



NEDERLANDS INSTITUUT
FYSIEKE VEILIGHEID *Nibra*

Psychonomie en brandveiligheid

Een nieuwe kijk op fire safety engineering



Colofon

Titel: Psychonomie en brandveiligheid. Een nieuwe kijk op fire safety engineering

Datum: 10 september 2010

Auteur: M. Kobes

Psychonomie en brandveiligheid

Een nieuwe kijk op fire safety engineering

Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid *Nibra*
Postbus 7010
6801 HA Arnhem

T 026 355 24 00
F 026 351 50 51
info@nifv.nl



Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid *Nibra*:

Wij ontwikkelen kennis, dragen bij aan de vakontwikkeling voor brandweer, geneeskundige hulpverlening bij ongevallen en rampen (GHOR), crisisbeheersing en leiderschapsontwikkeling en vergroten zo de fysieke veiligheid.



Inhoud

1	Noodzaak voor een psychonomische benadering	5
2	Psychonomie en brandveiligheid	7
3	Implementatie van de psychonomische benadering	9
4	Wayfinding tijdens evacuatie	10
5	Serious gaming bij onderzoek naar menselijk gedrag bij brand	11
	Literatuur	13



1 Noodzaak voor een psychonomische benadering

In de eerste fase van een brand zijn de aanwezigen in een gebouw vooral aangewezen op zichzelf en op de mensen in hun directe omgeving. Het gedrag van mensen in deze eerste fase is het meest bepalend voor de kans om de brand te overleven¹. De mate van zelfredzaamheid bij brand is daarmee een belangrijke indicator voor de brandveiligheid van een gebouw. Voorheen werd vanuit de brandpreventie 'zelfredzaamheid' gezien als een onveranderlijke eigenschap van een persoon. Sime (1991) stelt daarentegen dat de mate van zelfredzaamheid van een persoon gedurende het vluchtproces kan variëren en afhangt van de omgevingscondities waarin de persoon zich bevindt. De mate van zelfredzaamheid is daarmee niet alleen afhankelijk van de persoonlijke kenmerken of het gebruikstype van het gebouw waarin de persoon zich bevindt. Ook het gebouwontwerp kan van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid.

In de praktijk blijken aanwezigen in een gebouw bij hun zelfredzame gedrag niet altijd ondersteund te worden door de huidige bij wet voorgeschreven veiligheidsmaatregelen. Dit komt doordat het inzicht in het feitelijke menselijke gedrag bij brand momenteel beperkt is en in ieder geval niet leidend is voor het brandveiligheidsbeleid. Zo blijken sommige aannames in het huidige brandveiligheidsbeleid niet overeen te komen met het menselijk gedrag bij werkelijke brandevacuaties. Dit komt mede doordat in de loop van de eeuwen een hiaat is ontstaan tussen enerzijds het brandveiligheidsbeleid en anderzijds de technologische en de menselijke aspecten die daadwerkelijk de brandveiligheid bepalen.

Het brandveiligheidsbeleid wordt al eeuwenlang beïnvloed door rampzalige incidenten². De onderzoeksresultaten van rampzalige incidenten en wetenschappelijke experimenten hebben echter zelden geleid tot een grondige evaluatie van de gehanteerde uitgangspunten van het brandveiligheidsbeleid. Na incidenten worden echter vaak symbolische verbetermaatregelen ingezet vanuit de overweging dat de kans zeer gering is dat in de nabije toekomst de effectiviteit van de symbolische maatregelen bediscussieerd hoeft te worden³. En omdat de kans op een herhaling van de betreffende fysieke veiligheidsincidenten veelal zo laag is kan door middel van symbolisch beleid absolute veiligheid worden beloofd. De vorming van beleid zou daarom niet door incidenten gestuurd moeten worden, maar het zou gebaseerd moeten zijn op een periodieke evaluatie van de effectiviteit van het beleid.

Een voorbeeld van een symbool van brandveiligheid zijn de groene vluchtroute-aanduidingen⁴. Beleidsmakers en –handhavers hebben veel aandacht voor de kleur, het pictogram en de locatie van vluchtrouteaanduidingen (de groene nooduitgang-bordjes), maar uit incidentevaluaties blijkt dat mensen veelal de aanduidingen voor nooduitgangen niet opmerken⁵ of negeren⁶. Bovendien is de locatie van de groene bordjes zodanig dat ze in geval van brand door de rook niet meer zichtbaar zijn. Dit

¹ Purser en Bensilum 2001; Pires 2005

² Kobes 2008; Helsloot 2007

³ Helsloot 2007

⁴ Kobes 2008

⁵ Ouellette 1993

⁶ Ouellette 1993; Boer 2002; Johnson 2005

voorbeeld en andere voorbeelden van uitgangspunten en aannames in het huidige beleid die niet overeenkomen met de kennis uit de literatuur zijn in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1. Verschil tussen beleid en daadwerkelijke brandveiligheid

Uitgangspunt of aanname in beleid	Kennis uit incidentevaluaties en experimenten
De brandontwikkeling in een gebouw is conform de standaard brandkromme, ongeacht het gebruik van een gebouw en de materialen die aanwezig zijn.	De brandontwikkeling is afhankelijk van het type materiaal dat aanwezig is, zo wordt de verbranding van kunststoffen gekenmerkt door een ultrasnelle brandontwikkeling ⁷ .
Mensen die mobiel zijn kunnen zelfstandig vluchten.	Alle mensen in een brandsituatie kunnen tot op bepaalde hoogte te maken krijgen met beperkingen ⁸ en zijn daarmee potentieel verminderd tot niet-zelfredzaam.
Mensen gebruiken vluchtrouteaanduidingen om de dichtstbijzijnde uitgang te vinden.	Uit incidentevaluaties naar de ontvluchting bij 400 branden blijkt dat 92% van de overlevenden zich niet bewust is geweest van de aanwezigheid van vluchtrouteaanduidingen ⁹ .
Mensen vluchten via dichtstbijzijnde (nood)uitgang.	Mensen vluchten doorgaans via de bekende weg en nauwelijks via nooduitgangen ¹⁰ . De objectieve loopafstand is niet bepalend voor de routekeuze ¹¹ . Bekende routes worden als korter ervaren dan onbekende routes ¹² .
Mensen vluchten zodra ze een brandalarm horen.	Mensen (in een groep) negeren doorgaans onduidelijke signalen, zoals een brandalarm ¹³ . Mensen zullen eerder op verbale signalen reageren ¹⁴ . Sociale normen hebben een sterke invloed op de (non-)reactie van mensen op gevaarssignalen ¹⁵ .
De loopsnelheid van mensen is constant, ongeacht of men wel of niet door rook loopt.	Mensen die worden blootgesteld aan de effecten van brand lopen langzamer dan de loopsnelheid zoals verkregen uit loopexperimenten in normale omgevingscondities ¹⁶ .

De voorbeelden van de verschillen tussen beleid en werkelijke brandveiligheid, zoals weergegeven in tabel 1, laten zien dat het brandveiligheidsbeleid in overeenstemming gebracht zal moeten worden met het werkelijke gedrag bij brand.

⁷ Chang en Huang 2005

⁸ Tong en Canter 1985; Proulx 2007; Bukowski 2005; Averill e.a. 2007

⁹ Ouellette 1993

¹⁰ Sandberg 1997; Graham en Roberts 2000; Benthorn en Frantzich 1996

¹¹ Gwynne e.a. 2001; Løvås 1998

¹² Løvås 1998

¹³ Boer 2002

¹⁴ Proulx & Laroche 2001; Proulx 2000; Proulx & Richardson 2002; Sime 1983

¹⁵ Sime 1983; Sime 1995

¹⁶ Frantzich 1994; Isobe e.a. 2004; Nagai e.a. 2004

2 Psychonomie en brandveiligheid

Om brandveiligheidsmaatregelen goed af te stemmen op het werkelijke gedrag bij brand is inzicht in psychonomie van essentieel belang. Oftewel hoe functioneert en reageert de mens in zijn omgeving. Daarbij gaat het vooral om de menselijke perceptie van brand en van de gebouwde omgeving. Psychonomie omvat een benadering van psychologie die gericht is op het ontdekken van de wetmatigheden die de werking van de menselijke geest bepalen. Deze wetmatigheden geven inzicht in de wijze waarop mensen informatie verwerken.

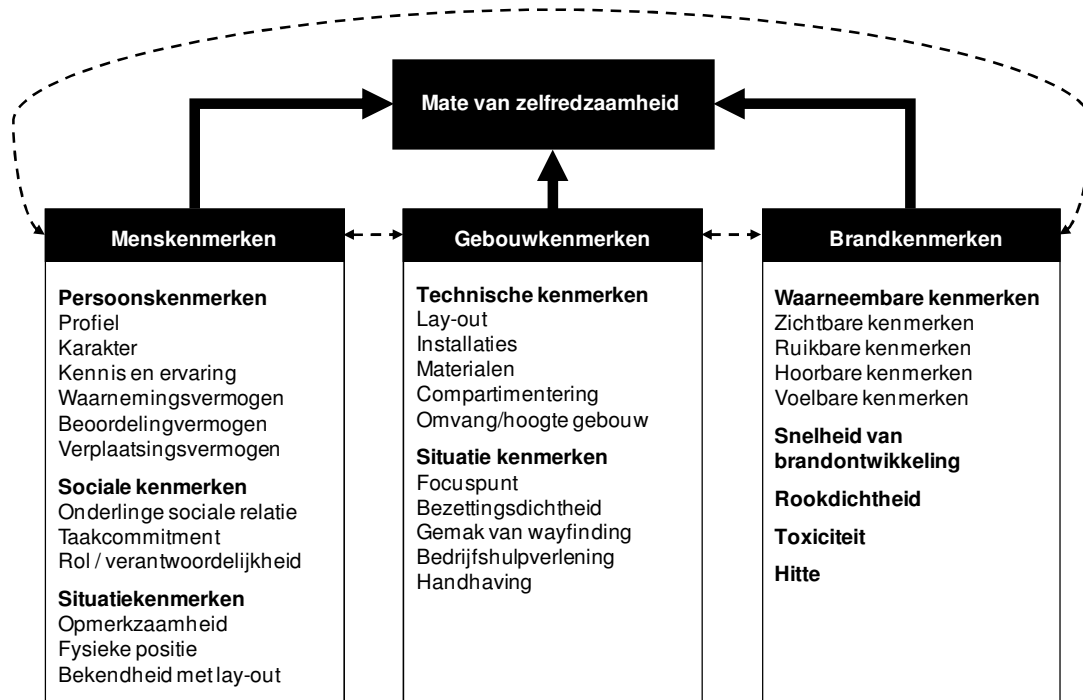
Het concept van psychonomie

Psychonomie richt zich op het onderzoeken van psychologische functies zoals bewustzijn, waarnemen, begrijpen, aandacht en vigilantie, leren en geheugen, spreken, bewegen en emotie. Eén van de grote uitdagingen in de psychologie bestaat uit het ontwikkelen van experimentele taken die het mogelijk maken om de precieze werkwijze van menselijke functies in kaart te brengen.

Tekstbox 1.

Bij psychonomie op het gebied van brandveiligheid gaat het vooral om de menselijke perceptie van brand en de gebouwde omgeving. Aan de ene kant zijn sociale aspecten van belang, zoals groepsgedrag, en aan de andere kant gaat het om persoonlijke en situationele factoren, zoals mobiliteit en bewustzijn. Beide type aspecten hebben allereerst betrekking op het vermogen om zich op een bepaalde wijze te gedragen, maar ook op de intenties en motivatie achter dat gedrag. De motivatie voor de manier waarop we handelen uit zich in intuïtieve of aangeleerd gedrag en in gedrag dat is beïnvloed door onze omgeving. Deze omgeving bestaat uit een sociale en/of technische dimensie. Voorbeelden van de eerstgenoemde dimensie zijn groepsgedrag en de opleiding en de aanwezigheid van een BHV-organisatie. Een voorbeeld van de technische dimensie is de bereikbaarheid van nooduitgangen. Gebouwmanagement speelt duidelijk een rol, bijvoorbeeld door de implementatie van *good housekeeping*, waarbij aandacht is voor het functioneren van de technische en organisatorische maatregelen in een gebouw (handhaving).

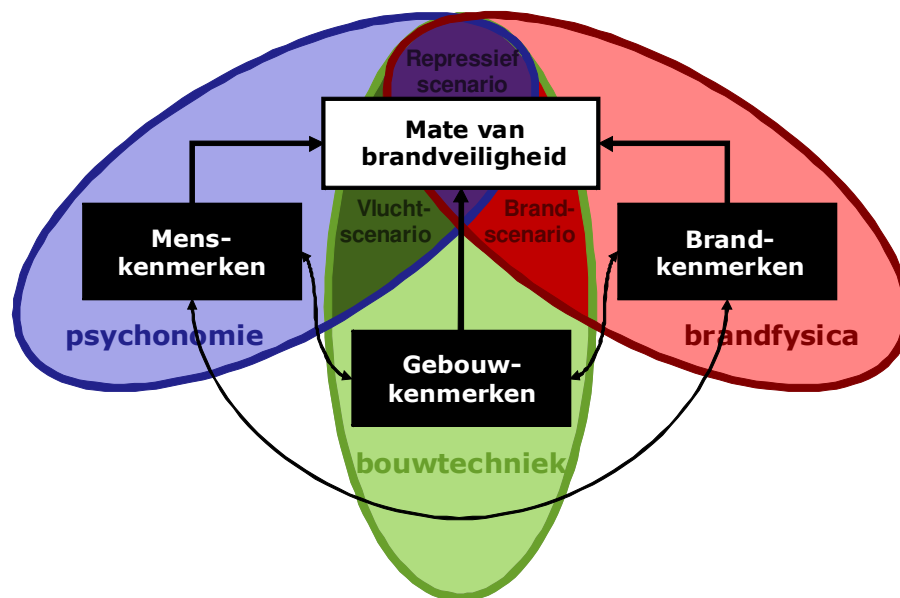
Psychonomie gaat in op de wederzijdse beïnvloeding tussen de brandkenmerken en de menselijke kenmerken, evenals tussen de gebouwkenmerken en de menselijke kenmerken. Brandveiligheidsmaatregelen zouden daarom gebaseerd moeten zijn op de psychonomische interactie tussen de gebouwkenmerken en het menselijk gedrag bij brand. Een overzicht van gebouwkenmerken, menskenmerken en brandkenmerken die van invloed zijn op de vluchtveiligheid is in figuur 1 weergegeven.



Figuur 1. Kritische factoren voor vluchtveiligheid

3 Implementatie van de psychonomische benadering

De psychonomische benadering kan in het proces van gebouwo ontwerp geïmplementeerd worden door gebruik te maken van een beoordelingssysteem dat is gebaseerd op de principes van *Fire Safety Engineering*. In figuur 2 zijn de belangrijkste onderwerpen van fire safety engineering weergegeven.



Figuur 2. Wetenschappelijke benadering van brandveiligheid

Fire safety engineering is een wetenschappelijke benadering van brandveiligheid vanuit drie disciplines:

- De fysische brandveiligheidskunde (brandfysica). Dit is de wetenschap over het ontstaan, de ontwikkeling en de repressie van (de effecten van) brand.
- De bouwtechnische brandveiligheidskunde (bouwtechniek). Dit is de wetenschap over het architectonische, bouwkundige en installatie-technische gebouwo ontwerp in relatie tot het ontstaan, de ontwikkeling en repressie van (de effecten van) brand en het vluchten bij brand.
- De psychonomische brandveiligheidskunde (psychonomie). Dit is de wetenschap over de interactie tussen de omgeving en het gedrag van mensen in deze omgeving .

Met dit beoordelingssysteem kunnen de benodigde brandveiligheidsmaatregelen voor een gebouwo ontwerp vastgesteld worden op basis van drie scenario's, namelijk het brandscenario, het brandbestrijdingsscenario (repressief scenario) en het gedragsscenario van de aanwezigen in een gebouw (vluchtscenario). Het vluchtscenario zou vooral gebaseerd moeten zijn op kennis uit de psychonomie.

4 Wayfinding tijdens evacuatie

Het cruciale aspect van brandveiligheid van gebouwen is de mogelijkheid voor het veilig vluchten. Daarbij speelt het gemak van wayfinding een grote rol. Wayfinding kan worden beschreven als het proces van ruimtelijke oriëntatie en besluitvorming, waarbij voor de navigatie in een gebouwde omgeving gebruik wordt gemaakt van ruimtelijke kennis en aanwijzingen uit die omgeving¹⁷.

Hoewel sommige aspecten van het wayfinding tijdens evacuatie zijn onderzocht, wordt het niet uitvoerig in de literatuur besproken. In het bijzonder is er weinig inzicht in de wijze waarop inzicht mensen hun vluchtroute vinden en hoe dit proces van wayfinding met lay-out en ontwerpmaatregelen kan worden ondersteund. Wel is bekend dat psychische spanningen als gevolg van oriëntatieproblemen de cognitieve processen en het menselijk gedrag kunnen aantasten¹⁸. Daarom is het gemak om de weg (naar een nooduitgang) te vinden – oftewel, het gemak van wayfinding - zeer belangrijk voor het overleven van een evacuatie bij brand.

Om te bepalen welke voorzieningen zullen leiden tot de keuze van de juiste vluchtroute, is nieuwe kennis nodig over de perceptie, intenties en motieven van mensen die bij brand uit een gebouw vluchten. Voor de ontwikkeling van effectief brandveiligheidsbeleid is bovendien nadere kennis nodig over maatregelen die een positieve invloed zullen hebben op de wayfinding bij brand. Dit betekent dat nieuw onderzoek nodig is naar de invloed van omgevingsfactoren (brandsituatie, gebouwontwerp en sociale factoren) op het menselijk gedrag bij brand in gebouwen.

¹⁷ Raubal & Egenhofer 1998; Arthur & Passini 1992

¹⁸ Proulx 1993; Illera e.a. 2008

5 Serious gaming bij onderzoek naar menselijk gedrag bij brand

Om nieuwe data over het menselijk gedrag bij brand te verzamelen kan praktijkonderzoek uitgevoerd worden. Bij praktijkonderzoek op gebied van menselijk gedrag bij brand is het verstandig om het onderzoek uit te voeren in omgevingscondities die vergelijkbaar zijn met een echte brandsituatie. Maar om de veiligheid van de testpersonen te kunnen garanderen is het in een praktijkonderzoek nauwelijks verantwoord om mensen op een realistische wijze bloot te stellen aan het fenomeen van brand. De confrontatie met stressoren van een echte brand is aanwezig bij casestudies, maar dit type van brandonderzoek wordt bepaald door de situatie van het incident en wordt niet gestuurd door een specifieke kennisbehoefte.

In een serious game is het mogelijk om mensen op een realistische wijze te confronteren met het fenomeen brand, zonder hen daarbij bloot te stellen aan de enorme gezondheidsrisico's van een echte brand. Serious gaming lijkt daardoor uitermate geschikt voor psychonomisch onderzoek naar de benodigde brandveiligheidsvoorzieningen in een gebouw. De verwachting is daarom dat de toepassing van serious games een waardevolle aanvulling is op de huidige onderzoeksmethoden.

Een serious game is een spel dat gebruik maakt van interactieve simulatie door middel van computertechnologie. Interactieve simulatie is de weergave van de rol van een mens, de omgeving, of beiden, die in de loop van de speltijd zullen veranderen als de speler wel of geen acties uitvoert. Serious games hebben het doel om bij de spelers een variatie van cognitieve, sensorische en emotionele ervaringen te veroorzaken, ongeacht de middelen waaruit het spel bestaat.

Tekstbox 1.

Om de mogelijkheden van virtual reality voor het bestuderen van het menselijk gedrag bij brand te implementeren in praktijkonderzoek, is een nieuwe onderzoeksmethode ontwikkeld. Deze nieuwe onderzoeksmethode bestaat uit een analysemodel waarmee de zelfredzaamheid bij brand in gebouwen op systematische wijze bestudeerd kan worden (Analysemodel vluchtveiligheid), en uit een virtuele omgeving waarin het menselijk gedrag uitvoerig bestudeerd kan worden, namelijk de serious game ADMS-BART. Deze *Behavioural Assessment and Research Tool*¹⁹ (BART) is gebaseerd op een uitgebreid toegepast en getest simulatieplatform dat al vele jaren wereldwijd wordt gebruikt bij hulpverleningstrainingen. Het simulatieplatform is de *Advanced Disaster Management Simulator*²⁰ van ETC Simulation met de incidentscenario's van NIFV (NIFV-ADMS). Om de software van ADMS geschikt te maken voor experimenteel onderzoek is het uitgebreid met meerdere functionaliteiten, zoals een volg- en registratie-instrument en een virtuele replica van Hotel Veluwemeer.

¹⁹ Letterlijke vertaling: Gedrag beoordelings- en onderzoeksinstrument.

²⁰ Letterlijke vertaling: Geavanceerde rampenmanagement simulator.



Om op betrouwbare wijze gebruik te maken van de nieuwe onderzoeksmethode is het gevalideerd door de resultaten uit de testen in het virtuele hotel in de serious game ADMS-BART te vergelijken met dezelfde type testen in het echte hotel. Uit de validatietesten is naar voren gekomen dat de toepassing van ADMS-BART als valide onderzoeksinstrument kan worden beschouwd voor onderzoek naar wayfinding-gedrag in een situatie zonder rook en voor onderzoek naar de invloed van rook op wayfinding in geval van een brandevacuatie.

De validiteit van de nieuwe onderzoeksmethode voor onderzoek naar het effect van de locatie van groene vluchtrouteaanduiding is nog niet volledig aangetoond. Het effect van vluchtrouteaanduidingen is namelijk verschillend gebleken in de virtuele en echte omgeving. In de virtuele omgeving wijkt het af van de aanname dat als de vluchtrouteaanduidingen op vloerniveau zijn geplaatst (lage bordjes scenario) meer deelnemers via de dichtstbijzijnde nooduitgang zullen vluchten dan wanneer de vluchtrouteaanduidingen op plafondniveau zijn geplaatst (rook scenario). De resultaten zijn daarmee contra-intuïtief.

Toch zijn de resultaten uit het onderzoek veelbelovend. Zo melden de deelnemers aan het onderzoek in de gebruiksvriendelijkheidstesten dat ADMS-BART een realistische omgeving simuleert. Verder geven zij aan de gesimuleerde omgeving in een gedragsonderzoek niet als een 'spel'-situatie maar als een 'echte' situatie te beleven. Uit het onderzoek is bovendien naar voren gekomen dat de testsituatie in de virtuele omgeving van ADMS-BART voor deelnemers overtuigender is dan de testsituatie in het echte hotel. Enkele belangrijke emoties, zoals het gevoel van nood, het gevoel van haast en het gevoel van stress, zijn namelijk significant sterker in de testen in de virtuele omgeving dan in de echte omgeving.

Uiteindelijk kan op basis van de bevindingen uit de validatietesten gesteld worden dat de serious game ADMS-BART geschikt is voor onderzoek naar brandveiligheid. Met de nieuwe onderzoeksmethode kunnen de veiligheidsmaatregelen in gebouwen nu beter worden afgestemd op het werkelijke gedrag bij brand. Bovendien is het met de serious game mogelijk om nieuwe veiligheidsmaatregelen te toetsen voordat ze in de praktijk worden toegepast.

Literatuur

- Arthur P, Passini R. Wayfinding-People, Signs, and Architecture. McGraw-Hill, New York, 1992.
- Averill JD, Mileti D, Peacock R, Kuligowski E, Groner N, Proulx G, Reneke P, Nelson H. Federal Investigation of the Evacuation of the World Trade Center on September 11, 2001, in: Proceedings of the 3rd International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005. Springer, Berlin Heidelberg, 2007.
- Benthorn L, Frantzich H. Fire alarm in a public building: How do people evaluate information and choose evacuation exit? Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University, Sweden, 1996.
- Boer LC. Gedrag van automobilisten bij evacuatie van een tunnel. TNO, Soesterberg, The Netherlands, 2002. [Behaviour of motorists in tunnel evacuation]
- Bukowski RW. Protected elevators and the disabled. Journal of Fire Protection Engineering 2005; 28; 42-49
- Chang C-H, Huang H-C. A water requirements estimation model for fire suppression: A study based on integrated uncertainty analysis. Fire Technology 2005; 41; 5-24.
- Frantzich H. A model for performance-based design of escape routes. Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University, Sweden, 1994.
- Graham TL, Roberts DJ. Qualitative overview of some important factors affecting the egress of people in hotel fires. Hospitality Management 2000; 19; 79-87.
- Gwynne S, Galea ER, Lawrence PJ, Filippidis L. Modelling occupant interaction with fire conditions using the building EXODUS evacuation model. Fire Safety Journal 2001; 36; 327-357.
- Helsloot I. Voorbij de symboliek. Over de noodzaak van een rationeel perspectief op fysiek veiligheidsbeleid. Oratie. Boom Juridische uitgevers, Den Haag, 2007. [Beyond symbolism. Concerning the need of a rational perspective on physical safety policy. Inaugural speech]
- Illera C, Fink M, Hinneberg H, Kath K, Waldau N, Rosič, Wurzer G. NO PANIC. Escape and panic in buildings. Architectural basic research in the context of security and safety research, in: Klingsch W, Rogsch C, Schadschneider A, Schreckenberg M, reds., Pedestrian and evacuation dynamics 2008. Springer, 2010; 733-743.
- Isobe M, Helbing D, Nagatani T. Many-particle simulation of the evacuation process from a room without visibility. Physical Review E 2004; 69.
- Johnson CW. Lessons from the evacuation of the world trade centre, 9/11 2001 for the development of computer-based simulations. Cognition, Technology and Work; 2005; 7; 214-240.
- Kobes M. Zelfredzaamheid bij brand. Kritische factoren voor het veilig vluchten uit gebouwen. Boom Juridische uitgevers, Den Haag, The Netherlands, 2008. [Fire response performance. The critical factors for a safe escape out of buildings]
- Løvås GG. Models of wayfinding in emergency evacuations. Theory and methodology. European Journal of Operational Research 1998; 105; 371-389.
- Nagai R, Nagatani T, Isobe M, Adachi T. Effect of exit configuration on evacuation of a room without visibility. Physica A 2004; 343; 712-724.
- Ouellette MJ. Visibility of exit signs. Progressive Architecture 1993; 7; 39-42.
- Pires TT, An approach for modeling human cognitive behavior in evacuation models. Fire Safety Journal 2005; 40; 177-189.
- Proulx 2002
- Proulx G, Laroche D. Study Shows Low Public Recognition of the Temporal-Three Evacuation Signal. Construction Innovation 2001; 6; 4; 1-6.
- Proulx G, Richardson JK. The Human factor: Building designers often forget how important the reactions of the human occupants are when they specify fire and life safety systems. Canadian Consulting Engineer 2002; 43; 35-36.
- Proulx G. A stress model for people facing a fire. Journal of Environmental Psychology 1993; 13; 137-147.
- Proulx G. High-rise office egress: the human factors; in: Proceedings of Symposium on High-Rise Building Egress Stairs. New York, 2007.

- Proulx G. Why Building Occupants Ignore Fire Alarms. Construction Technology Update 42. IRC-NRCC, Ottawa, 2000.
- Purser DA, Bensilum M, Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations. Safety Science 2001; 38; 157-182.
- Raubal M, Egenhofer MJ. Comparing the Complexity of Wayfinding Tasks in Built Environments. Environment and Planning B 1998; 25; 6; 895-913.
- Sandberg A. Unannounced evacuation of large retail-stores. An evaluation of human behaviour and the computer model Simulex. Lund, Sweden, 1997.
- Sime JD. Affiliative behaviour during escape to building exits. Journal of Environmental Psychology 1983; 3; 21-41.
- Sime JD. Crowd psychology and engineering. Safety Science 1995; 21; 1-14.
- Tong D, Canter D. The decision to evacuate: a study of the motivations which contribute to evacuation in the event of fire. Fire Safety Journal 1985; 9; 257-265.