

Distancing, Densiteit en Flow in de anderhalvemetersamenleving, een beknopte geïllustreerde gids

(Working Paper v1.2)

Bert Bruyninckx

Pg Dip. Crowd Safety & Risk Analysis

bert.bruyninckx@360-solutions.eu

[linkedin.com/in/bertbruyninckx](https://www.linkedin.com/in/bertbruyninckx)

+32 492 93 42 58

22/12/2020

Inhoudstafel

1	INTRO.....	5
2	BASISGEGEVENS.....	6
3	DENSITEIT: DE INDIVIDUELE BENADERING	7
3.1	DE 'NEUZEN' METHODE.....	7
3.1.1	<i>Statische zones</i>	7
3.1.2	<i>Dynamische zones</i>	11
3.2	DE 'NO TOUCH' OF LICHAAMSPROJECTIE METHODE	14
3.2.1	<i>Statische zones</i>	14
3.2.2	<i>Dynamische zones</i>	15
4	DENSITEIT: DE CLUSTER BENADERING	17
4.1	ALGEMEEN	17
4.2	PRINCIPE.....	17
4.3	DE 'NEUZEN' METHODE	17
4.3.1	<i>Statische zones</i>	18
4.3.2	<i>Dynamische Zones</i>	20
4.4	DE 'NO TOUCH' METHODE	22
4.4.1	<i>Statische Zones</i>	22
4.4.2	<i>Dynamische zones</i>	23
5	DENSITEIT: SAMENVATTING.....	24
6	COMBINATIE MET ANDERE MAATREGELEN	25
7	DOORSTROOMCAPACITEIT VAN EEN 'HIGH STREET' – INDIVIDUELE BENADERING.....	25
8	REFERENTIES.....	27

Lijst met tabellen

TABEL 1: PAM EN DENSITY BIJ INDIVIDUELE BENADERING VAN DE STATISCHE ZONE MET DE 'NEUZEN' METHODE	10
TABEL 2: 'NEUZEN' MINIMALE BENODIGDE RUIMTE IN DYNAMISCHE ZONE BIJ 1.5M DISTANCING	13
TABEL 3: 'NO TOUCH' MINIMALE BENODIGDE RUIMTE IN DYNAMISCHE ZONE BIJ 1.5M DISTANCING	16
TABEL 4: CAM BIJ CIRKEL, ZESHOEK EN VIERKANT BENADERING	19
TABEL 5: BEREKENING CAM DYNAMISCHE ZONE	21
TABEL 6: CAM BIJ CIRKEL, ZESHOEK EN VIERKANT BENADERING IN DYNAMISCHE ZONES	21
TABEL 7: CAM BIJ CIRKEL, ZESHOEK EN VIERKANT BENADERING BIJ DE 'NO TOUCH' METHODE	22
TABEL 8: BEREKENING CAM DYNAMISCHE ZONE BIJ 'NO TOUCH' METHODE	24
TABEL 9: CAM BIJ CIRKEL, ZESHOEK EN VIERKANT BENADERING BIJ DE 'NO TOUCH' METHODE	24
TABEL 10: SAMENVATTING METHODEN EN WAARDEN	24
TABEL 11: DOORSTROOMCAPACITEIT - INDIVIDUELE BENADERING	25

Lijst met figuren

FIGUUR 1: METHODEN VAN BENADERING VOOR HET BEREKENEN VAN DE NODIGE RUIMTE EN DENSITEIT.....	6
FIGUUR 2: STAAND 0.50 x 0.30 METER.....	6
FIGUUR 3: STAAND DRAAICIRKEL.....	6
FIGUUR 4: REPRESENTATIE STAAND.....	6
FIGUUR 5: ZITTEND 0.50 x 0.30 METER.....	7
FIGUUR 6: ZITTEND DRAAICIRKEL.....	7
FIGUUR 7: REPRESENTATIE ZITTEND.....	7
FIGUUR 8: NIET GEBRUIKTE RUIMTE TUSSEN INDIVIDUEN BIJ CIRKEL BENADERING.....	8
FIGUUR 9: BENADERING MET VIERKANTEN IN EEN DAMBORDPATROON.....	8
FIGUUR 10: GESCHRAAGDE DRIEHOEKSTAPELING.....	9
FIGUUR 11: GESCHRAAGDE DRIEHOEKSTAPELING MET OMGESCHREVEN ZESHOEK EN VORONOI-BETEGELING.....	9
FIGUUR 12: OMGESCHREVEN ZESHOEK.....	9
FIGUUR 13: METHODE 1 'NEUZEN' - PERSONAL AREA MODULE VOOR STATISCHE ZONES (STAAND/ZITTEND)	10
FIGUUR 14: METHODE 1 'NEUZEN' – SIDE-TO-SIDE AFSTAND GEZETEN PERSONEN (SEATS, TRIBUNE, THEATER)	11
FIGUUR 15: METHODE 1 'NEUZEN' - PERSONAL AREA MODULE VOOR DYNAMISCHE ZONES SGSA.....	11
FIGUUR 16: 'NEUZEN' METHODE - DYNAMISCH MET X-WAARDE (KLEINE WINKEL) EN D.....	13
FIGUUR 17: METHODE 2 'NO TOUCH' - PERSONAL AREA MODULE VOOR STATISCHE ZONES (STAAND/ZITTEND)	14
FIGUUR 18: METHODE 2 'NO TOUCH' - AFSTAND TUSSEN GEZETEN PERSONEN (SEATS, TRIBUNE, THEATER)..	15
FIGUUR 19: METHODE 2 'NO TOUCH' - PERSONAL AREA MODULE VOOR DYNAMISCHE ZONES SGSA.....	15
FIGUUR 20: NO TOUCH METHODE - DYNAMISCH IPM.....	16
FIGUUR 21: CLUSTERCIRKEL MET STRAAL R EN OMGESCHREVEN VIERKANT MET ZIJDE 2R.....	18
FIGUUR 22: CLUSTER AREA MODULE MET STRAAL $R+1/2D$ EN OMGESCHREVEN VIERKANT MET ZIJDE $2R+D$	18
FIGUUR 23: CLUSTER AREA MODULE IN STATISCHE ZONES BIJ $R = 1.00M$ EN $D = 1.50M$	19
FIGUUR 24: CLUSTER AREA MODULE IN STATISCHE ZONE IN DRIEHOEKSTAPELING - $R = 1.00M$ EN $D = 1.50M$	19
FIGUUR 25: CLUSTER BENADERING OP TRIBUNE MET DE 'NEUZEN' METHODE – 2 LEGE STOELN.....	20
FIGUUR 26: BASIS VOOR BEREKENING CAM (CIRKEL).....	21
FIGUUR 27: CLUSTER AREA MODULE IN STATISCHE ZONES BIJ $R = 1.00M$ EN $D = 1.50M$ EN 'NO TOUCH' METHODE.....	22
FIGUUR 28: CLUSTER BENADERING OP TRIBUNE MET DE 'NO TOUCH' METHODE - 3 LEGE STOELN.....	23
FIGUUR 29: CLUSTER AREA MODULE IN DYNAMISCHE ZONES BIJ $R = 1.00M$ EN $D = 1.50M$ EN 'NO TOUCH' METHODE.....	23
FIGUUR 30: VOORBEELD VAN HIGH STREET MET CHANNELS.....	26

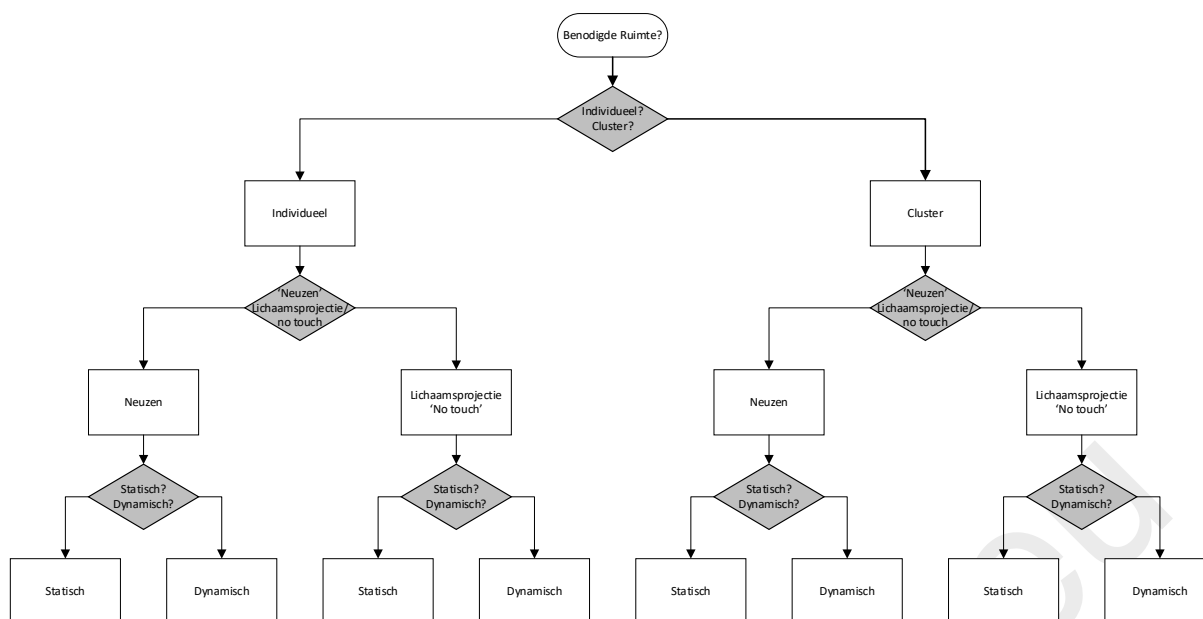
1 Inleiding

Afstand houden is één van de basispijlers van het hervatten van het openbare leven en het weer veilig organiseren van evenementen (FOD Binnenlandse Zaken, 2020a; Mumford et al., 2020). Het concept van physical distancing vertaalt zich cijfermatig verder in 'bezoekersdensiteit'. In functie van crowd safety wordt een onderscheid gemaakt te tussen statische en meer dynamische zones (Fruin, 1971; Still, 2000; Oberhagemann, 2012). Densiteit bepaalt immers zowel de capaciteit van een plaats als de doorstroomsnelheid van een doorgang of loopstroomroute. Hetzelfde geldt voor de benadering van physical distancing (Bruyninckx, 2020a; Mumford et al., 2020), een persoon in beweging heeft nu eenmaal meer ruimte nodig dan een statisch persoon (Fruin, 1971; Still, 2000). Dit is ook als dusdanig opgenomen in het Covid Event Risk Model (CERM) (Event Flanders et al., 2020; Flemish Government et al., 2020), de Code of Conduct (CoC) (ACC et al., 2020) en het Exitprotocol Eventsector (Belgian Event Industry, 2020) voor wat betreft de event sector in België.

De benodigde ruimte per persoon de Personal Area Module (PAM) (Fruin, 1987) of per cluster (CAM) en per type zone statisch of dynamisch, in functie van de 1.50 meter distancing (D), kan op twee verschillende manieren kan worden benadert en berekend (Bruyninckx, 2020a; SGSA, 2020), de 'neuzen' methode en de 'lichaamsprojectie' of 'no touch' methode.

Dit document is gebaseerd op een studie van internationale academische literatuur met betrekking tot crowd management, crowd dynamics en het gebruik van densiteit als middel om distancing te faciliteren. Er wordt een overzicht aangeboden van de verschillende manieren om densiteit en de bijhorende parameters te benaderen en te berekenen. Bijkomend wordt de doorstroomcapaciteit van een 'straat' onder physical distancing nader bekeken.

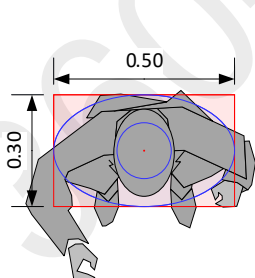
Aanvullend wordt een voorstel tot benadering van densiteit op basis van clusters gemaakt. Densiteit en de veilige en gangbare waarden in functie van crowd safety en het goede verloop werden in het verleden en onder 'normale' omstandigheden telkens benadert vanuit het individu. In de context van physical distancing kan het echter zinvol zijn om dit te benaderen vanuit een cluster personen die geen afstand hoeven te houden, de nauwe contacten of het huishouden (FOD Binnenlandse Zaken, 2020b).



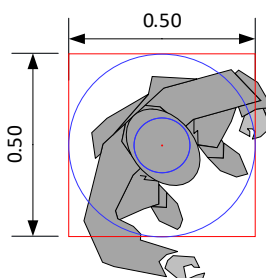
Figuur 1: Methoden van benadering voor het berekenen van de nodige ruimte en densiteit

2 Basisgegevens

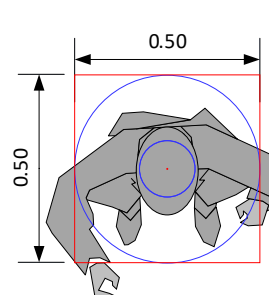
We gaan in het hele document uit van de in België geldende distancing norm van 1.50 meter (FOD Binnenlandse Zaken, 2020a). In de redenering en berekening waar rekening wordt gehouden met de lichaamsprojectie wordt in de berekeningen uitgegaan van een rechthoekige lichaamsprojectie (Dridi, 2015) van 0.50 meter bij 0.30 meter, overeenkomstig de bevindingen van Weidmann (1993) en het gemiddelde gehanteerd door Prof. Still (2000). Dit is een overschatting op de gemiddelde Belgische waarden, doch iets minder dan het 95^e percentiel uit hetzelfde onderzoek van Motmans (2005). De visuals geven eveneens de corresponderende 'Body Ellipse' (Fruin, 1987; Weidmann, 1993) weer. De figuren hieronder geven een beeld van de lichaamsprojectie van een staand persoon.



Figuur 2: Staand 0.50 x 0.30 meter

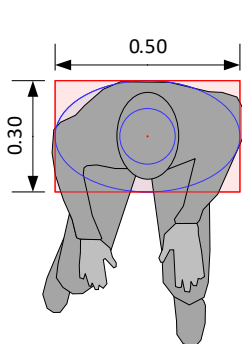


Figuur 3: Staand draaicirkel

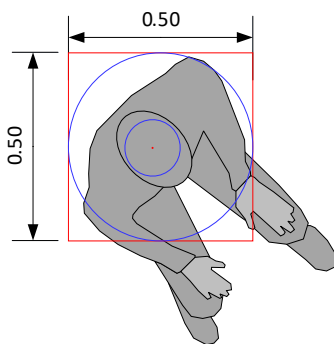


Figuur 4: Representatie Staand

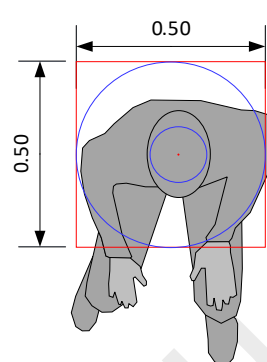
Dezelfde afmetingen kunnen worden behouden voor een zittend persoon (SGSA, 2020) zoals weergegeven in de figuren hier onder.



Figuur 5: zittend 0.50 x 0.30 meter



Figuur 6: zittend draaicirkel



Figuur 7: Representatie zittend

3 Densiteit: de individuele benadering

Bij de individuele benadering worden alle bezoekers individueel beschouwt en de distancing norm wordt toegepast op elk individu.

3.1 De 'neuzen' methode

Deze eerste methode baseert zich op de afstand van het centerpoint van het ene lichaam tot het centerpoint van het andere lichaam. Er wordt gemeten zeg maar van neus tot neus (Bruyninckx, 2020b; Mumford et al., 2020; SGSA, 2020). Merk op dat voor volwassenen op deze afstand fysieke aanraking nog mogelijk is. Ondanks het feit dat de effectieve door het lichaam ingenomen ruimte bij staande of dynamische personen (0.6 m) iets groter is ten opzichte van gezeten personen (0.50) maakt de Britse Sportsground Safety Authority (SGSA) binnen de 'neuzen' methode hierin geen onderscheid.

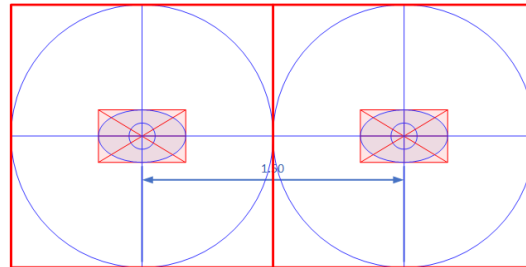
Mumford et al. (2020) bepalen in hun studie, opgesteld in de schoot van het Institute of Place Management, verbonden aan Manchester Metropolitan University, de minimale afstand nodig om physical distancing te kunnen waarmaken in dynamische zones in functie van D. Binnen deze studie gaat men uit van de 'neuzen' methode.

Bij de visualisatie bevindt het midden van de PAM zich centraal op het hoofd van ieder individu en wordt deze weergegeven met een cirkel, vierkant of hexagoon waarvan de ingeschreven cirkel een straal heeft met de lengte van de distancing waarde D.

3.1.1 Statische zones

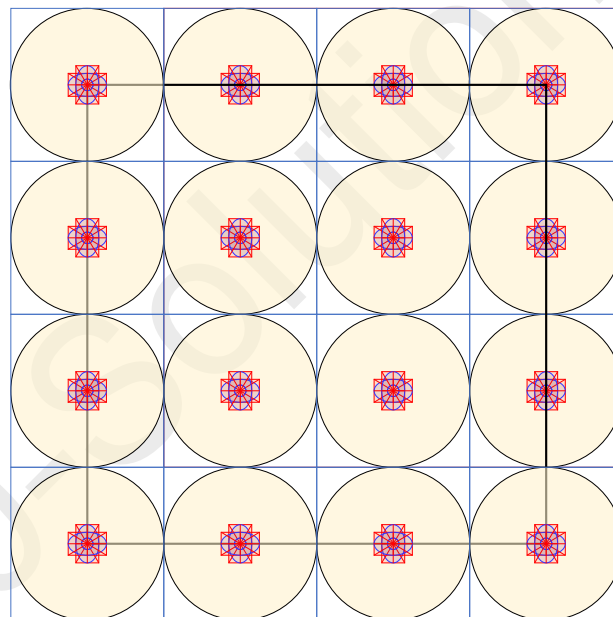
Voor wat betreft statische zones, zittend of staand, wordt per individu een zone afgebakend met als straal de helft van de distancing waarde. Wanneer we deze Personal Area Module als een cirkel beschouwen wordt niet alle ruimte van het vlak benut, de cirkels van verschillende individuen kunne niet dicht worden gestapeld. Anderzijds kan er opgemerkt worden dat

wanneer de PAM wordt weergegeven met het omschreven vierkant van de cirkel schijnbaar te veel oppervlakte wordt toegekend per persoon. Er zit een verschil van om en bij 20% tussen de oppervlakte van de vierkante PAM en de cirkel PAM. Dit als gevolg van de manier waarop de ruimte wordt gevuld en de individuen worden 'gestapeld'. Bij de cirkel benadering ontstaan tussen de cirkels leemtes die door geen enkele individu worden gebruikt.



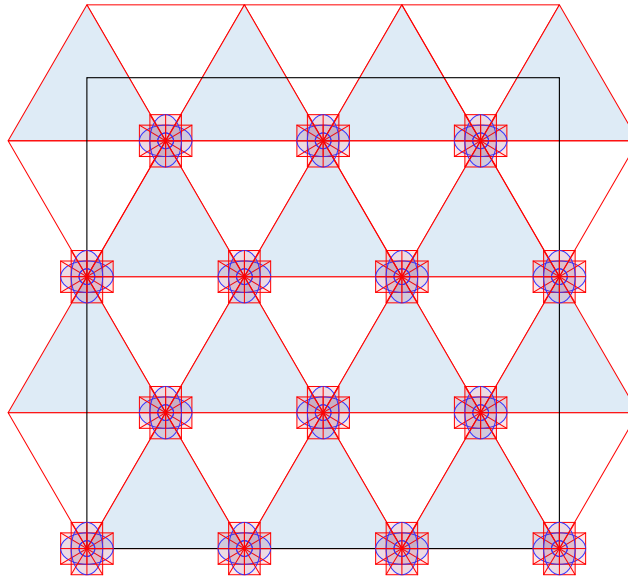
Figuur 8: Niet gebruikte ruimte tussen individuen bij cirkel benadering

Bij de benadering met de omschreven vierkanten in een dambord patroon is die ruimte er niet tussen de vierkanten maar beslaan de vierkanten meer oppervlakte ($\pm 20\%$) dan nodig om de afstand te garanderen.



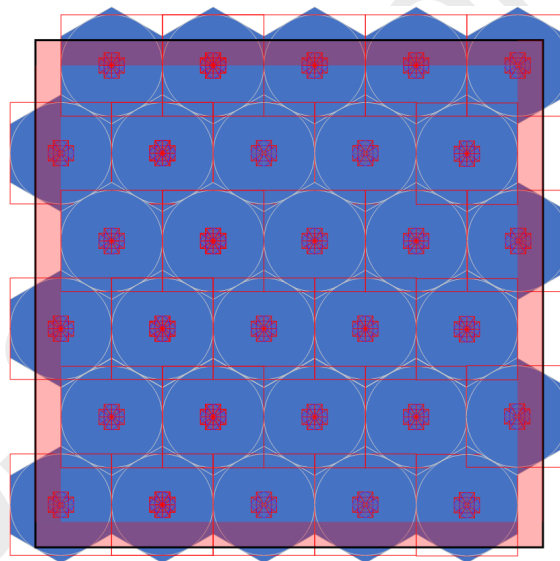
Figuur 9: Benadering met vierkanten in een dambordpatroon

Wanneer we de individuen zo efficiënt mogelijk willen 'stapelen' komen we uit bij een geschraagde driehoekstapeling zoals weergegeven in figuur 10.

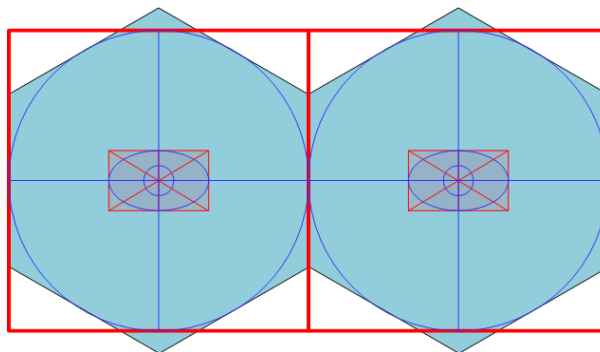


Figuur 10: Geschraagde driehoekstapeling

De meest correcte manier om de nodige ruimte per individu weer te geven is op basis van de omgeschreven zeshoek van de PAM cirkel, figuur 10/11, bepaald door de distancing norm D.



Figuur 11: Geschraagde driehoekstapeling met omgeschreven zeshoek en voronoi-betegeling



Figuur 12: Omgeschreven zeshoek

Wanneer we de Belgische distancing norm van 1.50 meter toepassen beslaat de nodige ruimte, de oppervlakte van de omgeschreven zeshoek:

$$A = \left(\frac{3\sqrt{3}}{2} \right) [(2 \tan 30)r]^2$$

Waarbij:

$$r = \frac{1}{2} \text{ Distancing Norm}$$

$$r = \frac{1}{2} \times 1.50m$$

$$r = 0.75m$$

Aldus:

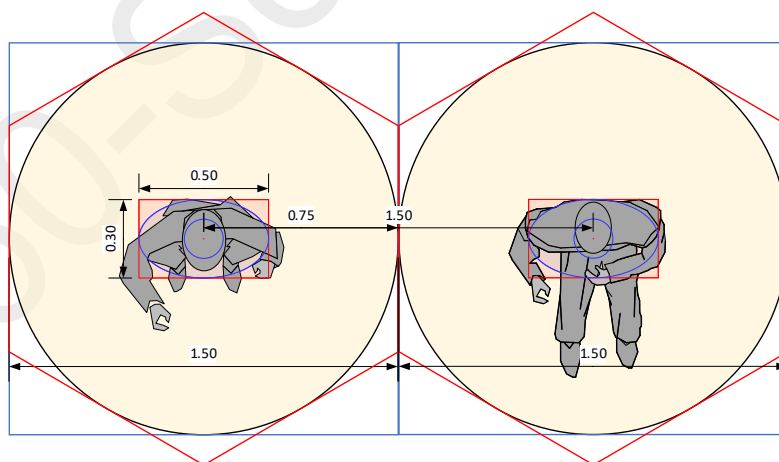
$$A = \left(\frac{3\sqrt{3}}{2} \right) [(2 \tan 30)0.75m]^2$$

$$A = 1.95 m^2$$

Wanneer we de verschillende benaderingen bekijken stellen we vast dat de zeshoek benadering, die de voronoi betegeling vormt, de ruimte 'helemaal' vult ondanks dat ze niet resulteert in het meeste ruimtegebruik per individu (Steinhaus, 1983). Tabel 1 vat de resultaten samen en figuur 13 illustreert de PAM. Voor wat betreft capaciteitsberekening is het aangewezen om de vierkantsbenadering te volgen (SGSA, 2020).

D = 1.50	PAM	Density
Cirkel	1.77	0.57
Vierkant	2.25	0.44
Zeshoek	1.95	0.51

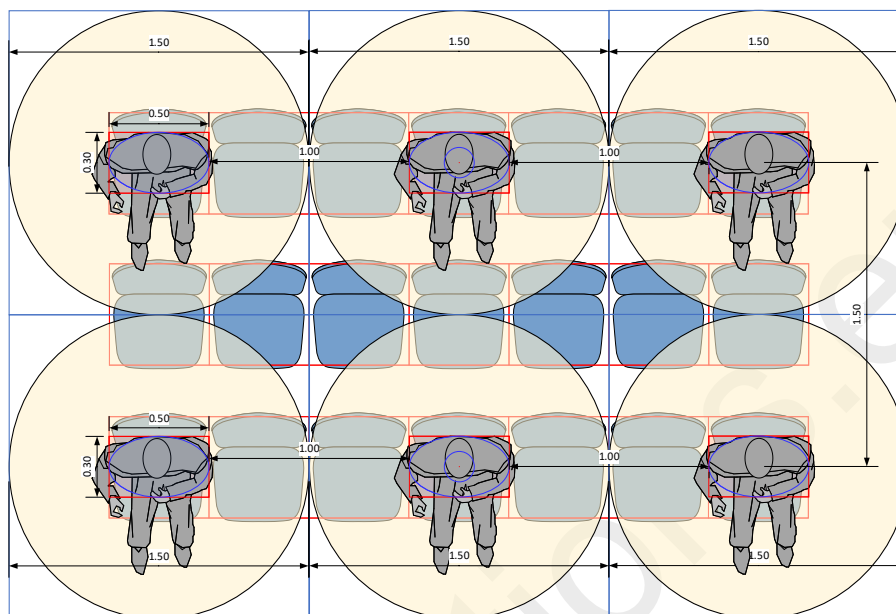
Tabel 1: PAM en Density bij individuele benadering van de statische zone met de 'neuzen' methode



Figuur 13: Methode 1 'neuzen' - Personal Area Module voor Statische zones (staand/zittend)

De verhouding van een cirkel ten opzichte van zijn omgeschreven vierkant en omgeschreven zeshoek zijn constanten (Mumford et al., 2020). De verhouding van een cirkel met radius r ten opzichte van het omgeschreven vierkant is 0.7854, ten opzichte van de omgeschreven zeshoek is de verhouding 0.9069.

Wanneer we de PAM 'projecteren' op een tribune of theateropstelling, zoals in figuur 14, brengt dit de side-to-side ruimte tussen twee gezeten personen op 1.00 m, ongeveer twee zitplaatsen (stoel, zitje, seat...). In geval van een dambordpatroon dienen de rijen ook 1.50 m van elkaar gescheiden te zijn, gemeten van het midden van de stoel op de ene rij tot aan het midden van de stoel op de volgende rij.



Figuur 14: Methode 1 'neuzen' – side-to-side afstand gezeten personen (seats, tribune, theater)

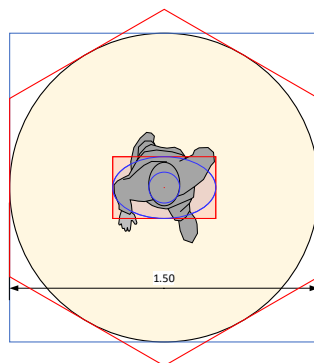
3.1.2 Dynamische zones

3.1.2.1 SGSA

Voor wat betreft de dynamische zones houdt de SGSA dezelfde waarden aan als bij de statische zones weergegeven in figuur 15.

D = 1.50	PAM	Density
Cirkel	1.77	0.57
Vierkant	2.25	0.44
Zeshoek	1.95	0.51

Tabel 2: PAM en Density bij individuele benadering van de dynamische zone met de 'neuzen' methode



Figuur 15: Methode 1 'neuzen' - Personal Area Module voor Dynamische zones SGSA

3.1.2.2 *Institute of Place Management*

Mumford et al. (2020) benaderen de dynamische zones met het idee dat de dynamiek en beweging maken dat meer ruimte per persoon vereist is. Niet enkel omdat een lichaam in beweging meer fysieke ruimte nodig heeft maar ook omdat een persoon in beweging ten opzichte van andere personen in beweging (of statisch) ruimte nodig heeft om te manoeuvreren, starten en stoppen. Wanneer 100 personen ieder op 2.25 m² worden opgesteld volgens een dambordpatroon is beweging met in acht name van de distancing regel enkel mogelijk wanneer alle individuen synchroon in dezelfde richting stappen.

Onderstaande vergelijking (methode) wordt voorgesteld om de minimale vereiste ruimte per persoon te bepalen voor wat betreft dynamische zones.

$$\text{Required space} = \frac{\pi(x + 1)^2}{0.9069} \text{ m}^2 \text{ met } x = \text{walkingspeed} * \text{stoptime}$$

Vergelijking 1: Formule Dynamische zones uit Mumford et al. (2020)

De vergelijking is gebaseerd op de oppervlakte berekening van een cirkel, in de teller van de breuk. Hier wordt een 'binnen cirkel' bepaald waarbinnen een individu kan bewegen. Deze 'binnen cirkel' heeft straal 'x'. De x-waarde is gebaseerd op loopsnelheid en stoptijd (zie Vergelijking 1). Bij de x-waarde wordt de helft van de distancing norm opgeteld om de straal van de buitencirkel te bekomen. In de UK, waar de methode ontwikkeld is bedraagt deze norm 2 meter, de helft 1 meter wordt aldus in de formule bij x opgeteld.

Mumford et al. (2020) berekenen de nodige ruimte binnen de UK context voor de drie situaties zoals hier onder weergegeven. De respectievelijke x-waarden zijn gebaseerd op onderzoek van Finnis en Walton (2008):

1. 'individual retailers' < 500 m², in wat ze noemen een 'typical high street', zeg maar 'kleine' winkel in een winkelstraat;
2. 'large retailers or managed commercial space' > 500 m², grotere winkels of shopping centra, en;
3. 'public urban space', publieke openbare ruimte, de winkelstraat.

De noemer van Vergelijking 1 'compenseert' de inefficiëntie van de cirkel stapeling (Mumford et al., 2020). De verhouding van een cirkel met radius r ten opzichte van het omgeschreven vierkant is 0.7854, ten opzichte van de omgeschreven zeshoek is de verhouding 0.9069.

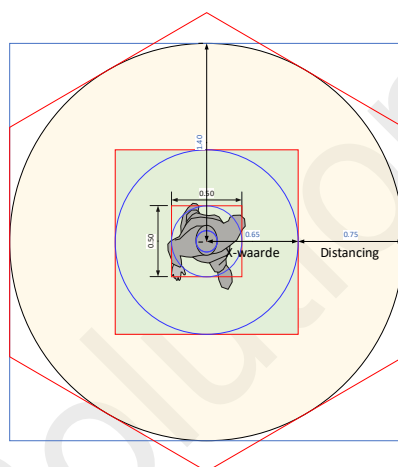
In de benadering in dit document wordt voor de volledigheid telkens de berekening voor zowel de cirkel, het omgeschreven vierkant en de omgeschreven zeshoek meegegeven. Bij de cirkelbenadering wordt aldus geen gebruik gemaakt van de 'noemer' uit Vergelijking 1. Wat neerkomt op een berekening volgens Vergelijking 2, hierin is ook meteen de Belgische distancing waarde van 1.5m vervat.

$$\text{Required circle space} = \pi(x + 0.75\text{m})^2 \text{ met } x = \text{walkingspeed} * \text{stoptime}$$

Vergelijking 2: Required circle space in dynamische zone, gebaseerd op de cirkel benadering, adaptatie van Vergelijking 1, bij $D = 1.50\text{m}$

De literatuur voorziet niet in loopsnelheden op evenementen of event omstandigheden, nodig om de x-waarde te bepalen. Echter kunnen we stellen dat loopsnelheden op een beurs of evenement vergelijkbaar zijn met die in een kleinere winkel waar men rondkijkt en een hoge(re) interactie heeft met z'n omgeving, zoals in een high street store (Mumford et al., 2020). Bijgevolg kunnen we de minimale benodigde ruimte om distancing te faciliteren op een beurs en event vergelijken met die in een 'individual store' in een high street.

Wanneer we deze methode toepassen en Vergelijking 2 gebruiken met de Belgische 1.5 meter distancing norm komen we op de minimale nodige oppervlakte waarden zoals weergegeven in Tabel 2 en geïllustreerd in figuur 16.



Figuur 16: 'Neuzen' methode - dynamisch met x-waarde (kleine winkel) en D

Situatie	x value	Cirkel		Vierkant		Zeshoek	
		PAM m ² /p	Density p/m ²	PAM m ² /p	Density p/m ²	PAM m ² /p	Density p/m ²
Winkel klein	0.650	6.16	0.16	7.84	0.13	6.79	0.15
Winkel groot	0.730	6.88	0.15	8.76	0.11	7.59	0.13
Openbare Plaats	0.785	7.40	0.14	9.42	0.11	8.16	0.12

Tabel 3: 'Neuzen' Minimale benodigde ruimte in dynamische zone bij 1.5m distancing

3.2 De 'no touch' of lichaamsprojectie methode

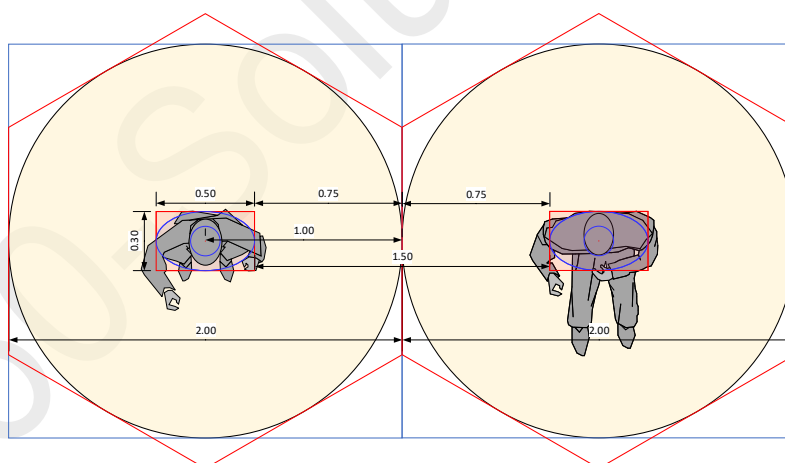
Bij deze methode wordt de geprojecteerde lichaamsoppervlakte (buiken) van 0.30 m bij 0.50 m (Weidmann, 1993; Still, 2000) in acht genomen (Bruyninckx, 2020a). De distancing afstand wordt toegevoegd aan de afstanden van de lichaamsprojectie. Er wordt gemeten zeg maar van buik tot buik (Bruyninckx, 2020b, 2020a), in tegenstelling tot de eerste methode is bij deze no-touch methode aanraking tussen personen niet mogelijk. De SGSA maakt binnen deze methode wel een onderscheid tussen statische en dynamische zones.

Mumford et al. (2020) benaderen density niet via deze methode, we kunnen de eerder aangehaalde formule (Vergelijking 2) evenwel integreren in deze methode.

Bij de visualisatie bevindt het midden van de PAM zich centraal op het hoofd van ieder individu en wordt deze weergegeven met een cirkel, vierkant of hexagoon waarvan de ingeschreven cirkel een straal heeft met de lengte van de distancing waarde D vermeerderd met de aangenomen schouderbreedte van 0.50 meter. Let wel bij de dynamische zone houdt de SGSA rekening met 0.60 m.

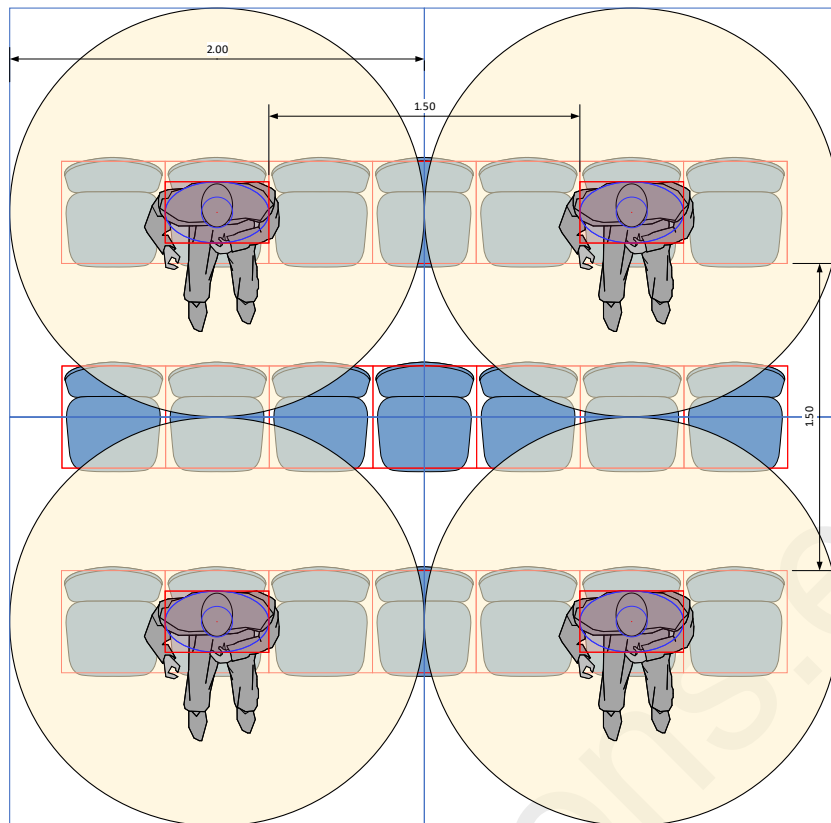
3.2.1 Statische zones

Het toepassen van de lichaamsprojectie methode voor wat betreft statische zones, zittend of staand, resulteert in een PAM van 4.00 m² (vierkant), 3.14 m² (cirkel) en 3.46 m² (hexagoon) zoals weergegeven in figuur 17.



Figuur 17: Methode 2 'no touch' - Personal Area Module voor Statische zones (staand/zittend)

De side-to-side ruimte tussen twee gezeten personen komt hiermee op 1.50 m, ongeveer drie zitplaatsen (stoel, zitje, seat...), zie figuur 11. In geval van een dambordpatroon dienen de rijen ook 1.50 m van elkaar gescheiden te zijn, gemeten van de voorkant van de seat op de ene rij tot de achterkant van de seat op de volgende rij. De figuur toont ook het verschil tussen de cirkel benadering en de vierkantsbenadering voor de PAM en densiteit, voor wat betreft capaciteitsberekening is het aangewezen om de vierkantsbenadering (4,00 m²/p) te volgen (SGSA, 2020).

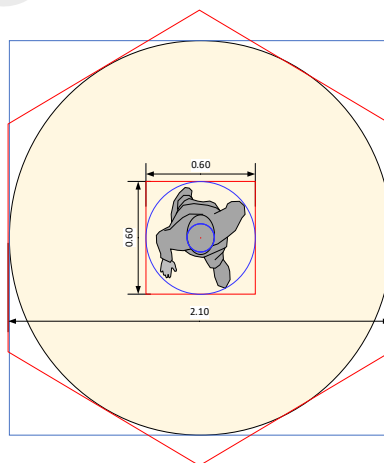


Figuur 18: Methode 2 'no touch' - afstand tussen gezeten personen (seats, tribune, theater)

3.2.2 Dynamische zones

3.2.2.1 SGSA

Voor wat betreft de dynamische zones houdt de SGSA rekening met een lichaamsprojectie met een breedte van 0.60 m. Rekening houdend met de Belgische 1.50 m distancing regel resulteert dit voor de statische zones in een PAM van 4.41 m² (vierkant), 3.46 m² (cirkel) en 3.82 m² (hexagoon) zoals weergegeven in figuur 19.



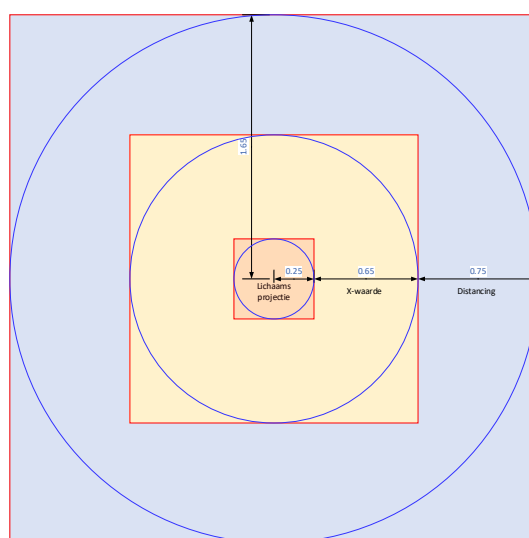
Figuur 19: Methode 2 'no touch' - Personal Area Module voor Dynamische zones SGSA

3.2.2.2 Institute of Place Management

Wanneer we de eerder aangehaalde formule (Vergelijking 2) van Mumford et al. (2020) in deze methode integreren dient de straal die de uiteindelijke PAM zal bepalen samengesteld te zijn uit de x-waarde, de halve D waarde ($1/2 \cdot 1.50\text{m}$) en de helft van de lichaamsbreedte ($1/2 \cdot 0.50\text{m}$). Deze som vormt de gehele straal.

$$\text{Required circle space} = \pi(x + 0.75\text{m} + 0.25\text{m})^2 \text{ met } x = \text{walkingspeed} * \text{stoptime}$$

Vergelijking 3: Required circle space in dynamische zone bij de lichaamsprojectie methode, gebaseerd op de cirkel benadering, adaptatie van Vergelijking 1, bij $D = 1.50\text{m}$



Figuur 20: No Touch methode - dynamisch IPM

Wanneer we deze methode toepassen en Vergelijking 3 gebruiken met de Belgische 1.5 meter distancing norm komen we op de minimale nodige oppervlakte waarden zoals weergegeven in Tabel 3.

Situatie	x value	Cirkel		Vierkant		Zeshoek	
		PAM m^2/p	Density p/m^2	PAM m^2/p	Density p/m^2	PAM m^2/p	Density p/m^2
Winkel klein	0.650	8.55	0.12	10.89	0.09	9.43	0.11
Winkel groot	0.730	9.40	0.11	11.97	0.08	10.37	0.10
Openbare Plaats	0.785	10.01	0.10	12.74	0.08	11.04	0.09

Tabel 4: 'No touch' Minimale benodigde ruimte in dynamische zone bij 1.5m distancing

Zoals eerder aangehaald bij de 'neuzen' methode stellen we een eventuele situatie gelijk met een kleine winkel, dit brengt, voor wat België betreft met een physical distancing van 1.50 meter, de PAM op $6.16 \text{ m}^2/\text{p}$ (cirkel), $7.84 \text{ m}^2/\text{p}$ (vierkant), $6.79 \text{ m}^2/\text{p}$ (zeshoek).

4 Densiteit: de cluster benadering

4.1 Algemeen

De cluster benadering bestaat erin dat wordt uitgegaan van het samenhouden van de clusters bezoekers en de physical distance norm tussen de clusters wordt gewaarborgd. In sommige gevallen, zoals op tribunes, bij een event met theater opstelling of andere gezeten evenementen worden bezoekers per cluster van nauwe contacten vaak samen gehouden. Tussen deze personen hoeft de distancing niet gehandhaafd te worden, het is ook onwaarschijnlijk dat deze personen 1.50 meter van mekaar zullen lopen. Om de ruimte optimaal te gebruiken lijkt het zinvol om een benadering te volgen waarbij clusters aldus worden samengehouden en de physical distance tussen de verschillende clusters wordt gewaarborgd.

4.2 Principe

Wanneer we uitgaan van de clusterbenadering moet in eerste instantie worden bepaald hoe de individuen binnen de cluster zich tot elkaar verhouden, het maakt immers een verschil of de individuen zich op een rechte bevinden dan wel 'random' op het vlak, ook de afstand tussen de leden van de cluster is een bepalende factor.

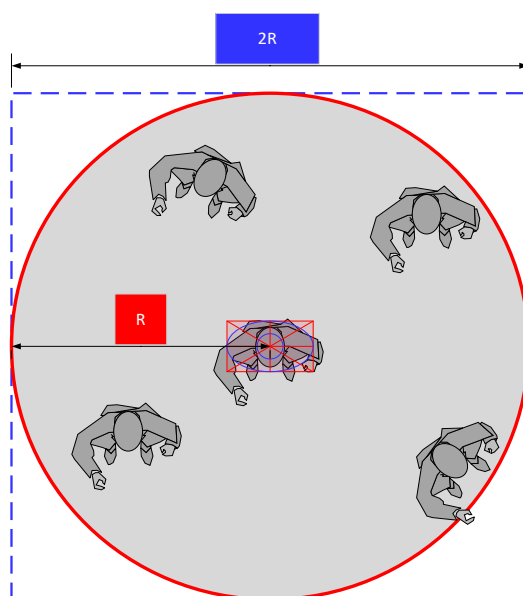
Deze benadering voegt aldus twee extra (ongekende) variabelen toe aan de vergelijking:

1. Het aantal personen per cluster;
2. De afstand tussen de leden van de cluster, de ruimte die de cluster op zich nodig heeft/krijgt in statische staande zones en dynamische zones. Bij een gezeten event zijn de stoelen en de opstelling ervan bepalend. Uiteraard is er een verband tussen deze variabele en het aantal personen per cluster.

Deze benadering brengt ons eveneens bij een theoretische visuele voorstelling van een cirkel waarbij een centraal individu het middelpunt vormt en de straal wordt bepaald door de afstand die de clusterleden maximaal mogen houden van het centrale individu, 'R'. Het staat de leden van de cluster vrij zich te bewegen binnen de clustercirkel, de maximale afstand tot het centrale individu wordt zo immers nooit overschreden. Er dient opgemerkt te worden dat een eventuele wijziging in de distancing norm geen invloed heeft op de R waarde vermits binnen de cluster deze distancing afstand niet moet gehouden worden.

4.3 De 'Neuzen' methode

Er wordt uitgegaan van de 'neuzen' methode en gemeten vanaf het centre point van het centrale individu.

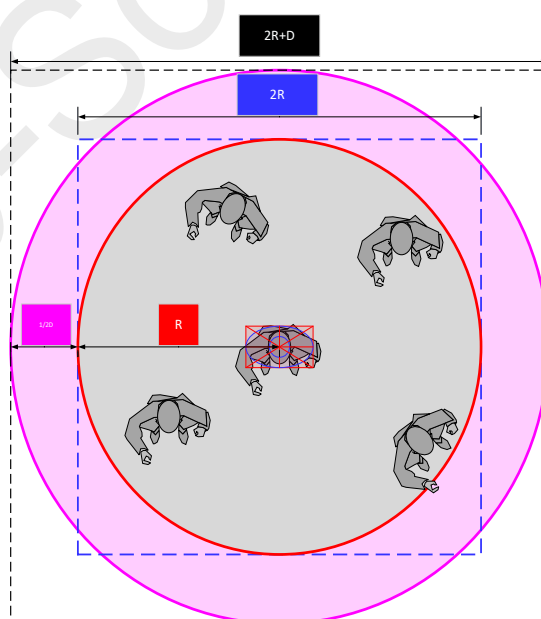


Figuur 21: Clustercirkel met straal R en omgeschreven vierkant met zijde $2R$

4.3.1 Statische zones

4.3.1.1 Staande personen

Wanneer we de clustercirkel (grijs in figuur 21), in een statische zone, beschouwen ten opzichte van andere clustercirkels stelt de physical distance norm in België dat een afstand van 1.50 meter moet gehandhaafd blijven. De nodige ruimte moet aldus met de helft van de distancing waarde, 360° rondom worden vermeerderd. In het geval van de clustercirkel komt dit neer op een Cluster Area Module (CAM), de paarse cirkel in Figuur 22, met een straal van $R+1/2D$. De omschreven vierkant heeft een zijde van $2R+2(1/2D)$ oftewel $2R+D$



Figuur 22: Cluster Area Module met straal $R+1/2D$ en omgeschreven vierkant met zijde $2R+D$

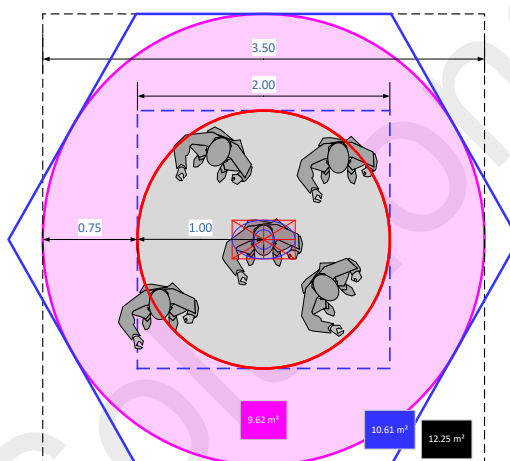
Met **bijvoorbeeld** (figuur 23 en 24) een R waarde van 1.00 meter en een distancing norm van 1.50 meter bedraagt de oppervlakte van de Cluster Area Module (de paarse cirkel) 9.62 vierkante meter. Gelijklopend met de individuele benadering kunnen we de CAM ook

benaderen als een vierkant en een zeshoek, gebaseerd op de samengestelde radius die ook bij de cirkel werd gebruikt. Figuur 23 illustreert dit en Tabel 4 vat de waarden samen. De overslag maken van de oppervlakte van de CAM naar een densiteit is niet voor de hand liggend tenzij er aanname wordt gedaan van een maximaal aantal personen per cluster. Let wel, het aantal personen per cluster moet evenredig zijn met de R waarde, met andere woorden het aantal personen moet ook fysiek in de clustercirkel passen. In het **voorbeeld** bevat de cluster 5 personen, deze waarde wordt meegenomen in de dichtheitsberekening die als p/m^2 wordt uitgedrukt.

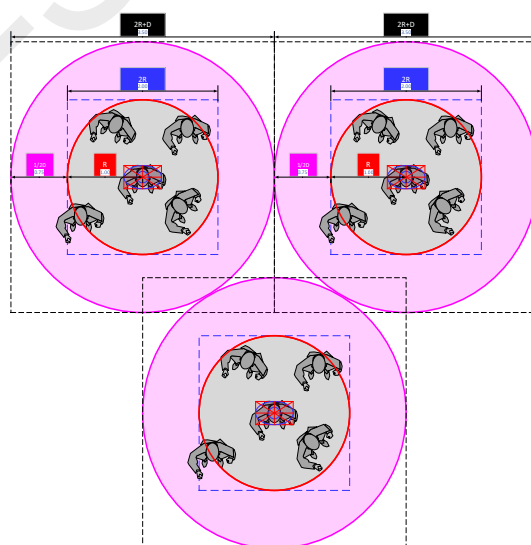
Radius = 1.00 + 0.75	CAM	Density*
Cirkel	9.62	0.52
Zeshoek	10.61	0.47
Vierkant	12.25	0.41

* gebaseerd op 5 personen in een cluster aan 0.15 m²/p per persoon

Tabel 5: CAM bij Cirkel, zeshoek en vierkant benadering



Figuur 23: Cluster Area Module in statische zones bij $R = 1.00m$ en $D = 1.50m$

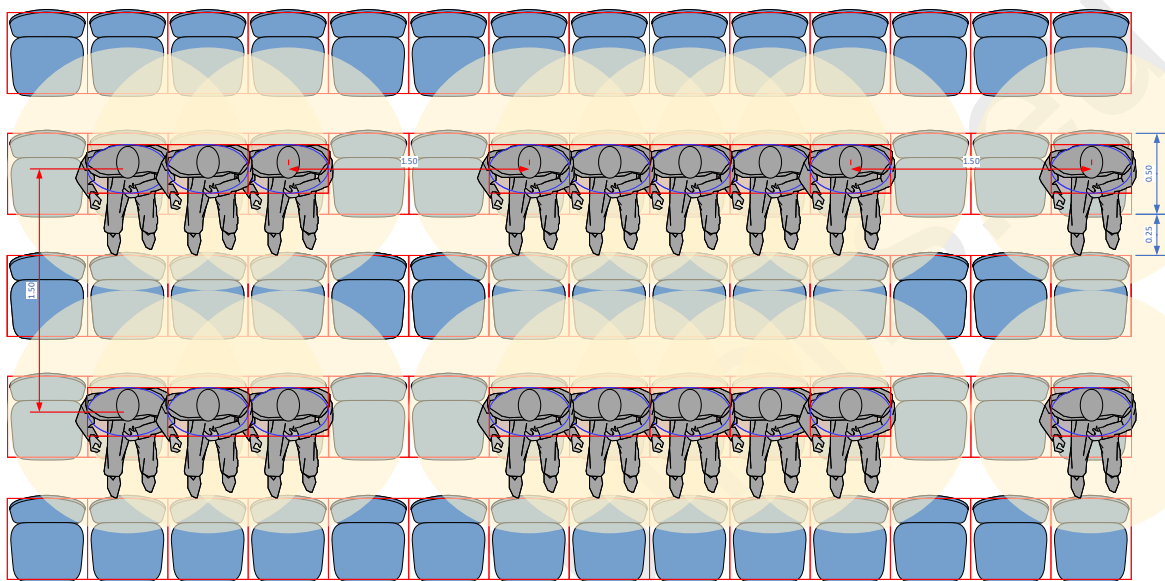


Figuur 24: Cluster Area Module in statische zone in driehoekstapeling - $R = 1.00m$ en $D = 1.50m$

4.3.1.2 Gezeten personen: tribunes, theateropstelling...

In geval van op eenzelfde rij gezeten clusters (tribune, theater...) dient rekening te worden gehouden met:

1. de afstand tussen de clusters op éénzelfde rij, twee lege stoelen volstaan wanneer de 'neuzen' methode wordt gehanteerd, in geval van de 'no touch' methode zijn drie stoelen noodzakelijk;
2. de afstand tot de volgende gebruikte rij, bij de 'neuzen' methode volstaat één ongebruikte rij tussen de clusters (figuur 25).



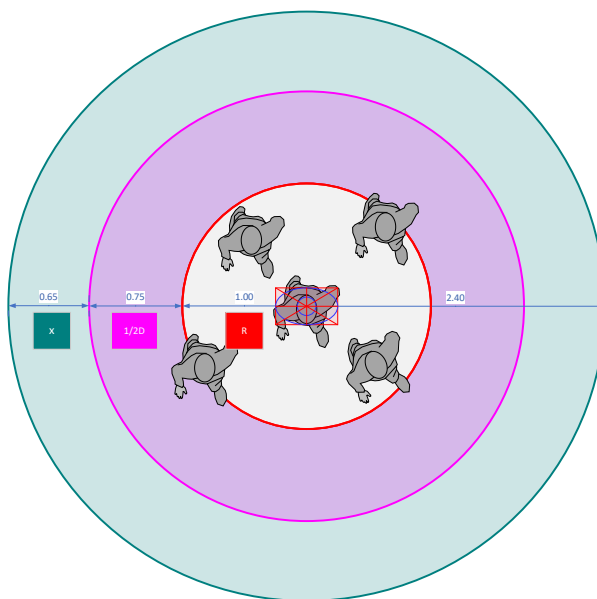
Figuur 25: cluster benadering op tribune met de 'neuzen' methode – 2 lege stoelen

4.3.2 Dynamische Zones

Voor wat betreft dynamische zones baseren we ons op de denkwijze bij Vergelijking 3, verder wordt de redenering uit de statische zone behouden. Wanneer we de x-waarde (Mumford et al., 2020) hier integreren komen we op de ruimte nodig in dynamische zones.

$$\text{Required circle space} = \pi \left(x + R + \frac{1}{2}D \right)^2 \quad \text{met } x = \text{walkingspeed} * \text{stoptime}$$

Vergelijking 4: Formule Dynamische zones voor Clusters



Figuur 26: Basis voor berekening CAM (cirkel)

Wanneer we de waarden aanhouden van het voorbeeld uit de statische zone ($R = 1.00$ m en $D = 1.50$ m) en de x-waarden van Mumford et al. gebruiken kunnen we de minimale benodigde ruimte om distancing te faciliteren berekenen met behulp van Vergelijking 4, we gaan uit van 5 personen in de cluster. Figuur 26 illustreert dit en Tabel 5 en 6 vatten de waarden samen.

	Situatie	x value	D	R	CAM	Density*
BE	Winkel klein	0.650	1.50	1.00	18.10	0.19
BE	Winkel groot	0.730	1.50	1.00	19.32	0.18
BE	Openbare Plaats	0.785	1.50	1.00	20.19	0.17

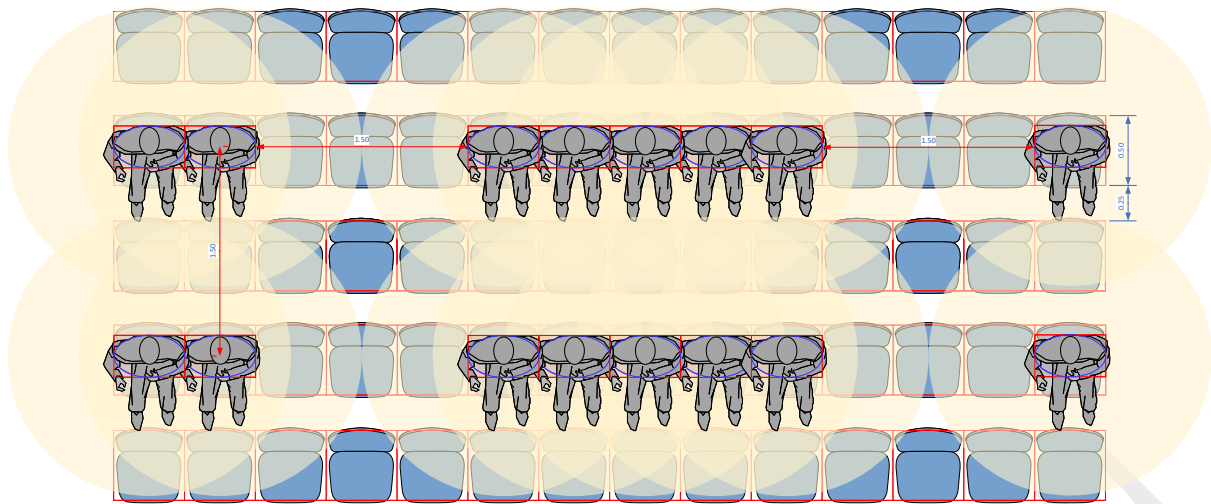
* gebaseerd op 5 personen in een cluster aan $0.15 \text{ m}^2/\text{p}$ per persoon

Tabel 6: Berekening CAM dynamische zone

Radius = $1.00 + 0.75 + 0.650$	CAM	Density*	Ratio*
Cirkel	18.10	0.19	2.82%
Zeshoek	19.95	0.17	2.56%
Vierkant	23.04	0.15	2.21%

* gebaseerd op 5 personen in een cluster aan $0.15 \text{ m}^2/\text{p}$ per persoon

Tabel 7: CAM bij Cirkel, zeshoek en vierkant benadering in Dynamische zones



Figuur 28: Cluster benadering op tribune met de 'no touch' methode - 3 lege stoelen

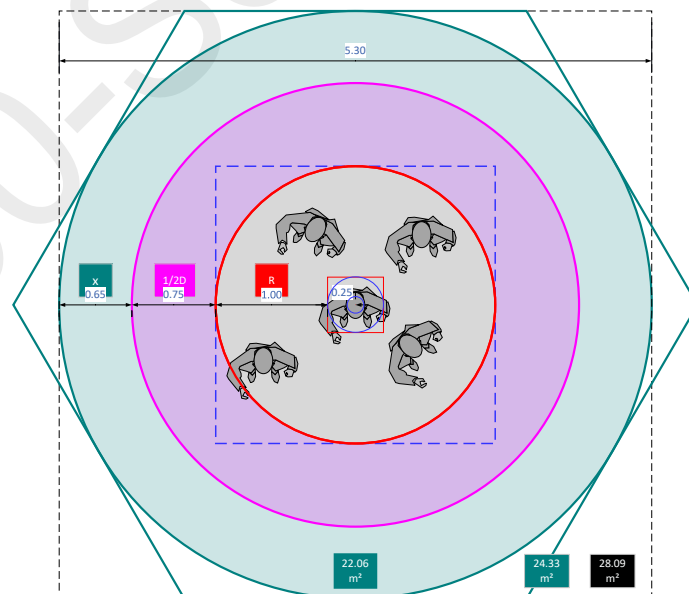
4.4.2 Dynamische zones

Ook voor wat betreft dynamische zones wordt 0.25 m toegevoegd aan de basis van de berekening.

$$\text{Required circle space} = \pi \left(x + 0.25 + R + \frac{1}{2}D \right)^2 \text{ met } x = \text{walkingspeed} * \text{stoptime}$$

Vergelijking 5: Formule Dynamische zones voor Clusters bij 'no touch' methode

Wanneer we de waarden aanhouden van het voorbeeld uit de statische zone ($R = 1.00$ m en $D = 1.50$ m) en de x-waarden van Mumford et al. gebruiken kunnen we de minimale benodigde ruimte om distancing te faciliteren berekenen met behulp van Vergelijking 5, we gaan uit van 5 personen in de cluster. Figuur 29 illustreert dit en Tabel 6 en 7 vatten de waarden samen.



Figuur 29: Cluster Area Module in dynamische zones bij $R = 1.00$ m en $D = 1.50$ m en 'no touch' methode

	Situatie	x value	D	R	CAM	Density*
BE	Winkel klein	0.650	1.50	1.00	22.06	0.23
BE	Winkel groot	0.730	1.50	1.00	23.41	0.21
BE	Openbare Plaats	0.785	1.50	1.00	24.37	0.21
* gebaseerd op 5 personen in een cluster aan 0.15 m²/p per persoon						

Tabel 9: Berekening CAM dynamische zone bij 'no touch' methode

Radius = 0.65 + 0.25 + 1.00 + 0.75 = 2.65 m	CAM	Density*
Cirkel	22.06	0.23
Zeshoek	24.33	0.21
Vierkant	28.09	0.18
* gebaseerd op 5 personen in een cluster aan 0.15 m²/p per persoon		

Tabel 10: CAM bij Cirkel, zeshoek en vierkant benadering bij de 'no touch' methode

5 Densiteit: Samenvatting

De tabel hier onder vat de benodigde ruimte per persoon samen voor elk van de aangehaalde methoden en benaderingen in een situatie met 'een kleine winkel'. Voor wat betreft het berekenen van capaciteit op basis van de oppervlakte wordt uitgegaan van de PAM in een vierkant.

Ruimte per persoon		Individuele benadering				Cluster benadering (5p)			
		Neuzen		No Touch		Neuzen		No Touch	
		PAM m²/p	Density p/m²	PAM m²/p	Density p/m²	CAM m²/c	Density p/m²	CAM m²/c	Density p/m²
Statisch		2.25	0.44	4.00	0.25	9.62	0.52	12.57	0.40
		1.77	0.57	3.14	0.32	12.61	0.47	16.00	0.31
		1.95	0.51	3.46	0.29	12.25	0.41	13.86	0.36
Dynamisch h		2.25	0.44	4.41	0.23				
		1.77	0.57	3.46	0.29				
		1.95	0.51	3.82	0.26				
Dynamisch h IPM		7.84	0.13	10.89	0.09	18.10	0.19	22.06	0.23
		6.16	0.16	8.55	0.12	23.04	0.15	28.09	0.18
		6.79	0.15	9.43	0.11	19.95	0.17	24.33	0.21

Tabel 11: Samenvatting methoden en waarden

6 Combinatie met andere maatregelen

In de UK wordt het dragen van een degelijk mondmasker gezien als een grond om de in de UK geldende distancing norm van 2 meter onder bepaalde omstandigheden terug te brengen (SGSA, 2020) tot 1 meter zoals door de WHO bepaalt (2020). Dit is de facto wat men in België doet in het basis protocol cultuur (Fabre, 2020) en wanneer men op evenementen 1 seat tussen nauwe contacten (toe)laat.

7 Doorstroomcapaciteit van een 'high street' – Individuele Benadering

Op basis van de nodige ruimte en snelheid van personen kan de doorstroomcapaciteit van een straat of doorgang berekend worden. Doorstroomcapaciteit is immers het product van (gemiddelde) snelheid en (gemiddelde) densiteit (Fruin, 1987). Voor wat betreft een straat of doorgang kan de doorstroomcapaciteit worden bekomen in volgende stappen:

1. Straat of doorgang verdelen in 'channels', met een breedte gebaseerd op de PAM, we gaan uit van de zeshoekprojectie. Obstakels dienen te worden afgetrokken van de nuttige breedte.
2. Flow per channel bepalen aan de hand van de loopsnelheid en PAM. Voor de loopsnelheid gaan we uit van 1.57 m/s (Mumford et al., 2020) voor wat betreft de PAM gebruiken we de zeshoekprojectie.
3. De som van de flows van de verschillende channels bepaalt de totale doorstroomcapaciteit.

De tabel hieronder geeft de Flow per Channel weer bij de verschillende manieren van Densiteitsbepaling.

Methode	Channel	PAM	Flow	Flow/Channel
	(m)	(m ² /p)	(p/m/min)	(p/min)
Neuzen				
SGSA	1.50	1.95	48	72
IPM	3.07	8.16	12	37
No Touch				
SGSA	2.10	3.82	25	53
IPM	3.57	11.04	8.5	30

Tabel 12: Doorstroomcapaciteit - Individuele benadering

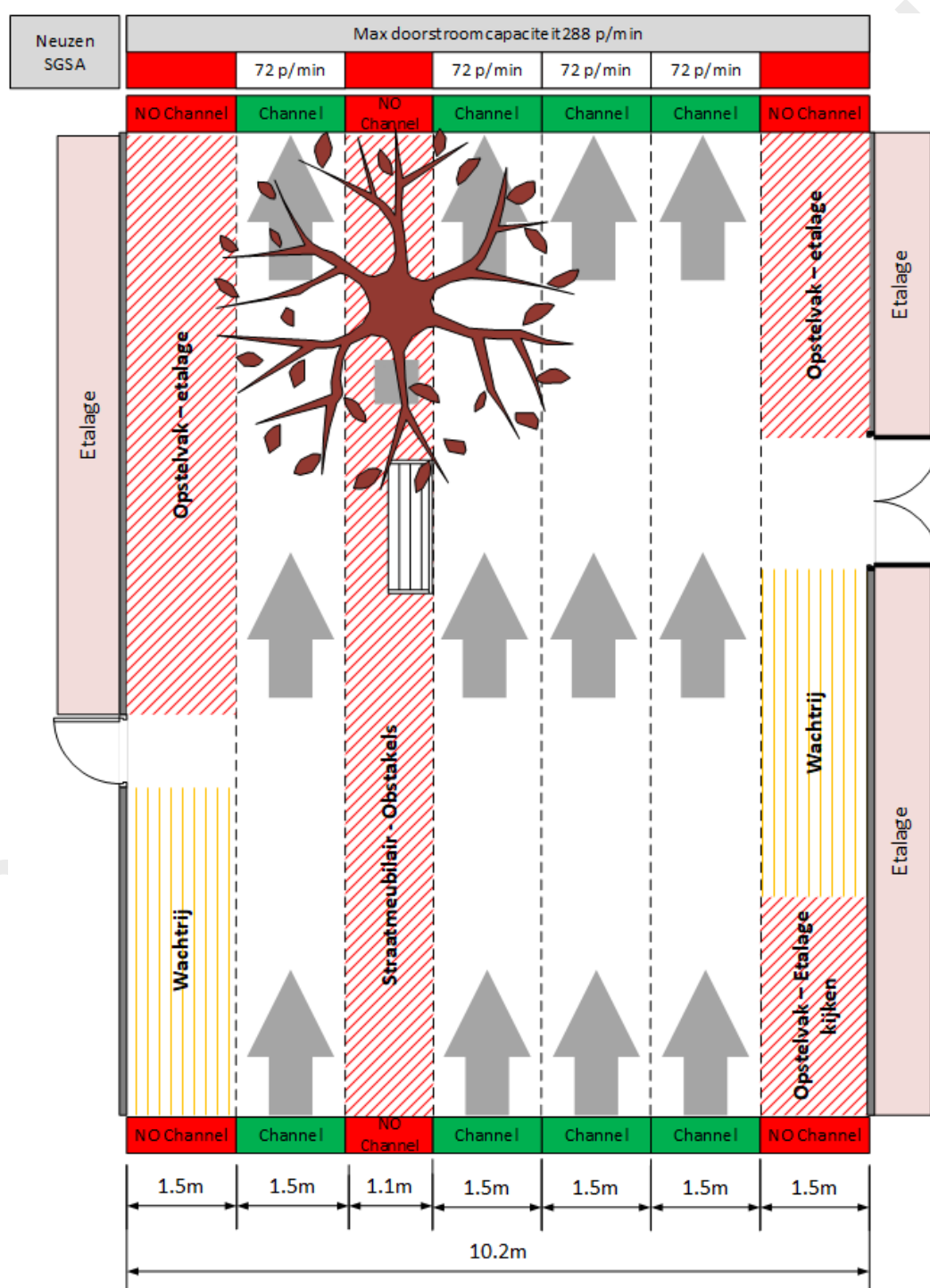
Bij het opdelen van de straat in channels kan men volgende types Channel onderscheiden:

1. Flow in de ene richting, dit kunnen meerdere channels zijn).
2. Flow in de andere richting (tegengesteld), dit kunnen meerdere channels zijn.
3. Wachtrij aan winkel, dit channel mag niet opgenomen worden in de flow berekening.
4. Opstelvak etalage, dit channel mag niet opgenomen worden in de flow berekening.

In principe moeten channels doorgetrokken worden over de hele lengte van de straat (traject); het is de nauwste doorgang die flow zal bepalen.

Het voorbeeld hieronder, Figuur 30, geeft een straat weer met een breedte van 10.2 meter. We gaan in het voorbeeld uit van de neuzenmethode en de waarden van de SGSA. De straat heeft aan beide zijde winkels, er zijn dan ook aan beide zijde wachtrij en opstelzones ingerekend. Daarnaast zijn er in deze enkelrichtingstraat 4 channels van 1.5m breedte. Het straatmeubilair zorgt voor een strook die niet bruikbaar is. De totale doorstroomcapaciteit is bij deze aannames 288 personen per minuut.

Hetzelfde principe kan worden toegepast onder andere aannames met betrekking tot distancing, densiteit of loopsnelheid. Het principe van het opdelen in channels blijft behouden.



Figuur 30: Voorbeeld van High Street met Channels

8 Referenties

ACC, BECAS, BESA and FEBELUX (2020) 'Code of Conduct.' Alliance of Belgian Event Federations.

Belgian Event Industry (2020) 'Exitprotocol Eventsector.' FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie.

Bruyninckx, B. (2020a) "Density" and "Capacity" as COVID-19 Exit Strategy Parameter for Events in Belgium.' 360 Solutions.

Bruyninckx, B. (2020b) *Technopolis Capaciteitsbepaling*. Aarschot: 360 Solutions, p. 19.

Dridi, M. H. (2015) 'List of Parameters Influencing the Pedestrian Movement and Pedestrian Database.' *International Journal of Social Science Studies*, 3(4) pp. 93–105.

Event Flanders, Visit Flanders, Karel de Grote Hogeschool, ACC Belgium, BESA, BECAS and Febelux (2020) 'COVID Event Protocol versie 29.06.2020.' Vlaamse Overheid.

Fabre, R. (2020) 'Basisprotocol Cultuur - Basiskader voor de cultuursector tijdens de CORONA-pandemie Versie 24.10.2020.'

Finnis, K. K. and Walton, D. (2008) 'Field observations to determine the influence of population size, location and individual factors on pedestrian walking speeds.' *Ergonomics*, 51(6) pp. 827–842.

Flemisch Government, Alliance of Belgian Event Federations and Karel de Grote Hogeschool (2020) *COVID Event Risk Model*. COVID Event Risk Model. [Online] [Accessed on 21st July 2020] <https://www.covideventriskmodel.be/>.

FOD Binnenlandse Zaken (2020a) *Ministerieel besluit houdende dringende maatregelen om de verspreiding van het coronavirus COVID-19 te beperken (18 oktober 2020)*.

FOD Binnenlandse Zaken (2020b) *Ministerieel besluit houdende wijziging van het ministerieel besluit van 28 oktober 2020 houdende dringende maatregelen om de verspreiding van het coronavirus COVID-19 te beperken (20 december 2020)*.

Fruin, J. J. (1971) 'Designing for Pedestrians: A Level of Service Concept.' In. Washington DC: Highway Research Board.

Fruin, J. J. (1987) *Pedestrian planning and design*. Alabama: Elevator World.

Motmans, R. (2005) *Volwassenen lichaamsafmetingen*. DINBelg. [Online] [Accessed on 8th November 2019] <http://www.dinbelg.be/volwassenentotaal.htm>.

Mumford, C., Parker, C., Ntounis, N., Lorono-Leturiondo, M. and Still, K. (2020) 'Proposing the lower bounds of area needed for individuals to social distance accros a range of town centre environments.' *Not published Version REVIEW-3*. (IPM Working Series).

Oberhagemann, D. (2012) *Static and Dynamic Crowd Densities at Major Public Events*. Altenberge: Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB) der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.

SGSA (2020) 'Supplementary Guidance 02: Planning for Social Distancing at Sports Grounds.' Sports Grounds Safety Authority.

Steinhaus, H. (1983) *Mathematical snapshots*. Oxford [Oxfordshire]; New York: Oxford University Press.

Still, G. K. (2000) *Crowd Dynamics*. PhD. University of Warwick.

Weidmann, U. (1993) 'Transporttechnik der Fussgänger.' *Schriftreihe des IVT*, 90 p. 110.

World Health Organization (2020) *WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 25 March 2020*. [Online] [Accessed on 11th April 2020] <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---25-march-2020>.