

Dybdeanalyse af jernbaneulykker – et eksempel Åsta ulykken

Jan Skriver, PhD
Seniorrådgiver
NSB
jan.skriver@nsb.no

Ann Britt Miberg Skjerve, PhD
Seniorforsker
Institutt for energiteknikk
ann.britt.skjerve@hrp.no

Baggrund

Der findes inden for analyser af ulykker en tradition for at tilskrive årsagen til menneskelige fejl handlinger. En gennemgang af litteraturen viser, at mere end 85% af alle ulykker tilskrives menneskelige svigt, og at tekniske fejl sjældent er den direkte årsag. Alligevel består de fleste ulykkeskommissioner af teknologer, og brugen af psykologer er ofte et spørgsmål om teknologernes vurdering af behov. Oftest opfattes dette behov ikke som kritisk. Jernbaneulykken på Lillestrøm og Sleipner færgeulykken er to nylige norske ulykker, hvor årsagen tilskrives menneskelige fejl, men hvor dette ikke uddybes nærmere. Ulykken på Åsta er et andet eksempel, hvor den teknologiske tilgang dominerede, men hvor en adfærdsanalyse af menneskelige handlinger kastede et nyt lys på sagen.

Ulykken

Den 4. januar 2000 kolliderede det sydgående tog fra Trondheim til Oslo med det nordgående tog fra Hamar til Rena på Åsta klokken 13:12:35. En stor dieselbrand brød ud på det sydgående lokomotiv, som langsomt spredte sig til de nærmeste vogne. Af de 86 passagerer og personale ombord i togene blev 19 dræbt.

Årsagen til ulykken blev i løbet af kort tid tilskrevet menneskelige fejl, da en gennemgang af kontrolsystemet på Hamar togledelse ikke identificerede nogen system-tekniske fejl. Følgende citat er taget fra *Jernbaneverkets uhellskommissjons* foreløbige rapport dateret den 09.01.00.

Uhellskommisjonen har testet de tekniske anlegg i infrastrukturen etter kjente metoder uten å finne noen indikasjoner på at anleggene har feilet i forkant av ulykken. På bakgrunn av dette finner Uhellskommisjonen det sannsynliggjort at den primære årsaken til ulykken er at tog 2369 har passert utkjørsignalet ved Rudstad stasjon forbi signal "stopp" (rødt lys).

NSB nedsatte ifølge interne procedurer en ulykkeskommission, hvis formål var at finde årsagen til, at lokomotivføreren havde kørt på signal i stop på Rudstad station, samt udrede konsekvenserne af kollisionen. Desuden blev en regeringsudnævnt kommission nedsat, og politiet efterforskede ulykken ud fra et strafferetsligt perspektiv.

I denne artikel beskrives en af analyserne, som blev brugt til at identificere årsagen til ulykken ved Åsta: menneske-maskine samspilsanalysen (Skriver & Skjerve, 2000). Analysen blev oprindeligt udført for NSB, men blev opfattet som uafhængig og blev derfor også brugt af politiet og den regeringsudnævnte kommission. Analysen fokuserer på lokomotivførerens og konduktørens adfærd ved ankomst til og afgang fra Rudstad station.

Lidt om kognition

For at kunne forstå, hvordan mennesker reagerer, er det nødvendigt at have indsigt i de kognitive processer, som ligger til grund for adfærd. Dette gælder specielt brugen af hukommelsen i relation til situationsforståelse. Den følgende forsimplede gennemgang er baseret på forskning inden for kognition (se f.eks. Anderson, 1993; Endsley, 1995).

Situationsforståelse er begrænset af forarbejdningskapaciteten i arbejdshukommelsen. I komplekse og dynamiske situationer kan mængden af information og opgavens kompleksitet hurtigt overskride ens forarbejdningskapacitet. Ny information må kombineres med eksisterende viden og et kombineret billede af situationen må skabes. For nyuddannede og personer, som arbejder med nye ukendte opgaver, er arbejdshukommelsen flaskehalsen for situationsforståelse. Et højt belastningsniveau kan mindske evnen til at træffe korrekte beslutninger hurtigt og effektivt.

Situationsforståelse og beslutninger er afhængige af en sammenligningsproces imellem kritiske elementer i miljøet og elementer i den mentale repræsentation. God situationsforståelse kommer fra en evne til at genkende de vigtige elementer i miljøet og placere disse i den mentale repræsentation. Med erfaring flyttes genkendelsesprocessen fra arbejdshukommelsen til langtidshukommelsen. Langtidshukommelsen er bygget op af skemaer.

Skemaer består af mentale repræsentationer af situationer eller miljøer. For eksempel har erfarne lokomotivførere en mental repræsentation af sit arbejde; hvordan det skal udføres; hvilke aspekter, som er vigtige; og hvilke informationer, som kan ignoreres. Den mentale repræsentation kan bestå af: (a) viden om relevante system elementer, som kan bruges til at styre opmærksomheden og kategorisere information i perceptionsprocessen, (b) en måde at integrere informationen, så den giver mening, og (c) en mekanisme til at skabe forventninger om, hvad der vil ske i fremtiden baseret på den nuværende situationsforståelse. Under udførelse af en opgave vil man genkende og sammenligne den nuværende situation med skemaer, lagret i hukommelsen. Skemaene hjælper til med at klassificere situationen, samt at foreslå mulige handlinger.

Når sådanne skemaer er udviklet for en række af typiske situationer, reduceres belastningen af arbejdshukommelsen. Målsætning og associerende skemaer kan blive brugt til at træffe beslutninger og udføre handlinger. Denne mekanisme kan beskrives som direkte perception–

handling, baseret på genkendelse af situationen. Denne process udgør en vigtig mekanisme m.h.t. den mængde af information, som kan analyseres samt i hvilken udstrækning effektive beslutninger kan træffes hurtigt.

En fordel ved brugen af skemaer er at den nuværende situation ikke behøver at være en tro kopi af tidligere oplevelser. Hvis man har en god mental repræsentation for krav til adfærd for et system eller en bestemt situation, vil den: (a) dirigere sanserne mod relevante elementer, (b) give forventninger om hvad der vil ske og ikke vil ske, og (c) identificere en forbindelse mellem repræsentationen og typiske handlinger. D.v.s. en erfaren lokomotivfører vil hovedsageligt køre på rutinen, d.v.s. på genkendelse af situationen baseret på information i langtidshukommelsen. Han vil have en god mental repræsentation af forholdene, som vil styre hans sanser mod relevant information. Samtidig vil han have forventninger om hvad der vil ske, og vide hvordan han skal reagere. Sålænge forholdene svarer til hans skema, vil arbejdet udføres og kontrolleres automatisk. Svarer forholdene sig ikke til lokomotivførers forventninger vil han blive ekstra opmærksom på ændringerne.

Metode

Metoden brugt i analysen bestod i en videre forarbejdning af handlingssekvensen beskrevet i et STEP-diagram (Hendrick & Benner, 1986). Ud fra STEP-diagrammet udførtes en adfærdsanalysen, som bestod af en scenarie gennemgang af 4 mulige scenarier:

- Gult forsignal, rødt udkørsignal (som signal anlægget viste)
- Grønt forsignal, grønt udkørsignal
- Grønt forsignal, rødt udkørsignal
- Gult forsignal, grønt udkørsignal

Hvert scenarie gav indblik i, hvordan hændelsesforløbet på Rudstad station kunne have udspillet sig den 4. januar. Scenariebeskrivelsen blev præsenteret ved brug af 6 kategorier:

1. **Faktisk hændelse** refererer til, hvad der skete i det aktuelle scenarie, bekræftet af vidner eller system-tekniske registreringer.
2. **Procedurer/regler** refererer til, hvordan lokomotivføreren og konduktøren ifølge procedurer og regler skulle have reageret på den faktiske hændelse.
3. **Arbejdsrutiner** beskriver, hvordan lokomotivføreren og konduktøren sædvanligvis udfører opgaver, som specificeres i procedurer og regler.
4. **Sikkerhedskultur** refererer til, hvilke normer som foreligger i NSB vedrørende udførelsen af arbejdsrutiner.
5. **Nordgående tog** beskriver de aktioner, som toget foretog, de handlinger lokomotivføreren og konduktøren kan have fortaget, samt hvilke tanker lokomotivføreren og konduktøren kunne have gjort sig.
6. **Kommentarer** indeholder kommentarer til det foreslåede hændelsesforløb.

Desuden blev et litteraturstudium udført for at identificere årsager til rødlis-passeringer, NSB hændelsesdatabase blev gennemgået mht. årsagerne til tidligere rødlis-passeringer, og en barriereanalyse beskrev de barrierer, som blev brudt for at ulykken skulle kunne indtræffe.

Tabellen viser en forsimplet gennemgang af adfærdsanalysen, som berammede sig på over 40 sider. Hændelsen, taget fra STEP-diagrammet, beskrives sammen med de forventede handlinger. I sidste spalte kommenteres årsagsforhold.

Table: Analyse af togpersonalets adfærd på Rudstad station.

Hændelse	Handling (forventet)	Kommentar
1. Forsignal til udkørsignal i gul (forvent stop), eller forsignal til udkørsignal i grøn (forvent kør).	Lokomotivfører observerer signal.	Det forventes at lokomotivføreren er opmærksom på alle signaler. Det er muligt at han: <ul style="list-style-type: none"> • så signalet, men glemte billedet • ikke så signalet • så signalet, men opfattede signalet som grønt • så grønt signal. Det tager toget mellem 30-40 sekunder fra at alle signaler kan ses, til det stopper ved perronen.
2. Lokomotivføreren bremses stærkt.	Opbremsningen forventes udført, så den ikke er til gene for passagererne.	Lokomotivføreren bremses sent og stærkt. Dette kan skyldes: <ul style="list-style-type: none"> • at han havde glemt, at han skulle stoppe • han ikke ville stoppe • at han blev distraheret.
3. Lokomotivfører stopper toget, hvor skinneblokken ikke bliver frigivet, dvs. det krydsende tog kan ikke passere og planovergangen frigives ikke. Samtidig blinker en middelkontrollampe for at indikere, at toget ikke har frigivet skinneblokken. Pladsen toget stopper på muliggør, at passagereren kan stå på ved forreste	Lokomotivføreren trækker ind på perronen så skinneblokken frigives. Passagereren må stå på ved bagerste dør.	Stedet hvor lokomotivføreren stopper, er ikke hensigtsmæssig, da han må flytte toget igen, så det krydsende tog kan passere, lige så snart passagereren er stået på toget. Han kan have stoppet toget tidligt på perronen fordi: <ul style="list-style-type: none"> • han vil køre igen med det samme • for at tage passageren med og derefter

dør.		<p>trække frem på perronen. BM92 er et kort tog (49,45 længde o.b.) og der er ingen grund til at gøre det sidst nævnte.</p> <p>Hvis lokomotivføreren så frem mod udkørsignalet, ville han have set middelkontrollampen blinke.</p>
4. Togsporsignal slukket (stop), eller togsporsignal i grønt (kør)	Lokomotivføreren checker status på togsporsignalet.	<p>Det forventes at lokomotivføreren er opmærksom på alle signaler. Det er muligt at han:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ikke så signalet • så signalet som grønt. <p>Hvis han så signalet som grønt, ville han tænde lampen, som indikerer, at køretiladelsen er modtaget på siden af toget (blinker gult).</p>
5. Konduktøren skynder på passagereren.	Ikke normal adfærd.	<p>Dette kan forklares med at toget:</p> <ul style="list-style-type: none"> • må flyttes frem så skinneblokken frigives • toget er klart til at køre. <p>Konduktøren må under alle omstændigheder være bevidst om, at toget skal flyttes. Dette må lokomotivføreren have kommunikeret til ham, inden konduktøren stod af toget.</p> <p>Det er sandsynligt, at konduktøren sad i førerrummet sammen med lokomotivføreren ved indkørslen på Rudstad station, og selv observerede signalerne.</p>
6. Afgangsproceduren udføres	Proceduren følges. I følge proceduren checker	Det er ikke klart, hvorvidt proceduren blev fulgt,

	<p>lokomotivføreren, at udkørsignalet er grønt og tænder lampen, som indikerer, at køretilladelsen er modtaget (den gule lampe). Konduktøren overvåger af- og påstigning, samt checker at tiden er inde for afgang. Når tiden er inde, giver han afgangssignalet. Lokomotivføreren lukker dørerne, starter toget, checker langs togsiden i spejlet og retter blikket mod udkørsignalet, indtil dette er passereret.</p>	<p>men det er normalt at proceduren følges uafhængig af sted.</p> <p>Lokomotivføreren må have tændt for den gule lampe eller på anden vis kommunikeret, at han var klar til afgang, formodentlig mundtlig.</p> <p>Konduktøren skynder på passagereren og giver afgangssignal. Dette kan forklares med at toget:</p> <ul style="list-style-type: none"> • må flyttes frem så skinneblokken frigives • er klart til at køre. <p>Dvs. togsforsignalet er enten slukket eller grønt.</p>
<p>7. Lokomotivføreren starter toget 3 minutter for tidligt.</p>	<p>Ruteplanen er en ordre.</p>	<p>Lokomotivføreren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kører efter signalerne • trækker frem, men glemmer at signalerne står i rødt. <p>Konduktøren som gav afgangssignal 3 minutter for tidligt, må:</p> <ul style="list-style-type: none"> • have glemt at checke tiden • gjort det bevidst. <p>Togpersonalets ure blev fundet og var henholdsvis 8 og 22 sekunder foran. Det forekommer usandsynligt, at begge skulle have været uopmærksomme på tiden samtidigt. Konduktøren var også uddannet i den gamle procedure, hvor han skulle checke afgangssignalet. Ved så stor en tidsafvigelse, må det forventes at han checkede signalet.</p>

		<p>Hvis lokomotivføreren ville trække frem, men glemte det og kørte fra stationen, ville konduktøren, med stor sandsynlighed, have informeret lokomotivføreren om fejlen.</p> <p>Toget stod på stationen i mellem 20-30 sekunder.</p>
8. Toget kører sporskiftet op eller toget kører ikke sporskiftet op	Det forventes, at en lokomotivfører vil være opmærksom nok til at registrere bevægelserne i toget.	Sne på skinnerne kan have påvirket opfattelsen til lokomotivføreren. Ved en rekonstruktion var det ikke mærkbart fra førerstolen, når sporskiftet blev kørt op.
9. Udkørsignal i rødt (stop), eller udkørsignal i grøn (kør)	Lokomotivføreren observerer udkørsignalet ved afgang fra station.	<p>Det tog toget mellem 40-50 sekunder at køre fra stationen til det passerede udkørsignalet. I den tid fremførtes toget med kontrolleret acceleration. Lokomotivføreren må:</p> <ul style="list-style-type: none"> • have været i total kontrol og have kørt på grønt • have været distraheret delvist på en måde, som gjorde det mulig at accelerere kontrolleret og alligevel ikke have blikket rettet fremad (som er en del af kontrolprocessen ved acceleration).

Konklusion

En erfaren lokomotivfører (som i dette tilfælde) vil køre på rutinen, d.v.s. på genkendelse af den gældende situation. Han vil have en god mental repræsentation af forholdene, som vil styre hans sanser mod relevant information. Samtidig vil han have forventninger om, hvad der vil ske, og vide hvordan han skal reagere. Så længe forholdene svarer til hans skema, vil arbejdet udføres og kontrolleres automatisk. Svarer forholdene ikke til lokomotivførerens forventninger, vil han blive ekstra opmærksom på ændringerne. Det samme gælder for konduktøren.

Når lokomotivførerens og konduktørens adfærd ses i sammenhæng og udfra et kognitivt perspektiv, indikerer analysen, at handlemåden ikke var i overensstemmelse med det registrerede signalbillede på Hamar togledelse: gul forsignal og rødt udkørsignal. Dette begrundes i følgende:

- Oversigtsforholdene på Rudstad station er gode. Lokomotivføreren kan se alle signalerne 30-40 sekunder, inden toget stopper på stationen. På ulykkesdagen lå der sne, hvilket gjorde signalerne endnu tydeligere pga kontrasten. Toget holdt stille på perronen i ca. 20-30 sekunder og brugte 40-50 sekunder på at køre forbi udkørsignalet, dvs. at lokomotivføreren havde et klart udsyn til signalerne i 1½ - 2 minutter.
- Toget stoppes på perronen, så skinneløbet ikke frigives. Dette medfører, at det sydgående tog ikke kan passere, at jernbaneovergangen ikke blev frigivet samt at middelkontrollampen, som er placeret bag ved udkørsignalet, blinkede. Dette gøres ikke uden at lokomotivføreren er bevidst om handlingen.
- Ifølge vidneudsagn skyndte konduktøren på passagereren, som stod på toget. Konduktører skynder ikke per definition på passagerer, når toget skal vente i 4 minutter, inden det fortsætter. Konduktøren må have haft en grund til denne handling.
- Konduktøren var oplært i den gamle afgangssprocedure, hvor han også måtte checke udkørsignalet ved afgang fra station. Konduktøren må have været klar over, hvad lokomotivføreren ville gøre og handlede i overensstemmelse dermed. Hvis han var i tvivl, ville han med stor sandsynlighed have checket udkørsignalet (en kort undersøgelse på Oslo S viste at konduktørerne checkede udkørsignalet, selvom de ikke længere behøvede at gøre det).
- Konduktøren giver afgangssignal ca. 3 minutter før ruteplanen (lokomotivførerens ur gik 8 sekunder foran). Afgang fra stationen foregik kontrolleret med begge togpersonalets opfattelse i overensstemmelse med hinanden.
- Opbremsningen ind på og accelerationen ud fra stationen var normal og kontrolleret, som på de foregående stationer, selvom opbremsningen var lidt hårdere end man kunne forvente. Det anses for værende umuligt at udvise så høj en grad af kontrol over en del af arbejdsopgaven og samtidig ikke over en anden del af opgaven, som til dels er afhængig af den første.

Adfærdsanalysen tegner et andet billede end det som blev påvist fra topledelsen. Lokomotivførerens og konduktørens adfærd er sammenhængene og kan forklares inden for begrebet økologisk rationalitet (Gigerenzer & Goldstein, 1996). Lokomotivførerens forventninger kunne have spillet en rolle, men det var ikke mulig at identificere informationskilder, som kunne have påvirket hans adfærd. Det blev derfor konkluderet, at signalbilledet sandsynligvis var grundlaget for lokomotivførerens beslutning, og at signalbilledet sandsynligvis viste grønt i både for- og udkørsignal.

De tekniske analyser fandt ingen enkelt fejl i signalsystemet, som kunne være årsagen til ulykken. Men det blev påpeget, at studierne ikke fokuserede nok på kombinationer af fejl, og at dynamiske effekter ikke var analyseret tilstrækkeligt (Van de Ven, 2000). Samtidig blev der ikke udført nogen analyser af problemstillinger, som kunne have været en medvirkende faktor, som f.eks. vedligeholdelsesarbejde i relæet på Rudstad station.

Den regeringsudnævnte ulykkeskommission konkluderede, at det ikke var muligt at identificere en direkte årsag til ulykken (Goth et al., 2000). Hverken signalfejl eller menneskelige fejl kan udelukkes.

Vi ved ikke, hvad der skete på Rudstad station, men arbejdet som ligger til grunde for denne artikel, viser, hvor vigtigt det er, at udføre en systematisk adfærdsanalyse for at undgå at ulykker, hvor man ikke umiddelbart kan finde en teknisk fejl, automatisk tilskrives menneskelige fejl. Når 85% af ulykker tilskrives menneskelige fejlhandlinger, er det ulogisk udelukkende at bemane ulykkeskommisioner med teknologer. Det menneskelige aspekt bør varetages af folk med forståelse for, hvordan mennesker handler og reagerer. Psykologer bør derfor have en fast plads i alle ulykkeskommisioner.

Referencer

- Anderson, J.R. (1993). *Rules of the mind*. LEA: Hillsdale, NJ.
- Endsley, M. (1995). Towards a theory of situation awareness. *Human Factors*, **37**, 32-64.
- Gigerenzer, G. & Goldstein, D.G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, **103**, 650-669.
- Groth, V., Pålsson, I., Andersen, F.M., Skogstad, Ø., Kolbenstvedt, M. & Böcher, J. (2000). *Åsta-ulykken, 4. januar 2000*. Oslo, Norway: NOU.
- Hendrick, K. & Benner, L. (1986). *Investigating accidents with Step*. New York: Marcel Dekker.
- Skriver, J. & Skjerve, A. B. M. (2000). *Menneske-maskin analyse av forholdene i forbindelse med togkollisjonen ved Åsta stasjon, km 182.75, 4. januar 2000*. NSB BA 00/450-D521, 01.09.00: Oslo.
- Van de Ven, P.H.J. (2000). *Assessment report of Sintef report on the train accident at Åsta, 4 January 2000*. <http://odin.dep.no/jd/norsk/publ/rapporter/aasta/vedlegg/vedlegg5.html>.