

ARTIKELEN

Het gebruik van *virtual reality* in de veiligheidsketen

André Groenewoud & Margrethe Kobes

Virtual reality (VR) wordt steeds vaker toegepast in onze samenleving. Ook op het gebied van de fysieke veiligheid wordt deze techniek gebruikt. In dit artikel geven we een overzicht van verschillende toepassingen van VR in dit domein. Verder proberen we aan de hand van praktijkvoorbeelden uit andere domeinen aan te geven waar in de nabije toekomst nog meer mogelijkheden liggen om VR in te zetten. Conclusie is dat VR in het fysieke veiligheidsdomein al een belangrijke functie vervult, met name omdat deze techniek het lerend vermogen van de veiligheidsorganisaties op veel gebieden kan ondersteunen. Daarnaast is de verwachting dat er in de toekomst nog meer toepassingen op het gebied van de fysieke veiligheid mogelijk zijn.

Inleiding

De computer heeft onze wereld de afgelopen jaren op veel manieren vergroot. Met de komst van het internet is er een wereld aan informatie ter beschikking gekomen, door Facebook en LinkedIn communiceren we meer dan ooit met elkaar en breiden we ons sociale netwerk uit. Oude vrienden worden gezocht en nieuwe contacten worden gelegd. Met Skype kunnen grootouders contact onderhouden met hun kleinkind in Australië. Via Twitter worden leuke en minder leuke momenten razendsnel met iedereen gedeeld: informatie over de Poldercrash op 25 februari 2009 (Turkish Airlines vlucht 1951) werd binnen één minuut na het ongeval via Twitter verspreid.

Bovengenoemde toepassingen zijn gebaseerd op tekst, beeld en geluid en zijn tweedimensionaal. Met behulp van de computer kan echter ook een volledig nieuwe driedimensionale wereld ontwikkeld worden, waarin je als gebruiker met al je zintuigen ervaringen kunt opdoen: *virtual reality*.

Virtual reality (VR) kan in het Nederlands vertaald worden als 'virtuele werkelijkheid' en bestaat uit een interactieve door de computer gesimuleerde omgeving waarin een gebruiker via verschillende zintuigen (meestal zien en horen, maar soms ook ruiken en voelen) wordt ondergedompeld. Het gaat hierbij om een aantal innovatieve elektronische technologieën die toegepast worden op gebieden als opleiding, training, sport, industrieel ontwerp, (landschap) architectuur, ruimtelijke ordening, gezondheidszorg en rehabilitatie, entertainment, modelontwikkeling en vele andere onderzoeksterreinen (McLellan 2011).

Voor het opleiden, trainen en oefenen van hulpverleners zoals de brandweer, politie en ambulancezorg worden deze technieken al vele jaren gebruikt

(Didderen, Van Wijngaarden & Kobes 2009). Maar het gebruik van VR beperkt zich inmiddels niet alleen tot opleiden, trainen en oefenen van hulpverleners. Ook andere disciplines in het fysieke veiligheidsdomein kunnen deze technieken inzetten ter ondersteuning van de werkzaamheden. Zo heeft recent onderzoek laten zien dat VR succesvol gebruikt kan worden om de effecten van preventie-maatregelen op menselijk vluchtgedrag te bestuderen (Kobes 2010).

Gezien de vele toepassingsmogelijkheden en -gebieden die VR kent en de constante innovatie die er op dit terrein plaatsvindt, is de verwachting dat steeds meer werkzaamheden in het fysieke veiligheidsdomein met VR ondersteund kunnen worden. In dit artikel geven we een overzicht van waar VR al gebruikt wordt en proberen we aan de hand van een aantal praktijkvoorbeelden een antwoord te vinden op de vraag waar in de nabije toekomst verdere mogelijkheden liggen.

Virtual reality

Howard Rheingold definieert VR als een ervaring waarbij een persoon is 'omgeven door een driedimensionale door de computer gegenereerde representatie, daarin de mogelijkheid heeft om zich te bewegen in de virtuele wereld, deze vanuit verschillende hoeken te bekijken, er in kan reiken, vastpakken en veranderen' (Rheingold 1991). VR roept hierdoor het gevoel op aanwezig te zijn in de digitale omgeving. Dit is een cruciaal kenmerk van VR ten opzichte van andere vormen van computertoepassingen (McLellan 2011).

VR biedt gebruikers de mogelijkheid om informatie op een dynamische en directe manier te zien en te ervaren. Het is daardoor een geschikt hulpmiddel voor het ontwikkelen van modellen en het oplossen van problemen. Het is ook een potentieel hulpmiddel voor ervaringsgericht leren, want de virtuele wereld is interactief: de omgeving reageert op de acties van de gebruiker (McLellan 2011).

Er bestaan verschillende soorten VR. Het belangrijkste kenmerk van alle VR-systemen is dat zij een omgeving bieden die door een computer is gemaakt en waarin een gebruiker zich aanwezig voelt; fysiek, perceptueel, emotioneel en cognitief. Niet alle virtuele werelden zijn driedimensionaal en om een virtuele omgeving te ontdekken is het ook niet noodzakelijk om er volledig in ondergedompeld te worden (McLellan 2011).

Augmented reality (AR) is een variant van VR waarin een gebruiker niet helemaal wordt ondergedompeld. Bij AR maakt men onder andere gebruik van doorzichtige beeldschermen. De gebruiker is daardoor in staat om de echte wereld te zien, maar deze wordt via het beeldscherm aangevuld met virtuele objecten (Azuma 1997). Het doel hiervan is om de menselijke interactie met de echte wereld te verrijken met door de computer gegenereerde informatie die gerelateerd is aan de objecten in de echte wereld (Chinthammit & Seibel 2003).

Een toepassing van AR is te vinden in de cockpit van gevechtsvliegtuigen waarin informatie over het vliegtuig en de vijand in de vorm van draadmodellen en tekst gepresenteerd wordt op een doorzichtig scherm in de helm van de piloot (Azuma 1997). Hierdoor kan de piloot de echte wereld blijven zien en ondertussen geïnformeerd worden over de status van het vliegtuig en de vijand. Ook zijn

er moderne auto's die gebruikmaken van AR-techniek door informatie over snelheid en route te presenteren op de voorruit. De automobilist kan daardoor continu zijn ogen op de weg houden en gelijktijdig relevante gegevens bekijken.

VR stelt de gebruiker dus in staat om interactief met een door de computer gegenereerde omgeving om te gaan. Het geeft de gebruiker het gevoel aanwezig te zijn in een digitale wereld waarin dynamische informatie direct kan worden ervaren. Het is daardoor een geschikt hulpmiddel bij het ontwikkelen van modellen, het oplossen van problemen en een potentieel leermiddel bij ervaringsgericht leren. VR kent verschillende varianten en is schaalbaar. Er zijn omgevingen mogelijk waarin de gebruiker volledig wordt omsloten door de digitale wereld en omgevingen waarin de echte wereld wordt aangevuld met virtuele onderdelen.

Het ontwikkelen van een interactieve VR-omgeving kan zeer kostbaar zijn. Men moet zich daarom altijd afvragen of het doel de investering rechtvaardigt. Zo is het voor de behandeling van patiënten met een spinnenfobie goedkoper om een echte spin te gebruiken, ondanks de effectiviteit van therapie met virtuele spinnen. Het behandelen van patiënten met vlieg angst in de werkelijke vliegpraktijk is duurder dan de VR-therapie, die effectiever en goedkoper is (Choy, Fyer & Lipsitz 2007).

Een veelgenoemd nadeel van VR is het ontstaan van 'cyberziekte'; gebruikers kunnen misselijk worden, overgeven en hoofdpijn krijgen. Dit komt doordat de gebruiker bewegende beelden ziet terwijl hij of zij stilstaat of niet synchroon beweegt. Geschat wordt dat dit verschijnsel bij 20% tot 60% van de gebruikers optreedt, afhankelijk van de kwaliteit van de omgeving (Simone, Schultheis, Rebimbas & Millis 2006). Dit kan de toepassing van VR ernstig beperken.

Een virtuele wereld is altijd een abstracte weergave van de echte wereld. Wanneer VR gebruikt wordt voor onderzoeksdoeleinden is het daarom altijd de vraag of de gevonden resultaten ook iets zeggen over de 'echte wereld', dus of de resultaten valide zijn (Loomis, Blascovich & Beall 1999). Ook bij de inzet van VR als leermiddel moet een vergelijkbare vraag gesteld worden: in hoeverre kunnen de in de VR-omgeving geleerde vaardigheden ook daadwerkelijk in de praktijk worden toegepast? Een te abstracte VR-omgeving kan nadelige gevolgen hebben voor de validiteit van onderzoeksgegevens en voor vertaling van het geleerde naar de praktijk.

AR-systemen zijn vaak kostbaar, weinig mobiel, niet weersbestendig en niet erg intuïtief in het gebruik. Met de komst van AR-toepassingen op mobiele telefoons en PDA's lijkt hier verbetering in te komen, maar deze technische en ergonomische problemen kunnen de acceptatie van AR in het dagelijks gebruik in de weg staan (Van Krevelen & Poelman 2010).

Het gebruik van VR heeft dus voor- en nadelen. Toch lijkt VR uitermate geschikt voor toepassing in het domein van de fysieke veiligheid. Dit blijkt ook uit de praktijk: hulpverleners kunnen in een veilige omgeving ervaringsgericht leren en het effect van preventiemaatregelen kan vroegtijdig bestudeerd worden door informatie op een dynamische manier te presenteren en te gebruiken voor het oplossen van problemen. Maar: waar wordt VR al ingezet in dit domein en waar nog niet?

De veiligheidsketen

Alle werkzaamheden die de veiligheid waarborgen worden in Nederland geordend via de veiligheidsketen. Deze keten geeft een procesbenadering van het veiligheidsbeleid weer (Helsloot 2007). De gedachte achter deze procesbenadering is dat risico's het best beheerst kunnen worden door de samenhang tussen de verschillende risicobeperkende maatregelen in het oog te houden en de samenwerking tussen de betrokken instanties te bevorderen. Het ministerie van Binnenlandse Zaken heeft in 1993 met dit doel het denkmodel van de veiligheidsketen ontwikkeld. De schakels van de keten zijn (BZK 1993):

- proactie (niet toestaan van de activiteit);
- preventie (maatregelen treffen ter voorkoming van ongevallen);
- preparatie (voorbereiden op ongevallen);
- repressie (daadwerkelijke ongevalsbestrijding);
- nazorg.

Hieronder worden de mogelijkheden van VR per fase in de veiligheidsketen besproken.

Proactie

In de proactiefase worden maatregelen getroffen waardoor structureel risico's worden weggenomen. Voorbeelden hiervan zijn het stoppen van het vervoer van chloor per trein en het verbieden van het bouwen van woningen nabij lpg-tankstations. Door het wegnemen van mogelijke oorzaken wordt voorkomen dat een incident ontstaat (Helsloot 2007). In de praktijk gebeurt dit doordat veiligheids-experts in een vroegtijdig stadium betrokken worden bij grote infrastructurele en planologische projecten zodat zij door middel van adviezen en het beïnvloeden van wet- en regelgeving risico's en effecten van incidenten beheersen en beperken.

Deze grote infrastructurele en planologische projecten bestaan in deze fase vaak alleen nog op papier. Voor veel mensen is het daardoor moeilijk om een duidelijk beeld te krijgen over hoe de voorstellen er in de praktijk uit komen te zien. Om zaken inzichtelijk te maken worden daarom tekeningen en fysieke schaalmodellen van gebouwen en infrastructurele werken gemaakt. Maar ook dit zijn nogal abstracte weergaven van de werkelijkheid die geen relatie hebben met de manier waarop er straks gebruik gemaakt gaat worden gebruik van de gebouwen en infrastructuur. Ze zijn daardoor minder geschikt voor het testen en verbeteren van ontwerpen (Tasli & Ozguc 2001).

VR biedt hier een oplossing, want met VR kan men modellen bouwen, informatie zien en op een directe en dynamische manier ervaren. Het is daardoor ook een krachtig hulpmiddel voor de communicatie tussen overheid, burgers en andere belanghebbenden voor het verschaffen van inzicht in het plannen en vernieuwen van de openbare ruimte. Bijvoorbeeld bij stedelijke planning, herinrichting/reconstructies en vraagstukken rondom veiligheid en bijvoorbeeld voor rampenpreventie of -bestrijding (Jansen e.a. 2006).

Door grote infrastructurele en planologische projecten te modelleren in een VR-omgeving en deze te combineren met informatie over risicolocaties zoals industrie en transportroutes kan men proactief mogelijke oorzaken van incidenten opsporen en wegnemen. VR stelt de betrokkenen hierbij in staat om relaties te zien tussen verschillende soorten informatie (het ontwerp en de risicolocaties) en deze in een dynamische omgeving te ervaren. Hierdoor kunnen mogelijke problemen vroegtijdig opgelost worden.

In bijvoorbeeld de mineralenindustrie wordt VR op deze manier al succesvol ingezet voor datavisualisatie en risicoanalyse. De kosten voor het ontwikkelen van een virtuele mijn wegen duidelijk op tegen personele, materiële en economische schade in het geval van een incident in de echte mijn (Kizil 2003). Het gebruik van VR in de proactiefase zal zich daarom beperken tot projecten waarbij de financiële en veiligheidsrisico's hoog zijn. Het doel moet immers de middelen wel rechtvaardigen.

Preventie

Preventie kan gedefinieerd worden als het nemen van maatregelen vooraf ter voorkoming van het ontstaan van incidenten en beperken van de gevolgen als zij zich toch voordoen. Dit wordt gedaan door wettelijke kaders te maken, voorlichting te geven en toezicht te houden (Helsloot 2007). Zo is in Nederland iedere werkgever verplicht om goed voorbereid te zijn op ongevallen, brand en ontruiming. Zichtbare uitingen van preventiemaatregelen in gebouwen zijn rookmelders, automatische brandblussystemen, vluchtrouteaanduidingen en nooduitgangen.

Het nut en het effect van deze maatregelen wordt in de praktijk getoetst door incidenten te evalueren of door praktijkexperimenten zoals brandtesten en evacuatie testen uit te voeren. Wanneer men een veilig gebouw wil ontwerpen is dat echter te laat en is er dus in de ontwerpfase al behoefte aan informatie over brandgedrag en menselijk gedrag bij brand. Gebouwenontwerpers kunnen hierbij gebruik maken van op VR gebaseerde rekenmodellen. Deze programmatuur maakt voorspellingen op basis van bestaande kennis over brandgedrag en vluchtgedrag. Maar met name over vluchtgedrag is nog weinig bekend.

Als aanvulling op bestaande onderzoeksmethoden is daarom een *behavioural assessment and research tool* (BART) ontwikkeld: 'Het primaire doel van het VR instrument is om informatie over menselijk gedrag bij brand te genereren, informatie die ingenieurs nodig hebben om een veilig gebouw te ontwerpen' (Kobes, Helsloot, De Vries & Post 2010). BART is gebruikt in gedragsonderzoek op het gebied van evacuatiegedrag in het geval van brand. Door middel van 153 evacuatie testen in zowel een virtueel als een echt hotel is de validiteit van dit VR-instrument onderzocht.

Conclusie uit dit onderzoek is dat de testen in de virtuele situatie vergelijkbare resultaten opleveren als de testen in de echte situatie (Kobes 2010; Kobes e.a. 2010). BART is dus een valide onderzoeksinstrument. Bovendien is uit het onderzoek naar voren gekomen dat mensen het gebruik van BART als realistisch ervaren en dat de VR-testomgeving emotioneel overtuigender is dan de 'werkelijke' testomgeving in het hotel (Kobes 2010). In een virtuele omgeving kan dus

menselijk gedrag onderzocht worden. Hierdoor kan informatie verzameld worden die het nut en effect van preventiemaatregelen kan toetsen en die van belang is bij het ontwerpen van veilige gebouwen.

Het is met behulp van VR dus niet alleen mogelijk om informatie op een dynamische en directe manier te presenteren, er kan ook nieuwe informatie mee verworven worden. Deze kan weer ingezet worden om nieuwe modellen te ontwikkelen, waardoor er in de preventiefase nog veiliger gebouwen ontworpen kunnen worden.

Preparatie

Preparatie omvat al datgene wat moet worden voorbereid om incidenten te kunnen bestrijden. In dit verband moet men denken aan het opstellen van plannen en procedures, het opleiden en oefenen van personeel, enzovoort (Helsloot 2007). VR is een potentieel hulpmiddel voor ervaringsleren doordat deze interactief is en reageert op acties van de gebruiker (McLellan 2011). Binnen het veiligheidsdomein is VR al vele jaren een hulpmiddel voor ervaringsleren: Het Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid (NIFV) maakt al sinds 2002 gebruik van VR voor het opleiden en oefenen van hulpverleners (Didderen, Van Wijngaarden & Kobes 2009).

In deze driedimensionale VR-omgeving is het mogelijk om allerlei soorten incidenten te simuleren: brand, ongevallen met gevaarlijke stoffen en verkeersincidenten. Deze incidenten kunnen op verschillende plekken plaatsvinden: op een vliegveld, in een tunnel of in het centrum van een stad. Hulpverleners in opleiding kunnen hiermee in allerlei stressvolle situaties gebracht worden die zoveel mogelijk lijken op hun (toekomstige) praktijk. Zij leren hierdoor onder tijdsdruk beslissingen te nemen en kunnen in een veilige omgeving de effecten van deze beslissingen ervaren (Didderen e.a. 2009).

Deze ervaring is niet alleen perceptueel maar ook emotioneel: veel deelnemers vinden de training in de virtuele omgeving net zo stressvol als een echte hulpverleningsactie. Hieruit blijkt wel dat VR-deelnemers echt het gevoel geeft aanwezig te zijn in deze omgeving. Uit evaluaties onder 5000 deelnemers van trainingen blijkt dan ook dat 95% van de deelnemers positief is over het gebruik van VR voor het trainen van hulpverleners (Didderen e.a. 2009). In de preparatiefase heeft VR zich inmiddels als een waardevol leermiddel bewezen.

Deze toepassing van VR is op dit moment vooral geschikt voor het trainen van leidinggevende hulpverleners: zij voeren met name cognitieve taken uit (het nemen van beslissingen op basis van wat ze zien). Voor het uitvoeren van psychomotorische taken zoals het blussen van een brand is VR nog geen geschikt leermiddel. Dit komt onder andere doordat er nog geen realistische invoerapparaten zijn: VR systemen worden vaak bestuurd met een joystick en muis. Het blussen van een brand met joystick en muis lijkt weinig op blussen met een echte straalpijp. De op deze manier aangeleerde motorische vaardigheid kan daardoor niet worden toegepast in de praktijk. Deze technische onvolkomenheid staat groot-schalig inzet van VR in de preparatiefase in de weg.

Repressie

De repressiefase wordt ook wel de responsfase genoemd. Dit is de fase waarin het bestrijden van het incident plaatsvindt (Helsloot 2007). De hulpdiensten worden gealarmeerd en voeren vaak onder grote tijdsdruk hun werkzaamheden uit. Het ligt in deze situatie niet voor de hand om gebruik te maken van VR systemen waarin de hulpverlener volledig wordt ondergedompeld in een driedimensionale wereld: zicht op het incident is noodzakelijk.

In de repressiefase is het hebben van *real-time* informatie erg belangrijk. AR-technieken kunnen helpen om verschillende soorten informatie gelijktijdig en aanvullend op elkaar te tonen. Deze informatie kan helpen om een beslissing te nemen en dienen als een *decision support*-systeem (DSS). Een DSS is een interactief computersysteem dat bedoeld is om beslissers communicatietechnologie, data, documenten, kennis en/of modellen te laten gebruiken zodat zij problemen kunnen identificeren en oplossen en beslissingen maken (Power 2012).

Een veelgebruikt DSS in de repressiefase is het door TNO ontwikkelde GasMal. GasMal geldt als een snel beslissingsondersteunend systeem voor het eerste uur (Mennen, Kooi, Heezen, Van Munster & Barreveld 2009). Het stelt hulpverleners in staat om geautomatiseerd vast te stellen hoe groot een bedreigd gebied is bij incidenten met gevaarlijk stoffen. In de toekomst is het wellicht mogelijk om deze informatie te combineren met gps-gegevens en via AR rechtstreeks met hulpverleners in het incidentgebied te delen, zodat zij goed geïnformeerd repressieve beslissingen kunnen nemen.

In de repressiefase is het volledig onderdompelen van hulpverleners in een driedimensionale omgeving geen optie omdat men zicht moet kunnen houden op het incident. Maar met behulp van AR kan de echte wereld aangevuld worden met digitale informatie die gerelateerd is aan de objecten in de echte wereld. Hierdoor kan de hulpverlener op basis van informatie uit beide werelden (zowel digitaal als 'echt') beslissingen nemen. Deze variant van VR kan daarom in de toekomst een potentieel hulpmiddel in de repressiefase zijn. Voor de huidige technische en ergonomische nadelen van AR-systemen (niet mobiel, niet weersbestendig en intuïtief) moet dan wel een oplossing gevonden worden.

Nazorg

De nazorgfase wordt ook wel de herstelfase genoemd. In deze fase staat de terugkeer naar de normale situatie centraal (Helsloot 2007). In deze fase wordt onder andere het incident en de hulpverlening geëvalueerd, materieel weer gereedgemaakt en geestelijke nazorg verleend aan slachtoffers en hulpverleners.

Hulpverleners kunnen naar aanleiding van een incident symptomen van het *post-traumatic stress disorder*-syndroom (PTSD) krijgen: het herbeleven van de gebeurtenis, het vermijden van situaties die aan de gebeurtenis herinneren, ongevoelig worden voor emoties en hyperactief worden. Amerikaanse soldaten die in Irak gediend hebben en leiden aan het PTSD-syndroom worden sinds een aantal jaar experimenteel behandeld met VR-technieken: met behulp van beelden beleven zij de traumatische gebeurtenis opnieuw in een therapeutische sessie. De resultaten die met deze therapievorm worden behaald zijn veelbelovend: zestien van de eerste twintig patiënten zijn met succes behandeld (Rizzo e.a. 2009). Ook voor

slachtoffers van de aanslag op het WTC-gebouw in New York is met succes VR op therapeutische basis ingezet (Difede & Hoffman 2002).

Steeds vaker wordt in het kader van evaluatieonderzoek gebruik gemaakt van VR-technieken om inzicht te krijgen in oorzaken en gevolgen van incidenten en rampen. Onder andere naar aanleiding van de Vuurwerkramp in Enschede, de Café-brand in Volendam en de brand in het cellencomplex op Schiphol zijn voor de reconstructie van de gebeurtenissen animaties gemaakt. Voor de analyse van de brand in de scheepsloods De Punt (waarbij drie brandweermannen om het leven kwamen) heeft de Onderzoeksraad voor de Veiligheid een driedimensionale reconstructie gemaakt. Hierdoor kon op eenvoudige wijze inzichtelijk gemaakt worden wat wanneer gebeurd is en kon de brand vanuit ieder gewenst perspectief bekeken worden (Hulsman 2010).

VR-technieken kunnen dus worden gebruikt om nazorg te verlenen door gebruikers het gevoel te geven opnieuw bij een traumatische gebeurtenis aanwezig te zijn. Het optreden van bijwerkingen zoals cyberziekte vragen hierbij de constante aandacht van de behandelaars (Rizzo, Wiederhold & Galen Buckwater 1998). Door het ontwikkelen van modellen en reconstructies in VR is het mogelijk om een incident en de hulpverlening te evalueren. Hierdoor dragen VR-technieken bij aan de terugkeer naar de normale situatie, geven zij inzicht in waar het fout ging en wat er verbeterd kan worden.

Analyse

De kracht van VR in het domein van de fysieke veiligheid lijkt vooral te zitten in de mogelijkheid om informatie op een dynamische en directe manier te zien en te ervaren. Hierdoor wordt het mogelijk om abstracte begrippen zoals risico en veiligheid in alle fases van de veiligheidsketen voor de betrokkenen inzichtelijk te maken en kan hiervan geleerd worden. De validiteit en toepasbaarheid van de resultaten moeten hierbij altijd in het oog gehouden worden.

Doordat VR-technieken het mogelijk maken om je als gebruiker fysiek, perceptueel, emotioneel en cognitief aanwezig te voelen in de virtuele omgeving kunnen gebruikers echte stress ervaren. Dit kenmerk van VR maakt het mogelijk om met succes traumatische ervaringen te verwerken en zo behandeld te worden tegen posttraumatische stress, maar ook om hulpverleners op een realistische manier te leren hoe het is om te werken in de praktijk.

Het gebruik van VR kan tot ongewenste bijwerkingen zoals cyberziekte leiden. Met name bij de therapeutische inzet van VR is het optreden van cyberziekte zeer ongewenst. Juist deze toch al kwetsbare doelgroep moet geen nadelige gevolgen van het gebruik van VR ondervinden. De virtuele omgeving moet voor deze toepassing dus van zeer hoge kwaliteit zijn.

AR maakt het mogelijk om in situaties waarin er geen sprake kan zijn van het gebruik van een volledige driedimensionale virtuele omgeving, toch nuttige digitale informatie te combineren met objecten in de echte wereld. Hierdoor kunnen beter beslissingen gemaakt worden. De schaalbaarheid van de VR-techniek maakt

toepassing in de repressiefase op termijn wellicht mogelijk. Hiervoor moet wel een aantal de technische en ergonomische problemen opgelost worden.

Een interessante vraag die opkomt, is in hoeverre de beschreven ontwikkelingen op elkaar aan kunnen gaan sluiten. Daar waar het doel van de veiligheidsketen is om samenhang en samenwerking te bevorderen, is er op dit moment wat betreft het gebruik van VR-systemen geen sprake van synergie. In theorie is het mogelijk om in de proactiefase modellen te ontwikkelen, deze in de preventiefase te bestuderen en in de preparatiefase te gebruiken als leermiddel. Ook modellen die in de nazorgfase ontwikkeld zijn voor incidentonderzoek kunnen in de proactie-, preventie- en preparatiefase opnieuw gebruikt worden. Op deze manier ontstaat er samenhang, wordt samenwerking bevorderd en wordt de kostbare techniek effectiever gebruikt. Hierdoor wordt het geheel meer dan de som der delen. In het veiligheidsdomein een bekende gedachte.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat VR een zeer krachtige techniek is die in het veiligheidsdomein een belangrijke functie vervult, met name doordat deze techniek het lerend vermogen van de veiligheidsorganisaties op veel gebieden kan ondersteunen. Gezien de ontwikkelingen die er zowel op technisch (schaalbaarheid) als inhoudelijk (andere domeinen) gebied plaatsvinden is de verwachting dat de rol van VR in de nabije toekomst steeds groter zal worden.

Literatuur

- Azuma, R.T. (1997) A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- BZK (1993) *Integrale Veiligheidsrapportage*. Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken.
- Chinthammit, W. & E.J. Seibel (2003) A shared-aperture tracking display for augmented reality. *Presence*, 1-18.
- Choy, Y., A. Fyer & J. Lipsitz (2007) Treatment of specific phobia in adults. *Clinical psychology review*, 266-286.
- Didderen, E., M. van Wijngaarden & M. Kobes (2009) Emergency team training in virtual reality: An evaluation of the design process and of the performances of NIFV-ADMS TM in training sessions. *SimTecT 2009 Simulation Conference and Exhibition*. Adelaide.
- Difede, J., & H. Hoffman (2002) Virtual reality exposure therapy for World Trade Center post-traumatic stress disorder: A case report. *Cyberpsychology & Behaviour*, 5(6), 529-535.
- Helsloot, I. (2007) Voorbij de symboliek. Over de noodzaak van een rationeel perspectief op fysiek veiligheidsbeleid. Den Haag: Boom Juridische uitgevers.
- Hulsman, S. (2010, 4 februari) Software simuleert brand in De Punt. Geraadpleegd op www.computable.nl/artikel/praktijk/ehrm/3241436/2379235/software-simuleert-brand-in-de-punt.html.
- Jansen, W., H. Versluys, G. Vosselman, B. Beersen, F. van Heuvel, T. Veth e.a. (2006) 3D-modellen: hoe mooier hoe beter! *GEO-INFO*, 7/8, 318-321.

- Kizil, M. (2003) Virtual reality applications in the Australian minerals industry. *Application of computers and operations research in the minerals industries*. Kaapstad, Zuid Afrika: South African Institute of Mining and Metallurgy.
- Kobes, M. (2010) *Understanding human behaviour in fire: Validation of the use of serious gaming for research into fire safety psychonomics*. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam.
- Kobes, M., I. Helsloot, B. de Vries & J. Post (2010) Exit choice, (pre-)movement time and (pre-)evacuation behaviour in hotel fire evacuation: Behavioural analysis and validation of the use of serious gaming in experimental research. In: S. Hoogendoorn, A. Pel, M. Taylor & H. Mahmassani, *Procedia engineering, volume 3. First International Conference on Evacuation modelling and Management 2009* (p. 37-52). Amsterdam: Elsevier.
- Krevelen, D. van & R. Poelman (2010) A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, 1-20.
- Loomis, J.M., J.J. Blascovich & A.C. Beall (1999) Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. *Behaviour Research Methods, Instruments & Computers*, 557-564.
- McLellan, H. (2011) Virtual realities. In: D.H. Jonassen, *Handbook of research for educational communications and technology* (p. 461-497). Bloomington: AECT.
- Mennen, M., E. Kooi, P. Heezen, G. van Munster & H. Barreveld (2009) *Verspreiding van stoffen bij branden: een verkennende studie*. Bilthoven: RIVM.
- Power, D. (2012) Decision Support Systems glossary. *Decision Support Systems resources*. Geraadpleegd op <http://dssresources.com/glossary/>.
- Rheingold, H. (1991) *Virtual reality*. New York: Summit.
- Rizzo, A.A., M. Wiederhold & J. Galen Buckwater (1998) Basic issues in the use of virtual environments for mental health applications. In: G. Rivva, B.K. Wiederhold & E. Molinari, *Virtual environments in clinical psychology and neuroscience*. Amsterdam: IOS Press.
- Rizzo, A., J. Difede, B. Rothbaum, S. Johnston, R. McLay, G. Reger e.a. (2009) VR PTSD exposure therapy results with active duty OIF/OEF combatants. In: J.W. (eds.), *Medicine meets virtual reality 17* (p. 277-282). IOS Press.
- Simone, L.K., M.T. Schultheis, J. Rebimbas & S.R. Millis (2006) Head-mounted displays for clinical virtual reality applications: Pitfalls in understanding user behaviour while using technology. *CyberPsychology & Behaviour*, 591-602.
- Tasli, S., & B. Ozguc (2001) Dynamic simulation in virtual environments as an evaluation tool for architectural design. *Architectural Science Review*, 139-144.