Incidentonderzoek; WYLFIWYF en complexiteit

David van Valkenburg MSc, AdviSafe Risk Management, e-mail: david.vanvalkenburg@advisafe.com
Tamara Wolsak MSc, AdviSafe Risk Management
Victor Roggeveen, Pelican Consultants

Samenvatting

Dit artikel vormt de aanzet voor een *paradigmaverandering* in het denken over veiligheid in complexe systemen. Deze systemen worden ook wel *complexe sociotechnische systemen* genoemd. Complexe incidenten in complexe organisaties, vragen om een andere aanpak als het gaat om het onderzoeken en analyseren ervan. De bestaande theorieën, concepten en begrippen over complexiteit kunnen direct hieraan bijdragen. Het bespreken van verschillende incidentmodellen (Sequence of Events, epidemiologische en systeemmodellen) vormt de brug om aandacht te vragen voor complexiteit als begrip en als zienswijze op incidenten. De gebruikte modellen en methoden (voornamelijk gebaseerd op epidemiologische modellen) maken nauwelijks gebruik van de theorieën, concepten en begrippen over complexiteit en het analyseren daarvan. En dit beperkt de reikwijdte van incidentonderzoek omdat hierbij geldt: What You Look For Is What You Find (WYLFIWYF) [Lun09].

Tijdens de ontwikkeling van incidentmodellen verschoof de kijk op incidenten van de Old View, met name in de twee laatste decennia, in de richting van de New View. Volgens de New View is menselijk falen het effect of het symptoom van problemen dieper in de organisatie [Dek06]. Deze beweging is ontstaan doordat we recht wilden doen aan de kenmerken van de systemen die we onderzoeken. Tijdens deze ontwikkelingen kwamen de epidemiologische modellen op ons pad en die voldeden aan de behoefte tot het in kaart brengen van achterliggende factoren. Er was dus geen praktische reden om deze ontwikkeling te continueren. En vanuit de maatschappij veranderden de verwachtingen ook niet, waardoor we deze methoden (gebaseerd op epidemiologische modellen) nog steeds volop gebruiken. Slechts in wetenschappelijke kringen is sprake van doorontwikkeling. Het veld beschouwt dit als een wetenschappelijke exercitie die voor de praktijk niet relevant is; men heeft nu toch een theoretisch onderbouwd model dat de achterliggende oorzaken boven tafel haalt?

Voor heel veel incidenten is deze manier van werken nog steeds valide. Alleen zodra het een incident betreft die veroorzaakt wordt door de complexiteit van het systeem, kent dit model teveel beperkingen en doet een epidemiologische analyse geen recht meer aan de kenmerken van het, eveneens complexe, systeem. De winst lijkt te behalen door het ter discussie stellen van het huidige paradigma en het volledig omarmen van de New View. Een complexe werkelijkheid kan nu eenmaal niet worden samengevat in een tweedimensionale weergave.

Om deze beschouwing in de praktijk te brengen zijn drie initiële stappen beschreven die een start kunnen vormen tot het volledig omarmen van de New View en die recht doen aan de complexiteit van het systeem waarin het te onderzoeken incident heeft plaatsgevonden. De cruciale factor in het bepalen van de methode die gebruikt gaat worden, wordt dan ook de complexiteit van het systeem waarin dat incident heeft plaats gevonden in plaats van het (potentiële) risico van het incident. Deze fundamenteel andere kijk op incidenten opent oneindige mogelijkheden tot het verbeteren van de kwaliteit van incidentonderzoek en -analyse.

Sleutelbegrippen

Incidentmodellen, Human Error, complexiteit, paradigmaverandering

Stelling

"Paradigma is een samenhangend stelsel van modellen en theorieën die een denkkader vormen waarbinnen de 'werkelijkheid' geanalyseerd en beschreven wordt" [Wik12].Als de manier van kijken naar een incident niet voldoende overeenkomt met de complexiteit van het systeem waar het om gaat, zullen de

maatregelen die uit incidentanalyses volgen de veiligheid niet significant verhogen en wellicht zelfs onveiligheid creëren.
De stelling is dan ook dat het gebruik van epidemiologische modellen de norm geworden is en dat daar geen verdere ontwikkeling in is geweest. Dit terwijl onze systemen wel complexer zijn geworden.

Voor complexe systemen worden dus onderzoeksmethoden en -modellen gebruikt die niet overweg kunnen met de diverse aspecten van complexiteit. Dit artikel is erop gericht om: (1) bewustzijn te creëren voor het gebruik van diverse methoden en modellen en de beperkingen hiervan en (2) het begrip complexiteit te introduceren en daarmee verdere inbedding en gebruik van theorieën die hierbij horen aan te moedigen. Dit artikel moet dan ook de aanzet vormen voor een paradigmaverandering over veiligheid in complexe systemen.

Inleiding

De afgelopen decennia is er veel gebeurd op het gebied van incidentonderzoek en -analyse. De methoden en modellen (zie bijlage) zijn verder doorontwikkeld om te zorgen dat deze in lijn blijven met de organisaties (of systemen; zie bijlage) die we moeten onderzoeken naar aanleiding van incidenten die gebeuren. De gehanteerde methode voor incidentonderzoek is bepalend voor wat er gevonden kan worden. Voor incidentonderzoekers is het dan ook van belang om zich bewust te zijn van de gehanteerde methode en de kenmerken en ook beperkingen van de gebruikte methode. Hierbij wordt vaak de schade of potentiële schade als gevolg van het incident als belangrijkste factor gezien in de keuze voor een bepaalde methode.

In de literatuur wordt dit bewustzijn ook wel aangeduid met het *What You Look For Is What You Find* (WYLFIWYF) principe [Lun09]. De methode en het achterliggende model voor incidentonderzoek bepalen waarnaar gezocht gaat worden en dat bepaalt dus ook direct wat er maximaal gevonden wordt. WYLFIWYF wordt dan ook gevolgd door *What You Find Is What You Fix* (WYFIWYF). Oftewel de voorgestelde verbetermaatregelen na een onderzoek zijn dus ook beperkt tot wat er in de analyse gevonden is.

In de literatuur wordt steeds meer gesproken over de huidige organisaties als complexe sociotechnische systemen ('complex socio-technical systems'). Een socio-technical system kan als volgt worden gedefinieerd: *"Sociotechnical systems (STS) is an approach to complex organizational work design that recognizes the interaction between people and technology in workplaces. The term also refers to the interaction between society's complex infrastructures and human behaviour. In this sense, society itself, and most of its substructures, are complex sociotechnical systems"* [Wik12]. Met het uitvinden van geavanceerdere technieken worden de productie- en besturingsprocessen en -systemen steeds complexer. De incidenten die in dat soort systemen kunnen ontstaan, kenmerken zich dus ook door complexiteit. Er is al uitgebreid wetenschappelijk onderzoek gedaan naar complexiteit en er zijn al diverse incidenttheorieën (Normal Accident Theory, Drift into Failure, Resilience, etc.) waarin de complexiteit van de huidige systemen is geïntegreerd, maar die worden in het veld niet enthousiast ontvangen.

Methodiek

Allereerst worden de Old View en de New View en drie typen incidentmodellen uit de literatuur beschreven (Sequence of Events, Epidemiologische en systeemmodellen). Deze incidentmodellen vormen de basis voor de diverse methoden die momenteel in gebruik zijn. Hierbij wordt aangegeven in hoeverre deze modellen recht doen aan de New View.

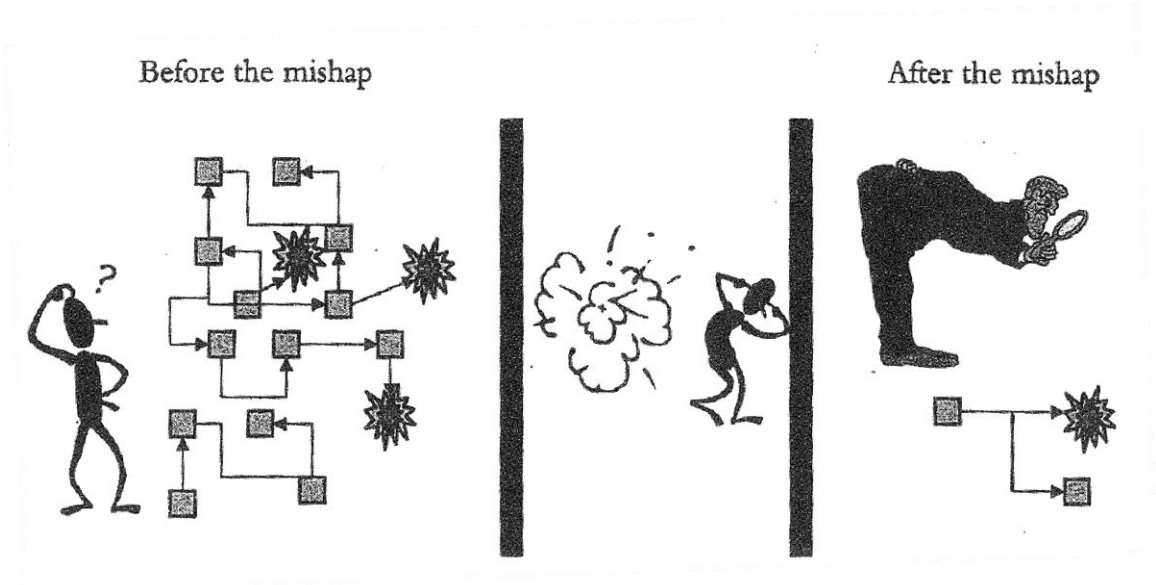
Vervolgens wordt de basis van de systeemmodellen, de complexiteit- en systeemtheorie, verder uitgewerkt inclusief een praktijkvoorbeeld. Daarna wordt de stelling, zoals hierboven beschreven, onderbouwd vanuit ervaringen in de praktijk. De laatste stap is een vertaling van de theoretische onderbouwing naar stappen in de praktijk om te komen tot een andere manier van kijken naar veiligheid en incidenten.

Menselijk handelen vanuit twee perspectieven

De term Human Error wordt op verschillende manieren gebruikt. Twee elkaar opeenvolgende zienswijzen over Human Error worden hieronder beschreven. De beschrijvingen zijn gebaseerd op The Field Guide of Understanding Human Error [Dek06] van Sidney Dekker.

Old View zienswijze
De Old View wordt ook wel de Bad Apple Theory genoemd, doelend op de rotte appels in de organisatie die je kwijt moet om te zorgen dat je systeem weer veilig wordt. Die rotte appels zijn in deze zienswijze de onbetrouwbare mensen die fouten maken ('Ze hebben hun aandacht er niet bij gehad'). Als je de Old View volgt moet er dus alles aan gedaan worden om de bewegingsvrijheid van die mensen te beperken, zodat je zo min mogelijk kans hebt op menselijk falen, wat, volgens de Old View, de belangrijkste oorzaak vormt van incidenten.

Het resultaat is een simplistische weergave (zie Figuur 1) over de oorzaken van een incident die de veiligheid niet verhoogt en waarschijnlijk zelfs onveiligheid creëert. Achter deze versimpelde weergave, schuilt een dieper liggend verhaal dat wel recht doet aan de situatie waarin de mensen zich bevinden. Deze werkelijke en complexere weergave van de situatie geeft aan in wat voor omgeving de mensen hun werk moeten doen. En het laat zien hoe ze komen tot succes en tot het creëren van veiligheid. We hebben dus een keus: of we stoppen ons onderzoek bij het menselijk falen en proberen dat te voorkomen. Of we zoeken verder en brengen de omgeving waarin ze gemaakt worden in kaart en doen dan ook recht aan de complexe omgeving waarin gewerkt wordt. Human Error is geen verklaring voor incidenten maar vereist een verklaring.



Figuur 1: Simplistische kijk op een incident [Dek06]

Local Rationality
Het probleem met de Old View is dat het geen recht doet aan de werkelijke situatie waarin mensen hun werk doen, deze wordt immers helemaal niet bekeken als je de Old View volgt. We gaan ervan uit dat mensen naar hun werk komen om het goed te doen. Als dat niet zo zou zijn, komen we in een heel ander vakgebied terecht. Verder moeten we ervan uitgaan dat wat de mensen doen voor hen op dat moment in die context logisch was.
Het moet wel logisch zijn want anders zouden ze het niet doen. Het doel moet zijn om erachter te komen waarom het op dat moment logisch was om iets wel of juist niet te doen. Want als het voor de ene persoon logisch is op dat moment kan het dus ook zo zijn dat een andere persoon dezelfde afwegingen maakt op een ander moment en hierdoor tot eenzelfde handeling komt, met een incident als mogelijk gevolg.

In Human Factors (zie bijlage) termen heet dit het *Local Rationality Principle* [Woo10]. Mensen doen de dingen die logisch zijn gegeven de complexiteit, dilemma's, meerdere en soms strijdige doelstellingen en onzekerheid die hen omringen op een bepaald moment. Human Factors ideeën, theorieën, principes en concepten gaan over normale mensen die normaal werk doen in normale organisaties. En waarom dingen goed of verkeerd gaan met goede mensen die hun werk goed willen doen.

New View zienswijze
Volgens de New View is menselijk falen het effect of het symptoom van problemen dieper in de

organisatie. Menselijk falen moet verklaard worden en het volstaat niet om het onderzoek te stoppen als je het menselijk falen op operationeel niveau gevonden hebt. De New View heeft een drietal fundamenten:

- Bronnen van fouten zijn structureel en niet persoonlijk. Als je menselijk falen wilt begrijpen moet je gaan graven in het systeem waarin mensen werken. Je moet stoppen met het kijken naar persoonlijke tekortkomingen van betrokkenen.
- Fouten en incidenten zijn slechts beperkt gerelateerd. Incidenten ontstaan uit de complexiteit van het systeem, niet uit de schijnbare simpliciteit. Incidenten ontstaan niet simpel uit menselijk falen of een procedurele 'fout'. Er zijn meerdere factoren benodigd, allen noodzakelijk en alleen samen voldoende, om een incident in een systeem te veroorzaken.
- Incidenten zijn niet het resultaat van het falen van processen die gewoonlijk goed werken. Onderzoek wijst uit *dat incidenten een structureel bijproduct zijn van het normaal functioneren van het systeem*. Het proces van menselijk handelen voorafgaand aan een slechte uitkomst (incident) is dan ook niet anders geweest dan wanneer de uitkomst goed is. In de Old View wordt er een koppeling gemaakt: slechte uitkomst betekent dus een slecht proces, in de New View is deze koppeling er niet.

Deze fundamenten maken duidelijk dat er een groot contrast is tussen beide zienswijzen. Volgens de Old View gaat het vooral om de mensen en die maken een veilig systeem onveilig. De New View kijkt vooral naar de omgeving en naar het normaal functioneren van het, intrinsiek onveilige, systeem. Oftewel we moeten erkennen dat incidenten het gevolg zijn van dagelijkse invloeden op de dagelijkse besluitvorming. En dat betekent dat we op zoek moeten naar wat er toen gebeurd is en waarom het logisch was gegeven de organisatie en operaties waarin de mensen zich bevonden. Overigens passen de termen fouten, menselijk falen en Human Error eigenlijk niet bij de New View, ze worden wel gebruikt omdat ze in de praktijk ook altijd nog direct gelinkt worden aan incidenten.

In Tabel 1 worden de kenmerken van beide zienswijzen opgesomd.

Tabel 1: Twee zienswijzen van Human Error [Dek06]

De Old View van Human Error over hoe het mis gaat	**De New View van Human Error over hoe het mis gaat**
Human Error is de oorzaak van problemen	Human Error is een symptoom van problemen dieper in het systeem
Om falen te verklaren, moet je zoeken naar falen (fouten, overtredingen, incompetenties, vergissen)	Om falen te verklaren moet je niet proberen om te vinden waar mensen de fout in gingen
Je moet zoeken naar verkeerde assessments, verkeerde beslissingen en verkeerd beoordelen door mensen.	In plaats daarvan moet je uitzoeken waarom de assessments en acties logisch waren voor de mensen op dat moment in de context waarin ze zaten
De Old View van Human Error over hoe het weer goed gaat	**De New View van Human Error over hoe het weer goed gaat**
Complexe systemen zijn in de basis veilig	Complexe systemen zijn in de basis niet veilig
Onbetrouwbare, fouten makende mensen ondermijnen barrières, regels en regelgeving	Complexe systemen zijn gebaseerd op afwegingen tussen meerdere doelen die niet verenigbaar zijn (bijv. veiligheid en efficiency)
Om systemen veiliger te maken moeten we de menselijke factor beperken door procedures, automatisering en supervisie	Mensen moeten de veiligheid maken in de uitvoering op alle niveau's in de organisatie

Incidentmodellen en hun gebruik

Inleiding

In dit hoofdstuk worden drie incidentmodellen besproken die de basis vormen voor de diverse methoden die momenteel in gebruik zijn [Woo10; Dek06]. *Een incidentmodel is een wederzijds overeengekomen, maar vaak onuitgesproken begrip van het ontstaan van incidenten.* Hier is sprake van een ontwikkeling in de tijd ingegeven door de steeds complexer wordende systemen (die wij zelf creëren). De modellen zijn: Sequence of Events, epidemiologische en systeemmodellen. Er wordt steeds aangegeven of de modellen recht doen

aan de New View. Bij elk model zullen een paar voorbeeldmethoden genoemd worden. Meer informatie over de diverse methoden kan gevonden worden in [Alp09].

Sequence of Events model
Dit model ziet incidenten als een chain of events die uiteindelijk leiden tot het incident. Een event veroorzaakt het volgende event totdat deze serie leidt tot een incident. Heinrich's domino model is een typisch voorbeeld van een Sequence of Events model. Een sequence of events model is een lineair model waarbij oorzaak-gevolg relaties gebruikt worden in een bepaalde aaneenschakeling (Sequence).
Voordelen: dit model is erg geschikt voor de laatste momenten voor het incident. Het laat duidelijk zien hoe deze events samen geleid hebben tot het incident en het wegnemen van één van de events stopt de sequence. Verder is het specifiek geschikt voor oorzaak-gevolg relaties en geeft de uitkomst een overzichtelijk en simpel beeld weer van wat er gebeurd is.
Nadelen: Dit model wordt snel achterhaald door de complexiteit van de omgeving waarin het incident zich heeft afgespeeld. De versimpeling die je aanbrengt doet geen recht meer aan de echte wereld. Verbetermaatregelen zullen dan ook niet effectief zijn. Verder zullen barrières in een Sequence of Events maar een beperkt effect hebben omdat je of alleen deze specifieke aaneenschakeling stopt in de toekomst of een situatie creëert die andere Sequence of Events kan starten/versterken.
Conclusie: er wordt weinig verklaard met dit type modellen, de focus ligt heel erg dicht bij het incident waardoor andere factoren niet naar boven zullen komen. Deze modellen volgen dan ook niet de New View. Voorbeelden: Fault tree Analysis – FTA en Sequential Timed Event Plotting – STEP.

Epidemiologisch model
Dit model ziet incidenten als een combinatie van directe oorzaken op de werkvloer (Sharp End; zie bijlage) en latent aanwezige factoren in de organisatie (Blunt End; zie bijlage). Deze latente factoren (ofwel 'ziektekiemen') kunnen overal in de organisatie aanwezig zijn en worden door bepaalde specifieke directe oorzaken geactiveerd wat leidt tot het incident. Het Swiss Cheese model van Reason [Rea97] is het meest bekende epidemiologische model. Epidemiologische modellen zijn complex-lineaire modellen waarbij de basis uit oorzaak-gevolg relaties bestaat maar waar ook complexere factoren worden toegevoegd om incidenten te verklaren.
Voordelen: In tegenstelling tot het Sequence of Events model kun je met dit model factoren gaan benoemen die verder af liggen van de directe oorzaken van het incident. Je kunt complexere linken leggen met factoren die dieper liggen in de organisatie. Dit model is dus zeer geschikt om bloot te leggen waar welke barrières hebben gefaald en waardoor.
Nadelen: De basis van dit model blijft een lineair pad richting een incident. Verder stelt het je enkel in staat om de 'gaten in de kaas' te benoemen maar het ontstaan ervan wordt niet verklaard. De interactie tussen de verschillende componenten wordt ook niet verder verklaard.
Conclusie: Er wordt veel verklaard en zodanig dat deze modellen voor heel veel systemen grotendeels recht doen aan de New View en daarmee voldoende diepgang bieden voor een grote groep incidenten. Zodra het complexe incidenten die veroorzaakt worden door de complexiteit van het systeem kunnen deze modellen dit niet meer voldoende verklaren. Voorbeelden: Tripod Beta en Man, Technology and Organisation-MTO.

Systeem model
Volgens dit model ontstaan incidenten uit de interacties tussen systeemcomponenten en processen en niet uit het falen hiervan. Incidenten zijn dan ook een bijproduct van het normaal functioneren van mensen en organisaties die succes proberen na te streven met imperfecte kennis en onder druk van beperkingen van mensen en middelen. Systeemmodellen zijn complexe modellen waarbij zowel lineaire relaties (oorzaak-gevolg) als niet-lineaire relaties voorkomen. Verder met dit model niet gekeken naar falende componenten maar naar de interacties in het hele systeem.

Systeemmodellen zijn gebouwd op twee fundamentele ideeën [Dek06]:
- **Emergentie** (Eng: Emergence): veiligheid is een emergente eigenschap die ontstaat wanneer systeemcomponenten en processen interactie hebben met elkaar en met hun omgeving. Veiligheid kan alleen maar beschouwd worden door te kijken naar de relaties tussen de onderdelen en processen in het gehele systeem.
- **Procesbeheersing**: procesbeheersing legt beperkingen op aan componenten (bijv. door procedures, ontwerpeisen etc.) om controle te houden over hun interactie. Deze procesbeheersing is gebaseerd op

oude (en mogelijk verkeerde) ideeën over hoe componenten en processen interactie hebben. Procesbeheersing kan imperfect zijn en zelfs eroderen over tijd.

Voordelen: Deze modellen kijken met de New View naar incidenten. Systeemmodellen gaan ervan uit dat het voor de betrokkenen logisch was om een bepaalde actie of beslissing te nemen in de context waarin ze hun werk uitvoeren. Systeemmodellen nemen altijd de invloed mee van het socio-technische systeem waarin het gedrag zich heeft gemanifesteerd. Systeemmodellen kijken naar het geheel en niet naar de afzonderlijke componenten van het systeem.
Uitdagingen/nadelen: Om incidenten op deze manier te bekijken is een fundamenteel ander wereldbeeld noodzakelijk. Deze paradigmaverandering is moeilijk in de wereld waarin wij leven. Oorzaak-gevolg relaties, het zoeken naar fouten en het kijken naar componenten zijn al lange tijd gangbaar. Dat maakt deze verandering zo fundamenteel. Verder stelt het ons in staat om complexiteit beter recht te doen, alleen maakt dat ook dat dit soort modellen complexer zijn om mee te werken (dus meer middelen benodigd voor grondig onderzoek).
Conclusie: systeemmodellen doen recht aan complexiteit en proberen te verklaren waarom acties en beslissingen logisch waren voor de betrokkenen op dat moment. Daarmee doet het dus recht aan de New View, alleen het onderzoek en de analyse worden ook significant complexer. Voorbeelden: Functional Resonance Analysis Method – FRAM en Systems Theoretic Accident Model and Processes – STAMP.

Tabel 2: Overzicht van de kenmerken van de drie modellen

Model	**Kenmerkende taal**	**Principe**	**Oorzaken**	**Verbeteringen**
Sequence of Events model ("Domino")	Chain of events, domino, pathway to failure, Root cause	Oorzaak-gevolg relaties die elkaar opvolgen	Falende componenten die als cause en effect elkaar opvolgen	Wegnemen van een link in de chain, barrière inbrengen tussen de domino's
Epidemiologisch model ("Swiss Cheese")	Latente factoren, directe oorzaken, Sharp End en Blunt End, mens en techniek apart beschouwen	Combinatie van directe en latente factoren	Sharp End en Blunt End falende componenten die samen incidenten veroorzaken	Wegnemen van latente factoren of zorgen dat ze niet geactiveerd worden (barrières versterken)
Systeemmodel	Interacties, lineair en niet-lineair, normaal functioneren, performance variatie	Focus op het geheel en op de interacties daarbinnen	Strijdige doelstellingen, interacties tussen componenten, performance variatie	Optimaliseren van het effectief aanpassen om om te gaan met complexiteit

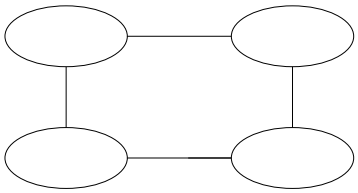
Complexiteit
Theorie
De onderliggende theorie van systeemmodellen is de complexiteit- en systeem theorie als tegenhanger van de traditionele Newtonian-Cartesian theorie (de basis van Sequence of Events en epidemiologische modellen). Als we het hebben over systeemmodellen, hebben we het dus over het onderzoeken en onder woorden brengen van aspecten van complexiteit. Dat vraagt om een wat nadere beschouwing van wat complexiteit eigenlijk inhoudt.

In het boek Drift into Failure van Sidney Dekker [Dek11] wordt een aantal karakteristieken gegeven voor complexe systemen. Deze worden hieronder opgesomd:
Complexe systemen zijn open systemen – open voor invloeden van de omgeving waarin ze opereren en andersom beïnvloeden de systemen de omgeving. Deze eigenschap maakt het moeilijk om grenzen aan het systeem dat onderzocht wordt te stellen.
In een complex systeem is geen enkele component op de hoogte van het gedrag van het hele systeem en de **volledige effecten van zijn acties zijn dus niet te overzien**. Componenten reageren lokaal op de

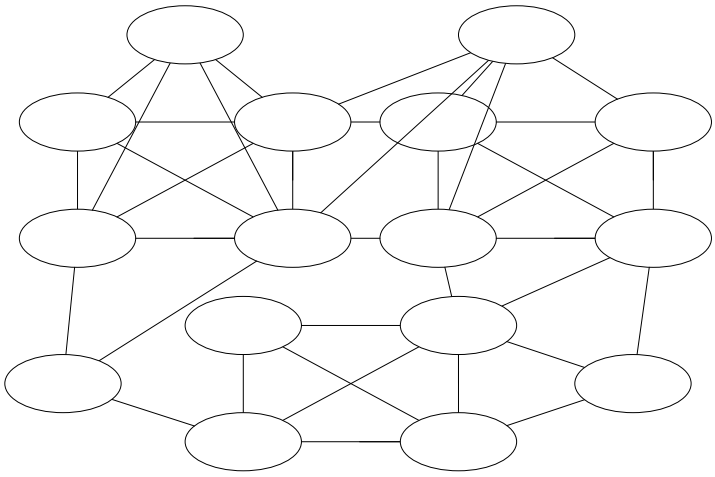
informatie die ze krijgen. Complexiteit ontstaat dan door het grote web van relaties en interacties die het resultaat zijn van de lokale acties.
Complexiteit is een **eigenschap van het systeem** en niet van de componenten waaruit het systeem bestaat. Kennis van een component is gelimiteerd en lokaal, geen enkele component kan de complexiteit van het systeem bevatten. Dit is de reden dat het gedrag van het systeem niet verklaard kan worden door reductie naar componenten, maar alleen door te kijken naar de veelheid aan continue veranderende relaties tussen de componenten.
Complexe systemen opereren onder condities ver van een evenwicht. Inputs van componenten zijn continu nodig om het systeem in leven te houden. Zonder die **constante stroom van acties** kan het systeem niet overleven in een veranderende omgeving. Het systeem opereert op de rand van chaos.
Complexe systemen hebben **een geschiedenis, een 'padafhankelijkheid'**. De geschiedenis is mede verantwoordelijk voor het huidige gedrag en beschrijvingen moeten dan ook de geschiedenis meenemen. De staat van het systeem is het gevolg van een specifieke historische ontwikkeling.
Interacties in complexe systemen zijn **niet-lineair**. Er bestaat dus een asymmetrie tussen input en output, kleine events kunnen grote gevolgen hebben. Het bestaan van feedback-loops betekent dat een complex systeem multipliers kan bevatten in combinatie met niet-lineaire interacties**.**

Gebruik van de theorie
Om deze karakteristieken te verduidelijken kunnen onderstaande figuren dienen ter illustratie.
Figuur *2* laat een simpel systeem met vier componenten (bijv. techniek, mensen, teams of instanties) zien die op eenvoudige wijze aan elkaar gekoppeld zijn. Als je hier het gedrag van de componenten beschouwt, verklaart dat het gedrag van het gehele systeem.

Figuur *3* laat een complex systeem zien waarbij meerdere simpele systemen aan elkaar gekoppeld zijn en waarbij extra componenten zijn toegevoegd die ook interactie hebben met componenten van het ontstane systeem. Het gedrag van dit complexe systeem laat zich niet verklaren door naar de componenten te kijken. Interacties tussen componenten zorgen uiteindelijk voor de complexe eigenschappen van het systeem. De karakteristieken zoals hierboven beschreven zijn van toepassing op dit systeem. Bijvoorbeeld een kleine verandering door een van de componenten kan door dit web van interacties leiden tot grote gevolgen (bijvoorbeeld een incident).



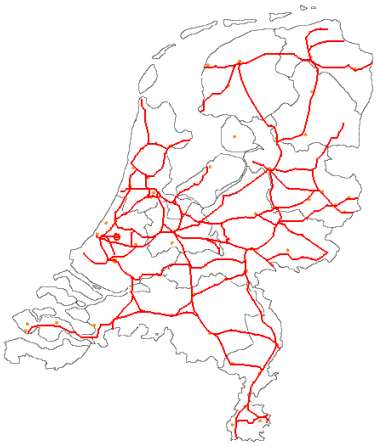
Figuur 2: Een voorbeeld van een simpel systeem



Figuur 3: Een voorbeeld van een complex systeem

Praktijkvoorbeeld
Hieronder volgt een praktijkvoorbeeld om aan te geven hoe dit eruit kan zien in de echte wereld:
In 1839 werd de eerste spoorlijn van Nederland (tussen Amsterdam en Haarlem) in gebruik genomen. Deze spoorlijn werd initieel door twee treinen gebruikt (De Arend-
Figuur *4* en de Snelheid) en werd door één organisatie beheerd, onderhouden en gebruikt.

Figuur 4: Schaalmodel van de Arend [Wik12]



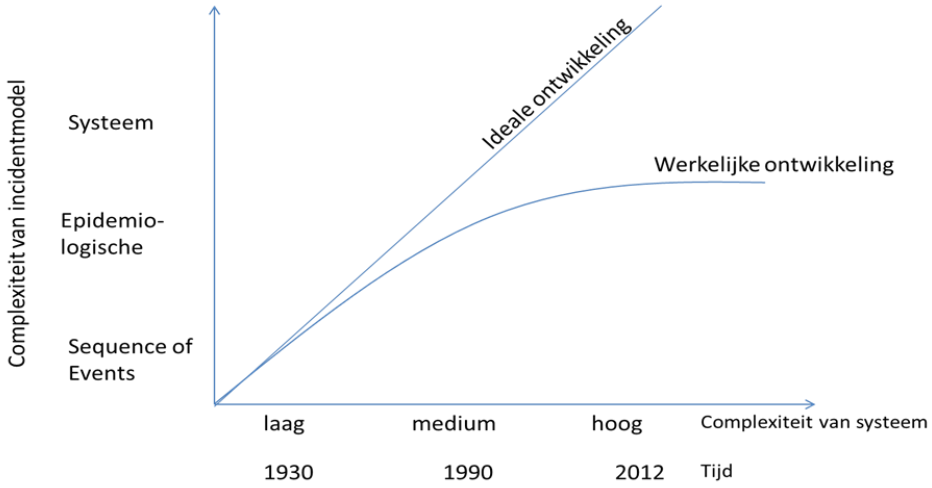
Figuur 5: Het Nederlandse spoorwegnet voor personenvervoer [Wik12]

In 2012 ligt er in Nederland een groot spoorlijnennetwerk zowel voor personenvervoer als voor goederen (zie Figuur 5). Deze sporen worden dagelijks gebruikt door een grote hoeveelheid treinen. De totale spoorsector bestaat uit meerdere primaire en ondersteunende organisaties (ProRail, NS Reizigers, NedTrain, Syntus, Veolia, NS Stations, VolkerRail, BAM rail, Strukton Rail etc.).

Het moeilijke aan complexiteit is dat dit langzaam groeit en dat het maar de vraag is wanneer het duidelijk wordt dat je te maken hebt met complexe eigenschappen in je organisatie. Hieronder staan een paar signalen of kenmerken die daarop kunnen duiden.
- Kleinere onvoorziene verstoringen (weak signals)
- Nieuwe of onbekende incidenten (binnen de sector)
- Onvoorziene consequenties van een bekend probleem of bekende verstoring
- Veel onderling gekoppelde subsystemen
- Grote afhankelijkheid tussen de subsystemen en ook binnen subsystemen
- Invloed van lokale beslissingen op het geheel zijn niet of nauwelijks te overzien

Deze signalen zijn terug te voeren tot de kenmerken van complexiteit zoals die beschreven zijn.

Huidig gebruik van de modellen
In heel veel sectoren is het gebruik van verschillende modellen meegegaan met de ontwikkeling ervan in de afgelopen decennia. Met de komst van steeds meer epidemiologische modellen waren alle eisen die gesteld worden aan incidentonderzoek vervuld. En de uitkomsten van deze onderzoeken voldeden over het algemeen aan de maatschappelijke verwachtingen betreffende reacties op incidenten. Daarmee zijn de methoden die dat model als basis hebben nog steeds de meest gebruikte in een heleboel sectoren. Alleende systemen waarin we de methoden gebruiken zijn wel in complexiteit toegenomen (zie figuur 6).



Figuur 6: Complexiteit van modellen versus complexiteit van de systemen

Het gevaar is dat we komen tot verbetermaatregelen gebaseerd op epidemiologische modellen die op zich weer leiden tot een toename van de complexiteit. Deze toename kan dan juist weer leiden tot meer incidenten die veroorzaakt worden door de complexiteit van het systeem. Er ontstaat dan een schijnveiligheid, terwijl de procesbeheersing in werkelijkheid afneemt. Bijvoorbeeld het toevoegen van een extra veiligheidssysteem in een complexe procesinstallatie (als verbetermaatregel) kan leiden tot een complexere installatie die nog ondoorgrondelijker wordt dan hij al is.
Verder kijken we, bij gebruik van epidemiologische modellen, grotendeels volgens de New View naar incidenten. Maar in de hoofden van de gebruikers is ook de Old View nog steeds volop aanwezig en dan maakt het weinig uit welke methode je hanteert, want dan wordt er nog steeds veelal gekeken naar individuen en te weinig naar systeemproblemen (WYLFIWYF). Het volledig omarmen van de New View kan op zich al een grote bijdrage zijn aan de veiligheid, ongeacht de kenmerken van het systeem waarin het incident is gebeurd.

Van theorie naar praktijk
De uiteengezette theorie aangevuld met een beschrijving van de huidige focus op epidemiologische modellen in de praktijk vraagt om een wat meer praktische toepassing van de theorie in de praktijk. Hieronder wordt een initieel stappenplan beschreven om uiteindelijk te komen tot een verbetering van de kwaliteit van incidentonderzoek en –analyse. De grootste stap daarin vormt de andere manier van kijken naar incidenten; de kijk op incidenten die volgt uit complexiteit en de New View.

Stappenplan
Stap 1: Paradigmaverandering
Het leren om op een andere manier te kijken naar systemen en de incidenten die daarin voorkomen.
De eerste stap in de richting van het gebruik van systeemmodellen en complexiteit is een paradigmaverandering in het denken over veiligheid in complexe systemen en de New View.
Systeemmodellen benaderen de werkelijkheid heel anders dan dat we gewend zijn.

- Paradigma 1: Een incident wordt veroorzaakt door falende componenten waaronder de menselijke component, door de componenten te analyseren verklaren we het gedrag van het geheel, het systeem bestaat uit oorzaak-gevolg relaties.
- Paradigma 2: Een incident wordt veroorzaakt door het omgaan met complexiteit en het gaat daarbij om de interacties tussen de componenten.
  In plaats van gericht te zijn op de onderliggende componenten, moet het systeem als geheel worden beschouwd, het systeem bestaat uit lineaire (oorzaak-gevolg) én niet-lineaire relaties.

Pas nadat deze manier van kijken geaccepteerd is, kunnen we verdere stappen gaan zetten.

Stap 2: Complexiteit eigen organisatie in kaart brengen
Niet alle organisaties zijn complex dus het is van belang om te bepalen of er zijn binnen de eigen organisatie complexe kenmerken zijn, die kunnen leiden tot incidenten die veroorzaakt worden door de complexiteit van het systeem. Hieronder volgt een hulpmiddel, de compleximeter, om de mate van complexiteit van de eigen organisatie te kunnen bepalen.

Tabel 3: Compleximeter: Hulpmiddel voor het bepalen van de complexiteit van de organisatie

Kenmerk	**Van toepassing op organisatie**		
Systeem staat open voor invloeden van buiten v.v.	Niet (1)	Mogelijk (2)	Zeker (3)
Alle componenten zijn van elkaar op de hoogte	Niet (3)	Mogelijk (2)	Zeker (1)
Systeemgedrag kan verklaard worden door reductie naar componenten	Niet (3)	Mogelijk (2)	Zeker (1)
Overleven systeem vereist continue input/stroom van acties	Niet (1)	Mogelijk (2)	Zeker (3)
Geschiedenis medeverantwoordelijk voor huidig systeemgedrag (padafhankelijkheid)	Niet (1)	Mogelijk (2)	Zeker (3)
Ooorzaak-gevolg interacties	Gedeeltelijk (3)	Voornamelijk (2)	Alleen maar (1)

Legenda: 6-9 Niet-complex systeem, 10-14 Gedeeltelijk complex systeem, 15-18 Complex systeem

Stap 3: Paradigmaverandering in praktijk brengen
Zodra er volgens paradigma 2 gekeken wordt naar het eigen systeem en de incidenten die daarin plaatsvinden, is er ruimte om andere methoden van onderzoek en analyse te overwegen. Niet het (potentiële) risico van het incident, maar de complexiteit van het systeem waarin dat incident heeft plaats gevonden wordt dan de cruciale factor in het bepalen welke methode van onderzoek en analyse er gebruikt moet gaan worden bij een incidentonderzoek. Dit opent oneindige mogelijkheden tot het verbeteren van de kwaliteit van incidentonderzoek en –analyse.

Conclusie

Tijdens de ontwikkeling van incidentmodellen verschoof de kijk op incidenten van de Old View, met name in de twee laatste decennia, in de richting van de New View. Die beweging is ontstaan omdat we recht wilden doen aan de kenmerken van de systemen die we onderzoeken. Tijdens deze ontwikkelingen kwamen de epidemiologische modellen op ons pad en die voldeden aan de behoefte tot het in kaart brengen van achterliggende factoren. Er was dus geen praktische reden om deze ontwikkeling te continueren. En vanuit de maatschappij veranderden de verwachtingen ook niet, waardoor we deze methoden nog steeds volop gebruiken. Slechts in wetenschappelijke kringen is sprake van doorontwikkeling. Het veld beschouwt dit als een wetenschappelijke exercitie die voor de praktijk niet relevant is; men heeft nu toch een theoretisch onderbouwd model dat de achterliggende oorzaken boven tafel haalt?

Voor heel veel incidenten is deze manier van werken nog steeds valide. Alleen zodra het een incident betreft dat veroorzaakt wordt door de complexiteit van het systeem, kent dit model teveel beperkingen en doet een epidemiologische analyse geen recht meer aan de kenmerken van het, eveneens complexe, systeem. De winst lijkt te behalen door het ter discussie stellen van het huidige paradigma en het volledig omarmen van de New View. Een complexe holistische werkelijkheid kan nu eenmaal niet worden samengevat in een tweedimensionale weergave.

Om deze beschouwing in de praktijk te brengen zijn drie initiële stappen beschreven die een start kunnen vormen tot het volledig omarmen van de New View en die recht doen aan de complexiteit van het systeem waarin het te onderzoeken incident heeft plaatsgevonden. De cruciale factor in het bepalen van de methode die gebruikt gaat worden, wordt dan ook de complexiteit van het systeem waarin dat incident

heeft plaats gevonden in plaats van het (potentiële) risico van het incident. Deze fundamenteel andere kijk op incidenten opent oneindige mogelijkheden tot het verbeteren van de kwaliteit van incidentonderzoek en -analyse.

Discussie

Dit artikel vormt een start voor een verandering in het denken over veiligheid en incidenten.
Het stappenplan is een tastbaar resultaat van deze theoretische onderbouwing maar verdere inbedding van dit gedachtegoed vergt tijd en aandacht van organisaties. Het doel moet zijn om te komen verdere inbedding van dit gedachtegoed in de praktijk maar dit kan alleen zodra mensen hiervoor open staan en met een ander paradigma kunnen kijken naar incidenten.

Referenties

- [Alp09] Alphen, W.J.T. van, Gort, J., Stavast K.I.J. en Zwaard, A.W. *Leren van ongevallen een overzicht van analysemethodieken*. Den Haag, NL: SDU Uitgevers BV; 2009
- [Dek06] Dekker, S. *The Field Guide to Understanding Human Error*. Surrey, UK: Ashgate Publishing Limited; 2006
- [Dek11] Dekker, S. *Drift into Failure; From Hunting Down Broken Components to Understanding Complex Systems*. Surrey, UK: Ashgate Publishing Limited; 2011
- [Lun09] Lundberg, J., Rollenhagen, C., Hollnagel, E. (2009). 'What-You-Look-For-Is-What-You-Find - The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals'. *Safety Science, (47) 10, 1297-1311*
- [Rea97] Reason, J. *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited; 1997
- [WHO12] http://www.who.int/patientsafety/research/methods_measures/human_factors/en/index.html
- [Wik12] http://nl.wikipedia.org/wiki/Wetenschappelijke_methode
  http://nl.wikipedia.org/wiki/Model_(wetenschap)
  http://en.wikipedia.org/wiki/Sociotechnical_system
  http://nl.wikipedia.org/wiki/Paradigma_(wetenschapsfilosofie)
  http://nl.wikipedia.org/wiki/Systeem_(systeemtheorie)
  http://nl.wikipedia.org/wiki/Systeemdenken
  Noot: Er zijn verschillende bronnen geraadpleegd om tot een definitie te komen van bovenstaande begrippen. De verschillen daarin zijn minimaal en de Wikipedia-definities waren het duidelijkst omschreven
  http://nl.wikipedia.org/wiki/Arend_(locomotief)
  http://nl.wikipedia.org/wiki/Treinvervoer_in_Nederland
- [Woo10] Woods, D., Dekker, S., Cook, R., Johannesen, L., Sarter, N. *Behind Human Error*. Surrey, UK: Ashgate Publishing Limited; 2010.

http://www.veiligheidskunde.nl/congres2013-sessie1

Bijlage: Definities

Methode
De gestructureerde werkwijzen bij het opzetten en uitvoeren van toegepast onderzoek [Wik12]

Model
In een wetenschappelijke of technische context is een model een vereenvoudigde voorstelling, beschrijving of nabootsing van (een deel van) de werkelijkheid [Wik12]

Sociotechnical system (STS)
Sociotechnical system is an approach to complex organizational work design that recognizes the interaction between people and technology in workplaces. The term also refers to the interaction between society's complex infrastructures and human behaviour. In this sense, society itself, and most of its substructures, are complex sociotechnical systems" [Wik12]

Sociotechnical refers to the interrelatedness of *social* and *technical* aspects of an organization. Sociotechnical theory is founded on two main principles:

- One is that the interaction of social and technical factors creates the conditions for successful (or unsuccessful) organizational performance. This interaction consists partly of linear "cause and effect" relationships (the relationships that are normally "designed") and partly from "non-linear", complex, even unpredictable relationships (the good or bad relationships that are often unexpected). Whether designed or not, both types of interaction occur when socio and technical elements are put to work.
- The corollary of this, and the second of the two main principles, is that optimization of each aspect alone (socio or technical) tends to increase not only the quantity of unpredictable, "un-designed" relationships, but those relationships that are injurious to the system's performance.

Systeem
Een systeem, als onderwerp van de systeemtheorie, wordt gezien als een geheel van elementen die elkaar wederzijds beïnvloeden en die een geïntegreerd geheel vormen [Wik12] (bijvoorbeeld een technisch systeem, een organisatie als geheel, een subunit binnen een organisatie, een socio-technisch systeem, etc.).

Systeemdenken
Systeemdenken is een wetenschappelijke benadering die tracht overzicht van het geheel te behouden, in plaats van zich te concentreren op afzonderlijke onderdelen zonder te overwegen welke rol deze delen in het groter geheel spelen. Men beschouwt het gedrag van een systeem (bijvoorbeeld een ecosysteem) niet als een simpele keten van oorzaak-gevolg relaties, maar als het samenspel van met elkaar inter-agerende deelsystemen, waarbij terugkoppeling een belangrijke rol speelt. Systeemdenken vereist een holistische kijk op het te bestuderen systeem. Dit wil zeggen dat er niet alleen naar de afzonderlijke deelsystemen gekeken wordt, maar vooral ook naar de manier waarop zij wisselwerking vertonen en naar hun plaats in het geheel. [Wik12]

Local Rationality Principle
Mensen doen de dingen die logisch zijn gegeven de complexiteit, dilemma's, meerdere en soms strijdige doelstellingen en onzekerheid die hen omringt op een bepaald moment [Woo10].

Sharp end
De professionals die directe interactie hebben met het gevaarlijke proces. [Woo10]

Blunt End
De mensen of organisaties die de omgeving creëren voor de professionals; managers, toezichthoudende instanties, ontwerpers, etc. [Woo10]

Human factors
Human factors refer to environmental, organizational and job factors, and human and individual characteristics which influence behavior at work in a way which can affect health and safety. A simple way to view human factors is to think about three aspects: the job, the individual and the organization and how they impact people's health and safety-related behavior. [WHO12]