



RIVM

3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 030 274 2927
acutezorg@rivm.nl

Ons kenmerk
VPZ/2021-0004

Micromodellering acute zorg

Technische beschrijving van deelmodellen en data

Samenvatting

Het RIVM heeft in opdracht van de Nederlandse Zorgautoriteit (NZa) een micro-simulatiemodel ontwikkeld voor het gebruik van acute zorg. Het model omvat het aanbod en gebruik van Huisartsenposten (HAP's), Spoedeisende Hulpposten (SEH's) en ambulancezorg. Deze zorgaanbieders zijn in drie deelmodellen uitgewerkt waarin het zorggebruik in de tijd als 'patiëntenstromen' is gemodelleerd. Doel van de modelontwikkeling is om met de simulaties meer inzicht te krijgen in de gevoeligheid van "het acute zorg systeem" en in het vermogen om te zorgen voor tijdige behandeling van spoedklachten van patiënten. Ontwikkeling van het model is op moment van schrijven van deze notitie (eind 2020) nog niet gereed. Sommige delen van het model zijn minder ver uitgewerkt dan andere delen. De mate van detaillering is mede bepaald door de beschikbaarheid en mate van detail van de gegevens.

Deze notitie geeft een tussenverslag van de modellering en beschrijft het model zoals deze tot eind 2020 is ontwikkeld. Het voornemen is om het model in 2021 verder uit te werken tot een integraal model voor het gebruik van acute zorg. Met het integrale model kunnen simulaties worden uitgewerkt die meer genuanceerd inzicht kunnen geven in de dynamiek van het acute zorgsysteem. De simulaties die in deze notities zijn opgenomen zijn illustratief voor de gebruiksmogelijkheden van het model maar kunnen niet gezien worden als doorrekening van interventies of beleidsopties.

Modellering en gebruikte data

De structuur van het model is zodanig dat het patiëntenstromen in de praktijk van de acute zorg simuleert. De kenmerken van de

patiëntenstromen zijn bepaald aan de hand van analyses van data van de Zorgregistraties Eerste Lijn van het Nivel, data van spoedeisende hulpafdelingen van twee ziekenhuizen en data van een Regionale Ambulancevoorziening (RAV). Verschillende kenmerken van de patiëntenstromen zijn gekwantificeerd en als parameters in het model gebruikt. Voorbeelden van deze kenmerken zijn urgentieniveau, klacht en bestemming na behandeling. Uitkomsten van het model zijn onder andere de doorloop- en wachttijden. Deze uitkomsten zijn afhankelijk van verschillende aspecten van het acute zorgsysteem, zoals de beschikbaarheid van capaciteit en professionals. Met het model kunnen we de kans op een knelpunt inzichtelijk maken, zoals de kans op een opnamestop op de SEH, en kunnen we effecten van maatregelen om knelpunten op te lossen simuleren. Voor de HAP kijken we naar het aantal triages in de tijd, de triageduur van deze contacten. Ook kunnen we laten zien hoeveel visites, consulten en telefonische consulten voortkomen uit een telefonische contact en hoe dit varieert in de tijd. Voor de ambulancezorg simuleren we de ritduur van verschillende soorten inzetten en wat het effect op de ritduur is bij bijvoorbeeld een opnamestop van een SEH.

Simulatiemodel geeft inzicht in effecten

Met het model kijken we niet alleen naar de bezetting en capaciteit van zorg-professionals in de acute zorg, maar onderzoeken vooral wat de effecten zijn van een verandering in de samenstelling en/of omvang van de patiënten instroom of een verandering in uitstroommogelijkheden van patiënten. Door de verbanden tussen het type aanbod en de verschillende schakels in de acute zorg expliciet uit te drukken in doorstroomtijd maken we zichtbaar wat het effect is van een kleine verschuiving in zorg of aanbod op de wacht- en doorstroomtijden van patiënten.

Constructies van scenario's

Met het model zijn twee soorten simulaties geconstrueerd. Aan de basis ligt een simulatie van de huidige situatie. Deze simulatie noemen we de basis-situatie, of basis-simulatie. Vervolgens zijn alternatieve situaties gesimuleerd als variaties op de basis-situatie. Hierbij zijn bepaalde variabelen en/of parameters anders gekozen dan in de basis-simulatie. Dit zijn de zogenaamde 'knoppen' waaraan we kunnen draaien. Voorbeelden zijn het patroon waarmee patiënten binnen komen over de dag, de samenstelling van de populatie in urgentie, klacht en bestemming, aantallen patiënten en de capaciteit van zorgaanbieders. Ook kan het effect worden gesimuleerd van kortere doorlooptijden, bijvoorbeeld door andere diagnostiek en behandelingen. Het model laat het effect op wacht- en doorlooptijden zien, daarmee laten we zien hoe gevoelig het acute zorgsysteem is voor veranderingen en hoe de gevoeligheid afhangt van de kenmerken van het systeem.

Validatie van het model

Validatie van het model is op verschillende manieren gedaan. Voor het deelmodel van de SEH zijn parameters in een kalibratie-proces zo geschat dat uitkomsten van het simulatiemodel de data zo goed mogelijk benaderen. Daarnaast is de structuur van het model besproken met inhoudelijk deskundigen van de SEH. Hierbij is beoordeeld of de processen

op de SEH voldoende meegenomen waren in het model. Ook zijn inputs, parameters en outputs van het basis-model in samenhang beoordeeld. Het HAP-model en het ambulancezorg-model zijn minder gedetailleerd uitgewerkt en ook minder gedetailleerd gevalideerd. Validatie van die twee deelmodellen is nog werk-in-uitvoering. Bij de doorontwikkeling van het model in 2021 zal de validatie van deze twee deelmodellen verder worden gedaan.

Simulaties: illustratie van gebruiksmogelijkheden

Naast de basis-simulatie zijn, ter illustratie van de gebruiksmogelijkheden van het model, de volgende 'alternatieve' situaties gesimuleerd, vooralsnog alleen voor de SEH.

1. Vraag naar zorg spreiden over de dag: verlagen van de piekvraag

De vraag naar zorg, de instroom van patiënten, is ongelijk verdeeld over de dag maar verloopt wel via een vast en voorspelbaar patroon. HAP, SEH en ambulancezorg anticiperen hierop in hun aanbod en roostering van capaciteit. De instroom van patiënten zou beïnvloed kunnen worden door verwijzers, bijvoorbeeld door geplande visites meer te spreiden over de dag. In simulaties kan het effect op het systeem worden geanalyseerd als de piekdruk wordt gespreid over de dag.

2. Verandering in triage, diagnostiek en behandeling

Er is een ontwikkeling naar meer geïntegreerde samenwerking tussen HAP en SEH met meer gezamenlijke triage en een andere verdeling van patiënten voor diagnostiek en behandeling. De analyses in de Monitor Acute Zorg van de NZa geeft verschillende cijfers hierover. Bepaalde patiëntenstromen verschuiven van SEH naar HAP: relatief jonge patiënten met (niet-levensbedreigend) letsel worden nu vaker geholpen op de HAP. Bij de HAP worden meer hulpvragen telefonisch afgehandeld en worden er minder visites gereden. Met simulaties kan nagegaan worden wat het effect is op de doorstroom in de SEH van de verschuiving van patiëntenstromen met lichtere klachten (letsel en lage urgentie) naar de HAP.

3. Specialisatie SEH's

Op dit moment zien we verschil in gemiddelde urgentie tussen SEHs, omdat de ambulance met sommige patiëntengroepen met levensbedreigende aandoeningen, zoals acuut hartfalen, CVA en multi-trauma, direct naar een gespecialiseerde SEH rijdt. Met simulaties kunnen we inzichtelijk maken wat het effect op SEH-stops is van andere aantallen patiënten met levensbedreigend letsel of lagere aantallen patiënten met niet-urgente klachten. De gevolgen van andere aantallen patiënten kunnen divers zijn. Omdat de meest urgente patiënten in het algemeen voorrang krijgen boven niet-urgente patiënten, worden de wachttijden voor de laatsten langer als er meer patiënten met fractie levensbedreigende klachten worden behandeld. Meer specialisatie tussen SEH's kan dan leiden tot langere wachttijden voor sommige patiënten en een hogere bezettingsgraad van de SEH. Een afname

van niet-urgente klachten heeft naar verwachting minder invloed op de benodigde capaciteit dan een afname in urgente klachten, omdat niet-urgente klachten pas worden behandeld op een rustig moment.

4. Instream beperken

Behalve door patiëntenstromen te verschuiven, is het in sommige gevallen ook mogelijk om groepen patiënten buiten de acute zorg te houden. We zien relatief grote verschillen tussen regio's in het aantal SEH bezoeken. We kunnen onderzoeken wat het betekent voor doorlooptijden en benodigde capaciteit als de toestroom structureel lager wordt. We kunnen ook naar specifieke patiëntengroepen kijken. Bijvoorbeeld naar preventieprogramma's in de eerste lijn voor patiënten met COPD (ketenzorg). Wanneer het aantal SEH bezoeken van COPD patiënten met ¼ daalt door betere (ondersteunde) zelfzorg, dan neemt het aantal patiënten op de SEH met kortademigheidsklachten met een bepaald percentage af. In de simulaties kunnen we inzichtelijk maken wat het effect op de wachttijden en de benodigde bedden/staf op de SEH is als de instroom structureel met 10 procent wordt verlaagd.

1. Inleiding en vraagstelling

Het RIVM heeft in opdracht van de NZa een simulatiemodel voor de acute zorg ontwikkeld. Het model is beperkt tot het gebruik van huisartsenposten (HAP), spoedeisend hulpafdelingen van ziekenhuizen (SEH) en ambulancezorg. Het model simuleert patiëntenstromen door het acute zorgsysteem. Met het model is het mogelijk om doorstroomtijden en interacties tussen zorgaanbieders in de acute zorg te bestuderen. Ook kan de respons van het acute zorgsysteem worden geanalyseerd bij veranderingen in aantallen patiënten en aard van de klachten. Doorstroomtijden en wachttijden hangen af van kenmerken van het systeem, zoals beschikbaarheid en capaciteit van professionals en bedden en omvang en kenmerken van patiëntenstromen. Patiëntenstromen kunnen variëren over bijvoorbeeld tijdstip van de dag, dag van de week, ernst en urgentie van de klacht. Het simulatiemodel kan laten zien hoe het acute zorg systeem reageert als bepaalde kenmerken van het systeem veranderen ('what-if'-situaties).

Doel van het micromodel

Doel is om meer inzicht te krijgen in de gevoeligheid van "het acute zorgsysteem" in het vermogen om te zorgen voor tijdige behandeling van spoedklachten van patiënten. Er wordt beoogd inzicht te krijgen in de wachttijden, behandel tijden en knelpunten in de zorgverlening in de huidige en alternatieve situaties.

Mogelijke vragen waar het model voor ontworpen wordt, zijn onder andere:

1. Wat zijn de effecten van de demografische en trendmatige veranderingen in ziektelast van de Nederlandse bevolking en de vraag naar acute zorg voor de patiëntenstromen in de acute zorg in aantallen patiënten, zorggebruik (patiëntengroepen) en zorgzwaarte?
2. Is de capaciteit van alle zorgvormen (SEH, HAP, ambulancezorg) toereikend bij ongewijzigd beleid?
3. Zijn er beleidsmaatregelen nodig om de toegankelijkheid van de acute zorg te waarborgen en welke hebben het meeste effect om problemen in de toegankelijkheid te voorkomen?

Concrete voorbeelden van vragen die met het model doorgerekend zouden kunnen worden zijn:

- Wat is de mogelijke toekomstige ontwikkeling van drukte (doorstroomtijd, piekmomenten in aantallen patiënten) op een HAP of SEH bij ongewijzigd beleid, of bij bepaalde groeipatronen in de patiëntenstromen?
- Hoe hangt dit aantal samen met het toekomstig aantal ouderen dat een beroep zal doen op de acute zorg? Verandert de samenstelling van patiëntenstromen, wat is het effect op doorlooptijd?
- Hoe speelt de doorstroming op de SEH en de drukte op de HAP en de responstijden in de ambulancezorg een rol hierin?
- Hoe speelt het tekort aan (verpleegkundig) personeel een rol in de doorstroming in de acute zorg?
- Wat is het effect van een toename van zorgzwaarte (door bijvoorbeeld veroudering van de patiëntenpopulatie) op de doorstroming en op de behandelduur?
- Hoe speelt de samenwerking tussen HAP en SEH een rol in de doorstroming in de acute zorg, kan een vergelijking worden gemaakt tussen wel/niet geïntegreerde HAP/SEH?
- Kan een alternatieve manier van triage de doorstroming beïnvloeden en hoe groot is een mogelijk effect?
- Wat is de rol van een toename van burger-hulpverlening in de acute zorg, kan dit leiden tot andere omvang van acute zorggebruik bij HAP en SEH?

Het model dat we ontwikkelen is bedoeld als *generiek* model dat gebruikt kan worden voor specifieke uitwerking voor een regio. Bij het uitwerken van het model voor een regio worden (bepaalde) parameters van het model aangepast aan de regio-specifieke omstandigheden. Regio's kunnen verschillen in omvang van de populatie en de daarmee samenhangende groottes van patiëntenstromen, het aantal professionals (zoals artsen, verpleegkundigen, triagisten) en het aantal SEH en HAP-locaties. Ook kan de modelstructuur worden aangepast, bijvoorbeeld voor het simuleren van een geïntegreerde spoedpost of juist voor aparte SEH- en HAP-locaties. Bepaalde parameters zijn generiek, zoals frequentieverdelingen van het aantal patiënten per uur, per dag of de benodigde tijd voor triage of voor consult of diagnose en behandeling. Die parameters zijn universeel te gebruiken voor alle regio's.

Deze notitie

Deze notitie geeft een beschrijving van het generieke model en geeft verslag van de data-analyses die zijn gedaan voor het schatten van modelparameters. In hoofdstuk 2 bespreken we de modelstructuur in grote lijnen aan de hand van blokschema's van patiëntenstromen. Ook bespreken we in grote lijnen het schema en enkele aannames van het simulatiemodel. Hoofdstuk 3 geeft verslag van de analyses van de gegevens die zijn gebruikt voor het model. Ook worden de meest belangrijke parameters van het simulatiemodel besproken. In hoofdstuk 4 worden enkele simulaties uitgewerkt. Belangrijkste thema van deze simulaties is hoe het systeem reageert op veranderingen in omvang en aard van de patiënten aantallen.

2. Modelstructuur

Het model is modulair opgebouwd voor drie aanbieders van acute zorg: HAP, SEH en ambulancezorg. Elk deelmodel beschrijft de specifieke patiëntenstromen voor betreffende zorgverlener. De modellen kunnen met elkaar verbonden worden middels doorverwijzingen en/of bezorgingen van patiënten van het ene deelsysteem naar het andere. Alternatieve (geïntegreerde) organisatievormen, zoals een geïntegreerde HAP/SEH, kunnen ook gemodelleerd worden door samenvoegen en aanpassen van deelmodellen. Het simulatiemodel is een benadering van de werkelijkheid en is gesimplificeerd. Niet alle processen en aspecten kunnen in alle detail worden gesimuleerd. Er worden een aantal aannames gedaan, zie paragraaf 2.1. De deelmodellen voor de HAP, SEH en ambulancezorg worden in de paragrafen 2.2 – 2.4 besproken.

Het modelleren gaat uit van een globaal schema van het acute zorgsysteem (figuur 1). Dit model wordt per aanbieder nader uitgewerkt (figuren 2, 4 en 6). Het simulatiemodel heeft eigen, meer gedetailleerde, schema's van de patiëntenstromen (figuren 3, 5 en 7). Voordat we de schema's bespreken lichten we de modelleertechniek van *Systeem Dynamisch* modelleren toe.

Modelleringstechniek

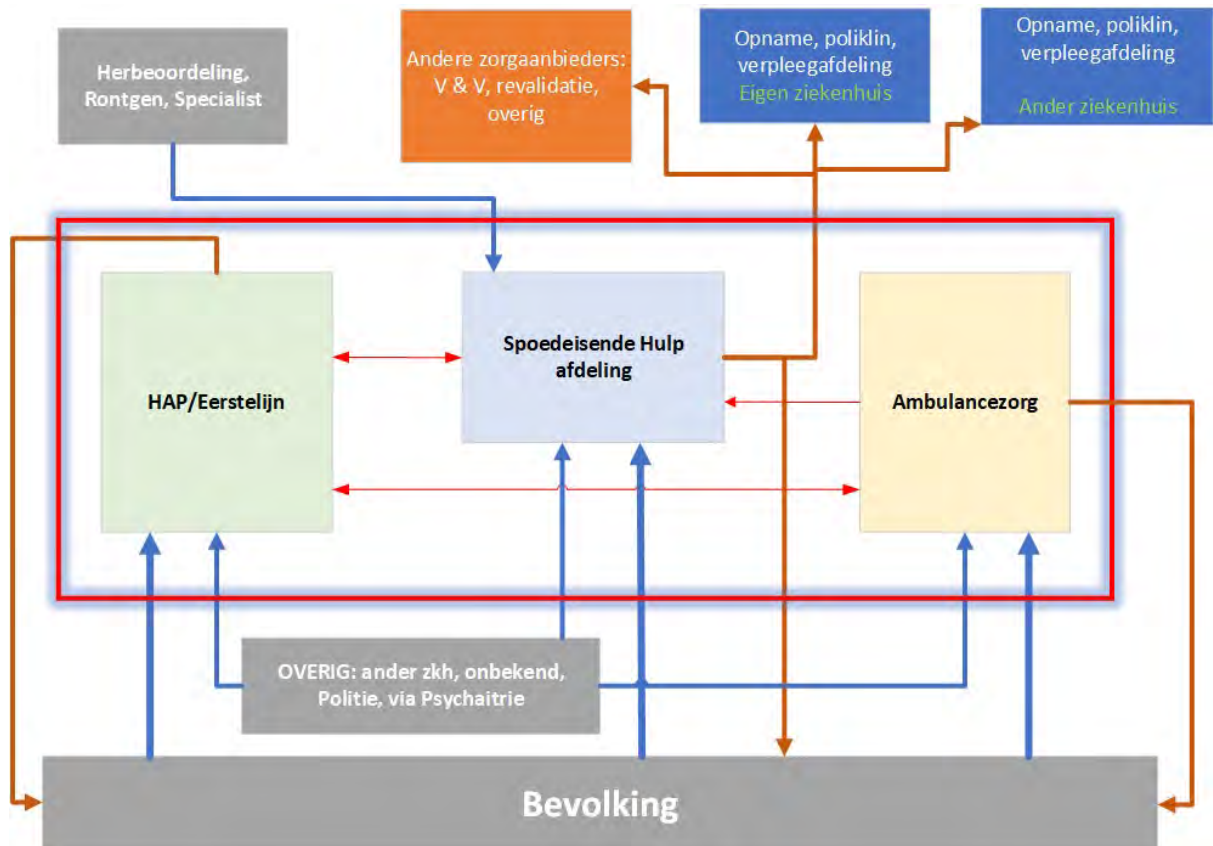
Het simulatiemodel is een zogenaamd *Systeem-Dynamisch* (SD) model. Een SD model beschrijft voorraden en stromen van de ene voorraad naar de andere. De stromen bepalen de aantallen in de voorraad en worden beschreven met differentiaal- of differentievergelijkingen. In het simulatiemodel zijn de voorraden aantallen patiënten in verschillende stadia van behandeling in het systeem van ambulancezorg, HAP of SEH. Dat betekent dat het model de zorgverlening/-aanbieder ziet als een verzameling (virtuele) wacht- en behandelkamers, waar patiënten in- en uitstromen. De aantallen mensen in een kamer en de snelheid waarmee ze van de ene naar de andere kamer gaan wordt per tijdstap berekend. Het model simuleert patiëntenstromen, dus individuele patiënten worden in dit type model niet gevolgd. Dat heeft onder andere tot gevolg dat er een niet geheel aantal patiënten in een wachtkamer kan zitten. De

stroomsnelheden hangen af van hoeveel mensen zich in een bepaalde wacht- of behandelkamer bevinden en van variabelen zoals de hoeveelheid bedden, staf, behandeltime van een klacht, enz. De drijvende kracht van het model is de instroom van patiënten. Op sommige momenten van de dag komen er meer patiënten binnen en patiënten hebben verschillende type klachten, die meer of minder urgent kunnen zijn. Daarnaast speelt ook de uitstroom een rol. Patiënten die verder in een ziekenhuis of andere instelling verzorgd moeten worden, moeten wachten tot daar plaats voor hun is.

De deelmodellen zijn ontwikkeld met behulp van de simulatie software, *VENSIM*. In *VENSIM* worden modellen gerepresenteerd met een processchema (zie figuren 3, 5 en 7). Dat schema wordt elke keer getoond als een deelmodel besproken wordt. De blokken in het desbetreffende schema symboliseren wachtrijen/kamers en de dikke pijlen geven de patiëntenstroom van de ene naar de andere wachtrij weer. De dikke pijlen geven niet altijd één stroom patiënten weer, maar zijn vaak onderverdeeld naar kenmerken, zoals urgentie en bestemming. De blauwe pijlen geven aan van welke andere variabelen een bepaalde variabele afhangt. Hun waarde wordt berekend uit de waarde van de variabelen die naar hen wijzen. De wolken zijn een soort reservoir buiten de systeemgrenzen van het model. Daar komen nieuwe patiënten vandaan en de behandelde verdwijnen erin.

Globaal blokschema

Figuur 1 geeft een globaal blokschema van de patiëntenstromen in de acute zorg. Het schema laat de grote lijnen van de in- en uitstromen van de acute zorg zien. Drijvende kracht achter de instroom is de bevolking. Dit zijn zelfverwijzers (HAP, SEH) of personen die zich via telefoon melden met een zorgvraag, via 112 (ambulancezorg) of een andere telefoonnummer (HAP). Daarnaast is er een overige instroom die bestaat uit verwijzingen via andere zorgaanbieders of hulpverleners (politie, brandweer). Ook is er op de SEH een instroom vanuit het ziekenhuis zelf, in dit schema aangeduid als herbeoordeling. Gezien vanuit het acute zorgsysteem zijn dat exogene patiëntenstromen. Een instroom kan fysiek of telefonisch zijn, dit schema maakt daar een onderscheid naar. Tussen de HAP, SEH en ambulancezorg zijn verschillende patiëntenstromen: ambulances bezorgen patiënten op de SEH en soms ook op de HAP, een HAP kan een ambulance aanvragen of een patiënt doorverwijzen naar de SEH en een SEH kan een patiënt doorverwijzen naar een HAP. Uitstroom uit het acute zorgsysteem kan naar verschillende bestemmingen: er is een uitstroom terug naar de bevolking, deze mensen gaan weer naar huis, al of niet met ondersteuning thuis, en er zijn uitstromen naar andere zorgaanbieders of bestemming in een ziekenhuis zoals een klinische opname of poliklinische behandeling, al of niet in een ander ziekenhuis. Dit stroomschema houdt nog geen rekening met tijdsintervallen en tijdsduren van processen in de acute zorg. De snelheid waarmee een patiënt door het schema gaat is afhankelijk van verschillende processen en kenmerken (parameters) van deze processen. De dubbele pijlen geven weer dat patiënten van het ene deelsysteem naar het andere deelsysteem kunnen gaan.



Figuur 1: Globaal blokschema van patiëntenstromen in de acute zorg; het acute zorgsysteem is in dit onderzoek het deel binnen het rood-blauwe kader.

2.1 Randvoorwaarden en aannames

Bij het construeren van het model houden we in gedachte dat het model een benadering is van de werkelijkheid en dat we daarom niet alle processen en niet alle processen in alle detail modelleren. Voor deze benadering doen we een aantal aannames en we formuleren enkele randvoorwaarden over de kaders van het model. De aannames en randvoorwaarden gaan zowel over variabelen in het stroommodel (patiënten, zorgprofessionals) als ook over de (wachtijden voor) zorgverlening, en de herkomst voor en bestemming na zorgverlening. Een aantal aannames worden pragmatisch gedaan op basis van de beschikbare gegevens. Voor de drie deelsectoren HAP, SEH en ambulancezorg is gebruik gemaakt van drie aparte datasets. Deze verschilden in de mate van detail. Zo was voor de HAP en ambulancezorg geen informatie beschikbaar over de aard van de klacht van de patiënt¹, voor de SEH was deze informatie er wel.

¹ Aard van de klacht wordt in de Nivel Zorgregistraties Eerstelijns wel geregistreerd maar was in het databestand voor dit onderzoek niet opgevraagd.

De volgende globale aannames en randvoorwaarden zijn gedaan.

- Een persoon komt het zorgsysteem binnen met een nog onbekende urgentie en aard van een klacht. Zelf heeft de persoon een duidelijke dringende of acute zorgvraag. Deze wordt pas geobjectiveerd na triage in het acute zorgsysteem. Triage kan telefonisch, digitaal of fysiek worden gegeven. Bij fysieke triage is de patiënt binnengekomen op de HAP, zonder telefonisch contact vooraf. Urgentie en aard van de klacht zijn bekend na triage.
- Elk deelmodel, die van ambulancezorg, HAP en SEH, hanteert een urgentie van de patiënt. De urgentieklassen verschillen, er worden conversies gehanteerd om urgenties in de deelmodellen te kunnen koppelen.
- Van de ambulancezorg en HAP is in het geleverde databestand geen detailinformatie over de aard van de klacht, die wordt daar dan ook niet meegenomen. Van de SEH is dit wel het geval. Uit de analyses van de data blijkt dat de behandeltijd op de SEH sterk afhankelijk is van de soort klacht.
- Leeftijd en geslacht van de patiënt wordt niet onderscheiden. Ofschoon het bekend is dat acute zorgverlening voor kinderen en voor ouderen heel erg kan verschillen, zowel in klacht als in diagnostiek en behandeling, maken we in dit model geen onderscheid naar leeftijd. Deze modelversie is een eerste versie en het meenemen van leeftijd en geslacht had geen prioriteit in de ontwikkeling. Het meenemen van leeftijdsklassen zou betekenen dat het aantal te schatten parameters erg groot wordt. Daarnaast hadden niet alle datasets informatie over leeftijd en geslacht van de patiënt.
- Patiënten worden niet individueel gesimuleerd, maar als patiëntenstromen. Dat betekent dat we aantallen patiënten per tijdseenheid berekenen.

Bij de uitwerking van de deelmodellen komen nog een aantal meer specifieke aannames en randvoorwaarden aan de orde, die worden in de volgende paragrafen besproken.

2.2 Deelmodel HAP

Voor de modellering van de HAP zijn nog de volgende aannames gedaan:

- Het proces op de HAP begint met de telefonische of fysieke triage². De triagist bepaalt de urgentie van de patiënt en welk soort consult de patiënt krijgt: telefonisch, fysiek op de HAP of fysiek middels een visite. Ook kan de triagist bepalen dat er geen consult nodig is of dat een ambulance opgeroepen wordt.

² Er is ook een mogelijkheid voor digitale triage, via video op een beeldscherm. Die mogelijkheid heeft (operationeel) veel overeenkomsten met telefonische triage, vanwege ontbrekende informatie is digitale triage in dit model niet uitgewerkt. Fysieke triage komt relatief weinig voor omdat het bij een zorgvraag gewenst is per telefoon of website contact met de HAP op te nemen. De mogelijkheid voor fysieke triage is voor de volledigheid wel in het model meegenomen.

- Telefonische triage is een wachtrij, uitstroom uit die wachtrij bepaalt mede de werkdruk op de HAP (consulten, visites). Doorstroming hangt af van aantal triagisten en de triagetijd.
- Het verzorgen van consulten en visite is ook als wachtrij gemodelleerd. Doorstroming daar hangt af van aantal beschikbare huisartsen en de behandelijd voor consult of visite. Huisartsen worden verdeeld over de verschillende taken (visites, telefonisch consult, behandeling op de HAP), waardoor het aantal patiënten dat visite krijgt invloed heeft op de doorstroming op de HAP.
- Uitstroom uit HAP kan zijn een doorverwijzing naar de eigen huisarts overdag, naar een SEH of naar een andere zorgaanbieder, zoals de GGZ, of naar huis.

Figuur 2 geeft een uitgewerkt blokschema van het deelmodel HAP. De verschillende afhankelijkheden van bepaalde variabelen en parameters zijn verder uitgewerkt in het simulatiemodel, figuur 3 geeft hiervan een schema. Het simulatiemodel maakt gebruik van een groot aantal parameters en variabelen welke zijn bepaald aan de hand van analyses van gegevens van het gebruik van de HAP. De analyses en parameterschattingen worden besproken in hoofdstuk 3.

Instroom, triage en bestemming na triage

Het aantal patiënten dat een telefonische of fysieke triage krijgt wordt gesimuleerd met Poisson³ processen. De parameters van deze processen zijn geschat aan de hand van data. Het model simuleert een telefonische wachtkamer waar personen wachten op triage. De triage duurt enige tijd, in geval van een complexe zorgvraag kan de triage geruime tijd duren. De snelheid waarmee de wachtkamer vol- of leegstroomt hangt onder meer af van de triageduur en het aantal beschikbare triagisten. De triagist bepaalt aan de hand van een vast protocol, gelinkt aan ingangsklachten van patiënt, de prioriteit (urgentie) waarmee de klacht in behandeling moet worden genomen. Na triage stromen de personen door naar een volgende bestemming. Hiervoor onderscheidt het model de volgende mogelijkheden:

- De persoon wordt doorverwezen voor een consult bij eigen huisarts, de HAP geeft geen verdere zorgverlening/consult;
- Een ambulance wordt opgeroepen omdat de persoon een levensbedreigende klacht heeft, of levensbedreiging kan niet worden uitgesloten;
- De persoon wordt gevraagd naar de HAP te komen voor fysieke consult;
- De persoon wordt teruggebeld en krijgt een telefonisch consult van een huisarts van de HAP;
- De persoon krijgt een visite-consult van een huisarts van de HAP.

³ Een Poisson proces wordt in simulatiemodellen veel gebruikt voor het modelleren van tijdsafhankelijke gebeurtenissen. Dit proces telt een aantal gebeurtenissen in de tijd. De gebeurtenissen kunnen van velerlei aard zijn: de aankomst van klanten bij een bank, of bij een zorgverlener, het optreden van ernstige aardbevingen of de aankomst van telefoongesprekken bij een telefooncentrale. Zie bijvoorbeeld *Operationele analyse – een inleiding in modellen en methoden*, H. Tijms, Epsilon Uitgaven, Utrecht 2004.

De verdelingen van het aantal patiënten naar een volgende bestemming is gebaseerd op analyses van data, net als de toewijzing van urgentiecode (u0,...u5).

Wachtlijsten voor consulten

Net zoals het aantal triagisten is het aantal artsen beperkt. Dat betekent onder andere dat het aantal patiënten dat per uur behandeld kan worden begrensd is. In het model komen patiënten na hun triage in een wachtkamer voor consult, hetzij fysiek, telefonisch of visite-consult. De duur van de wachttijd hangt af van het aantal beschikbare artsen, de duur van een consult en ook de reistijd voor visites. Aangenomen wordt dat een arts één patiënt tegelijkertijd kan behandelen en dat er maar één arts per patiënt nodig is.

Wachtlijsten voor diagnostiek en behandeling

Patiënten worden behandeld op basis van hun urgentie. Eerst worden steeds de patiënten in de u0 klasse behandeld⁴, als er dan nog artsen over zijn worden de patiënten in de u1 klasse behandeld, enz. De behandeltijd van patiënten is afhankelijk van hun urgentie, voor de duur zijn aannames gedaan omdat hiervoor geen data beschikbaar was.

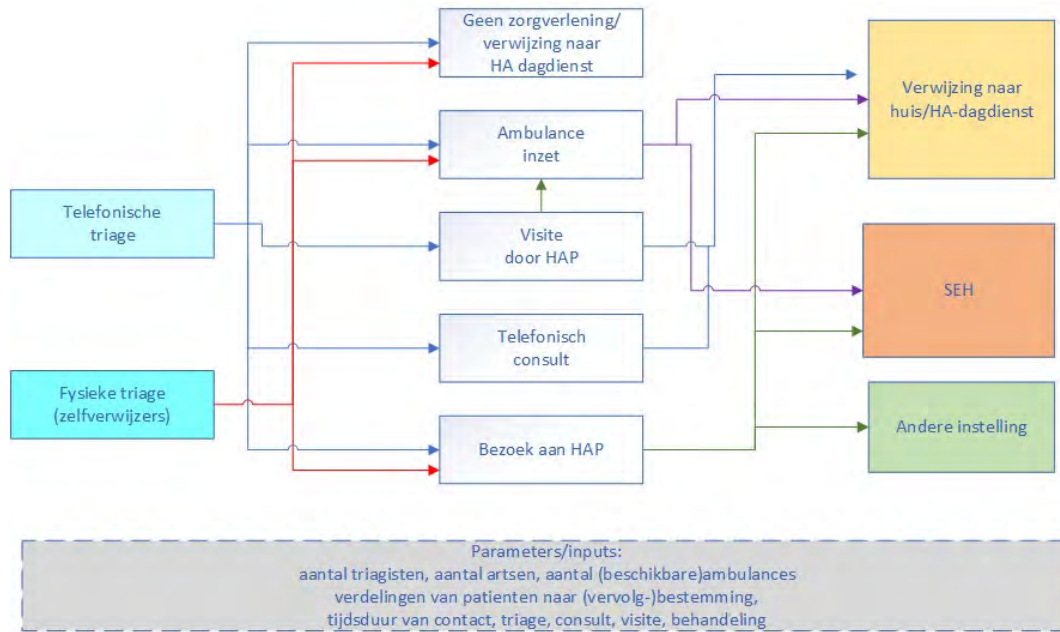
Bestemming na behandeling

Nadat patiënten behandeld zijn gaan ze naar een volgende bestemming, dit kan zijn terug naar huis (of elders buiten het acute zorgsysteem) of er is een doorverwijzing naar een ziekenhuis. Voor de verschillende bestemmingen gelden verschillende wachttijden. De grootte van de fracties die naar een bestemming gaan zijn geschat op basis van de data.

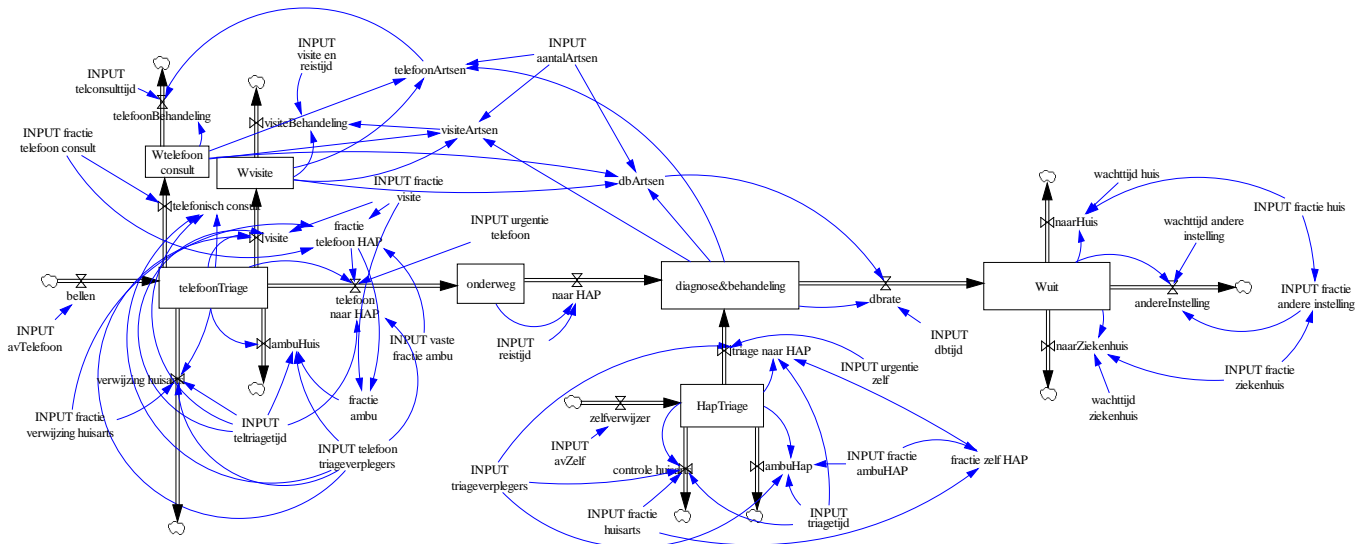
Aantal artsen

Er is een vast aantal huisartsen beschikbaar. Deze kunnen ingezet worden voor het afnemen van telefonische, fysieke of visite-consulten.

⁴ Urgenties U0 worden niet veel gezien door HAP-artsen omdat dit reanimaties betreft waarvoor ambulances worden ingezet.



Figuur 2: Blokschema van het deelmodel HAP.



Figuur 3: Schema van het simulatiemodel HAP.

2.3 Deelmodel SEH

Voor de modellering van de SEH zijn nog de volgende aannames gedaan:

- Het proces op de SEH begint bij de fysieke instroom op de SEH en eindigt bij fysieke uitstroom uit de SEH;
- De instroom in de SEH bestaat uit verschillende herkomsten: doorverwijzing door HAP, bezorging door ambulance en zelfverwijzers
- Zorgverlening op de SEH bestaat uit triage en diagnostiek en behandeling, We modelleren een wachtrij voor triage en een wachtrij voor diagnostiek en behandeling.
- Snelheid om geholpen te worden met diagnostiek en behandeling is afhankelijk van ingangsklacht en urgentie;
- Snelheid van behandeling neemt toe bij drukte op de SEH⁵;
- Doorstroming is afhankelijk van mogelijkheden voor uitstroom naar volgende bestemming (klinische opname, eerstelijns verblijf, langdurige zorg, huis, ...)
- Doorstroom is afhankelijk van
 - o urgentie en klacht
 - o aantal bedden
 - o beschikbaarheid van personeel

Figuur 4 geeft een uitgewerkt blokschema van het deelmodel SEH. De verschillende afhankelijkheden van bepaalde variabelen en parameters zijn verder uitgewerkt in het simulatiemodel, figuur 5 geeft hiervan een schema. Het simulatiemodel maakt gebruik van een groot aantal parameters en variabelen welke zijn bepaald aan de hand van analyses van gegevens van het gebruik van de SEH. De analyses en parameterschattingen worden besproken in hoofdstuk 3.

Instroom, triage en bestemming na triage

Een stroom patiënten komt de SEH binnen met een klacht en komt in een (virtuele) wachtrij voor triage. Als de triage wordt uitgevoerd wordt de patiënt ingedeeld in een urgentieklasse (blauw=advies, groen=niet dringend, geel= dringend, oranje=spoed). De patiënt kan dan worden verwezen naar een HAP (alleen bij geïntegreerde spoedpost) of naar een (virtuele) wachtrij voor diagnostiek en behandeling. We veronderstellen dat de meest urgente patiënten (rood=levensbedreigende klacht) het proces van triage omzeilen en direct instromen in de wachtrij voor diagnostiek en behandeling.

Wachtrij voor diagnostiek en behandeling

Vanuit de wachtrij voor diagnostiek en behandeling worden de meest urgente patiënten met prioriteit behandeld. De snelheid waarmee patiënten doorstromen hangt af van hun urgentie en klacht. De doorstroom stagneert als er geen vrije bedden meer zijn. Mocht het zo zijn dat er geen plaats is voor urgente (rode urgentie) patiënten dan

⁵ Dit kenmerk is in het model opgenomen op aangeven van experts van de SEH: bij grotere drukte wordt sneller gewerkt om bedden sneller beschikbaar te krijgen voor nieuwe patiënten.

worden minder urgente patiënten teruggestuurd naar de wachtrij voor diagnostiek en behandeling.

Bestemming na behandeling

Nadat de patiënten gediagnosticeerd en behandeld zijn, stromen ze uit naar een volgende bestemming. Hiervoor is er een nieuwe (virtuele) wachtrij. De tijd die patiënten doorbrengen in de verschillende wachtrijen is afhankelijk van de uitstroomsnelheid die weer afhangt van klacht, urgentie, drukte: hoeveel mensen zich in een wachtrij bevinden en variabelen zoals beschikbare artsen, bedden en behandel tijden.

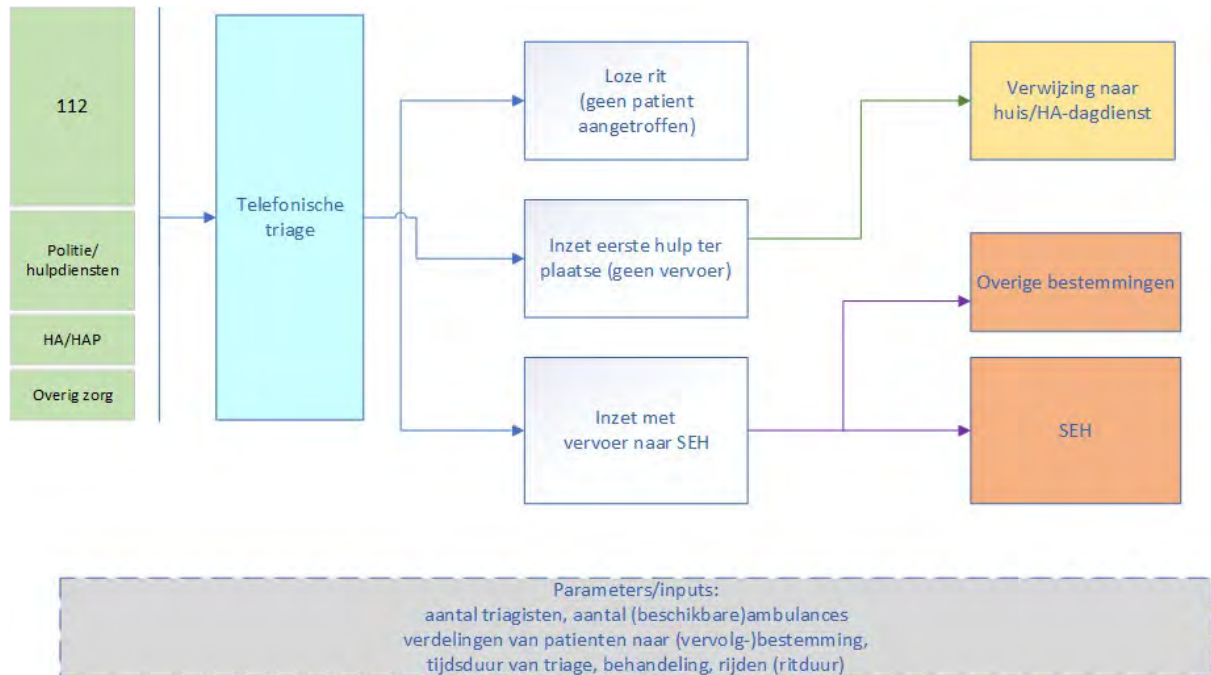
2.4 Deelmodel Ambulancezorg

Voor de modellering van de ambulancezorg zijn nog de volgende aannames gedaan:

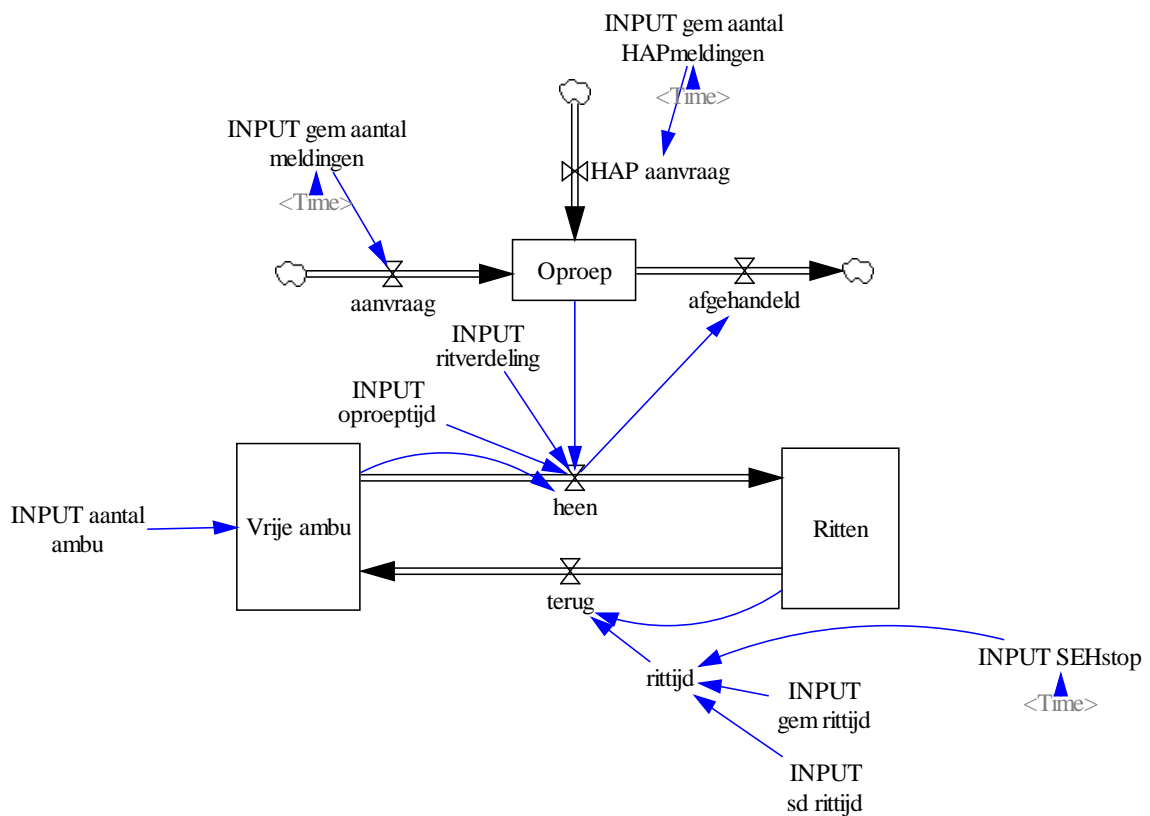
- Het model simuleert het proces van zorgverlening in de ambulancezorg. Het begint met de aanvraag voor ambulancezorg en de triage van de aanvraag. De triage kan leiden tot een inzet van een ambulance. Er zijn vier soorten inzetten: afgebroken ritten, loze inzetten, inzetten met eerste hulp ter plaatse zonder vervoer naar een ziekenhuis en inzetten met vervoer naar een ziekenhuis of ander instelling. De inzet eindigt na terugkomst op de standplaats.
- Het aantal aanvragen komt binnen via de HAP of via andere kanalen zoals 112, politie, brandweer enz. De scheiding met de HAP is gemaakt om later in het regiomodel een koppelpunt te hebben. Van de zorgvraag is alleen de urgentie bekend, zoals door meldkamer afgegeven. Er is geen informatie over aard van de klacht.

Figuur 6 geeft een uitgewerkt blokschema van het deelmodel Ambulancezorg.

De verschillende afhankelijkheden van bepaalde variabelen en parameters zijn verder uitgewerkt in het simulatiemodel, figuur 7 geeft hiervan een schema. Het systeem-dynamische model van de ambulancezorg beschrijft aantallen patiënten in de ambulancezorg als voorraden ('stocks') en in- en uitgaande stromen ('flows'). De voorraden zijn aantallen verzoeken oom ambulancezorg en het aantal beschikbare ambulances. Stromen zijn de aantallen meldingen en inzetten per minuut. Deze worden uitgedrukt als continue eenheden, een reëel (decimaal) getal. In het model kan een melding gedeeltelijk zijn gerealiseerd als inzet. Dit is rekentechnisch sneller dan wanneer gerekend wordt met discrete eenheden.



Figuur 6: Blokschema van het deelmodel ambulancezorg.



Figuur 7: Schema van het simulatiemodel ambulancezorg.

3 Data en parameterschattingen

Voor de simulatiemodellen is gebruik gemaakt van drie bestanden met zorggebruikgegevens. De bestanden bevatten informatie van aantallen patiënten, contacten en inzetten, met details omtrent aard en duur van het contact.

- Huisartsenposten: een bestand van contacten met de Huisartsenposten over 01-04-2018 tot en met 31-10-2018, met 27 HDS'en deelnemend aan Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, met een verzorgingsgebied van bijna 10,5 miljoen mensen (in 2018), verzameld en geleverd door Nivel.⁶ Gegevens zijn uit het elektronisch patiëntendossier van de HAP, zijn geanonimiseerd en bevat details van moment van contact, triage en aard van consult dat eventueel voortkwam uit het contact.⁷
- SEH: een bestand met kenmerken van patiënt contacten op twee SEH's over de periode 01-04-2017 tot en met 01-04-2018. Details van moment en tijdsduur van triage, diagnostiek, en behandeling en bestemming na verblijf op de SEH.
- Ambulancezorg: bestand met kenmerken van inzetten over het kalenderjaar 2019. Details van moment en tijdsduur van inzet, aanvrager en bestemming na behandeling. Deze gegevens worden in opdracht van Ambulancezorg Nederland beheerd door het RIVM.

In de volgende paragrafen worden resultaten van analyses van de gegevens gepresenteerd. Op basis van de gegevens zijn parameters geschat. De parameters worden in dit hoofdstuk ook besproken.

3.1 Huisartsenposten

Instroom van patiënten

In het simulatiemodel kunnen personen op twee manieren contact maken met een HAP: telefonisch of fysiek (zelfverwijzers). Dit zijn *instromen van patiënten*.

Data

In de gegevens over de HAP, onderdeel van Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn (NZR), bleek dat 1,1% van de triages een fysieke triage was (zelfverwijzer), 98,9% van de triages was telefonisch (of digitaal) afgenomen. Het aantal personen verschilt per moment van de dag en dag van de week, evident omdat de HAP huisartsenzorg verleent buiten kantooruren (avond-, nacht- en weekend-uren (ANW-uren)). Het aantal patiënten hangt tevens af van de grootte van de HAP (het aantal huisartsen dat dienst doet op de HAP en de bijbehorende omvang van het

⁶ Deze studie is goedgekeurd volgens de governance code van Nivel Zorgregistraties onder nummer NZR-00320-028.

⁷ Het gebruik van gegevens uit elektronische patiëntendossiers, zoals verzameld door Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, is onder bepaalde voorwaarden toegestaan, zonder dat van iedere patiënt daarvoor toestemming wordt gevraagd of dat toetsing door een medisch ethische commissie heeft plaatsgevonden (art. 24 UAVG jo art. 9.2 sub j AVG).

verzorgingsgebied). De dataset geeft wel inzicht in het aantal personen dat telefonische triage krijgt en het aantal dat fysieke triage krijgt. De gegevens zijn niet per HAP gespecificeerd zodat we de variatie tussen HAP's niet kunnen analyseren.

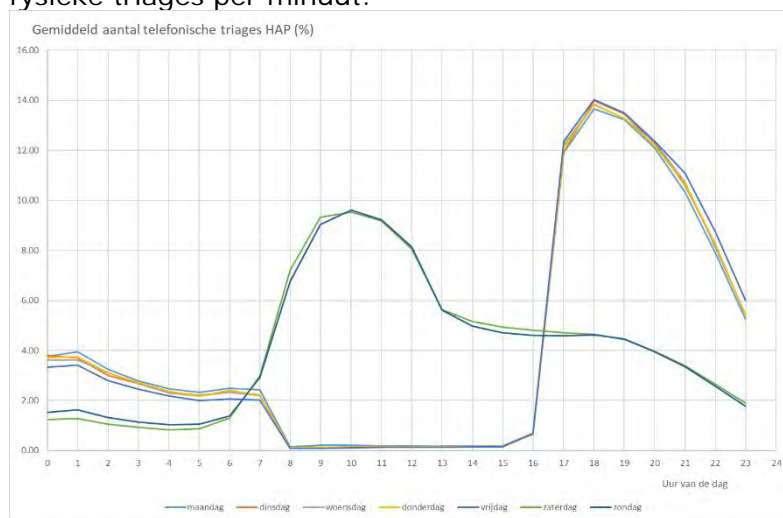
Figuur 8 geeft de verdeling van het aantal personen dat telefonische triage krijgt over de dag, per dag van de week. Er is een duidelijk verschil tussen werkdagen en weekenddagen, hetgeen logisch is gezien de aard van zorgverlening door de HAP. Op zaterdag komt bijna tien procent van de telefonische meldingen tussen 10 en 11 uur in de ochtend. Van het totaal aantal telefonische meldingen op een doordeweekse dag komt bijna veertien procent tussen 18 en 19 uur. De verdeling van het aantal personen over de dag op werkdagen is ongeveer gelijk voor alle soorten dagen. Op eenzelfde manier zijn de verdelingen van de zaterdag en zondag ongeveer aan elkaar gelijk.

Figuur 9 geeft de verdeling van het aantal fysieke triages over de dag, per dag van de week. Ook hier is er een duidelijk verschil tussen werkdagen en weekenddagen. Er zijn wat meer verschillen tussen de werkdagen, vermoedelijk is deze variatie veroorzaakt door de lage aantallen fysieke triages.

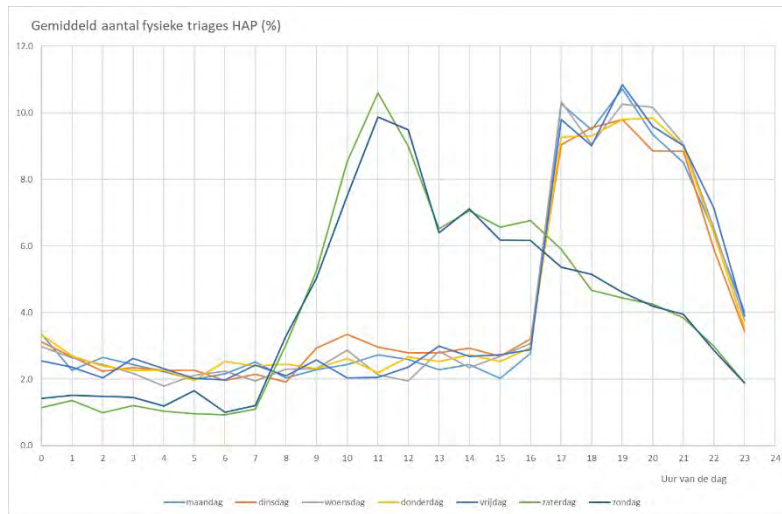
De verdelingen in figuren 8 en 9 worden gebruikt om de totale instroom te verdelen over de dag en week.

Model

In het simulatiemodel worden de twee instromen gemodelleerd door een Poisson proces. Aan de hand van de gegevens is voor dit generieke model uitgegaan van gemiddeld 0,135 telefonische triages per minuut en 0,0015 fysieke triages per minuut.



Figuur 8: Gemiddeld aantal telefonische triages per uur per dag van de week voorafgaand aan zorg op de HAP (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).



Figuur 9: Gemiddeld aantal (fysieke) triages op de HAP per uur per dag van de week (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).

Triageduur

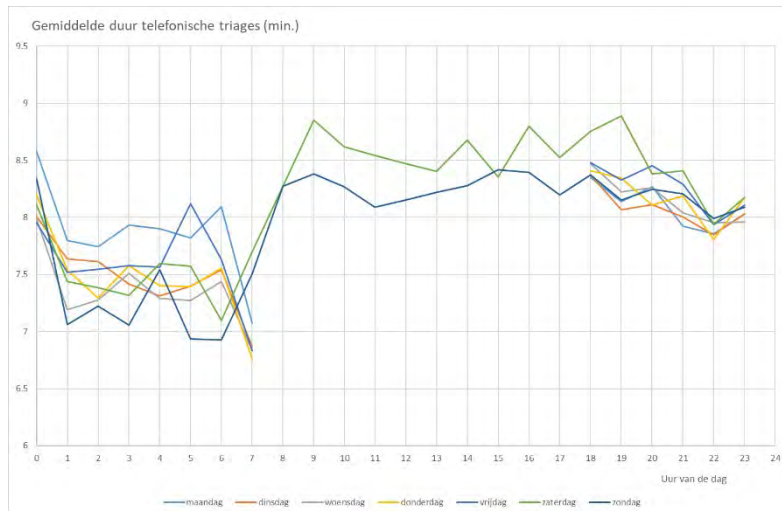
Data

De triageduur verschilt tussen telefonische en fysieke triage en duurt tussen de zeven en negen minuten voor telefonische triage (figuur 10) en tussen de zeven en dertien minuten voor fysieke triage (figuur 11). De data laten uitschieters in de triageduur van fysieke triage zien in de nachtelijke uren. Mogelijk dat ook hier de kleine aantallen de verdelingen grillig maken. De triageduur varieert over het uur van de dag. Opvallend is dat triage in het weekend langer duurt dan op werkdagen, en dat triage 's avonds langer duurt dan 's ochtends. Hier zou een correlatie kunnen zijn met de drukte op de HAP, dit is niet verder onderzocht.

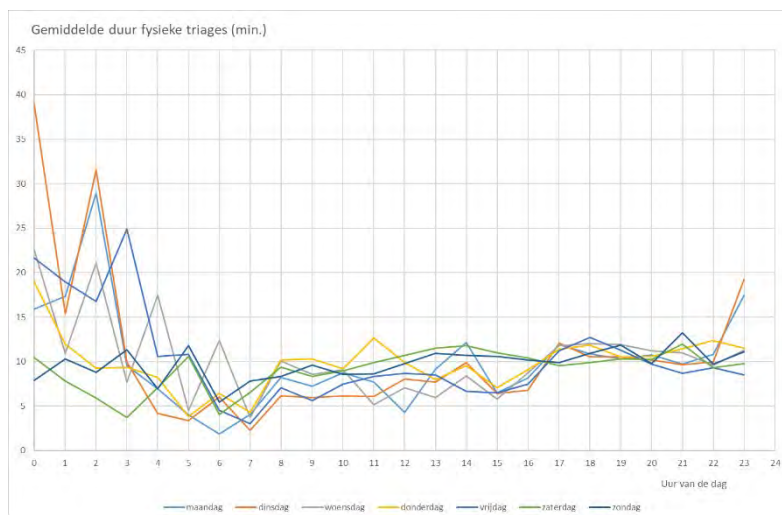
Model

In het model wordt voor de triageduur op basis van de data uitgegaan van 7,6 minuten voor telefonische en 10 minuten voor fysieke triage.⁸

⁸ In deze modelversie is de triagetijd een constante, in een volgende versie zal een variatie in de triagetijd worden gemodelleerd.



Figuur 10: Gemiddelde triageduur telefonische triages, per uur per dag van de week op de HAP (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).



Figuur 11: Gemiddelde triageduur fysieke triages, per uur per dag van de week op de HAP (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).

Consulten na triage

Data

De verhouding tussen het aantal telefonische consulten, (fysieke) consulten op de HAP en visites varieert over de dag, zie figuren 12, 13 en 14. Bovendien is er een relatief klein verschil tussen weekend dagen en werkdagen. Mogelijk dat de verschillen te maken hebben met de ernst van de klacht/gezondheidsprobleem, daarover is niets bekend in de dataset. In een volgende versie van het model zou de correlatie tussen klacht en urgentie onderzocht en eventueel meegenomen kunnen worden in het model.

Model

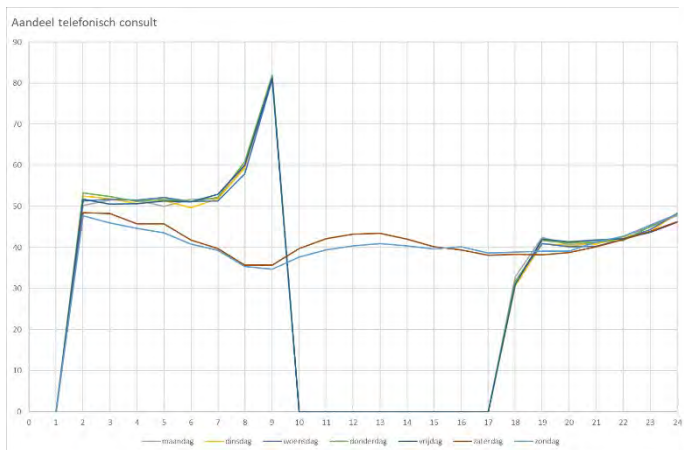
Bij de triage wordt de vervolgactie bepaald. Zoals in paragraaf 2.2 aangegeven kan een persoon verwezen worden naar eigen huisarts in de dagperiode, er kan een ambulance worden ingezet of een huisarts van de HAP kan een consult afnemen. Dit laatste kan telefonisch, fysiek of via een visite. In het model worden fracties van de personen naar triage toegewezen aan een vervolgbestemming. Tabel 1 geeft deze fracties.

Tijdsduur consulten

De data bevat geen detail-informatie met betrekking tot wachttijd tot consult, tijdsduur van consulten op de HAP en bestemming na consult. Voor het modelleren van deze processen zijn noodgedwongen aannames gemaakt. Deze worden in een volgende fase van de modelontwikkeling gevalideerd. Zo is aangenomen dat de tijdsduur voor consulten afhankelijk is van de soort consult (telefonisch, fysiek op de HAP of visite) en de urgentie. Data voor validatie van deze aanname worden in de doorontwikkeling verzameld en geanalyseerd.

Tabel 1: Bestemming van personen na triage: fracties per bestemming (%) (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).

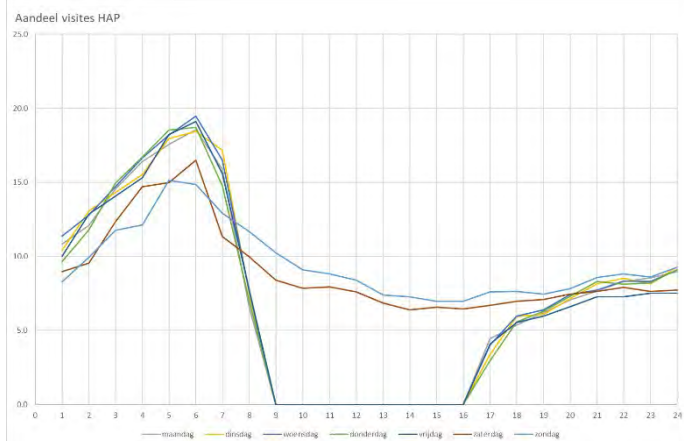
	<i>Ambulance</i>	<i>Huisarts overdag</i>	<i>Consult</i>	<i>Visite</i>	<i>Telefonisch consult</i>
Telefonische triage	0,01	0,01	0,48	0,08	0,43
Fysieke triage	0,1	0,20	0,7	-	-



Figuur 12: Aandeel telefonische consulten in totaal aantal consulten na triage (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).



Figuur 13: Aandeel (fysieke) consulten op de HAP in totaal aantal consulten na triage (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).



Figuur 14: Aandeel visites in totaal aantal consulten na triage (bron: Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn, bewerking door RIVM).

3.2 SEH

Het SEH-model is geconstrueerd op basis van expert beschrijvingen en historische data van één ziekenhuisorganisatie met twee locaties. Parameters zijn geschat en het model is gevalideerd aan de hand van deze data. De dataset bevat gegevens van alle patiënten die zich aanmelden voor de spoedeisende hulppost, het betreft informatie van ruim 80.000 individuele contacten op de SEH, met informatie over datum en tijdstip van het contact met de SEH (aankomst- en vertrektijd), aard van de klacht, triageniveau, wachttijd tot triage, tijdsduur van diagnostiek en behandeling, herkomst patiënt (waaronder huisarts, zelfverwijzer en ambulance), bestemming patiënt na SEH-contact (waaronder naar huis, controle, en opname in ziekenhuis of andere instelling).

Het model voor de SEH simuleert een SEH van een groot ziekenhuis in een grootstedelijke omgeving (ruim 80.000 patiëntcontacten per jaar, relatief veel zelfverwijzers).

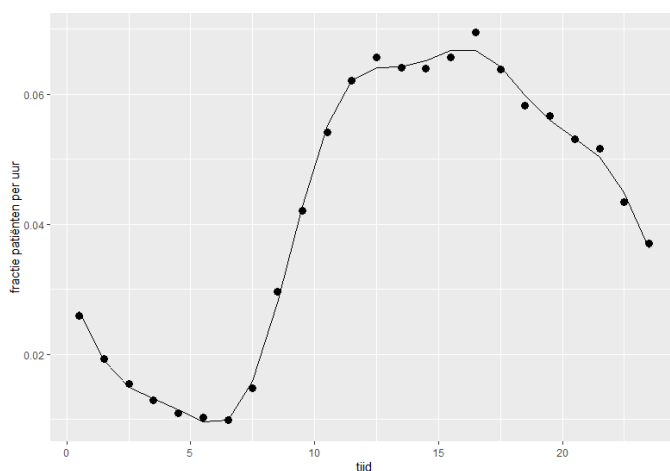
Instream van patiënten

Data

De instroom van patiënten in de SEH varieert over de dag (zie figuur 15). De verdeling van het aantal patiënten over de dag verschilt weinig tussen werkdagen en weekenddagen. De nachtelijke uren in het weekend zijn iets drukker. Verschillen tussen de maanden en seizoenen zijn er nagenoeg niet.

Model

De instroom is gemodelleerd als een Poissonproces met gemiddelde instroom die varieert over de dag (figuur 15). Het verloop over de dag is gefit met een 4de orde fourierreeks op de gemiddelde dagelijkse instroom. Het model houdt geen rekening met het verschil tussen werkdagen en weekeinde, in het model zijn geen seizoensverschillen.



Figuur 15: Het aantal patiënten dat de SEH bezoekt, per uur van de dag: gemodelleerde Poisson-verdeling (lijn) en data (bolletjes) (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

Herkomst

Patiënten kunnen via verschillende manieren de SEH instromen. Analyse van de dataset laat zien dat:

- 20% van de patiënten wordt gebracht door een ambulance;
- Bijna 20% komt via een verwijzing vanaf de HAP of een huisarts;
- Ruim 50% van de patiënten komt op eigen gelegenheid naar de SEH en is een zelfverwijzer;
- Ongeveer 10% komt via een verwijzing van het eigen ziekenhuis.

Model

In het model zijn de instromen vanuit bepaalde herkomst afgestemd op bovenstaande verhoudingen.

Klachten

Data

In de dataset zijn 54 verschillende soorten (ingangs-)klachten geregistreerd. Voor de modellering zijn deze samengenomen tot zes klachten, waarvan een 'overige' klachtengroep. Het onderscheid tussen volwassen en kinderen bij buikpijn en malaise negeren we. De vijf meest frequente klachten zijn gegeven in tabel 2. Van de patiënten heeft 52% een klacht uit de top 5 van meest voorkomende klachten. De klachtenverdeling (in fracties) over de top 5 is gegeven in tabel 2. De verdeling van klachten over het uur van de dag varieert (figuur 16). Vooral extremiteitsklachten blijken overdag en 's avonds als er gewerkt en gesport wordt, ook relatief meer voor te komen.

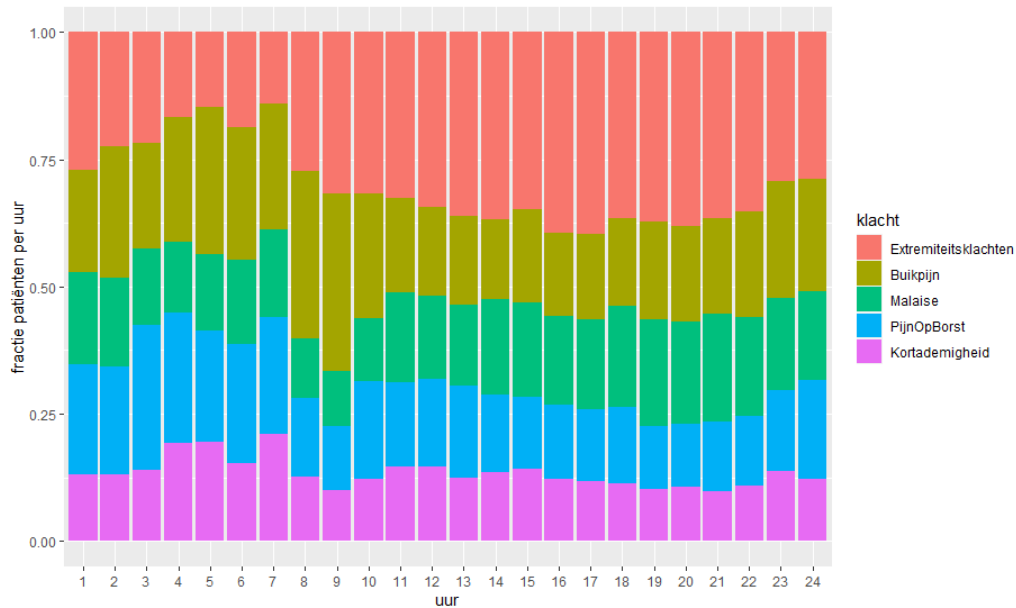
Model

In de modellering hanteren we geen restklasse maar worden patiënten verdeeld over de bekende klachtencategorieën. Er is een stroom urgentie patiënten welke geen triage krijgt. In het model worden deze patiënten verdeeld over klachten volgens tabel 2.

In het model is het verschil in klachtensoort over de dag genegeerd en gaan we uit van een gelijke verdeling van klachten over de instroom.

Tabel 2: Aantal patiënten naar klacht (op basis van data van één SEH locatie, bron: SEH-dataset, bewerking door RIVM).

Klacht	Data	Model	
	Aantal patiënten (% van totaal)	Verdeling van instroom naar klachten (%)	Verdeling van aantal urgente patiënten in zonder triage (%)
Extremiteitsklachten	0,18	0,34	0,0
Buikpijn	0,10	0,20	0,05
Malaise	0,09	0,18	0,29
Pijn op de borst	0,08	0,16	0,11
Kortademigheid	0,07	0,12	0,54
Overige klachten	0,48	-	-

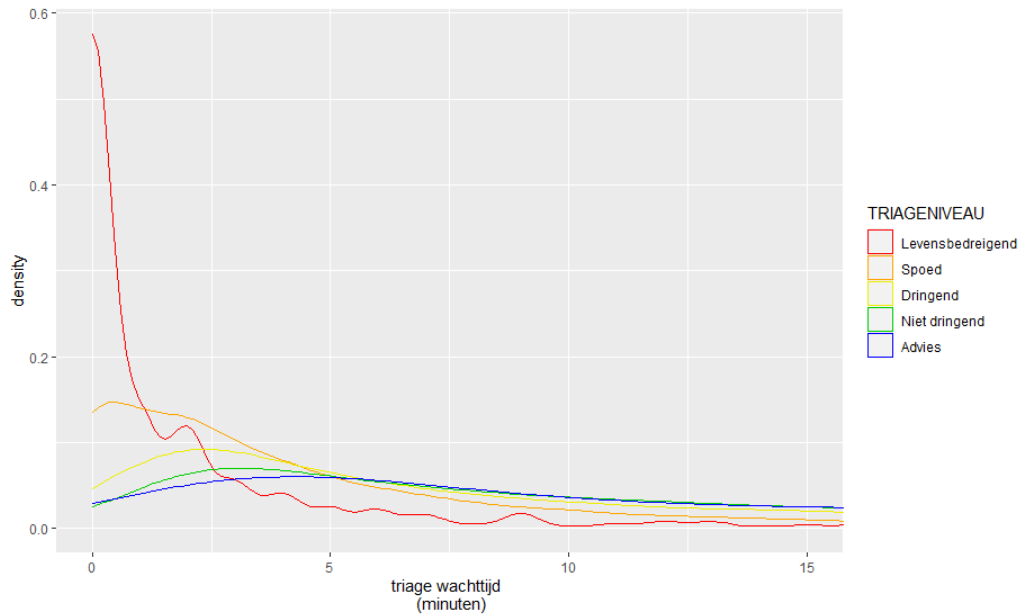


Figuur 16: Verdeling van het aantal SEH-patiënten naar klacht, per uur van de dag (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

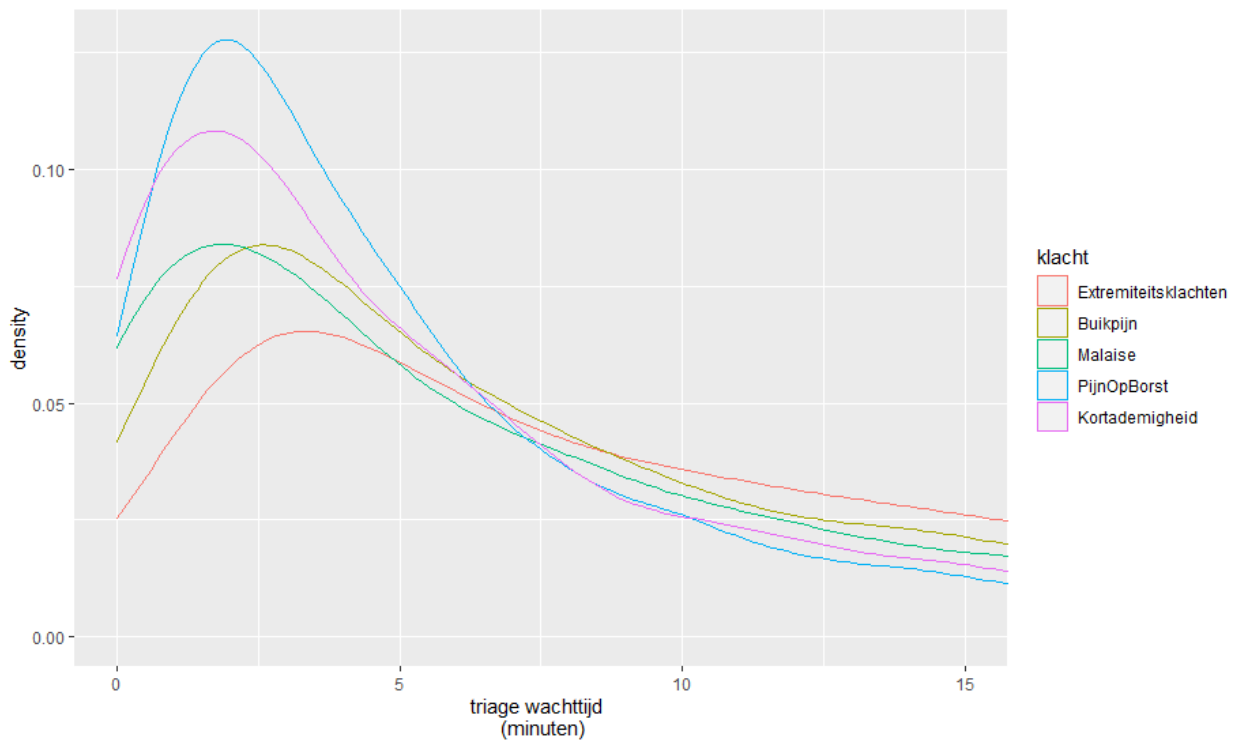
Wachttijd tot triage

Data

Afhankelijk van de drukte op de SEH kan er een wachttijd zijn tot het moment van triage. Figuur 17 geeft een beeld van de wachttijd tot triage naar urgentie, figuur 18 naar klacht. De helft van de mensen krijgt binnen 6 minuten triage, ruim 90% binnen 25 minuten. Uit de wachttijdverdeling blijkt dat patiënten met hoge urgentie na triage een kortere wachttijd hebben, blijkbaar is bij de intake al enige bewustzijn van de urgentie. De triagetijd lijkt nauwelijks af te hangen van de klacht. De kleine verschillen kunnen waarschijnlijk toegewezen worden aan de correlatie tussen klacht en urgentie. Extremitetsklachten zijn niet vaak urgent en pijn op de borst en kortademigheid wel.



Figuur 17: Verdeling van wachttijd tot triage en urgentie (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).



Figuur 18: Verdeling van wachttijd tot triage en klacht (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

Model

De snelheid waarmee de triage wordt uitgevoerd hangt af van het aantal personen in de wachtruimte (drukke) en van het aantal beschikbare triageverpleegkundigen. Het model kent een flexibiliteit in de zin dat staf voor diagnostiek en behandeling bij triage kan bijspringen als het daar erg druk is. Daarnaast neemt de triagetijd af bij grote drukke, onder druk neemt de efficiëntie toe. De afhankelijkheid van de triagetijd en drukke is gemodelleerd door een lineaire functie: triagetijd neemt lineair toe met het aantal triageverpleegkundigen per patiënt. De triagetijd (*triage time*) is onafhankelijk van urgentie en klacht.

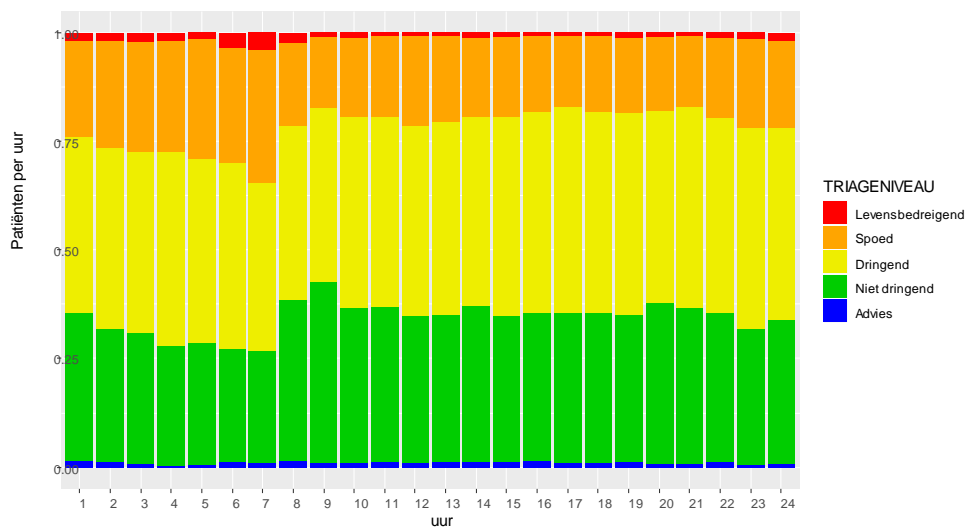
Urgentie na triage

Data

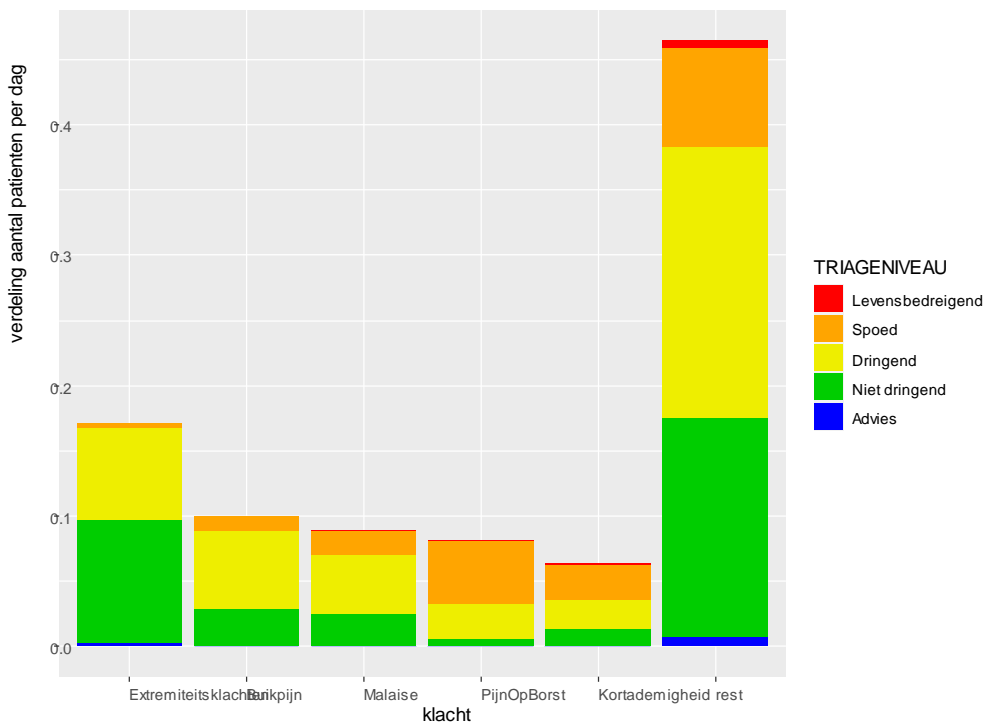
De mate van urgentie na triage verschilt iets over de dag (figuur 19). 's Nachts zijn er relatief iets meer urgente gevallen. Waarschijnlijk hebben patiënten zelf vaak door hoe urgent hun klacht is en wachten de minder urgente gevallen de nacht af en gaan 's ochtends vroeg naar de SEH. Er is een correlatie tussen klacht en urgentie. Extremitetsklachten zijn minder vaak urgent dan pijn op de borst en kortademigheid (zie figuur 20). Zoals te verwachten komen mensen met levensbedreigende en spoedeisende klachten vaker met de ambulance (figuur 21). Van de mensen met levensbedreigende klachten komt 75% met de ambulance en ongeveer 14% als zelfverwijzer.

Model

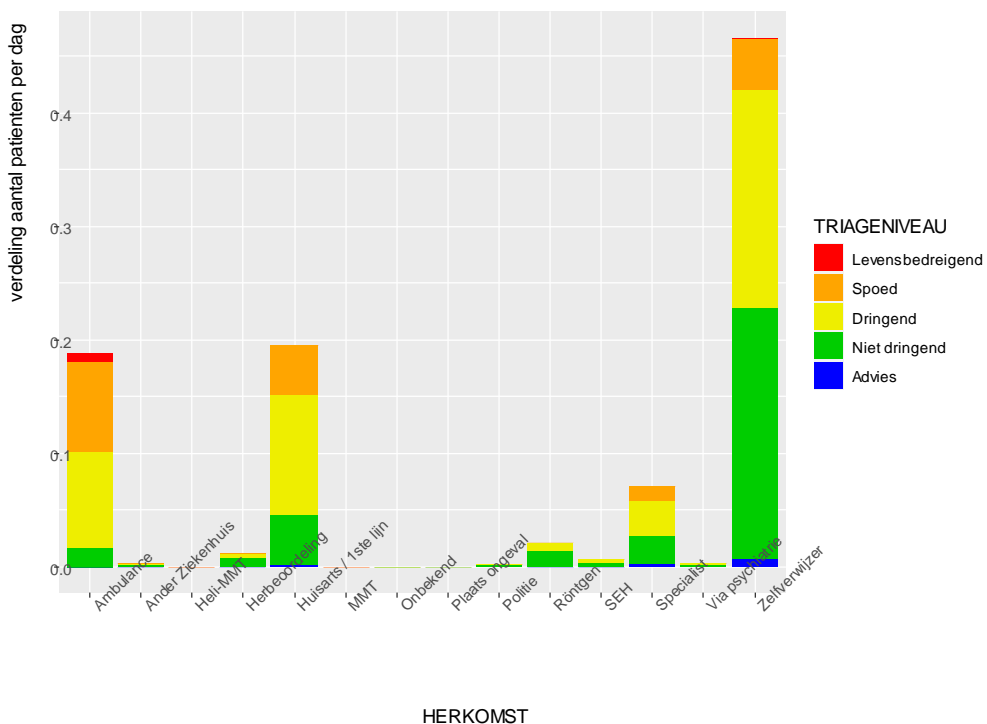
De verdeling van het aantal personen na triage over klacht en urgentie zoals in het model gehanteerd is gegeven in tabel 3. Patiënten worden verdeeld over 20 (vijf klachten maal vier urgenties) klacht-urgentiestromen. Het zijn slechts 4 urgentie niveaus omdat we veronderstellen dat de rode patiënten buiten de triage om in diagnostiek en behandeling gaan.



Figuur 19: Verdeling van het aantal SEH-patiënten naar urgentie na triage, per uur van de dag (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).



Figuur 20: Verdeling van het aantal SEH-patiënten naar klacht en urgentie na triage (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).



Figuur 21: Verdeling van het aantal SEH-patiënten naar herkomst en urgentie na triage (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

Tabel 3. Verdeling van patiënten na triage zoals in het model gehanteerd.

	Spoed	Dringend	Niet dringend	Advies
Extremitetsklachten	0,02	0,41	0,56	0,01
Buikpijn	0,12	0,60	0,28	0
Malaise	0,21	0,52	0,27	0
Pijn op de borst	0,59	0,34	0,06	0
Kortademigheid	0,42	0,37	0,21	0

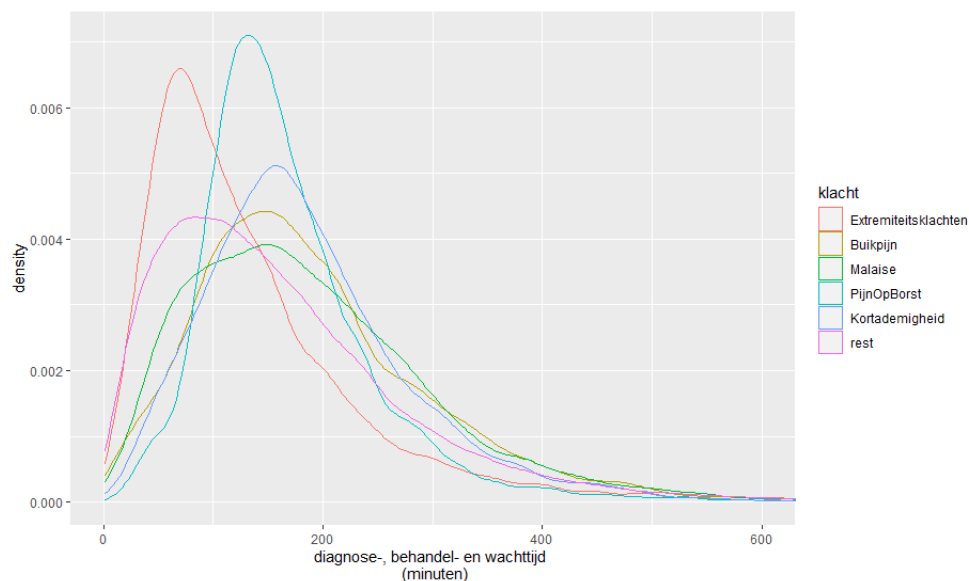
Wachttijd voor diagnose en behandeling

Data

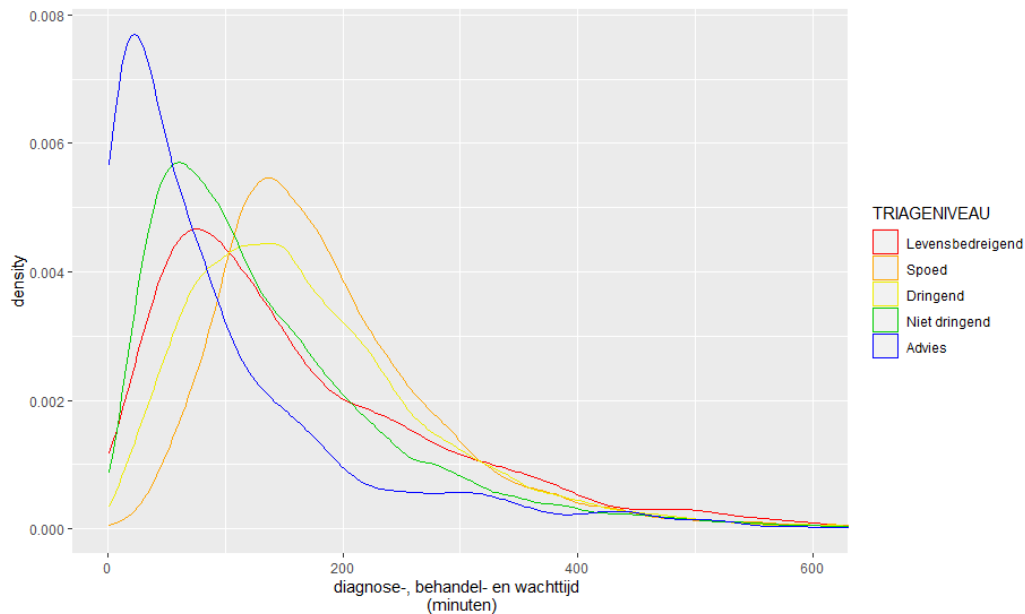
Analyse van de wachttijd voor diagnostiek en behandeling laat zien dat deze afhangen van urgentie en klacht. Figuren 23, 24 en 25 geven de verdelingen van de tijd voor diagnostiek, behandeling en wachten voor de volgende bestemming weer voor de verschillende kenmerken urgentie, klacht en bestemming.

Model

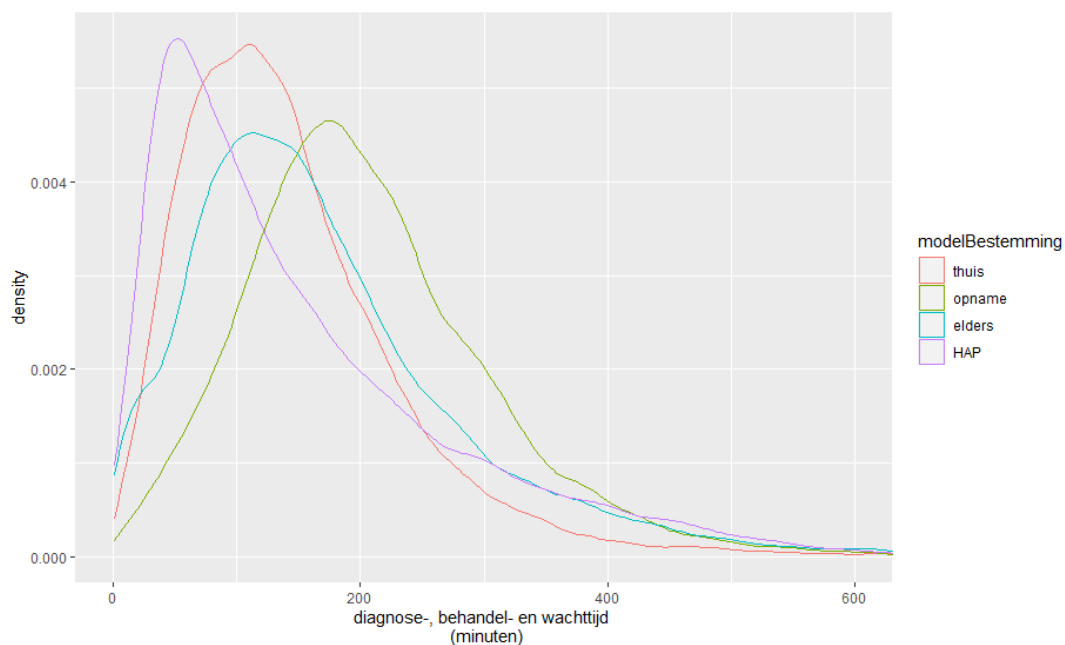
In het model hanteren we prioritering in diagnostiek en behandeling: urgente patiënten worden eerst in behandeling genomen, vervolgens minder urgente patiënten. Ook kunnen minder urgente patiënten vanuit behandeling terugverwezen worden naar de (virtuele) wachtrij om plaats te maken voor een urgente patiënt. Het model hanteert een terugstroom van diagnostiek en behandeling naar de wachtkamer.



Figuur 23: Tijd voor diagnose, behandeling en wachten tot bestemming na behandeling op de SEH naar klacht (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).



Figuur 24: Tijd voor diagnose, behandeling en wachten tot bestemming na behandeling op de SEH naar urgentie (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).



Figuur 25: Tijd voor diagnose, behandeling en wachten tot bestemming na behandeling op de SEH naar bestemming (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

Doorlooptijd

Data

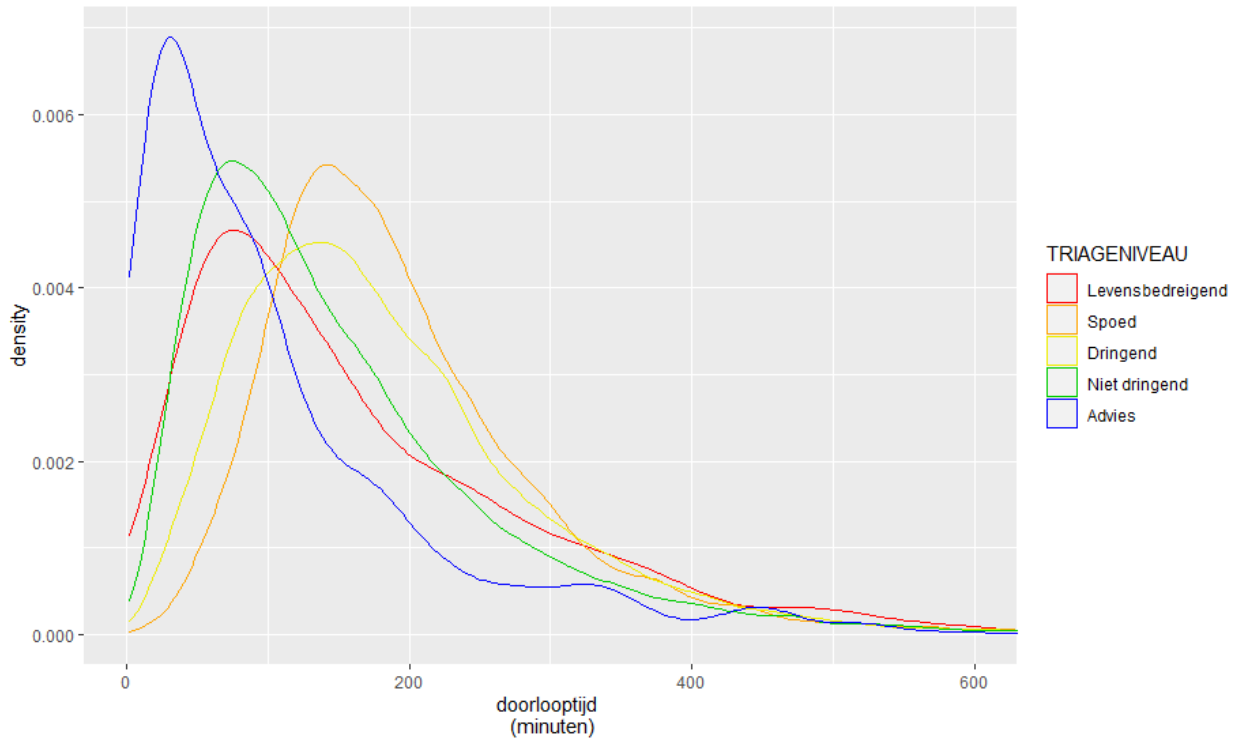
De doorlooptijd is de totale tijd die een patiënt doorbrengt op de SEH. We analyseren de doorlooptijd omdat het een belangrijke variabele is voor validatie van het model. De modelmatig berekende doorlooptijd is een resultaat (uitkomst) van het model en vergelijking met de werkelijke doorlooptijden zegt iets over validiteit van het model. Doorlooptijden zijn afhankelijk van de snelheid van diagnostiek en behandeling op de SEH en zullen in het algemeen per SEH verschillend zijn. Er zijn een groot aantal factoren van invloed op de doorlooptijden en efficiëntie van de SEH. We gaan hier nu niet nader op in maar komen erop terug bij de discussie van simulaties.

De doorlooptijd hangt af van klacht en urgentie (figuren 26 en 27). Klachten die urgenter zijn zullen eerder, met minder wachttijd worden behandeld maar afhankelijk van de aard van de klacht kan de behandeling en diagnose langer duren. Extremitateitsklachten hebben de kortste doorlooptijd. Doorlooptijden verschillen per uur van de dag (niet in de figuur).

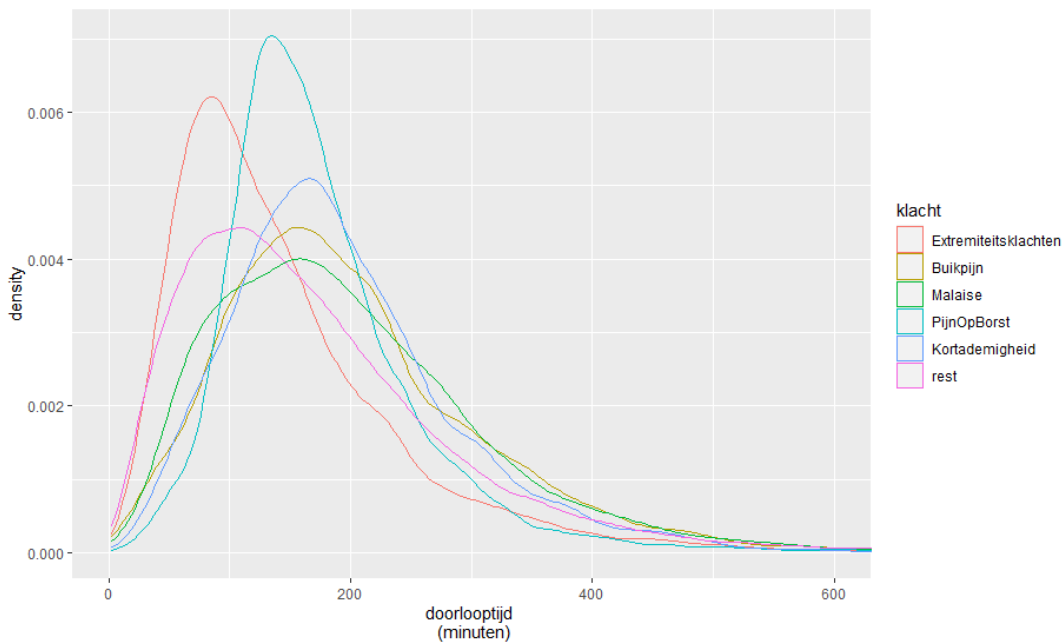
Model

De behandel­tijd, *dbtijd*, hangt af van klacht en urgentie en wordt getrokken uit een normale verdeling, begrensd op minimaal 5 minuten en maximaal 1 dag.

De artsen worden verdeeld over het aantal bezette bedden. Meer bezette bedden per arts betekent een evenredige afname van de behandel­tijd. Bij één arts per bezet bed neemt de behandel­tijd niet verder af. Bij drukte gaan artsen sneller werken waardoor de behandel­ingstijd lineair afneemt tot maximaal een factor 2.



Figuur 26: Doorlooptijden naar urgentie (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).



Figuur 27: Doorlooptijden naar klacht (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

Uit de data zijn gemiddelden en standaarddeviaties afgeleid voor de behandeltime (zie hieronder tabel 4).

Tabel 4. Beschrijvende statistieken van doorstroomtime (som van wacht-, diagnose- en behandeltime) per klacht en urgentie van patiënten met top 5 klachten die op de SEH behandeld worden.

Klacht	Urgentie	Gemiddelde doorstroomtime (minuten)	Mediane doorstroomtime (minuten)	Standaard deviatie (minuten)	Aantal patiënten
Extremitetsklachten	Levensbedreigend	615,0	615,0	NA	1
Extremitetsklachten	Spoed	144,5	123,5	93,2	164
Extremitetsklachten	Dringend	127,0	102,0	100,9	3.061
Extremitetsklachten	Niet dringend	99,3	79,0	81,6	3.427
Extremitetsklachten	Advies	64,8	36,0	68,6	46
Buikpijn	Levensbedreigend	166,0	109,5	174,0	8
Buikpijn	Spoed	179,0	157,0	104,6	659
Buikpijn	Dringend	189,0	166,0	110,1	2827
Buikpijn	Niet dringend	164,2	142,0	114,4	1.049
Buikpijn	Advies	60,3	52,0	53,1	4
Malaise	Levensbedreigend	124,7	108,0	100,7	45
Malaise	Spoed	149,6	128,0	101,9	957
Malaise	Dringend	184,7	171,0	102,4	2.055
Malaise	Niet dringend	166,3	145,0	111,3	783
Malaise	Advies	101,7	74,5	95,2	6
PijnOpBorst	Levensbedreigend	97,3	33,0	134,1	15
PijnOpBorst	Spoed	148,0	131,0	84,9	2.539
PijnOpBorst	Dringend	150,2	135,0	84,6	1.368
PijnOpBorst	Niet dringend	120,0	98,0	69,6	162
PijnOpBorst	Advies	88,5	88,5	38,9	2
Kortademigheid	Levensbedreigend	123,5	85,5	151,3	82
Kortademigheid	Spoed	160,4	140,0	97,6	1.387
Kortademigheid	Dringend	174,1	156,0	100,1	1.160
Kortademigheid	Niet dringend	135,9	125,5	76,9	500
Kortademigheid	Advies	93,0	93,0	48,1	2

Dit zijn niet de *dbtijden* zoals ze in het model gebruikt worden. In deze statistieken zit ook de wachttijd als mensen moeten wachten omdat er een urgentere patiënt eerst behandeld moet worden. In het model worden mensen teruggestuurd worden en beginnen weer opnieuw. Daarom gebruiken we in het model gekalibreerde gemiddelden en standaarddeviaties voor de *dbtijd*.

Bestemming na SEH-behandeling

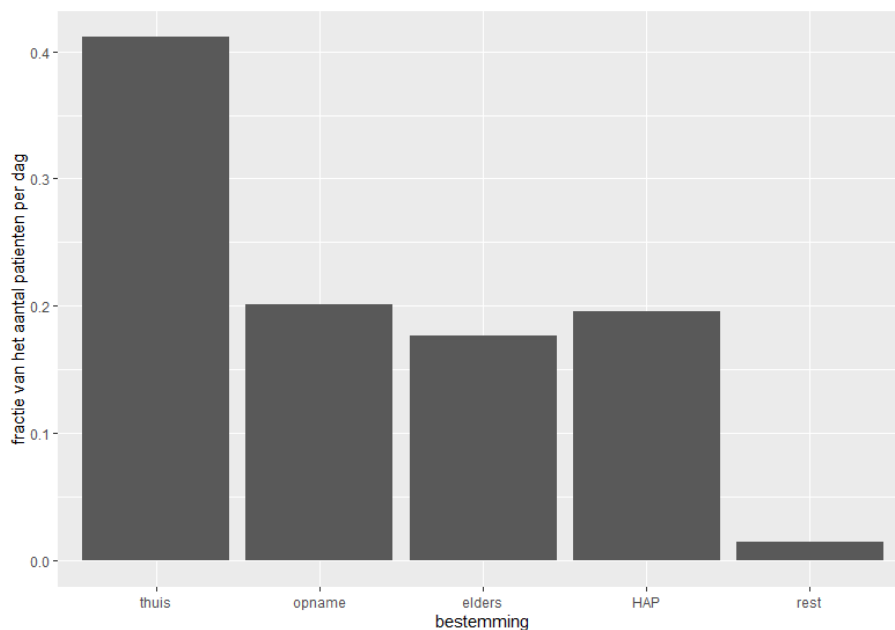
Data

De bestemming is gegeven in de data. De wachttijd voor de bestemming na behandeling is afhankelijk van urgentie en klacht.

Model

In het model worden de bestemmingen na behandeling op de SEH samengenomen tot vijf categorieën (zie figuur 28). De vijfde categorie is een restgroep en omvat bijna 2% van het aantal patiënten.

Voor elke bestemming geldt een wachttijd, onafhankelijk van urgentie en klacht. Uit de regressie analyse doen we de volgend grove aannames. Patiënten die naar huis kunnen hebben 1 minuut wachttijd (het model kan niet omgaan met wachttijd 0 minuten, daarom 1). Patiënten die opgenomen worden moeten 56 minuten wachten en patiënten die naar een naar andere bestemming gaan, 37 minuten. Dit zijn vaste waarden die in het model worden gehanteerd. Nadat patiënten behandeld zijn wachten ze tot ze naar hun bestemming gaan en houden tot die tijd een bed bezet.



Figuur 28: Verdeling van het aantal SEH-patiënten naar bestemming (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

In het model is de stroom patiënten na behandeling als volgt verdeeld over de bestemmingen: 52,1% van de patiënten gaat na behandeling op de SEH naar huis, 25,5% krijgt ene klinische opname en 22,4% heeft een andere bestemming. In het model zijn de bestemmingen afhankelijk van klacht en urgentie (tabel 5).

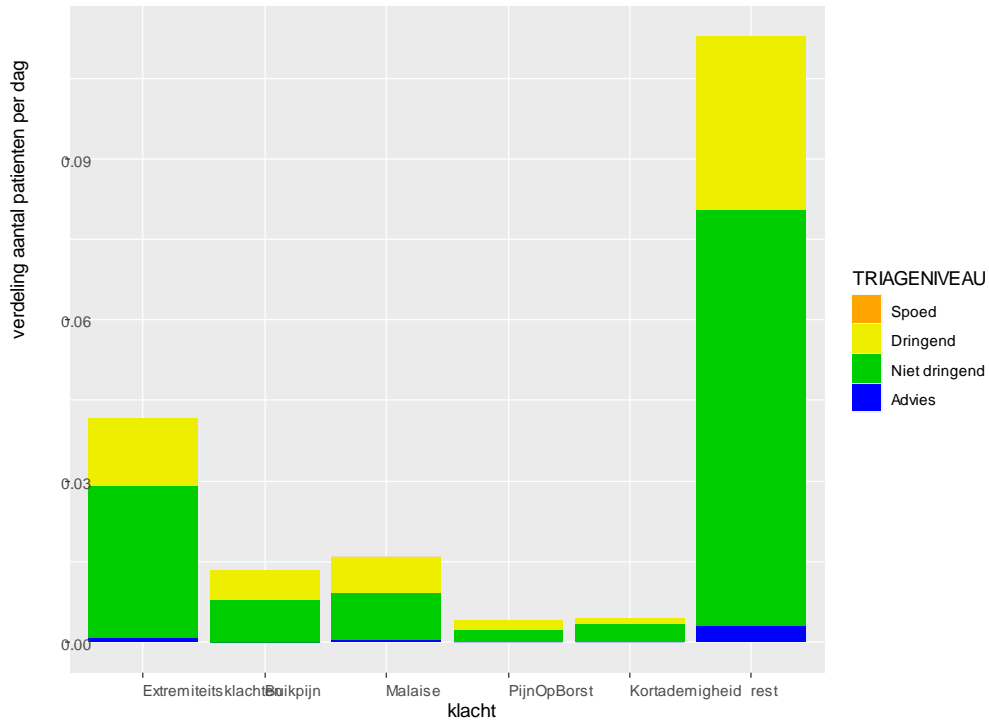
Tabel 5: Verdelingen van bestemming na behandeling op SEH (fracties, rijen tellen op tot 1).

Klacht	Urgentie	Bestemmin	Bestemmin	Bestemmin
		g: thuis	g: opname	g: elders
Malaise	Levensbedreigend	0,02	0,87	0,11
	Spoed	0,38	0,51	0,10
	Dringend	0,45	0,39	0,16
	Niet dringend	0,63	0,19	0,17
	Advies	0,83	0,00	0,17

Buikpijn	Levensbedreigend	0,00	0,89	0,11
	Spoed	0,34	0,46	0,19
	Dringend	0,51	0,28	0,21
	Niet dringend	0,66	0,13	0,21
	Advies	1,00	0,00	0,00
Extremitetsklahten	Levensbedreigend	0,00	1,00	0,00
	Spoed	0,22	0,46	0,33
	Dringend	0,53	0,09	0,37
	Niet dringend	0,61	0,04	0,35
	Advies	0,60	0,00	0,40
Kortademigheid	Levensbedreigend	0,03	0,85	0,12
	Spoed	0,23	0,59	0,18
	Dringend	0,43	0,35	0,22
	Niet dringend	0,64	0,15	0,21
	Advies	1,00	0,00	0,00
Pijn op de borst	Levensbedreigend	0,00	1,00	0,00
	Spoed	0,43	0,38	0,18
	Dringend	0,59	0,23	0,18
	Niet dringend	0,81	0,08	0,11
	Advies	1,00	0,00	0,00

Geïntegreerde spoedpost

De SEH dataset bevat ook gegevens van een geïntegreerde spoedpost, waarin SEH en HAP integraal samenwerken op het gebied van triage en zorgpad van zelfverwijzers. De data laat zien dat bijna 20% van de zelfverwijzers op de SEH een behandeling op de HAP krijgt. Het aantal HAP-behandelingen van zelfverwijzers verschilt per klacht en urgentie (figuur 29). In de modellering hanteren we geen restgroep en hebben de verwijzingen naar de HAP de verdeling van klachten zoals in tabel 6.



Figuur 29: Aantal behandelingen van zelfverwijzers op de HAP naar urgentie en klacht (bron: SEH dataset, bewerking door RIVM).

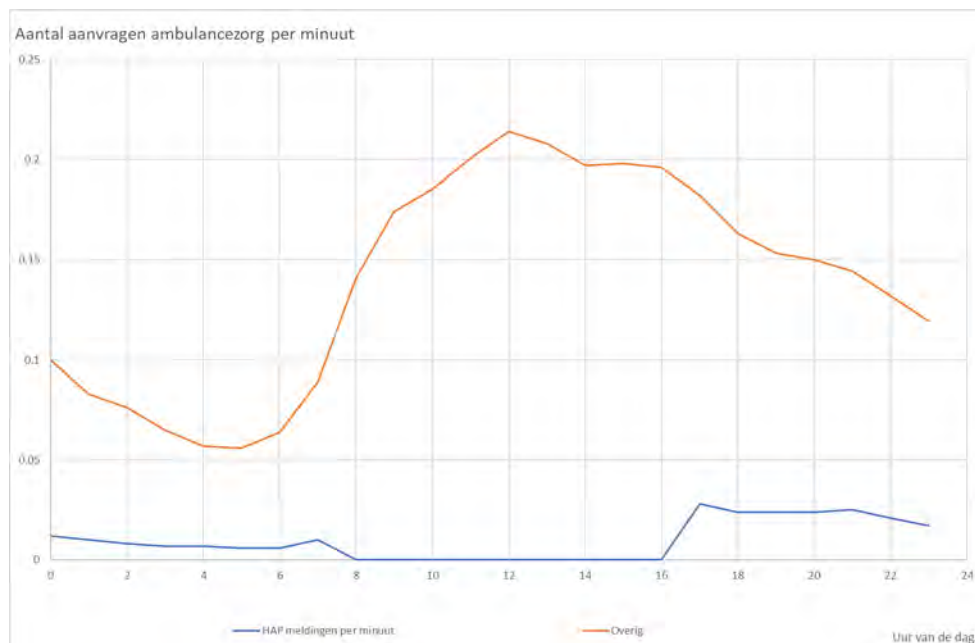
Tabel 6. Aantal patiënten per klachtensoort dat na triage wordt verwezen naar HAP (%).

Klacht	Fractie
Extremitetsklachten	0,25
Buikpijn	0,13
Malaise	0,18
Pijn op de borst	0,05
Kortademigheid	0,07

3.3 Ambulancezorg

Aanvragen

Het model onderscheidt twee soorten aanvragen: Oproepen voor een ambulance komen binnen via de meldkamer (112) en via HAPs. Beide soorten aanvragen zijn gemodelleerd als een Poissonproces met een verschillend gemiddeld aantal aanvragen per uur (figuur 30)



Figuur 30. Aantal aanvragen ambulancezorg per minuut door HAP of anderen.

Type inzet en inzetduur

Uit de Ambulance data blijkt 1,3% van de ritten loos⁹, 27,2% wordt ter plekke opgelost, en 69,3% brengt de patiënt naar de SEH en dan zijn er nog 2,3% overige ritten. De rittijd is verondersteld normaal verdeeld met gemiddelden afhankelijk van het rittype uit de data. In tabel 7 staan de tijden in minuten.

Tabel 7. Gemiddelde en standaard deviatie van de ritduur voor de verschillende soorten inzetten (minuten).

	Loze rit	Eerste hulp, geen vervoer	Bezorging op SEH	Afgebroken rit
Gemiddelde	20,0	49,0	66,3	14,2
Standaard deviatie	22,0	18,5	16,7	19,8

⁹ De term 'loze rit' heeft betrekking op melding waarvoor een ambulance met spoed is ingezet maar waarbij eenmaal ter plaatse het ambulanceteam geen patiënt heeft aangetroffen. Er is geen zorg verleend, maar wel beslag gedaan op ambulance-capaciteit.

4 Simulaties

Dit hoofdstuk presenteert simulaties van de drie deelmodellen. Er zijn twee soorten simulaties, die bepaalde situaties beschrijven:

- (1) De basis-situatie is een benadering van de huidige situatie, gebaseerd op de parameters en variabelen zoals in het voorgaande hoofdstuk gepresenteerd.
- (2) In de simulaties van alternatieve situaties worden parameters of variabelen anders gekozen. Deze situaties beschrijven veranderingen in instroom, aanbod of uitstroommogelijkheden. Bijvoorbeeld meer of minder drukke piekmomenten in het aantal personen dat de HAP of SEH bezoekt, veranderingen in het aanbod van zorgprofessionals of een ander aantal patiënten van een bepaalde ernstklasse.

De simulaties zijn per deelmodel (HAP, SEH, ambulancezorg) uitgewerkt, er is geen integraal model geconstrueerd waarin in- en uitstromen van de deelmodellen met elkaar verbonden zijn. De simulaties van de SEH zijn meer uitgewerkt dan voor de HAP en ambulancezorg omdat voor de SEH al veel eerder (eind 2018) een gedetailleerde dataset beschikbaar was en er meer tijd was om deze data te analyseren en simulaties uit te werken. Analyse van data van HAP en ambulancezorg en de uitwerking van de simulatiemodellen is in 2020 gedaan ben is gedaan op basis van een minder gedetailleerde dataset.

Tijd en tijdstap

De simulaties in dit hoofdstuk bestrijken een periode van 5 dagen, de tijdstap is proefondervindelijk op 0,25 minuten gezet. Bij kleinere tijdstappen veranderen de uitkomsten nauwelijks, bij veel grotere tijdstappen ontstaat numerieke instabiliteit (negatieve patiënten aantallen).

4.1 Basis-situatie

De simulatie van de basis-situatie beschrijft de huidige situatie. De simulatie is een *benadering* omdat niet van alle processen gedetailleerde gegevens beschikbaar waren en omdat niet alle processen in de modellering zijn meegenomen. Ook zijn de simulaties nog niet uitgewerkt voor alle soorten dagen (werk- en weekenddagen). De simulaties zijn illustratief en beschrijven een 'gemiddelde' dag.

HAP

Validatie van het HAP-model is nog in uitvoering, resultaten zijn nog niet gereed. Validatie volgt bij de doorontwikkeling in 2021.

Spoedeisende hulp

De simulatie van de SEH rekent ook een 'gemiddelde' dag dor, niet specifiek een werkdag of weekenddag. Tabel 8 geeft een aantal uitkomsten van de basis-simulatie.

		<i>Per dag</i>	<i>Tijdsduur (min:sec)</i>
Aantal triages		152	9:06
	Zelfverwijzers		
	Verwijzingen uit HAP		
	Bezorgd door ambulance		
	Verwijzingen vanuit eigen ziekenhuis		
Aantal patiënten in diagnostiek en behandeling, naar urgentie		125	
	Levensbedreigend	1,5	
	Spoed	57	
	Dringend	29	
	Niet-dringend	41	
	Advies	0,5	
klacht	extremiteit	40	
	Buikpijn	26	
	Malaise	21	
	Pijn op de borst	23	
	kortademig	17	
Aantal patiënten naar bestemming na behandeling	Klinische opname	32	
	Ontslag/naar huis	64	
	Andere bestemming	30	

Tabel 8: Uitkomsten van de basis-simulatie SEH, uitkomsten geaggregeerd naar aantallen per dag.

Ambulancezorg

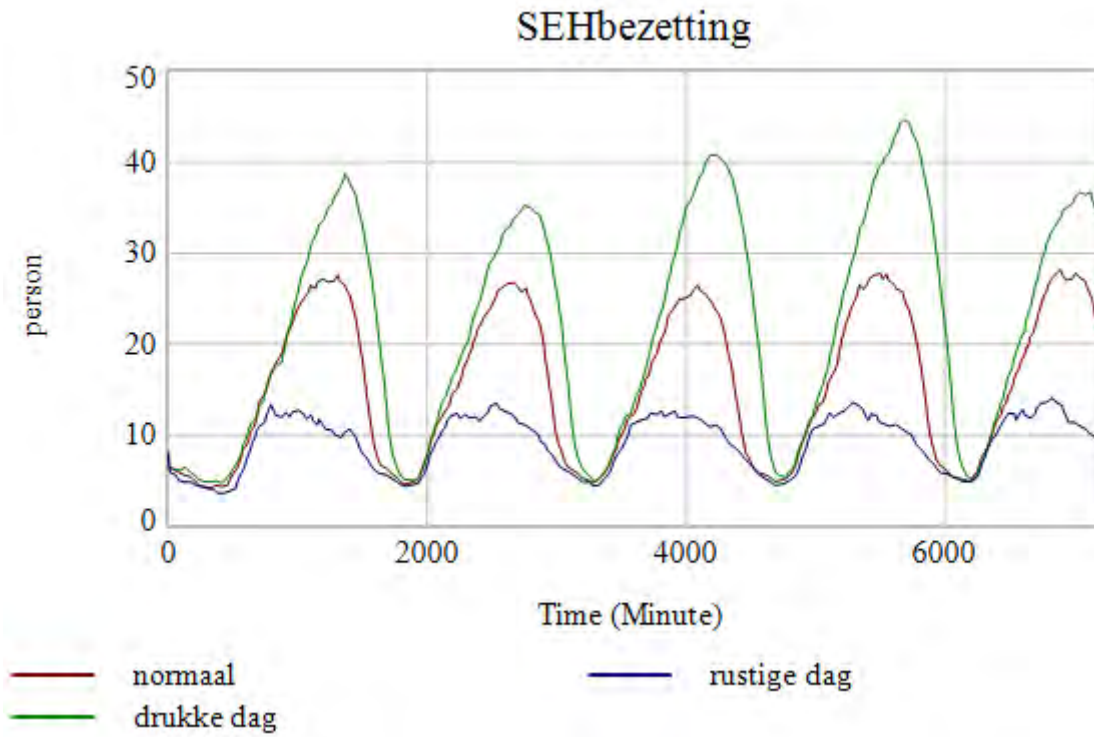
Validatie van het HAP-model is nog in uitvoering, resultaten zijn nog niet gereed. Validatie volgt bij de doorontwikkeling in 2021.

4.2 Alternatieve situaties

Deze simulaties van alternatieve situaties zijn gebaseerd op simulaties van het SEH model alleen.

Rustige en drukke dagen

We simuleren een rustige dag, met ruim 120 patiënten, en een drukke dag, met bijna 170 patiënten. De resultaten van het simulatiemodel laten zien dat de drukte vooral invloed heeft op de hoogte van de piek in de bezetting maar dat het dal nauwelijks verandert (figuur 31).

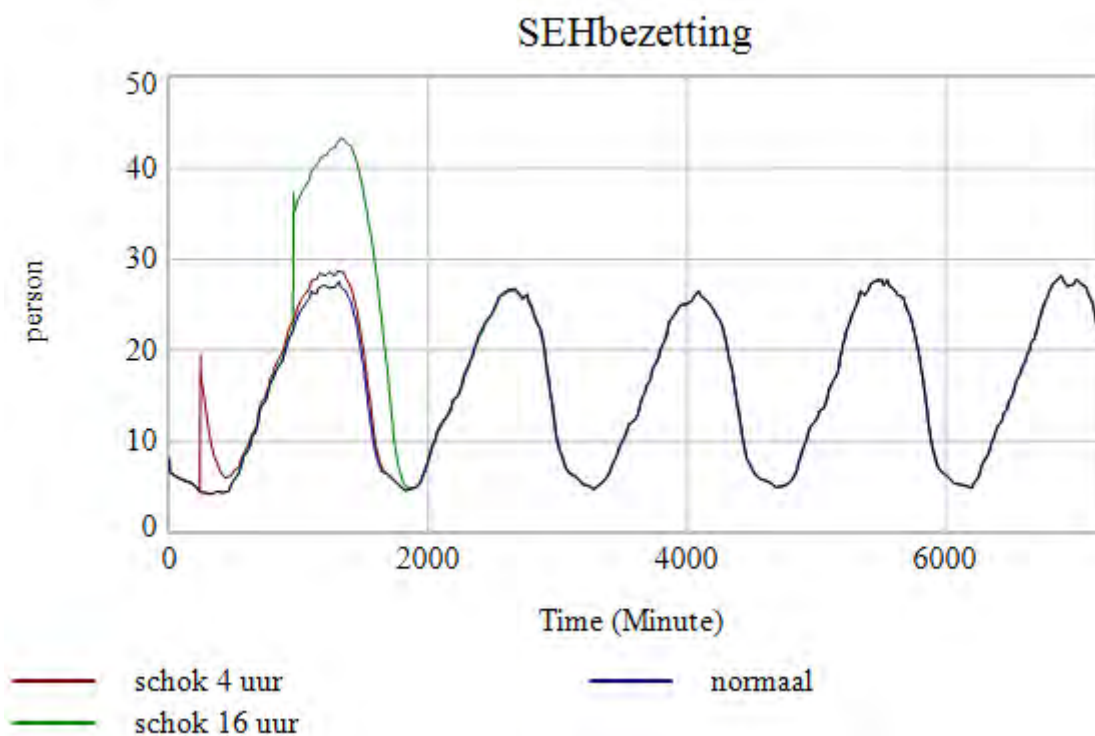


Figuur 31. Bezetting SEH gesimuleerd voor een drukke en rustige dag.

Aanbod schok

In deze simulatie kijken we naar de bezetting van de SEH als er een groot incident gebeurt en plotseling 10% extra patiënten als cluster op 1 moment komen. We kijken hoe lang het duurt voordat de bezetting weer gestabiliseerd is. We simuleren twee varianten: een variant waarbij het incident 's nachts gebeurt en een variant waarbij het incident overdag plaatsvindt.

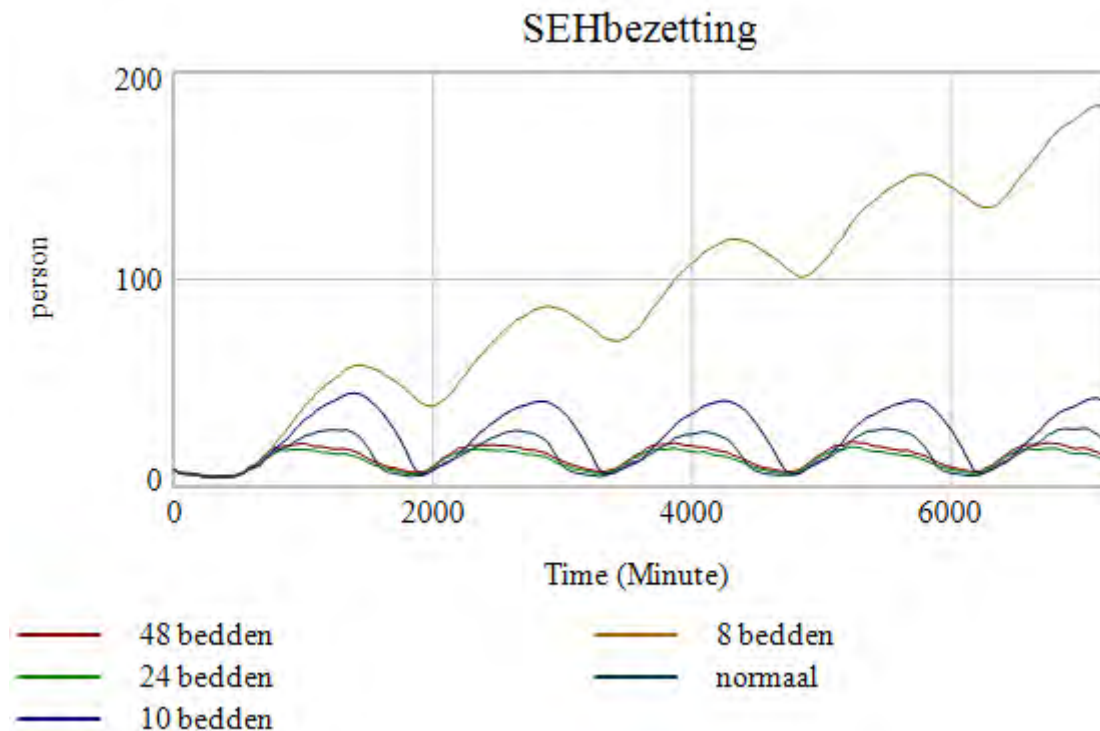
We simuleren een schok met extra patiënten om 4 uur 's nachts en om 16.00 's middags. Dat zijn 2 momenten op de dag waarop de drukte extreem laag of hoog is. Op die momenten laten we de patiënten instroom met 15 (ongeveer 10% van het daggemiddelde) toenemen. Figuur 32 geeft de resultaten. Bij drukte duurt het ongeveer 12 uur na de schok totdat de bezetting weer normaal is, als het rustig is duurt het 4 uur alhoewel de volgend piek (na ongeveer 12 uur) nog steeds licht verhoogd is.



Figuur 32. Bezetting SEH gesimuleerd voor grootschalig incident in de nacht en overdag.

Meer/minder bedden

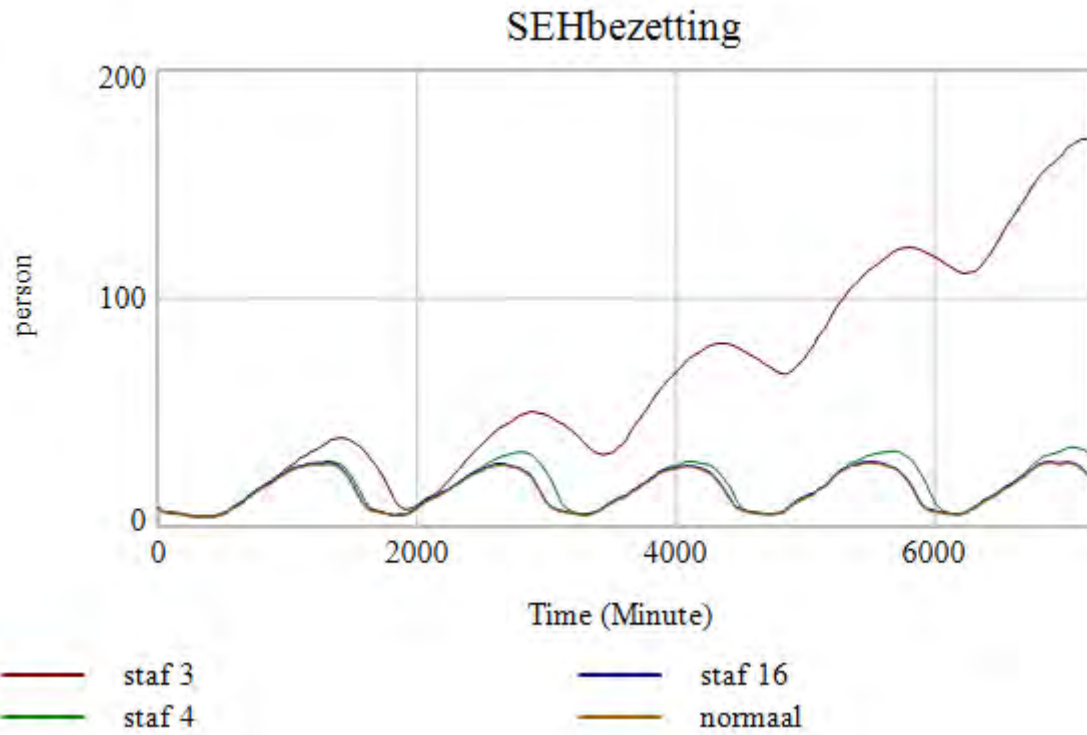
Te weinig bedden zorgt ervoor dat de SEH vol loopt. Weinig bedden zorgt ervoor dat de wachttijden oplopen. Met veel bedden kun je nog iets van de piek afhalen, maar uiteindelijk bij heel veel bedden zijn andere factoren kritisch. Figuur 33 geeft de resultaten van de simulatie waarbij de instroom van patiënten gelijk is aan de basis-situatie, maar er meer of minder bedden op de SEH beschikbaar zijn.



Figuur 33. De bezetting gesimuleerd met 8, 10, 12 (normaal) en 24 bedden.

Meer/minder staf

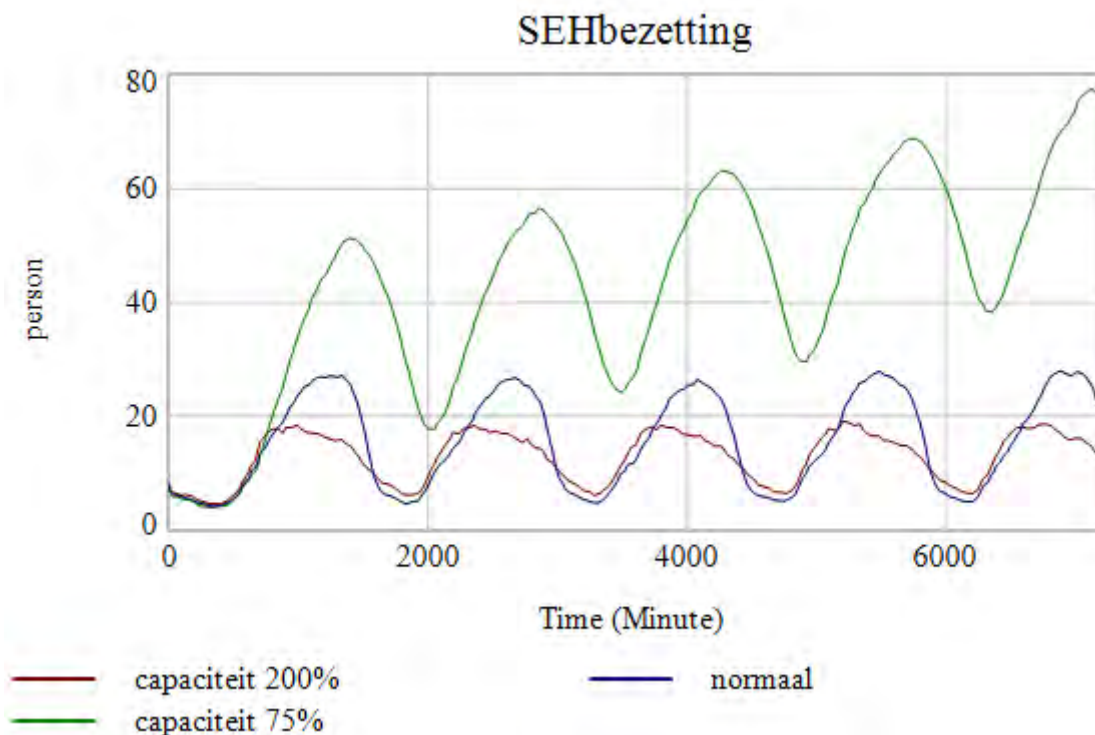
Met te weinig staf kan de SEH het niet aan. Met minder staf zijn de pieken iets hoger, maar met 2 keer zoveel verandert er weinig in de bezetting en dus doorlooptijd. In het model blijkt dat 3 artsen het niet aan kunnen. Vier artsen lukt, die werken dan continu en door de drukte erg efficiënt. In de praktijk is dat natuurlijk niet vol te houden en is er ook geen tijd voor andere zaken zoals administratie, lunch, etc. Maar blijktbaar is de hoeveelheid staf niet direct kritiek. In het model is de arts een alleskunner die elke diagnose kan stellen en behandelen. Figuur 34 geeft de resultaten van de simulaties waarbij er meer of minder artsen beschikbaar zijn voor zorgverlening op de SEH.



Figuur 34. De bezetting gesimuleerd met 3, 4, 8 (normaal), en 16 stafleden.

Meer capaciteit

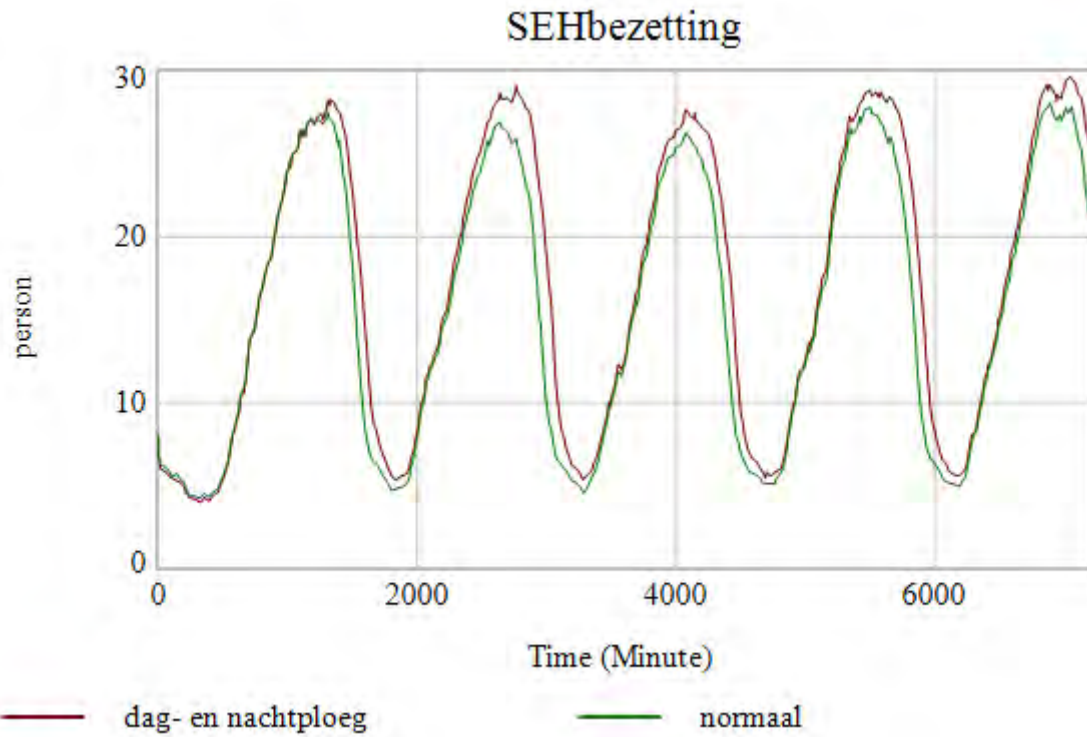
Als het aantal bedden en staf verandert heeft dat effect op de bezetting. Bij een capaciteit van 75% loopt de bezetting op en kan de SEH het niet meer aan. Bij dubbele capaciteit wordt vooral de bezetting tijdens de pieken lager. Figuur 35 geeft de resultaten van deze simulaties.



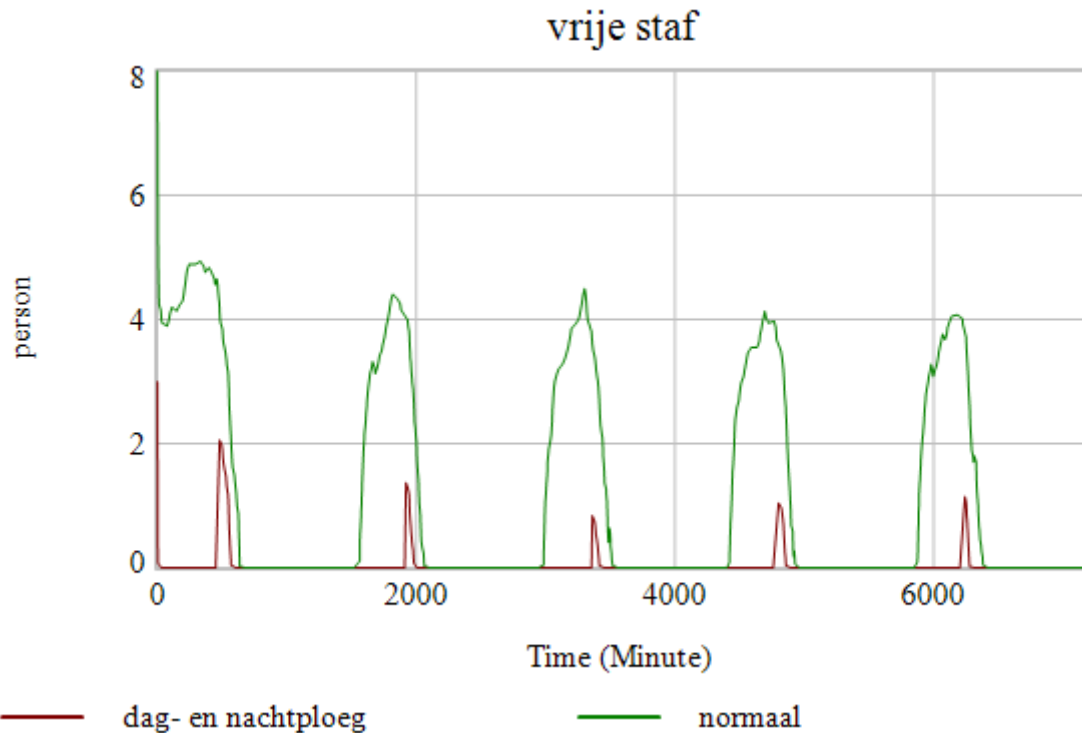
Figuur 35. De bezetting gesimuleerd met 75% en 200% van het aantal bedden en stafleden.

Dag- en nachtploeg

Zeker 's nachts als er weinig patiënten zijn lijkt het niet nodig om veel staf te hebben. Daarom simuleren we een 2-ploegen dienst met een minimale staf van 3 personen van 20-8 uur en 6 personen van 8-20 uur. Dit levert een nauwelijks hoger bezetting op, met veel minder staf. Doordat op die momenten dat er veel vrije staf is, staf die zich niet direct met de diagnose en behandeling van patiënten bezig houdt, die te reduceren. Dit is goed te zien in figuur 38 die de vrije staf laat zien. In de dag- en nachtploeg werkt elk staflid continu. Dit is anders in de normale simulatie met op elk uur 8 stafleden waar er dan regelmatig 2-4 stafleden zijn die zich niet direct met de diagnose en behandeling van een patiënt bezighouden. Door andere begin- eindtijden te kiezen kan de hoeveelheid staf misschien nog verder gereduceerd worden zonder dat de doorlooptijden veel oplopen. Figuren 36 en 37 geven de resultaten van deze simulaties.



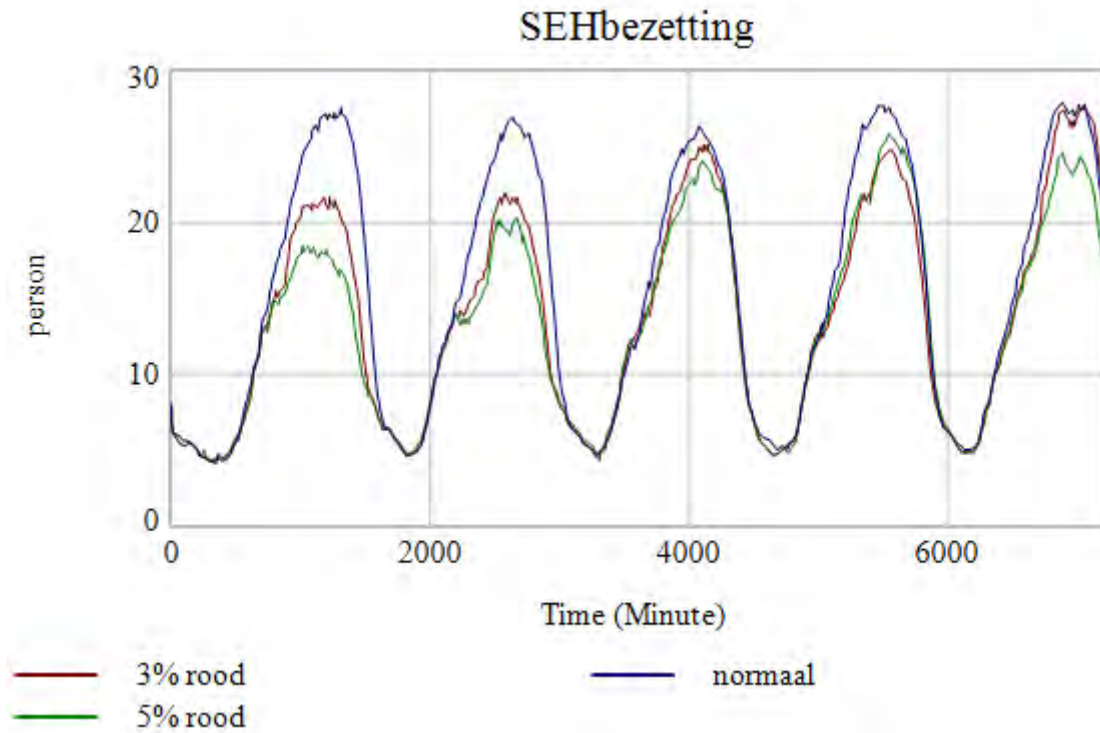
Figuur 36. De bezetting gesimuleerd met dag- (6 stafleden tussen 8-20 uur) en nachtploeg (3 stafleden tussen 20-8 uur) voor 8 stafleden gedurende de hele dag.



Figuur 37. vrije staf gesimuleerd met dag- (6 stafleden tussen 8-20 uur) en nachtploeg (3 stafleden tussen 20-8 uur) en voor 8 stafleden gedurende de hele dag.

Meer mensen met levensbedreigende klachten

Als het aanbod patiënten met levensbedreigende klachten (rood) toeneemt zonder dat het totaal aantal patiënten toeneemt gaat de bezetting omlaag omdat levensbedreigende patiënten een relatief korte behandeltijd hebben en met voorrang worden behandeld. Vermoedelijk wordt in de praktijk zo'n patiënt zo snel mogelijk gestabiliseerd en buiten de SEH verder behandeld. Figuur 38 geeft de resultaten van deze simulaties.

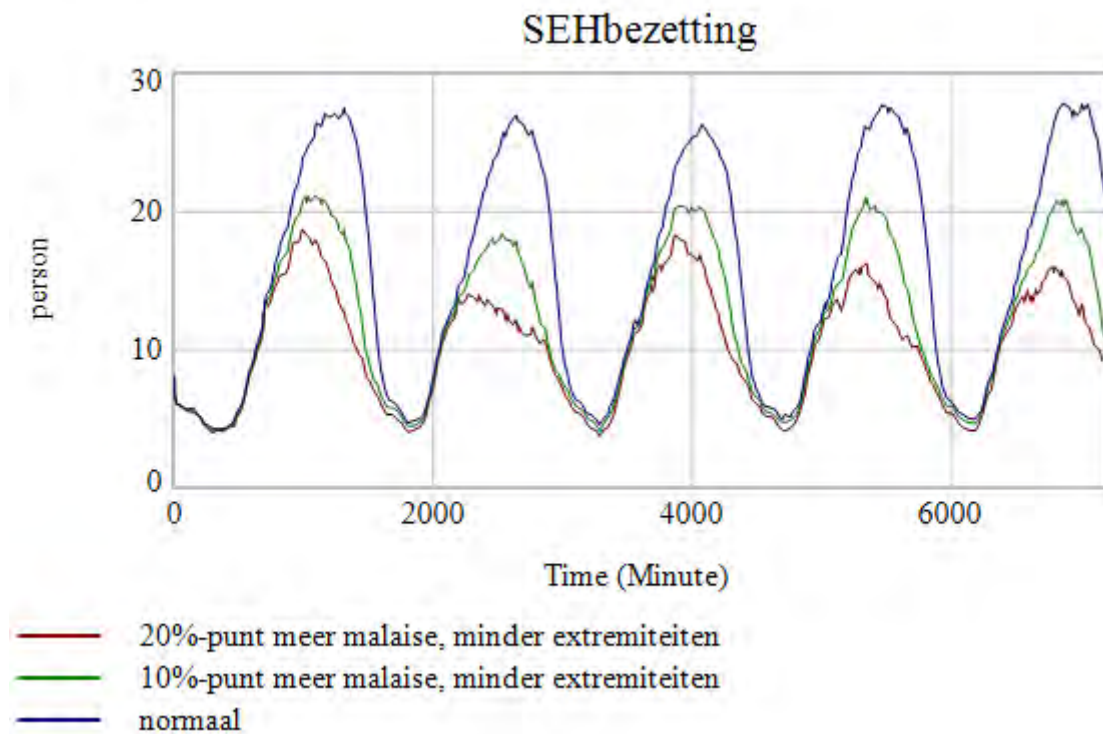


Figuur 38. De bezetting gesimuleerd met een normaal aantal(1%), 2 maal (2%) en 5 maal (5%) zoveel patiënten met levensbedreigende klachten.

Meer malaise, minder extremitetsklachten

Als het aanbod patiënten met niet-levensbedreigende malaise klachten met 10%-punten toeneemt, van 17,5% naar 27,5% terwijl het aantal patiënten met extremitetsklachten met 10%-punten afneemt van 34% naar 24% wordt het rustiger op de SEH en wanneer er 20%-punt verschil is neemt de bezetting nog verder af. Figuur 39 geeft de resultaten van deze simulaties.

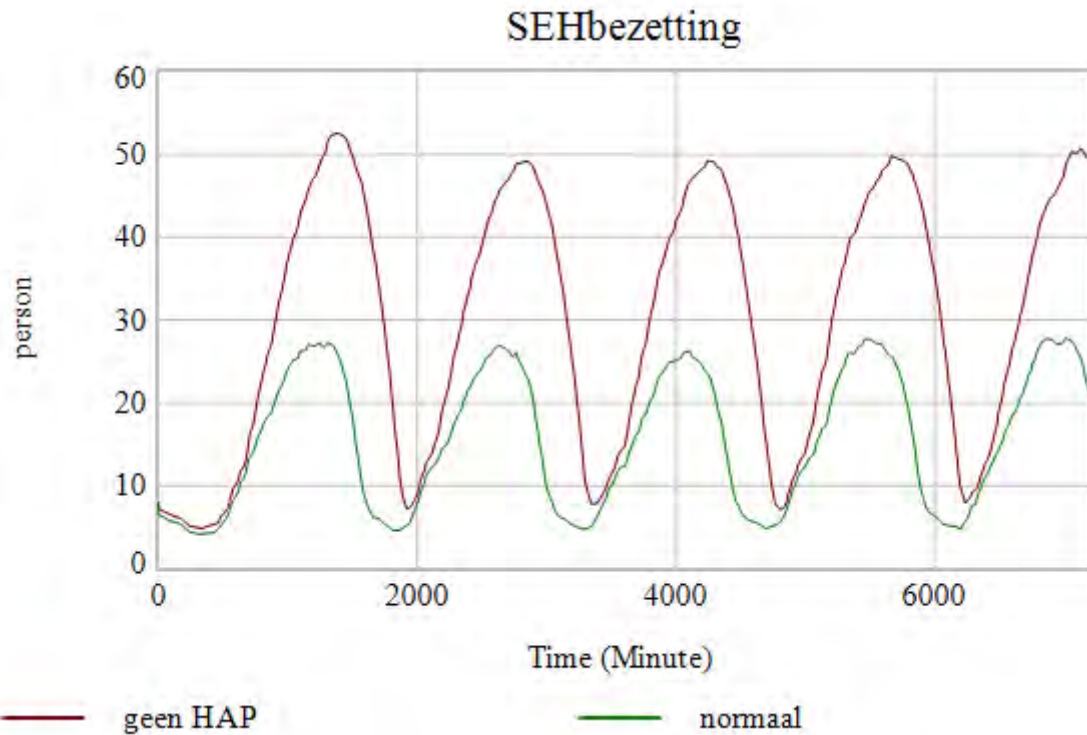
Dit is tegen-intuïtief want malaise klachten hebben gemiddeld een hogere doorlooptijd. De urgentie is in de simulatie echter niet veranderd en gemiddeld hebben malaiseklachten een hogere urgentie zodat er dus vooral meer niet zo urgente malaise klachten zijn in plaats van extremitetsklachten. Dat zou een verklaring kunnen zijn. Het geeft in elk geval aan dat voor een simulatie van een andere casemix zowel klacht als urgentie zou moeten veranderen.



Figuur 39. De bezetting gesimuleerd met 20- en 10%-punt meer malaise klachten en 20- en 10%-punt minder extremitetsklachten voor patiënten met niet-levensbedreigende klachten.

HAP

Als er geen HAP aanwezig is dan moeten die patiënten in de SEH behandeld worden met als gevolg extra patiënten met voornamelijk lage urgentie. Daardoor loopt het aantal patiënten in de SEH op (figuur 40)



Figuur 40. De SEH-bezetting gesimuleerd met en zonder HAP.