

Holdetid på togstationer

cand.polyt.

Claus Kirchoff Pedersen

DSB Trafikplanlægning og Miljø

Indledning og baggrund

Formålet med projektet har været at udvikle, teste og beskrive flere metoder til beregning af den dimensionerende passagerudvekslingstid på togstationer. Målet har været at optimere den samlede holdetid, og komme med forslag til hvordan den samlede holdetid kan reduceres. Projektet er skrevet som eksamensprojekt ved Center for Trafik og Transport (CTT) på Danmarks Tekniske Universitet (DTU).



Inspirationskilderne til projektet var blandt andet:

- Observationer af holdetider, hvor varigheden af stationsopholdet varierede meget på samme station med samme materiel
- De kapacitetsmæssige flaskehalsproblemer på dele af hovedstrækningerne i Danmark, hvor selv små forbedringer af kapaciteten er meget værdifulde
- Den strukturelle omdannelse af det gamle DSB, hvor etaten blev opsplittet i operatør (DSB), infrastrukturforvalter (Banestyrelsen) og trafikstyrelse
- DSB's strategiplan "Gode Tog til Alle" udgivet i 1999
- Et indledende arbejde hos Banestyrelsen, Sektorplanlægning i 2002 til en norm til beregning af holdetid i Danmark

Holdetidsproblematikken

Togfølgetiden er en vigtig parameter, når strækningskapaciteten skal fastlægges. Togfølgetiden er bestemt af, hvilken teknisk udrustning infrastrukturen har, materiellets køreegenskaber, samt antallet af standsninger og varigheden af disse. Hvis en opgradering af infrastrukturen eller en forbedring af materiellets køreegenskaber ikke er inden for rækkevidde, er det en mulighed at se på en optimering af tiden, som togene holder ved stationerne, for at forbedre kapaciteten.

Når toget holder ved en station, er det primære formål oftest, at der skal udveksles passagerer. I projektet er det valgt kun at undersøge udvekslingen af passagerer på regional- og fjernbanen tog. For passagertog er en væsentlig parameter i bestemmelsen af holdetiden, hvor hurtigt det er muligt at udveksle passagerer. Udover passagerudvekslingen spiller også

udvekslingen af personale, afventning af tilsluttende forbindelser, billetkøb og evt. forsinkelser mv. ind på længden af holdetiden. Disse eksterne parametre, som ikke relaterer sig direkte til passagerudvekslingen, kan måske afkortes eller helt elimineres.

Holdetidsparametrene kan opdeles i tre kategorier:

- Parametre som relaterer sig til tekniske forhold omkring materiellet (f.eks. døråbningstid)
- Parametre som relaterer sig til indretningen af stationen (f.eks. placeringen af adgangsveje)
- Parametre som relaterer sig til forhold omkring passagererne (f.eks. antal af- og påstigninger)

Som situationen er i dag, er holdetiden fastlagt ud fra et erfaringsgrundlag hos operatøren, der ikke bundes i systematiske målinger på de enkelte stationer, men nærmere i historiske forhold. De holdetidsmålinger som foreligger, er oftest iværksat for at løse akutte problemer, og ikke for at opnå en generel optimering af af- og påstigningstiderne. DSB opererer i de fleste tilfælde med standardholdetider på 2, 1, ½ min og 0 sek. (ved behovsstandsning eller stationer med et meget lavt passagertal). Når antallet af standsninger på et typisk togrejse tages med i overvejelserne understreger det behovet for en mere objektiv måde at beregne den nødvendige holdetid, hvilket var projektets egentlige hovedformål at fastlægge.

Hovedproblemet i er ikke, at der er forskel på holdetiderne stationerne imellem, således at der er længere holdetid på stationer med store passagemængder end på stationer med små passagemængder. Derimod udgør det et problem, hvis den nødvendige holdetid varierer fra gang til gang på den samme station. Dette gør det svært at opbygge en stiv køreplan, hvor minuttallene holdes fast i løbet af hele driftsperioden, uden at der i dele af driftsperioden vil være et væsentligt overskud af holdetid. De stive køreplaner har opnået en stigende popularitet pga. den publikumsvenlige enkelhed, og er også grundlaget for de køreplaner, som DSB i henhold til projekt 'Gode Tog til Alle' ønsker at implementere på landsbasis.

Der er allerede foretaget en systematisk gennemgang af holdetiderne på den københavnske S-bane i forbindelse med overgangen til ny køreplan i 1989, hvorfor der i projektet kun fokuseres på fastlæggelsen af et formelværktøj til bestemmelse af en dimensionerende holdetid på regional- og fjernbanestationer.

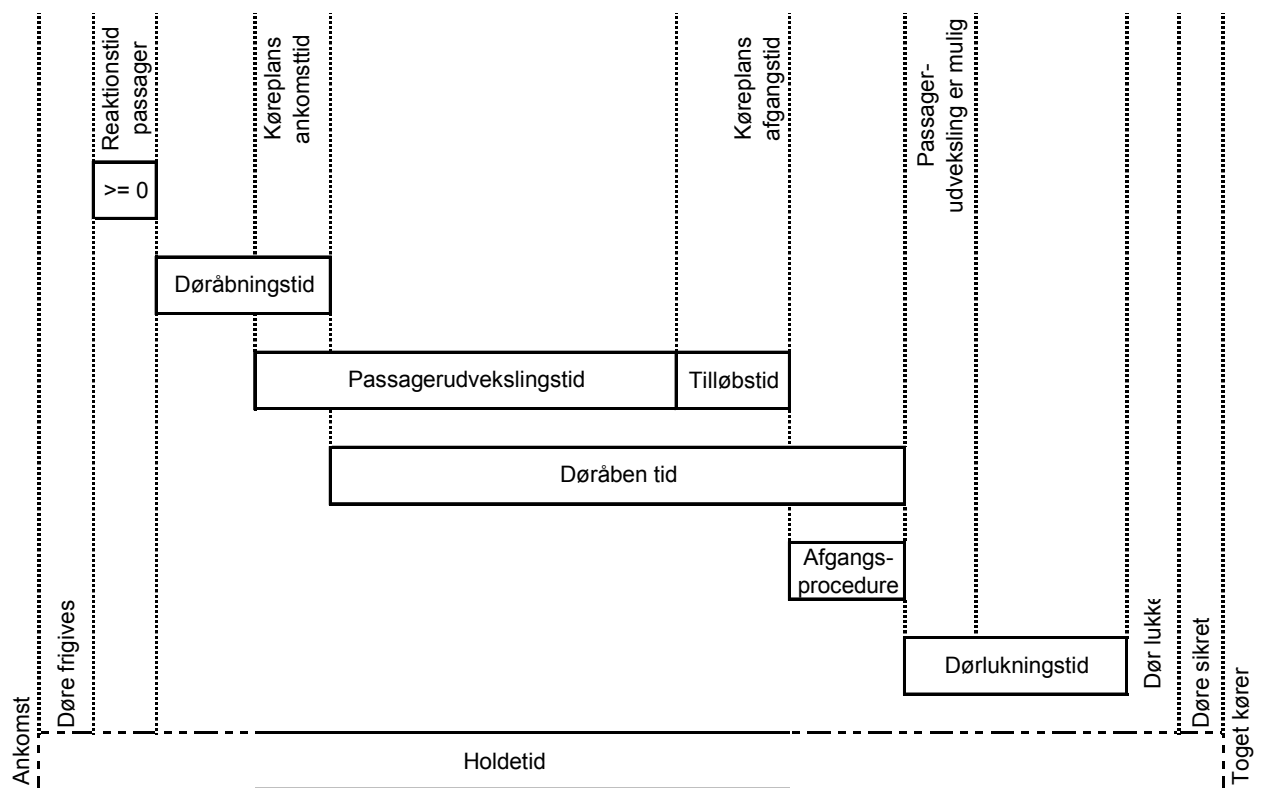
For at vurdere betydningen af holdetidsparametrene, er det nødvendigt at iagttage trafikafviklingen på et antal stationer. Derfor er der foretaget en indsamling af passagerudvekslingsdata (registrering af holdetidens delelementer og passagertal) fra et antal stationer. For at kunne vurdere betydningen af forhold som antal af- og påstigende passagerer, udformning af perronen mv., er stationerne valgt således, at flest mulige typer af stationer og størrelser er repræsenteret.

Indsamlingen af data har fundet sted i perioden fra 02.09.2002 til 20.09.2002, hvor de udvalgte stationer (Nivå, Kokkedal, Hellerup, Østerport, Nørreport og Københavns Lufthavn, Kastrup) er blevet undersøgt i tidsrummet fra 7 – 10 og 14 – 18.

Definition af holdetidens delelementer

Passagertogs holdetid er bestemt ud fra en vurdering af af- og påstigningsforhold, passagertal, oversigtsmuligheder for tog- og lokopersonale mv. DSB opererer, som tidligere nævnt, i deres nuværende køreplanlægning med faste holdetider på 2, 1, ½ min. ned til 0 sek. (ved behovsstandsning eller stationer med et meget lavt passagertal). Disse holdetider er fortrinsvis fastlagt ud fra erfaringsmateriale.

Nedenstående figur viser en skematisk opsplitning af holdetiden i delelementer:



Europæiske erfaringer og forskning

I dette afsnit præsenteres resultater af et litteraturstudie i holdetidslitteratur fra Sverige, Schweiz og Tyskland. Litteraturen der er anvendt stammer primært fra tekniske universiteter, hvor de jernbanetekniske faggrupper har lavet forskningsarbejder indenfor området.

Lavgulvssektioner i relation til passagerudvekslingstid:

Tyske undersøgelser viser, at indførelse af lavgulvssektioner i tog ikke har nogen effekt på passagerudvekslingstiden, hvis der begås fejl relateret til andre parametre (f.eks. indretning af gangarealer). Der kunne forventes en effekt på baggrund af, at passagererne ikke skal bevæge sig op af trapper og deraf følgende hastighedsnedsættelse. Eksempler på fejl relateret til andre parametre er for små vestibuler, for smalle gange, uheldig opstilling af sæder, og/eller for langsomt åbnende/lukkende døre, som kan betyde, at effekten helt udebliver, eller at forholdene i værste fald bliver dårligere, end hvis toget havde normal gulvhøjde.

Dørbredde i relation til passagerudvekslingstid:

Svenske undersøgelser viser, at hvis materiellet har brede indgangsdøre, ligger den dimensionerende dør ofte ved indgangen til kupeen. For tog, som har smalle indgangsdøre, er det ofte indgangsdøren, som er den dimensionerende dør mht. til passagerudvekslingstiden. Det vil sige at, hvis døren gøres bredere, flyttes den dimensionerende dør blot længere ind i toget f.eks. til en indre dør eller trappe. I værste fald sker der kun en marginal forbedring af passagerudvekslingstiden, og dette på bekostning af en bredere dør, som i de fleste tilfælde er ensbetydende med færre siddepladser.

Europæisk forskning:

De første meget simple beregninger af passagerudvekslingstiden blev gennemført omkring 1975. Der tegnede sig dengang tre forskningsretninger:

- Størrelses- og fordelingsfunktioner for passagerudvekslingstiden: Passagerudvekslingstallet blev betragtet som en fuldstændig ren tilfældighedsstørrelse og her var ønsket at udvikle metoder til at prognosticere passagertallet
- Indstigningstidens afhængighed af den måde som færdigmeldingsproceduren forløber: Skal toget sættes i gang af loko- eller togføreren for få de korteste holdetider?
- Passagerudvekslingstidens afhængighed af dørsystemernes egenskaber: Interessen omkring afhængigheden mellem passagerudvekslingstallet og dørenes egenskaber er vokset i takt med, at flere og flere offentlige transportmidler overgår til intervalkøreplaner, hvor en minimering af passagerudvekslingstiden er meget afgørende for en rationel drift

Beregning af passagerudvekslingstid

På baggrund af de gennemførte undersøgelser af beregningsmetoder til den dimensionerende passagerudvekslingstid er følgende empiriske sammenhænge vurderet som værende bedst til at beregne passagerudvekslingstid under danske forhold.

Ud fra følgende oplysninger bestemmes den dimensionerende passagerudvekslingstid:

- Antal af- og påstigere ved den kritiske dør (A)
- Passagerudvekslingstallet ved den kritiske dør (F_i)
- Højdeforskellen fra perronkanten til toggulvet ($l_{T,v}$)
- Dørbredden ($l_{T,b}$)

Den specifikke døreffektivitet for en enkelt dør, dørafstande under 10 m:

$$L_s = (0,93 + 0,14 \cdot \frac{A}{F_i}) \cdot \left(\frac{0,9608 - 0,3878 \cdot l_{T,v}}{0,9608} \right) \cdot 0,781 \cdot \left(\frac{F_i}{l_{T,b}} \right)^{0,0450}$$

$l_{T,v}$ Højdedifferencen mellem perron og toggulv [m]

Første del af formeludtrykket beskriver retningsandelen. Den anden del indregner en eventuel højdedifference mellem perronen og toggulv, mens den tredje del tager højde for dørbelastningen. Derfor ændres også kun den sidste del af udtrykket, når der skelnes mellem tog med over og under 10 m afstand mellem dørene.

Den specifikke døreffektivitet for en enkelt dør, dørafstande over 10 m:

$$L_s = (0,93 + 0,14 \cdot \frac{A}{F_i}) \cdot \left(\frac{0,9608 - 0,3878 \cdot l_{T,v}}{0,9608} \right) \cdot 0,488 \cdot \left(\frac{F_i}{l_{T,b}} \right)^{0,1651}$$

Den gennemsnitlige passagerudvekslingstid pr. passager pr. dør kan nu bestemmes ud fra følgende sammenhæng med døreffektiviteten, (L_s) og dørbredden ($l_{T,b}$)

$$t_{h, fm} = \frac{1}{l_{T,b} \cdot L_s}$$

De vigtigste beregningsparametre er antallet af afstigende passagerer og det samlede passagertal ved den enkelte dør.

Resultater af holdetidsmålinger

I dette afsnit præsenteres hovedresultaterne fra de gennemførte undersøgelser på Kystbanen.

Passagerudvekslingstiden for hele toget er beregnet for alle de undersøgte stationer, og det mest opsigtsvækkende er den store spredning på målingerne på Københavns Lufthavn, Kastrup. Modsat har Kokkedal en meget lav spredning på de to undersøgelsesdage. Dernæst er passagerudvekslingstiden pr. passager for hele toget undersøgt, og resultaterne viser samme tendenser, som for passagerudvekslingstiden for hele toget. Passagerudvekslingstiden pr. passager for den kritiske dør er generelt større end passagerudvekslingstiden for hele toget pr. passager. Tendensen for den kritiske dør følger tendensen for passagerudvekslingstiden pr. passager for hele toget, dog er der en væsentlig større spredning på alle resultater.

Passagerudvekslingstiden pr. passager er også undersøgt på stations- og perronniveau. Her bliver billedet mere varieret afhængig af den aktuelle station og perron. Generelt er der en lavere middelværdi og spredning på ET-togene (Øresundstogene) end på de øvrige materieltyper. Det er forskelligt, om materieltyperne Bn (Røde vogne) eller ER/MF (IR-4/IC3) har den længste gennemsnitlige passagerudvekslingstid.

Af- og påstigningstiden som funktion af antal af- og påstigere er analyseret, og afstigningen foregår hurtigst på Københavns Lufthavn, Kastrup og København H, mens påstigning foregår hurtigst på Nørreport. Dette formodes at skyldes to forskellige kundetyper (ferierejsende og pendlere) på de to stationer.

Størrelsen på tilløbstiden er meget varierende fra station til station, men der kan spores samme tendens som for passagerudvekslingstiderne, dvs. høj middelværdi og spredning på centralstationerne, mens stationerne nord for Hellerup har lav middelværdi og spredning. Tilløbstiden skal være så lille som mulig, da det reelt er spildtid. Alternativ skal det indregnes i regularitetstillægget i køreplanen.

Regulariteten var i undersøgelsesperioden bedre end i lange perioder inden undersøgelserne. Middelforsinkelserne lå fra 60 til 220 sek. Det kan derfor ikke være et argument for lange tilløbster, da toget er forsinket og det handler om at indhente den tabte tid.

Endeligt er tiden fra togfløjte til toget kører undersøgt. Middelværdien for tiden fra togfløjte til toget kører, varierer fra 15 sek. til 28 sek. Denne variation skyldes primært forskellig længde af afgangsproceduren afhængig af materieltype, f.eks. er dørlukningsproceduren for Bn materiellet længere, da den kun foregår halvautomatisk.

Passagerudvekslingstallet varierede fra 30 til 100 af- og påstigende passagerer pr. tog. Passagerudvekslingstallet var størst på København H, Københavns Lufthavn, Kastrup og Nørreport og Østerport, mens stationerne nord for Hellerup havde færrest af- og påstigere. Når passagerudvekslingstallet ligger på 100 og vil det næsten altid medføre forlængede

holdetider, særligt hvis de rejsende medbringer meget bagage. En løsning kan her være at hæve frekvensen, så de 100 rejsende i stedet bliver to gange 50 rejsende da dette samlet set giver en lavere passagerudvekslingstid.

Hvis passagerudvekslingstallet for hele toget opgøres sammen med passagerudvekslingstallet for den kritiske dør, kan der spores fælles tendenser, hvad angår spredningerne og variationerne i middelværdierne. Generelt er middelværdien for passagerudvekslingstallet opgjort for hele toget dog meget større end for den kritiske dør.

Andelen af passagerer, som vælger at benytte den kritiske dør, varierer afhængigt af stationer og perroner fra 20% til 40% af passagerudvekslingstallet. Placeringen af den kritiske dør er også analyseret afhængig af perron, men her er resultatet meget afhængig af den pågældende perron, og der er observeret store spredninger i placeringen af den kritiske dør på de fleste stationer.

Passagersammensætningen og andelen af fænomener, her forstået andelen af passagerer med meget bagage (så meget at det forsinket af- og påstigningen), passagerer med cykler og ældre rejsende er også undersøgt. Bortset fra Københavns Lufthavn, Kastrup udgør fænomener generelt ikke et problem på de undersøgte stationer. I Københavns Lufthavn, Kastrup udgør andelen af passagerer med meget bagage 6% af det samlede passagerudvekslingstal i de gennemførte undersøgelser.

Målinger af holdetid på Kystbanen i 1995 er sammenlignet med resultaterne fra undersøgelserne, som er grundlaget for dette projekt. Generelt er der observeret længere passagerudvekslingstider i 1995 end i 2002, og hvad angår tilløbstiden, er der ikke konstateret nogen generelle tendenser til kortere eller længere varigheder. Forskellene kan være udtryk for, at registreringen af de enkelte tidselementer ikke er foregået på fuldstændig samme måde. Heraf behovet for en standard, som beskriver hvordan denne typer analyser gennemføres.

Ud fra oversigter over størrelserne på tilløbstiderne, tid fra togfløjte til toget kører og holdetidsoverskud (inkl./eksl. igangsætningstillæg), er det konklusionen, at der et potentiale for at foretage en optimering af holdetiden, således at den køreplanlagte holdetid kun antager den værdi, som er nødvendig af hensyn til passagerudvekslingen.

Konklusionen på målingerne

- Der er et holdetidsoverskud på særligt de større stationer, og hermed et potentiale for at optimere holdetiderne
- Hvis enmandsbetjening blev indført, ville tidsbesparelsen være betragtelig på alle de undersøgte stationer
- Hvis passagerudvekslingstallet pr. tog på de kritiske afgangse i myldretiden gøre mindre ved en bedre frekvens, kan holdetiden i den stive køreplan reduceres

Idékatalog til nedbringelse af holdetid

I de følgende afsnit præsenteres løsninger og idéer grupperet efter indsatsområde. Indsatsområderne er:

- Passagerernes adfærd
- Stationernes indretning
- Tilpasninger af materiel
- Ændrede betjeningsprincipper
- Information til personalet i togene og på stationerne

Passagerernes adfærd kan påvirkes ved kampagner som viser ”det gode eksempel” og der gør opmærksom på de problemer, som passagerernes adfærd er med til at skabe. Et eksempel på en kampagne er fra Londons Undergrund, hvor man ved hjælp af en plakatserie sætter fokus på ”etikette” når man færdes i undergrunden.



Stationernes indretning kan betyde at passagerudvekslingen tager unødvendig lang tid. Eksempler på faktorer som påvirker passagerudvekslingshastigheden er indstigningshøjden og passagerinformationen inden toget kommer til perron. Ved ombygninger og renoveringer af stationsområder og perroner bør disse forhold indarbejdes i projektet.

Tilpasning af materiel kan være medvirkende til store holdetidsbesparelser. F.eks. bliver døråbningstiden på materiellet meget vigtig jo tættere stationerne ligger på strækningen. Også indretningen i togene har indflydelse på hvor lang tid det tager at udveksle passagerer – her er gangarealets bredde og eventuelle indvendige trapper af særlig betydning.

Ændrede betjeningsprincipper i forbindelse med igangsætningen af toget kan i sig selv være med til at nedsætte den nødvendige holdetid. I dag forlænges stationsopholdet med et igangsætningstillæg, som er størst når toget fremføres af både lokomotiv- og togfører, mens det er væsentlig mindre såfremt toget kun er enmandsbetjent ved afgangssituationen.

Information til personalet i toget og på stationerne er en vigtig motivationsparameter for at forsøge at begrænse omfanget af forsinkelser, som opstår på grund af passagerudvekslingen eller slendrian hos personalet i toget. Ved at få personalet til at forstå vigtigheden af at forsøge at løse problemer med passagerudvekslingen før de medfører en forsinkelse, samt at holde en høj moral internt blandt personalet i toget, så de ikke er årsag til at toget bliver forsinket.

Værdien af en kortere holdetid

Værdisættelsen af en kortere holdetid kan i et større perspektiv betragtes som værdien af en kortere rejsetid. De overslagsmæssige beregninger, der er foretaget i projektet, har til hensigt at skabe et overblik over udgiftsbilledet for operatøren og værdien af den sparede rejsetid for passagererne. Da der ikke i projektet har fundet selvstændige empiriske undersøgelser sted af størrelserne på disse tidsværdier, beror betragtninger og antagelser på analyser af data, som er fundet i den tilgængelige litteratur fra KTH (Künagl Tekniska Högskolan, Sverige) og Banestyrelsen.

For at konkretisere det ovenstående er der lavet et beregningseksempel for strækningen Helsingør-Københavns H. Hvis det var muligt forkorte rejsetiden med 3 minutter (svarende til ca. 12 sek. pr. station), som følge af afkortede holdetider på strækningen, hvor meget er det så værd?

Oversigt over total sparede udgifter til personale og materiel	Banestyrelsen, lav		Banestyrelsen, høj		KTH	
	[mio. DKK pr. år]	[%]	[mio. DKK pr. år]	[%]	[mio. DKK pr. år]	[%]
Operatøromkostninger	14,1	44%	26,1	59%	4,7	27%
Værdien af en kortere rejsetid for passagererne	18	56%	18	41%	13	73%
Total sum	32,1	100%	44,1	100%	17,7	100%

Konklusionen på eksemplet er, at selv en lille besparelse på hver station (12 sek.) giver en stor drifts- og samfundsøkonomisk besparelse.

De vigtigste konklusioner fra projektet

- Det kan betale sig driftsøkonomiske og samfundsøkonomisk at interessere sig for længden af holdetiden både for operatør, infrastrukturforvalter og for samfundet
- Holdetiden kan afkortes ved systematisk og vedholdende at forsøge at nedbringe holdetidens delelementer. De største potentialer ligger i at forbedre passagerudvekslingen og afkorte tilløbstiden (spiltdiden fra sidste passager er steget på til afgangsproceduren sættes i gang)
- Der skal gennemføres yderligere forskning inden for området før det er muligt at bestemme metoder, som kan fastlægge passagerudvekslingstiden under alle tænkelige forhold f.eks. på travle stationer med stor variation i passagersammensætningen
- De vigtigste holdetidsparametre ved beregningen af holdetid er: passagerudvekslingstallet ved den kritiske dør, dørbredde og indstigningshøjde
- Hvis effekten af kortere holdetider for alvor skal kunne måles, er det nødvendigt at holdetiden er angivet i sekunder og ikke minutter i tjenestekøreplanerne

Nye initiativer og muligheder for holdetidsanalyser

Mange jernbaneoperatører indfører i disse år GPS-systemer i deres materielpark, og dette åbner op for langt bedre muligheder for indsamling af datamateriale til analyse af, hvor der er problemer med for lange holdetider på jernbanenettet.

Det primære årsag til at installere GPS-systemerne er, at kunne give dynamisk trafikinformation om forsinkelser mv. En positiv sideeffekt er, at systemerne er i stand til at logge den præcise ankomst- og afgangstid for alle tog.

Hvis data fra GPS-systemerne sammenholdes med oplysninger fra et passagertællesystem kan det være med til at identificere tidspunkter og stationer, hvor der er sammenfald mellem lange holdetider og stor passagerudvekslingen og tidspunkter og stationer, hvor der ikke er denne sammenhæng. På stationer hvor der ikke er sammenhæng mellem passagertal og passagerudvekslingstallet er det nødvendigt at sammenholde holdetiden med f.eks. oplysninger om uregelmæssigheder i et regularitetsregistreringssystem (f.eks. Banestyrelsens RDS system). Såfremt det ikke herudfra er muligt at finde årsagen til en forlænget holdetid, må der foretages markanalyser på de pågældende stationer, da der kan være lokale forhold, som er medvirkende til de forlængede holdetider.

Markanalyser vil forsat være medvirkende til at identificere forhold, som kun kan observeres lokalt, men sted og tid for analysernes gennemførelse kan planlægges langt mere effektivt end det er muligt i dag.

På lang sigt vil et bedre kendskab til den nødvendige længde af holdetiden være medvirkende til at stramme op på køreplaner, hvor der i dag er et større faktisk tillæg end planlagt tillæg. Hermed fjernes den skjulte spildtid, som i dag ligger gemt i køreplanen, således at det regularitetstillæg, som beregnes i forbindelse med køreplanlægningen også bliver det faktisk oplevede køreplanstillæg. En anden positiv sideeffekt er, at rejsetiden bliver reduceret hvilket er en af de væsentligste konkurrenceparametre for den kollektive trafik.