrukturen i europæisk jernbanebyggeri.

For at få et overblik over og kunne sammenligne prisniveauerne fra projekt til projekt, fra land til land er det meget vigtigt, at forudsætningerne bag tallene er ens. Det er f.eks. vigtigt, at projekteringsomkostninger og udgifter til selskabsdannelse medtages i totalomkostningerne. Denne artikels hovedformål er i øvrigt alene overordnet at belyse de omkostninger, der knytter sig til infrastrukturen.

Med bl.a. EU-kommissionen som kilde kan i nedenstående tabel 1 oplyses omkostningsniveauerne på nogle af de højest prioriterede jernbaneprojekter i Europa. Ud over oplysningerne fra EU er der i tabellen angivet strækningsomkostninger fra DSB og Banverket. Der skal gøres opmærksom på, at nogle af tabellens tal er regnskabstal, medens andre er budgetter. Enkelte af de viste strækninger rummer endvidere iht kilderne en blanding af såvel udbygning af eksisterende strækninger som nybygning.

Jernbanestrækning (nybygning og udbygning)	Note	Geografisk længde Km	Pris Mia ECU ***)	Mio Dkr pr. km-dobbeltspor afrundet **)
Berlin-Halle-Leipzig-Nürnberg	1) *)	521	9.5	130
München-Verona(incl.55km Brennertunnel)	1) *)	409	12.4	220
Lille-Brussel-Amterdam/Køln-Frankfurt	1) *)	760	12.0	115
Folkestone-London	2)	108	2.8	190
Montpelier-Barcelona-Madrid-Dax	1) *)	1600	14.2	65
Paris-Strassburg	1) *)	450	4.2	70
Lyon-Torino (incl. 54 km Alpetunnel)	1) *)	274	7.7	205
Torino-Venedi	1) *)	430	4.7	80
Grödingebanen (Flemingsberg-Södertälje-Järna) 250km/t	3)	30	0.32	80
København(incl)-Rødby, ny 300 km/t-bane	4)	175	1.8	75

1) Kilde: EU Transeuropäisches Verkehrsnetz, Fakten und zahlen dec 95.

2) Kilde: Internation Railway Journal, okt 95.

3) Kilde: Banverket, nov 95. I svensk valuta er prisen pr km-dobbeltspor 90 mio SEK. NB!Kort strækning.

4) Kilde: DSB, indledende skitse-mæssigt skøn. Forbehold for tal, idet krav og linieføring er ikke endeligt veldefinerede.

*) Der kan være stationsbyggerier, værksteds- og klargøringsfaciliteter i beløbene.

**) Med et vist forbehold kan den geografiske længde erstattes af km-dobbeltspor.

***) Valutakurser: ECU=7.3 Dkr, Pund(GBP)=9.05 Dkr SEK=0.88 Dkr

Tabel 1. Omkostninger i europæisk jernbanebyggeri.

Med udgangspunkt i tabel 1 kan prisniveauerne pr km-dobbeltspor med de angivne forbehold beregnes til mellem 65 og 220 mio kr. Det er evident, at de høje omkostninger er knyttet til projekter med krævende anlægsopgaver, som f.eks tunnelbyggeri i Alperne. Det er i øvrigt oplagt, at man kan skære en længere strækning op i mindre dele på en sådan måde, at anlægsarbejderne bliver små og prisen derfor tilsyneladende lav.

10. Sammenligning mellem dansk og svensk prisniveau

Sammenlignes de danske og svenske omkostninger, hvilket har optaget den danske offentlighed meget, viser nedenstående tabel 2 omkostninger og budgetter for nogle repræsentativt udvalgte projekter i Danmark og Sverige.

Strækning	Km dobb-spor	Total MDKr pr km dspor	Anlæg			Baneteknik		
			MDKr %	MDKr pr km-dspor	MDKr %	MDKr pr km-dspor		
Grödingebanen 250 km/t	30	2400 80	1840 77	61.0	560 23	19.0		
Svealandbanen 160-200 km/t 1)	40	1385 35	965 70	24.0	420 30	11.0		
Väst kustbanen nybygn + udbygn 200-250 km/t 2)	98	5709 58	4088 72	41.0	1620 28	17.0		
Snoghøj-Taulov 160 km/t	5	155 31	55 35	11.0	100 65	20.0		
Vojens-Tinglev, nybygn + udbygn 200 km/t	36	756 21	301 40	8.4	455 60	12.6		
Storebælt 200 km/t	30	10800 360	10000 93	333.0	800 7	27.0 *)		
Øresund-land nye strkn Kh-Ka 200 km/t	15	3800 253	3410 90	227.0	390 10	26.0 *)		
København-Rødby 300 km/t	175	13200 75	9400 71	53.7	3800 29	21.7		
Nybygn i DK, excl.Kh + faste forb. 300 km/t	20-40	40-220	10-200		14-21			

Beløb angivet i dansk valuta og varierende priseniveau, excl. moms. Med ens svensk og dansk valuta skal de svenske beløb øges med op til 15%. Beløb kan bestå af deltal i forsk. prisniveau.

*) Store anlæg er præget af tillægsomkostn. på ca. 10-20% pga øgede krav og mængder, f.eks. teleinstallationer, samt særlige selskabsafledte omkostninger. Storebælt er fordyret af uheld/forsinkelser. Baneteknikomkostningerne i tunnel under Hallandsåsen (Väst kustbanen) er analogt højere.

1) Strækningen Södertälje-Eskiltuna består af 80 km nybygget enkeltspor. Omregningsfaktor fra enkelt til dobbeltspor kan være mindre end 2.

2) Strækningen Göteborg-Malmø udvides til 2 spor. Omkostningsniveauet, der er en blanding af regnskab og budget, dækker 98 km dobbeltspor mellem Halmstad og Malmø, incl. 8.5 km tunnel gennem Hallandsåsen.

Tabel 2. Omkostninger opdelt i anlægs- og baneteknik

Som det ses, udgør anlægssdelen ofte mellem 50-75% af totalomkostningerne. I landlege omgivelser uden nævneværdige højdevariationer reduceres anlægssdelen til mindre broer samt lidt jordarbejde. Herved kan banedelen vokse til 70% af totalomkostningerne. Tilsvarende bevirker en byggesituation som på Storebælt eller Øresund, at banedelen reduceres til mindre end 10%.

Det ses endvidere, at der er forbausende god overensstemmelse mellem danske og svenske baneomkostninger i tabel 2. Baneteknikken er sammenlignet med anlægssomkostningernes variation næsten en "konstant", der ligger mellem 14-21 mio kr/km-dobbeltspor, undtaget Storebælt og Øresund, der stiller øgede krav. At baneteknikken så at sige er et næsten konstant anlæg kan næppe overraske mange, idet den "samme figur" installeres på et planum, der skabes af meget forskellige anlægsarbejder. Men baneteknikken varierer trods alt afhængig af specifikationer, regelsæt mm., og dens prisvariation er naturligvis vigtig, idet der bindes mange penge i den.

11. Konklusion:

- EUs jernbaneudvikling vil forudsat en gunstig komponentøkonomi medføre store markedsmæssige fordele for jernbanebyggeri.
- Jernbaneprojekternes omkostninger varierer som følge af terrænforhold og linieføringens krav til mængden af anlægsarbejder (broer, tunneler og jordarbejder). Disse anlægsopgaver udgør normalt mellem 50-75% af totalomkostningerne.
- Prisniveauet på baneteknik ligger afhængig af krav, specifikationer og anlægssituationen mellem 14-21 mio DKr/km-dobbeltspor. Det gælder såvel i Danmark som i Sverige samt formentlig i resten af EU, lidt afhængigt af de nationale valutaer, markedsforskel og regelsæt.

12. Afslutning.

Målet med artiklen har været at beskrive den europæiske udvikling, som præger jernbanerne dels teknologisk dels kommercielt.

Den offentlige debat om og focus på omkostningerne i jernbane-infrastrukturen bør være baseret på et korrekt grundlag. Samfundet har et berettiget krav på, at de investeringsmidler, der anvendes til jernbane-byggeri, udnyttes bedst muligt.

Derfor bør der ikke være tvivl om, at bestræbelserne på at billiggøre jernbanebyggeri af gode grunde bør fortsætte.

Bibliografiske oplysninger for papers til Trafikdage på Aalborg Universitet 1996.