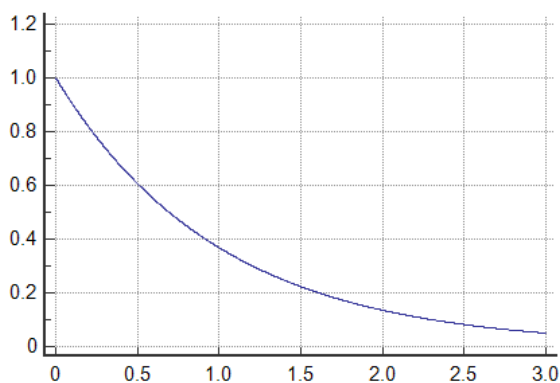


## Kantoorruimte is simpelweg te duur om verloren te laten gaan aan ongebruikte toiletten – technische studie

Kurt Van Haute gem – Wouter Rogiest

In dit document geven we een korte toelichting bij de aannames en de gebruikte simulatiemethodes. Bij elk model horen aannames, die een vereenvoudiging zijn van de realiteit. Bij de keuze van deze aannames streven we voldoende vereenvoudiging na om het model werkbaar te maken, en trachten we tegelijk om zo helder mogelijk te zijn. Daarnaast gaan we ook in dieper detail in op de resultaten.

### Aannames



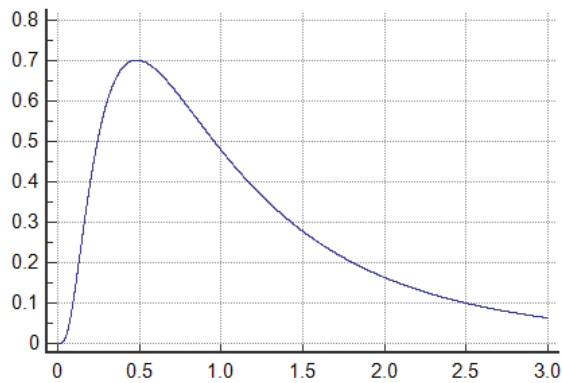
Kansdichtheid van exponentiële distributie met gemiddelde waarde  $E[A]=1$ .  
x-as: tussenaankomsttijd, y-as: kansdichtheid.

De tijden tussen de aankomsten (tussenaankomsttijd) werden verondersteld exponentieel verdeeld te zijn. De kansdichtheid van deze distributie wordt weergegeven in de figuur hiernaast. Het gebruik van deze distributie voor de willekeurig gekozen tussentijden resulteert immers in wat men een Poisson-aankomstproces noemt. In de wachlijntheorie wordt vaak een Poisson-proces gebruikt om aankomsten te modelleren aangezien dit een goede benadering biedt van de realiteit. Dit volgt uit de zogenoemde *geheugenloze eigenschap* van de exponentiële verdeling. Deze zorgt er voor dat

de tijd verstreken sinds de vorige aankomst geen invloed heeft op de tijd tot de volgende aankomst. Of er nu reeds 10, 30 of 50 seconden geen aankomst is geweest, heeft geen invloed op de kans dat er een aankomst volgt in de komende seconde. Deze volledige onafhankelijkheid van de aankomsten bij een Poisson-proces stemt overeen met de situatie waarbij iedereen onafhankelijk van elkaar naar het toilet trekt. Voor de eenvoud veronderstellen we steeds enkelvoudige aankomsten en geen groepjes.

Om het aankomstproces volledig te definiëren moet naast de distributie ook de gemiddelde tussenaankomsttijd en het eventuele verloop ervan bepaald worden. Voor het algemeen gemiddelde wordt uitgegaan van gemiddeld 4 toiletbezoeken per persoon per werkdag van 8u wat een gemiddelde tussenaankomsttijd van 2 uur geeft. Zelf indien deze constant gehouden wordt, varieert de tijd tussen aankomsten. Echter zijn er in moderne werkomgevingen wel af en toe pieken en dalen waarop de gemiddelde tijd tussen aankomsten sterker varieert dan gemodelleerd kan worden door een Poisson-proces met vaste intensiteit. Dit zijn bijvoorbeeld momenten vlak na een grote vergadering of rond de middagpauze. Deze modelleren we door per werkdag van 8u drie piekmomenten te modelleren in de aankomsten. Tijdens deze piekmomenten van telkens 15 minuten wordt het aankomstproces 3 keer zo intensief. In een periode van een uur voorafgaande aan het piekmoment ligt de aankomstintensiteit dan weer de helft lager dan normaal. Dit zorgt er voor dat de algemeen gemiddelde aankomstintensiteit constant blijft en dus te vergelijken valt met andere scenario's waar dit ook zo is.

De toilettijd wordt gemodelleerd als een lognormale verdeling met variatiecoëfficiënt gelijk aan 1 in de simulaties. De kansdichtheid van deze distributie wordt weergegeven in de figuur hieronder. In tegenstelling tot een normale verdeling vermijdt het gebruik van een lognormale verdeling op een



Kansdichtheid van lognormale distributie met gemiddelde waarde  $E[A]=1$  en variatiecoëfficiënt=1.  
x-as: tussenaankomsttijd, y-as: kansdichtheid.

natuurlijke manier dat negatieve toilettijden voorkomen. De variatiecoëfficiënt van 1 wordt vaak gebruikt in de literatuur. Van alle aankomsten veronderstellen we dat zowel bij mannen als vrouwen één op acht een grote boodschap brengt. Hier rekenen we zowel bij mannen als vrouwen een gemiddelde van 5 minuten. Voor een kleine boodschap rekenen we op 1 minuut bij de mannen en 1 minuut en 30 seconden bij de vrouwen. Deze waarden zijn in overeenstemming met de literatuur en onze eerdere studies.

In de vorige studie onderzochten we plaatsen zoals festivaltoiletten, waar het telkens zeer druk is. Dit wil zeggen dat de load van het systeem, dit is de verhouding van het toekomstige werk tot de capaciteit van het systeem, telkens zeer hoog lag met waarden rond en zelfs hoger dan 1. In deze situaties was het dan ook de gemiddelde wachttijd, en de minimalisatie hiervan, die onze onderzochte prestatie maat was. In werkomgevingen wordt echter verwacht dat er zelden tot nooit mag gewacht worden in een toiletruimte en liggen de waarden voor de load dan ook veel lager. Aangezien in deze situaties de gemiddelde wachttijd altijd zeer laag ligt verliest deze prestatie maat zijn interpretatiewaarde. Daarom wordt er geopteerd om de kans op een nul-wachttijd als prestatie maat te nemen. Deze waarde kan gemakkelijk over verschillende systemen vergeleken worden en geeft bovendien een goed beeld van het service-niveau van het systeem. De waarde is ook intuïtief, en is het antwoord op de eenvoudige vraag: “wat is de kans dat ik niet moet wachten?”.

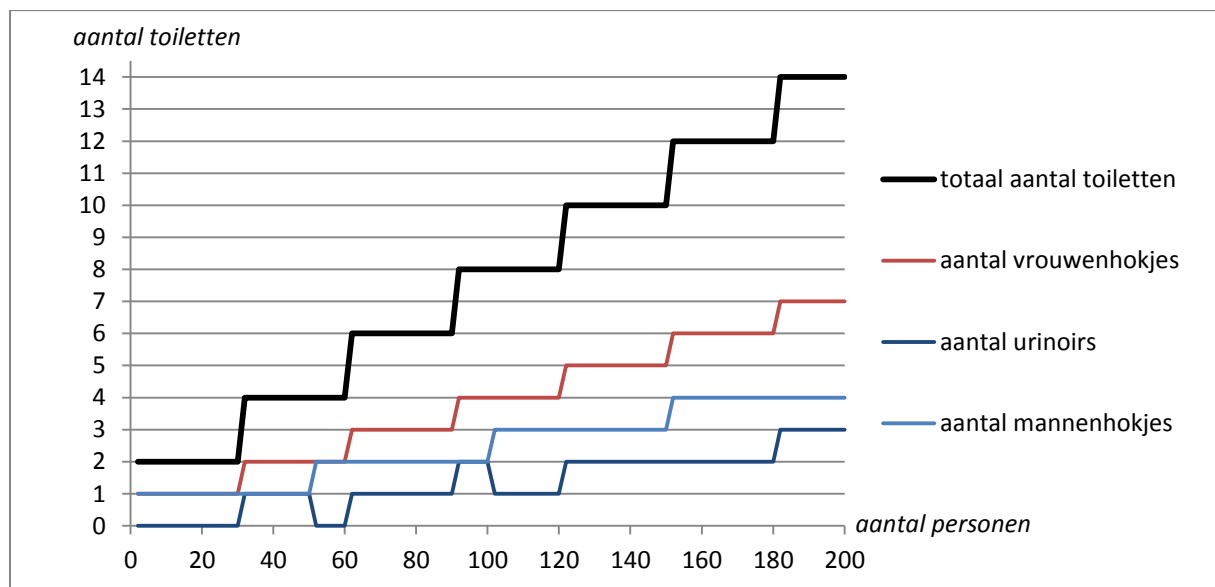
Het systeem wordt gesimuleerd via een DES (Discrete Event Simulation). Een DES simuleert de werking van een systeem door te springen in de tijd van gebeurtenis naar gebeurtenis en bij elke gebeurtenis de toestand van het systeem te veranderen. De toestand is een aantal wiskundige variabelen die ondubbelzinnig de stand van zaken van het systeem beschrijven op het specifieke tijdstip. In het geval van gesplitste toiletten worden deze apart gesimuleerd en is de toestand van het systeem het aantal toiletten dat bezet is, samen met de lengte van de wachtrij. De gebeurtenissen in ons systeem zijn telkens de aankomst- en vertrektijdstippen van de toiletgangers. Deze tijdstippen worden bijgehouden in een agenda die chronologisch wordt afgewerkt. Bij elke gebeurtenis wordt ingelezen welk type gebeurtenis het is waarna de toestand op de juiste manier aangepast wordt (aantal vrije toiletten stijgt of daalt, de wachtrij groeit aan of neemt af). Daarnaast worden ook nieuwe gebeurtenissen gecreëerd. Zo zal bijvoorbeeld een aankomst automatisch de volgende aankomst creëren door een tussenaankomsttijd op te tellen bij het huidige tijdstip. Vervolgens wordt de huidige gebeurtenis uit deze vernieuwde agenda geschrapt en wordt de agenda opnieuw chronologisch gesorteerd. Zo wordt telkens opnieuw de eerste gebeurtenis uit de agenda verwerkt (toestand aanpassen, nieuwe gebeurtenissen creëren en agenda sorteren). Dit wordt herhaald tot een vooraf vastgelegd tijdstip bereikt wordt. De prestatie maat, het aantal aankomsten dat niet moet wachten, wordt onderweg bijgehouden en kan dan achteraf geïnterpreteerd worden.

Aangezien een DES niet elk moment simuleert maar slechts de momenten die er toe doen, is een DES typisch veel sneller dan een continue tijd-simulatie die hetzelfde simuleert. Deze laatste deelt de tijd

op in zeer kleine intervallen die elk afzonderlijk geanalyseerd moeten worden, wat extra berekeningen vergt die op zich geen meerwaarde bieden. Om betrouwbare resultaten te verkrijgen wordt bovenstaande procedure om de agenda tot een bepaald tijdstip te verwerken 1000 maal herhaald. Over dit grote aantal 'runs' worden de wachttijden van de klanten uitgemiddeld waardoor we betrouwbare resultaten krijgen van onze prestatie maat. Het zijn deze uitgemiddelde wachttijden die getoond worden op de grafiek die het tijdsverloop van de gemiddelde wachttijd weergeeft.

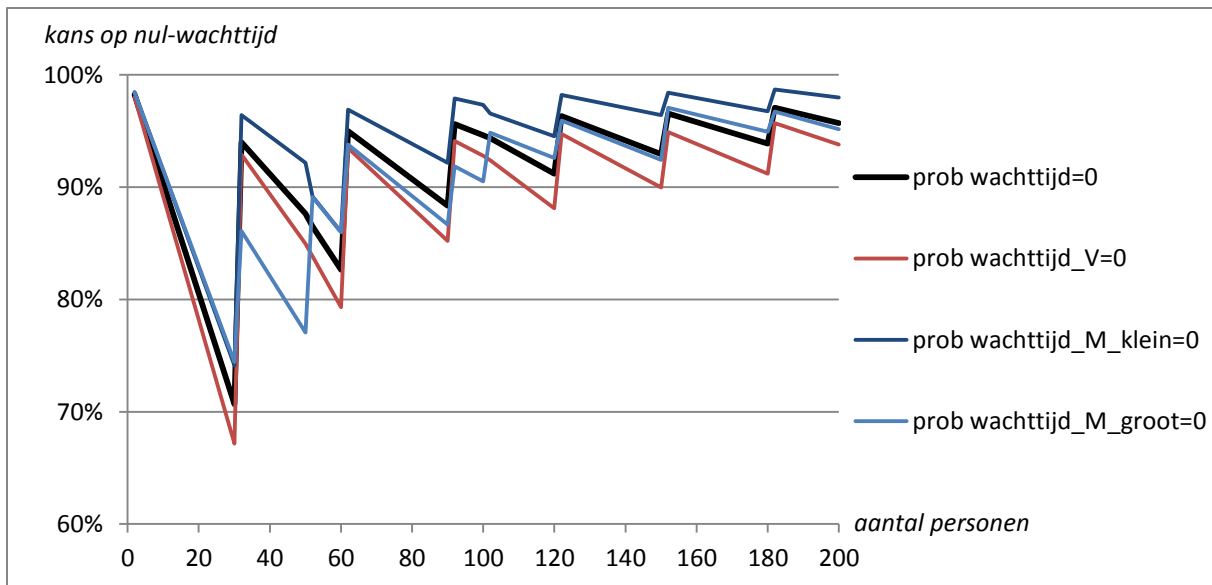
## Resultaten

Als eerste onderzoeken we de huidige richtlijnen en hun bijhorende prestatie. Het Koninklijk Besluit (KB) Arbeidsplaatsen – algemene basiseisen stelt dat de toiletten voor mannen en vrouwen volledig gescheiden moeten zijn. Per 15 tegelijk tewerkgestelde mannen of vrouwen moet minimum 1 hokje voorzien zijn. Voor de mannen kunnen de hokjes worden vervangen door urinoirs, op voorwaarde dat het aantal individuele hokjes ten minste 1 per 25 tegelijk tewerkgestelde mannen bedraagt. Met de interpretatie waarbij vanaf de 16<sup>de</sup> tewerkgestelde man of vrouw een extra wc moet voorzien worden geeft dit de aantallen weergegeven in onderstaande figuur in functie van het totaal aantal personen tegelijk tewerkgesteld. Hierbij wordt uitgegaan van een strikte 50/50 mix tussen mannen en vrouwen.



Aantal vrouwenhokjes, mannenhokjes, urinoirs en totaal aantal toiletten volgens de huidige richtlijn in functie van het totaal aantal gelijktijdig tewerkgestelde personen.

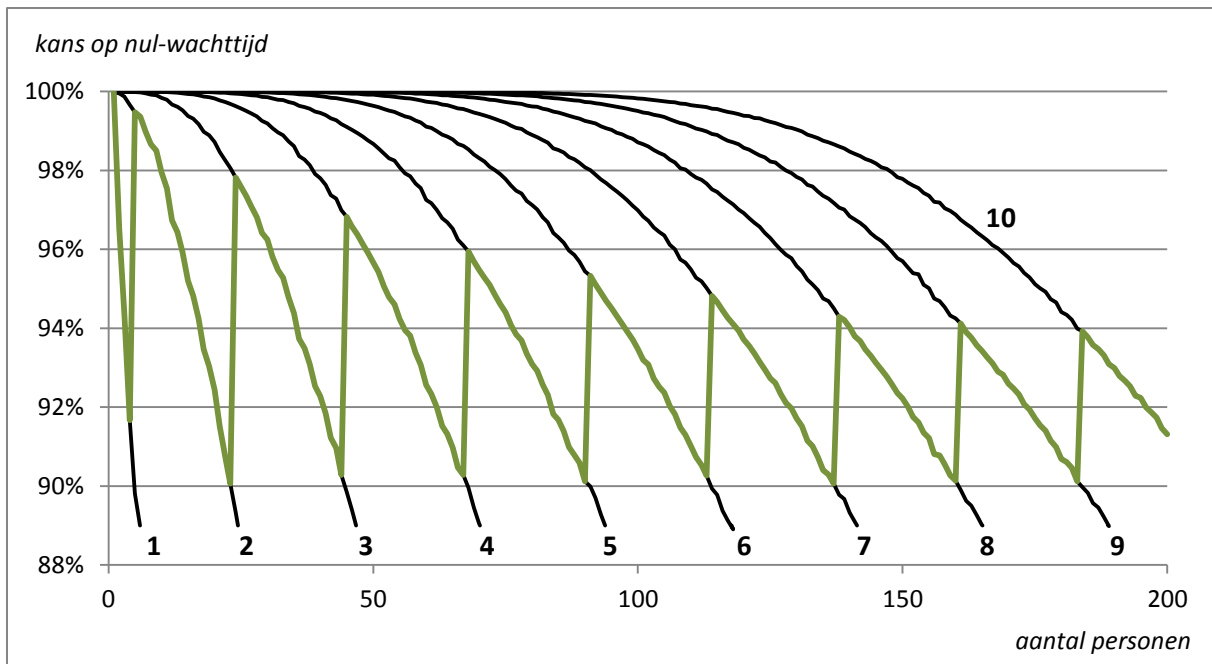
Om de prestatie van deze richtlijn te evalueren kunnen we zowel naar de gemiddelde wachttijd als de kans dat er niet moet gewacht worden door een willekeurige aankomst kijken. Deze twee prestatie maten zijn uiteraard aan elkaar gerelateerd aangezien een groter aantal nul-wachttijden de gemiddelde wachttijd doet dalen. Beide kunnen dan ook gebruikt worden om deze richtlijn te evalueren en als basis om onze nieuwe richtlijn vorm te geven. Aangezien de gemiddelde wachttijden echter vrij laag liggen (zie hoger) verkiezen we hier te kijken naar de kans op een nul-wachttijd. Deze prestatie maat wordt voor de huidige richtlijn in onderstaande figuur weergegeven. Hierbij zijn de resultaten opgesplitst tussen vrouwen, mannen met een klein toiletbezoek en mannen met een groot toiletbezoek. Ook een algemeen gemiddelde wordt weergegeven.



Kans op een nul-wachttijd voor vrouwen, mannen met een klein toiletbezoek en mannen met een groot toiletbezoek. Ook de uitgemiddelde kans over alle mannen en vrouwen wordt weergegeven.

Drie vaststellingen dringen zich op. Vooreerst is duidelijk dat met de huidige richtlijn er grote verschillen zijn in prestatie naargelang het aantal personen dat aanwezig is. Als we eisen dat minstens 90% van de aankomsten niet mag wachten dan zien we dat de huidige richtlijn in veel gevallen te weinig toiletten voorziet om hier aan te voldoen. Dit is vooral het geval bij situaties waarbij het aantal tewerkgestelde mensen net iets kleiner is dan 30, 60 of 90 personen. Dit zijn immers de aantallen waarop het aantal toiletten stijgt in de huidige richtlijn. Ten tweede blijkt de prestatie voor vrouwen en mannen sterk te verschillen, met voor mannen ook nog eens uitgesproken verschillen afhankelijk van de grote of kleine boodschap die te volbrengen is. Dit komt doordat de huidige richtlijn geen rekening houdt met het verschil in toilettijd tussen mannen en vrouwen en de voorziene opsplitsing in urinoirs en hokjes bij de mannen vaak te kort schiet. Ten derde zien we dat bij grote aantallen, het aantal voorziene toiletten te groot wordt. Dit lijkt op het eerste zicht positief aangezien voor een groot aantal personeelsleden in meer dan 90% van de gevallen niet gewacht moet worden. Echter loopt de eigenlijke prestatie steeds verder weg van deze toch al strenge richtlijn en is er dus sprake van een systematisch stijgende overcapaciteit voor grote aantallen personen.

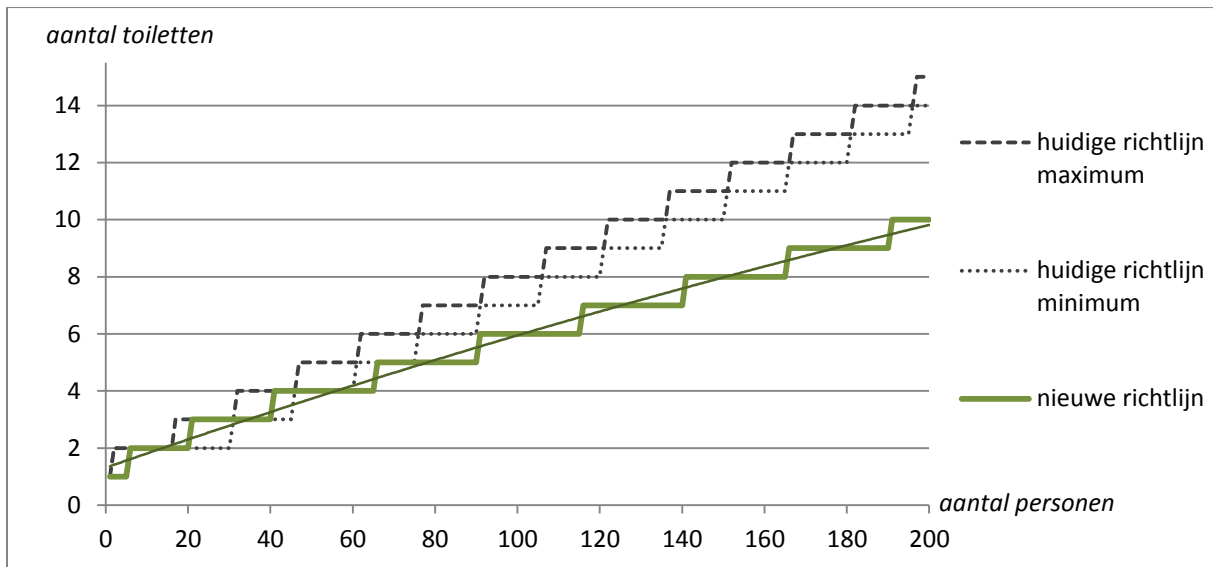
Om een nieuwe richtlijn te bepalen gaan we uit van een scenario met alleen maar hokjes. Deze worden bovendien gedeeld tussen mannen en vrouwen waardoor iedereen in dezelfde rij zal wachten en er dus sowieso geen verschillen zijn tussen de gemiddelde wachttijd van mannen en vrouwen. Om in dit scenario een nieuwe richtlijn te bepalen simuleren we voor elke combinatie van een bepaald aantal toilethokjes en een bepaald aantal personen het volledige systeem. De prestaties van al deze combinaties brengen we dan samen op één figuur waarbij we vervolgens eenvoudig kunnen aflezen wat het nodige aantal toilethokjes is om bij elk aantal personen de prestatie maat boven de 90% te krijgen. De onderstaande figuur toont deze procedure.



Kans op een nul-wachttijd in functie van het aantal gelijktijdig tewerkgestelde personen en het aantal toilethokjes in een layout met hokjes voor gemengd gebruik. De zwarte curves tonen de kans op een nul-wachttijd voor het aangeduide aantal toilethokjes. De groenen curve toont het minimum aantal hokjes dat nodig is om deze kans steeds boven 90% te houden (basis van de nieuwe richtlijn).

Het aantal personen vanaf wanneer een tweede, derde, enzoverder toilet nodig zijn, zijn 5, 24, 45, 68, 91, 114, 138, 161 en 184. Benaderend kunnen we deze omzetten naar de volgende eenvoudigere regel voor de tussenstappen. Tot en met 5 personen één hokje; vanaf 6 personen twee hokjes. Vanaf 21 personen (15 extra): 3 hokjes. Vanaf dan vergroot de tussenstap voor een extra toilet telkens met 5 personen. Dit geeft dus vanaf 41 (+20) personen 4 hokjes, en vanaf 66 (+25): 5 hokjes. Eens op 25 wordt de tussenstap het best constant gehouden voor de volgende sprongen. De grenzen liggen dus als volgt: 5, 20, en dan 40, 65, 90, 115, 140,... Het is deze regel die in het opiniestuk vermeld staat als richtlijn en die ook hieronder nog eens weergegeven wordt op de figuur. Ons voorstel van richtlijn levert ook robuuste resultaten (niet weergegeven) bij aangepaste aankomstprocessen (meer of minder variabel) en bij situaties waar de man/vrouw-verhouding niet 50/50 is. Dit staat in tegenstelling tot de huidige richtlijn, die bovendien nog een extra probleem vertoont in de praktijk, omdat de man/vrouw-verhouding niet strikt 50/50 is. Dit zorgt voor een speling op de curve van de huidige richtlijn, met over het algemeen een variatie van 1 hokje. Hierdoor is de huidige richtlijn in de praktijk niet weer te geven met één enkele curve, maar met een eerste curve die het minimum aangeeft en dus nooit lager gaat dan 2, en een tweede curve die het maximum aangeeft. Een strikte 50/50-verhouding valt altijd tussen deze grenzen. Deze beide curves zijn hieronder uitgezet, samen met ons voorstel voor de nieuwe richtlijn. Zoals duidelijk is valt het voorstel van de nieuwe richtlijn bijna altijd onder het minimum van de huidige richtlijn, en nooit boven het maximum van de huidige richtlijn. Voor werkplekken met 5 personen of minder maakt ons voorstel van richtlijn in de praktijk een halvering van het aantal toiletten mogelijk, waarbij van 2 naar 1 gegaan wordt, omdat bij gescheiden toiletten steeds een mannentoilet en een vrouwentoilet moet voorzien zijn. Voor grote werkplekken wordt de winst van ons voorstel groter naarmate het aantal personen toeneemt. Voor werkplekken met 200 personen legt de oude richtlijn 14 of 15 hokjes op, terwijl de nieuwe richtlijn

maar 10 hokjes oplegt. Een beduidend verschil dus, waarbij niet moet ingeboet worden in gebruiksgemak, aangezien de kans op wachten ook in die gevallen laag blijft.



De huidige en nieuwe richtlijn in functie van het aantal gelijktijdig tewerkgestelde personen.