

De mens als asset in een systeem

Beschouwing op de bijdrage van de mens aan de veiligheid van een systeem

Ir. Melcher Zeilstra, Intergo, zeilstra@intergo.nl

H. Klumper, ADSE consulting and engineering, drs. D.W. de Bruijn en drs. R. van der Weide, Intergo

Samenvatting

Onderwerp en vraagstelling

Veiligheid staat warm in de belangstelling. De menselijke factor, als onderdeel van die veiligheid, ook. Maar het blijkt moeilijk de prestaties van een mens te koppelen aan een optimale veiligheid. Het is mogelijk aan techniek te rekenen, en daarmee veiligheid te rationaliseren. De verleiding is daarom groot ook te rekenen aan prestaties van de mens, of liever te rekenen aan de resultaten van menselijk gedrag. Maar kan dat wel? Levert dat een bijdrage aan veiligheid?

Methoden en technieken

Menselijk gedrag is lastig voorspelbaar. In het paper wordt een aanpak geschetst waarmee menselijk gedrag systematisch beschouwd kan worden. In deze aanpak wordt niet vanuit de toe te passen of toegepaste techniek naar de mens gekeken, maar vanuit de mens naar de techniek. En niet vanuit de processen naar de mens, maar vanuit de mens naar de processen. De beschouwing op menselijk gedrag gaat enerzijds in op de mogelijke typen menselijke fouten, anderzijds - en vooral - op de positie en rol van de mens in een technisch systeem. De verbinding wordt gelegd tussen human factors, systems engineering en veiligheid. De gepresenteerde aanpak gaat uit van de diverse life cycle fasen van een systeem, van ontwerp tot gebruik van systemen maar ook van certificering tot toezicht.

Resultaten en discussie

In enkele voorbeelden wordt de toegevoegde waarde van de gepresenteerde aanpak geschetst. Enerzijds in het kader van incident- en ongevalsanalyse, anderzijds langs de levenscyclus van systemen. Er wordt aandacht besteed aan de veiligheid zelf en aan het managen van veiligheid. De koppeling wordt gelegd met geaccepteerde analysetechnieken, zodat nieuw en vertrouwd aan elkaar gekoppeld kunnen worden. De voorbeelden zijn afkomstig uit de diverse sectoren zoals luchtvaart en rail.

Keywords

Human factors, assets, systems engineering, veiligheidsanalyse, veiligheidsmanagement.

1. Inleiding

Veiligheid staat warm in de belangstelling. De menselijke factor, als onderdeel van die veiligheid, ook. Aangenomen wordt dat 80-90% van de incidenten ontstaan door menselijke fouten. Dit grote aandeel van menselijke fouten toont aan dat het moeilijk is de prestaties van een mens te koppelen aan een optimale veiligheid. En is de mens alleen maar een foutenbron, of kan hij ook een meerwaarde op het gebied van veiligheid betekenen? Dit laatste is een shift in denken: het gaat dan om menselijke betrouwbaarheid in plaats van om menselijke fouten.

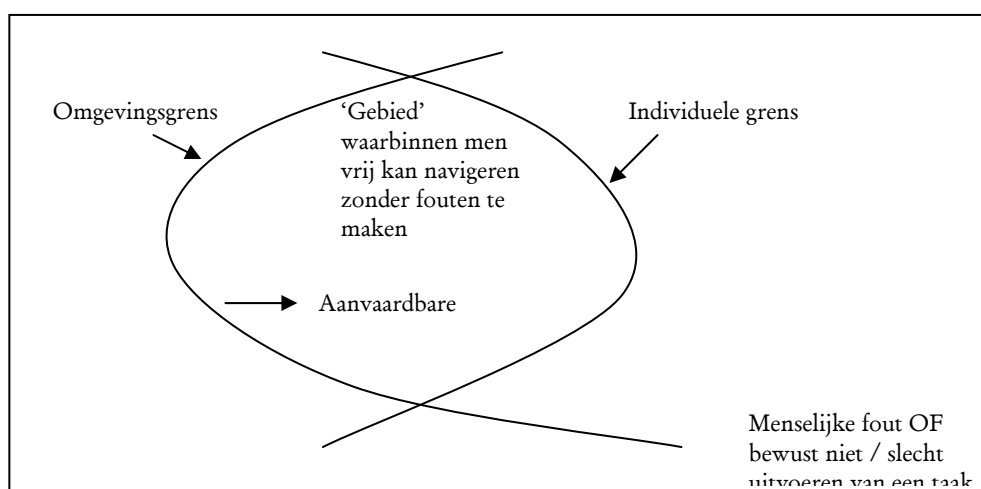
Het is mogelijk aan techniek te rekenen, en daarmee veiligheid te rationaliseren. De verleiding is daarom groot ook te rekenen aan prestaties van de mens, of liever te rekenen aan de resultaten van menselijk gedrag. Maar kan dat wel? Levert dat een bijdrage aan veiligheid?

2. Methoden en technieken

2.1 Menselijke fouten en menselijke betrouwbaarheid

Fouten maken is menselijk: “waar gehakt wordt vallen spaanders”. Maar mensen maken nooit zomaar fouten. Zeker in risicovolle technische systemen zullen mensen niet bewust fouten maken, omdat de gevolgen hen ook direct kunnen raken, terrorisme en vandalisme buiten beschouwing gelaten.

Fouten ontstaan bij interactie tussen mensen, maar ook bij interactie tussen mensen en technische middelen (Wauben e.a., 2010). Menselijk gedrag wordt beïnvloed door twee grenzen: een individuele grens (bijvoorbeeld menselijke capaciteiten en competenties) en een omgevingsgrens die gedefinieerd wordt door eisen van het systeem waarbinnen de mens zijn/haar taak moet vervullen (onder andere aanvaardbare werkstrategieën, procedures, protocollen, beschikbare middelen (Rasmussen, 2003)). Deze grenzen markeren het ‘gebied’ waarbinnen de mens vrij kan navigeren zonder fouten te maken: de aanvaardbare werkprestatie (Figuur 1).



Figuur 1 Aanvaardbare werkprestatie (Wauben e.a., 2010)

Overschrijding van de grens van de aanvaardbare prestatie wordt gezien als menselijke fout. De aanvaardbare werkprestatie varieert bij iedere taak, waarbij in ogenschouw genomen moet worden dat die taak in een bepaalde omgeving uitgevoerd wordt, het ligt dus genuanceerd. Een voorbeeld illustreert dit.

In de railsector heten onterechte passages van rode seinen zogenaamde STS-passages. De machinist heeft inderdaad een belangrijke rol in het optreden van een STS-passage. In de incidentregistratie was een opmerkelijk, maar in eerste instantie onverklaarbaar, verschil te zien tussen de zogenaamde reizigerstreinen en goederentreinen: goederentreinen hadden 2,6 maal zo vaak een STS-passage als reizigerstreinen. Oppervlakkig beschouwd gaat het in beide gevallen om de taak ‘het rijden van een trein’ door een machinist, een vergelijkbare taak door een vergelijkbare uitvoerder, dus ze zouden met elkaar te vergelijken moeten zijn en daarmee het verschil verklaarbaar moeten worden. Bij nadere beschouwing (Van der Weide e.a., 2008) bleken de processen en de taken ten behoeve van het rijden van een goederentrein significant anders te zijn dan de processen en taken voor het rijden van een passagierstrein. Ook kenmerken van machinisten en van de vervoerders als organisatie bleken een rol te spelen in het verklaren van het opmerkelijk verschil tussen goederen- en reizigerstreinen. En als laatste bleek de in de incidentregistraties gehanteerde blootstellingmaat niet de juiste: het zou niet om STS-passages per treinkilometer moeten gaan, maar om STS-passages gerelateerd aan de blootstelling aan gele én rode seinen. In termen van het model van Figuur 1 betekent dit dat het rijden van goederentreinen verschilt van het rijden van een reizigerstrein ten aanzien van de individuele grens (de machinistenkenmerken), de omgevingsgrens (kenmerken van de organisatie van

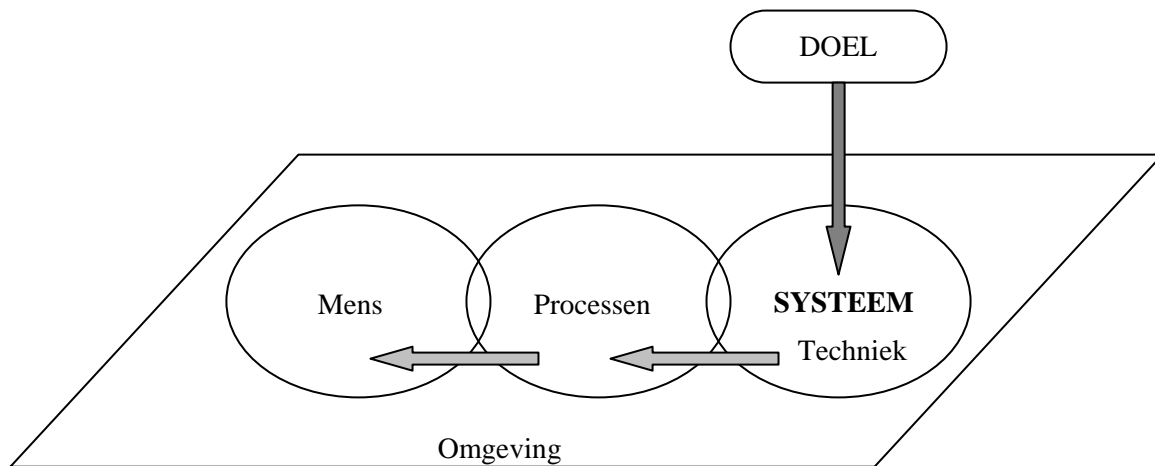
vervoerders, kenmerken van werkstrategieën, treinkenmerken e.d.) en dat de aanvaardbare werkprestatie niet goed was gedefinieerd (de blootstellingsmaat).

Ergo: de oorzaak van een incident toewijzen aan de mens zonder nadere beschouwing van de uit te voeren taak en de omgeving waarbinnen deze taak wordt uitgevoerd is te kort door de bocht.

2.2 De mens als onderdeel van een te ontwerpen systeem

Human Factors¹ gaat over de mens als integraal onderdeel van een proces of systeem.

Traditioneel worden systemen gezien en ontworpen als technische systemen. Met dat technisch systeem moet een doel bereikt worden. Vervolgens worden vanuit de kenmerken van het technisch systeem processen gedefinieerd en als laatste wordt gekeken naar de door de mens uit te voeren taken en de hulpmiddelen die daar voor nodig zijn. Onderstaande figuur illustreert dit.



Figuur 2 Traditionele benadering in ontwerp van systemen

De aandacht voor veilig gedrag is ook vaak gebaseerd op bovenstaande traditionele benadering: gedrag op basis van do's en don'ts vormt het laatste middel om het gewenste veiligheidsniveau te bereiken.

In het ontwerp van technische systemen is vanuit het oogpunt van Human Factors een zekere fasering zichtbaar (Hollnagel 2009):

- › The First Age: The Human Factor as a Bottleneck. De revolutie in informatie technologie creëerde werksituaties waarin mensen onnauwkeurig, variabel en langzaam bleken te zijn. Menselijke beperkingen werden beschouwd als redenen voor onvoldoende systeemprestatie (productiviteit, nauwkeurigheid, snelheid) ten opzichte van wat met technologie mogelijk was. Met betrekking tot human factors lag de nadruk op training en selectie, aanpassing van het technisch ontwerp voor een betere afstemming op de mens (lichaamsmaten, gebruiksvriendelijkheid), en op (verdere) automatisering. Human factors issues werden min of meer geïsoleerd beschouwd om ook de door te voeren.
- › The Second Age: The Human Factor as a Liability. Deze ontwikkeling startte abrupt door het ongeluk met de kerncentrale van Three Mile Island in 1979. Acties/fouten van operators bleken een belangrijke rol gespeeld te hebben in het ongeluk. Dit inzicht gaf dat men in het ontwerp en in de werking van systemen oog kreeg voor menselijke taken of eigenlijk voor taken die foutief door mensen uitgevoerd (kunnen) worden. In training wordt niet alleen meer aangeleerd hoe je iets doet, maar ook waarom. In het ontwerp werd meer aandacht besteed aan informatieoverdracht (en dus cognitieve vaardigheden van mensen).

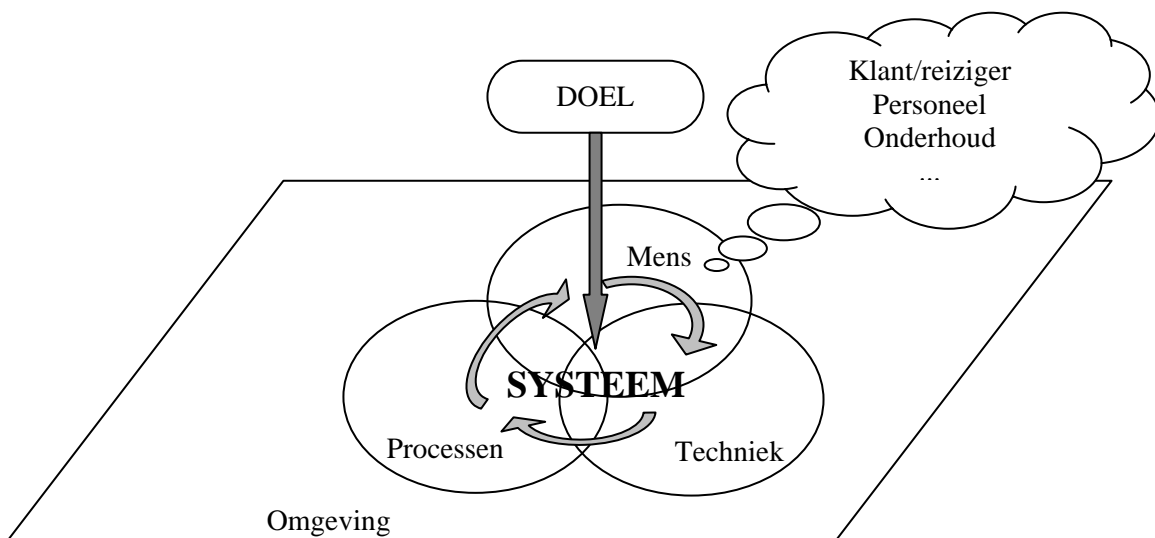
¹ Human factors (or ergonomics) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and other methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance.

Automatisering werd tot ultiem paradigma verheven. In deze tijd is ook de behoefte ontstaan om te kunnen rekenen aan menselijke fouten en de aandacht is gelegd op het voorkomen van menselijke fouten c.q. het verhogen van de menselijke betrouwbaarheid. Inzicht ontstond dat mensen niet vergelijkbaar zijn met techniek: techniek is ontworpen om met geen of beperkte afwijking altijd hetzelfde te presteren, van mensen kan en mag dit, ook na training, niet verwacht worden.

- › The Third Age: The Human Factor as an Asset. De overgang naar deze fase is minder abrupt dan de overgang van de eerste naar de tweede fase. De onophoudelijke ontwikkeling van socio-technische systemen gaf dat de gevestigde manier van denken over mens en techniek niet meer afdoende was: het overwinnen van menselijke beperkingen (The First age) en het elimineren van menselijke fouten (The Second Age) leidde niet per definitie tot de gewenste systeemprestaties en systeemveiligheid. Mensen moeten blijkbaar niet alleen als ‘bottlenecks’ worden beschouwd of als foutenbron, maar als ‘middel’ om steeds groter wordende socio-technische systemen mogelijk te maken en efficiënt en veilig te laten functioneren.

2.3 De mens als asset

De andere kijk op human factors, zoals bovenstaand verwoord voor The Third Age, is ook terug te vinden in moderne opvattingen over het ontwerpen van systemen. Hierin vormen de mens, de processen en de techniek samen een integraal systeem. Met betrekking tot de mens is relevant welke rol en dus kenmerken deze heeft: werknemer of klant (consument, reiziger, patiënt, bezoeker etc.) of onderdeel van de omgeving van het systeem (bijv. de burger). De mens, de processen en de techniek zijn een drie-eenheid die samen zorgen voor een optimale performance van het systeem. Onderstaande figuur illustreert deze andere kijk op systemen.



Figuur 3 Moderne benadering in ontwerp van systemen

Voor veiligheid - systeemveiligheid ! - geldt hetzelfde als voor de system performance: er ontstaat pas een optimale veiligheid als de mens, de processen en de techniek integraal op elkaar worden afgestemd. De kans op een menselijke fout wordt pas minimaal als de menselijke taak niet los wordt beschouwd van de processen, de techniek, maar ook (!) de omgeving van het systeem.

2.3.1 Human Factors in Systems Engineering

In de railsector wordt bij de ontwikkeling van nieuwe systemen steeds meer aangesloten bij de principes van Systems Engineering, waarbij een set van internationale normen als maatstaf geldt (NEN-EN 50126: 1999). Veiligheid en veiligheidsmanagement is een belangrijk onderdeel in deze norm. Opmerkelijk is dat de norm ook behoorlijk wat aandacht besteed aan de mens, aan

human factors, als onderdeel van het te ontwikkelen systeem, zie figuur met de tekst uit de relevante paragraaf van deze norm. Enkele citaten uit de norm (paragraaf 4.4):

- › An analysis of human factors, with respect to their effect on system RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety), is inherent within the 'systems approach' required by this standard;
- › Human factors can be defined as the impact of the human characteristics, expectations and behaviour upon a system;
- › Railway applications typically involve a wide range of human groups, from passengers, operational staff and staff responsible for implementing systems to others affected by the fairway operation, such as car drivers at railway crossings;
- › Humans shall be considered as possessing the ability to positively contribute to the RAMS of the railway system.

Met name het laatste citaat is opmerkelijk: de mens wordt in de norm als asset van het systeem beschouwd!

De norm geeft ook een aandachtspuntenlijst om het begrip human factors inhoud te geven. Een niet limitatief overzicht hiervan:

- › Allocatie van taken tussen mens en techniek
- › Menselijke prestatie, cognitieve en organisatorische issues
- › Menselijke competenties en motivatie
- › Menselijke informatieverwerking
- › Interface tussen mens en systeem (!): gebruik van interfaces, fouten, overtreding van regels, risico perceptie, anticiperen op systeemtoestanden en -prestaties.

Naast inhoudelijke aandachtspunten voor het te ontwikkelen systeem, gaat de norm in op human factors aspecten van de organisatie van het ontwerpproces, door onder andere in te gaan op competenties van ontwerpers en op het functioneren van (veiligheids-) managementsystemen.

2.3.2 Human factors in veiligheidsmanagement bij ontwikkeling van een systeem

Elk systeem doorloopt een totstandkomingsproces dat ook weer door mensen wordt uitgevoerd. Dit zijn veelal niet de mensen die uiteindelijk, bijvoorbeeld als asset, als onderdeel van het te ontwerpen systeem, gaan functioneren. Het gaat om mensen die in het ontwikkelingsproces, van eerste idee tot en met de uiteindelijke realisatie, belangrijke rollen spelen in besluitvorming over ontwerp- en toelatingsafwegingen die uiteindelijk een effect kunnen hebben op de veiligheid van het te ontwikkelen systeem. Die besluitvorming is natuurlijk aan dezelfde fouten onderhevig als weergegeven in figuur 1. Voor een ontwerper is 'zijn' ontwerpproces niet zo goed het operationele proces waarbinnen hij moet functioneren als het proces waarbinnen een machinist functioneert. Het gaat in beide gevallen om het uitvoeren van een taak binnen een meer of minder beschreven proces met een bepaalde mate van bewegingsvrijheid voor het handelen. De kern is het ontvangen van informatie, het verwerken van informatie en op basis van de uitkomst van die verwerking het uitvoeren van één of meer handelingen.

Het (menselijke) proces van verwerken van informatie tot besluitvorming (handeling) is onderhevig aan een veelheid van invloeden. Deze invloeden kunnen zeer verschillend van aard zijn. Voor mensen in een ontwikkelproces kunnen factoren als winstbejag en concurrentie invloed hebben op het besluitvormingsproces en daarmee impliciet invloed hebben op de veiligheidsaspecten van het te ontwikkelen systeem. In het operationele proces voor het systeem, het in gebruik zijn van het systeem, is de veiligheid en de beleving van veiligheid veel meer expliciet aan de orde.

Om tot veilige producten en processen, veilige systemen, te komen wordt expliciet of impliciet altijd een vorm van veiligheidsmanagement toegepast. Veiligheidsmanagement is feitelijk niet meer dan een besluitvormingsmechanisme waarin besluitvorming plaatsvindt door verschillende mensen met verschillende achtergronden op basis van informatie die door verschillende mensen met verschillende achtergronden tot stand is gebracht. De informatie ten behoeve van

besluitvorming is veelal in een langdurig traject tot stand gekomen, aangevuld, aangepast en geïnterpreteerd door verschillende mensen. Deze mensen kunnen door verschillende factoren beïnvloed zijn met mogelijk beoordelingsfouten als gevolg. Bij een weinig ontwikkeld veiligheidsmanagementproces zal de besluitvorming vooral worden gestuurd door subjectieve aspecten terwijl een volwassen veiligheidsmanagementsysteem wordt gekenmerkt door meer objectiviteit.

Idealiter zijn in het koepelende veiligheidsmanagementproces waarborgen ingebouwd om impliciete veiligheidsproblemen te ondervangen. Met name bij grote complexe projecten met veel spelers en lange ontwikkeltijden blijkt dat erg ingewikkeld te zijn. Hoe groter de projecten (denk daarbij aan een spoorlijn zoals de Betuweroute tunnel in de A73 bij Roermond) veranderen gedurende het ontwikkeltraject zowel de spelers (andere ministers) als soms ook de spelregels (andere wetgeving) als de technische mogelijkheden (watermistsysteem). Deze veranderingen zijn stuk voor stuk aanleiding voor herinterpretatie van informatie die al langer beschikbaar is. Omdat deze informatie vanuit een andere context wordt beschouwd, is de kans groot dat er aanleiding is voor andere besluiten.

Tevens is de rol van de mens in het systeem of in het ontwikkelingsproces voor dat systeem van belang in de besluitvorming. Vanuit het standpunt van een minister ziet een veiligheidsvraagstuk er wezenlijk anders uit dan voor een machinist van een trein. Tussen de machinist en de minister zijn natuurlijk nog vele andere belangrijke en minder belangrijke spelers te vinden die allemaal als asset van het overkoepelende veiligheidsmanagementsysteem hun eigen interpretatiemechanisme kennen dat beïnvloed wordt door hun eigen in- en externe factoren. Ook veranderende maatschappelijke opvattingen over vereiste veiligheidsniveaus kunnen daarbij een rol gaan spelen.

Het beheersen van het besluitvormingsproces is wellicht de grootste human factors uitdaging voor veiligheidsmanagement in de meest brede zin.

2.4 Human factors in een veiligheidsanalyse in de railsector

In de railsector zijn er twee belangrijke documenten die beschrijven hoe een risico-analyse uitgevoerd zou moeten worden. Het ene document is de reeds gememoreerde norm voor systems engineering in de railsector (NEN-EN 50126-1: 1999). Het andere document is de zogenaamde Common Safety Method (CSM, 2009), die voorschrijft dat bij wezenlijke veranderingen een risico-analyse uitgevoerd moet worden en dat voor het bewijs van veiligheid via drie pijlers geleverd kan worden:

- › Toepassing van 'Code of practice'. Een code of practice kan gezien worden als een geaccepteerde mitigerende maatregel voor een gevaar in de huidige praktijk dat vergelijkbaar is met het gevaar zoals geïdentificeerd in de risico-assessment;
- › Vergelijking met andere systemen als referentie. Onderzoek of het gevaar afdoende wordt afgedekt door een (bestaand) systeem of door maatregelen in een (bestaand) systeem dat kan dienen als vergelijking met het te onderzoeken systeem;
- › Expliciete risico-inschatting. Indien een geïdentificeerd gevaar niet voldoende beheerst wordt door een code of practice of een (maatregel uit een) referentiesysteem, moet een expliciete risico-inschatting gemaakt worden. Deze risico-inschatting kan kwalitatief en kwantitatief uitgevoerd worden, waarbij rekening gehouden moet en mag worden met reeds bestaande veiligheidsmaatregelen.

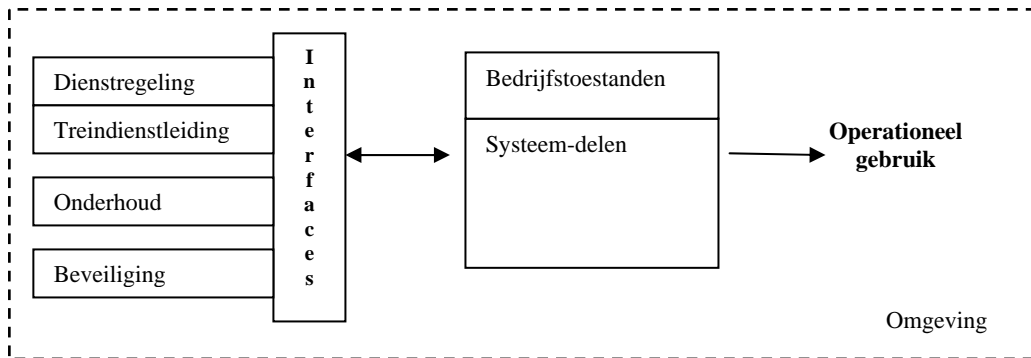
Volgens beide documenten moet een risico-analyse starten met een systeemdefinitie. Daarnaast noemen de genoemde documenten een beschrijving van de dynamische aspecten of het operationeel gebruik van dat systeem. Met name dat is sterk bepalend voor de Human Factors risico's. Zo onderscheidt London Underground het 'operational concept' in haar HF integration standard (LU, 2003). Het geheel van de beschrijving van systeemdefinitie en operationeel gebruik noemen we hier verder 'concept of use'.

De Concept of Use (CoU) is een beschrijving van de doelstelling van het systeem, de elementen van het systeem (mens, techniek), de gebruikscondities en de omgeving voor het systeem en het (voor ogen staande) dynamisch gedrag van het systeem (de processen). Het idee van de Concept of Use sluit aan op het in Figuur 1 weergegeven model van aanvaardbare werkprestatie.

Het idee van de Concept of Use (CoU) is zonder nadere uitwerking vanzelfsprekend abstract. Een voorbeeld zal dit verduidelijken. Ook nu weer als voorbeeld het rijden van een trein. De Concept of

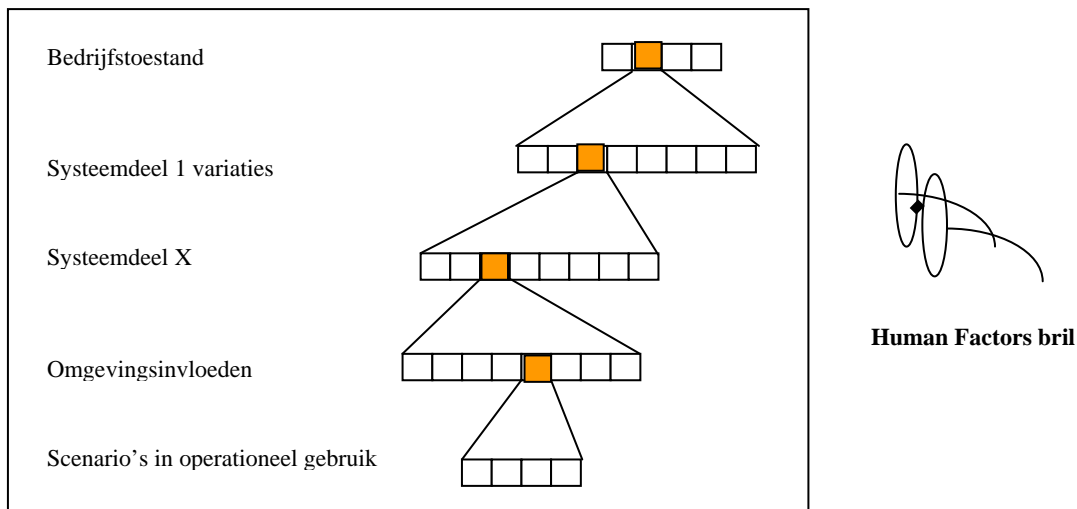
Use van het rijden van een trein bestaat uit de volgende elementen:

- › Systemedelen van het systeem ter beoordeling: seinplaatsing, seinbeeld, rails, machinist, materieel;
- › ... die in een bepaalde bedrijfstoestand verkeren: normaal, verstoord, gedegrademd, nood;
- › met daarnaast aangrenzende of interface-systemen: dienstregeling (drgl), treindienstleiding (trdl), onderhoud, beveiliging;
- › binnen een bepaalde omgeving met invloeden: tijdstip/licht, wind, neerslagtemperatuur;
- › binnen het kader van een operationeel gebruik: diverse gebruiksscenario's (van/naar emplacement en met/zonder opgedeelde rijwegen).



Figuur 4 Elementen van de Concept of Use voor het rijden van een trein

Complicerende factor is dat bij elke bedrijfstoestand een bepaald operationeel gebruik denkbaar is met een bepaalde combinatie van toestand van systemedelen, omgevingsinvloeden, dienstregelingsvariaties, en eventuele andere variaties in elementen van de CoU. Figuur 5 geeft een illustratie daarvan.



Figuur 5 Illustratie van het grote aantal combinaties van opties van elementen. De oranje blokjes duiden op een keuze van een 'worst case' of meest relevante variant

Bovenstaande CoU voor het rijden van een trein is gebruikt voor een veiligheidsanalyse met betrekking tot wijziging in de seinsturing (De Bruijn en Zeilstra, 2010). De wijziging in de seinsturing is ingegeven door de wens tot betere benutting van de beschikbare capaciteit op het spoor. De CoU is gebruikt voor ontwikkeling van mogelijke alternatieven voor de seinsturing. Vervolgens is een veiligheidsanalyse uitgevoerd om na te gaan of met een alternatieve seinsturing voldaan kon worden aan het vereiste veiligheidsniveau, het zogenaamde stand-still principe: het mag niet onveilig worden dan in de huidige situatie.

De veiligheidsanalyse is conform Common Safety Method (CSM, 2009) uitgevoerd in de vorm van een risico-inschatting, omdat het bewijs van veiligheid niet afdoende kon worden geleverd via de zogenaamde Code of Practice of gebruik van referentiesystemen.

Voor de veiligheidsanalyse is voor elk element van de CoU nagegaan of het betreffende element een potentieel hazard zou vormen. Zo nodig is hiervoor onderscheid gemaakt in de verschijningsvorm of status van een element van de CoU. Zo heeft een reizigerstrein technisch gezien natuurlijk een ander (maximaal haalbaar) remgedrag dan een zeer zware goederentrein. Maar ook het rij- en remgedrag van een reizigersmachinist verschilt van een machinist van een goederentrein. Voor de gemaakte keuzes is vanzelfsprekend gebruik gemaakt van de kennis en kunde die is opgedaan in het onderzoek naar verschillen in STS-passages tussen reizigerstreinen en goederentreinen (van der Weide, e.a., 2008).

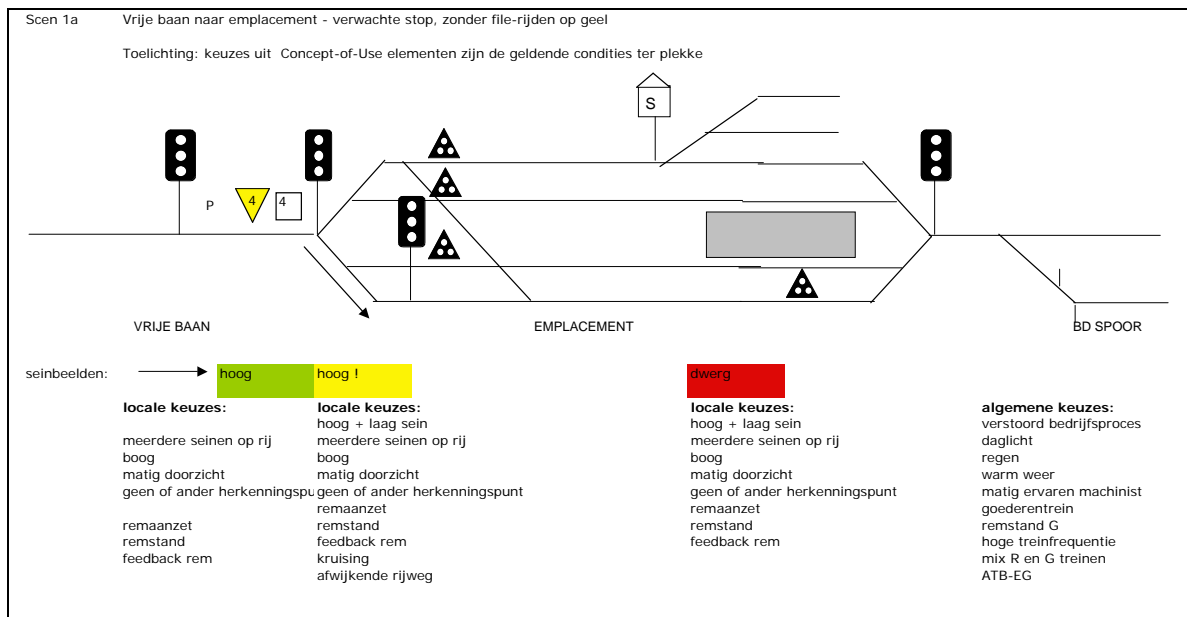
Om het aantal variaties in de CoU en dus in de uitgevoerde veiligheidsanalyse te beperken is gekozen voor 'worst case' variaties van de diverse elementen van de CoU. Als dit niet gedaan zou zijn, zou de veiligheidsanalyse door zijn omvang niet meer uit te voeren zijn en zouden ook variaties in de CoU geanalyseerd worden die niet relevant zijn of een verwaarloosbaar risico hebben.

Voor de gebruiksscenario's zoals genoemd in Figuur 5 is een beperkte set van te analyseren scenario's opgesteld:

- › Van of naar een emplacement
- › Met of zonder een samengestelde rijweg (een rijweg voor een trein die in delen wordt vrijgegeven) Mogelijk is hieraan een verwachting van de machinist gekoppeld
- › De verwachting van de machinist dan wel het doel van de rijweg voor de trein. In feite gaat het om het onderscheid tussen reizigers-/passagierstreinen (P) en goederentreinen (GO) en het hebben van een al of niet verwachte stop van de trein op het emplacement.

De nadering van de trein naar een rood sein betekent dat de wisselwerking tussen machinist en omgeving voortdurend verandert. De soort en ernst van de daarmee samenhangende hazards kunnen afhankelijk zijn van de (geografische) locatie binnen een scenario. De scenario's zijn grafisch verder uitgewerkt met seinen.

Figuur 6 geeft een illustratie van de uitwerking van een te analyseren scenario. Het betreft het binnenrijden van een emplacement naar een verwachte stop van de trein op een gebruikelijke locatie op het emplacement, maar wel met een afwijkende rijweg naar de stoppositie. De seinsturing moet zodanig zijn dat de machinist bij elk sein de juiste betekenis aan het seinbeeld geeft en vervolgens op de juiste manier anticipeert én reageert. De machinist moet natuurlijk kunnen onderscheiden welk sein bij zijn/haar eigen rijweg hoort. En uiteindelijk moet de machinist natuurlijk tijdig voor het rode sein (kunnen) stoppen.



Figuur 6 Binnenrijden emplacement naar verwachte stop. Kleuren geven het seinbeeld aan

Tabel 1 geeft de status van de elementen van de CoU, zoals geldig voor het geanalyseerde scenario

Element van de CoU	Opties
Bedrijfsstoestand	Verstoord. Aanname is dat de trein een aantal minuten vertraging heeft en dat de trein op een ander spoor aankomt. De machinist weet niet precies waar en wanneer hij binnengenomen wordt
Fysische omstandigheden	
> Tijdstip	Daglicht
> Neerslag	Regen
> Temperatuur	Hoog zomer (meer dan 25 C)
Systeemdelen	
> Rails	Geen bijzonderheden in wrijvings-coëfficiënt
> Seinplaatsing	Seinhoogte afhankelijk van locatie op emplacement, meerdere elkaar opvolgende seinen, spookromming (bocht), matig doorzicht naar volgend sein
> Omgeving	Geen herkenningspunten aanwezig in omgeving (bijv. bebouwing)
> Seinbeeld	Nadert tot rood, geen tussentijdse seinverbetering
> Machinist	Volledig bevoegd op traject en volledig bevoegd materieel, met matige ervaring
> Materieel	Goederentrein, remmen in remstand G
Interfaces	
Systeem dienstregeling en plan (relatie met treindienstleiding)	Hoge treinfrequentie, mix van reizigers- en goederentreinen
Systeem treindienstleiding	Geen handmatige rijweginstelling, rijden op seinen (en niet op zicht)
Systeem onderhoud infra	Geen (ongeplande) onderhoudswerkzaamheden
Systeem beveiliging	Beveiligingssysteem ATB-EG

Tabel 1 Status van elementen van de CoU voor scenario uit Figuur 6

Bij elke locatie in het scenario kan de machinist een fout maken en daarin is ook weer onderscheid te maken in type fout, zoals bijvoorbeeld het bekende onderscheid in Skill-based,

Rule-based en Knowledge based fouten (Reason, 1990). Ter illustratie enige voorbeelden van mogelijke fouten die een treinmachinist kan maken:

- › Routinematig te licht remmen ondanks een afwijkende rijweg
- › Verwachting van een grotere remafstand dan werkelijk beschikbaar
- › Verkeerde sein aflezen (gelezen sein hoort niet bij de eigen rijweg)
- › Niet tijdig (kunnen) remmen door late zichtbaarheid van seinen
- › Te laat remmen door afleiding of andere oorzaken, zoals bijv. het bij de rijweg horende sein niet kunnen vinden.

Elke fout heeft zijn eigen kenmerken, ook binnen hetzelfde type fout, zoals onderscheiden door Reason. De kans dat een fout gemaakt wordt, zal dus ook per fout verschillen. Het is echter lastig om betrouwbaar een kansberekening te maken met menselijke fouten. Er zijn rekenmethoden die rekening houden met menselijke fouten, maar vaak zijn die toch gebaseerd op specifieke toepassingen, zoals bijv. de HEART-methodiek (Williams, 1986). Een kans op een menselijke fout in de nucleaire industrie is natuurlijk niet 1 op 1 vergelijkbaar met een menselijke fout in bijvoorbeeld de gezondheidszorg of in de railsector: de systemen verschillen (andere techniek, andere mensen, andere processen, andere omgeving).

Resultaten en discussie

Voor de veiligheidsanalyse voor de gewijzigde seinsturing is geen kwantitatieve analysemethode gebruikt, maar is een kwalitatieve analyse uitgevoerd. Fouten, zeker menselijke fouten, treden vaak pas op door een samenloop van omstandigheden en/of door het samenkomen van meerdere factoren die door hun interactie leiden tot een (menselijke) fout. Het gebruik van een Concept of Use maakt inzichtelijk welke combinatie van omstandigheden en factoren een potentieel gevaar vormen.

Bovendien wordt door het opstellen van een Concept of Use inzichtelijk of een eventuele kansberekening valide gemaakt kan worden. Als de getallen voor het maken van een kansberekening afkomstig zijn uit een andere, niet-vergelijkbare Concept of Use, dan moeten de alarmbellen letterlijk gaan rinkelen. Rekenen met verkeerde getallen levert schijnveiligheid! Indien duidelijk is dat er geen kwantitatieve analyse gemaakt mag worden, levert de Concept of Use een goede basis voor een kwalitatieve analyse om aan te tonen dat aan het vereiste veiligheidsniveau, zoals het in de railsector veel gehanteerde stand-still principe (een relatieve norm), voldaan wordt.

Door te kiezen voor bepaald rij- en remgedrag van de machinist in een bepaalde omgeving/context, maar ook door te kiezen voor een bepaalde ervaring en verwachting van een machinist, samen de Concept of Use, wordt recht gedaan aan het feit dat de mens niet alleen maar fouten kan maken, maar ook door zijn/haar gedrag kan bijdragen aan de prestatie en de veiligheid van het railsysteem. Technisch kan een goederentrein namelijk veel harder remmen dan in de praktijk gedaan wordt. Machinisten willen grote remkrachten vermijden omdat remmingen met zogenaamde hoge remstanden niet te onderbreken zijn als daar door bijvoorbeeld seinverbetering wel aanleiding toe is. Bij voortijdig lossen van de remmen kan door de traagheid van het remsysteem namelijk niet voorkomen worden dat de trein toch tot stilstand komt. Om vervolgens weer op te kunnen trekken, moeten eerst alle remmen gelost worden. Dat kan enkele minuten duren. Al met al betekent het optrekken vanuit stilstand tijdsverlies, bezet houden van de infra (capaciteitsverlies), hoog energieverbruik, ergernis etc. Hard remmen zelf gaat gepaard met remslijtage, herrie, discomfort etc.

Op de achtergrond speelt ook veiligheid een rol als reden om grote remkrachten te willen vermijden. Als bij sterke remmingen voortijdig de remmen worden gelost om vervolgens weer op te trekken, ontstaan grote krachten op de koppelingen tussen de wagens en zou de trein kunnen breken. Machinisten weten dat als geen ander en onderbreken remmingen met hoge remstanden dus niet. Ze weten dat het geen zin heeft (stilstand is niet te voorkomen) en dat het onderbreken van een sterke remming gevaar van breken met zich meebrengt.

De machinist is op dit moment het enige systeemelement die bovenstaande ongewenste neveneffecten van hard remmen kan beperken of zelfs vermijden. De gewijzigde seinsturing moet dus zo vorm gegeven worden dat de machinist tijdig kan stilstaan maar daarbij niet zo hard moet remmen dat het risico optreedt dat de prestatie van het railsysteem in termen van capaciteit en energieverbruik sterk nadelig beïnvloed wordt of dat de trein kan breken.

De veiligheidsanalyse inclusief (!) opgestelde Concept of Use wordt deel van het bewijs van veiligheid voor de gewijzigde seinsturing en is ingebracht in het overleg tussen infrabeheerder en vervoerders om tot acceptatie van dit bewijs van veiligheid te komen. Daarmee gaat de veiligheidsanalyse een volgend stadium in: infrabeheerder en vervoerders zullen, elk als asset van het overkoepelende veiligheidsmanagementsysteem, de analyse onder invloed van hun eigen in- en externe factoren vanuit hun eigen context interpreteren met besluitvorming als resultaat.

Referenties

Bruijn, D.W. de, Zeilstra, M.P., 2010

Concept of Use, Rapport 3282, september 2010, **VERTROUWELIJK**.

CSM, 2009

Safety Method on Risk Evaluation and Assessment. Commission Regulation (EC) No 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(a) of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and the Council.

Hollnagel, E., 2009

The third age of human factors: from independence to interdependence. Keynote European Conference on Rail Human Factors, Lille, 2009.

LU, 2003

Integration of Human Factors into system development. London Underground, Standard 2-01018-003, Issue A1, december 2003.

NEN-EN 50126-1 (1999)

Spoorwegtoepassingen – De specificatie en het bewijs van de bruikbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en veiligheid.

Rasmussen, J., 2003

‘The role of error in organizing behaviour, 1990’, in *Qual Saf Health Care* 12:5, 377-83; discussion 383-5

Reason, J.T., 1990

Human Error, Cambridge University Press, Cambridge

Weide, R. van der, Frieling, H.F.L., Bruijn, D.W. de, 2008

STS-passages goederenvervoer, rapport 3123, v 1.0, juni 2008, Intergo, Utrecht.

Williams, J. C. (1986)

HEART - Human Error Assessment and Reduction Technique – a proposed method for assessing and reducing human error. In 9th Advances in Reliability Technology Symposium, University of Bradford.

Wauben, S.G.L., Dekker-van Doorn, C.M., 2010

TOPplus: Team Checks in de Operatiekamer. In: *Tijdschrift voor Ergonomie*, december 2010.