

### RISICO-AANVAARDING EN BRANDVEILIGHEID

Ruben Van Coile

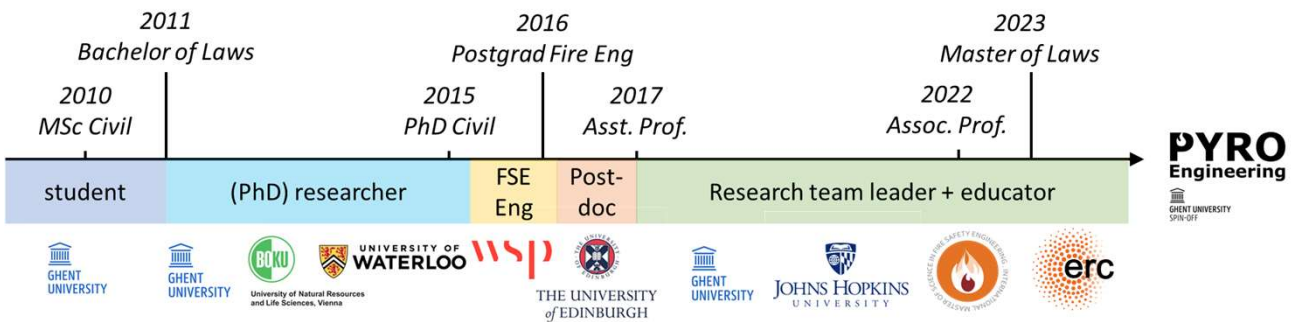
- I. Inleiding
- II. Conceptueel kader risico-aanvaarding
- III. Toepassing kosten-batenanalyse



ruben.vancoile@ugent.be

1

### OVER MEZELF



2

2

# Inleiding

Motivering kader risico-aanvaarding

I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

3

3

## IS 'VISION ZERO' DE OPLOSSING?

### Wat is het?

Our goal is to reduce road deaths to zero by 2050

### Waarom niet?

**“nul risico” bestaat niet**

Gigerenzer, G. (2004). Dread risk, September 11, and fatal traffic accidents. *Psychological science*, 15(4), 286-287.

Blalock, G., Kadiyali, V., & Simon, D. H. (2009). Driving fatalities after 9/11: a hidden cost of terrorism. *Applied Economics*, 41(14), 1717-1729.

### Ook voorstellen brandveiligheid (SE)

Kristianssen, A. C., Andersson, R., Belin, M. A., & Nilsen, P. (2018). Swedish Vision Zero policies for safety—A comparative policy content analysis. *Safety science*, 103, 260-269.

Andersson, R., Gell, T. (2023). Vision Zero on Fire Safety. In: *The Vision Zero Handbook*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76505-7\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76505-7_44)

### Kostprijs

I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

4

4

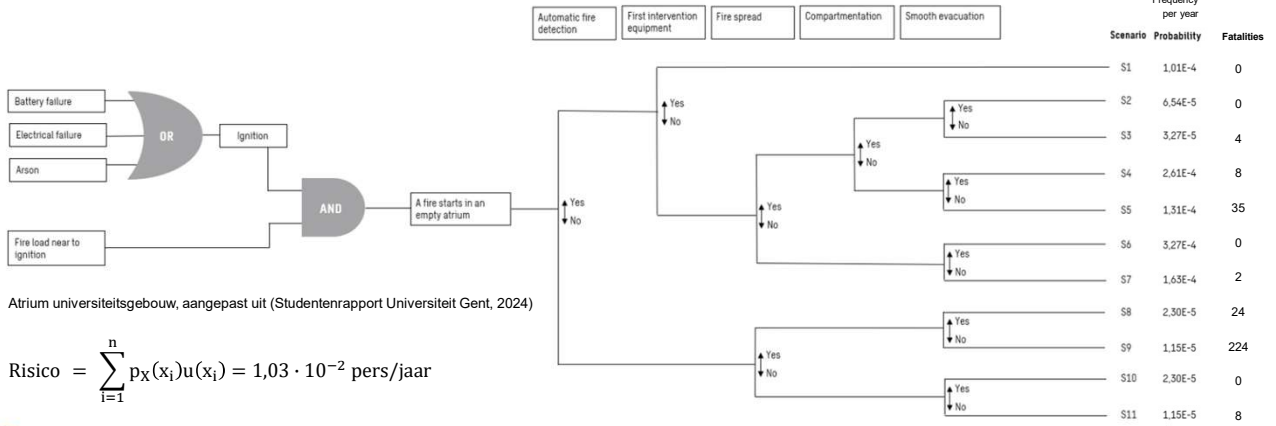
### NUL RISICO BESTAAT NIET

Wat verstaan we onder "risico"?

**Standaard terminologie**

Risico = Kans x Gevolg

- Wat kan er gebeuren?
- Hoe waarschijnlijk is het?
- Hoe erg zou het zijn?



Atrium universiteitsgebouw, aangepast uit (Studentenrapport Universiteit Gent, 2024)

$$Risico = \sum_{i=1}^n p_X(x_i)u(x_i) = 1,03 \cdot 10^{-2} \text{ pers/jaar}$$

**Bij samenvoegen "kans x gevolg" gaat cruciale info verloren!**  
*(Risico-getal geeft onvolledig beeld)*



I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

### NUL RISICO BESTAAT NIET

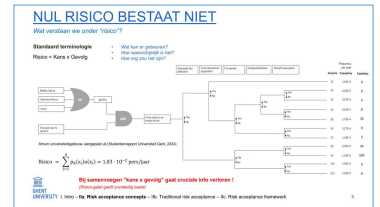
Wat verstaan we onder "risico"?

**Standaard terminologie**

Risico = Kans x Gevolg



Risico-karakterisatie via een risico-curve

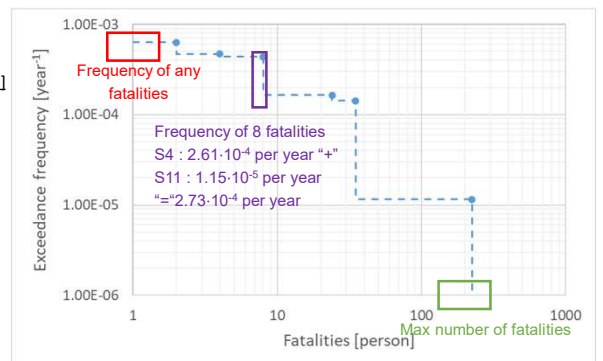


**Demo** Brand in atrium universiteitsgebouw – studentenproject

Fatalities N	Scenarios	Frequency (fire N ≥ n) [year <sup>-1</sup> ]	Frequency (fire N > n) [year <sup>-1</sup> ]
0	S1, S2, S6, S10	1.15 · 10 <sup>-3</sup>	6.34 · 10 <sup>-4</sup>
1	-	6.34 · 10 <sup>-4</sup>	4.71 · 10 <sup>-4</sup>
2	S7	6.34 · 10 <sup>-4</sup>	4.71 · 10 <sup>-4</sup>
4	S3	4.71 · 10 <sup>-4</sup>	4.38 · 10 <sup>-4</sup>
8	S4, S11	4.38 · 10 <sup>-4</sup>	1.65 · 10 <sup>-4</sup>
24	S8	1.65 · 10 <sup>-4</sup>	1.42 · 10 <sup>-4</sup>
35	S5	1.42 · 10 <sup>-4</sup>	1.15 · 10 <sup>-5</sup>
224	S9	1.15 · 10 <sup>-5</sup>	1.00 · 10 <sup>-9</sup>

→ volledig beeld van het risico-profiel;

Risico-profiel toe per gevolg-dimensie (slachtoffers, geld, downtime...).



**→ Een ontwerp aanvaarden betekent het risico-profiel aanvaarden – of je dit kent of niet !!**



I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

### STANDAARD WIJZE AANVAARDEN RISICO-PROFIEL

Toepassen van prescriptieve eisen



Vb. Eisen brandweerstand

→ Ontwerp-eis  $R \geq R_{minimum}$

Table A2 Minimum periods of fire resistance

Purpose group of building	Minimum periods of fire resistance (minutes) in a:					
	Basement storey <sup>1)</sup> including floor over		Ground or upper storey			
	Depth (m) of a lowest basement		Height (m) of top floor above ground, in a building or separated part of a building			
	More than 10	Not more than 10	Not more than 6	Not more than 18	Not more than 30	More than 30
1. Residential:						
a. Block of flats	90	60	30*	60**	90**	Not permitted
- sprinklered	90	60	30*	60**	90**	120**
b. Institutional	90	60	30*	60	90	120**
c. Other residential	90	60	30*	60	90	120**
2. Office:						
- not sprinklered	90	60	30*	60	90	Not permitted
- sprinklered <sup>1)</sup>	60	60	30*	30*	60	120**
3. Shop and commercial:						
				60	90	Not permitted
				60	60	120**
				60	90	Not permitted
				60	60	120**
				90	60	Not permitted
				60	60	120**
				90	60	Not permitted
				60	60	120**
				15+ <sup>1)</sup>	60	Not permitted



Voldoet ontwerp aan de prescriptieve eisen

→ Aanname dat risico-profiel aanvaardbaar is

Is dit redelijk?



I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

### IS DIT REDELIJK?

Grenzen aan risico-aanvaarding via prescriptieve regels

Learn from failures – code consultancy

Complexity / uniqueness – fire engineering

Veiligheidsmechanisme prescriptieve regels

Waarom is aanname aanvaardbaar risico-profiel ok ?

Leren uit falen (“Learning from disaster”)

“Regulations have often emerged as piecemeal responses to particular fire disasters, building up over the years into a comprehensive set of necessarily approximate buildings codes that prescribe rules and guidelines according to the type, location, occupancy, and use of buildings.”

Spinardi, G., Bisby, L., & Torero, J. (2017). A review of sociological issues in fire safety regulation. Fire technology, 53(3), 1011-1037.

Relative level of complexity

(1) Simple

(2) Moderate

(3) High

Design solutions

Prescriptive guidelines

Alternative (PBD) solutions

Risk-informed (PBD) solution

Adequate safety assessment

Assumed

Assumed (implicit)

Explicit



Expliciete risico-aanvaarding voor:

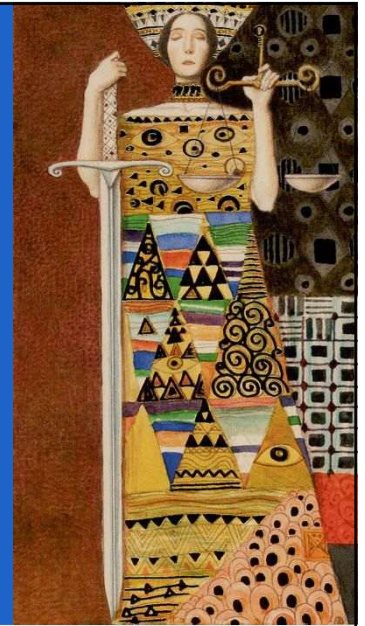
unieke constructies;  
nieuwe technologie;  
onaanvaardbare gevolgen (kritische infrastructuur);  
afwijken/verbeteren inefficiënte prescriptieve regels...



I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

# Conceptueel kader risico-aanvaarding

Hoe bepalen welke maatregelen nodig zijn?



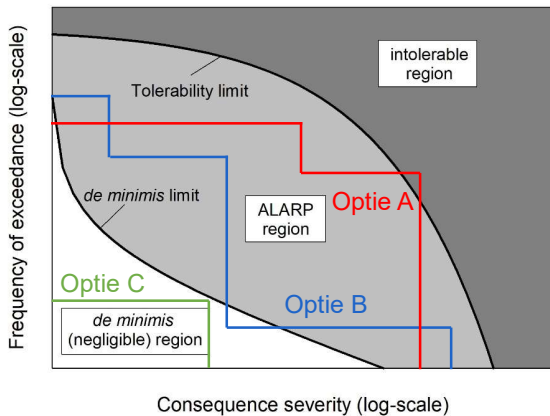
I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

9

9

## KADER VOOR RISICO-AANVAARDING

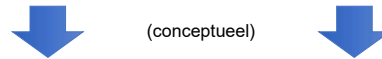
PD 7974-7:2019 (Code of Practice)



ALARP betekent hier dat (enkel) alle efficiënte veiligheidsmaatregelen moeten geïmplementeerd worden.  
 → rest-risico As Low As Reasonably Practicable

Voorkeur tussen beide in functie van kost risico-reductie B → C

**Ontwerp moet tolereerbaar en "ALARP" zijn**



Evalueer het risicoprofiel (zal vaak kwalitatief zijn).

Doe dit voor alle brandveiligheidsdoelstellingen, incl. personeveiligheid, milieubescherming,...

Indien het ontwerp een tolereerbaar risico-profiel heeft, bedenk dan of er nog efficiënte veiligheidsmaatregelen zijn.

→ efficiënte maatregelen moeten geïmplementeerd worden (zij bepalen het maatschappelijk vereist veiligheidsniveau); andere niet

→ Het restrisico wordt zo "As Low As Reasonably Practicable"

**Optie A is niet tolereerbaar**

**Optie B is tolereerbaar; ALARP als verdere risico-reductie niet efficiënt is**

**Optie C heeft een verwaarloosbaar risico → aanvaardbaar zonder zoeken naar extra maatregelen**



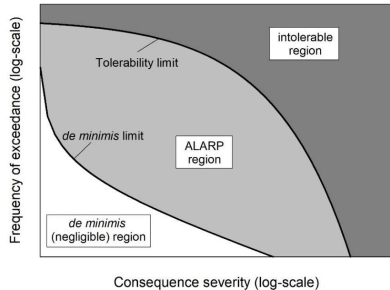
I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

10

10

### KADER VOOR RISICO-AANVAARDING

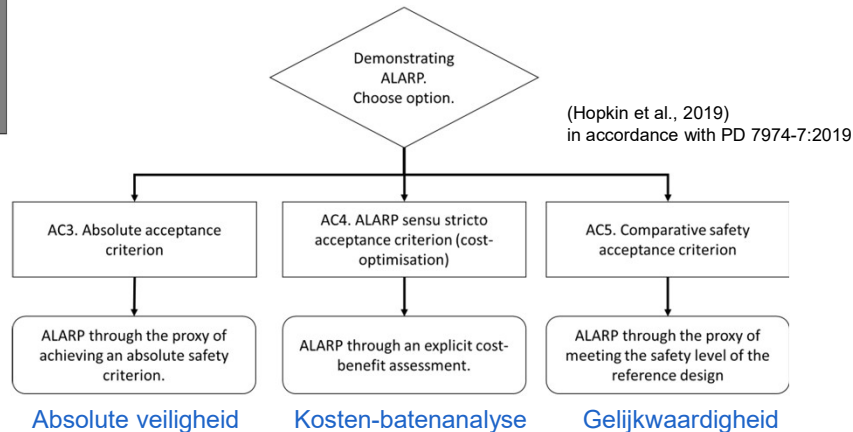
Hoe praktisch "efficiënte veiligheidsmaatregelen" bepalen?



**Is het risico-profiel redelijkerwijs tolereerbaar?**

Dit vereist niet dat er een wettelijke grens is.

**ALARP evaluatie:** Een kosten-batenanalyse uitvoeren is zelden de meest praktische keuze.



### EQUIVALENTIE / GELIJKWAARDIGHEID

Wat is het? Kritiek?

**Gebruikelijke toepassing:** Afwijkingen van prescriptieve richtlijnen → 'gelijkwaardigheid' aantonen

**Onderliggende aanname:** Maatschappelijke risico-aanvaarding impliciet opgenomen in prescriptieve richtlijnen

**Voordeel:** Van sommige modelaannames kan worden aangenomen dat ze elkaar opheffen, waardoor de FSE-evaluaties worden gefocust (vb. ontstekingsfrequentie gelijk; vb. brandwerendheid gelijk).

Voorbeeld:



Green wall in het trappenhuis.  
• Reactie bij brand niet gekend.

Afwijking basisnormen:

- 4.2.2.7 bijlage 3/1 (limitatieve lijst toegelaten voorwerpen trappenhuis)
- 4.2 bijlage 5/1 (eis classificatie reactie bij brand)

- Compenserende maatregelen
- Branddetectie met doormelding
  - Enkel dagbezetting
  - Sprinklerinstallatie in trappenhuis



Conclusie gelijkwaardigheid ?



### VALKUILEN BIJ GELIJKWAARDIGHEID

1. Prescriptieve richtlijnen komen niet noodzakelijkerwijs overeen met optimale veiligheidsniveaus; (oneindige leermogelijkheden vereist).
2. Het veiligheidsniveau dat impliciet is opgenomen in prescriptieve richtlijnen verschilt van gebouw tot gebouw. De conclusie over gelijkwaardigheid kan dus afhangen van het gekozen referentieontwerp.
3. Toepassen van prescriptieve richtlijnen buiten hun toepassingsgebied om een 'referentieontwerp' te definiëren.
4. Identieke modelaannames en vereenvoudigingen kunnen een asymmetrisch effect hebben in voor het referentieontwerp en het alternatief ontwerp.



### VALKUILEN BIJ GELIJKWAARDIGHEID

#### Voorbeeld valkuil 2

Purpose group of building	Minimum periods of fire resistance (minutes) in a:					
	Basement storey # <sup>1</sup> including floor over		Ground or upper storey			
	Depth (m) of a lowest basement		Height (m) of top floor above ground, in a building or separated part of a building			
	More than 10	Not more than 10	Not more than 5	Not more than 18	Not more than 30	More than 30
1. Residential:						
a. Block of flats						
- not sprinklered	90	60	30*	60**†	90**	Not permitted 120**
- sprinklered	90	60	30*	60**†	90**	120#
b. Institutional	90	60	30*	60	90	120#
c. Other residential	90	60	30*	60	90	120#
2. Office:						
- not sprinklered	90	60	30*	60	90	Not permitted 120#
- sprinklered #	60	60	30*	60	60	120#
3. Shop and commercial:						
- not sprinklered	90	60	60	60	60	Not permitted 120#
- sprinklered #	60	60	30*	60	60	120#
4. Assembly and recreation:						
- not sprinklered	90	60	60	60	90	Not permitted 120#
- sprinklered #	60	60	30*	60	60	120#
5. Industrial:						
- not sprinklered	120	90	60	90	120	Not permitted 120#
- sprinklered #	90	60	30*	60	90	120#
6. Storage and other non-residential:						
a. any building or part not described elsewhere:						
- not sprinklered	120	90	60	90	120	Not permitted 120#
- sprinklered #	90	60	30*	60	90	120#
b. car park for light vehicles:						
i. open-sided car park #	Not applicable	Not applicable	15*+ #	15*+ #	15*+ #	60
ii. any other car park	90	60	30*	60	90	120#



Een constructie heeft onvoldoende nominale brandweerstand.

Mitigerende maatregelen om wamteblootstelling bij brand te verminderen.

➔ kans op falen bij brand niet hoger dan prescriptief ontwerp (even veilig).

➔ Hoe veilig is een prescriptief ontwerp?

Prescriptief ontwerp laat alternatieven toe.

- Referentie A voorziet 90 min brandwerendheid zonder sprinklers;
- Referentie B voorziet 60 min brandwerendheid met sprinklers.

Evaluatie gelijkwaardigheid op basis van kans op falen eenvoudig opgelegde betonnen vloer bij equivalente ISO branduur kantoorgebouw (60 min).

$$P_{f,fi,R90} \approx 1.3 \cdot 10^{-5} \quad P_{f,fi,R60} \approx 2.3 \cdot 10^{-2} \quad P_{f,sprinkler} \approx 0.05$$

$$P_{f,fi,R90} \approx 1.3 \cdot 10^{-5} \ll 1.1 \cdot 10^{-3} \approx P_{f,sprinkler} \cdot P_{f,fi,R60}$$

**Ref A heeft een kans op falen bij brand die 100x kleiner is dan optie B !!!**

#### Valkuil 2

**Gelijkwaardigheid hangt af van het referentie-ontwerp**

### ABSOLUTE VEILIGHEID

*Wat is het? Kritiek?*

**Gebruikelijke toepassing:** Niet algemeen toegepast bij FSE (algemeen aanvaarde doelwaarden ontbreken).

**Onderliggende aanname:** In het absolute veiligheids criterium zijn de maatschappelijke voorkeuren vervat.

**Voordeel:** Het is enkel nodig om de waarschijnlijkheid van de scenario's van het criterium te bepalen. (vb. kans instorting)  
Het is niet nodig om gevolgen, kosten en baten te evalueren.

**Problemen en valkuilen:**

1. Er zijn geen algemeen aanvaarde FSE-veiligheidsdoelstellingen
2. Veiligheidsdoelstelling alleen van toepassing binnen specifiek toepassingsgebied  
Bijv. maximale jaarlijkse kans op branduitbreiding naar naburig compartiment
3. Gevoelig voor het "fijnetunen" van inputwaarden.  
→ Leidt tot het gebruik van "irrationele" veiligheidsmarges of voorgeschreven inputs

BS EN 1990:2002+A1:2005  
EN 1990:2002+A1:2005 (E)

Eurocode 0 ~ veiligheid van constructies

Table B2 - Recommended minimum values for reliability index  $\beta$  (ultimate limit states)

Reliability Class	Minimum values for $\beta$	
	1 year reference period	50 years reference period
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

NOTE A design using EN 1990 with the partial factors given in annex A1 and EN 1991 to EN 1999 is considered generally to lead to a structure with a  $\beta$  value greater than 3,8 for a 50 year reference period. Reliability classes for members of the structure above RC3 are not further considered in this Annex, since these structures each require individual consideration.



### ABSOLUTE VEILIGHEID

*Toepassingsvoorbeeld – Welke valkuil ?*

**“Natuurlijk brandconcept” voor brandveiligheid van constructies**

**5.4.2 TARGET VALUE**

The assumption of a target failure probability  $p_t$  of  $7,23 \cdot 10^{-5}$  per building life ( $1,3 \cdot 10^{-6}$  per year) is defined in ENV 1991-1 [22].

That safety requirement ( $\beta > 3,8$ ) for ultimate limit state in normal conditions has also been adopted as the acceptance criteria for the structural fire resistance. In fact, the

Streefwaarde (maximale) faalkans [1/jaar].

→ Aanvaardbare faalkans bij brand in functie van kans op brand  $p_{f,fi} \leq \frac{p_t}{p_{fi}}$

**Fundamentele kritiek: de streefwaarde voor een normaal constructief ontwerp is niet noodzakelijkerwijs van toepassing op een structureel brandontwerp.**  
(verschillende gevolgen van falen, verschil in kosten voor verbeterde veiligheid...)

Valkuil 2

**Veiligheidsdoelstelling alleen van toepassing binnen specifiek toepassingsgebied**



**Staalbouw zonder brandbescherming, Luxemburg stad.**



*Anekdote – Er was een gelocaliseerde brand voordat het gebouw werd geopend, resulterend in permanente vervormingen. Gebouw in gebruik genomen na vervanging van de beschadigde kolom.*

### KOSTEN-BATENANALYSE

*Wat is het? Kritiek?*

**Gebruikelijke toepassing:** Niet courant toegepast (terughoudendheid mbt personenveiligheid).

**Onderliggende aanname:** Expliciete ALARP-beoordeling

**Voordeel:** Expliciete evaluatie van kosten en baten vermijdt investeringen in niet-efficiënte veiligheidsmaatregelen. Kan de enige route zijn voor complexe/innovatieve ontwerpen.

**Problemen en valkuilen:**

1. Het evalueren van kosten en baten vergt een grote inspanning, inclusief verrekening van tijdseffecten.
2. Maatschappelijke eisen vereisen een maatschappelijke waardering van kosten en baten. Een private waardering kan zodra maatregelen verder gaan dan deze die maatschappelijk vereist zijn.
3. Invoerwaarden kunnen in twijfel worden getrokken, vooral wanneer de kosten-batenverhouding dicht bij 1.0 ligt.
4. Subjectieve afkeer voor het waarderen van personenveiligheid (prijs koppelen aan een verminderd risico op slachtoffers)



17

### KOSTEN-BATENANALYSE

*Toepassingsvoorbeeld – Welke valkuil ?*

PD 7974-7:2003

Voorbeeld kosten-batenanalyse sprinklers in busgarage



#### Valkuil 2

#### Private waardering van kosten en baten.

(enkel ok indien maatschappelijke eisen reeds voldaan)



Verdisconteren naar referentie tijdstip

Year	Capital cost £	Annual cost £/yr	Total cost £/yr	Savings £/yr	Net costs/ savings £/yr	Discount factor (10 %)	NPV of costs/ savings £
0	25 000		25 000	0	25 000	1	25 000
1		100	100	-2 500	-2 400	0.909 1	-2 182
2		100	100	-2 500	-2 400	0.826 5	-1 983
3		100	100	-2 500	-2 400	0.751 3	-1 803
4		100	100	-2 500	-2 400	0.683 0	-1 639
5		100	100	-2 500	-2 400	0.620 9	-1 490
.....							
26		100	100	-2 500	-2 400	0.083 9	-201
27		100	100	-2 500	-2 400	0.076 3	-183
28		100	100	-2 500	-2 400	0.069 3	-166
29		100	100	-2 500	-2 400	0.063 0	-151
30		100	100	-2 500	-2 400	0.057 3	-138
<b>Total</b>	<b>25 000</b>	<b>3 000</b>	<b>28 000</b>	<b>-75 000</b>	<b>-47 000</b>		<b>2 375</b>

Initiële investering

Onderhoudskosten  
(niet verdisconteerd)

Besparing door vermeden brandschade  
(incl. verlaagde verzekeringspremie)

Netto huidige waarde  
(kosten – baten) > 0  
→ geen efficiënte investering

18

# Toepassing Kosten- batenanalyse

*Kosten-effectiviteit van maatregelen*

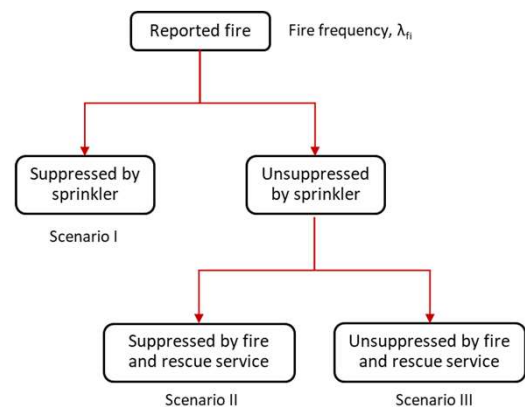
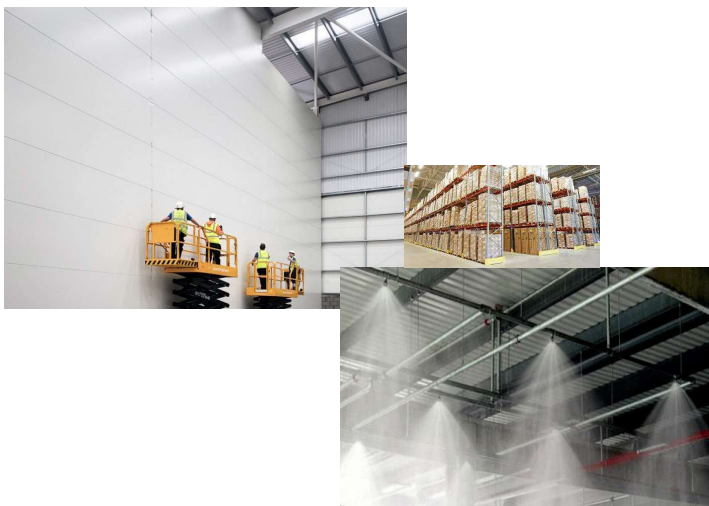


I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

19

19

## VEREENVOUDIGDE CASE - COMPARTIMENTERING EN SPRINKLERBEVEILIGING VOOR MIDDELGROOT MAGAZIJN (1)



(Compartimentering bepaalt de omvang van de schade)



I. Inleiding – II. Conceptueel kader risico-aanvaarding – III. Toepassing kosten-batenanalyse

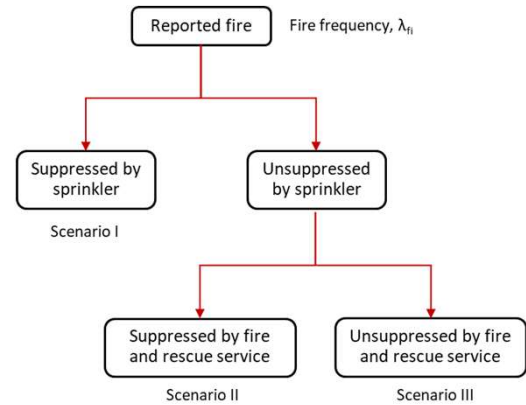
20

20

### VEREENVOUDIGDE CASE - COMPARTIMENTERING EN SPRINKLERBEVEILIGING VOOR MIDDELGROOT MAGAZIJN (2)

#### Kosten van brandbeveiliging

Magazijn	
Vloeroppervlak	60m x 100m
Afbraak + afvoer + (herop-)bouw	1,187.3 USD/m <sup>2</sup>
Kosten sprinklerinstallatie	
Installatiekost per m2	61.67 USD/m <sup>2</sup>
Jaarlijkse onderhoudskosten (verondersteld inclusief vervangingskosten voor levensduurverlenging)	5%
Kosten compartimentering	
Eenheidskosten muur compartiment	1050 USD/m
Totale compartimentering wandlengte en kosten	
- 2 compartimenten	60 m; 63,000 USD
- 3 compartimenten	120 m; 126,000 USD
- 4 compartimenten	160 m; 168,000 USD
- 6 compartimenten	220 m; 231,000 USD
- 8 compartimenten	280 m; 294,000 USD
Geen onderhoudskosten voor compartimentering	



(Compartimentering bepaalt de omvang van de schade)



### VEREENVOUDIGDE CASE - COMPARTIMENTERING EN SPRINKLERBEVEILIGING VOOR MIDDELGROOT MAGAZIJN (3)

#### Scenario I : brand onderdrukt door sprinklers

Burgergekwetsten vermindert met 57%;  
 Burgerslachtoffers (nagenoeg) nul;  
 Brandweer fireground slachtoffers en gekwetsten (nagenoeg) nul;  
 Materiële schade op basis van statistieken.

#### Scenario II : brand niet onderdrukt door sprinklers, wel onderdrukt door brandweer

Slachtoffers en gekwetsten op basis van statistieken;  
 Materiële schade op basis van statistieken.

#### Scenario III : Geen onderdrukking

Slachtoffers en gekwetsten op basis van statistieken;  
 Materiële schade bepaald door de grootte van het compartiment.

Let op: de compartimentering functioneert perfect  
 → bovengrens voor evaluatie kostenefficiëntie

#### Evaluatie brandschade

Parameter	Value	Reference
Brandfrequentie (gemelde branden)	0.00156 per year	(Manes and Rush, 2019)
Kans op succesvolle brandbestrijding door sprinklers	0.95	(Vassart et al., 2014)
Kans op succesvolle brandbestrijding door de brandweer	0.10 (remote location) 0.95 (well-connected location)	Remote location as demonstration value; 0.95 based on (Vassart et al., 2014)
Burgerslachtoffers	1.5 per 1,000 reported fires	(NFPA, 2022)
Burgergekwetsten	1.3 per 100 reported fires	(NFPA, 2022)
Brandweer fireground slachtoffers	2.8 per 100,000 reported fires	(Fahy and Petrillo, 2021)
Brandweer response slachtoffers	2.5 per 100,000 reported fires	(Fahy and Petrillo, 2021)
Brandweer fireground gekwetsten	1.62 per 100 reported fires	(Campbell and Everts, 2021)
Brandweer response gekwetsten	0.37 per 100 reported fires	(Campbell and Everts, 2021)
Gemiddeld schadegebied zonder sprinklerblussing, maar met succesvolle brandweerbestrijding	41.30 m <sup>2</sup>	(Manes and Rush, 2019)
Gemiddeld schadegebied met sprinkleronderdrukking	22.59 m <sup>2</sup>	(Manes and Rush, 2019)
Gemiddeld schadegebied in situaties zonder succesvolle brandbestrijding	Volledig compartiment	Modelling assumption
Factor voor schade inboedel	2.0*	(FEMA, 2015)
Factor indirecte schade	1.65*	(Ramachandran and Hall, 2002)

\* waarde inboedel = waarde gebouw; indirecte schade = 65% waarde gebouw



### VEREENVOUDIGDE CASE - COMPARTIMENTERING EN SPRINKLERBEVEILIGING VOOR MIDDELGROOT MAGAZIJN (4)

#### PNV en BCR evaluatie

Ontwerp alternatief	NPV [USD]	BCR	Conclusie
Alternatief a: Alleen sprinklerinstallatie	55,463	1.06	Investing is kostenefficiënt
Alternatief b: Alleen compartimentering			Investering is kostenefficiënt  6 compartimenten (geen sprinklerinstallatie) als optimale oplossing
- 2 compartimenten	487,035	8.73	
- 3 compartimenten	607,380	5.82	
- 4 compartimenten	657,052	4.91	
- 6 compartimenten	685,725	3.97	
- 8 compartimenten	668,561	3.27	
Alternatief c: Sprinklerinstallatie en compartimentering			Investering alleen kostenefficiënt voor 2 compartimenten en sprinklerbescherming; niet voor situaties met sprinkler en een groter aantal compartimenten
- 2 compartimenten	19,964	1.02	
- 3 compartimenten	-33,868	0.97	
- 4 compartimenten	-71,285	0.94	
- 6 compartimenten	-129,701	0.89	
- 8 compartimenten	-190,409	0.85	

Afgelegen locatie: kans op succesvolle brandbestrijding door de brandweer is slechts 0,10.

## Key takeaways

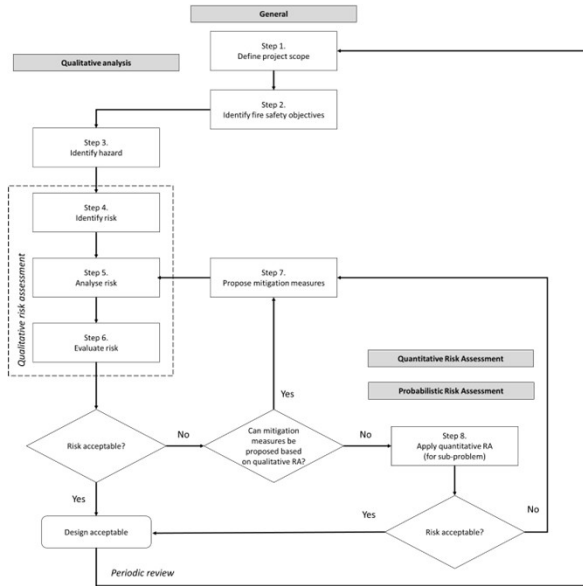
1. *Risico-aanvaarding = aanvaarden van het volledige risico-profiel.*
2. *Referentie-kader voor risico-aanvaarding.*  
*Elk ontwerp moet je binnen dit kader kunnen verantwoorden.*  
*De kern is een kosten-batenanalyse. Prescriptieve regels zijn een "shortcut".*
3. *Opgepast voor de valkuilen van gelijkwaardigheid.*

 <https://www.linkedin.com/company/sfe-ugent/>



### RISICO-ANALYSE BINNEN HET ONTWERP

Positie van kwalitatieve en kwantitatieve risico-analyse in het geheel



#### Kwalitatief vs. Kwantitatief

Onderscheid tussen subjectieve inschatting en berekende kwantificering

Bijzonder breed spectrum per categorie

Kwantitatief is niet "beter" dan kwalitatief.

Vaak is een kwalitatieve analyse voldoende; kan impliciet zijn.

Kwantitatieve analyse om probleemsituaties verder te onderzoeken.

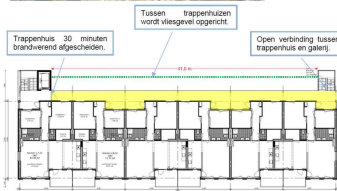


### EQUIVALENTIE / GELIJKWAARDIGHEID

Voorbeeld valkuil 1

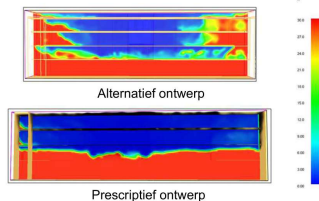
#### GELIJKWAARDIG = BRANDVEILIG ??

Renovatieproject Nederland



FBDB 2014-2015 Project report 'niet besloten galerij Heerlen'

Vergelijking visibiliteit gaanderij bij appartementsbrand



➡ Conclusie gelijkwaardigheid ?

➡ Brandveilig ?

#### Valkuil 1

**Prescriptieve richtlijnen komen niet noodzakelijkerwijs overeen met optimale veiligheidsniveaus**



### VALKUILEN BIJ GELIJKWAARDIGHEID

Voorbeeld valkuil 2

Purpose group of building	Minimum periods of fire resistance (minutes) in a:					
	Basement storey <sup>#</sup> including floor over		Ground or upper storey			
	Depth (m) of a lowest basement		Height (m) of top floor above ground, in a building or separated part of a building			
	More than 10	Not more than 10	Not more than 5	Not more than 18	Not more than 30	More than 30
1. Residential:						
a. Block of flats						
- not sprinklered	90	60	30*	60**†	90**	Not permitted
- sprinklered	90	60	30*	60**†	90**	120**
b. Institutional	90	60	30*	60	90	120#
c. Other residential	90	60	30*	60	90	120#
2. Office:						
- not sprinklered	90	60	30*	60	90	Not permitted
- sprinklered <sup>#</sup>	60	60	30*	30*	60	120#
3. Shop and commercial:						
- not sprinklered	90	60	60	60	90	Not permitted
- sprinklered <sup>#</sup>	60	60	30*	60	60	120#
4. Assembly and recreation:						
- not sprinklered	90	60	60	60	90	Not permitted
- sprinklered <sup>#</sup>	60	60	30*	60	60	120#
5. Industrial:						
- not sprinklered	120	90	60	90	120	Not permitted
- sprinklered <sup>#</sup>	90	60	30*	60	90	120#
6. Storage and other non-residential:						
a. any building or part not described elsewhere:						
- not sprinklered	120	90	60	90	120	Not permitted
- sprinklered <sup>#</sup>	90	60	30*	60	90	120#
b. car park for light vehicles:						
i. open sided car park <sup>#</sup>	Not applicable	Not applicable	15* <sup>†</sup>	15* <sup>†</sup>	15* <sup>†</sup>	60
ii. any other car park	90	60	30*	60	90	120#

Een constructie heeft onvoldoende nominale brandweerstand.

Mitigerende maatregelen om wamtebloomstelling bij brand te verminderen.

- ➔ kans op falen bij brand niet hoger dan prescriptief ontwerp (even veilig).
- ➔ Hoe veilig is een prescriptief ontwerp?

Prescriptief ontwerp laat alternatieven toe.

- Referentie A voorziet 90 min brandweerstand zonder sprinklers;
- Referentie B voorziet 60 min brandweerstand met sprinklers.

Evaluatie gelijkwaardigheid op basis van kans op falen eenvoudig opgelegde betonnen vloer bij equivalente ISO branduur kantoorgebouw (60 min).

$$P_{f,fi,R90} \approx 1.3 \cdot 10^{-5} \quad P_{f,fi,R60} \approx 2.3 \cdot 10^{-2} \quad P_{f,sprinkler} \approx 0.05$$

$$P_{f,fi,R90} \approx 1.3 \cdot 10^{-5} \ll 1.1 \cdot 10^{-3} \approx P_{f,sprinkler} \cdot P_{f,fi,R60}$$

Ref A heeft een kans op falen bij brand die 100x kleiner is dan optie B !!!

#### Valkuil 2

Gelijkwaardigheid hangt af van het referentie-ontwerp



### EQUIVALENTIE / GELIJKWAARDIGHEID

Voorbeeld valkuil 3

#### AFWIJKINGEN VAN PRESCRIPTIEF ONTWERP

**ALTERNATIEF**

**Verantwoording BVS**  
 Performance even goed of beter dan bij toepassing prescriptieve regels

**Veiligheidsmechanisme**  
 Learning from disasters  
 + berekeningen performantie bij brand

(dieperke) Afwijking van prescriptieve regels  
 \*Alternative fire engineering solutions are applied in instances where, for common buildings, deviations from the prescriptive guidance are required because of project specific constraints.  
 An alternative solution may (qualitatively) assess the increased fire risk resulting from the deviations and seek to offset this increased risk by implementing one or more alternative fire safety features (e.g. sprinklers) or the improved performance in an existing safety feature (e.g. fire increased fire resistance of protected escape routes).

Verantwoording brandveiligheidsstrategie – B. Performantie-gericht ontwerp – B. Fire Safety Engineering



NL commissie gelijkwaardigheid zou hier waarschijnlijk niet mee akkoord gaan.

Sprinklers reeds vereist binnen prescriptief ontwerp hoogbouw.

Laagbouw toegepast als referentie-ontwerp.

#### Valkuil 3

Prescriptieve regels toegepast buiten hun toepassingsgebied geven geen geldig referentie-ontwerp

Zie sessie 1 : "Brandveiligheidsstrategie, en performantie-gericht ontwerp"



Conclusie gelijkwaardigheid ?



I. Inleiding – II. Concepten – III. Kader – IV. Tools risico-analyse – V. Kosten-batenanalyse – VI. Valkuilen gelijkwaardigheid



### EQUIVALENTIE / GELIJKWAARDIGHEID

Voorbeeld valkuil 4

	<b>Buur b1</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.1 \cdot F(A) \cdot P_1$	
<b>Buur b4</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.1 \cdot F(A) \cdot P_1$	<b>NEN 6079 compartiment</b> Ontwerpsituatie A $F_{os,A}(A) = F(A) \cdot P_1 \cdot P_{2,A} = 0.1 \cdot F(A) \cdot P_1$	<b>Buur b2</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.1 \cdot F(A) \cdot P_1$
	<b>Buur b3</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.1 \cdot F(A) \cdot P_1$	
	<b>Buur b1</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.026 \cdot F(A) \cdot P_1$	
<b>Buur b4</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.026 \cdot F(A) \cdot P_1$	<b>NEN 6079 compartiment</b> Ontwerpsituatie B $F_{os,B}(A) = F(A) \cdot P_1 \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^4 (1 - P_{3,i})\right) = 0.1 \cdot F(A) \cdot P_1$	<b>Buur b2</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.026 \cdot F(A) \cdot P_1$
	<b>Buur b3</b> Frequentie branduitbreiding uit NEN 6079 compartiment: $0.026 \cdot F(A) \cdot P_1$	



NEN 6079 stelt een gelijkwaardigheidsconcept voorop voor branduitbreiding naar een naastgelegen compartiment. Hierbij wordt gekeken naar de “overschrijdingsfrequentie” == de **verwachte frequente per jaar waarin zich in het NEN 6079-compartiment een brand voordoet die zich uitbreidt naar een buurcompartiment.**

$$F_{os}(A) = F(A) \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^4 (1 - P_{3,i} \cdot P_{4,i})\right)$$

Stel: optie A : sprinklersysteem met 10% faalkans; optie B : compartimentering, met faalkans zodanig dat er exact gelijkwaardigheid is volgens NEN 6079.

→ De buurcompartimenten zijn dan 4x veiliger bij toepassing van compartimentering dan bij toepassing sprinklersysteem.

#### Valkuil 4 Asymmetrisch effect