

De effectiviteit van een mobile stroke unit in UZ Leuven

Arnout Demarsin

Thesis voorgedragen tot het behalen
van de graad van Master of Science
in de ingenieurswetenschappen:
werktuigkunde

Promotoren:

Prof. dr. ir. L. Pintelon
Prof. dr. R. Lemmens
Dr. J. Demeestere

Academiejaar 2019 – 2020

De effectiviteit van een mobile stroke unit in UZ Leuven

Arnout Demarsin

Thesis voorgedragen tot het behalen
van de graad van Master of Science
in de ingenieurswetenschappen:
werktuigkunde

Promotoren:

Prof. dr. ir. L. Pintelon

Prof. dr. R. Lemmens

Dr. J. Demeestere

Assessoren:

Prof. dr. ir. J. Vander Sloten

Drs. K. Moons

© Copyright KU Leuven

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van zowel de promotoren als de auteur is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden. Voor aanvragen tot of informatie i.v.m. het overnemen en/of gebruik en/of realisatie van gedeelten uit deze publicatie, wend u tot Faculteit Ingenieurswetenschappen, Kasteelpark Arenberg 1 bus 2200, B-3001 Heverlee, +32-16-321350.

Voorafgaande schriftelijke toestemming van de promotoren is eveneens vereist voor het aanwenden van de in deze masterproef beschreven (originele) methoden, producten, schakelingen en programma's voor industrieel of commercieel nut en voor de inzending van deze publicatie ter deelname aan wetenschappelijke prijzen of wedstrijden.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Literatuurstudie	2
2.1	Cerebrovasculair accident	2
2.1.1	Algemeen	2
2.1.2	Indeling	3
2.1.3	Behandelingen	4
2.2	CVA in oost Vlaams-Brabant	6
2.3	Mobile Stroke Unit	7
2.3.1	Algemeen	7
2.3.2	Evaluatie	8
2.3.3	Invloedsfactoren voor performantie	10
2.4	Simulatie in de zorgsector	11
2.4.1	Algemeen	11
2.4.2	Simulatiemethoden	12
2.4.3	Simulatiesoftware	14
2.4.4	Voorbeelden van discrete event simulaties voor het CVA zorgtraject	15
3	Onderzoeksvragen	18
4	Methodologie	20
4.1	Keuze van simulatietechniek	20
4.2	Opbouw en gebruik van het simulatiemodel	21
4.3	Afbakening van het model	22
4.3.1	Geografisch	22
4.3.2	Ziekenhuizen	23
4.3.3	Stations	23
5	Data analyse	26
5.1	Databestanden van Gasthuisberg	26
5.2	Patiënttransport	28
5.2.1	Locatietoekenning	28
5.2.2	Voertuigtype	30
5.2.3	Interhospitaaltransport	32
5.3	Tijden	33
5.3.1	Interproeptijden	33
5.3.2	Dode tijd	35

5.3.3	On-scene tijd	36
5.3.4	Door-to-treatment tijd	36
5.4	Verband tijdswinst en kans op goede uitkomst	38
5.4.1	Kans op ischemische beroerte of TIA	38
5.4.2	De kansboom	39
6	Simulatiemodel	42
6.1	Opbouw model	42
6.2	Generatiemodule	42
6.3	De MSU module	45
6.4	Ziekenhuismodule	49
6.5	Resultatenmodule	50
7	Validatie en verificatie	53
7.1	Validatie	53
7.2	Verificatie	54
7.2.1	Uitzondering op drieminutenregel	54
7.2.2	Verkeer neemt toe	55
7.2.3	tPA in Diest	56
8	Resultaten	58
8.1	Afzonderlijke veranderingen	58
8.1.1	Uitzondering op de drieminutenregel	58
8.1.2	Sensitiviteit en specificiteit	59
8.1.3	Door-to-treatment perifere ziekenhuizen	61
8.1.4	Door-to-door tijd	62
8.1.5	MSU 24/7	62
8.1.6	MSU team	63
8.2	Scenarioanalyse	65
8.2.1	Scenario's	65
8.2.2	Baseline	66
8.2.3	Best case	68
8.2.4	Worst case	70
8.2.5	Average case	71
8.2.6	Vergelijking	72
8.3	Besluit	74
9	Sensitiviteitsanalyse	76

10 Conclusie	77
11 Bijlagen	79
11.1 Bijlage A: De mRS schaal	79
11.2 Bijlage B: Ziekenhuizen opgenomen in het model	80
11.3 Bijlage C: Stations opgenomen in het model	81
11.4 Bijlage D: Datafilteringsdiagrammen	82
11.5 Bijlage E: Kalibratieberekening	85
11.6 Bijlage F: Modules van het simulatiemodel	86
11.7 Bijlage G: Verkeersindex per weekuur van oost Vlaams-Brabant in 2018	88
11.8 Bijlage H: Invloed van afzonderlijke veranderingen op effectiviteit MSU: resultatenlijst	89
11.9 Bijlage I: Uitgangsparameters voor variërend werkgebied MSU	94
11.10Bijlage J: Effectiviteit van de MSU in verschillende scenario's	102
Referenties	107

Abstract

In dit onderzoek is de effectiviteit van een mobile stroke unit (MSU) in UZ Leuven voor patiënten met een ischemische beroerte in OVB ingeschat. Daartoe is een discrete event simulatie in simevents ontworpen. Om deze simulatie op te bouwen zijn vijf datasets van UZ Leuven gebruikt. Waar deze niet volstonden is beroep gedaan op de literatuur.

Een aantal omgevingsfactoren zijn aangepast om het effect op de effectiviteit van de MSU te bestuderen. De drieminutenregel heeft een overheersende impact. Wanneer de drieminutenregel geldig is, is de MSU enkel in de directe omgeving van UZ Leuven werkzaam, waar zijn invloed het kleinst is. De performantie van de MSU wordt dan met 82.9% gereduceerd. De implementatie van een verbeterd algoritme voor CVA herkenning bij de nooddispatch kan de sensitiviteit en de specificiteit van de nooddispatch verhogen. Dit verhoogt de effectiviteit van de MSU met 17.9%. Een verlaging van de sensitiviteit en specificiteit met 25% verlaagt de effectiviteit met 30.6%. Een verlaging met 50% reduceert de effectiviteit met 60.3%. Een stijging met 50% van de door-to-treatment tijd en de door-to-door tijd in de perifere ziekenhuizen verhoogt de performantie van de MSU met respectievelijk 5.6% en 12.1%.

Wanneer de MSU 24/7 operatief wordt gehouden, worden 34% meer patiënten opgevangen. De opleiding van een specifiek team voor de MSU heeft daarentegen nauwelijks meer activiteit tot gevolg. Er is dus geen bemanningstekort.

De tijd tussen eerste contact met de nooddiensten en tPA behandeling is voor patiënten in de MSU tussen 43.4 en 53.7 minuten. Dit is een verbetering van 33.8 tot 45.9 minuten. In een worst case scenario wordt slechts 3.5% van de CVA patiënten in OVB door de MSU opgevangen. De verbetering in kans op goede uitkomst door de MSU is dan slechts 0.026%. In een best case scenario vangt de MSU 34.9% van de CVA patiënten op. De verbetering in kans op goede uitkomst is dan 0.484%. In een average case scenario vangt de MSU 14.8% van de CVA patiënten op met een verbetering in kans op goede uitkomst van 0.313%. De effectiviteit van de MSU is dus sterk afhankelijk van de omstandigheden waarin hij operatief is.

Wanneer het werkgebied van de MSU niet beperkt is tot OVB, rijdt de MSU uit tot aan de werkgebieden van andere ziekenhuizen die gespecialiseerde zorg voor CVA patiënten aanbieden. De verbeteringen veroorzaakt door de MSU zijn dan kleiner, maar de bevolking die bereikt wordt is 25.9% groter.

Lijst van figuren

1	Samenvatting indeling en behandelingen van een CVA.	5
2	MSU wereldwijd aangeduid in blauw. MSU in voorbereiding in rood [34].	8
3	A: Tijdswinst bij MSU in Toledo, B: percentage patiënten dat tPA behandeling kreeg [31].	9
4	Toepassingsgebieden van DES in de zorgsector [52].	13
5	Onderverdeling van intelligente objecten in SIMIO [45]	15
6	OVB (links) en de MT zone (rechts). België in groen, onderzochte gebied in oranje, werkgebied in geel.	23
7	Stations en ziekenhuizen in OVB (links) en de MT zone (rechts). Ziekenhuizen aangeduid met rood kruis. Ziekenhuizen die MT aanbieden met zwart kruis. MUG stations met zwarte ruit, PIT stations met blauwe driehoek en ziekenwagenstations met rode bollen.	25
8	Onderlinge verbanden van basisbestand, behandelingenbestand en transportbestand.	28
9	Procentuele verdeling van CVA patiënten over bevolkingscategorieën.	29
10	Datafiltering transportbestand voor PIT en MUG indicatie bij vermoeden CVA. . .	30
11	Waarschijnlijkheid van voertuigindicatie voor CVA patiënten (links) en niet CVA patiënten (rechts).	32
12	Verdeling interproeptijden. Breedte van staaf komt overeen met 30 minuten.	34
13	Verdeling voor dode tijd	35
14	Verdeling on-scene tijd. Breedte van staaf komt overeen met 6 minuten.	36
15	Verdeling door-to-treatment tijd voor tPA. Staafdiagram start bij 12 minuten. Breedte van staaf komt overeen met 13 minuten.	37
16	Verdeling door-to-treatment tijd voor MT, opgesplitst in door-to-groin (links) en groin-to-rep (rechts). Staafdiagram start bij 8 (links) en 15 (rechts) minuten. Breedte van staaf komt overeen met 30 (links) en 21 (rechts) minuten.	37
17	Kans op een hemorragische beroerte.	39
18	Datafiltering kansboom.	40
19	Kansboom voor verband tussen tijdswinst en kans op goede uitkomst	41
20	Schematische weergave simulatiemodel voor OVB.	43
21	Verkeersindex in omgeving van Leuven. Rode lijn is het verkeer van 5/5/2020 tot 10/5/2020. Oranje stippenlijn van 28/4/2020 tot 3/5/2020. Blauwe stippelijn is historische verkeersinformatie van 2019 [74].	44
22	Stroomdiagram voertuigkeuze IHT.	46
23	Specificiteit en de sensitiviteit van CVA herkenning.	46
24	Relatieve $f_{tPA}(t)$ uit gepoolde analyse [3].	50
25	Kans op goede uitkomst na MT per uur [4].	51

26	Gekalibreerde en gelineariseerde $f_{tPA}(t)$ (links) en $f_{MT}(t)$ (rechts) zoals gebruikt in model.	52
27	Extra patiënten op tijd bij variërende sensitiviteit en specificiteit.	60
28	Afname in gemiddelde tijd tot behandeling bij variërende sensitiviteit en specificiteit.	60
29	Extra patiënten op tijd (links) en afname in gemiddelde tijd tot behandeling (rechts) bij variërende door-to-treatment tijd in perifere ziekenhuizen.	61
30	Extra patiënten op tijd bij variërende door-to-door tijd.	62
31	Afname in gemiddelde tijd tot behandeling bij variërende door-to-door tijd.	63
32	Jaarlijkse acties MSU bij veranderende organisatie.	64
33	Verbeterde kans op goede uitkomst bij afzonderlijke veranderingen. Situatie zonder DMR is de referentie (blauw), verbeteringen in het groen, verslechtingen in het rood.	65
34	Aantal acties van de MSU (blauw), aantal acties voor CVA patiënten (donkerblauw) en aantal tPA behandelingen in de MSU (oranje) per jaar voor variërend werkgebied.	67
35	Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagens in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.	68
36	Aantal acties van de MSU (blauw), aantal acties voor CVA patiënten (donkerblauw) en aantal tPA behandelingen in de MSU (oranje) per jaar voor variërend werkgebied.	69
37	Kans dat CVA patiënt IHT ondergaat in OVB bij variërend werkgebied.	69
38	Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagens in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.	70
39	Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagens in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.	71
40	Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagens in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.	72
41	Verbeteringen door de invoer van de MSU in de verschillende scenario's. OVB in het blauw, MT zone in het goud.	73
42	Verbeterde kans op goede uitkomst in verschillende scenario's. OVB in het blauw, MT zone in het goud.	74
43	De mRS schaal: betekenis achter elke waarde.	79
44	Ziekenhuizen opgenomen in het model met adres en aangeboden behandeling.	80
45	MUG en PIT stations opgenomen in het model met adres, capaciteit en werkuren.	81
46	Ziekenwagen stations opgenomen in het model met adres, capaciteit en werkuren.	81
47	Datafilteringdiagrammen: links voertuigindicatie voor CVA, midden voertuigindicatie voor niet CVA, rechts IHT.	82

48	Datafilteringdiagrammen: links patiëntoproepen, midden patiënten met gekende dode tijd, rechts patiënten met gekende on-scene tijd.	83
49	Datafilteringdiagrammen: links tPA behandelingen, midden MT behandelingen, rechts MT behandelingen met reperfusie.	83
50	Datafilteringdiagrammen: links patiënten met CVA (voor bepaling kans op hemorragische beroerte), rechts stroomdiagram kansboom.	84
51	De generatiemodule.	86
52	De MSU module.	86
53	De ziekenhuismodule: ziekenhuizen zonder zorg voor CVA patiënten.	86
54	De ziekenhuismodule: ziekenhuizen met tPA maar geen MT.	87
55	De ziekenhuismodule: ziekenhuizen met tPA en MT.	87
56	Verkeersindex per weekuur van oost Vlaams-Brabant in 2018, uitgedrukt in procentuele stijging van de gemiddelde rijtijd [74].	88
57	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: baseline scenario in OVB. . . .	94
58	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: baseline scenario in MT zone. . .	95
59	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: best case scenario in OVB. . .	96
60	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: best case scenario in MT zone. . .	97
61	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: worst case scenario in OVB. . .	98
62	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: worst case scenario in MT zone. . .	99
63	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: average case scenario in OVB. . .	100
64	Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: average case scenario in MT zone.	101

Lijst van tabellen

1	Verband tussen CVA-patiënten en risicogroepen [13].	3
2	Overzicht data per dataset.	26
3	Overzicht verdelingen voor tijdsparameters.	38
4	Congestie index per weekuur.	44
5	Overzicht van studies naar tijdsbesparing van noodvoertuig tegenover normaal voertuig.	45
6	Overzicht van studies naar de tijd tussen aankomst van MSU en toediening van tPA behandeling.	48
7	Overzicht resultaten validatie.	53
8	Overzicht resultaten verificatie: geen DMR.	55
9	Overzicht resultaten verificatie: meer verkeer.	56
10	Overzicht resultaten verificatie: tPA Diest.	57
11	Verandering in effectiviteit MSU: uitzondering op DMR.	59
12	Parameterkeuze in verschillende scenario's.	66
13	Overzicht resultaten sensitiviteitsanalyse.	76
14	Verandering in effectiviteit MSU: Sensitiviteit en specificiteit van 0.53 en 0.591.	89
15	Verandering in effectiviteit MSU: Sensitiviteit en specificiteit van 0.33 en 0.3.	90
16	Verandering in effectiviteit MSU: Sensitiviteit en specificiteit van 0.22 en 0.2.	90
17	Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-treatment perifere ziekenhuizen 125%.	91
18	Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-treatment perifere ziekenhuizen 150%.	91
19	Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-door 45 minuten.	92
20	Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-door 90 minuten.	92
21	Verandering in effectiviteit MSU: MSU 's nachts.	93
22	Verandering in effectiviteit MSU: MSU team.	93
23	Effectiviteit van MSU in het baseline scenario.	103
24	Effectiviteit van MSU in best case scenario.	104
25	Effectiviteit van MSU in worst case scenario.	105
26	Effectiviteit van MSU in average case scenario.	106

Lijst van afkortingen

CT	computer tomogram
CVA	cerebrovasculair accident
D&S	drip-and-ship
ED	emergency department
IA	intra-arterieel
IV	intraveneus
LVO	large vessel occlusion
mRS	modified ranking scale
MSA	mothership approach
MSU	mobile stroke unit
MT	mechanische trombectomie
MUG	mobiele urgentiegroep activator
ORS	open routing service
OVB	oost Vlaams-Brabant
PIT	paramedisch interventieteam
TIA	transient ischemic attack
tPA	recombinant tissue plasminogen activator

1 Inleiding

Cerebrovasculaire accidenten (CVA) of beroertes zijn wereldwijd de derde doodsoorzaak [1]. 80 tot 85% van de beroertes zijn ischemisch. Bij een ischemische beroerte is de bloedtoevoer naar de hersenen verstoord door een obstructie in de hersenslagaderen. Hersencellen sterven dan massaal af wat kan leiden tot permanente invaliditeit of sterfte [2].

Voor een ischemische beroerte zijn twee behandelingen gebruikelijk: de injectie van een klontoplossend middel (tPA) en een operatie om de obstructie mechanisch te verwijderen (MT). Voor beide behandelingen geldt dat hoe vroeger bloedtoevoer naar de hersenen hersteld kan worden, hoe groter de kans is op goede uitkomst van de patiënt. Bovendien zijn deze behandelingen enkel effectief tot een aantal uur na het optreden van de eerste symptomen. Een snelle reactie is dus essentieel [3] [4].

De laatste jaren is de efficiëntie in het ziekenhuis sterk verhoogd om de tijd tussen aankomst in het ziekenhuis en de start van de behandeling te optimaliseren. De aandacht verschuift nu steeds meer naar prehospitalen maatregelen om de tijd tot de start van de gepaste behandeling verder te verlagen. Niet alle ziekenhuizen bieden namelijk tPA en MT behandelingen aan. Patiënten moeten dan doorverwezen worden naar een ander ziekenhuis wat gepaard gaat met belangrijke tijdverliezen.

De mobile stroke unit (MSU) biedt de mogelijkheid om CVA patiënten reeds voor aankomst in het ziekenhuis te diagnosticeren [5]. Zo worden nodeloze interhospitaaltransfers (IHT) vermeden en kan de behandeling al bij de patiënt thuis starten.

De effectiviteit van een MSU is afhankelijk van een verscheidenheid aan factoren zoals de bemanningscapaciteit, de bevolkingsdichtheid en demografie van het werkgebied, de heersende organisatie en infrastructuur voor patiënttransport en de efficiëntie van naburige ziekenhuizen. Vele van deze invloedsfactoren zijn afhankelijk van lokale omgevingsfactoren waardoor de meerwaarde van een MSU gevalsafhankelijk geëvalueerd moet worden.

Experimenteren met een MSU om de effectiviteit in te schatten is echter kostelijk en moeilijk te verantwoorden. Een simulatie kan hier een uitweg bieden. Simulaties in de zorgsector worden steeds meer toegepast om de impact van organisatorische veranderingen in te schatten [6].

In deze thesis is een discrete event simulatie ontworpen om de effectiviteit van een mobile stroke unit in UZ Leuven in te schatten. De voornaamste omgevingsfactoren zijn daarbij geparаметriseerd om inzicht in hun invloed op de effectiviteit te verkrijgen. Het doelpubliek van de MSU zijn in eerste instantie patiënten met een ischemische beroerte in oost Vlaams-Brabant (OVB). Het werkgebied is ook uitgebreid tot buiten OVB.

2 Literatuurstudie

Dit hoofdstuk verheldert een aantal concepten die noodzakelijk zijn voor een goed begrip van de thesis.

Eerst wordt besproken wat een cerebrovasculair accident is. Daarna volgt een kort stuk over hoe oost Vlaams-Brabant georganiseerd is om cerebrovasculaire accidenten op te vangen. Vervolgens wordt de mobile stroke unit geïntroduceerd en wordt zijn mogelijke impact uitvoerig besproken. Tot slot wordt ingegaan op hoe simulatie in de zorgsector een belangrijke rol kan spelen om kwalitatievere zorgverlening te verkrijgen. Daartoe worden verscheidene simulatietechnieken besproken en worden een aantal voorbeelden van eerder uitgevoerde simulaties in het zorgtraject voor CVA-patiënten aangehaald.

2.1 Cerebrovasculair accident

2.1.1 Algemeen

Een cerebrovasculair accident (CVA), ook wel een beroerte genoemd, is een medische aandoening waarbij de bloedtoevoer naar een deel van de hersenen verstoord is [7]. Hersencellen kunnen zonder adequate bloedtoevoer slechts een beperkte tijd overleven en riskeren tijdens een CVA massaal af te sterven. Afhankelijk van de locatie in de hersenen en de omvang van de verstoring, kan een CVA dan ook ingrijpende gevolgen hebben. De opgelopen hersenschade is onomkeerbaar en kan permanente invaliditeit of zelfs overlijden van het slachtoffer veroorzaken.

Een CVA ontstaat plots. Typische symptomen zijn krachtverlies van de aangezichtsspieren, verlamming van een arm en/of been (meestal aan één kant van het lichaam) en moeilijkheden met spreken. Hieruit volgt de gebruikelijke FAST test (Face, Arm, Speech, Time) [8]. De tijdsfactor duidt het belang aan van een snelle reactie op deze symptomen. Zo kan snel de juiste behandeling toegepast worden en kan de schade aan de hersenen beperkt worden.

CVA's komen frequent voor. Wereldwijd is het de derde doodsoorzaak na kanker en hartaanvallen. Redon (2011) stelt dat wereldwijd jaarlijks ongeveer 1 op 500 mensen aan een CVA lijden. Hiervan overlijdt ongeveer een derde en nog eens een derde blijft permanent zorgbehoevend [1]. De World Health Organisation meldt dat in 2016 het aantal sterftes ten gevolge van een CVA dicht bij 6 miljoen lag [9]. In België krijgen jaarlijks ongeveer 20 000 mensen een beroerte [10].

Er is een duidelijke correlatie merkbaar tussen leeftijd en het risico op een CVA. Meer dan 60 procent van de patiënten is ouder dan 75 jaar en slechts 4 procent jonger dan 55. In het algemeen lopen mannen een hoger dan vrouwen. Vrouwen worden gemiddeld echter ouder, waardoor er toch meer vrouwen aan een CVA lijden dan mannen. Andere factoren die het risico op een CVA vergroten

Risk factor	Number of patients of ischemic stroke and percentage (n=74)	Number of patients of hemorrhagic stroke and percentage (n=26)
Hypertension	46 (62.16)	24 (92.3)
Diabetes	25 (35.15)	2 (7.69)
Smoking	18 (24.32)	6 (23.07)
Dyslipidemia	18 (24.32)	4 (15.38)
Past history of cardiac disorders	12 (16.21)	3 (11.53)
Past history of CVA	10 (13.51)	1 (3.84)
Alcohol	12 (16.21)	8 (30.76)

CVA: Cerebrovascular accident

Tabel 1: Verband tussen CVA-patiënten en risicogroepen [13].

zijn een hoge bloeddruk (hypertensie), diabetes, roken, alcoholgebruik, dyslipidemia en overgewicht [11] [12]. De correlatie tussen deze risicofactoren en de kans op een beroerte zijn weergegeven in tabel 1 [13].

In West-Europa is een lichte daling waar te nemen in de sterfte ratio ten gevolge van een CVA [1] [14]. Deze daling valt toe te schrijven aan betere (toegang toe) ziekenzorg, maar ook aan socio-economische factoren. Er is namelijk een correlatie tussen economische welvaart en bepaalde risicovergrotenende factoren zoals alcoholgebruik en overgewicht. Dit verklaart mede waarom in West-Europa een daling in de sterfte ratio waar te nemen is, terwijl deze trend in Oost-Europa niet plaatsvindt. Ondanks deze positieve trend in West-Europa, zal een CVA in de toekomst wegens de vergrijzing een belangrijke sterfteveroorzaker blijven.

2.1.2 Indeling

Naargelang de oorzaak van de verstoring van bloedtoevoer naar de hersenen onderscheidt men verschillende soorten CVA's.

Een herseninfarct of een ischemische beroerte is een CVA veroorzaakt door obstructie van een hersenslagader. Doorgaans is klontervorming de oorzaak van deze obstructie. Dit noemt men een trombose. Typische oorzaken van een trombose zijn stollingsproblemen en kalkvorming in de aderen. De klontervorming kan lokaal in de bloedvaten van de hersenen optreden, maar kan ook elders in het lichaam gevormd zijn en vervolgens via de bloedsomloop naar de hersenen getransporteerd zijn. In dit laatste geval spreekt men over een embolie [2]. Meer dan 80 procent van alle CVA's zijn

ischemische beroertes.

Indien niet de slagaderen maar de aderen verstopt zijn, spreekt men over een cerebrale veneuze sinustrombose. Minder dan één procent van de beroertes is van deze aard [15].

De hemorragische beroerte of hersenbloeding omvat ongeveer 15 procent van de CVA's. Bij een hemorragische beroerte is de bloedtoevoer niet verhinderd door een bloedklonter, maar door het scheuren van de bloedvatwand. Er treedt dan bloedverlies op in de hersenen (intracerebrale bloeding). Indien de bloeding niet in de hersenen, maar aan het hersenvlies optreedt, spreekt men van een subarachnoidale bloeding. Een subdurale bloeding is een bloeding tussen het buitenste, harde hersenvlies en het binnenste, zachtere hersenvlies. De bloeding is epiduraal indien hij tussen de schedel en het buitenste hersenvlies ligt. Deze laatste twee bloedingen zijn echter geen CVA's, aangezien zij niet in de hersenen zelf plaatsvinden.

Bij een transiënte ischemische aanval (TIA) verstoort de bloedklonter de doorbloeding in de hersenen slechts kort en zonder blijvende schade te veroorzaken. Alhoewel een TIA in feite geen CVA is, zijn de symptomen wel dezelfde. Deze symptomen verdwijnen volledig na maximaal 24 uur. Aangezien het in eerste instantie onmogelijk is een TIA van een CVA te onderscheiden, is het toch noodzakelijk een TIA-patiënt zo snel mogelijk te onderzoeken. Bovendien is een TIA vaak een voorbode voor een CVA. Ongeveer 10 procent van de TIA-patiënten krijgt binnen de eerste week ook een CVA [16].

Bij een CVA sterven per uur gemiddeld 120 miljoen neuronen. Een dergelijke sterfte komt overeen met de een natuurlijk verouderingsproces van 3,6 jaar [17]. Vandaar de uitspraak 'time is brain'. Het is bij CVA-patiënten van cruciaal belang om de bloedtoevoer naar de hersenen zo snel mogelijk weer te herstellen om zoveel mogelijk hersenweefsel van permanente schade te vrijwaren.

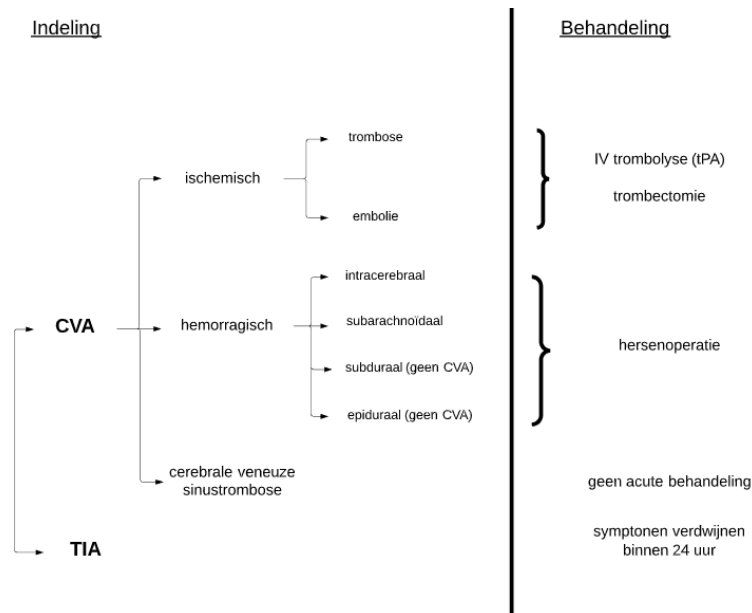
2.1.3 Behandelingen

Afhankelijk van het type CVA, de ernst en de verstreken tijd sinds de symptomen begonnen zijn, zijn verschillende behandelingen aangewezen.

Louter op basis van symptomen kan geen onderscheid gemaakt worden tussen ischemische beroertes en hemorragische beroertes. De behandelingen voor deze twee types beroertes zijn echter radicaal verschillend. Daarom dient eerst hersenbeeldvorming te worden uitgevoerd om de geschikte diagnose te kunnen stellen.

De meest gebruikelijke beeldvorming is een computer tomografische scan (CT-scan), al dan niet met contraststof geïnjecteerd in de bloedstroom (CT angiografie).

Voor een ischemische beroerte is tot 4,5 uur na optreden van de symptomen een trombolysen de standaard behandeling. Trombolysen is een behandeling met klonteroplossend middel dat intraveneus wordt toegediend. Het enige product dat momenteel voor trombolysen wordt gebruikt is recombinant



Figuur 1: Samenvatting indeling en behandelingen van een CVA.

tissue plasminogen activator (tPA). Deze techniek werkt echter niet voor alle patiënten. Bovendien is er een risico dat trombolysie een bloeding in de hersenen (hemorragische omvorming) of op een andere plek in het lichaam veroorzaakt.

Bij een grote bloedvatocclusie (large vessel occlusion of LVO) is een mechanische trombectomie (MT) een gebruikelijke behandeling. Een interventieradioloog gebruikt dan een katheder om gespecialiseerd gereedschap in de hersenslagaders in te brengen en de bloedklonter mechanisch te verwijderen. Een MT wordt tot 6u na optreden van symptomen gebruikt worden en levert goede resultaten. Bovendien is de kans op een hemorragische omvorming kleiner aangezien geen klonteroplossend middel gebruikt wordt. MT vereist gequalificeerd personeel en heeft een hogere kostprijs.

In het geval van een hemorragische beroerte is het aan de chirurg om in te schatten of een hersenoperatie zinvol is of niet. In sommige gevallen kan een dergelijke operatie de bloeding evacueren. Bloed of hersenvocht wordt dan afgevoerd om de druk op gezond hersenweefsel te verminderen of intracranieële overdruk te vermijden. Diepgelegen bloedingen zijn operatief moeilijker te verwijderen omdat er meer procedurele schade optreedt [18] [19]. In figuur 1 is de indeling en mogelijke behandelingen van de CVA schematisch weergegeven.

Na de acute behandeling begint de revalidatie. In deze fase bouwt de patiënt zoveel mogelijk van de verloren functies terug op. Het succes van de revalidatie is sterk wisselend. Na de revalidatie kan de patiënt in het beste geval weer naar huis toe. Soms heeft de patiënt nood aan extra blijvende zorg die thuis niet verleend kan worden. In dat geval is plaatsing in een woonzorgcentrum vereist.

Een wijd verspreide schaal om de uitkomst van CVA patiënten in te schatten is de modified ranking scale (mRS). Dit is een schaal gaande van 0 tot 6, waarbij 0 aanduidt dat de patiënt geen blijvende symptomen heeft en 5 dat de patiënt blijvend invalide en continu en volstrekt zorgafhankelijk is. De waarde 6 duidt overlijden aan [20]. Een uitgebreidere bespreking van deze schaal is toegevoegd in bijlage A.

2.2 CVA in oost Vlaams-Brabant

In het universitair ziekenhuis Gasthuisberg te Leuven gebeurt de laatste jaren veel onderzoek om de zorg voor CVA patiënten in oost-Vlaams Brabant (OVB) te optimaliseren.

Noodoproepen in OVB komen binnen op de nooddispatch. De medewerkers van de dispatch schatten de ernst van de noodoproep in. Voor een CVA wordt gebruikelijk een paramedisch interventieteam (PIT) uitgestuurd. In een dergelijke PIT zijn verpleegkundigen met extra achtergrond in medische spoedverlening aanwezig. Zij kunnen meer gespecialiseerde zorg toedienen dan een gewone ziekenwagen [22]. Wanneer een ziekenwagen zich meer dan drie minuten dichterbij de patiënt bevindt dan het dichtstbijzijnde beschikbare PIT, zal de ziekenwagen verkozen worden boven het PIT. Deze laatste uitzondering staat bekend als de 'drieminutenregel' (DMR). Voor een CVA patiënt wordt de ziekenwagen steeds bijgestaan door een mobiele urgentiegroep (MUG). In een dergelijke MUG bijstand reist steeds een urgentiearts mee.

Wanneer de zorgverleners ter plaatse zijn, wordt de patiënt naar een ziekenhuis gebracht. In OVB zijn vier ziekenhuizen: AZ Diest, RZ Tienen, RZ Heilig Hart en UZ Gasthuisberg. Normaliter zijn de hulpdiensten verplicht de patiënt naar het dichtstbijzijnde ziekenhuis te brengen. Enkel de urgentiearts van de MUG kan beslissen om de patiënt naar een ander ziekenhuis te brengen. Niet elk van deze ziekenhuizen biedt immers alle zorg aan. In AZ Diest is geen specifieke zorg voor CVA-patiënten voorzien. RZ Tienen en RZ Heilig Hart bieden enkel een tPA-behandeling voor ischemische beroertes aan. In UZ Gasthuisberg daarentegen kunnen ook gespecialiseerdere behandelingen en chirurgische ingrepen plaatsvinden. Daarbij kan de tijd tussen aankomst in het ziekenhuis en het ontvangen van de juiste behandeling (door-to-treatment tijd) verschillen naargelang het ziekenhuis.

Indien de patiënt na aankomst in het ziekenhuis een behandeling vereist die niet in dat ziekenhuis wordt aangeboden, wordt de patiënt overgebracht naar een ander ziekenhuis dat wel de gepaste behandeling aanbiedt. Deze strategie staat bekend als de 'drip-and-ship' (D&S) methode. Een dergelijke extra verplaatsing gaat gepaard met een belangrijk tijdverlies dat drastische gevolgen kan hebben.

Daarom zijn studies uitgevoerd naar een 'mothership approach' (MSA) voor OVB. In een dergelijk organisatiemodel worden CVA patiënten steeds onmiddellijk naar het ziekenhuis met de meeste

faciliteiten (Gasthuisberg) gebracht, zelfs indien een ander ziekenhuis dichterbij is.

Lanneau (2019) stelde vast dat onder de aanname dat de tijd tussen aankomst in het ziekenhuis en het ontvangen van adequate behandeling (door-to-treatment tijd) in de regionale ziekenhuizen 50 procent hoger is dan die in Gasthuisberg, een MSA de efficiëntere oplossing is voor CVA patiënten in heel OVB. Overschakelen naar een MSA zou de tijd tussen start van de symptomen en het ontvangen van de correcte behandeling verkorten met 35 tot 60 minuten [21].

2.3 Mobile Stroke Unit

2.3.1 Algemeen

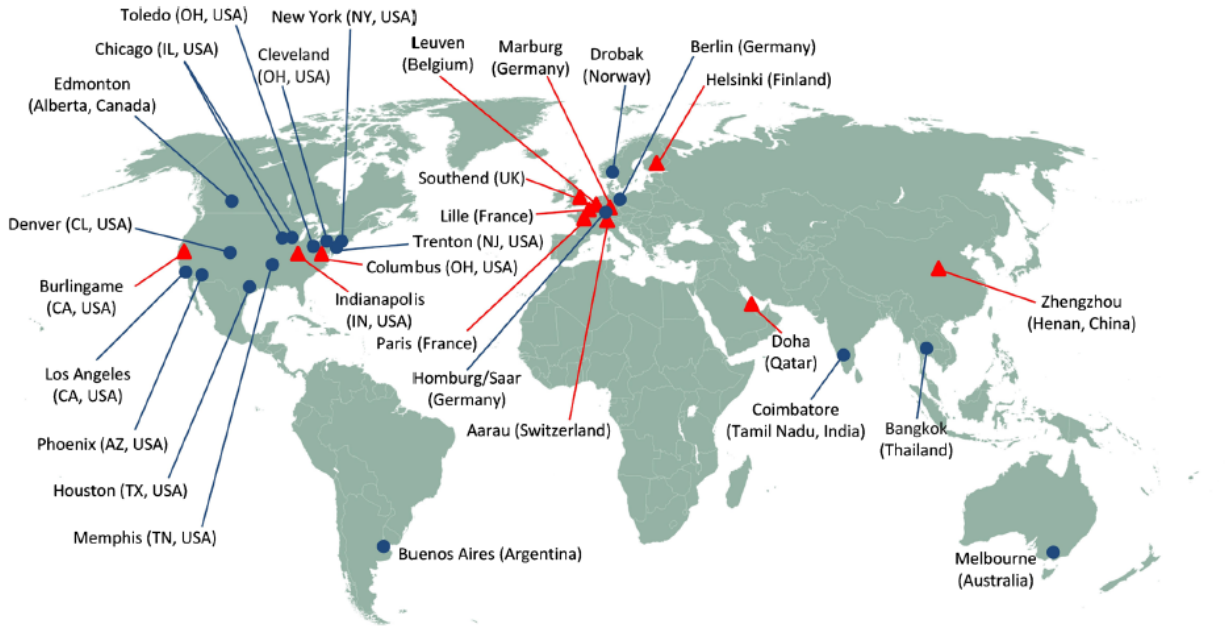
De kans op goede uitkomst van een CVA patiënt is sterk afhankelijk van de tijd tot het ontvangen van de juiste behandeling. Bij elke verloren minuut sterven immers meer neuronen af. Bovendien zijn vele behandelingen slechts tot een aantal uur na het optreden van de eerste symptomen zinvol. Patiënten die binnen de eerste 90 minuten na het optreden van de symptomen behandeld worden, hebben ongeveer dubbel zoveel kans op goede uitkomst (mRS van 0 of 1) als patiënten die pas na drie uur behandeld worden [10]. Daarom spreekt men ook over het eerste 'gouden uur' [23].

In de afgelopen jaren is de efficiëntie in het ziekenhuis enorm verhoogd om de door-to-treatment tijd te optimaliseren. Extra tijdswinsten zijn nu vooral te zoeken in het zorgproces voor aankomst in het ziekenhuis. Met dit doel voor ogen, heeft de Mobile Stroke Unit (MSU) zijn intrede gedaan [24]. De Mobile Stroke Unit (MSU) is een gespecialiseerde ziekenwagen uitgerust met een CT-scanner en de middelen om onder andere tPA behandelingen uit te voeren. Gespecialiseerd personeel bemant deze ziekenwagen en staat bovendien via een telecommunicatielijn in contact met een specialist in het ziekenhuis [25] [26].

Wereldwijd ontvangt slechts 5 procent van de patiënten die ervoor in aanmerking komen een tPA behandeling [27]. Voornamelijk omdat ze te laat aankomen in het ziekenhuis. Door de CT-scanner naar de patiënten toe te brengen, kan nog voor de aankomst in het ziekenhuis een ischemische van een hemorragische beroerte onderscheiden worden. In het geval van een ischemische beroerte kan de tPA behandeling onmiddellijk in de ziekenwagen starten. Zo kan een MSU het aantal patiënten dat een tPA behandeling krijgt positief beïnvloeden [5] [28] .

Ook indien de patiënt niet geschikt blijkt voor een tPA behandeling, levert de MSU een voordeel. Grote bloedvatocclusies en hemorragische beroertes kunnen herkend worden en de patiënt kan onmiddellijk naar een ziekenhuis gebracht worden dat de geschikte behandeling aanbiedt. Zo wordenodeloze ziekenhuistransfers vermeden [29] [30]. Daarbij kunnen ook andere neurologische behandelingen zoals bloeddrukcontrole of intraveneuze anti-epileptica onmiddellijk in de MSU van start gaan [31].

De MSU is oorspronkelijk een Duits ontwerp. Fassbender et al. (2003) publiceerden als eersten



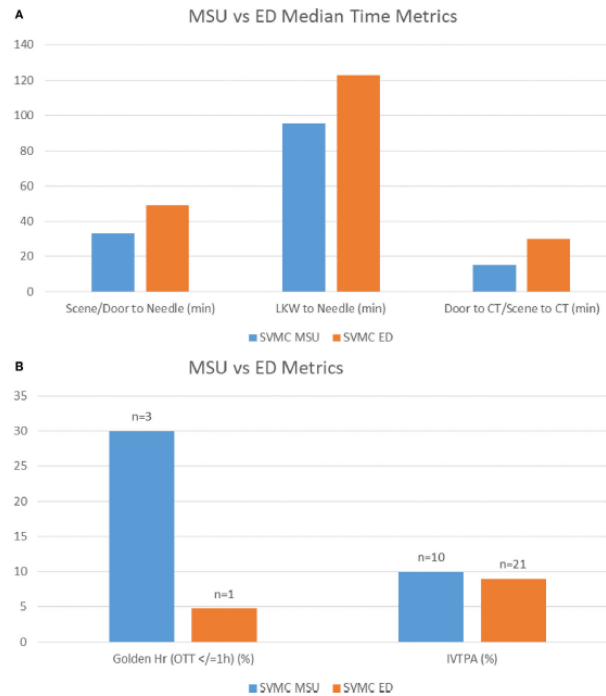
Figuur 2: MSU wereldwijd aangeduid in blauw. MSU in voorbereiding in rood [34].

over de MSU. De eerste functionele MSU deed zijn intrede in 2010 in Homburg, Duitsland [25]. Walter et al. (2012) stelden dat deze implementatie succesvol was verlopen en een significante tijds winst voor de behandeling van patiënten met een ischemische beroerte werd behaald [32]. Een jaar later ging in Berlijn een tweede project van start. Ook hier werd de effectiviteit van deze MSU tegenover de conventionele beroertezorg gevalideerd met de 'prehospital acute neurological therapy and optimization of medical care in stroke patients - study' (PHANTOM-S) [33]. Niet veel later heeft de MSU internationale aandacht gekregen. In augustus 2018 zijn wereldwijd reeds 19 MSU's in werking, en zijn er nog eens meer dan 10 in voorbereiding zoals weergegeven in figuur 2. Dit aantal blijft elk jaar stijgen [34].

2.3.2 Evaluatie

In 2016 is in Toledo (Ohio) de eerste MSU gelanceerd die 24/7 opereert. Calderon et al. (2018) publiceerden na 6 maand een evaluatie van de performantie van deze eenheid.

In deze 6 maand is de MSU 248 keer uitgereden. In 143 van deze gevallen heeft de gespecialiseerde ziekenwagen onderweg zijn route afgebroken omdat een ander noodteam bevestigde dat het niet om een CVA patiënt ging. Van de overige 105 patiënten kregen 10 een tPA behandeling in de MSU. Bij nog eens 8 werd een ischemische beroerte vastgesteld waarvoor een tPA behandeling onvoldoende zou zijn. Deze zijn onmiddellijk naar het juiste ziekenhuis gebracht. Verder zijn 14 patiënten behandeld met anti-epileptica en is bij 19 patiënten een bloeddruk behandeling gestart.



Figuur 3: A: Tijdswinst bij MSU in Toledo, B: percentage patiënten dat tPA behandeling kreeg [31].

De resultaten van de extra tijdswinst die de MSU opleverde zijn samengevat in figuur 3A en B, waar ED voor de conventionele beroertebehandeling staat (Emergency Department). In figuur 3A stelt 'Scene/door to Needle' of 'Scene/door to CT' de tijd tussen aankomst ter plaatse (MSU) of in het ziekenhuis (conventionele ziekenwagen) tot de behandeling of de CT-scan voor. 'LKW to Needle' staat voor de tijd tussen het optreden van symptomen (Last Known Well) en het krijgen van de behandeling. Een tijdswinst van symptomen tot behandeling van 25 minuten is waar te nemen.

In figuur 3B zijn het aantal patiënten dat een tPA behandeling hebben ontvangen in het eerste gouden uur voorgesteld samen met het totaal aantal patiënten dat een tPA heeft ontvangen [31]. Het aantal tPA behandelingen binnen het gouden uur stijgt aanzienlijk.

Ook over de MSU in Berlijn is een uitgebreide evaluatie gebeurd. Deze zou tussen mei 2011 en januari 2013 614 keer uitgereden zijn voor een CVA patiënt. Van deze 614 patiënten kreeg 32.6 procent tPA behandeling. Van de 1497 CVA patiënten die niet door de MSU zijn opgevangen, kreeg slechts 22 procent tPA behandeling. Bovendien is het aantal patiënten dat behandeling ontving in het eerste gouden uur verzesvoudigd. Deze resultaten zijn in lijn met andere resultaten van MSU in stedelijke omgevingen wereldwijd [23].

Ook in een minder stedelijke omgeving zijn positieve resultaten gevonden. In een voorstedelijke

gemeenschap met zes dorpen in de VSA is het effect van een MSU opgevolgd. Ook hier is in de alarm-to-treatment tijd een tijdswinst van 20 tot 25 minuten merkbaar voor de MSU ten opzichte van normale ziekenwagens. De populatie waaruit deze gegevens voortkomen is nog te klein om conclusies te kunnen trekken (slechts 7 patiënten), maar dit is een hoopgevend eerste signaal [35].

Holodinsky (2018) stelde vast dat een MSU niet altijd een goede oplossing is. Niet alle ischemische beroertes kunnen immers in de MSU behandeld worden. In het geval van een grote bloedvatocclusie is de meerwaarde van een vroegere tPA behandeling nog betwist. Indien in deze gevallen de MSU ook geen voordeel kan leveren door extra ziekenhuistransfers te voorkomen (bijvoorbeeld voor patiënten die zich reeds in de zorgomgeving van een gespecialiseerd ziekenhuis bevinden), levert de MSU enkel een extra tijdsverlies. De diagnose in de MSU brengt namelijk een extra vertraging met zich mee. Daarom is in sommige omstandigheden een MSU niet verkieslijk [36].

Ook in OVB is interesse in de MSU gegroeid. Een project is gaande om de effectiviteit van een MSU in UZ Gasthuisberg in Leuven te valideren [10] [29].

2.3.3 Invloedsfactoren voor performantie

De randvoorwaarden waaronder een MSU opereert bepaalt voor een groot stuk de effectiviteit. Zo is bijvoorbeeld de plaatsing van de MSU stations van cruciaal belang. De MSU zal beter presteren naarmate hij dichter geplaatst is bij centra van verhoogd risico op beroertes, zoals wijken met ouderen [37].

Een studie in Texas onderzocht of het voordeliger is een neuroloog mee te nemen in de MSU in plaats van de gebruikelijke telecommunicatielijn tussen plaatselijke zorgverleners en specialisten in het ziekenhuis. Bowry et al. (2018) concluderen dat indien de neuroloog snel bij de situatie betrokken wordt en de resultaten van de CT-scan onmiddellijk worden doorgestuurd er geen verschil in efficiëntie valt waar te nemen tussen een neuroloog ter plaatse en een telecommunicatielijn [26]. Een andere belangrijke invloedsfactor voor de performantie van de MSU is de accuraatheid van de informatie doorgegeven door de nooddispatch. Wanneer de nooddispatch een beroerte meldt aan het ziekenhuis, zal de MSU uitrijden. Uit ervaring blijkt dat vaak in minder dan 1 op 3 CVA-meldingen, de patiënt in een dergelijke situatie ook werkelijk aan een CVA lijdt [38]. In deze gevallen kan het uitrijden van de MSU (in plaats van een normale ziekenwagen) tot extra tijdsverliezen leiden. Dit kan een negatief effect hebben voor de patiënt. Bovendien is de MSU dan onbeschikbaar om andere patiënten op te vangen. Een goed functionerende dispatch is dus aangewezen.

Tot slot valt op te merken dat ook ervaring een rol speelt in de performantie van een MSU. In het algemeen stijgt de efficiëntie van een MSU over de jaren. Ervaring van het gespecialiseerde personeel leidt dus tot tijdswinsten en betere uitkomsten voor de patiënten [39].

2.4 Simulatie in de zorgsector

In het verdere verloop van de thesis zal gebruik gemaakt worden van simulatietechnieken om de gevolgen van de introductie van een MSU in OVB in te schatten. Deze sectie geeft meer inzicht in het gebruik van simulaties in de zorgsector.

2.4.1 Algemeen

De zorgsector is een groeiende sector. De eisen aan de geleverde diensten worden steeds hoger terwijl er vaak strikte budgetlimieten heersen. Innovatie in organisatie om de beschikbare middelen zo efficiënt mogelijk te vertalen naar patiënttevredenheid is vereist. Typische problemen waarmee de zorgsector wordt geconfronteerd zijn de reductie van wachttijden, het verlagen van de kosten door efficiënter gebruik van middelen en het verhogen van de kwaliteit van de geleverde zorg. Experimenteren met de efficiëntie van nieuwe organisatorische modellen in een ziekenhuis is duur en kan een slechte impact hebben op de kwaliteit van de zorgverlening. Simulatie biedt hier een uitweg [45]

Verscheidene sectoren steunen al lang op simulaties. Voornamelijk in de militaire en commerciële sector worden simulaties wijd ingezet. Jahangirian et al. (2012) toonde in zijn paper aan dat hoewel de zorgsector steeds meer op simulaties vertrouwt, zij nog niet dezelfde maturiteit hebben bereikt als de andere sectoren. De zorgsector gebruikt nog vele simulatietechnieken niet, die elders wel al met succes worden toegepast. Bovendien worden de resultaten verkregen uit de simulaties vaak niet gebruikt in de uiteindelijke beslissingsvorming. Als mogelijke oorzaak haalt Jahangirian aan dat de grote organisaties voor zorgdiensten vaak minder flexibel zijn dan grote commerciële bedrijven. Zij staan minder open voor verandering, deels wegens de lak aan concurrentie. Verder is ook dataverzameling in de medische sector vaak bemoeilijkt door strikt privacybeleid [6].

Zowel Jahangirian als Brailsford (2009) toonden aan dat de zorgsector wel steeds meer interesse toont in simulatie als hulpmiddel voor organisatorische beslissingsvorming. Zo stelde Brailsford et al. vast dat de literatuur over simulatie in de zorgsector in 2009 steeg met een recordtempo van 10 000 publicaties per jaar [6].

Met een simulatie kan heel flexibel de invloed van organisatorische veranderingen, extra infrastructuur of aanpassing in procedures ingeschat worden. Typische toepassingsgebieden voor simulaties in de zorgsector zijn de efficiënte inplanning van patiëntraadplegingen en personeelsshiften, de optimalisatie van de bezetting van het operatiekwartier (OK), de optimale organisatie in de spoedafdeling, het bepalen van de invloed van procedureveranderingen, de optimalisatie van het aantal bedden en de kamergroottes, het anticiperen op stijging van het aantal patiënten,...

Met een simulatie kan ook eenvoudig ingezien worden welke (externe) factoren een cruciale invloed hebben op de zorgverlening voor de patiënt. In een simulatie wordt de realiteit gemodelleerd en de

invloed van alle invloedsfactoren gekwantificeerd. Door de gepaste parameters aan te passen kan eenvoudig de gevoeligheid van het systeem aan een bepaalde factor ingeschat worden [45] [48].

Verder kunnen simulaties ook helpen om budgetten op te stellen. Projecten worden immers enkel uitgevoerd indien zij een bepaalde grenswaarde aan kostenreductie verwezenlijken of indien zij de zorgverlening naar de patiënt verbeteren. Een goede simulatie kan voorspellen of de grenswaarde aan kostenreductie bereikt is. Op die manier kan het ziekenhuismanagement beslissen of zij het project laten doorgaan, voor welke elementen speciale aandacht moet zijn en welk budget ze het toekennen [49].

2.4.2 Simulatiemethoden

Drie simulatiemethoden domineren in de zorgsector: Discrete event simulation (DES), System Dynamics (SD) en Agent-based modelling (ABM). Deze sectie bespreekt elk van deze drie simulatiemethoden.

In een *discrete event simulation (DES)* kan de staat van het systeem enkel door een 'gebeurtenis' veranderen. Een dergelijke gebeurtenis kan zich op eender welk discreet tijdstip voordoen [45]. Voorbeelden zijn de aankomst van een patiënt in de spoedafdeling, het vertrek van een patiënt, de melding van een noodgeval,...

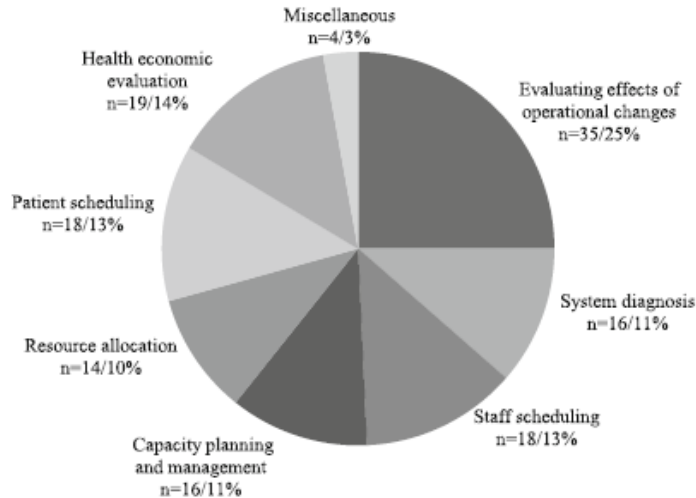
Naast gebeurtenissen zijn eenheden, voorraden, handelingen en controle elementen basisbegrippen in een DES.

Eenheden zijn de objecten of personen die doorheen het systeem bewegen. In de ziekenzorg zijn dit vaak patiënten. Eenheden veroorzaken gebeurtenissen. De status van een eenheid kan actief zijn, maar ook 'wachtend'. De eenheid wacht dan op een bepaald punt in de toekomst waarop een handeling zal plaatsvinden, zoals zijn vertrek uit het ziekenhuis. Er zijn twee mogelijke redenen waarom een eenheid moet wachten. Ten eerste is het mogelijk dat de eenheid wacht op het verstrijken van tijd (bijvoorbeeld wanneer een patiënt behandeling krijgt of moet rusten). Ten tweede kan een eenheid wachten tot een bepaalde voorraad vrijkomt (zoals een OK). Eenheden kunnen extern door de programmeur gecreëerd zijn, maar ook intern door het simulatieprogramma zelf.

Vorraden leveren een dienst in het systeem, maar zijn in capaciteit beperkt. Voorbeelden zijn een OK, ziekenwagens, bedden in een revalidatiecentrum,... De eenheden maken gebruik van de voorraden, maar moeten er soms op wachten.

Controle elementen regelen wanneer een eenheid gebruik kan maken van een voorraad. Zij stellen bepaalde voorwaarden op aan het systeem [50] [51].

DES is de populairste simulatietechniek in de zorgsector [45]. Zhang (2018) onderzocht voor welke toepassingen binnen de zorgsector DES gebruikt wordt [52]. De resultaten zijn samengevat in figuur 4. DES wordt in de eerste plaats gebruikt om de effecten van operationele veranderingen in



Figuur 4: Toepassingsgebieden van DES in de zorgsector [52].

te schatten en in de tweede plaats om projecten economisch te valideren. Het gebruik van DES in het eerstgenoemde blijft ook nog steeds toenemen.

System Dynamics (SD) legt meer de focus op de dynamische, continue aard van het probleem. Er zijn nu geen eenheden en discrete gebeurtenissen meer, maar wel stromen en voorraden [53]. De voorraden veranderen continu over de tijd, afhankelijk van de in- en uitstroom. Feedbackkoppelingen stellen het hele systeem onderling in verband. Veranderingen in één stroom kunnen dus het hele systeem beïnvloeden.

Een belangrijk verschil met een DES is dat het niet mogelijk is een bepaalde eenheid te volgen doorheen het systeem. Een ander verschil is dat DES in het algemeen van stochastische aard is. De gebeurtenissen worden gecreëerd volgens een bepaalde stochastische distributie. SD daarentegen is deterministisch van aard. De sturende parameters in SD zijn constante waarden zoals gemiddelden. SD wordt klassiek het vaakst gebruikt voor besluitvorming op een strategisch niveau, terwijl DES de voorkeur geniet op operationeel niveau [52] [54]. Het is echter reeds geargumenteed dat vele problemen zowel via DES als via SD kunnen aangepakt worden, zonder significant verschil in complexiteit, inzicht in het model of interpreteerbaarheid van de resultaten [55].

Agent Based Modelling (ABM) is een meer recente simulatietechniek, die de laatste jaren grote interesse heeft opgewekt [56]. Met deze techniek worden agenten gedefinieerd die volgens een aantal basisregels met elkaar interageren. Alle agenten kennen een aantal eenvoudige voorgeprogrammeerde regels, maar kunnen toch heel verschillend gedrag vertonen naargelang hun specifieke situatie. Zo beschikken agenten bijvoorbeeld over een geheugen. Hun gedrag kan veranderen naargelang hun eerder opgedane ervaring. Daarbij kunnen zij ook sterven of nieuwe agenten creëren (kinderen). Op welke manier de agenten met elkaar in contact kunnen komen is op voorhand vastgelegd door

de netwerkstructuur.

Agenten kunnen ook reageren op hun omgeving. Zieke agenten kunnen bijvoorbeeld naar een ziekenhuis gaan en daar mogelijks genezen. Zij kunnen zich ook verplaatsen tussen steden of zelfs via luchthavens naar heel andere delen van de wereld reizen [57].

Dit model leent zich uitstekend om sociale systemen te onderzoeken waar onderlinge (menselijke) interactie een grote rol speelt. Voorbeelden zijn menselijk koopgedrag, verspreiding van epidemieën, de beurs en zelfs oorlogstactieken [56].

2.4.3 Simulatiesoftware

In het volgende worden een aantal populaire softwarepakketen voor DES besproken, aangezien deze techniek verder in deze thesis nog uitvoerig gebruikt is [60].

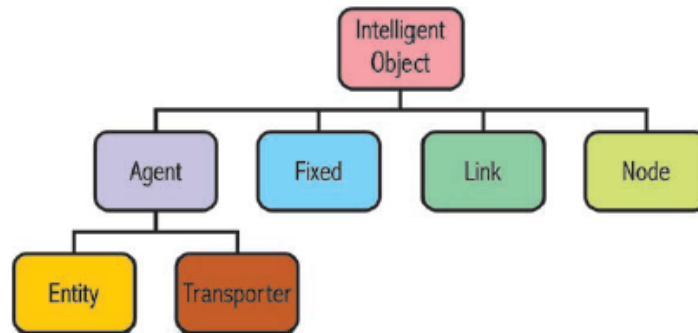
Arena is het meest gebruikte softwarepakket voor discrete event simulaties. Het is een gebruiksvriendelijke, object georiënteerde taal met veel grafische ondersteuning en animaties. Verder beschikt het over een dynamisch dashboard dat de programmeur in staat stelt de gewenste informatie interpreteerbaar voor te stellen. Ook maakt een Excel interface het mogelijk om inputparameters eenvoudig aan te passen en de invloed op de outputparameter vast te stellen. Zo maakt *Arena* het eenvoudig om de gevoeligheid van een systeem aan bepaalde parameters te bepalen. Bovendien is het in *Arena* mogelijk om verschillende soorten eenheden te gebruiken binnenin dezelfde simulatie [45].

Medmodel is een simulatiepakket dat speciaal ontworpen is voor de zorgsector. Het heeft een aantal ingebouwde functies die van pas kunnen komen voor typische problemen zoals patiëntplanning, bed management of OK planning. Ook kan het informatie inladen vanuit verschillende soorten inputfiles [58] [59].

Ondanks het feit dat *Medmodel* specifiek voor de zorgsector is ontworpen, is het toch niet de meest gebruikte simulatietechniek in de zorgsector. Gebruikers hebben een voorkeur voor *Arena*, vermoedelijk omdat dit softwarepakket ook eenvoudig in andere sectoren kan worden ingezet [60].

SIMIO (SIMulation modeling framework based on Intelligent Objects) wordt typisch gebruikt om complexe problemen op te splitsen in deelproblemen, wat in de zorgsector vaak vereist is. De bouwstenen van *SIMIO* zijn intelligente objecten. Er zijn standaard zes klassen van intelligente objecten ingebouwd in het softwarepakket. Deze zijn weergegeven in figuur 5. De gebruiker kan nieuwe objectklassen definiëren door eigenschappen van reeds bestaande klassen te combineren (composition), de eigenschappen van een bestaande klasse te specialiseren (inheritance) of een volledig nieuwe eigen klasse ontwikkelen. Via de *SIMIO* scheduling software is het bovendien mogelijk een ontwikkeld model verscheidene keren uit te voeren, met steeds lichtjes verschillende inputparameters. Zo is het mogelijk snel in te zien welke inputparameters grote gevolgen hebben

op de outputparameters [45].



Figuur 5: Onderverdeling van intelligente objecten in SIMIO [45]

Simevents is een onderdeel van Simulink, wat op zijn beurt onderdeel is van Matlab. Hoewel Simevents een omgeving is specifiek gericht op DES, is het toch geen gebruikelijke omgeving om DES in te ontwikkelen. In 2016 bracht Mathworks echter een nieuw framework voor Simevents uit, die vele verbeteringen met zich meebracht [61]. Bovendien heeft Simevents nog een aantal andere voordelen tegenover andere simulatiesoftware. Matlab biedt naast Simevents een enorme waaier aan andere functies aan. Voor gebruikers die om andere redenen reeds een licentie hebben voor Matlab, is het gebruik van Simevents dus een economische oplossing. Ook in de academische wereld is Matlab een wijd verspreid softwarepakket. Daarbij is Matlab goed gedocumenteerd, wat het gebruik van Simevents voor onervaren gebruikers sterk vergemakkelijkt.

2.4.4 Voorbeelden van discrete event simulaties voor het CVA zorgtraject

Bij de zorg voor beroertepatiënten is een goede afstemming en optimalisatie van het volledige zorgtraject vereist. Dit systeem bevat onder andere maatregelen tot beroertepreventie, een snelle en correcte ingreep in geval van een CVA, verplaatsing naar een gepast revalidatiecentrum en de eventuele plaatsing in een woonzorgcentrum. Elk van deze stappen staat met elkaar in verband. Indien een patiënt te laat behandeld wordt, verlaagt zijn kans op goed herstel en verhoogt de kans dat hij in een woonzorgcentrum belandt. Zo ontstaat extra druk op de revalidatie- en woonzorgcentra. Wachtrijen voor deze centra zijn vaak lang. Door deze wachtrijen houden patiënten die vanuit een medisch standpunt klaar zijn om te vertrekken, toch bedden bezet in het ziekenhuis of revalidatiecentrum. Dit fenomeen van 'bedblocking' leidt tot frustratie bij de patiënten, maar ook tot een slechter revalidatieproces. Daarbij kost dit de overheid handenvol geld.

Bayer et al. (2010) ontwikkelde een DES om het volledige zorgtraject voor beroertepatiënten in kaart te brengen. Deze simulatie schatte de gevolgen in van een aantal organisatorische ingrepen

zoals de introductie van teleradiologie (een methode om CT-scans 24 uur per dag uit te kunnen voeren), een capaciteitsvergroting van de beroertedienst en de revalidatiecentra en de introductie van thuiszorg en thuisrevalidatie. Met deze studie was Bayer niet alleen in staat om realistische inschattingen te maken van de invloed van bovenstaande ingrepen, maar maakte hij ook kenbaar dat simulaties zinvolle inzichten kunnen geven voor een dergelijk groot en complex probleem. Bovendien geeft de activiteit van het modelleren zelf vaak onmiddellijk meer inzicht in de probleemstelling [62].

Chemweno et al. (2016) bouwden op dit inzicht verder en ontwikkelden een DES van het volledige zorgtraject voor CVA patiënten voor het universitair ziekenhuis Gasthuisberg (GHB) en een bijhorend revalidatiecentrum in Pellenberg met een gescheiden afdeling voor geriatrische en niet-geriatrische patiënten. Met als doel om de wachttijden van de patiënten te minimaliseren, testten zij vijf nieuwe scenario's: een capaciteitsvergroting van het ziekenhuis, het (geriatrische) revalidatiecentrum en de woonzorgcentra, de introductie van een gemeenschappelijke buffer voor de geriatrische en niet-geriatrische afdeling en een verkorting van de minimale verblijftijd van patiënten in het ziekenhuis of het revalidatiecentrum. Uit deze experimenten bleek dat voornamelijk de introductie van een gemeenschappelijke buffer, of een herverdeling van het aantal bedden in de geriatrische en niet-geriatrische afdeling van het revalidatiecentrum aanzienlijke positieve effecten heeft op de wachttijden. In dit onderzoek is blootgelegd dat de niet-geriatrische afdeling van het revalidatiecentrum te weinig capaciteit heeft en een belangrijk knelpunt is in de patiëntenstroom. Verder stelde het onderzoek vast dat een verkorting van de medische verblijftijd en capaciteitsuitbreiding van het ziekenhuis geen grote wachttijdvermindering veroorzaakt [63].

Aanvullend aan deze studie publiceerde Wannijn (2018) een samenvattende thesis van de mogelijke logistieke verbeteringen in het zorgtraject voor CVA patiënten in dit ziekenhuiscomplex. Opnieuw is een DES gebruikt om de eerder besproken voorstellen te evalueren, zowel afzonderlijk als in onderlinge combinatie. Dit onderzoek gaf aan dat een optimalisatie van het transport van patiënten tussen GHB en het revalidatiecentrum - dat nu slechts op één dag per week plaatsvindt - een significante verbeteringen op de patiëntendoorstroming verwezenlijkt [65].

Bogle et al. (2017) focusten op ischemische patiënten met een grote bloedvatocclusie. Deze patiënten vereisen een intra-arteriële trombolysie of een mechanische trombectomie (endovasculaire behandeling). Niet elk ziekenhuis biedt dit aan. Met behulp van een DES is een grens gesteld aan de extra rijtijd die een ziekenwagen mag accepteren om een patiënt met vermoedelijke nood aan gespecialiseerdere behandeling onmiddellijk naar het correcte ziekenhuis te brengen [66].

In Nederland is in 2013 een studie uitgevoerd naar de invloed van centralisatie van ziekenhuisnetwerken op de zorgverlening voor CVA patiënten. Er wordt dan overgestapt van een D&S naar een MSA. Opnieuw is een simulatie gebruikt om de gevolgen van een dergelijke grootschalige organisatorische maatregel in te schatten. Door over te schakelen op een MSA zou het percentage aan

patiënten dat tPA behandeling krijgt verhogen met 6,6% [67].

In een vergelijkende studie over een D&S en MSA in OVB (cfr. hoofdstuk 'Zorgpaden in oost Vlaams-Brabant') maakte Lanneau (2019) ook een eerste inschatting van de invloed van de introductie van een MSU in GHB [21].

Om de volledige potentiële impact van een MSU in OVB in te schatten is echter een dieper onderzoek vereist. In de volgende hoofdstukken wordt deze probleemstelling verder uitgewerkt.

3 Onderzoeksvragen

Dit hoofdstuk gaat in op de probleemstelling van de thesis. Drie duidelijk afgeleide onderzoeksvragen worden geformuleerd.

In UZ Leuven zijn voorbereidingen getroffen om een MSU te implementeren. Deze thesis heeft als doel de invloed van een MSU in UZ Leuven op de zorg voor patiënten met een ischemische beroerte te bepalen.

Het is in het geval van een ischemische beroerte van primair belang de patiënt zo snel mogelijk te behandelen. Twee behandelingen zijn gebruikelijk: een behandeling met klonteroplossend middel (tPA behandeling) en een mechanische trombectomie (MT). Deze laatste behandeling wordt toegepast in geval van een large vessel occlusion (LVO).

In het vorige hoofdstuk is geïllustreerd dat de MSU potentieel heeft om de tijd tot toediening van tPA behandeling te verlagen. Voornamelijk het aantal patiënten dat binnen het eerste gouden uur behandeling ontvangt zou stijgen. Ook komen door deze tijds winst meer patiënten in aanmerking voor de behandeling. Daarbij is de MSU ook voordelig voor patiënten met een LVO of een hemorragische beroerte. Door diagnose in de MSU worden immers zinloze interhospitaaltransfers (IHT) vermeden.

De MSU kan ook negatieve effecten hebben. De informatie gegeven door de nooddispatch is vaak onvoldoende om in te kunnen schatten of de patiënt aan een CVA lijdt of niet. Een MSU rijdt typisch uit wanneer de dispatch een verzoek voor een PIT indient en er vermoeden is van een CVA. De patiënt komt dan in het algemeen vertraagd aan in het ziekenhuis vanwege de diagnose en onderzoeken die gebeurd zijn in de MSU en de langere rijtijd. Indien de faciliteiten van de MSU geen voordeel opleveren voor de patiënt, dan ondervindt de patiënt nadeel door de vertraagde aankomst in het dichtstbijzijnde ziekenhuis. Bovendien is de MSU dan onbeschikbaar voor andere patiënten die eventueel wel voordeel zouden ondervinden.

Het bovenstaande negatieve effect van de MSU onderstreept het belang van gunstige omgevingsfactoren zoals goede informatieverschaffing. De effectiviteit van de MSU is sterk afhankelijk van externe factoren zoals de heersende organisatie voor patiëntvervoer (zie hoofdstuk 2.2), de kwaliteit van de informatieverschaffing van de nooddispatch, de efficiëntie van behandeling en doorverwijzing in naburige ziekenhuizen en de werkuren waarin de MSU operatief is. Daarenboven is in GHB momenteel geen bemanning voor de MSU voorzien. De MSU kan enkel uitrijden wanneer een PIT team beschikbaar is om de MSU te bemannen. Daarom is ook het opleiden van een team specifiek voor de MSU een invloedsfactor voor de effectiviteit van de MSU.

Tot slot hoeft het werkgebied van de MSU niet beperkt te zijn tot OVB. Aangezien GHB niet centraal in OVB ligt, is het mogelijk dat het optimale werkgebied van de MSU tot buiten de grenzen van OVB reikt.

Uit de bovenstaande conclusies zijn drie onderzoeksvragen gedestilleerd. Het antwoord op deze vragen geeft een goed beeld op de effectiviteit van een MSU in GHB.

Onderzoeksvragen:

1. Wat is de invloed op de effectiviteit van een MSU in UZ Leuven voor patiënten met een ischemische beroerte in OVB van veranderingen zoals
 - (a) een uitzondering op de drieminutenregel voor de MSU?
 - (b) een daling in de sensitiviteit en de specificiteit van de nooddispatch?
 - (c) een stijging in de door-to-treatment tijd van de perifere ziekenhuizen?
 - (d) een stijging in de door-to-door tijd bij interhospitaaltransfers?
 - (e) het 24/7 operatief houden van de MSU?
 - (f) het opleiden van een MSU team zodat de MSU niet afhankelijk is van PIT personeel?
2. Wat is in een best case, worst case en average case de effectiviteit van een MSU in UZ Leuven voor patiënten met een ischemische beroerte in OVB? Hoeveel extra patiënten zijn op tijd voor behandeling? Wat is de gemiddelde tijdswinst tot behandeling? Wat is de verbetering in kans op goede uitkomst?
3. Wat is in een best case, worst case en average case de effectiviteit van een MSU in UZ Leuven voor patiënten met een ischemische beroerte indien de MSU ook buiten OVB werkzaam is? Hoeveel extra patiënten zijn op tijd voor behandeling? Wat is de gemiddelde tijdswinst tot behandeling? Wat is de verbetering in kans op goede uitkomst?

4 Methodologie

Dit hoofdstuk omschrijft hoe tot een antwoord op de onderzoeksvragen uit hoofdstuk 3 gekomen kan worden.

In de eerste sectie wordt het gebruik van een DES beargumenteerd. De tweede sectie verduidelijkt hoe het model wordt opgebouwd en geverifieerd en hoe de simulatie tot zinvolle conclusies kan leiden. De laatste sectie gaat in op de grenzen van het model, met name wat mee wordt gemodelleerd en wat buiten beschouwing is gelaten.

4.1 Keuze van simulatietechniek

Om de effectiviteit van een MSU in GHB te bepalen, moeten eerst de beschouwde evaluatiecriteria worden gedefinieerd.

In eerste instantie zijn dit de tijdswinst tot tPA behandeling en MT en het aantal extra patiënten dat behandeling krijgt. De tijdswinst tot behandeling van hemorragische beroertes is geen primair beoordelingscriterium omdat nog onvoldoende is aangetoond dat een dergelijke tijdswinst leidt tot betere uitkomst. Een negatief gevolg is het tijdverlies voor patiënten die ook lokaal geholpen konden worden. In het algemeen betreft dit echter minder urgente patiënten.

Uit literatuur kan onvoldoende informatie gevonden worden om deze potentiële verbeteringen in te schatten, aangezien dit sterk afhankelijk is van plaatselijke omstandigheden zoals de ligging van de ziekenhuizen, de bestaande infrastructuur voor patiëntenvervoer en de bevolkingsdichtheid.

Daarom moet voor een realistische inschatting een studie gebeuren specifiek voor OVB. Aangezien het onmogelijk is om te experimenteren met de invoer van een MSU, moet een andere oplossing gevonden worden. Zoals uitvoerig aangehaald in hoofdstuk 2.4, kan simulatie een uitweg bieden.

In de literatuurstudie zijn drie simulatiemethoden besproken: DES, SD en ABM. ABM is niet geschikt voor deze analyse, aangezien de patiënten weinig gekenmerkt zijn door onderlinge sociale interactie. Verder is het belangrijk de stochastische aard van het probleem in te zien. Patiënten ontstaan op een willekeurige locatie in het werkgebied en hun aandoening is aanvankelijk onbekend. Daarenboven is het nodig individuele patiënten door het systeem te volgen om een onderscheid te maken tussen patiënten opgevangen door de MSU en deze door het klassieke zorgtraject. Daarom is DES boven SD verkozen.

Er zijn verscheidene softwarepakketten voor DES beschikbaar. Aangezien de KULeuven over een licentie voor Matlab beschikt, wordt de discrete event omgeving simevents van Mathworks gebruikt. In het verdere verloop van deze thesis worden de effectiviteit van een MSU in GHB bepaald met behulp van een DES in simevents.

4.2 Opbouw en gebruik van het simulatiemodel

Het simulatiemodel heeft als doel de werkelijkheid zo accuraat mogelijk te benaderen. Daartoe wordt eerst de huidige situatie zo volledig mogelijk in kaart gebracht. Vanuit dit referentieniveau (de baseline) kan dan de invloed van veranderingen ingeschat worden.

Om het referentieniveau juist te modelleren is volledige en accurate informatie van de huidige situatie essentieel. Deze informatie komt van verschillende partijen. De benodigde medische informatie is aangereikt door GHB. De federale overheid voorziet de informatie over het huidige netwerk voor patiëntentransport, bevolkingsdichtheid en demografie. Waar de data ontoereikend is, wordt beroep gedaan op literatuur om realistische aannames rond de werkelijkheid te maken.

Het model moet steeds aan de werkelijkheid getoetst worden voor gebruik. Pas wanneer het model succesvol is gevalideerd kunnen zinvolle conclusies getrokken worden.

Vervolgens kan het model gebruikt worden om de onderzoeksvragen te beantwoorden. Allereerst worden de uitgangsparameters bepaald. Deze zijn de gemiddelde tijdswinst voor tPA en MT en het aantal extra behandelingen (zie H4.1). Andere nuttige uitgangsparameters zijn het aantal vermeden IHT, de bezettijd van de MSU en het aantal CVA patiënten die door de MSU zijn opgehaald.

Voor de eerste onderzoeksvraag worden deze parameters twee keer bepaald: één keer zonder MSU en een keer met MSU. Het geval zonder MSU komt overeen met de huidige situatie. Het geval met MSU gaat ervan uit dat de MSU actief is in heel OVB. Vervolgens worden de parameters opnieuw bepaald, maar wordt steeds één ingangsparameter veranderd zoals gespecificeerd in de eerste onderzoeksvraag. De verbetering die de MSU teweeg brengt wordt steeds vergeleken met het referentiegeval zonder MSU.

Afhankelijk van de resultaten van de eerste onderzoeksvraag kan een best case, worst case en average case gedefinieerd worden. In elk scenario worden de uitgangsparameters bepaald voor variërende uitrijperimeter, uitgedrukt in rijminuten. De uitrijperimeter varieert van 0 minuten (de MSU is niet actief) tot heel OVB. De verbetering in tijdswinsten en extra behandelingen worden steeds vergeleken met het geval dat de MSU niet actief is en de verbeteringen in het referentiescenario (baseline scenario). Hiermee is het antwoord op de tweede onderzoeksvraag gevonden.

In de derde onderzoeksvraag wordt het werkgebied van de MSU uitgebreid tot buiten OVB. De waarde van de MSU ligt in het vroegtijdig toedienen van tPA en het vermijden van IHT wanneer een MT nodig is. De MSU laten uitrijden tot in het werkgebied van een ander ziekenhuis dat ook zowel tPA als MT aanbiedt is dus niet zinvol. Het zou dan immers voordeliger zijn voor de patiënt om direct met lokale ziekenwagens naar het dichtste ziekenhuis te gaan, aangezien dat alle behandelingen aanbiedt. Daarom omvat het nieuwe werkgebied van de MSU alle locaties waarvan GHB het dichtste ziekenhuis is dat zowel tPA als MT aanbiedt, ongeacht of deze locaties in OVB liggen of niet. Omdat de omvang van dit werkgebied voornamelijk afhankelijk is van de nabijheid

van andere ziekenhuizen die MT aanbieden, wordt dit de MT zone genoemd. De methodologie van de tweede onderzoeksvraag wordt nu herhaald in dit nieuwe werkgebied.

4.3 Afbakening van het model

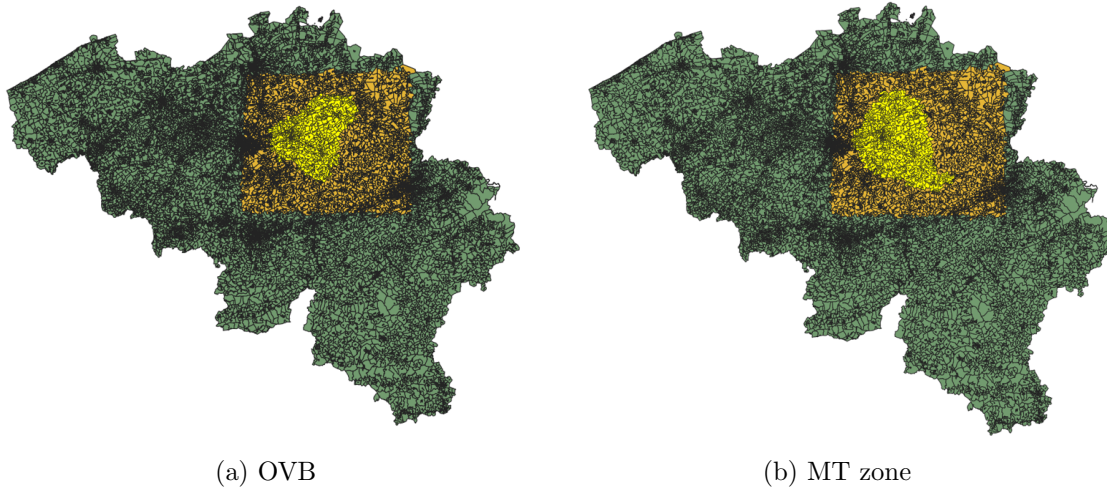
4.3.1 Geografisch

In de tweede onderzoeksvraag wordt het ruimtelijke werkgebied van het onderzoek beperkt tot OVB. OVB is de combinatie van de werkgebieden van vier ziekenhuizen: AZ Diest, RZ Tienen, RZ Heilig Hart en UZ Gasthuisberg. Het werkgebied van een ziekenhuis is gedefinieerd als alle locaties waarvan de rijtijd tot dat ziekenhuis korter is dan de rijtijd naar eender welk ander ziekenhuis. Het werkgebied van een ziekenhuis is dus afhankelijk van de verkeerssituatie en varieert over de tijd. Het model verwaarloost dit effect en gaat uit van een tijdsinvariant werkgebied. OVB is in het model dus gedefinieerd als de combinatie van de werkgebieden van de vier opgelijste ziekenhuizen in de veronderstelling dat er geen verkeersdrukke is.

Om deze werkgebieden te bepalen wordt de rijtijd van elke locatie in een wijde omgeving rondom Leuven tot elk ziekenhuis bepaald. Aangezien de omgeving van Leuven in realiteit bestaat uit een oneindige verzameling van puntlocaties, moet ook hier een vereenvoudigende aanname gemaakt worden. Deze is gevonden in de opdeling van België in 19 782 statistische sectoren door de federale overheid [68]. Deze sectoren delen België op in een mazennet dat fijner wordt naarmate de bevolkingsdichtheid toeneemt en vormen zo een goede basis om locaties in België te discretiseren. Daartoe zijn de statistische sectoren gereduceerd tot puntlocaties in hun geometrisch middelpunt met behulp van het geografische informatiesysteem QGIS.

Vervolgens zijn van de 124 erkende ziekenhuizen in België de 50 dichtste bij GHB geselecteerd [69]. Van een groot gebied met 5 168 puntlocaties rondom Leuven zijn de rijtijden naar deze 50 ziekenhuizen bepaald met open routing service (ORS). ORS houdt hierbij geen rekening met de heersende verkeersdrukke. Zoals eerder aangehaald gaan de rijtijden waarmee OVB wordt bepaald uit van een verkeersvrije situatie. Voor 885 puntlocaties was het dichtste ziekenhuis één van de ziekenhuizen van OVB. Deze 885 puntlocaties vormen samen OVB.

Dezelfde methodologie is toegepast voor de definiëring van de MT zone. De zeven dichtste ziekenhuizen bij GHB die MT aanbieden zijn: CHU de Liège, CHU UCL Namur, het Jessaziekenhuis (Hasselt), Ziekenhuis Oost-Limburg (Genk), UZ Antwerpen, UZ Brussel en UZ Leuven zelf. Vervolgens is opnieuw met behulp van ORS de rijtijd van de puntlocaties tot deze zeven ziekenhuizen bepaald. Van de 5168 onderzochte puntlocaties behoren 1123 tot de MT zone van GHB. In figuur 6 is België opgedeeld in statistische sectoren en zijn het onderzochte gebied en de werkgebieden weergegeven.



Figuur 6: OVB (links) en de MT zone (rechts). België in groen, onderzochte gebied in oranje, werkgebied in geel.

4.3.2 Ziekenhuizen

In OVB worden de vier hogergenoemde ziekenhuizen gemodelleerd. Hierbij wordt aangenomen dat patiënten van deze ziekenhuizen nooit worden doorverwezen naar ziekenhuizen buiten OVB.

In de MT zone is het minder duidelijk welke ziekenhuizen moeten gemodelleerd worden. Deze zone is immers geen eenvoudige combinatie van de werkgebieden van ziekenhuizen. Daarom worden enerzijds alle ziekenhuizen die het dichtste ziekenhuis zijn bij een punt uit de MT zone en anderzijds alle ziekenhuizen die MT aanbieden gemodelleerd. 30 ziekenhuizen voldoen aan deze voorwaarden. Deze zijn toegevoegd in bijlage B. De ziekenhuizen die het dichtste ziekenhuis bij een punt uit de MT zone zijn zullen de patiënten ontvangen. De ziekenhuizen die MT aanbieden maar niet het dichtste ziekenhuis zijn bij een locatie uit de MT zone ontvangen uitsluitend patiënten na een IHT uit een van de andere ziekenhuizen. In samenspraak met de stroke unit van GHB is verondersteld dat ziekenhuizen met een spoedafdeling steeds tPA aanbieden, met uitzondering van AZ Diest.

4.3.3 Stations

De MSU rijdt enkel uit voor noodoproepen met een PIT indicatie. Enkel dergelijke patiënten zijn dus het onderwerp van deze studie. Aangezien in afwezigheid van de MSU de patiënt opgevangen wordt door een PIT, is het huidige netwerk van PIT stations essentieel om de verbetering ten gevolge van een MSU in te schatten. Daarenboven zullen in GHB twee PIT voertuigen en een MSU gestationeerd zijn, maar zullen er slechts twee teams aanwezig zijn om deze drie voertuigen te bemannen. De beschikbaarheid van het PIT personeel in GHB heeft dus een rechtstreekse invloed

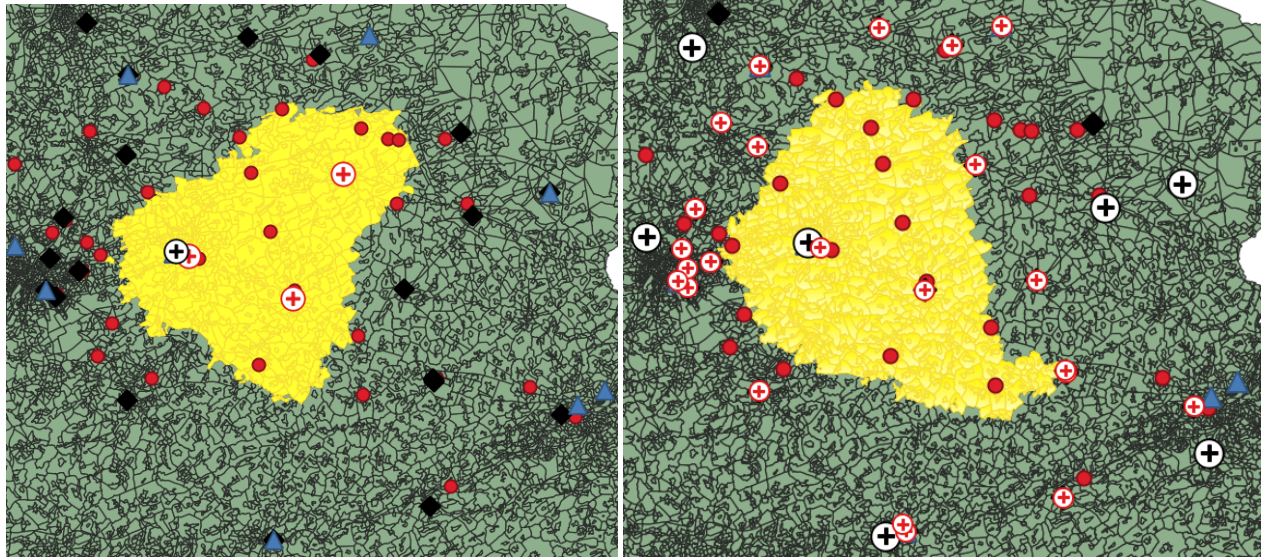
op de beschikbaarheid van de MSU.

Omwille van de DMR kan voor een PIT indicatie ook een ziekenwagen uitrijden, indien deze meer dan drie minuten dicht bij de patiënt is dan het dichtste, beschikbare PIT. Daarom is ook de locatie en beschikbaarheid van ziekenwagenstations van belang voor het transport van patiënten met een PIT indicatie. Ziekenwagens rijden ook uit als assistentie voor een MUG. Zo beïnvloedt het uitrijden van een MUG de beschikbaarheid van de ziekenwagens en daarmee het patiëntentransport voor PIT indicaties. Het is dus noodzakelijk om ziekenwagenstations, PIT stations en MUG stations te modelleren.

Het model moet alle stations beschouwen van waaruit een voertuig kan uitrijden om een patiënt in OVB of de MT zone op te vangen. Dit zijn dus alle stations die het dichtste, beschikbare station zijn bij een punt in OVB of de MT zone. Het is mogelijk dat deze stations zelf niet in deze gebieden liggen.

Vooreerst is van de federale overheid een lijst met alle ziekenwagen, PIT en MUG stations en hun bijhorende capaciteit in België verkregen. Vervolgens zijn vanuit elke locatie van OVB of de MT zone de drie dichtste stations uit elke categorie geselecteerd. Deze 74 stations (23 MUG, 11 PIT en 40 ziekenwagen) zijn in het model opgenomen en toegevoegd in bijlage C. Elk van deze stations is gecontacteerd om na te gaan of de informatie omtrent hun capaciteit nog accuraat is. Ook veranderingen in capaciteit door de werkuren van het bemannend personeel zijn in rekening genomen. Hierbij is steeds uitgegaan van normale werkdagen. Onregelmatigheden door feestdagen of onverwachte afwezigheid van bemanning is buiten beschouwing gelaten.

De afbakening van het aantal stations in het model gaat er impliciet van uit dat de drie dichtste stations bij een locatie zelden allemaal onbeschikbaar zijn. Indien dit toch gebeurt, wordt het dichtstbijzijnde beschikbare station geselecteerd dat in het model is opgenomen. Het is dan niet gegarandeerd dat dit ook in werkelijkheid het dichtste, beschikbare station is. In figuur 7 zijn voor OVB en de MT zone alle opgenomen ziekenhuizen en stations weergegeven.



(a) OVB

(b) MT zone

Figuur 7: Stations en ziekenhuizen in OVB (links) en de MT zone (rechts). Ziekenhuizen aangeduid met rood kruis. Ziekenhuizen die MT aanbieden met zwart kruis. MUG stations met zwarte ruit, PIT stations met blauwe driehoek en ziekenwagenstations met rode bollen.

5 Data analyse

Dit hoofdstuk bespreekt hoe de beschikbare databestanden tot bruikbare kansen en kansverdelingen zijn omgezet. De eerste sectie gaat in op de databestanden aangereikt door GHB. In de tweede sectie worden uit deze databestanden kansverdelingen gedestilleerd, gerelateerd aan het vervoer van de patiënt naar het juiste ziekenhuis. In de derde sectie worden statistische verdelingen afgeleid die tijdsparameters beschrijven. De laatste sectie behandelt het verband tussen verkregen tijdswinsten en verbeterde kans op goede uitkomst.

5.1 Databestanden van Gasthuisberg

Een representatieve dataset is essentieel voor een betrouwbaar model. Waar de federale overheid in data omtrent bevolkingsdichtheid, demografie en infrastructuur voor patiënttransport voorziet, voorziet GHB de benodigde medische data.

Het model is opgebouwd vanuit vijf geanonimiseerde medische datasets. Een eerste bestand omvat de registraties van alle patiënten die in 2018 werden opgenomen op de stroke unit van GHB. Dit basisbestand geeft informatie over de diagnose van de patiënt, de ontvangen behandeling, de herkomst van de patiënt (IHT of rechtstreeks) en een indicatie over de tijd sinds de start van de beroerte. In het behandelingenbestand zijn alle acute behandelingen geregistreerd die in 2018 zijn toegediend op de stroke unit. Hierbij is steeds het start- en eindmoment van de behandeling aangegeven. Een derde transportbestand omvat alle patiënten die met vermoeden van CVA zijn vervoerd en op de spoed van GHB zijn binnengekomen. Dit bestand bevat ook data over patiënten in 2019, hoe de patiënt is vervoerd en wat de einddiagnose van de patiënt was. Het vierde bestand is het opvolgingsbestand. Hierin worden patiënten geregistreerd die 90 dagen na een beroerte op controle komen om hun herstel te evalueren. Aan deze patiënten wordt een mRS score toegeschreven. Deze score geeft een indicatie van de blijvende gevolgen van de CVA op de patiënt (zie bijlage A). Het laatste databestand is het noodvoertuigbestand. Hierin zijn alle acties van het PIT en de MUG van GHB geregistreerd. Alle bestanden geven informatie over de leeftijd en het geslacht van de

Dataset	Data 2019	Aandoening	Type vervoer	IHT	Tijdsindicatie	Behandeling	mRS score
Basis		X		X	X	X	
Behandeling					X	X	
Transport	X	X	X	X			
Opvolging							X
Noodvoertuig	X		X	X	X		

Tabel 2: Overzicht data per dataset.

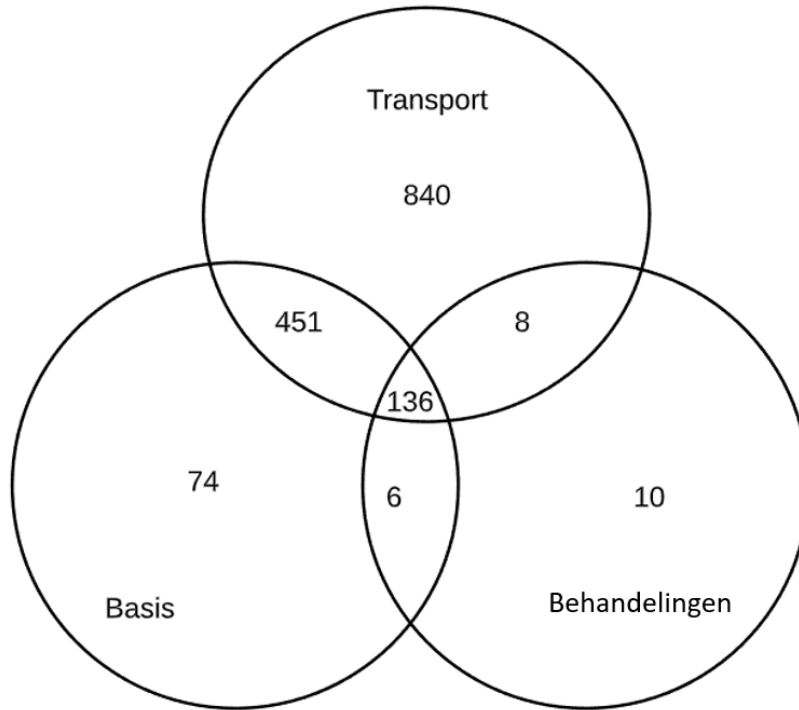
behandelde patiënt. Welke data in welke dataset is terug te vinden is weergegeven in tabel 2.

Bij registraties in deze datasets gebeuren soms vergissingen met misleidende data tot gevolg. Daarom zijn alle databestanden gecontroleerd op inconsistenties of dubbele registraties. Zo zijn in het opvolgingsbestand oningevulde mRS scores van patiënten die onmiddellijk na de CVA overleden zijn, aangepast naar 6 (40 gevallen). Ingevulde mRS scores zijn daarentegen nooit veranderd. In het basis- en spoedbestand is gecontroleerd of het aankomstuur op de stroke unit na het uur van het optreden van de eerste symptomen is en of het uur van optreden van eerste symptomen na de 'last well seen' is (7 aanpassingen, 1 verwijderd). De last well seen is het laatste moment dat de patiënt zonder enige symptomen is gezien. Aanpassingen zijn enkel gebeurd bij duidelijke vergissingen zoals het invullen van het uur bij de minuten en de minuten bij de seconden of een datumvergissing rond middernacht. Verder zijn 52 dubbele registraties uit het transportbestand en 3 dubbele registraties uit het spoedbestand verwijderd. Hierbij is steeds verzekerd dat een dubbele registratie niet verward wordt met een patiënt met meerdere afzonderlijke opnames op de stroke unit.

De datasets staan in nauw verband met elkaar. Zo zijn alle patiënten die op de stroke unit een acute behandeling ontvingen ook geregistreerd op de stroke unit. De dataset behandelingen is dus een subset van de basisdataset. Ook heerst een sterk verband tussen deze twee datasets en het transportbestand. Patiënten die vervoerd zijn met een CVA of vermoeden van CVA zijn vaak ook op de stroke unit opgenomen en hebben eventueel ook een acute behandeling gekregen. Op dezelfde manier kennen de patiënten in het opvolgingsbestand een zekere overlap met de overige datasets. Deze overlap is echter kleiner, aangezien niet bij alle patiënten opvolging mogelijk is of is uitgevoerd. Het noodvoertuigbestand kent slechts een kleine overlap aangezien hier alle oproepen voor een noodvoertuig in opgenomen zijn, ongeacht de aandoening.

De onderlinge verbanden tussen het basisbestand, het behandelingenbestand en het transportbestand zijn weergegeven in figuur 8.

Hieruit blijkt dat het behandelingenbestand wel grotendeels, maar niet volledig een subset is van het basisbestand. Deze distortie is te wijten aan nalatigheden bij registraties van patiënten op de stroke unit in de basisset. De relatief kleine overlap tussen het transportbestand en de overige datasets is te wijten 520 patiënten uit 2019 die wel in het transportbestand, maar niet in de overige bestanden zijn opgenomen.



Figuur 8: Onderlinge verbanden van basisbestand, behandelingenbestand en transportbestand.

5.2 Patiënttransport

In deze sectie wordt de data van GHB gebruikt om het traject van CVA patiënten in OVB in kaart te brengen. In de eerste subsectie krijgt de patiënt een locatie toegeschreven vanwaar om een noodvoertuig wordt verzocht. De tweede subsectie bepaalt de kans dat een ziekenwagen, PIT of MUG wordt uitgezonden. De laatste subsectie behandelt de verzoeken voor IHT voor het PIT in GHB.

5.2.1 Locatietoekenning

In het model worden patiënten gecreëerd die een medisch noodvoertuig verzoeken. Aan deze patiënten wordt steeds een locatie toegeschreven.

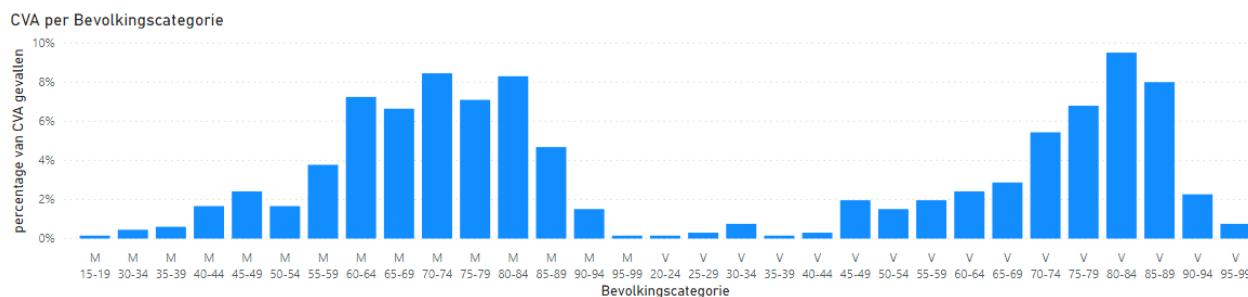
Zoals eerder besproken zijn OVB en de MT zone gedefinieerd als een verzameling van respectievelijk 885 en 1123 discrete locaties. Elk van deze locaties is het geometrische middelpunt van de bijhorende statistische sector zoals gedefinieerd door de federale overheid.

Statbel publiceert jaarlijks de bevolking van elke statistische sector [70]. Door de som te nemen van alle betrokken statistische sectoren kan bepaald worden dat de totale bevolking van OVB

494 038 en de MT zone 622 166 inwoners omvat.

De locatie van een CVA patiënt kan echter niet zomaar op basis van de bevolkingverdeling bepaald worden. Er is namelijk een sterk verband tussen de leeftijd en het geslacht van een patiënt en de kans op een CVA. Het is daarom geschikter om de bevolking in te delen in verschillende bevolkingscategorieën en voor elke categorie de bevolkingsverdeling te bepalen.

Een bevolkingscategorie is gedefinieerd als een leeftijdsgroep van 5 jaar, gescheiden per geslacht. De kansverdeling tot welke bevolkingscategorie een CVA patiënt behoort is afgeleid uit de basisdataset van GHB. De procentuele resultaten van deze analyse zijn samengevat in figuur 9. Hieruit valt te concluderen dat een hoog percentage van de CVA patiënten mannen ouder dan 60 en vrouwen ouder dan 70 jaar zijn. De waarschijnlijkheid dat een CVA patiënt ouder is dan 90 jaar is laag in vergelijking met 70- en 80-jarigen. Dit betekent niet dat deze bevolkingsgroep een lager risico op een CVA heeft, maar dat er minder mensen ouder dan 90 jaar zijn.



Figuur 9: Procentuele verdeling van CVA patiënten over bevolkingscategorieën.

Met behulp van de verkregen kansverdeling wordt aan elke CVA patiënt een bevolkingscategorie toegewezen. Vervolgens wordt aan de patiënt ook een locatie toegeschreven, afhankelijk van de bevolkingscategorie.

Hiervoor is beroep gedaan op de databanken omtrent demografische verdeling van de federale overheid. Deze houdt de bevolkingsverdeling van elke Belgische stad bij opgedeeld in geslacht en leeftijdsgroep per 5 jaar [71]. Onder de aanname dat de verdeling van de bevolkingscategorieën binnenin steden homogeen is, kan voor elke statistische sector de bevolking per bevolkingscategorie bepaald worden. Elke statistische sector kan immers aan één stad gekoppeld worden. De bevolking per bevolkingscategorie in één statistische sector is dan het product van de procentuele verdeling van de bevolking van de stad over de bevolkingscategorieën en het totaal aantal inwoners in de statistische sector. De kans dat aan een patiënt uit bevolkingscategorie j locatie i wordt toegeschreven is dan:

$$P_{i|j} = \frac{s_{kj} N_i}{N_{tot|j}} \quad (1)$$

Waar $P_{i|j}$ de kans op locatie i , gegeven bevolkingscategorie j , s_{kj} het percentage van de bevolking van stad k behorende tot bevolkingsgroep j , N_i het aantal inwoners in sector i , waar sector i deel is van stad k en $N_{tot|j}$ het totaal aantal inwoners behorende tot bevolkingscategorie j in het beschouwde werkgebied is.

Voor patiënten die geen CVA hebben wordt geen rekening gehouden met het onderscheid in bevolkingscategorieën. In dit geval is de kansverdeling dat een patiënt een bepaalde locatie krijgt toegewezen te vinden met de volgende formule:

$$P_i = \frac{N_i}{N_{tot}} \quad (2)$$

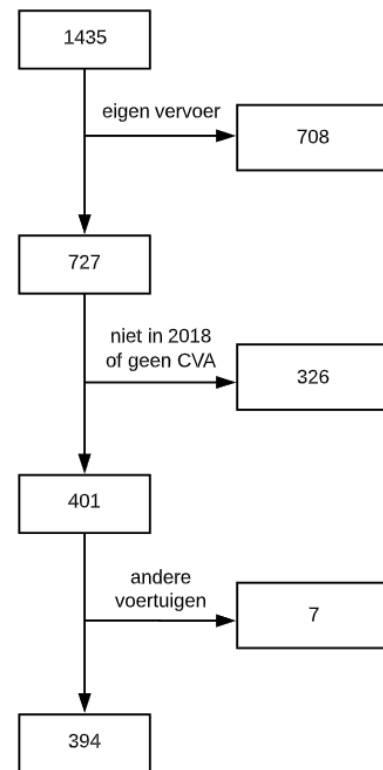
Waar P_i de kans op locatie i , N_i het aantal inwoners van sector i en N_{tot} het totaal aantal inwoners in het beschouwde werkgebied is.

5.2.2 Voertuigtype

Wanneer een patiënt de nooddiensten belt, zal de nooddispatch de ernst van de situatie inschatten en op basis daarvan een ziekenwagen, PIT of MUG met ziekenwagen assistentie uitsturen.

Eerst wordt bepaald wat de kans is dat om een bepaald type voertuig wordt verzocht wanneer de patiënt een CVA heeft. In dit geval wordt beroep gedaan op het transportbestand. Deze dataset bevat informatie omtrent alle voertuigen die voor een patiënt met vermoeden van CVA zijn uitgereden. Na correctie op dubbele registraties bevat deze dataset 1435 acties. Er is enkel met patiënten uit 2018 gewerkt om compatibiliteit met het noodvoertuigbestand te behouden (zie H5.4.1). Ook zijn patiënten die met eigen vervoer of andere vervoerswijzen (bijvoorbeeld met politiewagen) zijn binnengekomen en patiënten zonder CVA gefilterd zoals aangegeven in figuur 10. Van de resterende 394 patiënten zijn 198 met een ziekenwagen, 74 met een PIT en 122 met een MUG binnengekomen.

Er moet opgemerkt worden dat deze data enkel aanduidt welk voertuig de patiënt naar GHB bracht, niet welk voertuig door de nooddispatch is verzocht. Omwille van de DMR is het mogelijk dat een patiënt die bij de nooddiensten een PIT indicatie was, toch met een ziekenwagen in GHB aankomt.



Figuur 10: Datafiltering transportbestand voor PIT en MUG indicatie bij vermoeden CVA.

Daardoor is het aantal patiënten dat in GHB met een PIT aankomt een onderschatting van het aantal PIT indicaties. Een juiste inschatting maken van het aantal PIT indicaties is cruciaal, aangezien de MSU op deze indicaties handelt.

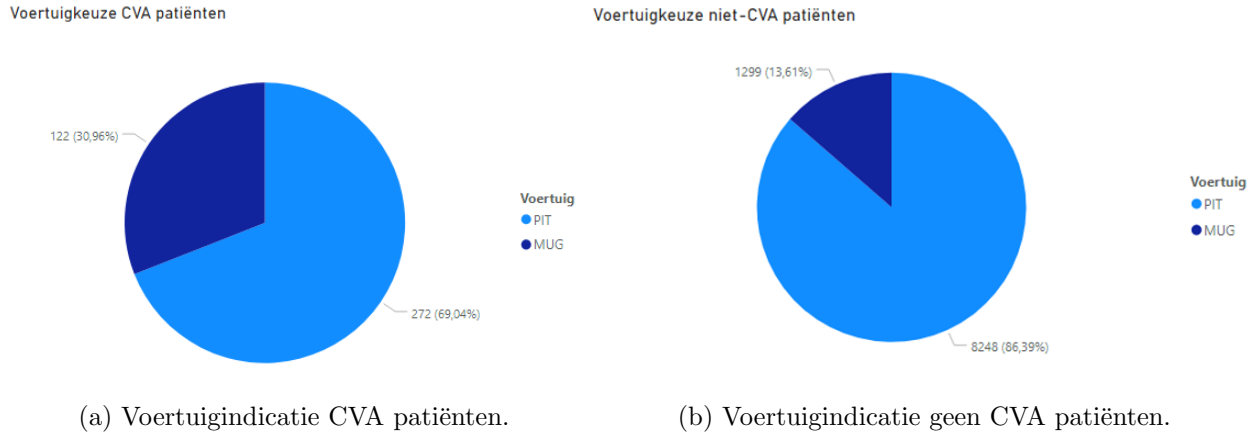
Om een goede inschatting van het werkelijk aantal PIT indicaties te krijgen, is aangenomen dat wanneer de nooddispatch een CVA vermoedt, deze nooit een ziekenwagen maar altijd een PIT of MUG indicatie geeft. Wanneer dan toch een ziekenwagen uitrijdt, is dit het gevolg van de DMR. Aangezien het transportbestand enkel patiënten bevat waarvan de dispatch een CVA vermoedde, is steeds ofwel een PIT of een MUG indicatie gegeven. Er kan dus geconcludeerd worden dat er 272 PIT indicaties en 122 MUG indicaties waren, en slechts in 74 van de 272 PIT indicaties het PIT ook daadwerkelijk uitreed. De waarschijnlijkheid op een PIT of MUG indicatie bij vermoeden van CVA is weergegeven in figuur 11a.

Indien geen CVA vermoed wordt bij de patiënt is de voertuigkeuze anders. In dit geval dient het noodvoertuigbestand gebruikt te worden. Dit bestand bevat echter enkel informatie omtrent de acties van het PIT en de MUG op GHB. Over noodoproepen die leiden tot een ziekenwagenindicatie is dus geen informatie beschikbaar. Daarom is in samenspraak met de stroke unit van GHB aangenomen dat de onbeschikbaarheid van ziekenwagens door noodoproepen met een ziekenwagenindicatie een verwaarloosbaar effect heeft op het transport van CVA patiënten. Ziekenwagens zijn enkel in het model opgenomen door hun invloed op PIT acties omwille van de DMR.

Het noodvoertuigbestand bevat na datafiltering 3660 acties van PIT en MUG voertuigen in GHB in 2018. Voor het datafilteringsstroomdiagram wordt verwezen naar bijlage D. Deze bijlage bevat alle diagrammen van de data analyse. In de filtering van het noodvoertuigbestand is aangenomen dat voor éénzelfde patiënt steeds ofwel een PIT ofwel een MUG uitrijdt, en niet beide voertuigen. Dit laatste kan in de praktijk wel gebeuren wanneer het PIT of MUG voertuig onderweg nieuwe informatie over de patiënt ontvangt en besluit dat een andere voertuigkeuze gepaster is. Van deze 3660 acties waren 117 voor CVA patiënten. Deze zijn reeds in de vorige alinea besproken en worden hier buiten beschouwing gelaten. Van de resterende 3543 acties in de dataset, zijn 1299 MUG en 2244 PIT acties. Onder de aanname dat de verhouding van het aantal PIT indicaties en het aantal PIT acties uit de vorige paragraaf ook representatief is voor niet CVA patiënten, kan het aantal PIT indicaties gevonden worden met de volgende formule:

$$PIT_{indicaties} = \frac{272}{74} PIT_{acties} \approx 8248 \quad (3)$$

Hieruit resulteert de waarschijnlijkheid op een PIT of MUG indicatie voor niet CVA patiënten, zoals weergegeven in figuur 11b.



Figuur 11: Waarschijnlijkheid van voertuigindicatie voor CVA patiënten (links) en niet CVA patiënten (rechts).

5.2.3 Interhospitaaltransport

Noodvoertuigen worden ook ingezet voor IHT om patiënten van het ene ziekenhuis naar het andere te verplaatsen. IHT voor CVA patiënten is inherent in het model opgenomen aangezien het model de patiënten volgt tot deze de benodigde behandeling hebben ontvangen, ook als hiervoor IHT vereist is. IHT voor niet CVA patiënten moet ook gemodelleerd worden aangezien dit een impact heeft op de beschikbaarheid van de PIT teams van GHB.

Het noodvoertuigbestand bevat alle informatie omtrent IHT in interactie met GHB. Onder de aanname dat voor niet CVA patiënten in het beschouwde werkgebied alleen IHT naar GHB een significante impact heeft op de beschikbaarheid van de PIT stations, bevat het noodvoertuigbestand van GHB alle benodigde informatie. Hierin zijn over een periode van 18 maand 1594 IHT genoteerd.

Verder is een duidelijke correlatie merkbaar tussen het tijdstip en de frequentie van IHT voor niet CVA patiënten. Van de 1594 IHT geregistreerd in het noodvoertuigbestand is van 989 de oproep-tijd gekend. Van deze 989 oproepen vonden 806 (81%) tussen 8 en 22h plaats en slechts 183 (19%) tussen 22h en 8h. Dit komt overeen met een stijging van de waarschijnlijkheid dat IHT overdag (8-22h) plaatsvindt met 39.7% en een daling dat IHT 's nachts (22-8h) plaatsvindt met 55.6%. Merk op dat de procentuele stijging en daling overdag en 's nachts niet gelijk zijn aan elkaar omdat de dag langer duurt dan de nacht (14h tgv 10h).

Een analoge afleiding voor het verschil in frequentie tussen dag en nacht is gemaakt voor de patiëntoproepen in hoofdstuk 5.3.1.

5.3 Tijden

In deze sectie worden vier tijdsgecorrleerde parameters afgeleid uit de data van GHB. De eerste subsectie onderzoekt de frequentie van oproepen voor noodvoertuigen door een geschikte verdeling voor de interoproeptijd te bepalen. In de volgende subsecties worden verdelingen afgeleid voor drie tijdsparameters: de dode tijd, de on-scene tijd en de door-to-treatment tijd. Afhankelijk van deze parameters zal de patiënt al dan niet op tijd zijn om tPA of MT behandeling te krijgen.

5.3.1 Interoproeptijden

De interoproeptijd is de tijd tussen twee opeenvolgende acties van de noodvoertuigen. Uit deze tijd kan een correcte inschatting van de frequentie van de noodoproepen afgeleid worden. Dit is cruciaal om de effectiviteit van de MSU in te schatten. Zoals eerder opgemerkt zijn in het model enkel noodoproepen met een PIT of een MUG indicatie beschouwd. Het noodvoertuigbestand van GHB bevat alle informatie om een inschatting van deze frequentie te maken.

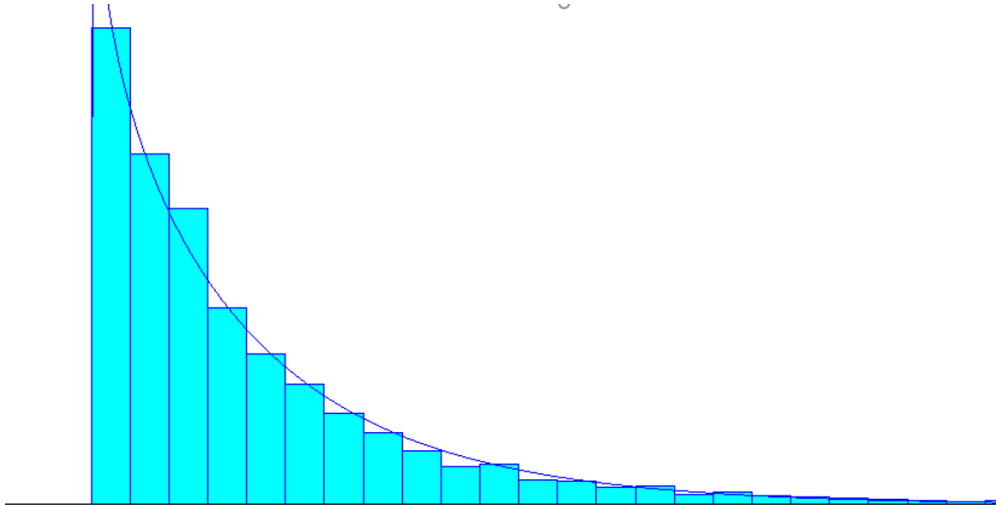
Na het uitfilteren van IHT en acties voor interne patiënten (3026), acties met foute of inconsistente tijdsinformatie (24) en dubbele registraties (372) blijven 6224 unieke acties van de PIT en MUG voertuigen van GHB over. Van deze acties is steeds het tijdstip van eerste contact met de nooddiensten gekend. Uit deze 6224 unieke acties (2947 MUG en 3277 PIT) kunnen 6223 interoproeptijden bepaald worden.

Na een statistische analyse met behulp van het softwarepakket Arena is vastgesteld dat deze verzameling interoproeptijden als een gammaverdeling kan worden voorgesteld (kleinste kwadraten fout 0.000584). De schaal- en vormparameter van deze verdeling bedragen respectievelijk 146 en 0.866. De verdeling van de interoproeptijden is met een staafdiagram weergegeven in figuur 12. In deze figuur is ook de benaderde gammaverdeling aangeduid.

Deze verdeling heeft een aantal beperkingen. Het beschrijft de tijd tussen twee opeenvolgende acties van de noodvoertuigen van GHB. Zoals eerder aangehaald zijn er in het geval van het PIT echter meer indicaties dan acties. Om een schatting te maken van het aantal indicaties wordt het aantal acties van het PIT vermenigvuldigd met $\frac{272}{74}$ (cfr. H5.2.2). De totale verhouding van het aantal indicaties over het aantal acties wordt hierdoor:

$$\frac{2947 + \frac{272}{74} \cdot 3277}{6224} \approx 2.409 \quad (4)$$

Ook geeft deze verdeling enkel een schatting van de activiteit in GHB. Om dit uit te breiden naar OVB of de MT zone, is aangenomen dat de noodvoertuigen van GHB handelen op alle noodoproepen in het werkgebied van GHB en van het RZ Heilig Hart. Het Heilig Hart heeft immers zelf geen PIT of MUG voertuigen. Deze twee werkgebieden samen tellen 255 987 inwoners. Vervolgens is



Figuur 12: Verdeling interoproeftijden. Breedte van staaf komt overeen met 30 minuten.

verondersteld dat de bevolking van deze twee werkgebieden representatief is (in samenstelling en waarschijnlijkheid om de nooddiensten op te bellen) voor de rest van OVB of de MT zone. In dat geval is het geoorloofd te stellen dat de frequentie van de noodoproepen recht evenredig zal toenemen met een toename in de bevolking van het werkgebied. Deze toename is voor OVB een factor 1.93 (494 038 inwoners) en voor de MT zone een factor 2.43 (622 166 inwoners).

Tot slot moet opnieuw het verschil tussen de oproepfrequentie overdag (8-22h) en 's nachts (22-8h) aangehaald worden. 74.3% van de oproepen gebeuren overdag en slechts 25.7% 's nachts. Dit komt overeen met een stijging van de waarschijnlijkheid dat oproepen overdag plaatsvinden met 27.3% en een daling met 38.2% dat een oproep 's nachts plaatsvindt. Er is wel aangenomen dat binnen de daguren (of nachturen) geen significant verschil is in oproepfrequentie.

Er kan geconcludeerd worden dat om een realistische schatting te verkrijgen van de verdeling van de PIT en MUG indicaties over het hele beschouwde werkgebied, de gammadistributie verkregen uit de data van GHB aangepast moet worden. In een gammaverdeling is de inverse van de schaalparameter de frequentieparameter. Deze parameter geeft de gemiddelde frequentie van de acties weer en kan zo gekozen worden dat de frequentie van de oproepen daalt of stijgt zoals gewenst [72]. Daarom wordt de schaalparameter door een factor 2.409 gedeeld om de onuitgevoerde PIT oproepen in rekening te brengen, door een factor 1.93 (of 2.43) om op te schalen naar de bevolking van OVB (of de MT zone) en door een factor 1.273 of 0.618 naargelang het dag of nacht is. Een deling van de schaalparameter resulteert immers in een vermenigvuldiging van de frequentieparameter.

5.3.2 Dode tijd

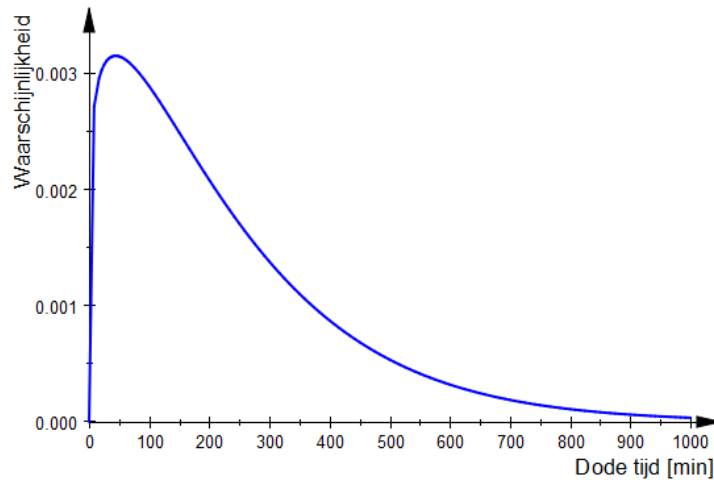
De tijd tussen het optreden van de eerste symptomen en het eerste contact met de nooddienst is de dode tijd. In vele situaties moet de dode tijd geschat worden. Van patiënten die wakker worden met symptomen of patiënten die alleen waren op het moment van voorval is vaak niet geweten wanneer de symptomen begonnen zijn. Daarbij zijn de symptomen aanvankelijk soms erg mild.

Er is in de datasets van GHB dan ook weinig betrouwbare informatie beschikbaar over de dode tijd van CVA patiënten. Daarom is gekozen om de verdeling van de dode tijd in te schatten op basis van de ervaring van de specialisten op de stroke unit van GHB.

CVA patiënten zijn onderhevig aan een reactietijd alvorens zij de nooddiensten contacteren. Deze reactietijd is langer naarmate de eerste symptomen milder zijn. Dit heeft tot gevolg dat de waarschijnlijkheidspiek van de dode tijd niet op 0 minuten ligt. In samenspraak met de specialisten is de waarschijnlijkheidspiek op 45 minuten gekozen.

Dode tijden van meerdere uren (zelfs dagen) zijn ook mogelijk. Opnieuw zijn typische voorbeelden alleenwonende patiënten of patiënten die ontwaken met symptomen. Naar schatting 20% van de patiënten is daardoor te laat voor tPA en MT. De waarschijnlijkheidsverdeling voor de dode tijd moet dus zo gekozen worden dat 20% van de patiënten te laat is voor deze behandelingen.

Een Weibull verdeling met schaalparameter 244 en vormparameter 1.26 voldoet aan de gestelde voorwaarden. Deze verdeling is in het model gebruikt en is weergegeven in figuur 13.

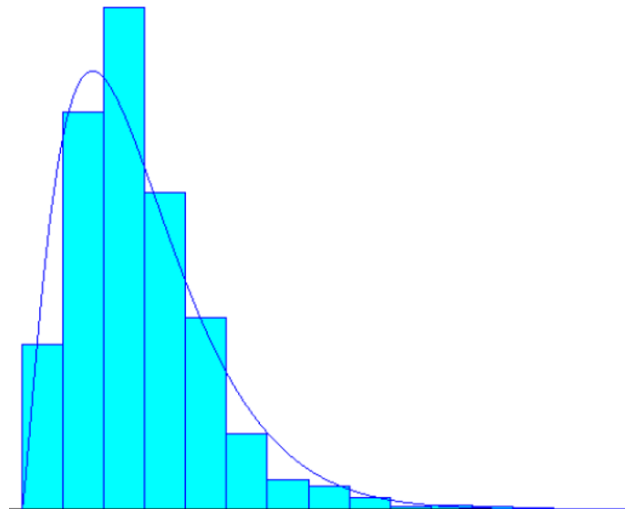


Figuur 13: Verdeling voor dode tijd

5.3.3 On-scene tijd

De on-scene tijd is de tijd tussen aankomst en vertrek van de noodvoertuigen op de locatie van de patiënt. Deze tijd is bepaald uit het noodvoertuigbestand. Na uitfiltering van IHT en interne oproepen (3026) en acties met onvolledige of foutieve tijdsinformatie (1062) blijven 5558 acties met on-scene tijd indicatie over. De verdeling van deze groep on-scene tijden vertoont goede overeenkomsten met een bèta verdeling met $\alpha = 2.26$ en $\beta = 29$, vermenigvuldigd met 227 (kleinste kwadraten fout 0.005819).

De verdeling van de on-scene tijden is met een staafdiagram weergegeven in figuur 14, samen met de benaderende bèta verdeling.



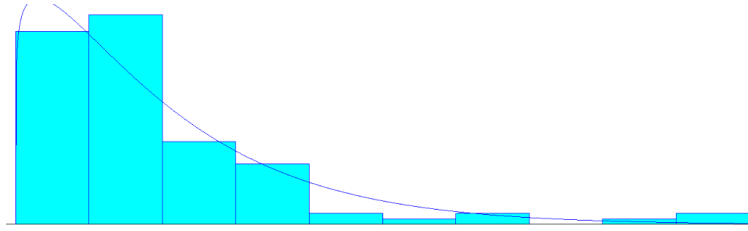
Figuur 14: Verdeling on-scene tijd. Breedte van staaf komt overeen met 6 minuten.

5.3.4 Door-to-treatment tijd

De door-to-treatment tijd is de tijd tussen aankomst op de spoedafdeling en het krijgen van de juiste behandeling. Deze tijd is afhankelijk van welke behandeling wordt toegediend.

Bij een tPA behandeling is de door-to-treatment tijd de tijd tussen aankomst in het ziekenhuis en het injecteren van het klonteroplossend middel.

In het behandelingsbestand zijn 118 patiënten geregistreerd die tPA hebben ontvangen. Daaraan is één patiënt toegevoegd die in het basisbestand is geregistreerd maar niet in het behandelingsbestand. Van deze 119 patiënten is van 107 patiënten alle tijdsinformatie gekend. De door-to-treatment verdeling heeft een minimum waarde van 12 minuten en volgt verder een Weibull verdeling met een schaalparameter van 27 en een vormparameter van 1.13 (kleinste kwadraten fout 0.012129). Deze verdeling is weergegeven in figuur 15.

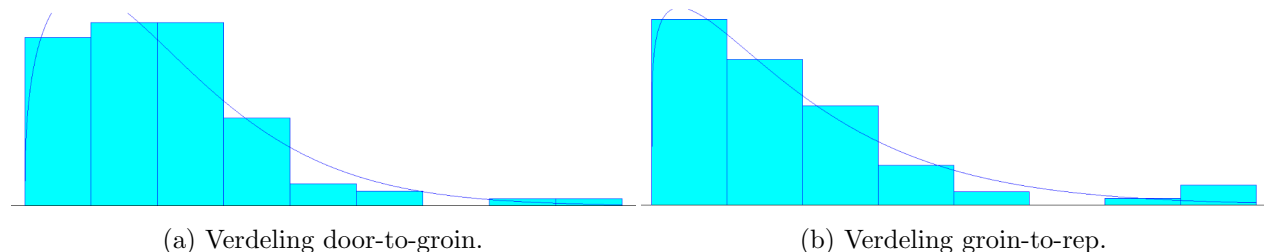


Figuur 15: Verdeling door-to-treatment tijd voor tPA. Staafdiagram start bij 12 minuten. Breedte van staaf komt overeen met 13 minuten.

Voor een MT behandeling wordt de door-to-treatment tijd opgedeeld in twee delen: de tijd van aankomst op spoed tot start van de behandeling (door-to-groinpuncture of door-to-groin) en de tijd van de start van de behandeling tot herstel van bloedtoevoer naar de hersenen (groinpuncture-to-reperfusion of groin-to-rep).

MT behandelingen zijn uitsluitend in het behandelingenbestand geregistreerd. Dit bestand bevat 92 patiënten waarvoor MT van start is gegaan, allemaal met correcte informatie omtrent aankomst op de spoed en start van de behandeling. De verdeling voor de door-to-groin tijd is minimaal 8 minuten en kent verder een Weibull verdeling met schaalparameter 71.7 en vormparameter 1.36 (kleinste kwadraten fout 0.007475).

Van de 92 patiënten waarvoor MT gestart is, is voor 11 patiënten de behandeling nooit afgerond (bloedtoevoer naar hersenen niet hersteld). Voor nog eens 4 patiënten is de tijd van herstel van bloedtoevoer (reperfusie) niet gekend. Voor de overige 77 patiënten volgt de groin-to-rep tijd opnieuw een Weibull verdeling met een minimum waarde van 15 minuten, een schaalparameter van 41.9 en een vormparameter van 1.16 (kleinste kwadraten fout 0.003608). Deze verdelingen voor de door-to-groin en de groin-to-rep tijd zijn weergegeven in figuur 16.



Figuur 16: Verdeling door-to-treatment tijd voor MT, opgesplitst in door-to-groin (links) en groin-to-rep (rechts). Staafdiagram start bij 8 (links) en 15 (rechts) minuten. Breedte van staaf komt overeen met 30 (links) en 21 (rechts) minuten.

Tabel 5 vat de verkregen verdelingen voor de tijdsparameters van deze sectie samen.

Tijdsparemeter	Verdeling	Samplegrootte	Kleinste kwadraten fout	Dataset
Interoprooptijd	$\Gamma(0.866, 146)$	6223	0.000584	Noodvoertuigen
Dode tijd	Weib(1.26, 244)	/	/	/
On-scene tijd	$227.\beta(2.26, 29)$	5558	0.005819	Noodvoertuigen
Door-to-needle tPA	12+Weib(1.13, 27)	107	0.012129	Behandelingen
Door-to-groin MT	8+Weib(1.36, 71.7)	92	0.007475	Behandelingen
Groin-to-rep MT	15+Weib(1.16, 41.9)	77	0.003608	Behandelingen

Tabel 3: Overzicht verdelingen voor tijdspareparameters.

5.4 Verband tijdswinst en kans op goede uitkomst

In deze subsectie wordt het verband gelegd tussen het tijdstip van behandeling en de kans op goede uitkomst voor patiënten met een ischemische CVA of TIA.

5.4.1 Kans op ischemische beroerte of TIA

In hoofdstuk 5.3.1 is een schatting gemaakt van de frequentie van de oproepen voor een PIT of een MUG voertuig. Nu wordt de kans bepaald dat een dergelijke oproep een ischemische CVA of een TIA betreft.

Zoals eerder aangehaald zijn in 2018 zonder IHT of interne oproepen 3660 acties van een PIT of MUG geregistreerd. Deze bestaan uit 1351 MUG en 2309 PIT acties. De PIT acties moeten nog met de factor $\frac{272}{74}$ gecorrigeerd worden om tot de PIT indicaties te komen.

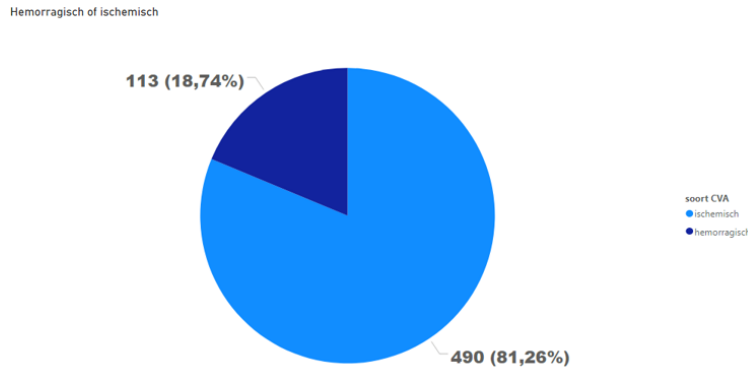
Zoals in figuur 10 (H5.2.2) is aangetoond, zijn in 2018 394 patiënten met een CVA of TIA met een noodvoertuig aangekomen op GHB. Daaruit volgt de kans dat een noodoproep met PIT of MUG indicatie een CVA of TIA patiënt betreft:

$$P_{CVA/TIA} = \frac{394}{1351 + \frac{272}{74} 2309} \approx 0.04 \quad (5)$$

Vervolgens is het noodzakelijk onderscheid te maken tussen patiënten met een hemorragische CVA en een ischemische CVA of een TIA. De MSU focust namelijk meer op deze laatste categorie omdat het daar algemeen voor is aangenomen dat tijdswinsten resulteren in verbeterde kans op goede uitkomst. Voor een hemorragische CVA is dit verband niet zo duidelijk. Daarom behoren patiënten met een hemorragische CVA niet tot het doelpubliek van de studie.

Het transportbestand is het enige bestand dat informatie geeft over de eindiagnose van de patiënt en aangeeft of de patiënt door een noodvoertuig is binnengebracht. Door uit de 1435 patiënten

in deze dataset de patiënten met eigen vervoer (708), de IHT (105) en de patiënten zonder CVA (19) te verwijderen, blijven 603 patiënten over. Van deze patiënten hebben 113 een hemorragische beroerte. De bijhorende kansverdeling is weergegeven in figuur 17.



Figuur 17: Kans op een hemorragische beroerte.

5.4.2 De kansboom

Om voor patiënten met een ischemische beroerte het verband tussen het moment van behandeling en de kans op goede uitkomst te bepalen, is een kansboom opgesteld. Deze kansboom wordt anders doorlopen naargelang het tijdstip waarop de patiënt toegang heeft tot behandeling.

Om deze boom op te stellen zijn gegevens uit het basisbestand en het behandelingenbestand samengevoegd. Samen bevatten deze datasets 708 patiënten. Na filtering van patiënten die via IHT zijn binnengekomen of waarvan onvoldoende tijdsinformatie gekend is, blijven 434 patiënten over. Deze 434 patiënten zijn als referentiegroep gebruikt om de kans te bepalen of een patiënt tPA behandeling krijgt of niet, afhankelijk van of hij daarvoor op tijd op de spoed is aangekomen. Ook is de kans bepaald of de patiënt in aanmerking komt voor MT behandeling. Indien dit het geval is zal de patiënt steeds een IHT naar GHB moeten ondergaan, op voorwaarde dat hij nog niet in GHB is. Daarom is deze beslissing in de kansenboom aangeduid met 'IHT' of 'geen IHT'. Een CVA patiënt die in AZ Diest aankomt zal altijd een IHT moeten ondergaan, ongeacht van of hij in aanmerking komt voor een MT of niet. Indien de patiënt niet voor de MT in aanmerking komt, zal het IHT typisch naar RZ Heilig Hart gebeuren, en niet naar GHB. Een patiënt met een hemorragische beroerte zal wel steeds naar GHB gebracht worden.

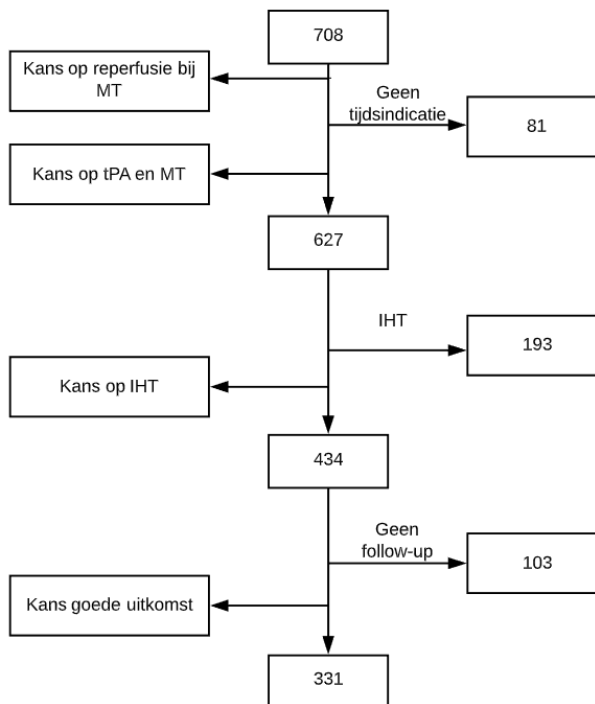
Voor patiënten die wel in aanmerking komen voor MT wordt vervolgens in de kansenboom beslist of zij effectief MT krijgen en of deze MT leidt tot herstel van de bloedsomloop naar de hersenen (reperfusie).

De kans dat een patiënt die in aanmerking komt voor MT ook effectief MT krijgt is afgeleid uit alle informatie die in het basis- en behandelingenbestand beschikbaar is. Ook patiënten die via IHT in

GHB terecht kwamen zijn hier dus meegerekend. Ook de kans op reperfusie voor patiënten waarbij MT startte is van deze grotere bevolking afgeleid.

Tot slot is de referentiegroep van 434 patiënten aangevuld met data uit het opvolgingsbestand. Figuur 18 geeft weer hoe de drie datasets samen zijn ingezet om alle benodigde kansen te bepalen. Het resultaat is de kansboom uit figuur 19.

In deze kansboom zijn twee tijdsafhankelijke functies waar te nemen. Wanneer een patiënt een MT met reperfusie ondergaat, is zijn kans op goede uitkomst afhankelijk van de tijd tussen optreden eerste symptomen en reperfusie. Dit tijdsafhankelijk verband is weergegeven met functie $f_{MT}(t)$. Wanneer een patiënt een tPA behandeling krijgt maar geen MT, is zijn kans op goede uitkomst afhankelijk van de tijd tussen optreden van eerste symptomen en het ontvangen van tPA. Dit verband is weergegeven door $f_{tPA}(t)$. Beide functies zijn dalend in de tijd. Dit wil zeggen dat de kans op goede uitkomst daalt naarmate behandeling later wordt toegediend. Tijdsinstellingen veroorzaakt door de MSU verhogen dus de kans op goede uitkomst.



Figuur 18: Datafiltering kansboom.

In de ruiten van de kansboom wordt beslist of een patiënt op tijd is of niet voor een bepaalde behandeling. Gebruikelijke tijdsgrenzen zijn 7u20 voor MT behandeling en 4u30 voor tPA behandeling [73]. Wanneer een patiënt na exact 7u20 minuten MT behandeling of na exact 4u30 minuten tPA behandeling krijgt, is hij onverschillig over welk pad hij door de kansboom volgt en zijn zijn kansen op goede uitkomst langs beide paden gelijk. Daartoe moeten de functies $f_{MT}(t)$ en $f_{tPA}(t)$ correct gekalibreerd zijn. De functie $f_{MT}(t)$ kan gekalibreerd worden door de takken na de beslissing 'op tijd MT' of 'niet op tijd MT' aan elkaar gelijk te stellen wanneer MT start op $t = 440$. Onder de aanname dat de groin-to-rep tijd gemiddeld 40 minuten is, volgt hieruit:

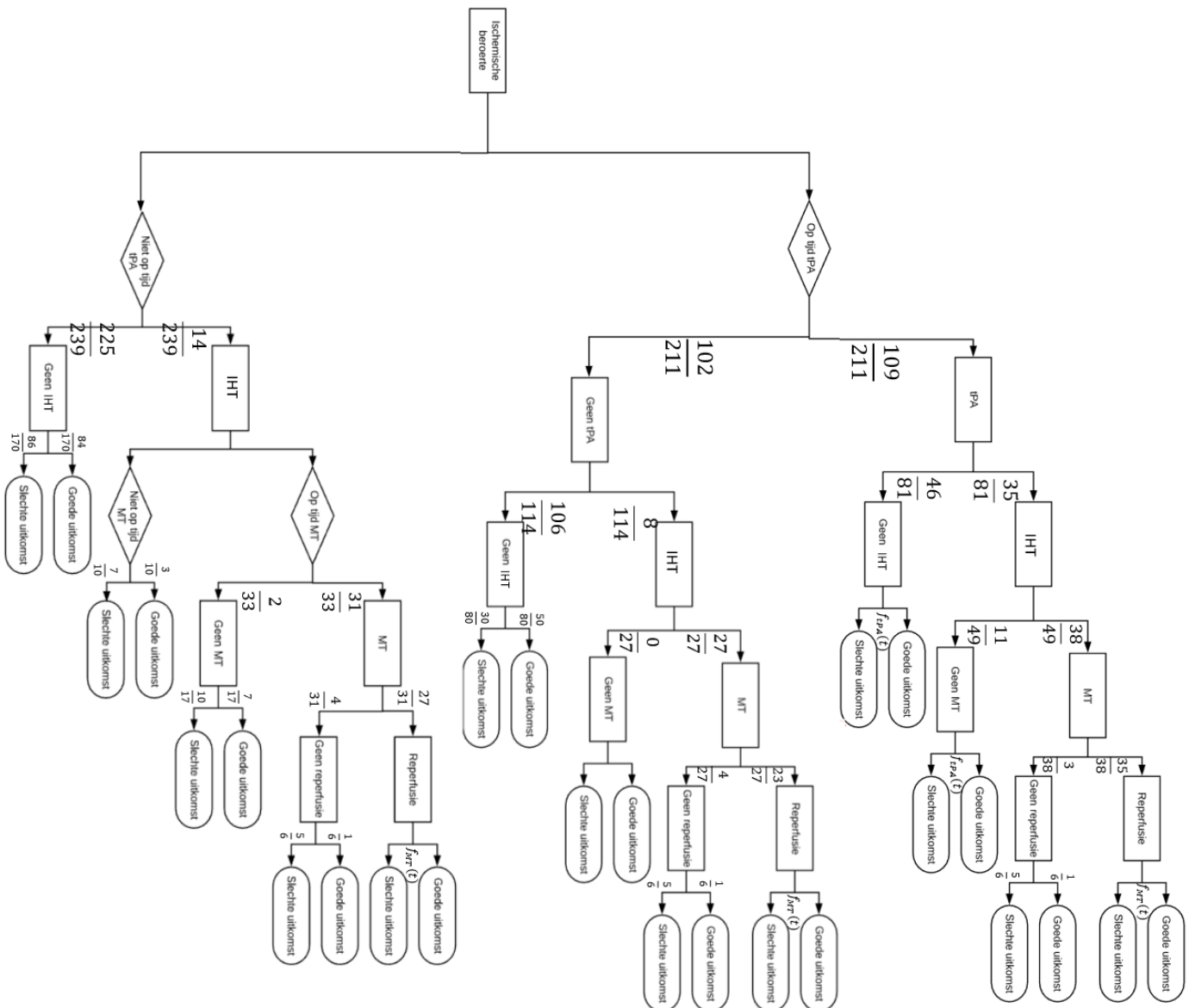
$$f_{MT}(480) = 0.31 \tag{6}$$

Met deze kennis kan ook $f_{tPA}(t)$ gekalibreerd worden:

$$f_{tPA}(270) = 0.37 \tag{7}$$

De uitwerking van deze kalibratie is bijgevoegd in bijlage E. Het verdere tijdsafhankelijke verloop van deze functies wordt besproken in hoofdstuk 6.

Een patiënt die na exact 4u30 of 7u20 aankomt is onverschillig over welke tak van de kansboom hij doorloopt. Indien hij echter vroeger aankomt zal hij de tak volgen van de patiënten die op tijd zijn en zal zijn gemiddelde kans op goede uitkomst hoger zijn aangezien de tijdsafhankelijke functies $f_{MT}(t)$ en $f_{tPA}(t)$ een betere uitkomst geven. Zo kan de MSU ook de kans op goede uitkomst verhogen door te zorgen dat meer patiënten op tijd zijn voor behandeling en dit betere pad volgen.



Figuur 19: Kansboom voor verband tussen tijdswinst en kans op goede uitkomst

6 Simulatiemodel

In dit hoofdstuk wordt met behulp van de informatie verkregen uit de data analyse het simulatiemodel opgebouwd. De eerste sectie overloopt de algemene opbouw van het model. De volgende secties verdiepen zich in de vier grote bouwstenen van het model: de generatiemodule, de MSU module, de ziekenhuismodule en de resultatenmodule.

6.1 Opbouw model

In het simulatiemodel wordt het zorgtraject van patiënten met een CVA in OVB of de MT zone zo realistisch mogelijk nagebootst. Zoals in het vorige hoofdstuk uitvoerig is besproken, is voor de opbouw van dit model enkel uitgegaan van data van GHB. Er is aangenomen dat deze data ook representatief is voor andere ziekenhuizen in het beschouwde werkgebied. Ook zijn enkel patiënten die PIT of MUG assistentie van de nooddiensten verzoeken in de studie opgenomen. Patiënten die zich op een andere manier naar het ziekenhuis verplaatsen kunnen immers niet geholpen worden door de MSU en maken geen deel uit van dit onderzoek.

Het simulatiemodel bestaat uit vier grote modules die met elkaar in verbinding staan zoals aangegeven in figuur 20.

In de generatiemodule worden patiënten gegenereerd die assistentie van een noodvoertuig verzoeken. De nooddispatch stuurt een voertuig naar deze patiënten. De patiënt wordt vervolgens naar de ziekenhuismodule gebracht. Wanneer de nooddispatch echter vermoedt dat de patiënt een CVA heeft, kan de MSU uitgestuurd worden. In dat geval komt de patiënt eerst terecht in de MSU module.

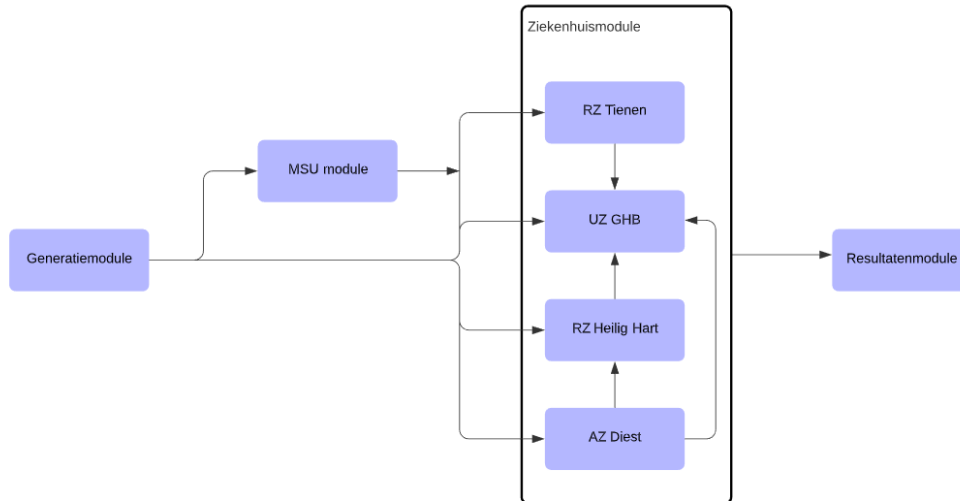
In de MSU module wordt bepaald of de patiënt al dan niet werkelijk een CVA heeft en wordt indien nodig behandeling toegediend. Daarna komt de patiënt in de ziekenhuismodule terecht.

De ziekenhuismodule is de eindmodule voor de patiënt. Hier ondergaat de patiënt een volledige diagnose en krijgt hij de gepaste behandeling. Indien nodig wordt de patiënt doorverwezen naar een ander ziekenhuis.

Tot slot wordt alle informatie omtrent het aantal toegediende behandelingen, de gemiddelde tijd tot behandeling en de activiteit van de MSU verzameld in de resultatenmodule.

6.2 Generatiemodule

In de generatiemodule worden patiënten gegenereerd met een frequentie zoals bepaald door de interoproeptijd. Anderzijds worden ook verzoeken voor IHT van AZ Diest, RZ Tienen of RZ Heilig Hart in Leuven naar GHB gegenereerd. Zowel de frequentie van patiëntoproepen als van IHT varieert tussen dag en nacht.

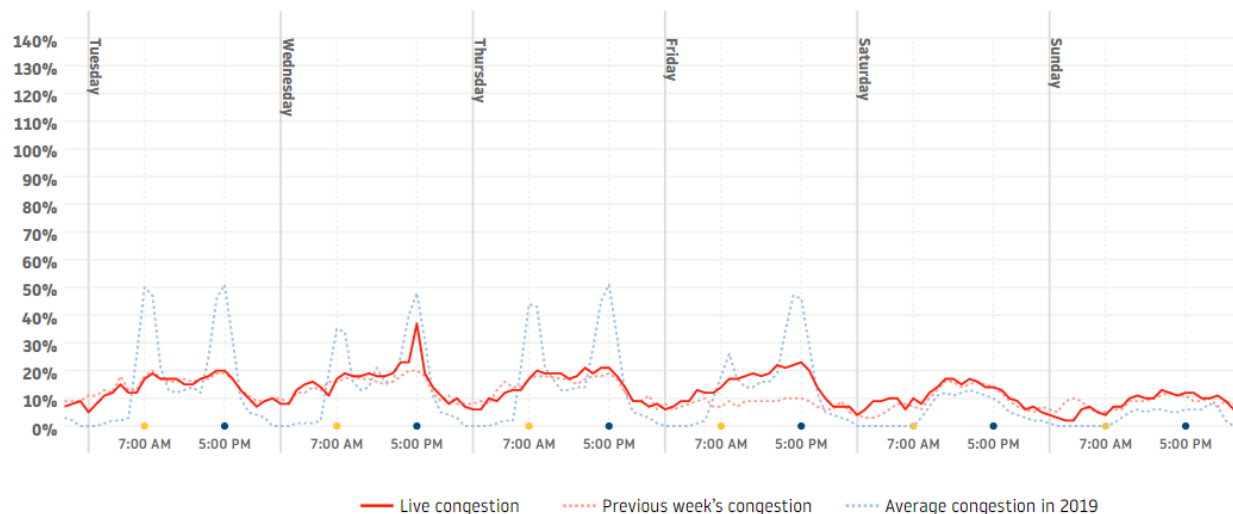


Figuur 20: Schematische weergave simulatiemodel voor OVB.

Vanuit de data analyse worden een aantal kenmerken aan de patiënt toegewezen zoals een locatie (H5.2.1), een dode tijd (H5.3.2) en een voertuigindicatie (H5.2.2). Vanuit deze informatie bepaalt de generatiemodule welk voertuig naar de patiënt uitrijdt en naar welk ziekenhuis hij wordt gebracht.

Welk voertuig het dichtstbijzijnde is, hangt af van de rijtijd van het station tot de locatie van de patiënt. Voor de bepaling van het werkgebied zijn de rijtijden met ORS bepaald (H4.3.1). Deze rijtijden nemen geen verkeersdruk in rekening. Daarom zijn aan de hand van de verkeersinformatie van het Vlaams verkeerscentrum en de TomTom database drie verkeersscenario's gedefinieerd: rustig, gematigd en druk verkeer [74] [75].

Voor elk van deze verkeersscenario's is vervolgens een representatief verkeersuur uitgekozen (rustig verkeer: 0h, gemiddeld verkeer: 12h, druk verkeer: 16h). Op dit representatieve verkeersuur kunnen dan de rijtijden herberekend worden met de API Google software. Deze betalende software berekent de rijtijden aan de hand van live verkeersinformatie, wat een accuratere inschatting van de effectieve rijtijd op dat moment van de dag geeft [76]. Door de quarantaine maatregelen naar aanleiding van het Coronavirus is de verkeerssituatie in OVB tijdens het onderzoek echter sterk verstoord zoals weergegeven in figuur 21. Daarom biedt de berekening van de rijtijden met live verkeersinformatie weinig toegevoegde waarde. Een oplossing is gevonden in het gebruik van historische verkeersinformatie. Tomtom publiceert jaarlijks betrouwbare verkeersindexen voor verschillende regio's, inclusief regio Leuven. Deze verkeersindex geeft de procentuele stijging van de rijtijd voor een gemiddelde verplaatsing per weekuur weer en wordt als referentie gebruikt voor filevoorspellingen [77]. De verkeersindex per weekuur voor regio Leuven van 2018 is bijgevoegd in bijlage G.



Figuur 21: Verkeersindex in omgeving van Leuven. Rode lijn is het verkeer van 5/5/2020 tot 10/5/2020. Oranje stippenlijn van 28/4/2020 tot 3/5/2020. Blauwe stippelijen is historische verkeersinformatie van 2019 [74].

Aan elk verkeersscenario is op basis van deze historische data een congestie index toegekend: 1 voor rustige verkeer, 1.13 voor gemiddeld verkeer en 1.35 voor druk verkeer. De uren van de week met hun bijhorende congestie indexen zijn weergegeven in tabel 6.

Uur (weekdag)	Congestie index	Uur (weekdag)	Congestie index	Uur (weekend)	Congestie index
0-6h	1	15-19h	1.35	0-9h	1
6-7h	1.13	19-20h	1.13	9-19h	1.13
7-10h	1.35	20-0h	1	19-0h	1
10-15h	1.13			Zondag	1

Tabel 4: Congestie index per weekuur.

Het product van de rijtijden berekend met ORS en de gepaste verkeersindex resulteert dus in een accuratere schatting van de effectieve rijtijd van het station naar de locatie van de patiënt. Noodvoertuigen hebben doorgaans een kortere reistijd dan normale voertuigen. Daarom moet nog een corrigerende factor toegepast worden.

M. Poulton (2017) voerde een studie uit naar het verschil tussen de rijtijden voorspeld door Google maps en de effectieve rijtijd van ziekenwagens voor een noodoproep in London [78]. Hij concludeerde dat ziekenwagens 25.1% kortere rijtijden hebben. De London air ambulance (2017) voerde een vergelijkbare studie uit om de efficiëntie van hun snelle reactie grondvoertuigen te evalueren. Zij stelden een tijds winst van 54.9% vast [79].

In Minneapolis, een kleinere stad met vergelijkbare congestie indexen als Leuven, publiceerden J.

Ho en B. Casey (1998) dat ziekenwagens een tijdswinst van 38.5% verwezenlijkten tegenover normale voertuigen [74] [80].

Tot slot maakte K. Petzäll (2011) het onderscheid tussen tijdswinst voor noodvoertuigen in de stedelijke omgeving en de landelijke omgeving van Karlstad, Zweden [81]. Voor de stedelijke omgeving stelden zij een tijdswinst van 26.6% en voor de landelijke een tijdswinst van 23.7% vast.

De resultaten van deze vier studies zijn samengevat in tabel 7. De gemiddelde voorspelde tijdswinst voor een stedelijke omgeving is 36.3%. De tijdswinst voor landelijke omgeving is 23.7%. Aangezien in het beschouwde werkgebied zowel stedelijke als landelijke omgevingen zijn opgenomen, is de tijdswinst aangenomen op het gemiddelde van de stedelijke en de landelijke tijdswinst: 30.0%.

Auteur	Omgeving	Tijdsbesparing [%]
M. Poulton (2017)	Stedelijk	25.1
M. Rehn (2017)	Stedelijk	54.9
J. Ho, B. Casey (1998)	Stedelijk	38.5
K. Petzäll (2011)	Stedelijk	26.6
K. Petzäll(2011)	Landelijk	23.7

Tabel 5: Overzicht van studies naar tijdsbesparing van noodvoertuig tegenover normaal voertuig.

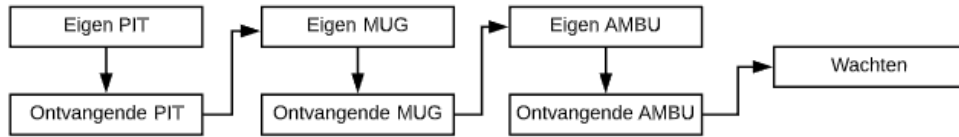
De generatiemodule genereert ook oproepen voor IHT van niet CVA patiënten. Deze zijn enkel mee gesimuleerd omdat zij een belangrijke invloed hebben op de beschikbaarheid van de noodvoertuigen in GHB. Deze patiënten zelf vallen buiten het onderzoek.

IHT is typisch een PIT indicatie. Indien een PIT beschikbaar is in het uitzendend ziekenhuis zal deze voor het IHT ingezet worden. Indien dit niet het geval is, zal een PIT uit het ontvangend ziekenhuis verzocht worden het IHT uit te voeren. Wanneer in beide ziekenhuizen geen PIT beschikbaar is, zal een ziekenwagen met MUG assistentie uit het uitzendend ziekenhuis of het ontvangend ziekenhuis verkozen worden. Indien geen MUG assistentie beschikbaar is, rijdt de ziekenwagen alleen uit. In het zeer uitzonderlijke geval dat geen enkel van de voorgenoemde voertuigen beschikbaar is, wordt het voertuig dat als eerste weer beschikbaar is uitgestuurd. Figuur 22 geeft het stroomdiagram weer voor de voertuigkeuze bij IHT.

Merk op dat een voertuig dat onbeschikbaar is, maar bijna opnieuw beschikbaar zal zijn nooit wordt verkozen boven een voertuig dat nu beschikbaar is. In de praktijk gebeurt dit bij IHT wel.

6.3 De MSU module

Het doelpubliek van de MSU zijn patiënten met een PIT indicatie die een CVA hebben. Het is echter niet eenvoudig om voor diagnose accuraat te voorspellen of een patiënt een CVA heeft of

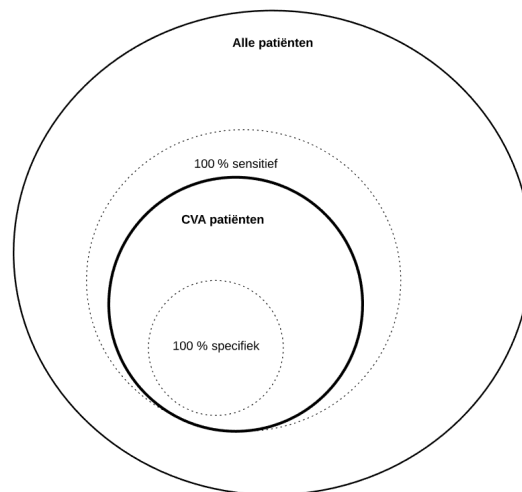


Figuur 22: Stroomdiagram voertuigkeuze IHT.

niet. De nooddispatch moet deze inschatting maken en verzoekt om een MSU indien bij een PIT indicatie met vermoeden van CVA.

In de praktijk zal de informatie verschaft door de nooddispatch nooit volledig accuraat zijn. Algemeen kunnen bij het herkennen van CVA patiënten twee fouten gemaakt worden: patiënten die geen CVA hebben kunnen toch als CVA patiënt aangeduid worden en patiënten met een CVA kunnen niet herkend worden. De eerste fout wordt omschreven door de specificiteit, de tweede fout door de sensitiviteit. De specificiteit is het percentage CVA indicaties dat ook effectief een CVA heeft. De sensitiviteit is het percentage van de CVA patiënten dat herkend is.

Een nooddispatch met 100 procent specificiteit zal dus nooit een CVA melden die geen CVA is, maar kan wel patiënten met een CVA over het hoofd zien. Een 100 procent sensitieve nooddispatch daarentegen kan CVA meldingen geven die geen CVA zijn, maar zal geen enkele CVA patiënt over het hoofd zien. Een nooddispatch die 100 procent sensitief en 100 procent specifiek is, filtert de CVA patiënten perfect uit en maakt geen fouten. Het verschil tussen de specificiteit en de sensitiviteit is geïllustreerd in figuur 23.



Figuur 23: Specificiteit en de sensitiviteit van CVA herkenning.

Over de sensitiviteit en de specificiteit voor de identificatie van CVA patiënten door de nooddispatch in OVB is geen informatie gekend. Een referentiewaarde moet in de literatuur gevonden

worden. In San Diego is gedurende één jaar van alle oproepen naar de nooddienst (86 989 oproepen) bijgehouden of de nooddienst een CVA voorspelde en of de patiënt uiteindelijk daadwerkelijk met een CVA is gediagnosticeerd. Hieruit is een waarde voor de sensitiviteit van 0.44 en een waarde voor de specificiteit van 0.4 afgeleid [82].

Er is verondersteld dat de waarden van de sensitiviteit en de specificiteit van de nooddispatch in OVB met deze waarden overeenkomen.

In Berlijn is naar aanleiding van de invoer van een MSU een grootschalige evaluatie van zijn performantie gestart: de PHANTOM studie. Als deel van deze evaluatie is ook een efficiënter algoritme ontworpen dat de nooddispatch helpt om CVA patiënten correcter te identificeren. Na implementatie van dit algoritme steeg de sensitiviteit van de nooddispatch tot 0.53 en de specificiteit tot 0.591 [83]. In OVB wordt momenteel geen dergelijk geoptimaliseerd algoritme gebruikt. Als deel van de eerste onderzoeksvraag wordt de invloed van de implementatie van zo'n algoritme wel bestudeerd. In dit geval wordt aangenomen dat na implementatie de nooddispatch van OVB dezelfde verbeterde waarden voor de sensitiviteit en specificiteit bereikt als in de PHANTOM studie zijn waargenomen.

Wanneer de nooddispatch een MSU indicatie geeft, wordt gecontroleerd of de MSU ook effectief kan uitrijden. Dit gebeurt enkel wanneer de MSU beschikbaar is, personeel aanwezig is om de MSU te bemannen, de rijtijd tot de patiënt kleiner is dan de maximale uitrijperimeter van de MSU en er geen ziekenwagen beschikbaar is die meer dan drie minuten dichterbij de patiënt is. Deze laatste voorwaarde is een gevolg van de DMR. Wanneer aan al deze voorwaarden voldaan is, treedt de MSU in actie.

Wanneer de MSU ter plaatse aankomt, wordt onmiddellijk bepaald of de patiënt al dan niet werkelijk een CVA had. Indien de patiënt inderdaad een CVA had, doorloopt hij de kansboom uit figuur 19. Als hieruit blijkt dat de patiënt een tPA behandeling nodig heeft, wordt deze door het personeel van de MSU toegediend. In dit geval is de tijd tussen aankomst van de MSU en het toedienen van de tPA behandeling van groot belang.

Verschillende studies over de efficiëntie van de MSU rapporteren over deze tijd.

R. Kowalski (2019) stelde vast dat voor de 13 patiënten die tPA ontvingen tijdens de testfase voor de MSU in Denver de tijd tussen aankomst en tPA varieerde van 20 tot 29 minuten. De mediaan was 26 minuten [84].

Een grotere studie in 2018 onderzocht of er een verschil was in tijd tussen aankomst en toediening van tPA wanneer een arts meereed met de MSU of wanneer enkel telecommunicatie met de arts was voorzien. De onderzoeksgroep omvatte 145 behandelingen en er werd geen significant tijdsverschil waargenomen. In beide gevallen varieerde de tijd tot behandeling van 19 tot 30 minuten met een mediaan van 24 minuten [85]. Een vergelijkbare studie van A. Itrat (2016) kwam ook tot de conclusie dat telecommunicatie met een arts niet tot tijdverlies leidt tegenover een meereizende

arts. Deze studie omvatte 16 behandelingen waarbij de behandelingstijd sterk varieerde van 24 tot 47 minuten, met een mediaan van 32 minuten [86].

De hoger genoemde PHANTOM studie publiceerde reeds in 2013 ook over de ervaringen met de tijd tot behandeling in Berlijn. Hier werd voor 23 patiënten een behandelingstijd variërend tussen 37 en 52 minuten waargenomen met een mediaan van 42 minuten [87]. Wanneer in 2014 meer gegevens van de MSU in Berlijn gekend waren, werd een tweede grotere studie gepubliceerd. In deze studie zijn 192 behandelingen opgenomen met een behandelingstijd variërend tussen 34 en 40 minuten en een mediaan van 37 minuten [88].

De informatie van deze vijf studies is samengevat in tabel 8.

Auteur	Mediaan van aankomst tot tPA [min]	Onderzoeksgroep
R. Kowalski (2019)	26	13
R. Bowry (2018)	24	145
A. Itrat (2016)	32	16
E. Weber (2013)	42	23
M. Ebinger (2014)	37	192

Tabel 6: Overzicht van studies naar de tijd tussen aankomst van MSU en toediening van tPA behandeling.

Voor de MSU in GHB is aangenomen dat de gemiddelde tijd tot behandeling gelijk is aan het gemiddelde van de medianen van deze vijf studies, gewogen met de grootte van de onderzoeksgroep:

$$\frac{13 * 26 + 145 * 24 + 32 * 16 + 42 * 23 + 37 * 192}{192 + 23 + 16 + 145 + 13} = 32 \quad (8)$$

Rond deze gemiddelde tijd is een variatierange van 10 minuten gekozen. De tijd tussen aankomst van de MSU en het toedienen van tPA varieert dus uniform tussen 27 en 37 minuten.

Patiënten waarvoor besloten wordt geen tPA te geven, ondergaan nog steeds een diagnosetijd. Deze diagnosetijd is in feite het voornaamste onderdeel van de tijd tot behandeling. In samenspraak met de stroke unit van GHB is de diagnosetijd 10 minuten korter gekozen dan de tijd tot behandeling.

De PHANTOM studie publiceerde ook de gemiddelde tijd van het toedienen van de behandeling tot aankomst in het ziekenhuis [88]. Deze tijd verminderd met de gemiddelde rijtijd van de MSU levert de tijd tussen toediening van de behandeling en vertrek van de site en bleek tussen de 15 en de 20 minuten. Er is aangenomen dat deze waarde ook geldig is voor de MSU in GHB.

6.4 Ziekenhuismodule

In de ziekenhuismodule wordt de patiënt gediagnosticeerd en krijgt hij indien nodig behandeling. In OVB komt de patiënt in één van vier ziekenhuizen terecht: AZ Diest, RZ Tienen, RZ Heilig Hart of UZ Leuven. Na aankomst in het ziekenhuis doorloopt de patiënt de kansboom uit H5.4.2. Er is aangenomen dat indien besloten wordt dat de patiënt IHT nodig heeft en hij nog niet in UZ Leuven is, hij altijd naar UZ Leuven gebracht wordt. Daarvoor wordt het voertuig gebruikt dat bepaald is door het stroomdiagram uit figuur 22. In GHB wordt dan besloten of de patiënt MT behandeling krijgt of niet.

TPA behandelingen worden ook in RZ Heilig Hart en RZ Tienen aangeboden. Indien een patiënt in één van deze ziekenhuizen aankomt en na doorlopen van de kansboom tPA behandeling krijgt toegewezen, maar geen IHT, dan hoeft dus geen IHT plaats te vinden. Dit geldt niet voor AZ Diest. Dit ziekenhuis biedt namelijk geen enkele zorg voor CVA patiënten aan. Indien een CVA patiënt hier aankomt wordt hij altijd doorgestuurd naar een ander ziekenhuis. Hiervoor is aangenomen dat patiënten die na het doorlopen van de kansboom niet zijn ingedeeld als IHT patiënt, alsnog naar RZ Heilig Hart worden gestuurd waar zij tPA behandeling kunnen ontvangen. Anders worden zij naar UZ Leuven gestuurd waar zij ook MT kunnen krijgen.

In de MT zone zijn meer dan vier ziekenhuizen betrokken. In de hele zone is aangenomen dat patiënten die aankomen in een ziekenhuis dat hen niet de gepaste behandeling kan geven, worden doorgestuurd naar het dichtstbijzijnde ziekenhuis dat alle behandelingen aanbiedt (tPA en MT). De enige uitzondering op deze regel blijft AZ Diest dat patiënten verdeelt tussen RZ Heilig Hart en UZ Leuven, afhankelijk van of de patiënt als IHT patiënt is ingedeeld of niet. Een overzicht van welke ziekenhuizen welke behandelingen aanbieden is toegevoegd in bijlage B.

IHT is dus niet uitzonderlijk in het zorgtraject voor CVA patiënten in OVB. Een belangrijke parameter van IHT is de door-to-door tijd. Dit is de tijd tussen aankomst van de patiënt in het ziekenhuis en vertrek naar een ander ziekenhuis. Deze tijd is in eerste instantie op 60 minuten aangenomen. Merk op dat tijdens de door-to-door tijd eventueel al tPA behandeling kan toegediend worden.

In H5.3.4 is de door-to-treatment tijd voor patiënten in UZ Leuven bepaald. Van de andere ziekenhuizen is geen data gekend en kan de door-to-treatment tijd dus niet afzonderlijk afgeleid worden. Daarom is aangenomen dat de efficiëntie (en dus de door-to-treatment tijd) van de andere ziekenhuizen vergelijkbaar is met die van UZ Leuven.

De invloed van variaties van de door-to-door tijd en de door-to-treatment tijd worden onderzocht in de eerste onderzoeksvraag.

Normaliter brengt het noodvoertuig de patiënt steeds naar het dichtstbijzijnde ziekenhuis. In de simulatie is slechts één uitzondering op deze regel gemaakt. Aangezien RZ Heilig Hart en UZ Leuven dicht bij elkaar liggen, maar het UZ Leuven meer gespecialiseerde zorg voor CVA patiënten

aanbiedt, vertonen noodvoertuigen die een CVA patiënt ophalen in het werkgebied van RZ Heilig Hart de tendens deze onmiddellijk naar UZ Leuven te brengen. Daarom is aangenomen dat 90% van de CVA patiënten die met noodvoertuigen in het werkgebied van RZ Heilig Hart worden opgepikt, toch naar UZ Leuven worden gebracht.

Tot slot dient opgemerkt te worden dat mogelijke capaciteitsproblemen van het ziekenhuis die de opvang van extra CVA patiënten onmogelijk maken, niet worden beschouwd in dit onderzoek.

Een schematisch overzicht van de generatiemodule, MSU module en de ziekenhuismodule is toegevoegd in bijlage F.

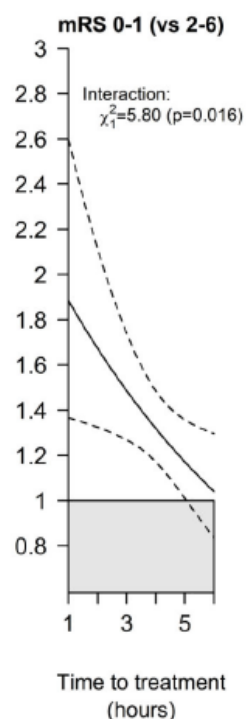
6.5 Resultatenmodule

Na de ziekenhuismodule zijn alle patiënten op hun eindbestemming en hebben zij de kansboom uit figuur 19 volledig doorlopen. In de resultatenmodule wordt nu van alle patiënten informatie bijgehouden omtrent de tijd van vertoon eerste symptomen, eerste contact met de nooddienst, aankomst in ziekenhuis, eventueel IHT en de tijd van toedienen van behandeling. Uit deze informatie kan de kans op goede uitkomst bepaald worden. De kans op goede uitkomst na tPA of MT is uitgedrukt door de tijdsafhankelijke functies $f_{tPA}(t)$ en $f_{MT}(t)$ zoals besproken in H5.4.2.

Een reductie in de tijd tot tPA behandeling kan leiden tot een sneller herstel van de bloetoevoer naar de hersenen en bijgevolg een verbeterde kans op goede uitkomst. Langs de andere kant verhoogt een tPA behandeling het risico op een hemorragische omvorming. Dit is een ongewenst effect dat de kans op slechte uitkomst sterk verhoogt. Er bestaat algemene consensus dat wanneer tPA binnen de 4u30 wordt toegediend de voordelen opwegen tegen de nadelen [73]. A. Meretoja (2014) kwantificeerde dit en schatte dat binnen dit tijds kader elke gewonnen minuut tot tPA behandeling de patiënt gemiddeld 0.9 tot 2.7 extra gezonde levensdagen oplevert, afhankelijk van de leeftijd, het geslacht en de ernst van de beroerte [89].

Om een precies functieverloop van de verbeterde kans op goede uitkomst te construeren, is een onderzoek met een zeer grote patiëntbasis nodig. De dataset van GHB volstaat hier niet voor.

Een voldoende grootschalig onderzoek is gevonden in een gepoolde analyse van K. Lee (2016) [3]. In deze studie is van 6 756 patiënten met tPA behandeling opgevolgd wanneer zij tPA ontvingen en wat hun mRS score na 90 dagen was. Het resultaat is de tijdsafhankelijke functie op goede uitkomst na tPA

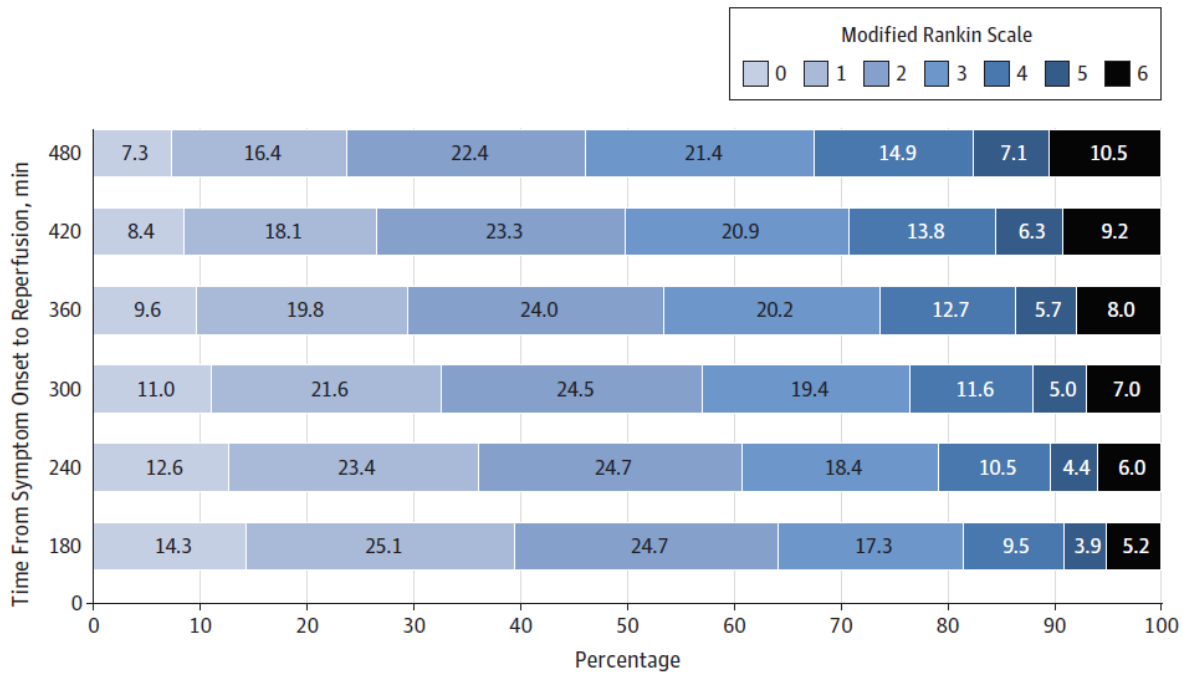


Figuur 24: Relatieve $f_{tPA}(t)$ uit gepoolde analyse [3].

van figuur 24. Hierbij is goede uitkomst gedefinieerd als een mRS score van 0 of 1. De kans op goede uitkomst is in deze functie steeds relatief weergegeven tegenover de kans op goede uitkomst indien geen tPA gegeven wordt. Deze functie moet gekalibreerd zoals beschreven in H5.4.2. Daarenboven is geen analytisch functievoorschrift gekend van het experimenteel vastgestelde verband uit figuur 24. Daarom is de functie benaderd door een stuksgewijs lineaire functie. Hieruit volgt de functie weergegeven in figuur 26a. Deze functie is als $f_{tPA}(t)$ in het model gebruikt.

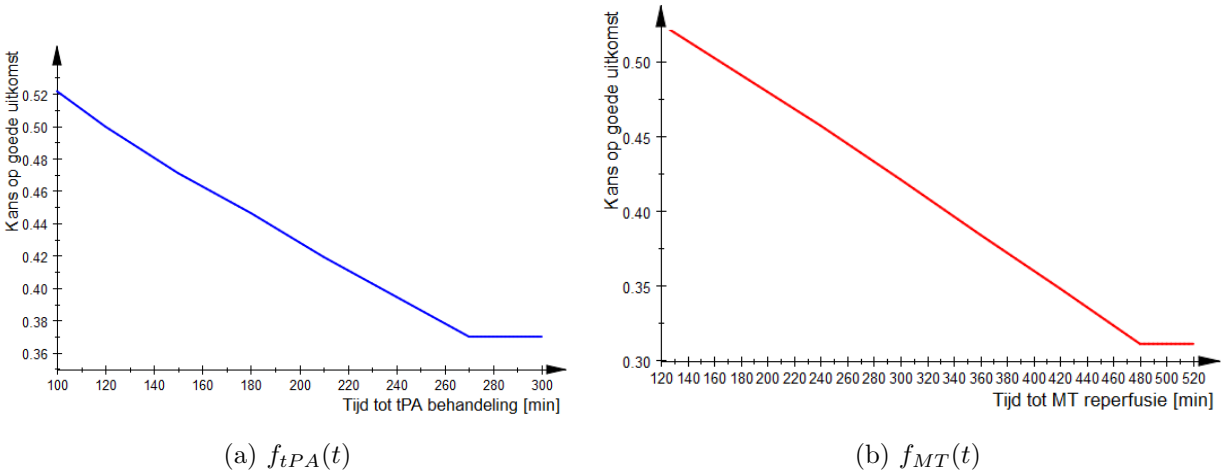
Voor MT speelt tijdswinst tot reperfusie een nog belangrijkere rol. A. Meretoja (2017) kwantificeerde ook deze tijdswinst en stelde vast dat elke gewonnen minuut tot de start van de MT de patiënt 2.3 tot 5.2 extra gezonde levensdagen oplevert [90].

Opnieuw dient een grootschalige studie naar het tijdsafhankelijk verband van de kans op goede uitkomst na MT uitgevoerd te worden. JL Saver (2016) onderzocht voor elk uur vertraging de reductie in kans op goede uitkomst. De resultaten zijn aangegeven in figuur 25. Hierbij is kans op goede uitkomst gedefinieerd als een mRS score na 90 dagen van 0, 1 of 2 [4]. Goede uitkomst is hier dus breder gedefinieerd dan bij tPA behandelingen, omdat patiënten die MT ondergaan typisch een ernstigere CVA hebben. Na stuksgewijze linearisering en kalibratie wordt de functie uit figuur 26b verkregen. Deze functie is als $f_{MT}(t)$ gebruikt in het model.



Figuur 25: Kans op goede uitkomst na MT per uur [4].

De verkregen functies neigen naar lineair gedrag. Wanneer de schaal van de y as wordt uitvergroot zoals in figuur 24 wordt ook het licht concave (holle) gedrag zichtbaar.



Figuur 26: Gekalibreerde en gelineariseerde $f_{tPA}(t)$ (links) en $f_{MT}(t)$ (rechts) zoals gebruikt in model.

Merk op dat de MSU ook een positieve invloed kan hebben op de kans op goede uitkomst van neurologische patiënten die geen CVA hebben. Een voorbeeld zijn patiënten met epidurale of subdurale bloedingen. Deze effecten zijn geen deel van deze studie. Het voordeel voor dergelijke patiënten of voor patiënten met een hemorragische beroerte wordt in de resultatenmodule enkel uitgedrukt door een eventueel verkorte tijd tot aankomst in GHB door het voorkomen van IHT.

Daar staat tegenover dat eventuele negatieve effecten op de goede uitkomst van niet neurologische patiënten ook geen deel zijn van het onderzoek. Opnieuw zijn deze negatieve effecten enkel in de resultatenmodule vervat door een vertraagde aankomst van de patiënt in het dichtstbijzijnde ziekenhuis door een langere rijtijd en/of on-scene tijd.

7 Validatie en verificatie

In dit hoofdstuk wordt het model gevalideerd en geverifieerd. Deze testen onderzoeken de betrouwbaarheid van het model. De validatie onderzoekt het verschil tussen de resultaten van het model en de realiteit. De verificatie controleert of de voorspellingen van het model overeenkomen met het verwachtingspatroon.

7.1 Validatie

De validatie gaat na of de resultaten van het model overeenkomen met de realiteit. Daartoe zijn van 10 uitgangsgrootheden de werkelijke waarden bepaald uit historische data van GHB van 2018. Deze zijn vergeleken met de resultaten van het model. Om een inzichtelijke vergelijking uit te voeren is de simulatie 20 keer uitgevoerd, telkens over een periode van 3 jaar. De gemiddelde waarden met de bijhorende spreiding zijn weergegeven in tabel 7, samen met de referentiewaarden van GHB.

Gemeten grootheid	Data GHB [%]	Model gemiddelde [%]	Model spreiding [%]
Op tijd tPA	54.0	54.9	[51.4;57.7]
Op tijd MT	80.1	77.1	[74.8;79.9]
Kans op goede uitkomst	49.2	48.4	[47.6;49.1]
Tijd tot GHB (geen IHT)	34.4	38.3	[38.2;38.5]
In GHB via IHT	11.2	13.8	[11.1;15.8]
CVA patiënten GHB	321	339	[312;361]
tPA behandelingen GHB	88	87	[78;98]
MT behandelingen	78	69	[61;77]
Acties PIT GHB	2778	3085	[3047;3154]
Acties MUG GHB	1617	1667	[1620;1723]

Tabel 7: Overzicht resultaten validatie.

Er zijn een aantal afwijkingen merkbaar.

Het model voorspelt dat minder mensen op tijd zijn voor MT dan in werkelijkheid. Er worden ook minder MT behandelingen gegeven. De waarden van GHB vallen echter maar net buiten de spreiding gegeven door het model.

De gemiddelde tijd tussen oproep en aankomst in het ziekenhuis is ook 4 minuten langer in het model dan in werkelijkheid. Dit kan het gevolg zijn van een overschatting van de on-scene tijd of een onderschatting van het snelheidssurplus voor noodvoertuigen.

Tot slot zijn er 10% meer PIT acties dan in werkelijkheid. Dit is het gevolg van de voorkeur voor PIT voertuigen bij IHT. GHB is het enige ziekenhuis in OVB met een PIT en zal dus sterk

belast worden met IHT oproepen. Zoals wordt aangetoond in hoofdstuk 8.1 vormt de (te) drukke bezetting van het PIT echter geen sterke restrictie op de effectiviteit van de MSU

In het algemeen komen de resultaten uit het model voldoende goed met de werkelijkheid overeen om bruikbare voorspellingen te maken.

7.2 Verificatie

De verificatie controleert of het model logisch reageert op veranderende randfactoren. In het bijzonder wordt de invloed op de effectiviteit van de MSU onderzocht. Er zijn drie scenario's uitgelijnd die voorspelbare veranderingen veroorzaken: een uitzondering op de DMR voor de MSU, een toename van verkeer en het aanbieden van tPA in AZ Diest. Telkens wordt de verandering zonder MSU en met MSU bepaald.

7.2.1 Uitzondering op drieminutenregel

De DMR voorkomt dat de MSU uitrijdt wanneer een ziekenwagen meer dan drie minuten dicht bij de patiënt is. Dit heeft tot gevolg dat de MSU enkel uitrijdt naar patiënten die zich relatief dicht bij GHB bevinden. In het algemeen bevinden deze patiënten zich in het werkgebied van GHB of RZ Heilig Hart. Een groot deel van het voordeel van de MSU bestaat uit het voorkomen van IHT. Dit voordeel speelt echter niet voor patiënten in het werkgebied van GHB aangezien zij toch nooit IHT hoeven te ondergaan. Daarbij wordt ook 90% van de patiënten uit het werkgebied van RZ Heilig Hart recht naar GHB gebracht (zie H6.4).

Daarom zou een uitzondering op de DMR voor de MSU een grotere effectiviteit van de MSU moeten weerspiegelen: de MSU rijdt vaker uit, er zijn meer mensen op tijd voor tPA en MT en IHT neemt af.

In tabel 8 zijn de resultaten van het model weergegeven. Ten eerste valt het op dat kolom 2 en 5 identiek zijn. Deze kolommen drukken de situatie zonder MSU uit. Een uitzondering op de DMR voor de MSU veroorzaakt dan geen verandering. Verder is inderdaad een groot verschil merkbaar tussen de verbetering zonder en met DMR (kolom 4 en 7). In de laatste kolom is aangegeven of dit verschil statistisch significant is of niet. Deze kolom geeft dus aan of de effectiviteit van de MSU zonder DMR significant verschillend is van de effectiviteit met DMR. Daarbij is voor p een grenswaarde van 0.05 gekozen.

Het verschil tussen de effectiviteit van de MSU met en zonder DMR is groot. In tabel 8 is af te lezen dat de afname in IHT en de toename in patiënten die op tijd zijn voor tPA dicht bij nul ligt en de MSU bijna drie keer zo actief is wanneer de DMR niet geldt. De verbetering voor MT patiënten is iets hoger omdat voor een klein aantal patiënten IHT van RZ Heilig Hart naar UZ

Gemeten grootheid	Baseline geen MSU	Baseline MSU	Baseline verschil	Geen DMR geen MSU	Geen DMR MSU	Geen DMR verschil	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	45.8, [43.3; 48.2]	46.0, [44.0; 47.6]	0.2, [-2.1; 2.1]	45.8, [43.3; 48.2]	48.3, [46.2; 50.5]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	75.3, [73.1; 77.3]	75.9, [74.1; 77.4]	0.6, [-0.2; 1.7]	75.3, [73.1; 77.3]	77.3 [75.7; 78.5]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja
MSU acties(per jaar)	0	142, [128; 150]	142, [128; 150]	0	394, [381; 408]	394, [381; 408]	< 0.001, ja
MSU bezet [%]	0	3.7, [3.3; 3.9]	3.7, [3.3; 3.9]	0	12.6, [12.0; 13.0]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja
IHT [%]	33.5, [32.6; 34.7]	33.3, [32.7; 34.2]	-0.2, [-1.4; 0.5]	33.5, [32.6; 34.7]	26.6, [25.1; 28.1]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja

Tabel 8: Overzicht resultaten verificatie: geen DMR.

Leuven vermeden wordt. In het algemeen is het duidelijk dat de functionaliteit van de MSU sterk wordt beknot door de DMR. In hoofdstuk 8 wordt uitgebreid op deze vaststelling teruggekomen. Om veranderingen in effectiviteit van de MSU goed te kunnen waarnemen, is er in de volgende verificatiescenario's steeds vanuit gegaan dat de DMR niet geldt voor de MSU. De referentie is dan niet meer de baseline, maar het geval zonder DMR.

7.2.2 Verkeer neemt toe

Wanneer meer verkeer op de weg is, zullen de rijtijden stijgen. Patiënten komen hierdoor later aan in het ziekenhuis. Daarom zullen minder patiënten op tijd zijn voor tPA of MT behandeling. De MSU legt in het algemeen een langere weg af dan de lokale ziekenwagen en zal dus meer nadeel ondervinden van het extra verkeer. Daar staat tegenover dat de MSU onmiddellijk bij de patiënt tPA kan toedienen. Tijdverlies tijdens de terugrit is dus uitgespaard. Daarenboven is het door het verhoogd verkeer nog belangrijker om IHT te voorkomen. De invloed van extra verkeer op de effectiviteit van de MSU is dus niet geheel voorspelbaar.

Tabel 9 geeft de resultaten van het model weer voor 30% extra verkeer. Deze resultaten zijn in lijn met de verwachtingen: er zijn minder mensen op tijd bij verhoogd verkeer. De verbetering door de MSU is een weinig afgenomen, maar het verschil is klein en niet statistisch significant, zoals aangegeven door de laatste kolom. Ook opvallend is dat de MSU gemiddeld 8 keer minder uitrijdt, maar wel 1.1% vaker bezet is. Dit is een logisch gevolg van de langere rijtijden.

Gemeten grootheid	Geen DMR geen MSU	Geen DMR MSU	Geen DMR verschil	Verkeer geen MSU	Verkeer MSU	Verkeer verschil	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	45.8, [43.3; 48.2]	48.3, [46.2; 50.5]	2.5, [1.4; 4.8]	43.4, [41.2; 45.1]	46.1, [43.9; 47.4]	2.7, [0.7; 4.5]	0.484, nee
Op tijd MT [%]	75.3, [73.1; 77.3]	77.3 [75.7; 78.5]	2.0, [1.2; 3.5]	74.0, [71.6; 76.1]	76.0 [74.6; 77.9]	2.0, [0.2; 4.1]	0.511, nee
MSU acties (per jaar)	0	394, [381; 408]	394, [381; 408]	0	386, [371; 399]	386, [371; 399]	0.081, nee
MSU bezet [%]	0	12.6, [12.0; 13.0]	12.6, [12.0; 13.0]	0	13.5, [13.0; 13.9]	13.5, [13.0; 13.9]	< 0.001, ja
IHT [%]	33.5, [32.6; 34.7]	26.6, [25.1; 28.1]	-6.9, [-8.1; -4.7]	33.5, [32.7; 34.3]	26.9, [25.8; 27.9]	-6.6, [-8.0; -5.1]	0.114, nee

Tabel 9: Overzicht resultaten verificatie: meer verkeer.

7.2.3 tPA in Diest

Tot slot is onderzocht wat de veranderingen zijn wanneer AZ Diest ook tPA behandeling zou aanbieden. In de basissituatie is er geen enkele CVA behandeling beschikbaar in AZ Diest en moeten alle patiënten met een CVA die in AZ Diest aankomen IHT transport ondergaan. Wanneer in AZ Diest wel tPA aangeboden wordt zal dus veel IHT vermeden worden. Daardoor zullen meer patiënten op tijd zijn voor tPA en zal de gemiddelde kans op goede uitkomst stijgen. Aangezien de toegang tot tPA al beter is zal de MSU een kleiner voordeel leveren.

Opnieuw zijn in tabel 10 de resultaten van het model samengevat. Deze komen overeen met de gemaakte voorspelling. Vooral de afname in IHT is opvallend. Dit wijst erop dat zo'n 75% van het IHT voor CVA patiënten in OVB vermeden kan worden door tPA aan te bieden in AZ Diest.

Gemeten grootheid	Geen DMR geen MSU	Geen DMR MSU	Geen DMR verschil	tPA Diest geen MSU	tPA Diest MSU	tPA Diest verschil	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	45.8, [43.3; 48.2]	48.3, [46.2; 50.5]	2.5, [1.4; 4.8]	52.8, [49.7; 56.1]	53.9, [51.1; 56.1]	1.1, [0.0; 2.4]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	75.3, [73.1; 77.3]	77.3 [75.7; 78.5]	2.0, [1.2; 3.5]	79.9, [78.7; 81.5]	81.1, [79.6; 82.7]	1.3, [0.2; 2.6]	0.002, ja
MSU acties (per jaar)	0	394, [381; 408]	394, [381; 408]	0	394, [381; 408]	394, [381; 408]	1.000, nee
MSU bezet [%]	0	12.6, [12.0; 13.0]	12.6, [12.0; 13.0]	0	12.6, [12.0; 13.0]	12.6, [12.0; 13.0]	0.999, nee
IHT [%]	33.5, [32.6; 34.7]	26.6, [25.1; 28.1]	-6.9, [-8.1; - 4.7]	8.5, [7.1; 9.5]	6.9, [5.3; 8.2]	-1.6, [-2.7; -0.4]	< 0.001, ja

Tabel 10: Overzicht resultaten verificatie: tPA Diest.

8 Resultaten

Dit hoofdstuk formuleert een antwoord op de onderzoeksvragen uit hoofdstuk 3 aan de hand van het ontwikkelde model. De eerste sectie bestudeert de invloed op de effectiviteit van de MSU van de zes veranderingen gedefinieerd in de eerste onderzoeksvraag. De tweede sectie behandelt de tweede en de derde onderzoeksvraag. Een best case, worst case en average case worden onderling en met een baseline scenario vergeleken. Deze analyse is zowel in OVB als in de MT zone uitgevoerd. Tot slot is een besluit gegeven met de voornaamste conclusies van de verkregen resultaten.

8.1 Afzonderlijke veranderingen

In de eerste onderzoeksvraag zijn zes veranderingen geformuleerd die de effectiviteit van een MSU in UZ Leuven beïnvloeden: een uitzondering op de DMR voor de MSU, een veranderende sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch, een stijging in de door-to-treatment tijd en de door-to-door tijd van de perifere ziekenhuizen, de MSU 24/7 operatief houden en de opleiding van een specifiek MSU team. Deze sectie bespreekt de impact op de effectiviteit van de MSU van elk van deze veranderingen.

8.1.1 Uitzondering op de drieminutenregel

In de verificatie is reeds vastgesteld dat een uitzondering op de DMR een grote impact heeft op de effectiviteit van de MSU. Tabel 11 geeft de verbeteringen voor CVA patiënten in OVB ten gevolge van de MSU weer wanneer de DMR wel en niet geldt. De zesde kolom geeft het verschil in verbetering. Er is ook steeds aangegeven of de verbetering (of het verschil in verbetering) statistisch significant is.

Wanneer de DMR geldt, is de MSU bijna drie keer minder actief. Daarbij wordt bijna geen IHT vermeden. Dit wijst erop dat het werkgebied van de MSU beperkt is tot het werkgebied van GHB en RZ Heilig Hart. Deze lage afname in IHT heeft tot gevolg dat slechts 0.6% meer patiënten op tijd zijn voor een MT behandeling. Het voorkomen van IHT is namelijk het voornaamste voordeel dat de MSU deze patiënten biedt. Ook voor tPA patiënten is het voorkomen van IHT een grote troef. De MSU levert het grootste voordeel aan patiënten in het werkgebied van AZ Diest, aangezien in AZ Diest geen tPA wordt aangeboden. Aangezien door de DMR de MSU deze patiënten niet bereikt, zijn slechts 0.2% meer CVA patiënten op tijd voor tPA door de MSU.

Wanneer een uitzondering wordt gemaakt op de DMR, is de effectiviteit van de MSU aanzienlijk hoger. Er zijn 2.5% extra CVA patiënten op tijd voor tPA en 2.0% voor MT. De gemiddelde tijd tot toediening van tPA daalt met 5.8 minuten. Deze verbeteringen zijn statistisch significant. De gemiddelde tijd tot MT behandeling is niet significant verbeterd. Deze parameter is in het

algemeen minder reactief op veranderingen aan het systeem aangezien MT behandelingen minder vaak worden toegediend dan tPA behandeling.

Gemeten grootheid	Baseline verbetering	P-waarde, significant	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	0.2, [-2.1; 2.1]	0.766, nee	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	2.3, [1.0; 4.4]	< 0.001, ja
Tijd tot tPA [min]	-2.8, [-5.8; 0.7]	0.002, ja	-8.6, [-11.6; -4.8]	< 0.001, ja	-5.8, [-9.9; -0.8]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	0.6, [-0.2; 1.7]	0.131, nee	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	1.4, [0.4; 2.8]	< 0.001, ja
Tijd tot MT [min]	1.7, [-9.7; 13.9]	0.131, nee	-0.6, [-13.3; 13.9]	0.560, nee	-2.3, [-16.2; 12.7]	0.766, nee
MSU acties (per jaar)	142, [128; 150]	< 0.001, ja	394, [381; 408]	< 0.001, ja	252, [239; 268]	< 0.001, ja
MSU bezet [%]	3.7, [3.3; 3.9]	< 0.001, ja	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	8.9, [8.3; 9.3]	< 0.001, ja
IHT [%]	-0.2, [-1.4; 0.5]	0.491, nee	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-6.7, [-7.7; -4.9]	< 0.001, ja

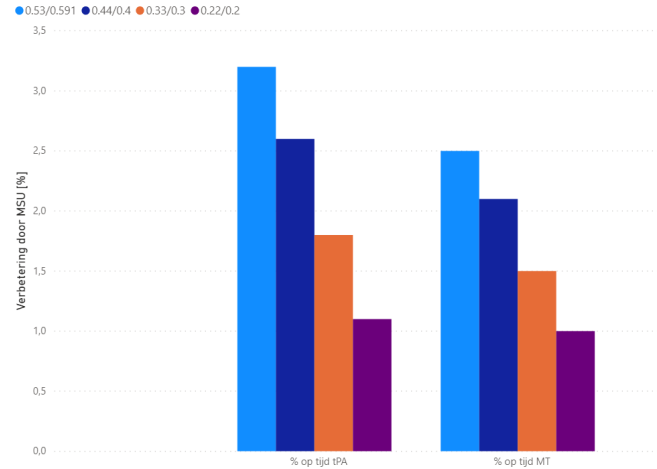
Tabel 11: Verandering in effectiviteit MSU: uitzondering op DMR.

Er valt te besluiten dat de DMR verhindert dat de MSU het IHT reduceert. Aangezien patiënten hier het grootste voordeel uit halen worden de voornaamste voordelen van de MSU teniet gedaan. Om duidelijk de impact op de effectiviteit van de MSU in te zien, is in de volgende subsecties steeds uitgegaan van een situatie zonder DMR.

8.1.2 Sensitiviteit en specificiteit

De sensitiviteit en de specificiteit drukken de kwaliteit van de informatie doorgegeven door de nooddispatch uit. In het baseline geval is een referentiewaarde van 0.44 en 0.4 aangenomen voor respectievelijk de sensitiviteit en specificiteit. Deze waarden zijn gebaseerd op een studie van de nooddispatch in San Diego. In Berlijn is een verbeterd beslissingsalgoritme bij de nooddispatch geïmplementeerd waardoor waarden van respectievelijk 0.53 en 0.591 bereikt zijn (zie H6.3). Deze subsectie onderzoekt de invloed op de effectiviteit van de MSU van een dergelijk verbeterd algoritme. Daarnaast is ook de invloed van een daling van de performantie van de nooddispatch met 25% en 50% tegenover het referentieniveau bestudeerd.

De resultaten zijn samengevat in tabel 14 tot 16 in bijlage H. Er is een duidelijk verband merkbaar tussen de performantie van de dispatch en de effectiviteit van de MSU. In het referentiegeval zijn door de MSU 2.5% extra CVA patiënten op tijd voor tPA behandeling en 2.0% voor MT. Na implementatie van het verbeterde algoritme stijgt dit tot 3.2% en 2.5%. Dit houdt een relatieve stijging van respectievelijk 28% en 25% in. Wanneer de performantie van de dispatch maar 75% bedraagt van de referentie, zakt de verbetering tot 1.8% en 1.5%. Dit is een relatieve daling van 28% en 25%. Als de performantie verder afneemt tot 50% van het referentieniveau, verwezenlijkt de MSU nog maar een verbetering van 1.1% en 1.0%. De oorspronkelijke impact van de MSU is dan met respectievelijk 56% en 50% afgenomen. Figuur 27 geeft aan hoeveel extra CVA patiënten op tijd zijn voor behandeling door toedoen van de MSU bij variërende sensitiviteit en specificiteit.

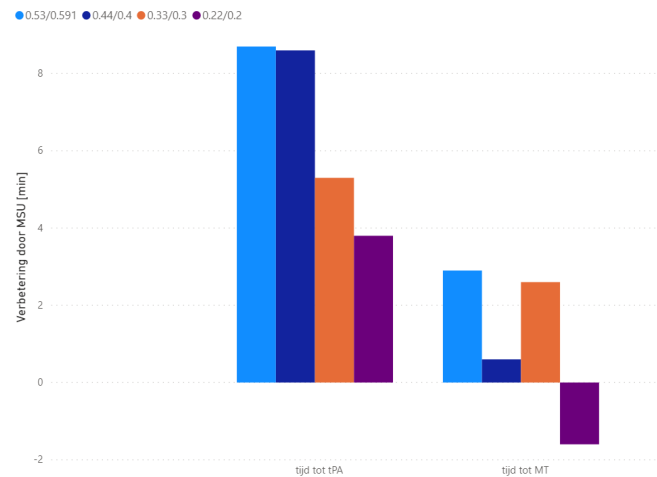


Figuur 27: Extra patiënten op tijd bij variërende sensitiviteit en specificiteit.

Ook in de gemiddelde tijd tot toediening van tPA behandeling is een duidelijke trend merkbaar. Deze tijd neemt een weinig af na implementatie van het verbeterd algoritme, maar neemt vooral sterk toe bij afnemende performantie. Op 75% van de referentiewaarde is de tijd tot behandeling 3.3 minuten langer. Op 50% van de referentiewaarde 4.8 minuten.

De gemiddelde tijd tot MT vertoont geen duidelijk verband met de informatiekwaliteit van de dispatch. Zoals aangehaald in H8.1.1 is deze tijd minder sensitief aan veranderingen in het model door het kleiner aantal MT behandelingen.

Figuur 28 geeft de verbetering in gemiddelde tijd tot behandeling weer bij variërende sensitiviteit en specificiteit.



Figuur 28: Afname in gemiddelde tijd tot behandeling bij variërende sensitiviteit en specificiteit.

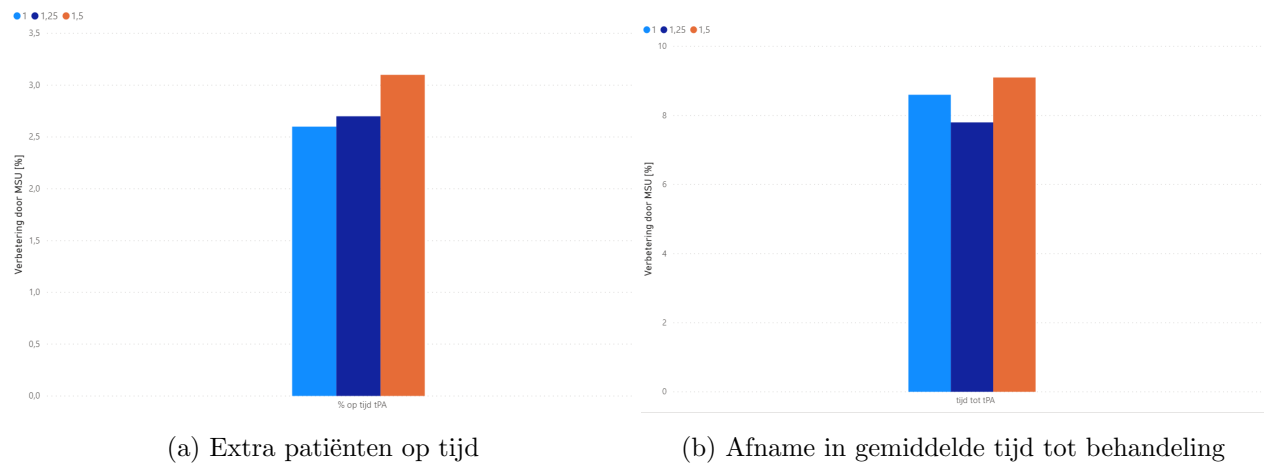
Ook het IHT lijdt onder een minder performante nooddipatch. Wanneer de sensitiviteit en de specificiteit 75% van de referentiewaarde bedragen, stijgt het percentage van de CVA patiënten dat

IHT ondergaat met 1.7%. Op 50% wordt dit 3.7%. Daarmee wordt respectievelijk 25% en 54% van de verbetering door de MSU teniet gedaan.

8.1.3 Door-to-treatment perifere ziekenhuizen

De door-to-treatment tijd is in het referentiegeval gelijk aangenomen als in GHB. Deze subsectie onderzoekt de invloed op de MSU van een toename van deze door-to-treatment tijd tot 125% en 150% van de tijd in GHB.

Een verhoging in de door-to-treatment tijd van de perifere ziekenhuizen heeft enkel invloed op tPA patiënten. Perifere ziekenhuizen bieden immers geen MT aan, en de door-to-door tijd blijft dezelfde. Wanneer de tijd stijgt tot 125% van die van GHB stijgt de verbetering in aantal CVA patiënten op tijd voor tPA met 0.1%. Daar staat tegenover dat de verbetering in gemiddelde tijd tot behandeling met 0.8 minuten daalt. Wanneer de door-to-treatment tijd stijgt tot 150% van die van GHB zijn de resultaten beduidender. 0.5% extra CVA patiënten zijn dan op tijd voor CVA en de gemiddelde tijd tot behandeling daalt met 0.5 minuten tegenover de situatie met gelijke door-to-treatment tijd. Bij een hogere door-to-treatment tijd van de perifere ziekenhuizen zijn de verbeteringen veroorzaakt door de MSU dus groter. Het is dan namelijk voordeliger om behandeling in deze ziekenhuizen te voorkomen. De resultaten zijn samengevat in tabel 17 en 18 van bijlage H en visueel voorgesteld in figuur 29.



Figuur 29: Extra patiënten op tijd (links) en afname in gemiddelde tijd tot behandeling (rechts) bij variërende door-to-treatment tijd in perifere ziekenhuizen.

8.1.4 Door-to-door tijd

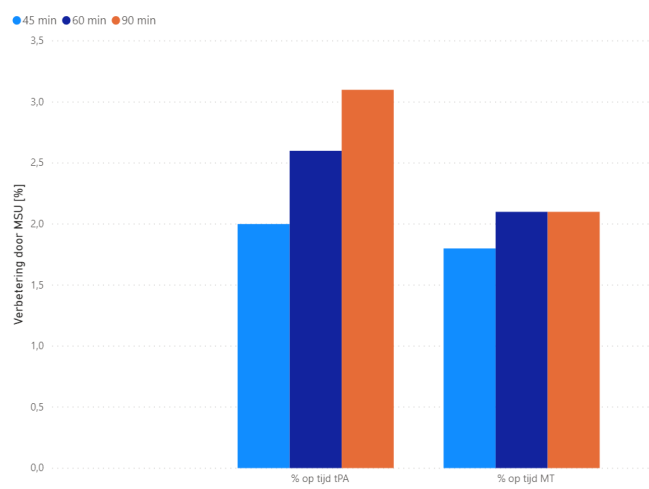
Wanneer de door-to-door tijd stijgt, ondervinden patiënten grotere vertragingen bij IHT. IHT voorkomen levert dan grotere voordelen op. Als referentie is aangenomen dat de door-to-door tijd van alle perifere ziekenhuizen 60 minuten is. Deze tijd is enerzijds verlaagd tot 45 minuten en anderzijds verhoogd tot 90 minuten.

Bij een door-to-door tijd van 45 minuten daalt de winst aan CVA patiënten die op tijd zijn voor tPA van 2.5% naar 2%. Bij een door-to-door tijd van 90 minuten stijgt de winst naar 3.1%. De tijd tot behandeling blijft in alle gevallen ongeveer gelijk.

De verbetering voor patiënten op tijd voor MT daalt bij een door-to-door tijd van 45 minuten lichtjes van 2.0% naar 1.8%, maar blijft bij een door-to-door tijd van 90 minuten gelijk. De verbetering in gemiddelde tijd tot behandeling varieert wel aanzienlijk. Deze is 4.5 minuten korter bij een door-to-door tijd van 45 minuten en 2.8 minuten langer bij een door-to-door tijd van 90 minuten. Dit is in lijn met de verwachtingen: de MSU heeft een grotere impact bij hogere door-to-door tijden. Deze resultaten zijn samengevat in tabel 19 en 20 van bijlage H en voorgesteld in figuren 30 en 31.

8.1.5 MSU 24/7

De MSU wordt bemand door PIT personeel. GHB heeft twee PIT teams. Eén van deze teams is elke weekdag van 8u tot 22u beschikbaar en in het weekend van 9u tot 16u30. Het andere team is 24/7 beschikbaar. Aangezien in de MSU vaak een arts meereist is er in het referentiegeval van uitgegaan dat de MSU de werkuren van het eerste team volgt. Wanneer de arts niet meereist maar de diagnose via telecommunicatie stelt, is het ook mogelijk de MSU 24/7 operatief te houden. In dat geval rijdt de MSU jaarlijks 135 keer extra uit. Dit is een relatieve toename van 34%. Een dergelijke verhoging van de activiteit heeft tot gevolg dat 0.6% meer mensen op tijd zijn voor tPA en 0.8% meer mensen op tijd voor MT. De gemiddelde tijd tot tPA daalt met 2.1 minuten en de tijd tot MT met 1.4 minuten tegenover de situatie zonder nachtschiften. Hoewel de MSU vaker uitrijdt, kent hij een lagere bezettingsgraad. Deze zakt van 12.6% naar 8.3%. De resultaten zijn te vinden



Figuur 30: Extra patiënten op tijd bij variërende door-to-door tijd.

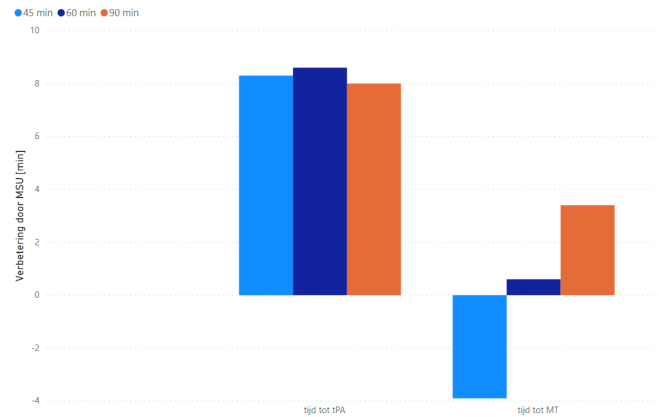
in tabel 21 van bijlage H.

8.1.6 MSU team

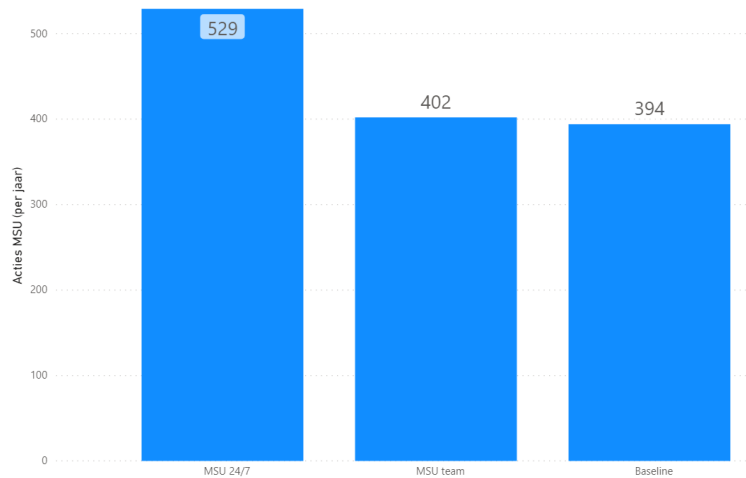
Tot slot is het ook mogelijk een team aan te stellen specifiek voor de MSU. In het referentiegeval moeten immers de twee PIT teams van GHB zowel de MSU als twee PIT voertuigen bemannen. Wanneer de twee teams gelijktijdig met een PIT voertuig uitrijden, is de MSU onbeschikbaar.

De resultaten van een specifiek MSU team zijn toegevoegd in tabel 22 van bijlage H. Het gebrek aan een specifiek MSU team blijkt geen grote beperking te zijn voor de effectiviteit van de MSU. De MSU rijdt slechts 8 keer extra uit (2% relatieve toename). Het model voorspelt zelfs een kleine achteruitgang in verwachte uitkomst voor de patiënt. Dit kan als volgt worden ingezien: Wanneer de MSU een eigen team heeft, zijn de PIT's van GHB vaker beschikbaar. Bij IHT wordt steeds de voorkeur gegeven aan een PIT om het transport uit te voeren (zie figuur 22). Aangezien de meeste ziekenhuizen geen PIT hebben, zal het PIT van GHB dus vaak verzocht worden het IHT uit te voeren. Voor de patiënt is dit nadelig, aangezien het PIT eerst nog naar het perifere ziekenhuis moet rijden. Het IHT van deze patiënten zal dus verlengd worden door de beschikbaarheid van het PIT in GHB. Dit negatieve gevolg van de beschikbaarheid van het PIT is een gevolg van de implementatiewijze. In realiteit wordt voor kritische patiënten niet gewacht op het PIT van GHB maar wordt een eigen noodvoertuig met eventuele MUG assistentie uitgestuurd.

Figuur 32 geeft de toename in activiteit van de MSU weer voor het referentieniveau, een specifiek MSU team, en een 24/7 operatieve MSU.

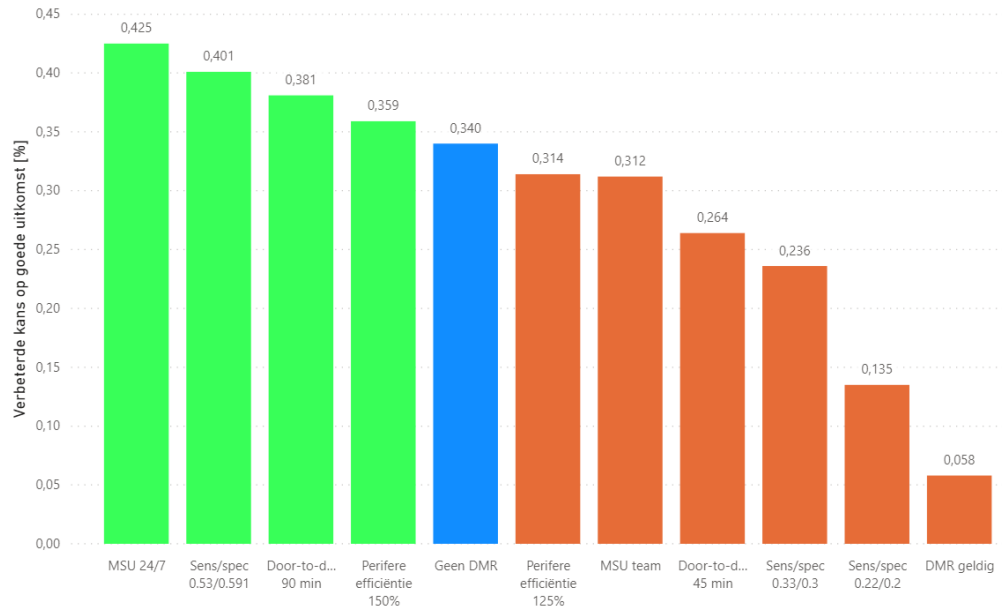


Figuur 31: Afname in gemiddelde tijd tot behandeling bij variërende door-to-door tijd.



Figuur 32: Jaarlijkse acties MSU bij veranderende organisatie.

De verbeteringen van de MSU zijn in vorige subsecties steeds uitgedrukt in een verhoogd percentage van patiënten die op tijd zijn voor tPA en MT en een verlaagde gemiddelde tijd tot tPA en MT behandeling. Deze verschillende winsten kunnen met elkaar vergeleken worden met het algemene criterium 'verbeterde kans op goede uitkomst'. Daarvoor is de kansboom uit figuur 19 gebruikt. In deze boom is de kans dat een patiënt op tijd is voor een behandeling ingevuld. De functies $f_{tPA}(t)$ en $f_{MT}(t)$ zijn ingevuld met de gemiddelde tijd tot behandeling. Zo worden alle winsten uitgedrukt op dezelfde noemer. De verkregen waarden zijn samengevat in figuur 33. Er is steeds vanuit gegaan dat de DMR niet geldig is, met uitzondering van het geval 'DMR geldig'. De basisverandering 'Geen DMR' is blauw gekleurd. Alle veranderingen die een positieve impact hebben op de effectiviteit van de MSU in afwezigheid van de DMR zijn groen gekleurd. Veranderingen die een negatieve impact hebben op de effectiviteit van de MSU zijn rood gekleurd.



Figuur 33: Verbeterde kans op goede uitkomst bij afzonderlijke veranderingen. Situatie zonder DMR is de referentie (blauw), verbeteringen in het groen, verslechtingen in het rood.

8.2 Scenarioanalyse

8.2.1 Scenario's

Op basis van de analyse van afzonderlijke veranderingen in hoofdstuk 8.1, is een best case, een worst case en een average case uitgelijnd voor de MSU. Ter referentie is ook een baseline scenario toegevoegd.

In het baseline scenario is de DMR geldig. De sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch zijn respectievelijk 0.44 en 0.4 zoals in San Diego, de door-to-treatment tijd is gelijk aan die van GHB en de door-to-door tijd is 60 minuten. De MSU is niet 24/7 operatief en er is geen specifiek MSU team.

In een best case scenario zijn alle parameters zo gekozen dat de kans op goede uitkomst van de patiënt maximaal is. Dit komt niet altijd overeen met een maximale effectiviteit van de MSU. Zo is de door-to-door tijd in een best case 45 minuten en de door-to-treatment tijd gelijk aan die van GHB. De effectiviteit van de MSU neemt echter toe met een stijgende door-to-door en door-to-treatment tijd.

Verder is de DMR in een best case niet geldig en is bij de nooddispatch het verbeterd algoritme geïmplementeerd. De MSU is 24/7 operatief en heeft een eigen specifiek MSU team. Merk op dat bij deze laatste parameter de negatieve gevolgen van de extra beschikbaarheid van het PIT van

GHB verwaarloosd zijn.

De worst case is gedefinieerd als het scenario met de laagste kans op goede uitkomst voor de patiënt. De DMR is geldig, de sensitiviteit en de specificiteit van de nooddispatch zijn slechts 50% van de referentiewaarden, de door-to-treatment tijd is 150% van deze van GHB en de door-to-door tijd is 90 minuten. De MSU is 's nachts niet operatief en er is geen MSU team.

In een average case zijn parameters tussen best case en worst case in gekozen. De DMR is niet geldig, de sensitiviteit en specificiteit is 75% van de referentiewaarde, de door-to-treatment tijd is 125% van die van GHB en de door-to-door tijd is 68 minuten. De MSU is wel 24/7 operatief, maar heeft geen eigen MSU team. De eigenschappen van de scenario's zijn samengevat in tabel 12.

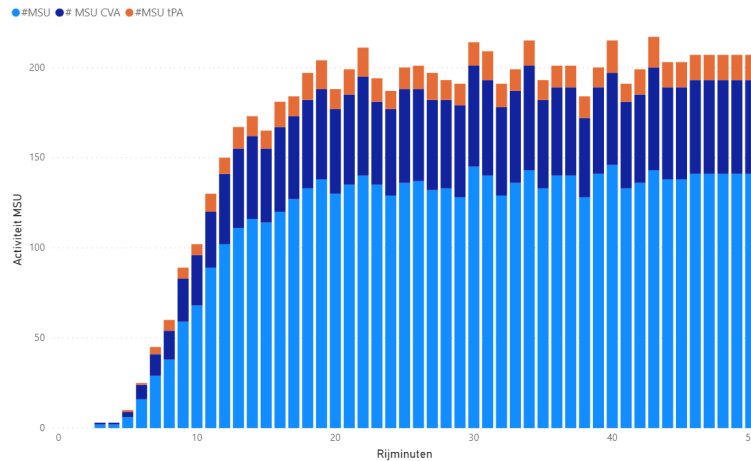
Parameter	Baseline	Best case	Worst case	Average case
DMR	Ja	Nee	Ja	Nee
Sensitiviteit/specificiteit	0.44/0.4	0.53/0.591	0.22/0.2	0.33/0.3
Door-to-treatment perifere [%]	100	100	150	125
Door-to-door [min]	60	45	90	68
MSU 24/7	Nee	Ja	Nee	Ja
MSU team	Nee	Ja	Nee	Nee

Tabel 12: Parameterkeuze in verschillende scenario's.

8.2.2 Baseline

Om inzicht te krijgen in de rol van de MSU in het baseline scenario, is de activiteit van de MSU weergegeven voor een variërend werkgebied in figuur 34. De grootte van het werkgebied is uitgedrukt in rijminuten. Dit werkgebied spant het gebied rond GHB af waarin de MSU actief is en varieert van 0 minuten (de MSU is niet actief) tot 50 minuten (de MSU is actief in het hele beschouwde gebied).

De activiteit van de MSU neemt aanvankelijk snel toe, maar blijft vanaf 18 rijminuten ongeveer constant. Dit is een duidelijke manifestatie van de DMR. Voor patiënten op meer dan 18 minuten van GHB rijdt de MSU dus nooit uit, omdat de lokale ziekenwagen steeds voorrang krijgen. De activiteit van de MSU stabiliseert op 141 acties waarvan 56 keer voor een CVA patiënt en 16 keer tPA is gegeven.



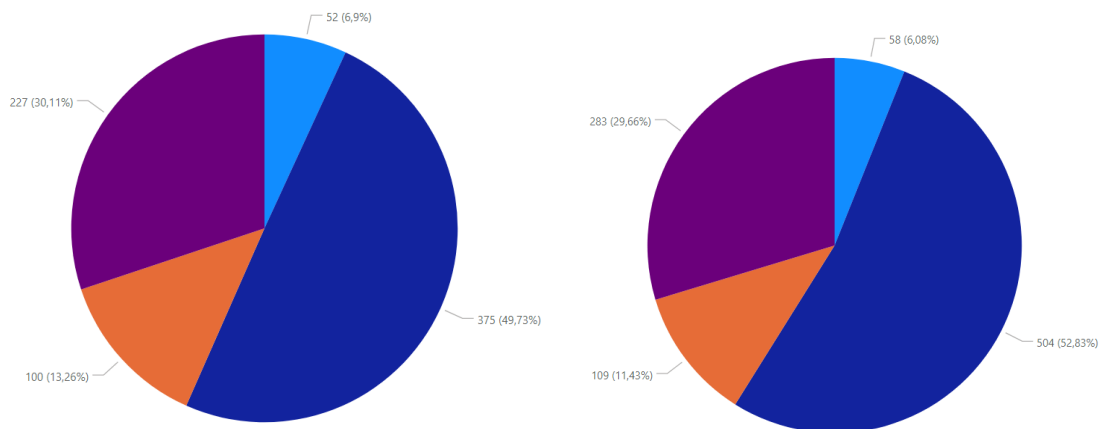
Figuur 34: Aantal acties van de MSU (blauw), aantal acties voor CVA patiënten (donkerblauw) en aantal tPA behandelingen in de MSU (oranje) per jaar voor variërend werkgebied.

Deze evolutie weerspiegelt zich in een zeer lage effectiviteit van de MSU, zoals is samengevat in tabel 23 van bijlage J. De vijfde en de negende kolom uit deze tabel geven aan of de verbeteringen veroorzaakt door de MSU statistisch significant zijn of niet. De MSU verhoogt voor patiënten in OVB het percentage dat op tijd is voor tPA met 0.2% en voor MT met 0.6%. De gemiddelde tijd tot behandeling stijgt voor tPA met 2.8 minuten, en daalt voor MT met 1.7 minuten. Het percentage van de CVA patiënten die IHT ondergaat daalt van 33.6% naar 33.3%. Deze resultaten zijn voor een variërend werkgebied van de MSU weergegeven in figuur 57 van bijlage I.

Aangezien de MSU zo beperkt is in zijn werkgebied, wordt slechts 6.9% van de patiënten met een CVA in OVB door de MSU geholpen. Dit is weergegeven in het taartdiagram van figuur 35a. Voor de patiënten die door de MSU worden opgepikt zijn er wel significante winsten. 59.6% van de patiënten opgevangen door de MSU is op tijd voor tPA en 86.8% voor MT. Dit is een verbetering van 13.8% en 11.5%. Ook de gemiddelde tijd tot tPA zakt met een indrukwekkende 44.3 minuten en tot MT met 16.7 minuten tegenover het gemiddelde in heel OVB. Aangezien slechts zo weinig CVA patiënten effectief door de MSU geholpen worden, hebben deze verbeteringen maar een kleine impact op het gemiddelde van alle CVA patiënten van OVB.

De derde onderzoeksvraag peilt naar de effectiviteit van de MSU wanneer deze ook buiten OVB mag uitrijden. De MT zone is hier geïntroduceerd als een nieuw werkgebied. In dit nieuwe grotere werkgebied kent de MSU 145 acties, waarvan 58 voor CVA patiënten en 17 keer tPA is toegediend. Hoewel het werkgebied uitgebreid is naar heel de MT zone is dit getal toch zeer vergelijkbaar. Opnieuw beperkt de DMR de werking van de MSU. 0.4% meer CVA patiënten zijn op tijd voor tPA en 0.5% voor MT, met tijdsinstellingen van 2.1 minuten en 0.9 minuten. Deze verbeteringen zijn vergelijkbaar met de situatie in OVB. Ook de resultaten voor patiënten die door de MSU worden

opgehaald zijn vergelijkbaar. 5.7% van de CVA patiënten wordt opgevangen door de MSU zoals aangegeven in figuur 35b. Van deze patiënten is 59.8% op tijd voor tPA en 85.6% voor MT. De gemiddelde tijd tot tPA is 44.1 minuten en tot MT 198.5 minuten. De relatieve verbetering zijn wel kleiner dan in OVB. In de MT zone liggen namelijk veel ziekenhuizen die zo goed als allemaal tPA aanbieden. De patiënten hebben gemiddeld een kortere rijtijd tot het dichtstbijzijnde ziekenhuis en moeten voor tPA zeer zelden IHT ondergaan. Dit in tegenstelling tot OVB waar ongeveer een vierde van de patiënten in AZ Diest terecht komt en vandaar altijd doorgestuurd wordt naar een ander ziekenhuis. De startsituatie is dus beter in de MT zone, en de verbeteringen kleiner. Daar staat tegenover dat de MT zone voor een gelijke uitrijperimeter een groter bevolkingsgebied omvat (622 166 inwoners tegenover 494 038 inwoners in OVB). Elke gemaakte verbetering in de MT zone weegt dus 25.9% zwaarder door.

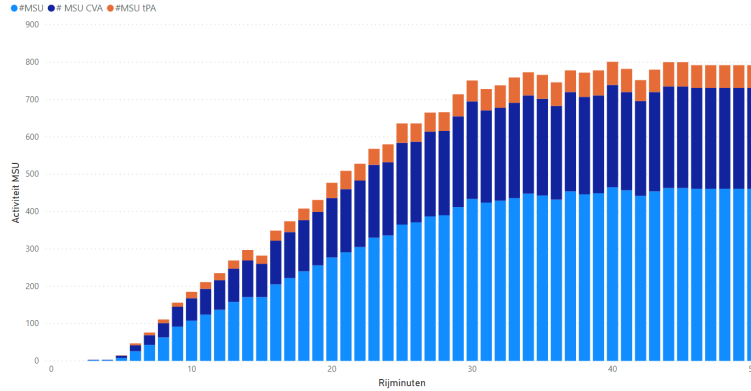


(a) Voertuigen voor CVA patiënten in OVB (b) Voertuigen voor CVA patiënten in MT zone

Figuur 35: Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagen in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.

8.2.3 Best case

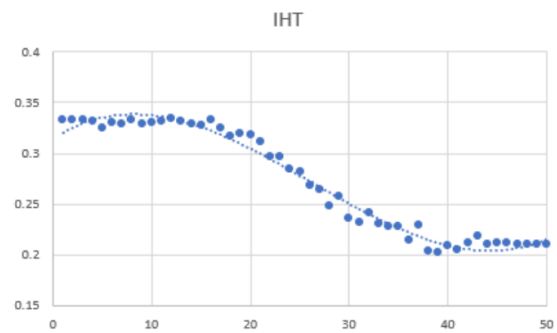
In een best case scenario is de DMR niet geldig en rijdt de MSU uit naar patiënten in het hele werkgebied. De activiteit van de MSU voor toenemend werkgebied is weergegeven in figuur 36. Er is een lineaire toename in de activiteit van de MSU merkbaar. Deze toename stabiliseert na 30 rijminuten. Bij deze uitrijperimeter is heel OVB bereikbaar vanuit GHB. De MSU rijdt jaarlijks 457 keer uit, waarvan 270 keer voor een CVA patiënt. Er is 61 keer tPA toegediend in de MSU. Dit is meer dan 3 keer zo veel als in het baseline scenario.



Figuur 36: Aantal acties van de MSU (blauw), aantal acties voor CVA patiënten (donkerblauw) en aantal tPA behandelingen in de MSU (oranje) per jaar voor variërend werkgebied.

De resultaten van het model voor het best case scenario zijn te vinden in tabel 24 van bijlage J. In OVB zijn door de MSU een extra 3.5% van de CVA patiënten op tijd voor tPA en 3.2% voor MT. In de MT zone is dit 2.5% en 1.8%. De gemiddelde tijd tot tPA zakt in OVB met 13.8 minuten en in de MT zone met 9.5 minuten. De gemiddelde tijd tot MT blijft in beide gebieden ongeveer constant. In tegenstelling tot het baseline scenario zijn deze verbeteringen ook statistisch significant. Deze zijn voor een variërend werkgebied visueel voorgesteld in figuren 59 en 60 van bijlage I.

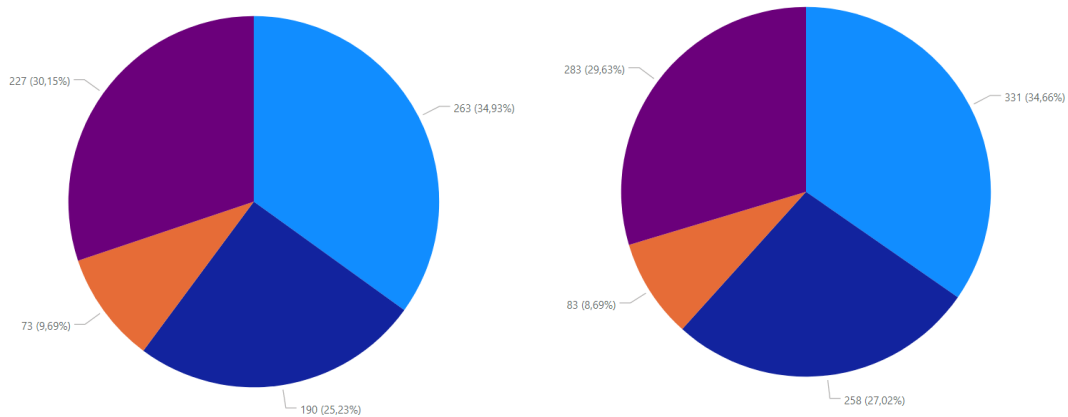
Het IHT blijft voor een kleine uitrijperimeter ongeveer gelijk. De MSU rijdt dan namelijk nog niet uit tot in het werkgebied van andere ziekenhuizen. Eens voorbij 18 rijminuten zakt het IHT lineair van 33.4% naar 21.9% (OVB) en van 18.3% naar 12.2% (MT zone). Dit is een relatieve afname van ongeveer 34%. Op figuur 37 is duidelijk zichtbaar dat de MSU na 18 rijminuten buiten het werkgebied van GHB en RZ Heilig Hart treedt. Uit figuur 34 is af te leiden dat de MSU onder de DMR niet actief is op meer dan 18 rijminuten van GHB. Dit illustreert nogmaals de impact van de DMR op de effectiviteit van de MSU.



Figuur 37: Kans dat CVA patiënt IHT ondergaat in OVB bij variërend werkgebied.

Aangezien de MSU nu ook patiënten op een grotere rijafstand van GHB opvangt, is de gemiddelde tijd tot tPA voor patiënten in de MSU hoger: 53.5 minuten in OVB en 51.5 minuten in de MT zone. Dit is een verbetering van 33.8 minuten (OVB) en 25.3 minuten (MT zone). In OVB is 58.1% op tijd voor tPA en 85.8% voor MT. Dit is 11.2% en 9.7% beter dan het gemiddelde voor OVB. In

de MT zone is in de MSU 57.8% op tijd voor tPA en 85.3% voor MT, wat overeenkomt met een verbetering van 6.7% en 5.6%. Door de hogere activiteit van de MSU en de verbeterde sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch, wordt nu 34.9% van de CVA patiënten in OVB en 34.6% van de CVA patiënten in de MT zone opgevangen door de MSU. Dit is weergegeven in figuur 38.



(a) Voertuigen voor CVA patiënten in OVB (b) Voertuigen voor CVA patiënten in MT zone

Figuur 38: Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagen in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.

8.2.4 Worst case

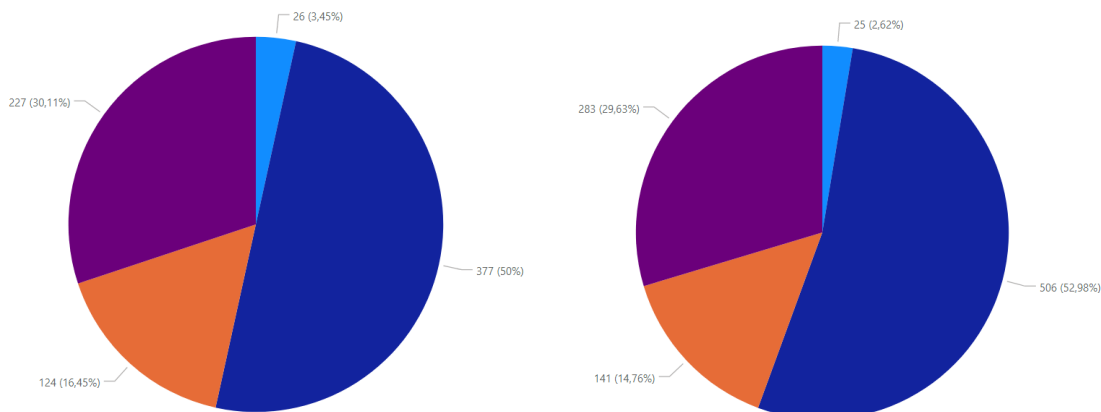
Het worst case scenario is opnieuw overheerst door de DMR. De activiteit van de MSU volgt hetzelfde patroon als in figuur 33 en stabiliseert bij een werkgebied van 18 rijminuten. Het totaal aantal acties in OVB blijft vrijwel gelijk, maar de MSU vangt nog maar 26 CVA patiënten op en dient nog 8 keer tPA toe. In vergelijking met de 56 CVA patiënten en de 16 tPA behandelingen in de baseline, is dit een opmerkelijke daling. Dit is het gevolg van de slechtere sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch.

De resultaten voor een worst case zijn samengevat in tabel 25 van bijlage J en grafisch weergegeven voor variëren werkgebied in figuren 61 en 62. De resultaten zijn in dit scenario het minst gunstig. In OVB zijn 0.3% extra patiënten op tijd voor tPA en daalt de gemiddelde tijd tot behandeling met 0.5 minuten. In de MT zone is dit 0.2% en 1.6 minuten. Voor MT patiënten is er geen winst. Het IHT neemt ook niet af.

De winsten voor patiënten die worden opgevangen door de MSU zijn daarentegen wel aanzienlijk. In OVB zijn 63.5% van de patiënten in de MSU op tijd voor tPA en 86% voor MT. Dit is 22.8% en 13.3% hoger dan het gemiddelde. De gemiddelde tijd tot tPA is 44 minuten en tot MT 201 minuten. Dit komt overeen met een tijds winst van 45.9 minuten voor tPA behandeling en 14.6 minuten voor

MT. In de MT zone zijn vergelijkbare resultaten gevonden: 61.5% is op tijd voor tPA en 85.7% voor MT. De tijd tot tPA is 44.1 minuten en tot MT 200.3 minuten. Dit zijn grotere verbeteringen dan in het baseline en best case scenario. Dat valt te verklaren door de langere door-to-treatment tijd en door-to-door tijd van de perifere ziekenhuizen.

Patiënten hebben er in het worst case scenario dus meer voordeel aan om door de MSU opgehaald te worden. Door de DMR en de slechtere sensitiviteit en specificiteit van de dispatch daalt het percentage van CVA patiënten die door de MSU wordt opgehaald echter tot 3.5% (OVB) en 2.6% (MT zone) zoals weergegeven in figuur 39.



(a) Voertuigen voor CVA patiënten in OVB (b) Voertuigen voor CVA patiënten in MT zone

Figuur 39: Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagens in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.

8.2.5 Average case

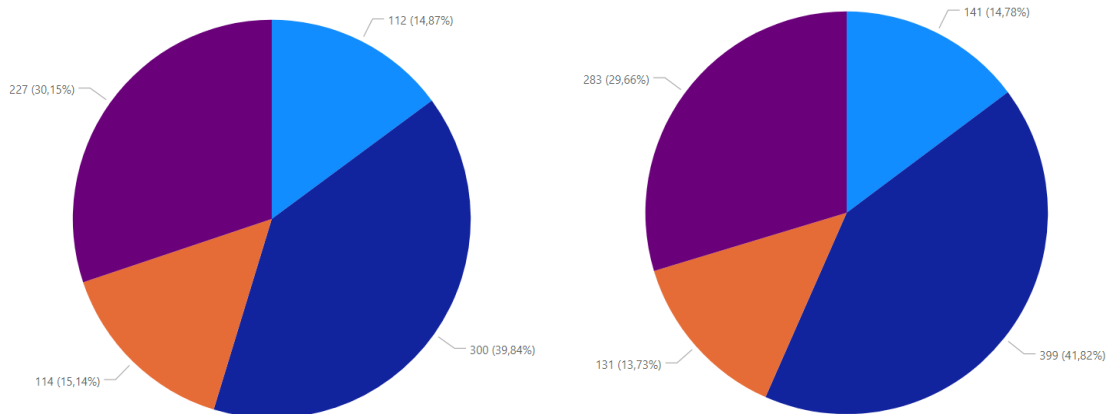
De MSU is het actiefst in het average case scenario. De oorzaak is de combinatie van de uitzondering op de DMR, de 24/7 operationele MSU en de slechtere performantie van de nooddispatch. Door deze laatste parameter zal de MSU wel vaker uitrijden, maar minder CVA patiënten opvangen. De MSU onderneemt in OVB jaarlijks 523 acties en in de MT zone 636 acties. Daarmee worden respectievelijk 173 en 210 CVA patiënten opgevangen. De bezettingsgraad is lager dan in het baseline scenario, aangezien de MSU 24/7 beschikbaar is.

De MSU realiseert in het average case scenario statistisch significante verbeteringen. Deze zijn samengevat in tabel 26 van bijlage J en visueel voorgesteld in figuren 63 en 64 in bijlage I. In OVB zijn een extra 2.7% van de CVA patiënten op tijd voor tPA en 1.8% voor MT. De gemiddelde tijd tot tPA behandeling daalt met 8.2 minuten. In de MT zone zijn 1.4% meer CVA patiënten op tijd voor tPA en 1.1% voor MT. De tijd tot tPA neemt af met 6.4 minuten. De gemiddelde tijd tot MT is zowel in OVB als in de MT zone constant. Verder daalt ook het percentage van de CVA

patiënten dat IHT ondergaat in OVB van 33.4% tot 26.6% (relatieve afname van 20.4%) en in de MT zone van 17.6% tot 14.4% (relatieve afname van 18.2%).

Hoewel de gemiddelde tijd tot behandeling en het percentage dat op tijd is voor behandeling in de MSU zeer gelijkend is aan het best case scenario, zijn de verbeteringen in het average case scenario groter. De verbeteringen zijn wel lager dan in het worst case scenario. De verklaring hiervoor zijn de gematigde waarden voor de door-to-door tijd en de door-to-treatment tijd van de perifere ziekenhuizen. Het percentage van de CVA patiënten dat op tijd is voor tPA in OVB is 14.1% hoger en voor MT 10.6% hoger in de MSU dan het gemiddelde. in de MT zone is dat 7.8% en 5.8%. De gemiddelde tijds winst tot tPA is 35.5 minuten (OVB) en 29.7 minuten (MT zone).

Het percentage van de CVA patiënten dat door de MSU wordt opgevangen is 4.9% (OVB) en 14.8% (MT zone). Dit is lager dan in het best case scenario. De verminderde sensitiviteit en specificiteit liggen hier aan de oorsprong. Dit percentage is wel nog steeds significant hoger dan in het baseline of worst case scenario. De verdeling van de noodvoertuigen voor CVA patiënten in het average case scenario is weergegeven in figuur 40.



(a) Voertuigen voor CVA patiënten in OVB (b) Voertuigen voor CVA patiënten in MT zone

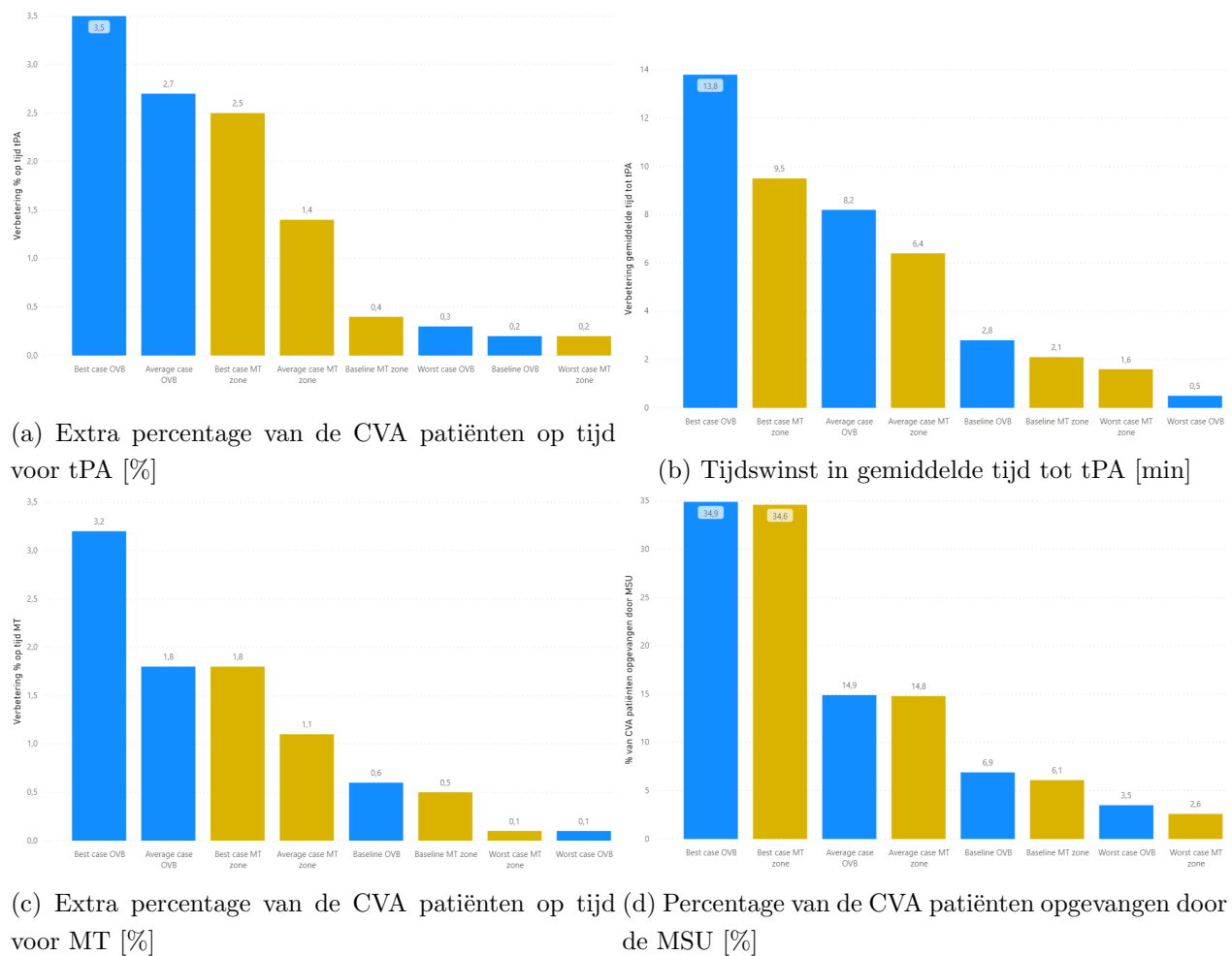
Figuur 40: Verdeling van noodvoertuigen voor CVA patiënten in OVB (links) en de MT zone (rechts): MSU in lichtblauw, ziekenwagen in donkerblauw, PIT in oranje, MUG in paars.

8.2.6 Vergelijking

Uit de bovenstaande bespreking zijn een aantal belangrijke conclusies te trekken. De MSU is het effectiefst in het best case scenario. Er is dan een extra 3.5 % van de CVA patiënten op tijd voor tPA en 3.2% voor MT. De gemiddelde tijd tot tPA daalt met 13.8 minuten. 34.9% van de CVA patiënten wordt dan door de MSU opgevangen. Aangezien meer mensen op tijd zijn voor MT, wordt er dus meer MT toegediend. De gemiddelde tijd tot MT blijft wel ongeveer constant. In het

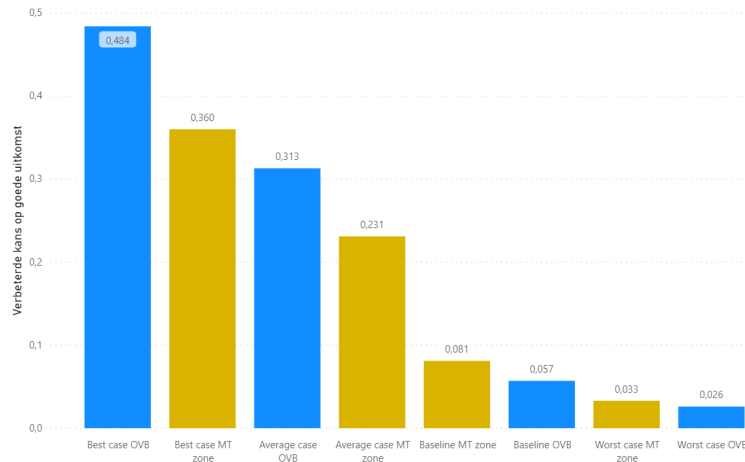
baseline scenario en worst case scenario brengt de MSU bijna geen verbeteringen teweeg. Er zijn dan slechts 0.3% meer patiënten op tijd voor tPA en 0.1% voor MT. De gemiddelde tijd tot tPA daalt met 2.8 minuten (baseline) en 0.5 minuten (worst case). Het percentage van de CVA patiënten opgevangen door de MSU is dan nog maar 6.9% (baseline) en 3.5% (worst case). De effectiviteit in het average case scenario is tussen het best case en het baseline scenario in. De verbeteringen in de MT zone volgen dezelfde trend als in OVB, maar zijn in het algemeen iets lager. Dit is het gevolg van de betere startsituatie. De MT zone omvat voor dezelfde uitrijperimeter wel een 26% grotere bevolking waardoor de verbeteringen een groter effect hebben.

De verbeteringen op vlak extra patiënten die op tijd zijn voor tPA en MT, de gemiddelde tijdswinst tot tPA en het percentage van de CVA patiënten dat door de MSU wordt opgevangen zijn voor alle besproken scenario's samengevat in figuur 41.



Figuur 41: Verbeteringen door de invoer van de MSU in de verschillende scenario's. OVB in het blauw, MT zone in het goud.

Met behulp van de kansboom van figuur 19 is het nu ook mogelijk de verbeterde kans op goede uitkomst te bepalen. Zo kan de effectiviteit van de MSU in de verschillende scenario's op één gemeenschappelijke noemer worden uitgedrukt. Het resultaat is weergegeven in figuur 42.



Figuur 42: Verbeterde kans op goede uitkomst in verschillende scenario's. OVB in het blauw, MT zone in het goud.

In de bovenstaande analyse is steeds enkel ingegaan patiënten met nood aan een tPA of MT behandeling. Patiënten die specifieke neurologische zorg vereisen, anders dan een tPA of MT behandeling, kunnen ook voordeel ondervinden door de MSU. Deze patiënten zullen typisch IHT ondergaan. De MSU vermindert in een best case scenario het IHT voor CVA patiënten met 34% en in een average case scenario met 20.4%. Dit is voor deze patiënten een aanzienlijk voordeel.

Daar staat tegenover dat de MSU voor niet-neurologische patiënten een nadeel kan veroorzaken. Deze patiënten hebben namelijk geen voordeel van de faciliteiten van de MSU maar ondergaan wel de tijdverliezen die met de MSU gepaard gaan. Deze tijdverliezen bestaan uit de diagnosetijd in de MSU en een langere aanrijtijd. De gemiddelde tijd tussen eerste contact met de nooddiensten en aankomst in het ziekenhuis voor patiënten in de MSU is 80.4 minuten. Voor patiënten in een gewone ziekenwagen is dit 36.6 minuten. Patiënten die geen voordeel uit de MSU halen, lijden dus een tijdverlies van 43.8 minuten.

8.3 Besluit

In dit hoofdstuk zijn de uitgangsparameters van het model besproken bij variërende ingangsparameters.

Hieruit valt te besluiten dat een uitzondering op de DMR voor de MSU een essentiële voorwaarde is voor een functionele MSU. De sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch heeft ook een grote invloed op de effectiviteit van de MSU. De implementatie van een verbeterd algoritme maakt

de MSU 17.9% performanter. Een daling van de sensitiviteit en de specificiteit tot 75% en 50% van het referentieniveau leidt tot een daling in de performantie van de MSU van 30.6% en 60.3%. Slechte informatieverschaffing van de nooddispatch kan dus de voornaamste verbeteringen van de MSU tenietdoen. Verder is de MSU effectiever bij een grotere door-to-door en door-to-treatment tijd in de perifere ziekenhuizen. Bij een stijging van 50% in de door-to-door tijd wordt de MSU 12.1% performanter, bij de door-to-treatment tijd is dit 5.6%.

Tot slot is de MSU 34% actiever wanneer hij 24/7 operatief is. Een specifiek MSU team heeft geen grote invloed op de effectiviteit van de MSU.

Vervolgens zijn een aantal scenario's geanalyseerd. Het percentage van de CVA patiënten dat wordt opgevangen door MSU wanneer de DMR geldig is varieert tussen 3.5% (worst case) en 6.9% (baseline). In afwezigheid van de DMR en met een 24/7 operatieve MSU stijgt dit tot 14.9% (average case) en 34.9% (best case). Het verschil tussen het average case scenario en het best case scenario is te wijten aan de veranderende sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch.

De tijd tot tPA behandeling in de MSU varieert van 43.4 tot 53.7 minuten. Dit is 33.8 tot 45.9 minuten beter dan het gemiddelde, afhankelijk van het scenario. Het IHT voor CVA patiënten daalt relatief met 20.4% (average case) en 34.44% (best case). Het IHT neemt niet of nauwelijks af in een worst case of baseline scenario.

In de MT zone zijn dezelfde conclusies geldig. De verbeteringen zijn hier kleiner wegens een betere startsituatie. De MT zone omvat voor dezelfde uitrijperimeter wel een 26% grotere bevolking.

9 Sensitiviteitsanalyse

Met de sensitiviteitsanalyse wordt de invloed van kleine veranderingen aan ingangsparementers op de uitgangsparementers bestudeerd.

De sensitiviteit aan vijf ingangsparementers en vier kansen uit de kansboom (zie figuur 19) zijn onderzocht. De vijf ingangsparementers zijn de sensitiviteit en de specificiteit van de nooddispatch, de efficiëntie van de perifere ziekenhuizen, de richtingscoëfficiënt van de stuksgewijs lineaire functies f_{tPA} en f_{MT} (zie figuur 26) en de tijd tussen aankomst en toediening van tPA in de MSU. Deze waarden zijn steeds met 10% verlaagd tegenover hun initiële waarde. De vier kansen uit de kansboom zijn de kans op tPA wanneer een patiënt op tijd is voor tPA ($P(tPA \mid \text{op tijd})$), de kans dat een patiënt IHT ondergaat ($P(IHT)$), de kans dat MT start wanneer de patiënt IHT is ondergaan en op tijd is ($P(MT \mid IHT \text{ en op tijd})$) en de kans dat reperfusie bereikt wordt wanneer MT start ($P(\text{rep} \mid MT)$). De kansen uit de kansboom zijn steeds verminderd met 1% absoluut.

Steeds is het verschil in kans op goede uitkomst zonder MSU, met MSU en de verbetering ten gevolge van de MSU gemeten. De resultaten zijn samengevat in tabel 13.

Parameter	ΔP_{goed} : geen MSU [%]	ΔP_{goed} : MSU [%]	$\Delta P_{goed,MSU} - \Delta P_{goed,gnMSU}$ [%]
Sensitiviteit/specificiteit	0	-0.0254	-0.0254
Door-to-treatment perifere	-0.0323	-0.0326	-0.0003
f_{tPA}	-0.00136	-0.0188	-0.0174
f_{MT}	-0.00298	-0.0175	-0.0145
Aankomst tot tPA MSU	0	0.00547	0.00547
$P(tPA \mid \text{op tijd})$	-0.00302	-0.00632	-0.0033
$P(IHT)$	-0.00453	-0.0101	-0.00557
$P(MT \mid IHT \text{ en op tijd})$	-0.00241	-0.0189	-0.01649
$P(\text{rep} \mid MT)$	-0.00152	-0.0181	-0.01658

Tabel 13: Overzicht resultaten sensitiviteitsanalyse.

Onder de ingangsparementers is het model het gevoeligst aan veranderingen in de sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch en het minst gevoelig aan de perifere efficiëntie van de ziekenhuizen. Dit is in lijn met de resultaten uit hoofdstuk 8.

Binnen de kansen uit de kansboom hebben de kans op de start van MT na IHT en de kans op reperfusie na de start van MT de grootste invloed. De reden hiervoor is dat het niet starten van MT na IHT of het niet bereiken van reperfusie na de start van MT typisch gepaard gaat met lage kansen op goede uitkomst.

10 Conclusie

In dit onderzoek is de effectiviteit van een MSU in UZ Leuven onder veranderende omstandigheden ingeschat met behulp van een DES. Er zijn zes invloedsfactoren op de effectiviteit van de MSU gedefinieerd: de DMR, de sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch, de door-to-treatment en door-to-door tijd van de perifere ziekenhuizen, de werkuren van de MSU en de bemanningscapaciteit.

De DMR heeft een overheersende invloed op de performantie van de MSU. Wanneer deze van kracht is, is de MSU enkel actief in de directe omgeving van UZ Leuven, waar de invloed het kleinst is. De verbetering in kans op goede uitkomst met DMR is slechts 17.1% tegenover die zonder DMR. Ook de sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch is een bepalende factor in de effectiviteit van de MSU. De implementatie van een verbeterd algoritme voor CVA herkenning bij de nooddispatch kan de sensitiviteit en de specificiteit van de nooddispatch verhogen. Dit verhoogt de verbetering in kans op goede uitkomst door de MSU met 17.9%. Een verlaging van de sensitiviteit en specificiteit van de nooddispatch met 25% reduceert de verbetering door de MSU met 30.6%. Een verlaging met 50% reduceert de verbetering met 60.3%.

De door-to-treatment en door-to-door tijd van de perifere ziekenhuizen hebben een minder ingrijpende impact. De MSU is effectiever wanneer deze tijden toenemen. Bij een 50% toename van de door-to-door tijd stijgt de verbetering in kans op goede uitkomst door de MSU met 12.1%, bij een 50% toename van de door-to-treatment tijd stijgt de verbetering met 5.6%.

De MSU 24/7 operatief houden verhoogt de activiteit van de MSU met 34.3%. Een uitbreiding van de bemanningscapaciteit zodat een specifiek MSU team beschikbaar is, heeft een kleinere impact. De activiteit van de MSU stijgt dan met slechts 2.0%. Dit wijst erop dat er geen bemanningstekort is in het huidige systeem.

Vervolgens zijn vier scenario's bestudeerd in twee werkgebieden: een best case, worst case, average case en een baseline scenario in OVB en de MT zone.

De tijd tot tPA in de MSU varieert van 43.4 tot 53.7 minuten in OVB en 44.1 tot 51.7 minuten in de MT zone. In de MSU zijn in OVB 57.9% tot 63.5% van de patiënten op tijd voor tPA en 85.2% tot 86.8% voor MT. In de MT zone zijn dit 57.1% tot 61.5% en 85.1% tot 85.7%. In de baseline en de worst case is onder invloed van de DMR het werkgebied van de MSU zeer beperkt. Slechts 6.9% (baseline) en 3.5% (worst case) van de CVA patiënten wordt dan opgevangen door de MSU. Dit resulteert in een lage effectiviteit van de MSU.

In het best case scenario vangt de MSU 34.9% van de CVA patiënten in OVB en 34.7% van de CVA patiënten in de MT zone op. De effectiviteit is daardoor aanzienlijk hoger. De gemiddelde tijds winst tot tPA is 13.8 minuten in OVB en 9.5 minuten in de MT zone. In OVB zijn 3.5% meer patiënten op tijd voor tPA en 3.2% voor MT. In de MT zone is dit 2.5% en 1.8%. Ook wordt het IHT gereduceerd met 34% in beide werkgebieden.

In een average case worden 14.8% van de CVA patiënten met een MSU opgevangen. De gemiddelde tijdsinstellingen tot tPA zijn nu 8.2 minuten in OVB en 6.4 minuten in de MT zone. Er zijn in OVB 2.7% meer patiënten op tijd voor tPA en 1.8% voor MT. In de MT zone is dit respectievelijk 2.5% en 1.8%.

De effectiviteit van de MSU is sterk variabel. Bij ongunstige omgevingsfactoren wordt het potentieel van de MSU niet benut. In een worst case scenario leidt de combinatie van de behaalde tijdsinstellingen tot een gemiddelde verbetering in kans op goede uitkomst van slechts 0.026%. Onder de juiste omstandigheden kan de MSU echter aanzienlijke verbeteringen veroorzaken. In een best case scenario in OVB stijgt de verbetering in kans op goede uitkomst met 0.484%. In een average case scenario is dit 0.313%. De voornaamste invloedsfactoren in dit laatste scenario zijn een uitzondering op de DMR en een 24/7 operationele MSU.

11 Bijlagen

11.1 Bijlage A: De mRS schaal

Allowable Values:

- 0 The patient has no residual symptoms.
- 1 The patient has no significant disability; able to carry out all pre-stroke activities.
- 2 The patient has slight disability; unable to carry out all pre-stroke activities but able to look after self without daily help.
- 3 The patient has moderate disability; requiring some external help but able to walk without the assistance of another individual.
- 4 The patient has moderately severe disability; unable to walk or attend to bodily functions without assistance of another individual.
- 5 The patient has severe disability; bedridden, incontinent, requires continuous care.
- 6 The patient has expired (during the hospital stay or after discharge from the hospital).
- 7 Unable to contact patient/caregiver.
- 8 Modified Rankin Score not performed, OR unable to determine (UTD) from the medical record documentation.

Figuur 43: De mRS schaal: betekenis achter elke waarde.

11.2 Bijlage B: Ziekenhuizen opgenomen in het model

INSTELLING	Adres	tPA [Ja/Nee]	MT [Ja/Nee]
UNIVERSITAIRE ZIEKENHUIZEN K.U.L.	HERESTRAAT 49, LEUVEN, 3000	Ja	Ja
REGIONAAL ZIEKENHUIS H.-HART	NAAMSESTRAAT 105, LEUVEN, 3000	Ja	Nee
REGIONAAL ZIEKENHUIS H. HART TIENEN	KLINIEKSTRAAT 45, TIENEN, 3300	Ja	Nee
ALGEMEEN ZIEKENHUIS DIEST	STATIESTRAAT 65, DIEST, 3290	Nee	Nee
JESSAZIEKENHUIS	STADSOMVAART 11, HASSELT, 3500	Ja	Ja
ALGEMEEN ZIEKENHUIS JAN PORTAELS	GENDARMERIESTRAAT 65, VILVOORDE, 1800	Ja	Nee
ALGEMEEN ZIEKENHUIS ST. ELISABETH	NEDERRIJ 133, HERENTALS, 2200	Ja	Nee
ALGEMEEN ZIEKENHUIS ST. MAARTEN	LIERSESTEENWEG 435, MECHELEN, 2800	Ja	Nee
ALGEMEEN ZIEKENHUIS ST.-DIMPNA	J.B. STESENSSTRAAT 2, GEEL, 2440	Ja	Nee
C.H. BOIS DE L'ABBAYE	AVENUE DE LA RESISTANCE 2, WAREMME, 4300	Ja	Nee
CENTRE HOSPITALIER CHRETIEN	RUE DE SELYS LONGCHAMPS 4, WAREMME, 4300	Ja	Nee
CENTRE HOSPITALIER CHRETIEN	RUE ST.-NICOLAS 447, MONTEGNEE, 4420	Nee	Nee
CENTRE HOSPITALIER REGIONAL	AVENUE ALBERT 1er 185, NAMUR, 5000	Ja	Nee
CENTRE HOSPITALIER REGIONAL DE HUY	RUE TROIS PONTS 2, HUY, 4500	Ja	Nee
CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE BRUGMANN	RUE FOYER SCHAERBEEKOIS 36, BRUXELLES--3, 1030	Ja	Nee
CHIREC	BOULEVARD DU TRIOMPHE 201, BRUXELLES-16, 1160	Ja	Nee
CLINIQUE SAINT PIERRE	AVENUE REINE FABIOLA 9, OTTIGNIES, 1340	Ja	Nee
CLINIQUE ST.-LUC	RUE SAINT LUC 8, BOUGE, 5004	Ja	Nee
CLINIKES UNIVERSITAIRES ST. LUC	AVENUE HIPPOCRATE 10, BRUXELLES-20, 1200	Ja	Nee
EUROPAZIEKENHUIZEN - CLINIKES DE L'EUROPE	RUE L. DE LINTHOUT 150, BRUXELLES--4, 1040	Ja	Nee
H.-HARTZIEKENHUIS V.Z.W.	MECHELSESTRAAT 24, LIER, 2500	Ja	Nee
HEILIG HARTZIEKENHUIS V.Z.W.	GASTHUISSTRAAT 1, MOL, 2400	Ja	Nee
IMELDA ZIEKENHUIS	IMELDALAAN 9, BONHEIDEN, 2820	Ja	Nee
ST. TRUDO ZIEKENHUIS	DIESTERSTEENWEG 100, SINT-TRUIDEN, 3800	Ja	Nee
HOPITAUX IRIS SUD - IRIS ZIEKENHUIZEN ZUID	RUE JEAN PAQUOT 63, BRUXELLES--5, 1050	Ja	Nee
CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE LIEGE	Avenue de L'Hôpital 1, LIEGE-1 (SART-TILMAN), 4000	Ja	Ja
CHU UCL NAMUR	PLACE LOUISE GODIN 15, NAMUR, 5000	Ja	Ja
UNIVERSITAIR ZIEKENHUIS ANTWERPEN	WILRIJKSTRAAT 10, EDEGEM, 2650	Ja	Ja
UNIVERSITAIR ZIEKENHUIS BRUSSEL	LAARBEEKLAAN 101, BRUSSEL--9, 1090	Ja	Ja
ZIEKENHUIS OOST - LIMBURG	SCHIEPSE BOS 6, GENK, 3600	Ja	Ja

Figuur 44: Ziekenhuizen opgenomen in het model met adres en aangeboden behandeling.

11.3 Bijlage C: Stations opgenomen in het model

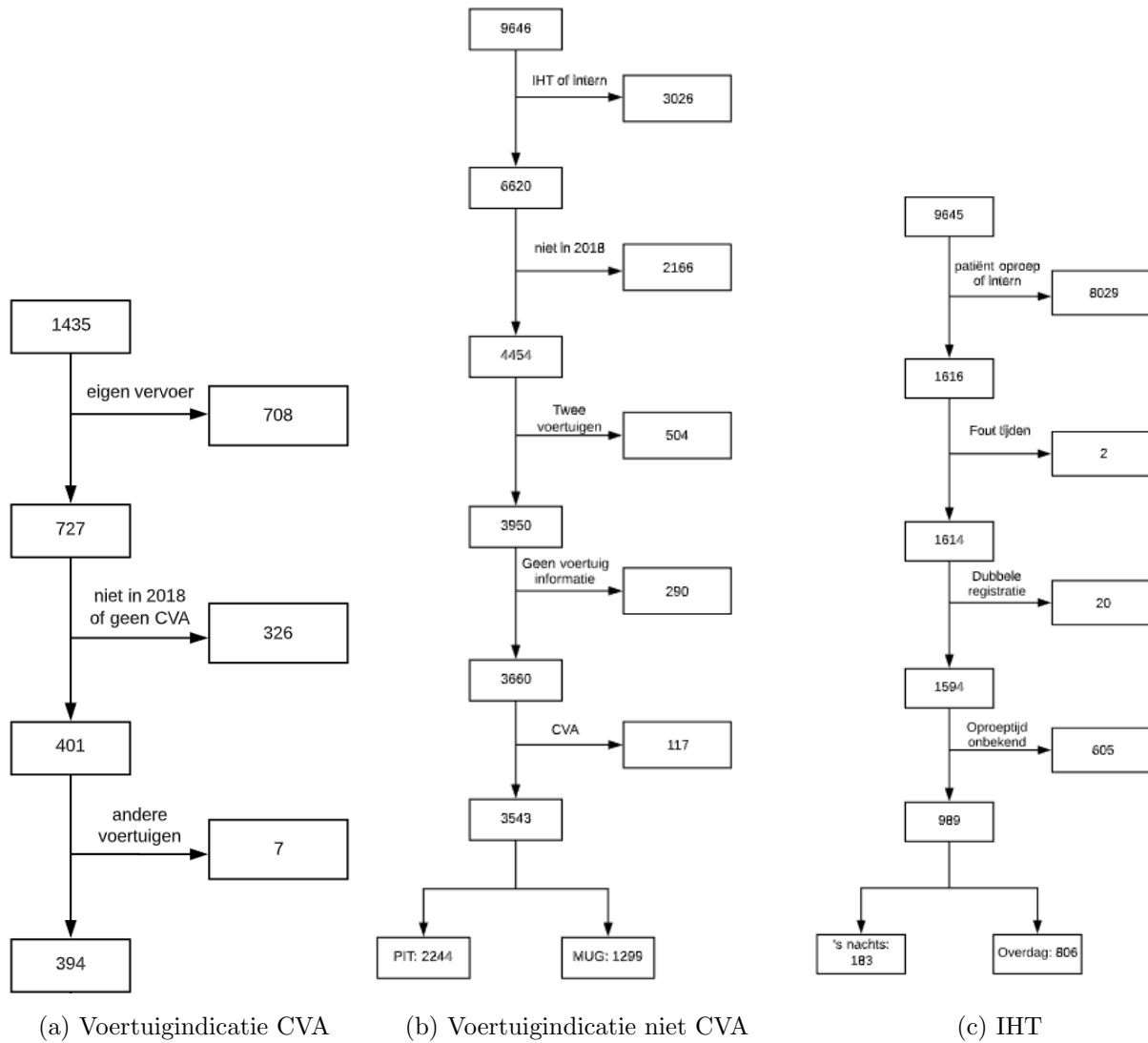
TYPE	INSTELLING	Adres	Capaciteit	Werkuren
MUG	A.Z. MONICA	FLORENT PAUWELSLEI 1, DEURNE, 2100		
MUG	ALGEMEEN ZIEKENHUIS ST.-DIMPNIA	J.B. STESENSSTRAAT 2, GEEL, 2440		
MUG	ALGEMEEN ZIEKENHUIS DIEST	STATIESTRAAT 65, DIEST, 3290		
MUG	ALGEMEEN ZIEKENHUIS JAN PORTAELS	GENDARMERIESTRAAT 65, VILVOORDE, 1800		
MUG	ALGEMEEN ZIEKENHUIS ST.-ELISABETH	NEDERRIJ 133, HERENTALS, 2200		
MUG	C.H. DU BOIS DE L'ABBAYE	AVENUE DE LA RESISTANCE 2, WAREMME, 4300		
MUG	C.H.U. BRUGMANN	RUE DU FOYER SCHAEERBEEKOIS 36, BRUXELLES--3, 1030		
MUG	CENTRE HOSPITALIER CHRETIEN	RUE ST.-NICOLAS 447, MONTEGNEE, 4420		
MUG	CENTRE HOSPITALIER CHRETIEN	RUE DE SELYS LONGCHAMPS 4, WAREMME, 4300		
MUG	CENTRE HOSPITALIER REGIONAL DE HUY	RUE TROIS PONTS 2, HUY, 4500		
MUG	CENTRE HOSPITALIER REGIONAL DE NAMUR	AVENUE ALBERT 1 IER 185, NAMUR, 5000		
MUG	CHIREC - DELTA	BOULEVARD DU TRIOMPHE 201, BRUXELLES-16, 1160		
MUG	CLINIQUE SAINT PIERRE	AVENUE REINE FABIOLA 9, OTTIGNIES, 1340		
MUG	CLINIQUES UNIVERSITAIRES ST.-LUC	AVENUE HIPPOCRATE 10, BRUXELLES-20, 1200		
MUG	HEILIG HART ZIEKENHUIS V.Z.W.	MECHELSESTRAAT 24, LIER, 2500		
MUG	HOPITAUX IRIS-SUD - IRIS-ZUID ZIEKENHUIZEN	RUE JEAN PACQUOT 63, BRUXELLES--5, 1050		
MUG	IMELDA ZIEKENHUIS	IMELDALAAN 9, BONHEIDEN, 2820		
MUG	JESSAZIEKENHUIS	STADSOMVAART 11, HASSELT, 3500		
MUG	REGIONAAL ZIEKENHUIS HEILIG HART Vzvw	KLINIEKSTRAAT 45, TIENEN, 3300		
MUG	ST. FRANCISCUSZIEKENHUIS	PASTOOR PAQUAYLAAN 129, HEUSDEN, 3550		
MUG	ST. TRUDO ZIEKENHUIS	DIESTERSTEENWEG 100, SINT-TRUIDEN, 3800		
MUG	UNIVERSITAIRE ZIEKENHUIZEN K.U.L.	HERESTRAAT 49, LEUVEN, 3000	2	
MUG	ZIEKENHUIS OOST - LIMBURG	SCHIEPSE BOS 6, GENK, 3600		
PIT	PIT ANDRE RENARD HERSTAL	RUE ANDRE RENARD 1, HERSTAL, 4040		
PIT	PIT CHR SAMBRE ET MEUSE - SITE MEUSE	AVENUE ALBERT 1 IER, 185, NAMUR, 5000		
PIT	PIT CITADELLE	BOULEVARD DU 12ÈME DE LIGNE 1, LIEGE, 4000		
PIT	PIT HEILIG-HART MOL	GASTHUISSTRAAT 1, MOL, 2400		
PIT	PIT IXELLES	RUE J. PAQUOT, BRUXELLES, 1050		
PIT	PIT KLINIEK H.-HART	MECHELSESTRAAT 24, LIER, 2500		
PIT	PIT UZ BRUSSEL	LAARBEELAAN 101, JETTE, 1090		
PIT	PIT UZ GASTHUISBERG LEUVEN	HERESTRAAT 49, LEUVEN, 3000	2	1 24/24, 1 van 8-22h en 9-16h30 in weekend
PIT	PIT ZIEKENHUIS OOST-LIMBURG (CAMPUS ST.-JAN)	SCHIEPSE BOS 6, GENK, 3600		
PIT	Brandweer Leuven	Terbankstraat 20, Leuven		PIT van 8-22h
AMBU/PIT	extra 2	Rue Devant Les Religieuses 2, malmedy		

Figuur 45: MUG en PIT stations opgenomen in het model met adres, capaciteit en werkuren.

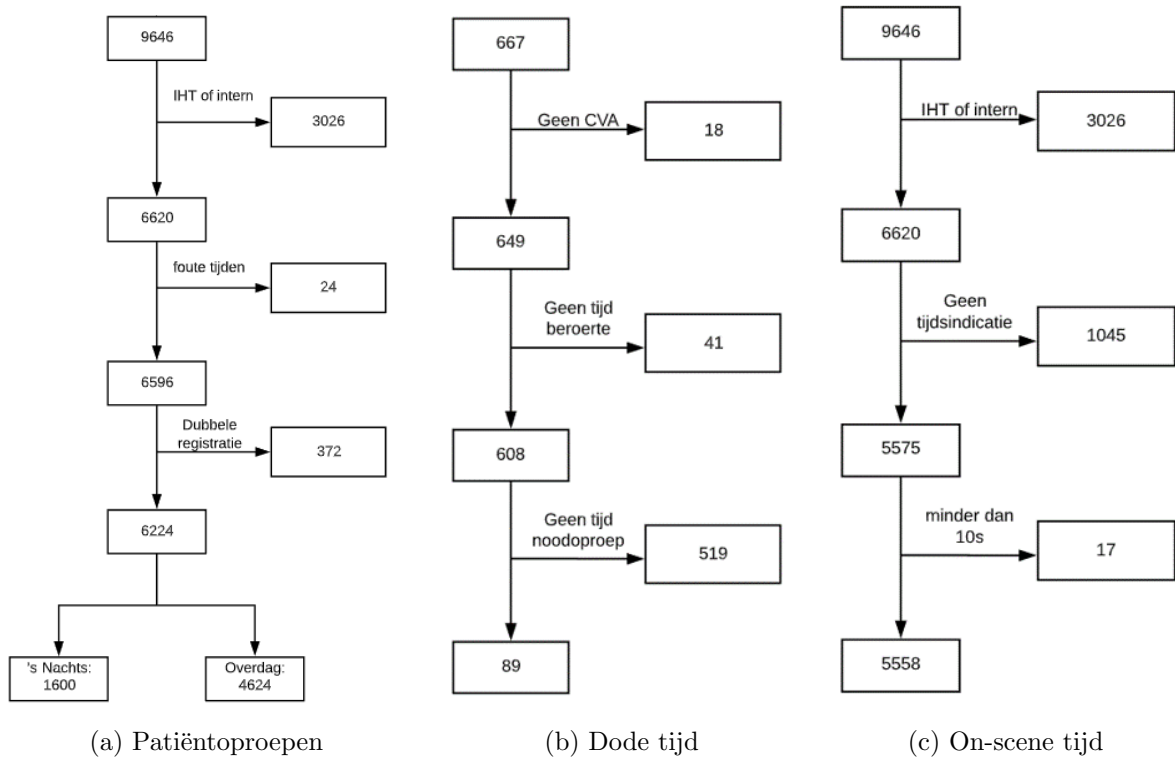
TYPE	INSTELLING	Adres	Capaciteit	Werkuren
AMBU	ZW MECHELEN 1	Lierssesteenweg 435, MECHELEN	2	
AMBU	ZW BONHEIDEN 1	Imeldalaan 9, BONHEIDEN		
AMBU	AMB DELTA 1	Boulevard Du Triomphe 155, IXELLES	4	
AMBU	AMB UCL 1	Avenue Hypocrate 92, WOLUWE	2	
AMBU	CR LIEGE 4	Rue Darchis 6, LIEGE	2	
AMBU	CR.AMPSIN 1	Rue du Chénia, 17, AMPSIN		
AMBU	ZW BERLAAR 1	Zomerstraat 26, BERLAAR		
AMBU	ZW GEEL 1	Stelenseweg 92, GEEL	4	
AMBU	ZW WESTERLO 1	De Merodereef 13, WESTERLO		
AMBU	ZW HEIST OP DEN BERG 1	Broekstraat 46A, HEIST OP DEN BERG	2	
AMBU	ZW HASSELT 1	Zwarte brugstraat 1b, HASSELT	2	
AMBU	ZW HERK-DE-STAD 1	Industrieweg 1096, HERK-DE-STAD		
AMBU	ZW HEUSDEN-ZOLDER 1A	Koerselsebaan 59, HEUSDEN-ZOLDER	3	2 24/7, 1 weekdagen 8 tot 16h30
AMBU	ZW TESSENDERLO 1	Heilig Hartlaan 30, TESSENDERLO		
AMBU	ZW HULSHOUT 1	Harmoniestraat 9A, RAMSEL		
AMBU	ZS.HANNUT 1	Rue Joseph Wauters 65, HANNUT	3	
AMBU	ZS.WAREMME 1	Rue Ernest Malvoz 30, WAREMME	2	
AMBU	AMB WAVRE 1	Chaussee De Namur 115, WAVRE	3	
AMBU	AMB LA HULPE 1	Rue E. Soyer 7, LA HULPE	4	
AMBU	ZW PAAL 1	Schaffensesteenweg 128, PAAL		
AMBU	AMB HMB 13	Rue Bruyn 1, NEDER-OVER-HEEMBEEK		
AMBU	PR.PARAM 1	Rue De La Chaussee 11, AWANS		
AMBU	AMB JODOIGNE 1	Rue De L'Avenir 5, JODOIGNE	2	
AMBU	ZW ST-TRUIDEN 1	Diestersteenweg 100, SAINT TRUIDEN		
AMBU	Hulpverleningszone Oost, Vlaams Brabant	Attenhovenstraat 47, 3400, Landen	2	
AMBU	Brandweerzone Vlaams-Brabant West	Brandweerdeplein 1, 1840, Londerzeel	3	
AMBU	Hulpverleningszone Oost, Vlaams-Brabant	Schavel 77, 3090, Overijse	3	
AMBU	Hulpverleningszone Oost, Vlaams-Brabant	Diestersteenweg 360, 3300, Tienen	2	
AMBU	Brandweerzone Vlaams-Brabant West	Rondeweg 32, 1800, Vilvoorde	3	
AMBU	Brandweerzone Vlaams-Brabant West	LEUVENSESTEENWEG 550, 1990, ZAVENTEM	3	
AMBU	Brussels Airport Company	Luchthaven Brussel Nationaal , 1930, Zaventem	2	
AMBU	Ziekenwagendienst Aarschot	August Reyerslaan 48, 3200, Aarschot	2	
AMBU	AZ Diest	Statiestraat 65, 3290, Diest		
AMBU	Hulpverleningszone Oost, Vlaams Brabant	Terbankstraat 20, 3001, Leuven (Heverlee)		
AMBU	Rode Kruis Vlaanderen (Prov. Vlaams-Brabant)	Naamsestraat 105, 3000, Leuven	2	
AMBU	UZ Leuven	Herestraat 49, 3000, Leuven		
AMBU	Hulpverleningszone Oost, Vlaams Brabant	Provinciesteenweg 34, 3150 Haacht		
AMBU	extra 3	St-Jansstraat 57, paal		
AMBU	extra 4	Glabbeksesteenweg 25, Tielst-Winge		7/7 8h-17h
AMBU	extra 5	Korbeek-Losestraat 117 oud heverlee		

Figuur 46: Ziekenwagen stations opgenomen in het model met adres, capaciteit en werkuren.

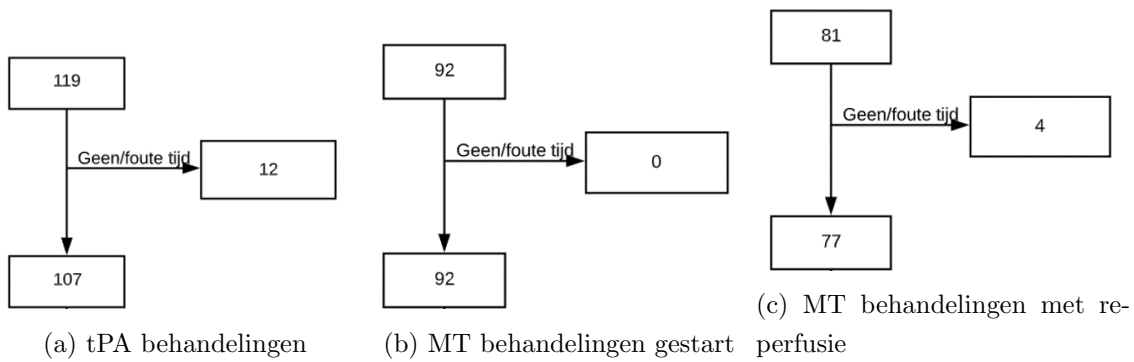
11.4 Bijlage D: Datafilteringsdiagrammen



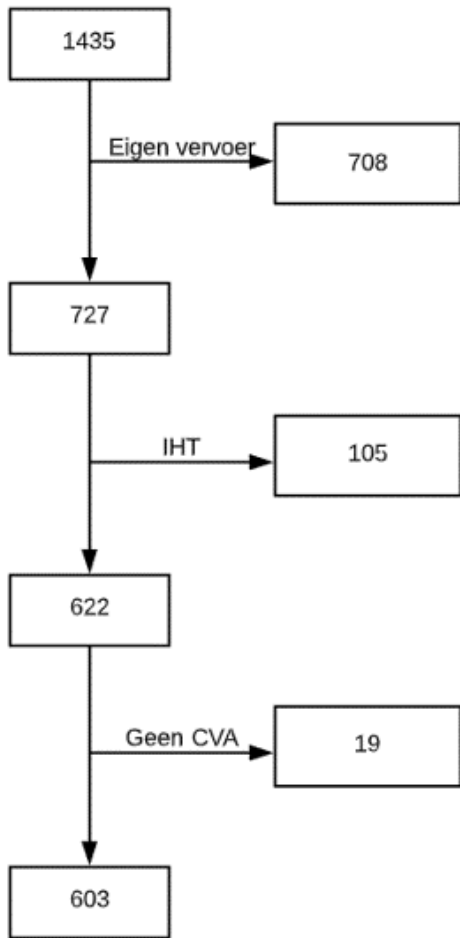
Figuur 47: Datafilteringdiagrammen: links voertuigindicatie voor CVA, midden voertuigindicatie voor niet CVA, rechts IHT.



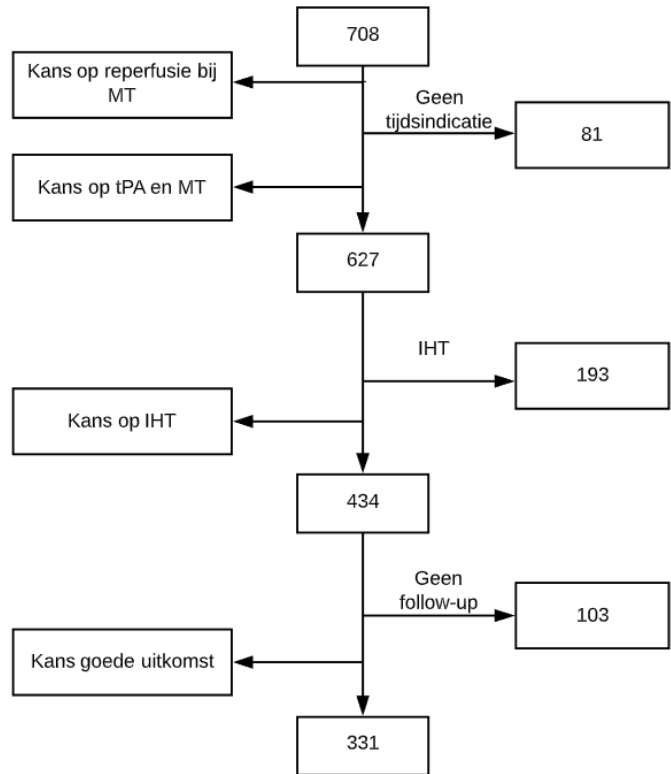
Figuur 48: Datafilteringdiagrammen: links patiëntoproepen, midden patiënten met gekende dode tijd, rechts patiënten met gekende on-scene tijd.



Figuur 49: Datafilteringdiagrammen: links tPA behandelingen, midden MT behandelingen, rechts MT behandelingen met reperfusie.



(a) CVA patiënten, hemorragisch en ischemisch



(b) Datafiltering kansboom

Figuur 50: Datafilteringdiagrammen: links patiënten met CVA (voor bepaling kans op hemorragische beroerte), rechts stroomdiagram kansboom.

11.5 Bijlage E: Kalibratieberekening

Eerst wordt $f_{MT}(t)$ gekalibreerd door de kans op goede uitkomst van de takken 'Niet op tijd MT' en 'Op tijd MT' in de kansboom gelijk te stellen onder de aannamse dat de groin-to-rep tijd 40 minuten bedraagt. Dan geldt $t = 480$. Hieruit volgt:

$$\frac{3}{10} = \frac{2}{33} \cdot \frac{7}{17} + \frac{31}{33} \cdot \left(\frac{4}{31} \cdot \frac{1}{6} + \frac{27}{31} \cdot f_{MT}(480) \right)$$

Hieruit volgt $f_{MT}(480) = 0.3115$.

Om $f_{tPA}(t)$ te kalibreren moet de volledige onderste tak van de kansboom 'Niet op tijd tPA' gelijk zijn aan de bovenste tak 'Op tijd tPA' voor patiënten die de mogelijkheid hebben tot tPA behandeling na 270 minuten. Om dit te berekenen is aangenomen dat indien een patiënt na 270 minuten toegang heeft tot tPA en ook MT ondergaat, de reperfusie door de MT na 330 minuten plaatsvindt. Er is hier een tijdsverschil van 60 minuten door de langere door-to-groinpuncture en de extra groinpuncture-to-reperfusion tijd. Met het stuksgewijs lineaire functievoorschrift uit hoofdstuk 6 kan $f_{MT}(330) = 0.403$ berekend worden. De tak 'Niet op tijd tPA' voor reperfusie van MT bij $t = 330$ minuten is nu:

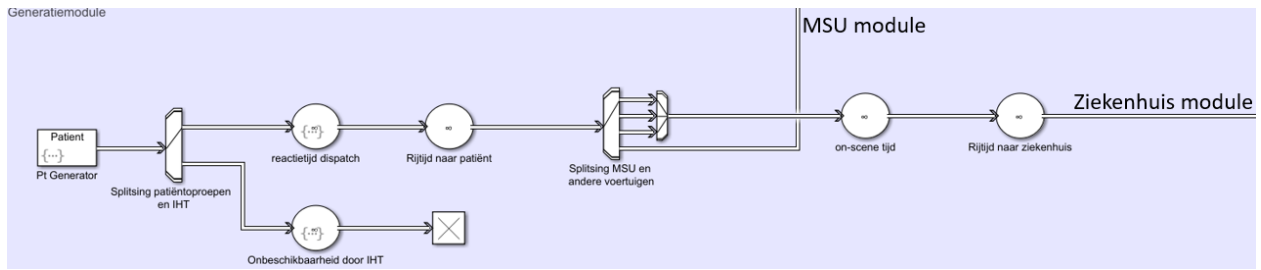
$$\frac{225}{239} \cdot \frac{84}{170} + \frac{14}{239} \cdot \left(\frac{2}{33} \cdot \frac{7}{17} + \frac{31}{33} \cdot \left(\frac{4}{31} \cdot \frac{1}{6} + \frac{27}{31} \cdot f_{MT}(330) \right) \right) \approx 0.487133$$

Door dit gelijk te stellen aan de tak 'Op tijd tPA' voor tPA behandeling op $t = 270$ minuten en MT reperfusie op $t = 330$ minuten kan $f_{tPA}(270)$ gevonden worden:

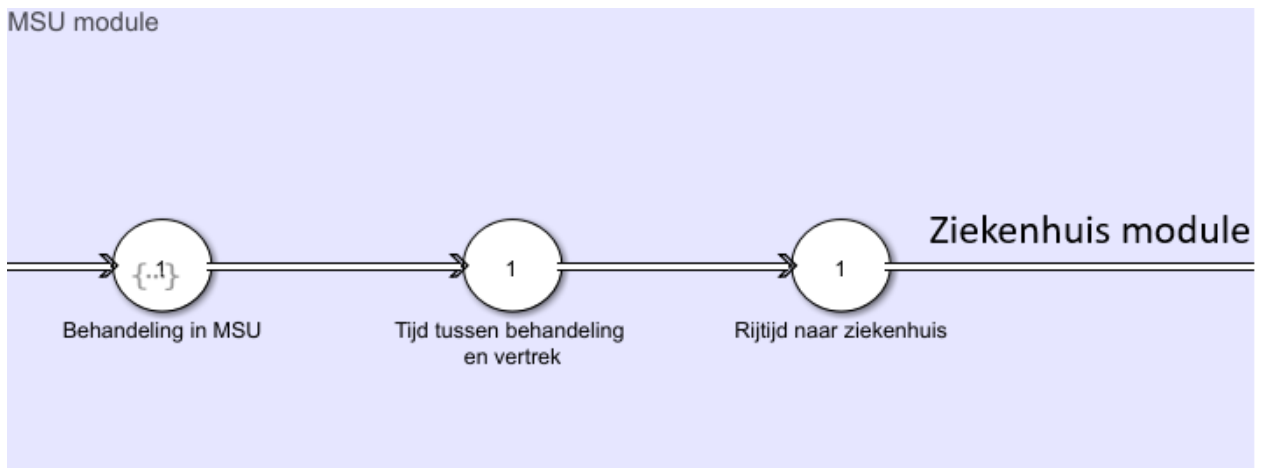
$$0.487133 = \frac{102}{211} \cdot \left(\frac{106}{114} \cdot \frac{50}{80} + \frac{8}{114} \cdot \left(\frac{4}{27} \cdot \frac{1}{6} + \frac{23}{27} \cdot f_{MT}(330) \right) \right) + \frac{109}{211} \cdot \left(\frac{46}{81} \cdot f_{tPA}(270) + \frac{35}{81} \cdot \left(\frac{11}{49} \cdot f_{tPA}(270) + \frac{38}{49} \cdot \left(\frac{3}{38} \cdot \frac{1}{6} + \frac{35}{38} \cdot f_{MT}(330) \right) \right) \right)$$

Hieruit volgt $f_{tPA}(270) = 0.37029$

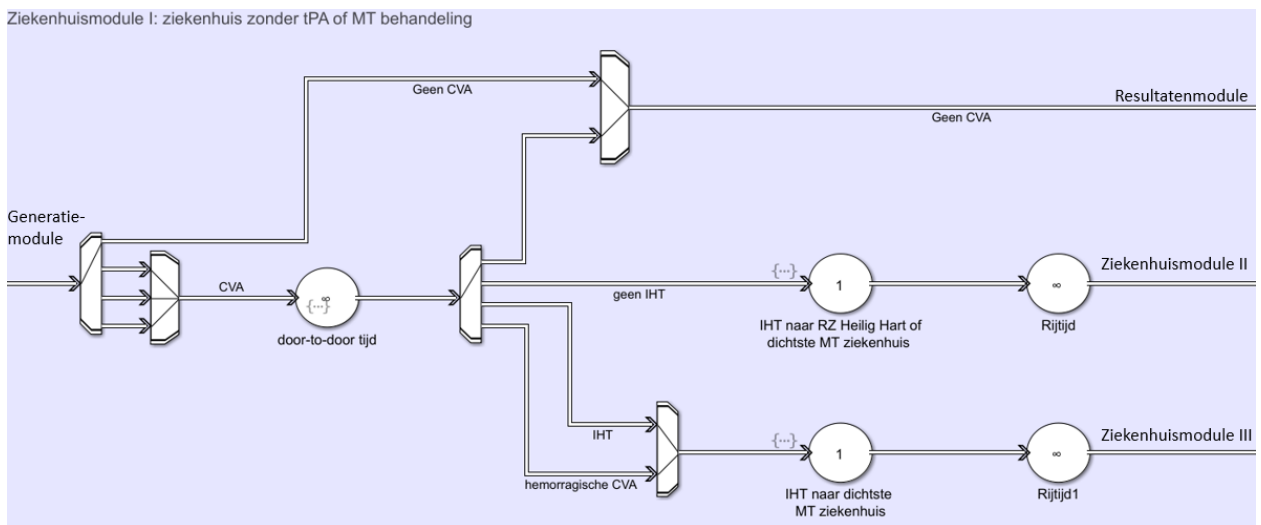
11.6 Bijlage F: Modules van het simulatiemodel



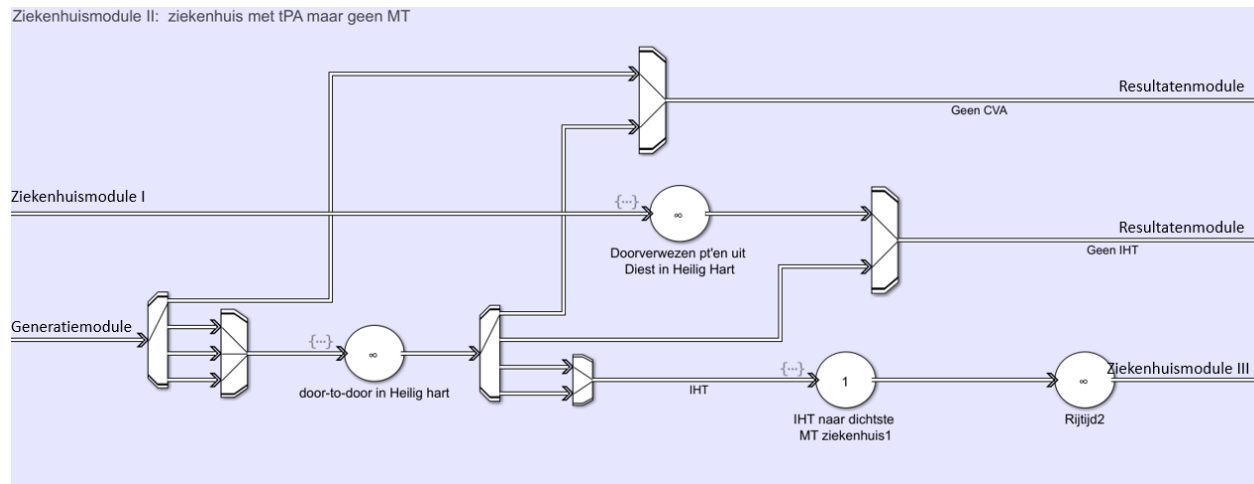
Figuur 51: De generatiemodule.



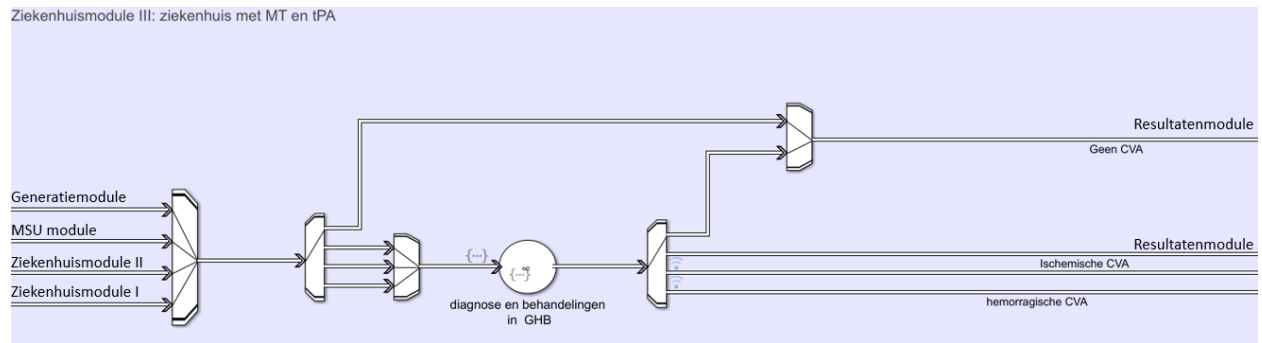
Figuur 52: De MSU module.



Figuur 53: De ziekenhuismodule: ziekenhuizen zonder zorg voor CVA patiënten.



Figuur 54: De ziekenhuismodule: ziekenhuizen met tPA maar geen MT.



Figuur 55: De ziekenhuismodule: ziekenhuizen met tPA en MT.

11.7 Bijlage G: Verkeersindex per weekuur van oost Vlaams-Brabant in 2018

	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
12:00 AM	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
02:00 AM	0%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
	0%	3%	2%	1%	1%	0%	0%
04:00 AM	0%	2%	2%	1%	2%	1%	0%
	0%	3%	3%	2%	2%	2%	0%
06:00 AM	0%	29%	25%	19%	21%	10%	0%
	0%	51%	50%	35%	44%	18%	0%
08:00 AM	1%	45%	47%	34%	43%	26%	3%
	3%	19%	21%	16%	21%	17%	7%
10:00 AM	5%	12%	13%	13%	13%	14%	11%
	6%	11%	12%	14%	13%	14%	12%
12:00 PM	5%	12%	13%	21%	13%	16%	11%
	6%	12%	14%	16%	14%	16%	12%
02:00 PM	6%	11%	12%	16%	14%	19%	13%
	5%	20%	25%	25%	28%	34%	12%
04:00 PM	5%	39%	46%	40%	45%	47%	11%
	6%	42%	51%	48%	51%	46%	10%
06:00 PM	6%	22%	31%	31%	32%	29%	8%
	6%	7%	10%	11%	12%	12%	5%
08:00 PM	8%	4%	5%	5%	5%	5%	4%
	7%	3%	4%	4%	4%	4%	3%
10:00 PM	2%	2%	3%	3%	3%	3%	2%
	0%	0%	0%	0%	1%	2%	2%

Figuur 56: Verkeersindex per weekuur van oost Vlaams-Brabant in 2018, uitgedrukt in procentuele stijging van de gemiddelde rijtijd [74].

11.8 Bijlage H: Invloed van afzonderlijke veranderingen op effectiviteit MSU: resultatenlijst

Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Sensitiviteit/ specificiteit 0.53/0.591 verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	3.2, [1.9; 5.0]	< 0.001, ja	0.7, [-0.3; 1.5]	0.005, ja
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-8.7, [-12.0; 3.4]	< 0.001, ja	-0.1, [-2.5; 3.5]	0.819, nee
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	2.5, [1.4; 3.6]	< 0.001, ja	0.5, [-0.7; 1.3]	0.082, nee
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	-2.9, [-12.5; 10.3]	0.035, ja	-2.3, [-14.4; 8.7]	0.329, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	394, [379; 411]	< 0.001, ja	0, [-18; 20]	1.000, nee
MSU bezet [%]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	0.0, [-0.6; 0.6]	1.000, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-6.7, [-7.8; -4.6]	< 0.001, ja	0.2, [-1.5; 1.7]	0.560, nee

Tabel 14: Verandering in effectiviteit MSU: Sensitiviteit en specificiteit van 0.53 en 0.591.

Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Sensitiviteit/ specificiteit 0.33/0.3 verbetering	P-waarde, significant	Vershil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	1.8, [-0.5; 4.1]	< 0.001, ja	-0.7, [-2.3; 1.2]	0.035, ja
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-5.3, [-8.2; -2.8]	< 0.001, ja	3.3, [0.3; 5.8]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	1.5, [0.4; 3.1]	< 0.001, ja	-0.5, [-1.7; 0.5]	0.013, ja
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	-2.6, [-16.3; 6.4]	0.035, ja	-2.0, [-12.9; 8.4]	0.560, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	391, [371; 401]	< 0.001, ja	-4, [-16; 17]	0.560, nee
MSU bezet [%]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	12.4, [11.7; 12.8]	< 0.001, ja	-0.3, [-0.4; 0.5]	0.335, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-5.2, [-6.6; -3.6]	< 0.001, ja	1.7, [0.2; 3.2]	0.005, ja

Tabel 15: Verandering in effectiviteit MSU: Sensitiviteit en specificiteit van 0.33 en 0.3.

Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Sensitiviteit/specificiteit 0.22/0.2 verbetering	P-waarde, significant	Vershil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	1.1, [-1.2; 3.3]	0.013, ja	-1.5, [-3.0; 0.0]	< 0.001, ja
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-3.8, [-7.4; 0.0]	< 0.001	4.8, [0.3; 8.1]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	1.0, [-0.2; 2.3]	0.005, ja	-1.0, [-2.3; 0.3]	< 0.001, ja
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	1.6, [-9.9; 9.5]	0.329, nee	2.2, [-9.7; 15.6]	0.035, ja
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	391, [375; 402]	< 0.001	-4, [-12; 13]	0.329, nee
MSU bezet [%]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	12.4, [11.8; 12.9]	< 0.001	-0.2, [-0.5; 0.3]	0.423, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-3.2, [-4.2; -1.2]	< 0.001	3.7, [4.8; 2.7]	< 0.001, ja

Tabel 16: Verandering in effectiviteit MSU: Sensitiviteit en specificiteit van 0.22 en 0.2.

Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Door-to-treatment 125% verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	2.7, [1.3; 4.2]	< 0.001, ja	0.2, [-2.1; 1.9]	0.329, nee
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-7.8, [-12.1; -3.9]	< 0.001, ja	0.8, [-4.0; 5.8]	0.560, nee
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	1.7, [-0.1; 3.3]	< 0.001, ja	-0.3, [-2.6; 0.8]	0.329, nee
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	2.2, [-9.8; 12.5]	< 0.001, ja	2.8, [-16.5; 14.1]	0.329, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	394, [380; 411]	0.819, nee	0, [-19; 20]	1.00, nee
MSU bezet [%]	12.6, [11.9; 13.0]	< 0.001, ja	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	0.0, [-0.4; 0.3]	0.998, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-6.6, [-7.9; -4.4]	< 0.001, ja	0.3, [-1.1; 1.8]	0.329, nee

Tabel 17: Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-treatment perifere ziekenhuizen 125%.

Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Door-to-treatment 150% verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	3.1, [1.1; 4.2]	< 0.001, ja	0.6, [-2.2; 2.5]	0.152, nee
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-9.1, [-13.7; -4.7]	< 0.001, ja	-0.5, [-5.8; 3.3]	0.794, nee
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	2.0, [0.5; 3.8]	< 0.001, ja	0.0, [-1.7; 2.4]	0.526, nee
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	3.3, [-6.8; 12.7]	0.526, nee	3.8, [-18.6; 22.5]	0.069, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	394, [380; 411]	< 0.001, ja	0, [-18; 20]	0.972, nee
MSU bezet [%]	12.6, [11.9; 13.2]	< 0.001, ja	12.5, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	-0.1, [-0.3; 0.2]	0.932, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-6.7, [-8.1; -5.3]	< 0.001, ja	0.2, [-1.2; 1.4]	0.152, nee

Tabel 18: Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-treatment perifere ziekenhuizen 150%.

Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Door-to-door 45 min verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	2.0, [0.7; 3.5]	< 0.001, ja	-0.5, [-2.6; 1.1]	0.1, nee
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-8.3, [-13.0; -5.2]	< 0.001, ja	0.3, [-4.6; 3.2]	0.388, nee
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	1.8, [0.4; 4.4]	< 0.001, ja	-0.2, [-2.1; 3.2]	0.113, nee
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	3.9, [-5.3; 18.9]	0.058, nee	4.5, [-14.1; 20.3]	0.388, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	394, [379; 411]	< 0.001, ja	0, [-18; 20]	1, nee
MSU bezet [%]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	12.6, [12.1; 13.1]	< 0.001, ja	0.0, [-0.4; 0.6]	1, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-6.6, [-7.7; -4.7]	< 0.001, ja	0.3, [-1.3; 1.8]	0.459, nee

Tabel 19: Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-door 45 minuten.

Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	Door-to-door 90 min verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	3.1, [2.4; 4.0]	< 0.001, ja	0.6; [-1.8; 2.3]	0.035, ja
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-8.0, [-10.5; -5.6]	< 0.001, ja	0.6, [-2.9; 3.9]	0.329, nee
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	2.1, [0.1; 3.5]	< 0.001, ja	0.1, [-2.1; 1.1]	0.819, nee
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	-3.4, [-22.9; 12.5]	0.329, nee	-2.8, [-30.9; 16.7]	0.329, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	394, [379; 410]	< 0.001, ja	0, [-18; 20]	0.978, nee
MSU bezet [%]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	0.0, [-0.4; 0.6]	0.998, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-6.8, [-7.9; -4.3]	< 0.001, ja	0.2, [-1.5; 1.9]	0.978, nee

Tabel 20: Verandering in effectiviteit MSU: Door-to-door 90 minuten.

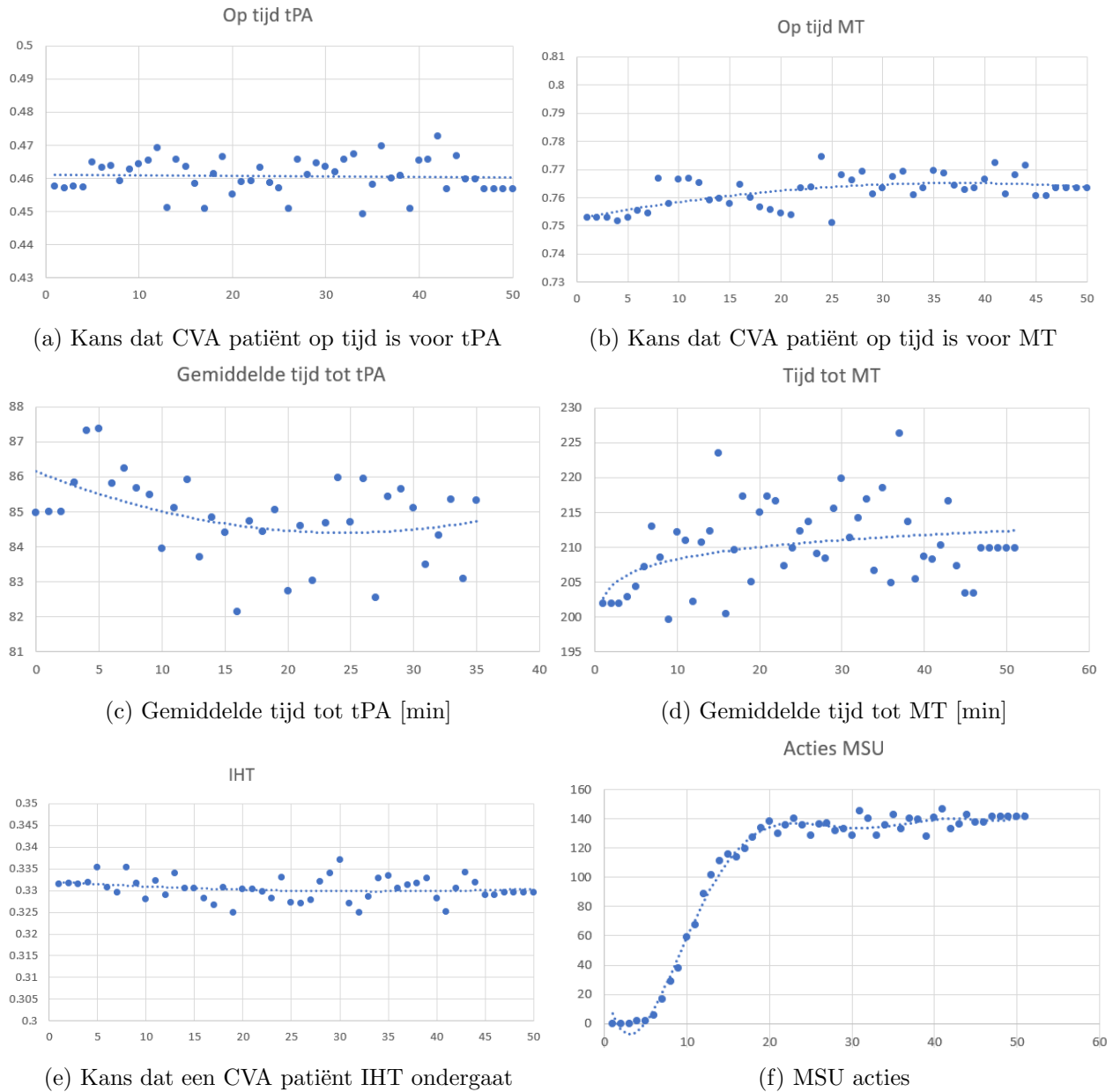
Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	MSU 's nachts verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	3.1, [1.6; 5.3]	< 0.001, ja	0.6, [-0.8; 2.3]	0.082, nee
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-10.7, [-13.8; -8.4]	< 0.001, ja	-2.1, [-6.9; 2.0]	0.035, ja
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	2.8, [1.7; 3.9]	< 0.001, ja	0.8, [-0.5; 1.7]	0.013, ja
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	-2.0, [-12.4; 15.7]	0.560, nee	-1.3, [-9.7; 14.1]	0.560, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	529; [510; 541]	< 0.001, ja	135, [119; 149]	< 0.001, ja
MSU bezet [%]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	8.3; [8.0; 8.5]	< 0.001, ja	-4.4, [-4.9; -4.2]	< 0.001, ja
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-9.0, [-10.4; -7.2]	< 0.001, ja	-2.1, [-3.9; -1.1]	< 0.001, ja

Tabel 21: Verandering in effectiviteit MSU: MSU 's nachts.

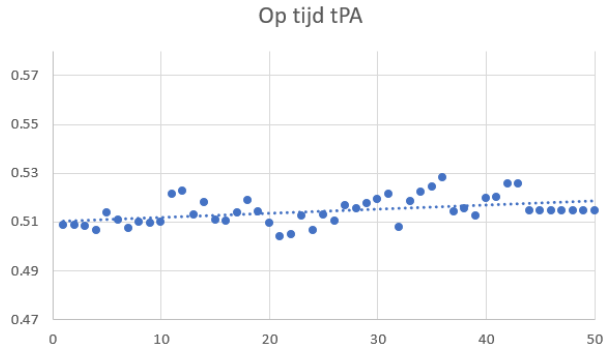
Gemeten grootheid	Geen DMR verbetering	P-waarde, significant	MSU team verbetering	P-waarde, significant	Verskil verbetering	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	2.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	2.4, [0.6; 3.8]	< 0.001, ja	-0.1, [-1.7; 1.6]	0.819, nee
Tijd tot tPA [min]	-8.6, [-11.6; -5.5]	< 0.001, ja	-8.0, [-12.4; -5.3]	< 0.001, ja	0.6, [-2.2; 4.0]	0.560, nee
Op tijd MT [%]	2.0, [1.2; 3.5]	< 0.001, ja	1.8, [0.9; 3.2]	< 0.001, ja	-0.2, [-1.6; 0.8]	0.035, ja
Tijd tot MT [min]	-0.6, [-10.7; 13.9]	0.560, nee	-0.3, [-11.4; 11.9]	0.978, nee	0.3, [-19.2; 9.7]	0.978, nee
MSU acties (per jaar)	394, [381; 408]	< 0.001, ja	402, [388; 416]	< 0.001, ja	8, [-9; 27]	0.035, ja
MSU bezet [%]	12.6, [12.0; 13.0]	< 0.001, ja	12.8, [12.3; 13.2]	< 0.001, ja	0.2, [-0.3; 1.3]	0.068, nee
IHT [%]	-6.9, [-8.1; -4.7]	< 0.001, ja	-6.8, [-8.2; -5.1]	< 0.001, ja	0.1, [-1.0; 1.7]	0.082, nee

Tabel 22: Verandering in effectiviteit MSU: MSU team.

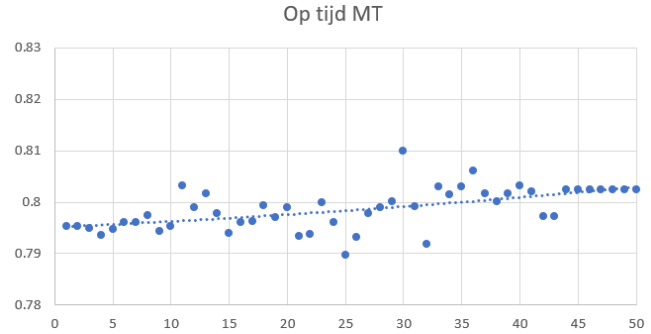
11.9 Bijlage I: Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU



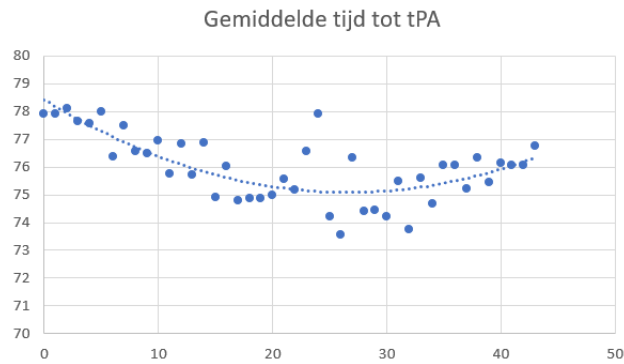
Figuur 57: Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: baseline scenario in OVB.



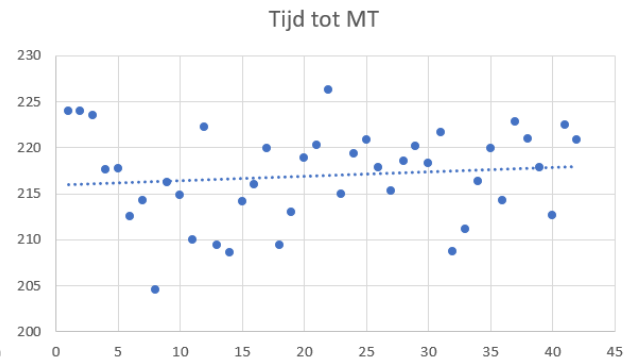
(a) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor tPA



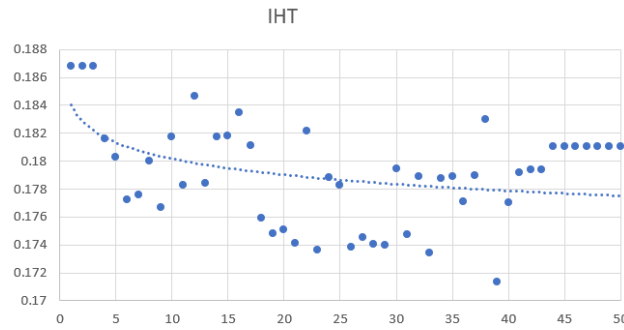
(b) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor MT



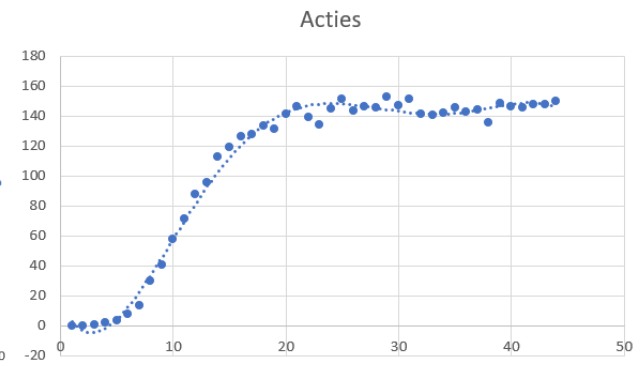
(c) Gemiddelde tijd tot tPA [min]



(d) Gemiddelde tijd tot MT [min]

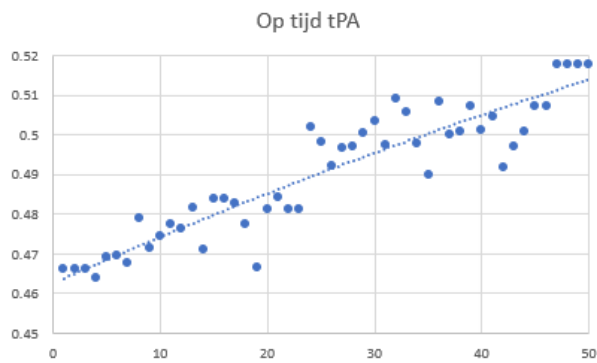


(e) Kans dat een CVA patiënt IHT ondergaat

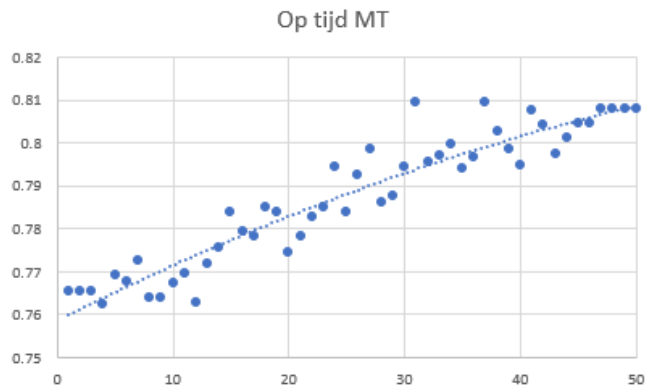


(f) MSU acties

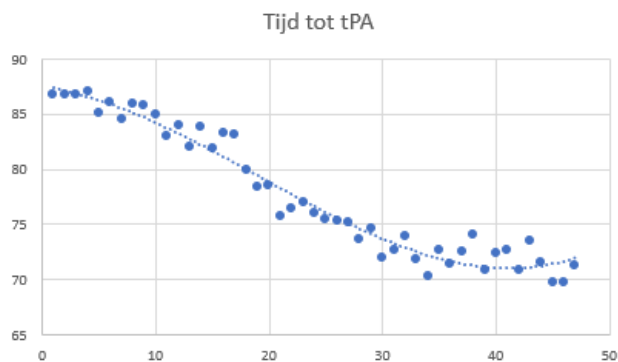
Figuur 58: Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: baseline scenario in MT zone.



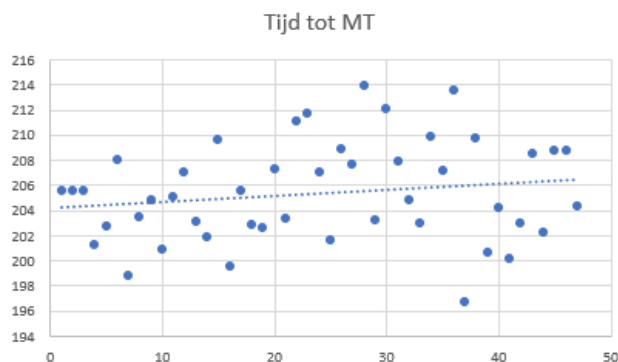
(a) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor tPA



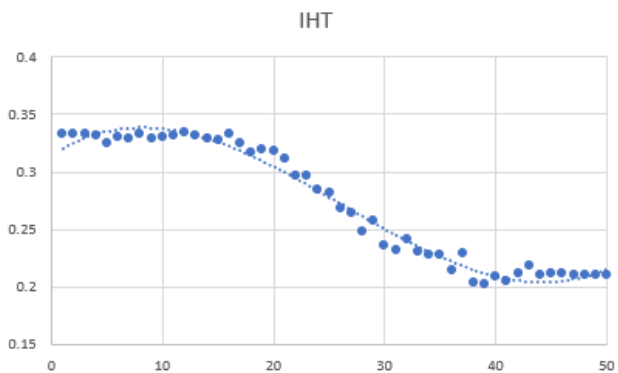
(b) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor MT



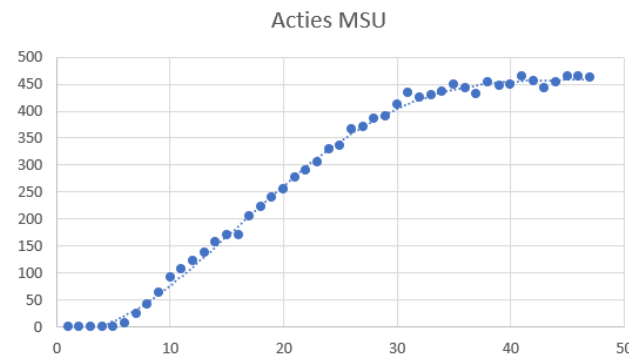
(c) Gemiddelde tijd tot tPA [min]



(d) Gemiddelde tijd tot MT [min]

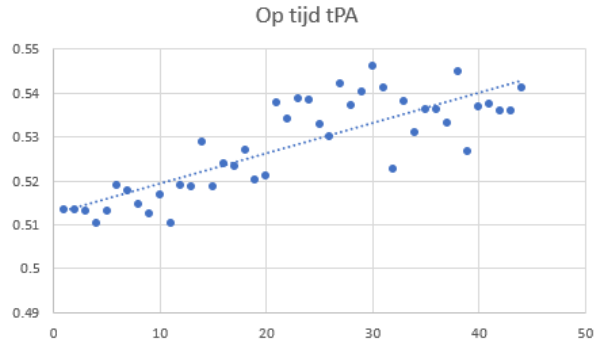


(e) Kans dat een CVA patiënt IHT ondergaat

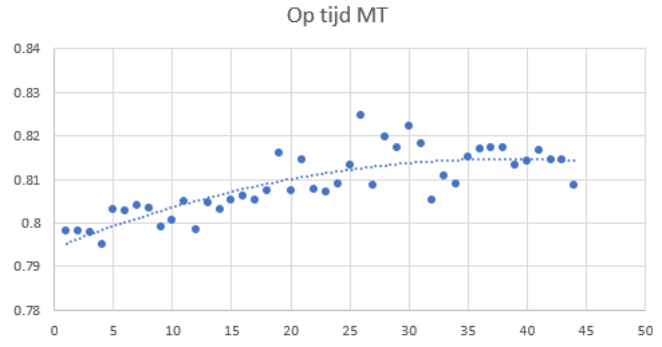


(f) MSU acties

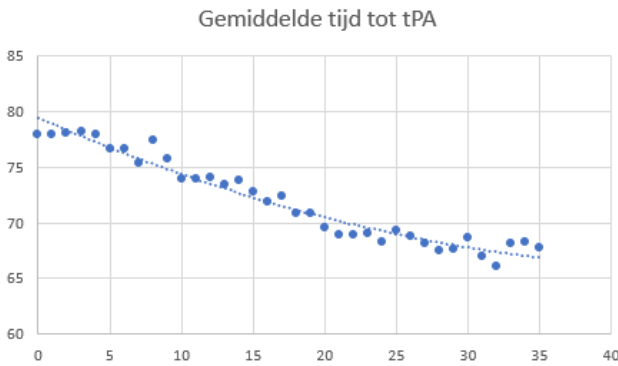
Figuur 59: Uitgangsparameters voor variërend werkgebied MSU: best case scenario in OVB.



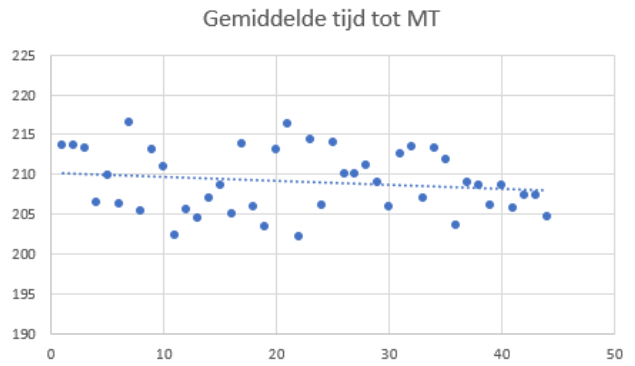
(a) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor tPA



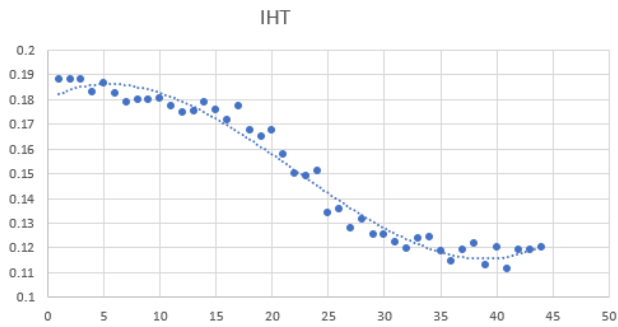
(b) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor MT



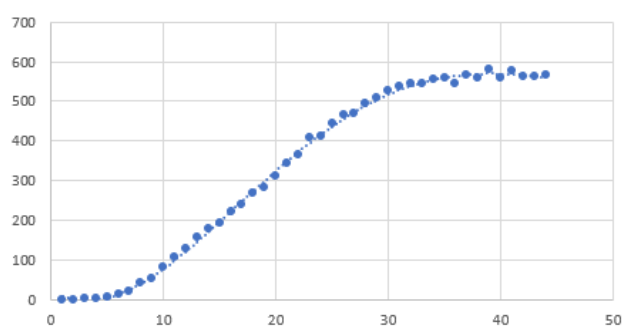
(c) Gemiddelde tijd tot tPA [min]



(d) Gemiddelde tijd tot MT [min]

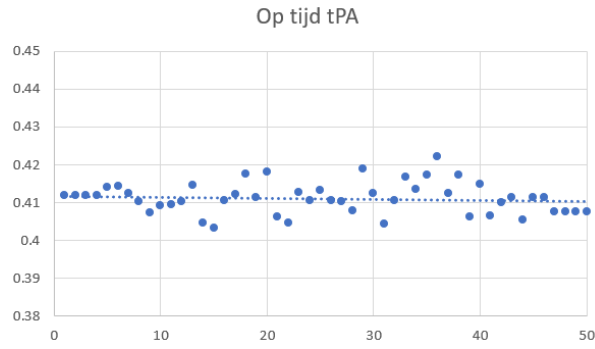


(e) Kans dat een CVA patiënt IHT ondergaat

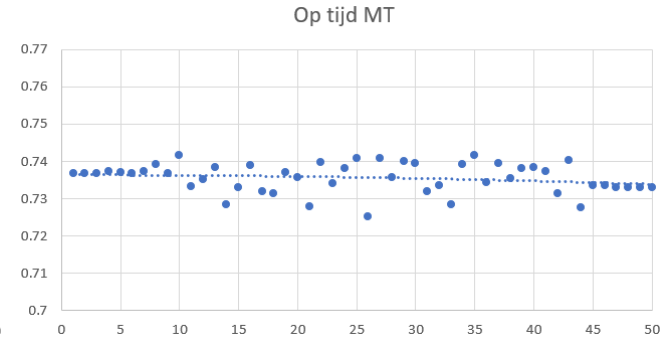


(f) MSU acties

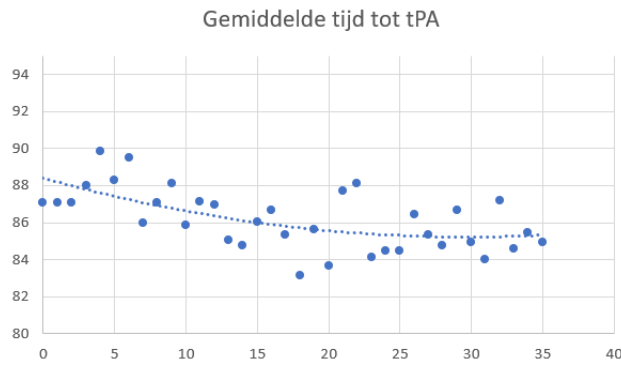
Figuur 60: Uitgangparameters voor variërend werkgebied MSU: best case scenario in MT zone.



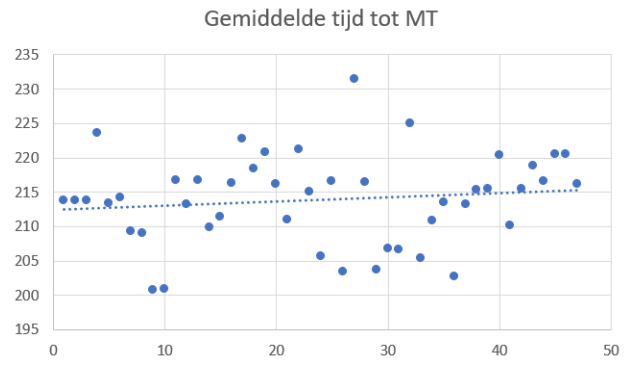
(a) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor tPA



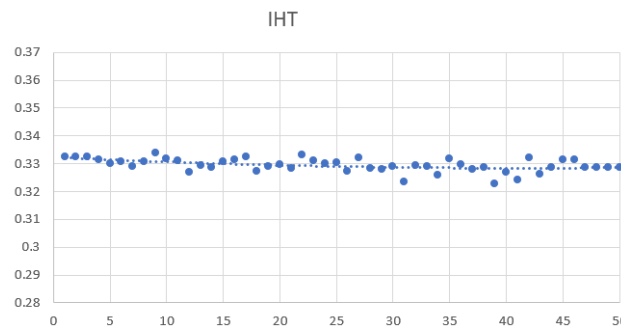
(b) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor MT



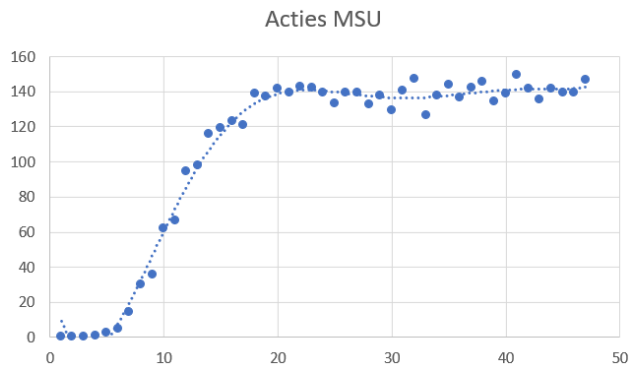
(c) Gemiddelde tijd tot tPA [min]



(d) Gemiddelde tijd tot MT [min]

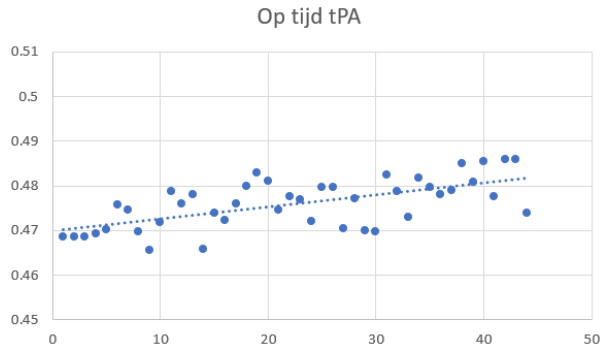


(e) Kans dat een CVA patiënt IHT ondergaat

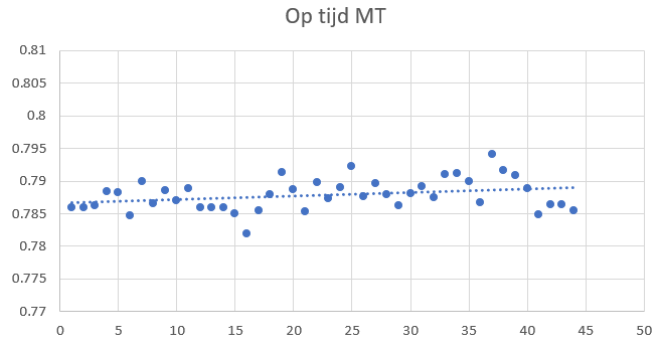


(f) MSU acties

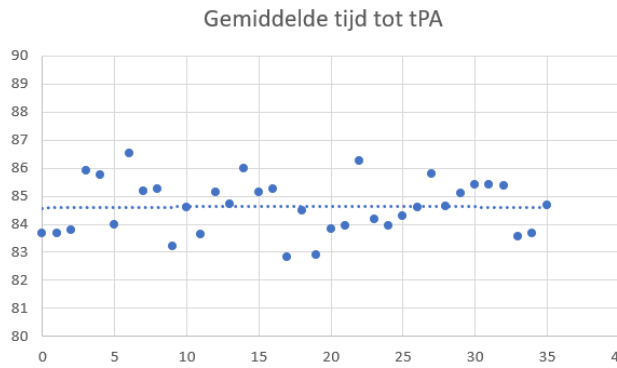
Figuur 61: Uitgangsparameters voor variërend werkgebied MSU: worst case scenario in OVB.



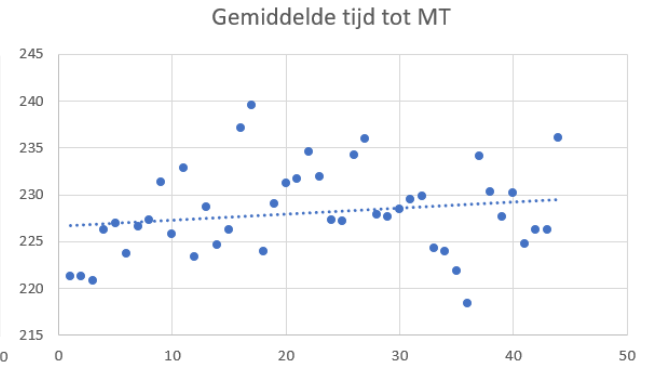
(a) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor tPA



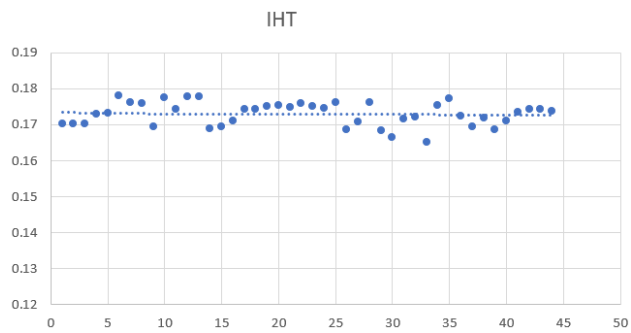
(b) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor MT



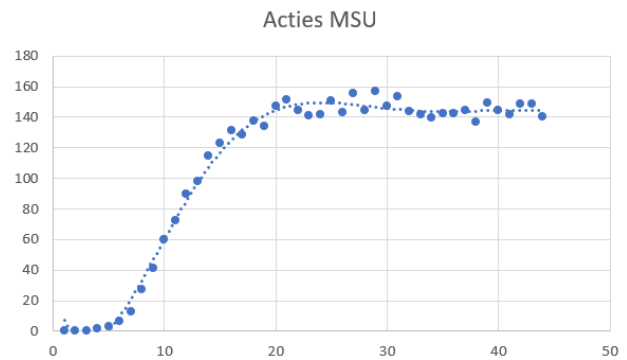
(c) Gemiddelde tijd tot tPA [min]



(d) Gemiddelde tijd tot MT [min]

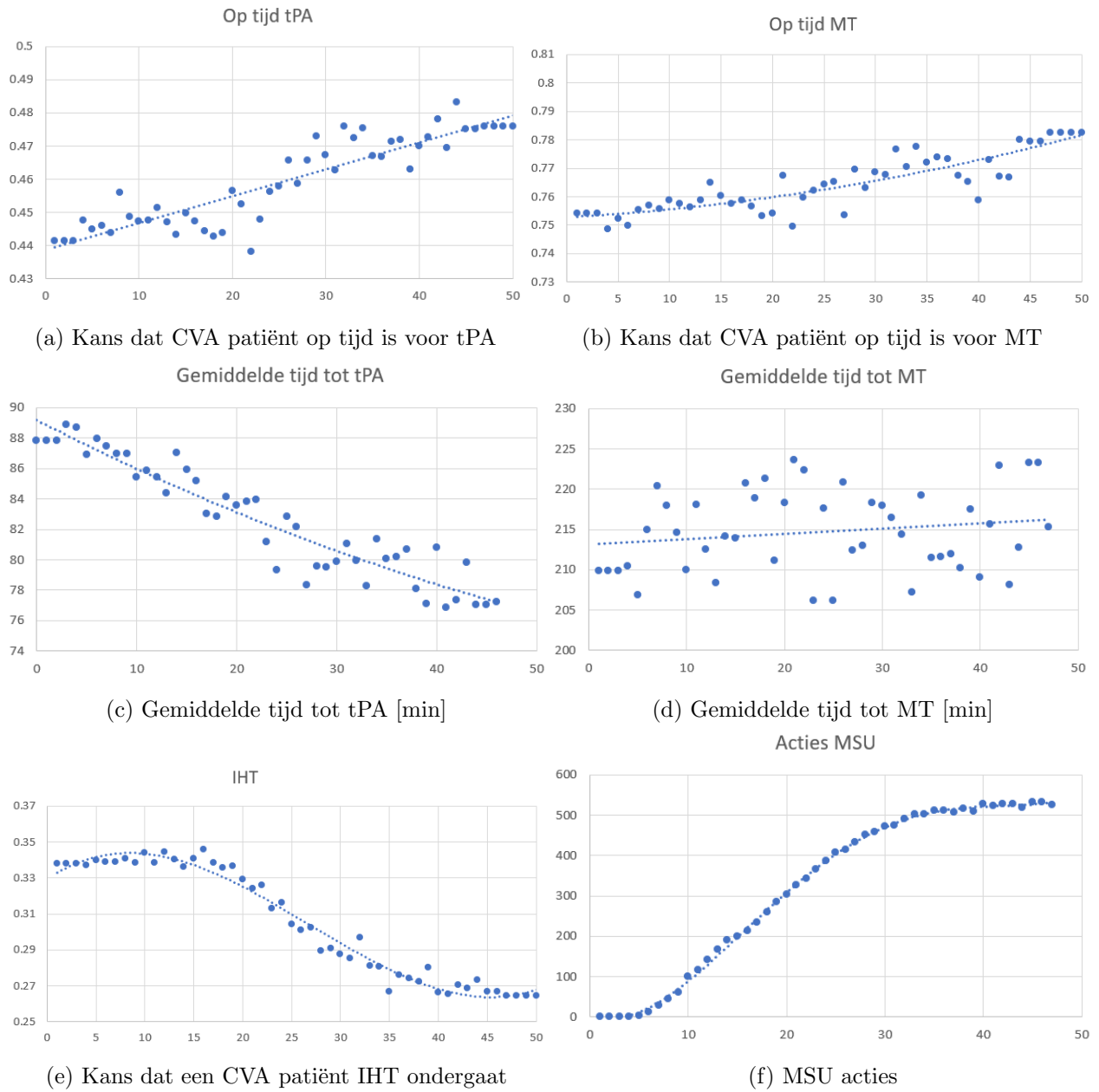


(e) Kans dat een CVA patiënt IHT ondergaat

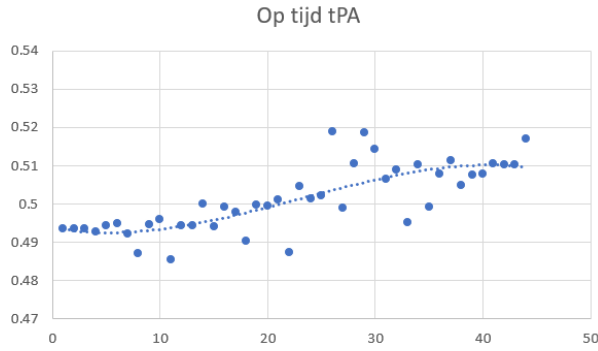


(f) MSU acties

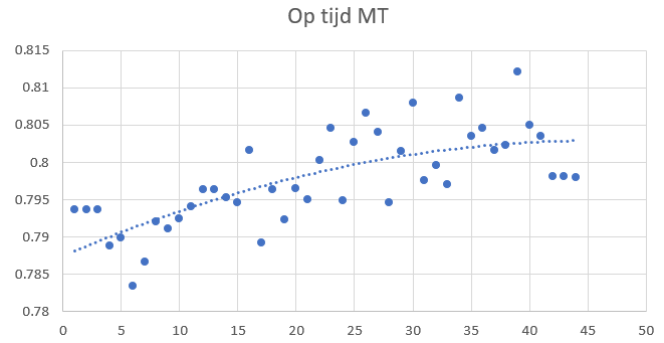
Figuur 62: Uitgangspareters voor variërend werkgebied MSU: worst case scenario in MT zone.



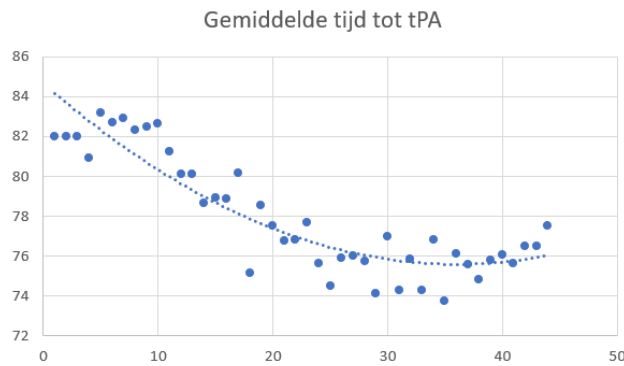
Figuur 63: Uitgangsparemeters voor variërend werkgebied MSU: average case scenario in OVB.



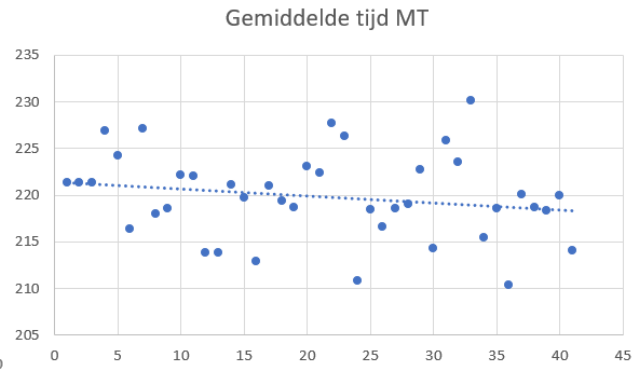
(a) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor tPA



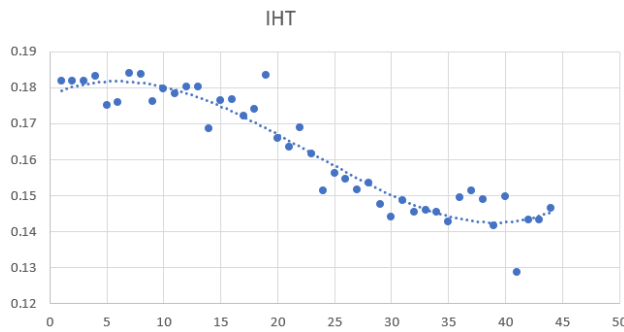
(b) Kans dat CVA patiënt op tijd is voor MT



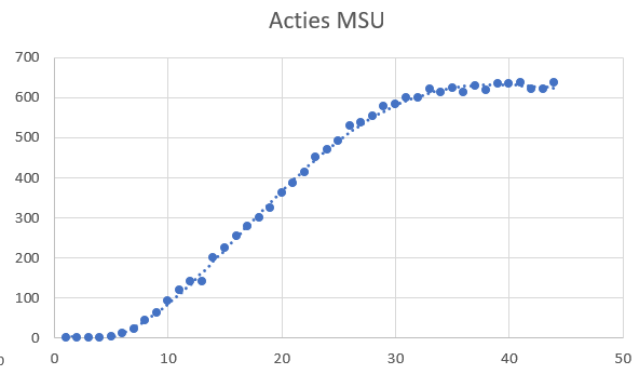
(c) Gemiddelde tijd tot tPA [min]



(d) Gemiddelde tijd tot MT [min]



(e) Kans dat een CVA patiënt IHT ondergaat



(f) MSU acties

Figuur 64: Uitgangsparameters voor variërend werkgebied MSU: average case scenario in MT zone.

11.10 Bijlage J: Effectiviteit van de MSU in verschillende scenario's

Gemeten grootheid	OVB zonder MSU	OVB met MSU	Verbetering MSU in OVB	P-waarde, significant	MT zone zonder MSU	MT zone met MSU	Verbetering MSU in MT zone	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	45.8, [43.3; 48.2]	46.0, [44.0; 47.6]	0.2, [-2.1; 2.1]	0.846, nee	50.6, [48.5; 52.9]	51.1, [48.8; 52.8]	0.4, [-1.3; 2.3]	0.172, nee
Tijd tot tPA [min]	87.7, [84.7; 90.9]	84.9, [82.6; 88.8]	-2.8, [-5.8; 0.7]	0.001, ja	77.4, [75.2; 79.4]	75.3, [72.6; 78.3]	-2.1, [-5.0; 0.9]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	75.3, [73.7; 77.3]	75.9, [74.1; 77.4]	0.6, [-0.2; 1.7]	0.205, nee	79.4, [78.0; 80.9]	79.9, [78.6; 81.0]	0.5, [-1.5; 1.6]	0.172, nee
Tijd tot MT [min]	211.6, [202.0; 217.0]	212.8, [201.5; 222.4]	1.7, [-9.7; 13.9]	0.169, nee	219.6, [210.7; 227.9]	218.8, [211.6; 227.0]	-0.9, [-11.9; 14.5]	0.819, nee
MSU acties (per jaar)	0	141, [128; 150]	141, [128; 150]	< 0.001, ja	0	145, [137; 157]	145, [137; 157]	< 0.001, ja
MSU bezet [%]	0	3.7, [3.3; 3.9]	3.7, [3.3; 3.9]	< 0.001, ja	0	3.7, [3.5; 4.0]	3.7, [3.5; 4.0]	< 0.001, ja
IHT [%]	33.6, [32.6; 34.7]	33.3, [32.5; 34.2]	-0.2, [-1.4; 0.5]	0.447, nee	18.4, [16.9; 19.7]	18.0, [17.3; 18.9]	-0.3, [-2.0; 0.7]	0.172, nee
Op tijd tPA in MSU [%]	45.8, [43.3; 48.2]	59.6, [52.4; 68.5]	13.8, [6.3; 22.5]	< 0.001, ja	50.6, [48.5; 52.9]	59.8, [52.8; 68.2]	9.2, [3.4; 16.8]	< 0.001, ja
Tijd tot tPA in MSU [min]	87.7, [84.7; 90.9]	43.4, [42.6; 44.3]	-44.3, [-48.3; -41.4]	< 0.001, ja	77.4, [75.2; 79.4]	44.1, [42.3; 45.5]	-33.3, [-35.7; -31.7]	< 0.001, ja
Op tijd MT in MSU [%]	75.3, [73.7; 77.3]	86.8, [81.7; 91.6]	11.5, [6.5; 16.3]	< 0.001, ja	79.4, [78.0; 80.9]	85.6, [79.9; 90.1]	6.2, [1.5; 10.6]	< 0.001, ja
Tijd tot MT in MSU [min]	211.6, [202.0; 217.0]	195, [167; 223]	-16.7, [-46.9; 5.8]	< 0.001, ja	219.6, [210.7; 227.9]	198.5, [171.5; 231.1]	-21.2, [3.2; -39.3]	< 0.001, ja

Tabel 23: Effectiviteit van MSU in het baseline scenario.

Gemeten grootheid	OVB zonder MSU	OVB met MSU	Verbetering MSU in OVB	P-waarde, significant	MT zone zonder MSU	MT zone met MSU	Verbetering MSU in MT zone	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	47.0, [44.7; 79.0]	50.5, [48.5; 52.3]	3.5, [1.4; 4.8]	< 0.001, ja	51.1, [48.7; 52.9]	53.5, [51.2; 55.9]	2.5, [0.9; 3.7]	< 0.001, ja
Tijd tot tPA [min]	87.3, [83.2; 90.5]	73.6, [71.4; 75.8]	-13.8, [-9.6; -17.9]	< 0.001, ja	76.8, [75.2; 78.9]	67.3, [65.2; 69.4]	-9.5, [-11.9; -7.5]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	76.1, [74.7; 77.6]	79.3, [77.7; 80.6]	3.2, [2.2; 4.1]	< 0.001, ja	79.7, [78.3; 80.1]	81.5, [79.9; 83.2]	1.8, [1.1; 2.7]	< 0.001, ja
Tijd tot MT [min]	204.6, [195.0; 216.1]	208.0, [198.3; 220.9]	3.6, [-13.6; 20.0]	0.172, nee	209.8, [200.7; 221.4]	210.2, [204.2; 216.8]	0.5, [-7.6; 8.4]	0.819, nee
MSU acties (per jaar)	0	457, [431; 475]	457, [431; 475]	< 0.001, ja	0	571, [550; 589]	571, [550; 589]	< 0.001, ja
MSU bezet [%]	0	7.2, [6.8; 7.5]	7.2, [6.8; 7.5]	< 0.001, ja	0	8.7, [8.3; 9.0]	8.7, [8.3; 9.0]	< 0.001, ja
IHT [%]	33.4, [32.5; 34.8]	21.9, [21.2; 23.1]	-11.5, [-12.7; -9.4]	< 0.001, ja	18.3, [16.9; 19.7]	12.2, [11.3; 13.0]	-6.2, [-7.5; -4.8]	< 0.001, ja
Op tijd tPA in MSU [%]	47.0, [44.7; 79.0]	58.1, [53.9; 63.4]	11.2, [6.4; 16.6]	< 0.001, ja	51.1, [48.7; 52.9]	57.8, [55.0; 61.2]	6.7, [3.7; 9.4]	< 0.001, ja
Tijd tot tPA in MSU [min]	87.3, [83.2; 90.5]	53.5, [52.2; 54.4]	-33.8, [-37.3; -29.6]	< 0.001, ja	76.8, [75.2; 78.9]	51.5, [50.1; 52.4]	-25.3, [-27.2; -22.8]	< 0.001, ja
Op tijd MT in MSU [%]	76.1, [74.7; 77.6]	85.8, [82.9; 88.9]	9.7, [7.4; 12.6]	< 0.001, ja	79.7, [78.3; 80.1]	85.3, [83.1; 88.4]	5.6, [3.3; 7.7]	< 0.001, ja
Tijd tot MT in MSU [min]	204.6, [195.0; 216.1]	201.4, [225.7; 210.9]	6.3, [-11.9; 21.9]	0.013, ja	209.8, [200.7; 221.4]	211.2, [198.4; 220.2]	1.4, [-16.2; 14.5]	0.172, nee

Tabel 24: Effectiviteit van MSU in best case scenario.

Gemeten grootheid	OVB zonder MSU	OVB met MSU	Verbetering MSU in OVB	P-waarde, significant	MT zone zonder MSU	MT zone met MSU	Verbetering MSU in MT zone	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	40.7, [38.7; 42.2]	41.1, [38.7; 42.8]	0.3, [-0.5; 1.5]	0.819, nee	46.8, [45.1; 49.0]	47.1, [45.5; 49.1]	0.2, [-1.1; 1.8]	0.819, nee
Tijd tot tPA [min]	89.9, [85.4; 94.1]	89.3, [85.0; 93.4]	-0.5, [-3.5; 4.0]	0.978, nee	86.2, [84.1; 88.0]	84.6, [82.9; 86.7]	-1.6, [-5.1; 1.3]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	72.7, [70.6; 74.4]	72.8, [70.5; 74.6]	0.1, [-1.3; 1.3]	0.819, nee	78.6, [76.9; 80.4]	78.7, [76.6; 80.3]	0.1, [-1.3; 0.8]	0.560, nee
Tijd tot MT [min]	215.6, [205.55; 226.2]	217.4, [203.6; 230.3]	1.7, [-13.7; 17.3]	0.819, nee	230.2, [214.6; 244.1]	232.6, [218.2; 248.8]	2.4, [-18.0; 21.7]	0.329, nee
MSU acties (per jaar)	0	142, [135; 149]	142, [135; 149]	< 0.001, ja	0	145, [137; 155]	145, [137; 155]	< 0.001, ja
MSU bezet [%]	0	3.6, [3.2; 3.9]	3.6, [3.2; 3.9]	< 0.001, ja	0	3.7, [3.6; 4.0]	3.7, [3.6; 4.0]	< 0.001, ja
IHT [%]	33.2, [32.3; 33.9]	33.1, [31.9; 34.5]	0.0, [-0.7; 0.6]	0.978, nee	17.7, [16.3; 18.6]	17.7, [16.9; 18.5]	0.0, [-0.9; 1.2]	0.172, nee
Op tijd tPA in MSU [%]	40.7, [38.7; 42.2]	63.5, [45.0; 73.8]	22.8, [5.5; 33.3]	< 0.001, ja	46.8, [45.1; 49.0]	61.5, [49.2; 75.3]	14.6, [3.8; 29.3]	< 0.001, ja
Tijd tot tPA in MSU [min]	89.9, [85.4; 94.1]	44.0, [41.2; 47.1]	-45.9, [-51.9; -39.8]	< 0.001, ja	86.2, [84.1; 88.0]	44.1, [41.7; 46.0]	-42.1, [-45.2; -39.0]	< 0.001, ja
Op tijd MT in MSU [%]	72.7, [70.6; 74.4]	86.0, [73.5; 94.9]	13.3, [0.0; 21.4]	< 0.001, ja	78.6, [76.9; 80.4]	85.7, [79.4; 92.1]	7.1, [0.2; 13.8]	< 0.001, ja
Tijd tot MT in MSU [min]	215.6, [205.55; 226.2]	201.1, [154.6; 250.4]	-14.6, [-66.5; 44.9]	0.001, ja	230.2, [214.6; 244.1]	200.3, [155.3; 240.4]	-30.0, [-68.5; 4.3]	< 0.001, ja

Tabel 25: Effectiviteit van MSU in worst case scenario.

Gemeten grootheid	OVB zonder MSU	OVB met MSU	Verbetering MSU in OVB	P-waarde, significant	MT zone zonder MSU	MT zone met MSU	Verbetering MSU in MT zone	P-waarde, significant
Op tijd tPA [%]	43.8, [42.0; 46.5]	46.4, [44.1; 48.6]	2.7, [1.6; 5.0]	< 0.001, ja	49.3, [46.5; 55.0]	50.8, [48.6; 53.0]	1.4, [-5.9; 3.6]	0.001, ja
Tijd tot tPA [min]	89.2, [87.3; 93.0]	80.9, [76.7; 84.7]	-8.2, [-12.9; -3.6]	< 0.001, ja	81.4, [65.6; 84.8]	75.0, [70.5; 77.6]	-6.4, [-11.2; 9.7]	< 0.001, ja
Op tijd MT [%]	74.6, [72.4; 76.2]	76.4, [74.1; 77.6]	1.8, [0.3; 3.3]	< 0.001, ja	79.4, [77.; 82.2]	80.5, [78.9; 82.0]	1.1, [-2.4; 2.3]	0.013, ja
Tijd tot MT [min]	213.0, [203.0; 223.5]	214.4, [205.5; 225.2]	1.5, [-11.2; 11.1]	0.819, nee	221.7, [209.3; 231.8]	220.8, [214.8; 233.3]	-0.8, [-13.1; 11.1]	0.329, nee
MSU acties (per jaar)	0	523, [510; 537]	523, [510; 537]	< 0.001, ja	0	636, [611; 649]	636, [611; 649]	< 0.001, ja
MSU bezet [%]	0	8.2, [8.0; 8.4]	8.2, [8.0; 8.4]	< 0.001, ja	0	9.6, [9.3; 9.8]	9.6, [9.3; 9.8]	< 0.001, ja
IHT [%]	33.4, [31.9; 34.6]	26.6, [25.9; 28.0]	-6.8, [-8.1; -5.7]	< 0.001, ja	17.6, [11.3; 19.1]	14.4, [13.4; 15.2]	-3.2, [-5.0; 3.7]	< 0.001, ja
Op tijd tPA in MSU %	43.8, [42.0; 46.5]	57.9, [53.8; 61.9]	14.1, [10.2; 18.2]	< 0.001, ja	49.3, [46.5; 55.0]	57.1, [53.5; 60.6]	7.8, [0.0; 11.6]	< 0.001, ja
Tijd tot tPA in MSU [min]	89.2, [87.3; 93.0]	53.7, [50.3; 56.1]	-35.5, [-38.2; -31.8]	< 0.001, ja	81.4, [65.6; 84.8]	51.7, [50.4; 53.4]	-29.7, [-33.2; -13.8]	< 0.001, ja
Op tijd MT in MSU [%]	74.6, [72.4; 76.2]	85.2, [81.3; 88.9]	10.6, [6.9; 13.5]	< 0.001, ja	79.4, [77.4; 82.3]	85.1, [82.8; 88.0]	5.8, [1.4; 9.1]	< 0.001, ja
Tijd tot MT in MSU [min]	213.0, [203.0; 223.5]	210.5, [195.2; 223.0]	-2.4, [-20.2; 14.7]	0.560, nee	221.7, [209.3; 231.8]	214.3, [198.2; 230.3]	-7.4, [-27.5; 7.3]	0.082, nee

Tabel 26: Effectiviteit van MSU in average case scenario.

Referenties

- [1] "J. Redon et al Stroke mortality and trends from 1990 to 2006 in 39 countries from Europe and Central Asia: implications for control of high blood pressure" *European Heart Journal* 2011 Vol.32, pp.1424-1431
- [2] "CVA (Cerebrovasculair accident) | Mariaziekenhuis Noord-Limburg,"14-11-2017 [Brochure]. URL:
http://www.mariaziekenhuis.be/sites/default/files/brochures/cva:_0.pdf. [Geopend 01-11-2019]
- [3] "K. Lee et al., Effects of Alteplase for Acute Stroke on the Distribution of Functional Outcomes: A Pooled Analysis of 9 Trials" *Stroke* 2016, Vol.47(9), pp.2373-2379
- [4] "JL Saver et al., Time to Treatment With Endovascular Thrombectomy and Outcomes From Ischemic Stroke: A Meta-analysis" *JAMA* 2016, Vol.316(12), pp.1279-1288
- [5] "S. Walter et al., Mobile Stroke Unit zur prhospitalen Schlaganfalltherapie". *Der Radiologe*, 2016, Vol.56(1), pp.28-31
- [6] "M. Jahangirian et al., Simulation in health-care: lessons from other sectors" *Operational Research* 2012, Vol.12(1), pp.45-55
- [7] "Medline plus | Medical Encyclopedia | Stroke,"02-10-2019 [Online]. URL:
<https://medlineplus.gov/ency/article/000726.htm>. [Geopend 28-10-2019]
- [8] "D. Pickham et al., Prognostic Value of BEFAST vs. FAST to Identify Stroke in a Prehospital Setting" *Prehospital Emergency Care* 2018, Vol.23(2), pp195-200
- [9] "World Health Organisation | The top 10 causes of death,"26-07-2019 [Online]. URL:
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. [Geopend 04-11-2019]
- [10] "Vlaamse Overheid | Bouw en implementatie van een mobiele beroerte-behandelingseenheid,"2016 [Online]. URL:
www.innovatieveoverheidsopdrachten.be/projecten/bouw-en-implementatie-van-een-mobiele-beroerte-behandelingseenheid. [Geopend 03-11-2019]
- [11] "Beroerte(CVA) | UZ Leuven,"26-07-2019 [Online]. URL:
<https://www.uzleuven.be/cva>. [Geopend 01-11-2019]
- [12] "H. Perry and E. Rocell, Conference Report on Stroke Mortality in the Southeastern United States" *Hypertension* 1998 Vol.31, pp.1206-1215

- [13] "K. Shavani, Risk factor assessment of stroke and its awareness among stroke survivors: A prospective study" *Advanced Biomedical Research* 2015 Vol4 pp.187.
- [14] "C. Lecoffre et al, National Trends in Patients Hospitalized for Stroke and Stroke Mortality in France, 2008 to 2014." *Stroke* 2017, Vol.48(11), pp.2939-2945
- [15] "Beroerte | az Sint-Jan,"07-03-2018 [Online]. URL:
<https://www.azsintjan.be/nl/ziekten/beroerte/beroerte>. [Geopend 01-11-2019]
- [16] "Transiënt ischemische attack (TIA) | Gezondheidswetenschap,"28-11-2014 [Online]. URL:
<https://www.gezondheidswetenschap.be/richtlijnen/transient-ischemisch-attack-tia>. [Geopend 01-11-2019]
- [17] "J. Saver, Time Is BrainQuantified." *Stroke* 2006, Vol.37(1), pp.263-266
- [18] "Beroerte(CVA) | Neurovasculair Referentiecentrum Antwerpen,"14-08-2019 [Online]. URL:
<https://www.uza.be/behandeling/beroerte-cva>. [Geopend 01-11-2019]
- [19] "Mayoclinic | stroke,"05-09-2019 [Online]. URL:
<https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/stroke/diagnosis-treatment/drc-20350119>. [Geopend 04-11-2019]
- [20] "Specifications Manual for Joint Commission National Quality Measures,"07-01-2018 [Online]. URL:
<https://manual.jointcommission.org/releases/TJC2018A/DataElem0569.html>. [Geopend 04-11-2019]
- [21] "D. Lanneau, Preliminary Study on Centralization of Stroke Care in the Eastern Flemish Brabant Hospital Network." [Thesis] *KU Leuven. Faculteit Ingenieurswetenschappen* 2019
- [22] "Federale overheidsdienst | PIT,"04-05-2016 [Online]. URL:
<https://www.health.belgium.be/nl/pit-paramedical-intervention-team>. [Geopend 02-11-2019]
- [23] "Ebinger M, Kunz A, Wendt M et al., Effects of golden hour thrombolysis: a prehospital acute neurological treatment and optimization of medical care in stroke (PHANTOM-S) substudy". *JAMA Neurol* 2015, Vol.72, pp25-30.
- [24] "C. Balucani, S. Levine, The almost magical mobile stroke unit revolution". *Neurology* 2012, Vol.78, pp1809-1810.
- [25] "V. Calderon et al, Review of the Mobile Stroke Unit Experience Worldwide". *Intervent Neurol* 2018, Vol.7, pp347-358.

- [26] "R. Bowry et al., Time to Decision and Treatment With tPA (Tissue-Type Plasminogen Activator) Using Telemedicine Versus an Onboard Neurologist on a Mobile Stroke Unit". *Stroke* 2018, Vol.49, pp1528-1530.
- [27] "Ed Yong, Race against time". *Nature* 2014, Vol.5, pp510.
- [28] "M. Kettner et al., Mobile Stroke Unit (MSU) Schlaganfall-Versorgungskonzept im Wandel der Zeit". *Der Radiologe*, 2019, Vol.59(7), p.622(5)
- [29] "Vlaams Onderzoekspitaal | Acute opvang en beeldvorming van patiënten met een ischische beroerte,"2016 [Online]. URL:
<https://researchportal.be/nl/project/acute-opvang-en-beeldvorming-van-patienten-met-een-isch>
 [Geopend 04-11-2019]
- [30] "P. Patel et al., Bypassing Interhospital Transfers for Large Vessel Occlusions in the Era of Mobile Stroke Units". *Stroke* January 2018, Vol.49(1)
- [31] "E.Lin et al., Worlds First 24/7 Mobile stroke Unit: initial 6-Month experience at Mercy health in Toledo, Ohio". *Frontiers in Neurology* May 2018, Vol.9
- [32] "S. Walter et al., Diagnosis and treatment of patients with stroke in a mobile stroke unit versus in hospital: a randomised controlled trial". *Lancet Neurology* May 2012, Vol.11(5), pp.397-404
- [33] "M. Ebinger et al., PHANTOM-S: the prehospital acute neurological therapy and optimization of medical care in stroke patients study". *Int J Stroke* June 2012, Vol.7(4), pp348-353.
- [34] "S. Walter et al., Mobile Stroke Units - Cost-Effective or Just an Expensive Hype?" *Current Atherosclerosis Reports* 2018 Vol.20(10), pp. 1-6
- [35] "H. Shownkeen et al., Mobile Stroke Unit Improves Time to Treatment in Suburban Community" *Stroke* January 2018 Vol.49(1)
- [36] "J. Holodinsky et al., When Does Having a Mobile Stroke Unit Make Sense in a Metropolitan Area From a Patient Outcome Perspective?" *Stroke* January 2018 Vol.49(1)
- [37] "J. Rhudy et al., Geospatial Visualization of Mobile Stroke Unit Dispatches: A Method to Optimize Service Performance". *Stroke* 2018, Vol.49(1), pp348-353.
- [38] "A. De Luca et al., The use of Cincinnati prehospital stroke scale during telephone dispatch interview increases the accuracy in identifying stroke and transient ischemic attack symptoms" *BMC Health Services Research* 2013, Vol.13, pp513
- [39] "L. Sheikhi et al., Then and Now: Temporal Evolution of a Mobile Stroke Unit" *Stroke* January 2018 Vol.49(1)

- [40] "D. Gyrd-Hansen et al., Cost-effectiveness estimate of prehospital thrombolysis" *Neurology* 2015, Vol.84(11), pp.1090-1097
- [41] "D. Martin et al., Is Prehospital Treatment of Acute Stroke too Expensive? An Economic Evaluation Based on the First Trial" *Cerebrovascular diseases* 2014 Vol.38, pp. 457-463
- [42] "D. Cadilhac et al., In response to Mobile Stroke Units - Cost-Effective or Just an Expensive Hype?" *Current Atherosclerosis Reports* January 2019 Vol.21(2) pp.1-2
- [43] "S. Walter et al., Response to the Letter to the Editor by the Authors of: Mobile Stroke Units Cost-Effective or Just an Expensive Hype?" *Current Atherosclerosis Reports* January 2019 Vol.21(2) pp.1
- [44] "A. Southerland and E. Brandler, The cost-efficiency of mobile stroke units: Where the rubber meets the road" *Neurology* 2017 Vol.88(14) pp.1300-1301
- [45] "S. Oueida, Simulation Models for Enhancing the Health Care Systems" *FAIMA Business & Management Journal* 2016 Vol.4(4), pp.5-20
- [46] "E. Lazzara et al., Simulation in Healthcare: One size fits all?" *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 2011 Vol.55(1) pp.828-830
- [47] "S C. Brailsford et al., An analysis of the academic literature on simulation and modelling in health care." *Journal of Simulation* 2009, Vol.3(3), pp.130-140
- [48] "A. Chraibil et al., Using Discrete Event Simulation to evaluate Operating Theater Layout." *IFAC PapersOnLine* 2016, Vol.49(12), pp.95-98
- [49] "S. Soorapanth and T. Young, Assessing the value of modelling and simulation in health care: An example based on increasing access to stroke treatment" *Journal of the Operational Research Society* 2019, Vol.70(2), pp.226-236
- [50] "Matthew Jacob, Discrete Event Simulation" *Resonance* 2013, Vol.18(1), pp.78-86
- [51] "D. Brunner and T. Schriber, Inside discrete-event simulation software: how it works and why it matters" *2016 Winter Simulation Conference (WSC)* 2016, pp.221-235
- [52] "X. Zhang, Application of discrete event simulation in health care: a systematic review" *BMC health services research* 2018, Vol.18(1), pp.687
- [53] "E. Svirakova, Close the Loop! System Dynamics Modelling in Service Design" *Systems* 2018, Vol.6(4), pp.41
- [54] "A. Tako and S. Robinson, The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context" *Decision Support Systems* 2012, Vol.52(4), pp.802-815

- [55] "X. Zhang, Application of discrete event simulation in health care: a systematic review" *BMC health services research* 2018, Vol.18(1), pp.687
- [56] "CM Macal and MJ North, Tutorial on agent-based modelling and simulation" *Journal of Simulation* 2010, Vol.4, pp.151-162
- [57] "J. Chhatwal and T. He, Economic Evaluations with Agent-Based Modelling: An Introduction" *PharmacoEconomics* 2015, Vol.33, pp.423-433
- [58] "Medmodel | Product Summary," [Brochure]. URL: <https://www.promodel.com/pdf/MedModel%20Product%20Summary.pdf> [Geopend 10-11-2019]
- [59] "M. Khadem et al., Evaluating the Layout of the Emergency Department of a Public Hospital Using Computer Simulation Modeling: A Case Study" *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering* 2008, pp.1709-1713
- [60] "S. Salleh et al., Simulation Modelling in Healthcare: An Umbrella Review of Systematic Literature Reviews" *PharmacoEconomics* 2017, Vol.35, pp.937-949
- [61] "L. Wei et al., Extensible Discrete-Event Simulation framework in SimEvents" *Winter Simulation Conference (WSC)* 2016, pp.943-954
- [62] "S. Bayer et al., Facilitating stroke care planning through simulation modelling" *Health Informatics Journal* 2010, Vol.16(2) pp.129-143
- [63] "P. Chemweno et al., Optimising the complete care pathway for cerebrovascular accident patients" *Computers & Industrial Engineering* 2016, Vol.93, pp.236-251
- [64] "A. Mampaey en M. Taels, Revalidatie voor ouderen na een CVA: Een nieuw zorgtraject buiten het ziekenhuis" [Thesis] *KU Leuven. Faculteit Ingenieurswetenschappen* 2016
- [65] "G. Wannijn, Simulatie en evaluatie van vernieuwende zorgtrajecten voor CVA-patiënten" [Thesis] *KU Leuven. Faculteit Ingenieurswetenschappen* 2018
- [66] "B. Bogle et al., A Discrete Event Simulation for the Assessment of Emergency Medical Services Routing Policies for Large Vessel Occlusion Stroke: A Comparison Between Two US Counties" *Circulation* 2017, Vol.135(10)
- [67] "M. Lahr et al., Thrombolysis in Acute Ischemic Stroke: A Simulation Study to Improve Pre- and in-Hospital Delays in Community Hospitals" *PLoS ONE* 2013, Vol.8(11), p.e79049
- [68] "Statbel | Statistische sectoren," 2020 [Online]. URL: <https://statbel.fgov.be/nl/open-data/statistische-sectoren>. [Geopend 04-05-2020]
- [69] "Federale overheidsdienst | Volksgezondheid | Contact," 2020.

- [70] "Statbel | Bevolking per statistische sector,"2020 [Online]. URL:
<https://statbel.fgov.be/nl/open-data/bevolking-statistische-sector-6> . [Geopend 04-05-2020]
- [71] "Statbel | Bevolking naar woonplaats, nationaliteit, burgerlijke staat, leeftijd en geslacht,"2020 [Online]. URL:
<https://statbel.fgov.be/nl/open-data/bevolking-naar-woonplaats-nationaliteit-burgerlijke-staat>
 [Geopend 04-05-2020]
- [72] "J. Poppe et al., Numerical study of inventory management under various maintenance policies" *Reliability Engineering and System Safety* 2017, Vol.168, pp.262-273
- [73] "J. Demeestere, V. Thijs en R. Lemmens, De mobiele beroerte-eenheid in de behandeling van acute beroerte" *TNN Neurologie* 2018, Vol.119(1) pp13-20
- [74] TomTom | Traffic Index Leuven,"2020 [Online]. URL:
https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/leuven-traffic. [Geopend 12-05-2020]
- [75] Vlaams verkeerscentrum | Verkeersindicatoren,"2020 [Online]. URL:
<http://indicatoren.verkeerscentrum.be/vc.indicators.web.gui/indicator/index#/presentation-totaal>
 [Geopend 12-05-2020]
- [76] "Google Maps Platform | Geolocation API Usage and Billing"2020 [Online]. URL:
<https://developers.google.com/maps/documentation/geolocation/usage-and-billing>.
 [Geopend 12-05-2020]
- [77] "G. Ghillain, E. Struyf, C. Sys, E. Van de Voorde en T. Vanelslander, Congestiekost voor wegvervoer: ontwikkeling generiek model en toepassing voor Vlaanderen," *University of Antwerp, Faculty of Applied Economics* 2015
- [78] "M. Poulton, Comparison of London Ambulance Journey Times vs Google Map Distance Matrix API"2017 [Online]. URL:
https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/293395_343e6f0091d4432a9e5568348cbd2d9a.html.
 [Geopend 12-05-2020]
- [79] "M. Rehn et al., Emergency versus standard response: time efficacy of Londons Air Ambulance rapid response vehicle" *Emergency Medicine Journal* 2017, Vol.34(12), p.806
- [80] "J. Ho and B. Casey, Time Saved With Use of Emergency Warning Lights and Sirens During Response to Requests for Emergency Medical Aid in an Urban Environment" *Annals of Emergency Medicine* 1998, Vol.32(5), pp.585-588
- [81] "K. Petzäll et al., Time saved with high speed driving of ambulances" *Accident Analysis and Prevention* 2011, Vol.43(3), p.818-822

- [82] "P. Ramanujam et al., Accuracy of stroke recognition by emergency medical dispatchers and paramedics-San Diego experience" *Prehospital Emergency Care* 2008, Vol.12(3), pp.307-313
- [83] "S. Krebs, A. Ebinger et al., Development and Validation of a Dispatcher Identification Algorithm for Stroke Emergencies" *Stroke* 2012, Vol.43(3), pp.776-781
- [84] "R. Kowalski., Significant Reduction in Prehospital Evaluation and Door-to-Treatment Times With a Mobile Stroke Unit" *Stroke* 2019, Vol.50(1)
- [85] "R. Bowry et al., Time to Decision and Treatment With tPA (Tissue-Type Plasminogen Activator) Using Telemedicine Versus an Onboard Neurologist on a Mobile Stroke Unit" *Stroke* 2018 Vol.49 pp15281530
- [86] "A. Itrat et al., Telemedicine in Prehospital Stroke Evaluation and Thrombolysis" *JAMA neurology* 2016, Vol.73(2), pp.162-168
- [87] "E. Weber et al., Prehospital thrombolysis in acute stroke: Results of the PHANTOM-S pilot study" *Neurology* 2013, Vol.80(2), pp.163-168
- [88] "M. Ebinger et al., Effect of the Use of Ambulance-Based Thrombolysis on Time to Thrombolysis in Acute Ischemic Stroke A Randomized Clinical Trial" *The Journal of the American Medical Association* 2014, Vol.311(16), pp1622
- [89] "A. Meretoja et al., Stroke Thrombolysis: Save a Minute, Save a Day" *Stroke* 2014, Vol.45(4), pp.1053-1058
- [90] "A. Meretoja et al., Endovascular therapy for ischemic stroke Save a minutesave a week" *Neurology* 2017, Vol.88(22), pp.2123-2127