

---

aantal en duur van RVR-runs  
voor RVR-waarden minder  
dan 225 m

drs. AHC Stalenhoef

Technische rapporten TR-85

# aantal en duur van RVR-runs voor RVR-waarden minder dan 225 m

drs.AHC Stalenhoef

Technische rapporten TR-85

inhoud	blz.
Summary	3
1. Inleiding	5
2. Het minuutwaardenbestand	5
3. Runlengten	8
4. Totale duur van dichte mist bepaald uit runlengten	12
5. De kans op het aanhouden van slecht zicht	17
6. Conclusies	17
Appendix	19

# Summary

## Number and duration of RVR-runs for RVR-values less than 225 m

In order to obtain a better insight into the appearance of dense fog at Amsterdam airport (Schiphol) a study was made on the number and length of RVR-runs for values of the RVR less than 225 m. The study was based on 1-minute data of transmissometers and matching background-luminance meters on several locations of the airport for the 6-year period June 1979-May 1985.

A run is a period in which the value of the RVR does not exceed a certain fixed level. In this study a run was terminated if the value of the RVR exceeds the selected level for more than 5 successive minutes (see Figure 2). The following levels of RVR were considered: 50, 75, 100, 125, 150, 175 and 200 m.

Figure 1 gives a survey of the locations. Table 1 contains for each month the percentage of time that 1-minute transmissometer data were not available on magnetic tape. Table 2 gives for every location the number of runs of specified lengths and the total number of runs in the 6-year period. For instance from the table it is found that for transmissometer TR 19R-oost there are 65 runs with a length between 5 and 11 minutes for the RVR level of 200 m.

Table 3 contains for every location relative frequencies of runs with lengths less than 11, 11 up to 30 and more than 30 minutes. For RVR levels between 75 and 225 m the number of runs with a length less than 11 minutes is about 50 percent for every location.

Table 4 gives information about the total duration in the 6-year period that the RVR does not exceed a certain level. In Table 4A  $T_x$  is the total number of minutes that the RVR does not exceed  $x$  somewhere on the airport (i.e. at least at one of the 9 locations) and  $C_x$  in Table 4C is the total number of minutes that the RVR does not exceed  $x$  on a certain location.  $C_x$  for a location as a percentage of  $C_x$  for location 19R-oost and  $C_x$  for location 19-R oost as a percentage of  $T_x$  are given in the table under Figure 3. From this table it follows that the duration of dense fog (RVR-values between 75 and 225 m) is longer for runway 19R-01L than for runway 19L-01R.

In a situation of dense fog an important quantity is the duration that this dense fog may persist after arrival of an aeroplane at Schiphol. In the literature on stochastic processes this waiting time is known as the

forward recurrence time  $W$ .

In the appendix the following expression is derived for the probability distribution of  $W$ :

$$\Pr(W > t) = G_R(t) \{ \mu_{R||t}^{-t} \} / \mu_R$$

with  $G_R(t)$ : probability that a run has length  $> t$ ,

$\mu_R$  : mean length of all runs,

$\mu_{R||t}$  : mean length of runs  $> t$ .

For a certain location the values of  $\mu_R$ ,  $G_R(t)$  and  $\mu_{R||t}$  for a certain duration  $t$  can be determined from the available data. Figure 4 gives the probability distribution of the forward recurrence time  $W$  for the RVR levels 100, 150 and 200 m. Figures 4A, 4B and 4C refer to locations 19R-oost, 27 and 06, respectively. For instance from Figure 4A it follows for location 19R-oost that the probability of  $W > 15$  minutes is 58, 68 and 71 percent for the RVR-levels 100, 150 and 200 m, respectively.

# 1 Inleiding

Vanaf het einde van de jaren zeventig zijn op Schiphol de aanwijzingen van alle transmissometers en bijbehorende achtergrondhelderheidsmeters iedere minuut op cassettes (en later op magneetband) vastgelegd. Met dit bestand van minuutwaarden kan een beter inzicht in het optreden van dichte mist worden verkregen. Verbetering van de klimatologische informatie is thans dringend gewenst in verband met de besluitvorming inzake maatregelen en voorzieningen die start- en landingsoperaties mogelijk moeten maken bij zeer lage zichtwaarden. Hierbij moet men denken aan mistperioden met een RVR-waarde van 200 m en minder.

In dit rapport wordt ingegaan op de duur van slechtzicht condities. Hiertoe werden voor verschillende meetlokaties op Schiphol frequentieverdelingen van runlengten vervaardigd. Bij een run moet men denken aan een aaneengesloten periode gedurende welke de RVR-waarde een bepaald vast niveau niet overschrijdt (een nadere definitie volgt later). Naast de aantallen runs wordt ook aandacht geschonken aan de totale duur dat de RVR-waarde onder bepaalde niveaus blijft. Voor beperktzicht operaties zijn de RVR-niveaus 200, 175, 150, 125, 100, 75 en 50 m van belang.

Onderzocht werden de transmissometergegevens van een negental lokaties voor het 6-jarig tijdvak juni 1979 tot en met mei 1985. De ligging van de transmissometers is gegeven in figuur 1.

## 2 Het minuutwaardenbestand

In de periode juni 1979 tot en met mei 1985 ontbreken aan het minuutwaardenbestand nogal wat waarnemingen. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de percentages van de tijd dat er geen gegevens op cassette/magneetband zijn vastgelegd. Er is dan voor dit onderzoek geen transmissometeraanwijzing en dus geen zichtinformatie beschikbaar. Uit deze tabel blijkt dat van de gegevens op cassette/magneetband in 1/3 van alle beschouwde maanden de waarnemingen voor meer dan 10 procent van de tijd

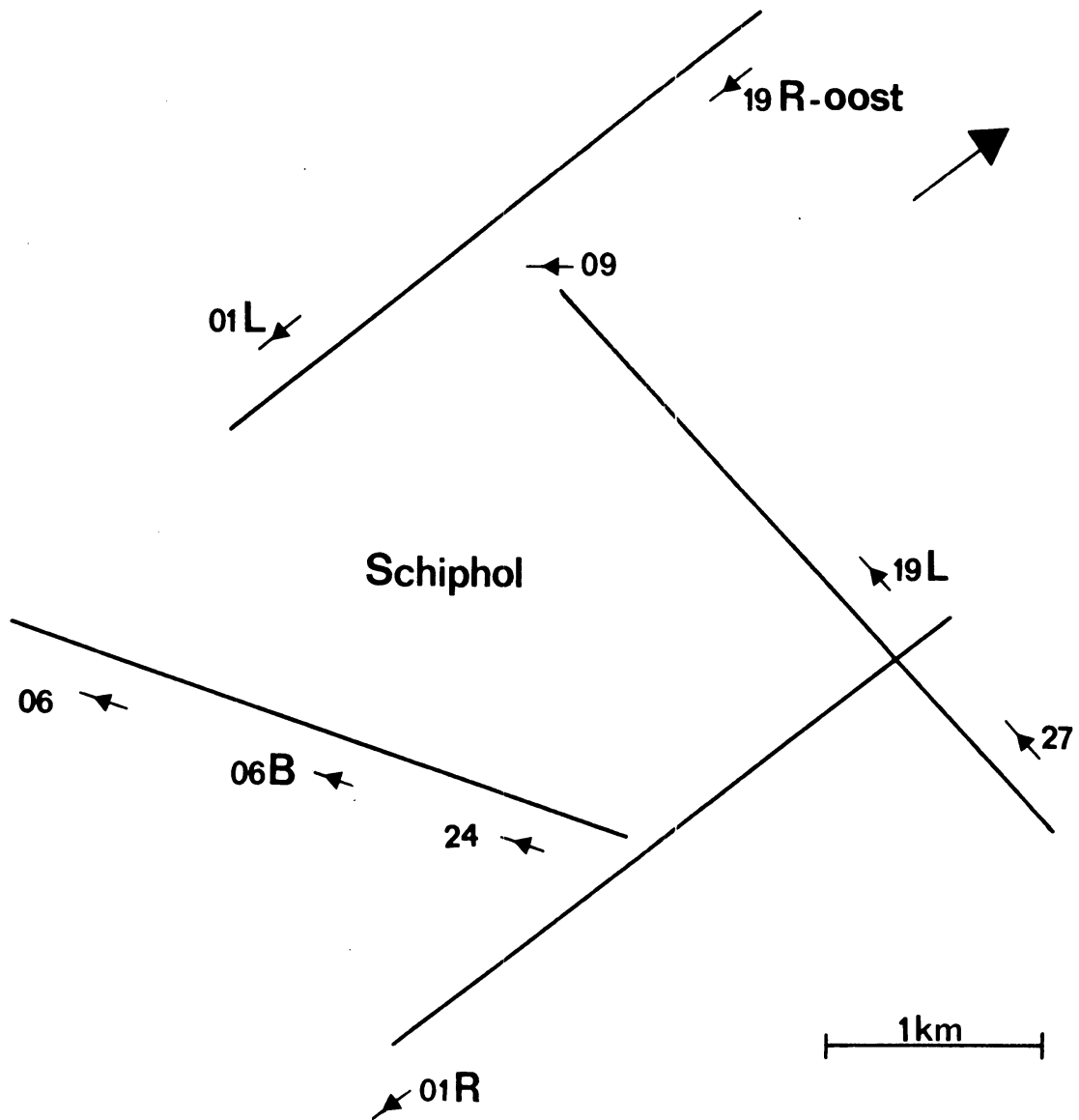
ontbreken. In de maanden juli 1979, januari 1982, maart, september en oktober 1984 ontbreekt zelfs nagenoeg alle zichtinformatie. Van de beschouwde periode is 84,2 procent beschikbaar voor RVR-onderzoek. Hieruit zijn de perioden met dichte mist, die voor het onderzoek van belang zijn, geselecteerd.

Voor lokatie 19R-oost bleek dat frequenties van optreden van RVR-waarden beneden 225 m uit dit minuutwaardenbestand goed overeenstemden met die uit de halfuurlijkse waarnemingen van de METAR.

Tabel 1

Percentage van de tijd dat er geen zichtinformatie  
op cassette/magneetband beschikbaar is

jaar maand	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	gemid- deld
1		4.8	40.3	100.0	4.1	0.2	2.9	25.4
2		7.8	8.4	4.8	0.1	18.8	68.0	17.9
3		1.8	15.2	4.6	0.2	97.6	1.7	20.2
4		7.3	7.9	27.5	21.0	0.7	1.7	11.0
5		5.0	3.7	0.8	25.0	5.6	0.5	6.8
6	18.3	7.6	4.4	0.8	7.2	0.2		6.4
7	99.0	17.3	4.5	2.7	3.4	7.2		22.4
8	22.8	7.2	7.1	9.5	2.1	52.4		16.8
9	10.3	15.6	11.0	0.9	5.5	99.1		23.7
10	12.4	22.0	6.1	0.5	13.8	99.9		25.8
11	12.6	18.6	0.8	0.4	13.8	0.8		7.8
12	5.2	9.7	3.7	8.8	1.6	3.8		5.5
jaar	26.0	10.4	9.5	13.6	8.2	32.3	14.0	15.8



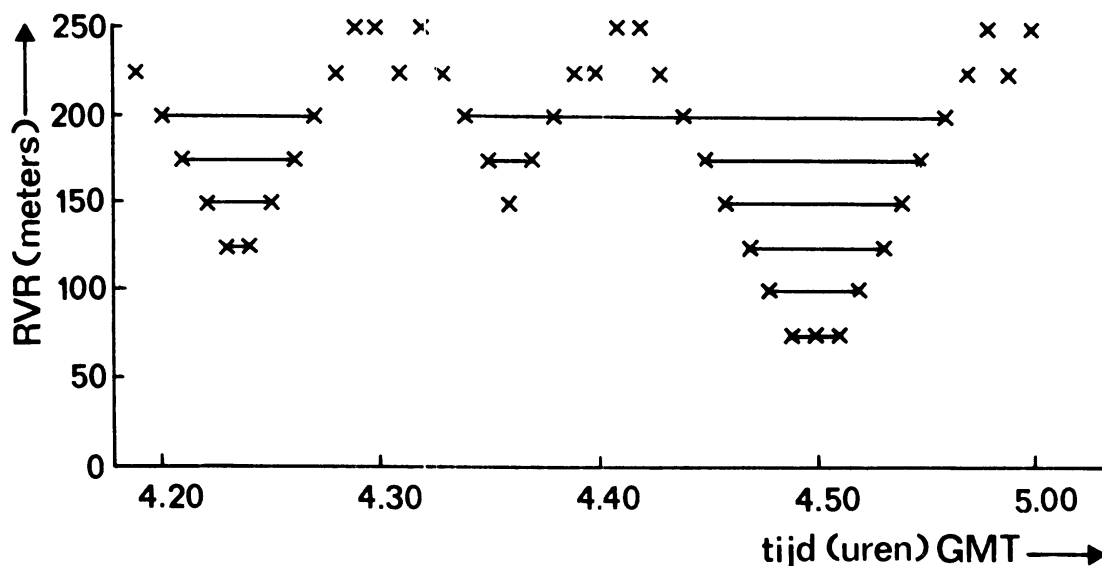
Figuur 1

Ligging van de transmissometers die in dit onderzoek betrokken zijn

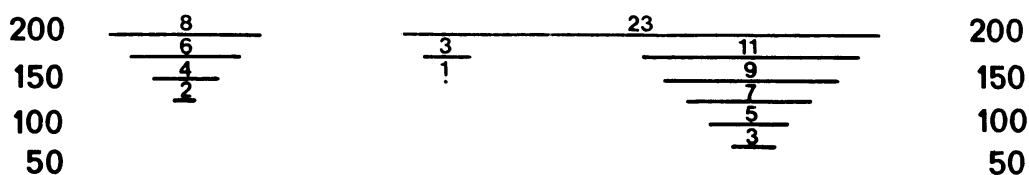
### 3 Runlengten

In een periode van dichte mist wordt op elk van de lokaties 01L, 27, 09, 01R, 06, 06B, 19L, 24 en 19R-oost het tijdsverloop van de RVR voor iedere minuut vastgelegd. Vervolgens wordt uit dit tijdsverloop voor de RVR-niveaus 200-175-150-125-100-75 en 50 m de runlengten, die in minuten worden gegeven, bepaald. Hierbij wordt een run pas afgebroken als het betrokken niveau meer dan 5 minuten (waarnemingen) wordt overschreden.

Ter verduidelijking wordt in figuur 2 aan de hand van een tijdsverloop van de RVR het aantal en de duur van de runs voor de in aanmerking komende niveaus bepaald. De waarneming van de RVR gebeurt hierbij om de minuut en de RVR wordt in stappen van 25 m gegeven voor RVR-waarden beneden 400 meter.



#### Tijdsverloop



#### Runlengten

Figuur 2

Om 4.20 uur is de RVR 200 m geworden en blijft onder deze waarde tot en met 4.27 uur. Na 4.27 uur blijft de RVR gedurende 6 opeenvolgende waarnemingen boven de 200 m, eerst om 4.34 uur wordt de RVR weer 200 m. De opklaring boven niveau 200 m bevat 6 waarnemingen en heeft dus langer dan



5 minuten geduurd. De run voor niveau 200 m die om 4.20 uur begint, moet dus eindigen met de waarneming van 4.27 uur. Er zijn in totaal 8 waarnemingen voorgekomen van 200 m of minder, de eerste run voor niveau 200 m is dus 8 minuten lang. In deze periode komen 6 waarnemingen voor van 175 m of minder, 4 waarnemingen van 150 of minder en 2 waarnemingen van 125 m. De eerste runs voor de niveaus 175, 150 en 125 m zijn respectievelijk 6, 4 en 2 minuten lang.

Na 4.33 uur zijn er eerst 5 opeenvolgende waarnemingen van 200 m of minder, vervolgens komen er 5 opeenvolgende waarnemingen die meer dan 200 m zijn. De opklaring boven niveau 200 m bevat 5 waarnemingen en heeft dus niet langer dan 5 minuten geduurd. De run voor niveau 200 m die om 4.34 uur begint, eindigt dus niet op 4.38 uur maar loopt door en eindigt eerst met de waarneming van 4.56 uur. Nu zijn er in totaal 23 waarnemingen voorgekomen in het tijdvak 4.34 uur tot en met 4.56 uur. De tweede run voor niveau 200 m is dus 23 minuten lang. In deze periode van 23 minuten kan men voor de niveaus 175 en 150 m elk 2 runs aangeven, daar de opklaringen in deze periode boven deze niveaus steeds meer dan 5 waarnemingen bevatten. De runs voor niveau 175 m bevatten de waarnemingen van 4.35 uur tot en met 4.37 uur en die van 4.45 uur tot en met 4.55 uur. De duur van deze runs is dus 3 en 11 minuten. Voor het niveau 150 m bevatten de runs de waarneming van 4.36 uur en die van 4.46 uur tot en met 4.54 uur. De duur van deze runs is daarom 1 en 9 minuten. Voor elk van de niveaus 125, 100 en 75 m kan in de beschouwde periode van 23 minuten 1 run worden aangegeven. Deze runs bevatten respectievelijk 7, 5 en 3 waarnemingen en de duur van de runs wordt dus respectievelijk 7, 5 en 3 minuten. In figuur 2 is zowel in het tijdsverloop van de RVR als afzonderlijk de lengte van de runs op de verschillende niveaus aangegeven.

Voor elk van de eerder vermelde RVR-niveaus worden in tabel 2 frequentieverdelingen van de runlengten gegeven voor elk van de lokaties 19R-oost, 09, 01L, 06, 01R, 24, 27, 19L en 06B. Deze tabel bevat voor een lokatie steeds 15 klassen van runlengten per niveau van RVR-waarden. Op elk niveau is hierbij de RVR steeds gelijk aan of minder dan de aangegeven waarde. Tabel 2 is dus een verzameling van 9 afzonderlijke tabellen, die aangegeven worden met de lokatie-aanduiding. De betekenis van de getallen in deze tabellen wordt aan de hand van een voorbeeld gegeven. In tabel TR 19R-oost wordt voor RVR 200 m en klasse 6-10 voor de runlengten het getal 65 gevonden. Dit betekent er zijn 65 runs met een lengte tussen de 5 en 11 minuten waarbij de RVR 200 m of minder is op lokatie 19R-oost. De getallen die voorkomen in de kolom onder het hoofd som geven het totaal aantal runs voor een bepaald niveau.

Tabel 2

Verdeling van de RVR-runs op de gegeven RVR-niveaus over de aangegeven klassen van runlengten (aantallen) voor 8 transmissometerlokaties

		Klassen van runlengten (minuten)																
		1	2	3	4	5	6	11	16	31	46	61	91	121	181	241	∞	som
RVR (m)		TR 19R-oost																
50		1	3	1	3	1	2	1	1									3
75		1	3	4	14	4	2	1	1									13
100		8	4	6	5	19	13	18	10	5	3	2	2		1			52
125		23	10	5	8	18	27	11	4	14	9	1			1			121
150		25	12	9	8	18	18	27	11	4	14	9	1		4			168
175		47	20	19	13	11	31	17	42	12	6	13	13	4	2	5		255
200		55	20	17	19	15	65	28	54	19	13	13	15	7	7	6		353
RVR (m)		TR 09																
50		1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1				1
75		1	1	4	2	1	2	3	6	3	1	1	1	1	1			7
100		11	4	2	1	2	3	6	12	8	3	3	1	3	1	1		36
125		7	12	9	6	2	14	4	12	8	3	3	1	3	1	1		85
150		18	12	6	9	5	29	17	20	10	3	6	4	2	3	2		146
175		27	27	11	7	7	40	15	37	11	7	7	5	7	2	5		215
200		34	25	11	12	12	52	24	42	25	10	12	8	6	5	6		284
RVR (m)		TR 01L																
50		2	4	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1				9
75		6	5	3	2	2	5	3	3	1	3	1	1	1	1			31
100		6	4	5	2	4	12	6	13	2	3	3	2	2	1			63
125		18	9	8	7	8	24	11	17	5	5	8	3	3	2	2		130
150		28	13	10	8	6	26	18	29	11	6	12	3	6	3	3		182
175		37	19	15	14	12	32	23	33	14	12	13	3	10	7	5		249
200		37	19	15	14	12	32	23	33	14	12	13	3	10	7	5		249
RVR (m)		TR 06																
50		1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1				9
75		4	2	3	1	3	3	3	4	3	3	4	1	1	1			27
100		14	7	6	3	24	8	6	7	2	3	4	1	1	1			86
125		17	11	6	6	9	21	10	22	10	5	7	1	4	1	3		133
150		22	11	14	7	7	22	22	26	15	9	10	3	7	2	3		180
175		31	16	10	7	9	28	21	25	22	10	19	8	9	5	4		224
200		31	16	10	7	9	28	21	25	22	10	19	8	9	5	4		224
RVR (m)		TR 19L																
50		1	3	2	1	2	5	3	1	1	1	1	1	1				1
75		2	3	2	1	2	5	3	1	1	1	1	1	1				4
100		11	3	4	2	5	7	8	10	4	3	2	1	1				22
125		11	3	4	2	5	7	8	10	4	3	2	1	1				60
150		10	12	9	4	1	11	12	14	7	7	3	6	2	1	1		100
175		18	10	11	8	6	22	9	20	8	8	6	6	3	3			143
200		29	14	11	13	10	30	14	23	18	6	14	6	8	3	4		203
RVR (m)		TR 27																
50		1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1
75		2	3	1	1	3	1	4	1	2	2	1	1	1				6
100		2	3	1	1	5	9	7	9	6	1	1	1	1				18
125		5	4	5	3	4	15	9	26	10	7	3	4	2	1			54
150		14	8	5	3	4	15	9	26	10	7	3	4	2	1			111
175		19	10	7	6	2	26	14	25	11	7	4	6	6	2	3		148
200		34	14	11	2	10	24	21	26	19	10	13	6	7	3	4		204
RVR (m)		TR 24																
50		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				2
75		4	4	1	2	3	3	3	1	1	1	1	1	1				3
100		12	4	2	3	1	7	7	10	4	2	3	1	1				19
125		19	12	3	4	5	18	15	15	3	3	3	4	2	2			57
150		16	10	5	8	4	25	15	20	7	8	6	6	4	2	2		108
175		25	12	13	13	5	22	21	40	7	5	11	5	6	5	3		138
200		25	12	13	13	5	22	21	40	7	5	11	5	6	5	3		193
RVR (m)		TR 01R																
50		1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				6
75		6	2	3	1	3	3	2	3	2	2	2	1	1				28
100		14	4	6	4	15	8	9	2	4	2	1	1	1				71
125		26	7	6	7	5	20	13	22	7	3	4	3	2	3			128
150		24	16	10	10	10	22	20	27	11	6	7	5	2	4	2		176
175		24	11	16	9	8	30	23	43	8	7	13	7	8	2	5		214
200		24	11	16	9	8	30	23	43	8	7	13	7	8	2	5		214

Tabel 2 (vervolg)

Verdeling van de RVR-runs op de gegeven RVR-niveaus  
over de aangegeven klassen van runlengten (aantallen)

		Klassen van runlengten (minuten)															
		1	2	3	4	5	6 10	11 15	16 30	31 45	46 60	61 90	91 120	121 180	181 240	241 ∞	som
RVR (m)										TR 06B *							
50																	
75	1	2				1			3								7
100	4	1	2	1	2	6	1	5		1	1		1				25
125	12	6	4	4	1	12	11	4	9	1	1		2	1			68
150	12	2	8	7	4	13	16	15	10	3	3	3	2	3	1		102
175	13	6	7	4	4	15	12	27	13	5	5	3	5	2	3		124
200	27	10	6	10	5	16	16	26	19	10	7	6	6	2	5		171

\* Het tijdvak op deze lokatie is januari 1981 tot en met mei 1985, op  
alle andere lokaties juni 1979 tot en met mei 1985

De relatieve frequenties van voorkomen van runs van bepaalde duur worden voor alle 7 beschouwde RVR-niveaus en voor 3 klassen van de runlengte in tabel 3 gegeven. Behalve de frequenties op elk van de 9 transmissometerlokaties wordt ook nog een gemiddelde frequentie, die bepaald wordt uit alle lokaties, in deze tabel vermeld. Bij verlaging van het RVR-niveau neemt in het algemeen de frequentie van runs van korte duur toe. Dit is te zien in de tabel voor runs met een duur minder dan 11 minuten in de kolom onder het hoofd gemiddeld. Uit tabel 3 is te zien dat, voor RVR-waarden boven 50 m, gemiddeld bij benadering 1 op de 2 runs minder dan 11 minuten duurt, en 1 op de 4 à 5 runs meer dan 30 minuten duurt.

Hoewel het aantal runs met een lengte van 30 minuten en langer gering is, geven deze runs een vrij grote bijdrage in de totale tijd dat de RVR-waarde onder een bepaald niveau ligt. Voor de RVR-niveaus van 200, 175 en 150 m bedraagt de bijdrage van deze runs in de totale tijd ruim 78 procent, voor de niveaus van 125, 100 en 75 m is deze bijdrage wat lager en wel ongeveer 63 procent. Het gevolg hiervan is dat als een toestel onder een bepaald slechtzicht conditie aankomt de kans toch vrij groot is dat deze conditie lang aanhoudt. Hierop wordt in par. 5 nader ingegaan.

## 4 Totale duur van dichte mist bepaald uit runlengten

De totale lengte van de runs voor een bepaald niveau is ruwweg gelijk aan de totale tijdsduur dat het zicht onder dat niveau gebleven is. Kleine verschillen ontstaan doordat overschrijdingen van 5 minuten of korter bij de runlengten worden meegeteld.

In tabel 1 is aangegeven in hoeveel procent van de tijd er helemaal geen registraties beschikbaar zijn van minuutwaarden van de RVR op Schiphol (dus van geen enkele transmissometer). Daarnaast komt het voor dat soms de registratie van één of meer transmissometers ontbreekt of onbetrouwbaar is. Om de totale tijdsduren van dichte mist voor de verschillende lokaties beter onderling te kunnen vergelijken, werd voor dit laatste een correctie aangebracht en wel als volgt.

Voor elk van de 7 beschouwde RVR-niveaus werd de totale duur in minuten bepaald dat ergens op het veld (d.w.z. op minstens één van de 9 lokaties) de RVR-waarde niet boven de aangegeven niveauwaarde  $x$  lag. Deze duur zullen we aanduiden als  $T_x$ .

Daarnaast definiëren we voor elke transmissometer de volgende twee grootheden:

$M_x$ : de totale lengte van alle runs voor het RVR-niveau  $x$ ;

$O_x$ : het aantal minuten dat er geen goede registratie is in perioden dat ergens anders op het veld de RVR gelijk is aan of minder is dan het niveau  $x$ .

Tabel 4A geeft de  $M_x$ - en  $T_x$ -waarden, de  $O_x$ -waarden zijn gegeven in tabel 4B. Uit tabel 4B blijkt dat er geen ontbrekende waarden zijn op de lokaties 19R-oost en 09 en dat het grootste aantal gevonden wordt op lokatie 06B. Dit laatste komt doordat eerst in 1981 op deze lokatie een korte basis transmissometer werd ingezet.

De gecorrigeerde waarde van  $M_x$  wordt aangeduid met  $C_x$ , die bepaald wordt door:  $C_x = M_x \cdot T_x / (T_x - O_x)$ . De gecorrigeerde totale duur  $C_x$  van de runs voor elk van de 7 beschouwde RVR-niveaus en op elk van de 9 transmissometerlokaties wordt gegeven in tabel 4C. Uit deze tabel blijkt, dat voor RVR-niveaus boven 75 m, lokatie 19R-oost de grootste totale duur heeft. In figuur 3, die het banenstelsel met de transmissometerlokaties op Schiphol geeft, is een tabel opgenomen waar voor alle lokaties en op ieder van de 7 RVR-niveaus de totale duur van de runs wordt uitgedrukt in een percentage van de totale duur van de runs op lokatie 19R-oost. Tevens bevat deze tabel een kolom waar voor de lokatie 19R-oost het quotiënt  $C_x/T_x$  in procenten wordt vermeld.

Uit de tabel blijkt dat voor RVR-niveaus boven 75 m de percentages van de lokaties aan de westkant van Schiphol (19R-oost, 09, 01L en 06) groter zijn dan die van de lokaties aan de oostkant van Schiphol (01R, 24, 27 en 19L). In tabel 2 is te zien dat ook het totaal aantal runs aan de westkant groter is dan die aan de oostkant. Dit betekent dus dat mist met RVR-waarden tussen 75 en 225 m op baan 19L-01R minder vaak optreedt en van kortere duur is dan op baan 19R-01L.

Bij de RVR-niveaus van 50 en 75 m treft men in figuur 3 plotseling vrij hoge percentages aan bij lokatie 27. Zichtwaarden op en beneden deze niveaus komen echter zeer weinig voor. Dit blijkt uit het geringe aantal runs in tabel 2, die vaak ook nog in dezelfde mistperiode liggen. De getallen voor de RVR-niveaus van 50 en 75 m zijn daardoor weinig nauwkeurig.

De afname van het percentage in de kolom  $C_x/T_x$  met afnemende waarden van het RVR-niveau, zoals te zien is in de tabel van figuur 3, wijst op een afname in het gelijktijdig optreden van de dichte mist op de verschillende lokaties wanneer de dichtheid van de mist toeneemt.

Tabel 3

Frequenties voor runs van aangegeven duur in procenten van het totaal aantal runs voor elk van de 7 RVR-niveaus, op de 9 lokaties en gemiddeld over alle lokaties

Duur van de run minder dan 11 minuten

Lokatie RVR	19R oost	09	01L	06	06B	01R	24	27	19L	gemid- deld
200	54	51	52	45	43	46	47	47	53	49
175	55	55	50	46	40	52	49	47	52	50
150	48	54	57	53	45	55	56	44	47	51
125	55	59	52	63	57	61	51	52	53	56
100	75	64	58	48	64	64	58	56	68	63
75	77	28	78	56	57	83	33	33	25	58
50	100	100	0	0	0	0	100	100	0	88

Duur van de run vanaf 11 tot en met 30 minuten

Lokatie RVR	19R oost	09	01L	06	06B	01R	24	27	19L	gemid- deld
200	23	23	22	21	25	31	32	23	18	24
175	23	24	26	27	31	27	25	26	20	25
150	27	25	22	24	30	27	28	32	26	27
125	26	19	30	16	22	24	30	30	30	25
100	15	25	26	22	24	18	32	28	18	22
75	8	28	11	33	0	17	67	33	25	20
50	0	0	0	0	0	0	0	0	100	13

Duur van de run meer dan 30 minuten

Lokatie RVR	19R oost	09	01L	06	06B	01R	24	27	19L	gemid- deld
200	23	25	26	34	32	23	22	30	29	27
175	22	20	24	27	29	21	25	26	27	24
150	25	21	22	23	25	17	16	24	27	22
125	19	22	17	21	21	15	19	19	17	19
100	10	11	16	30	12	18	11	17	14	15
75	15	43	11	11	43	0	0	33	50	22
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4A

Geregistreerde aantallen  $M_x$  en  $T_x$  in minuten

x	← $M_x$ →									$T_x$
	19R oost	09	01L	06	06B	01R	24	27	19L	
200	10994	9090	8447	8460	6269	7101	6144	6901	6898	17261
175	7418	6182	5702	5705	4494	4654	4136	4815	4555	12232
150	4987	4037	3614	3725	2997	2866	2578	2788	2921	8080
125	2447	1958	1674	1846	1355	1371	1155	1070	1145	4493
100	876	681	559	624	468	438	233	385	350	1656
75	162	175	126	183	110	39	44	165	137	426
50	12	1					7	1	29	35

Tabel 4B

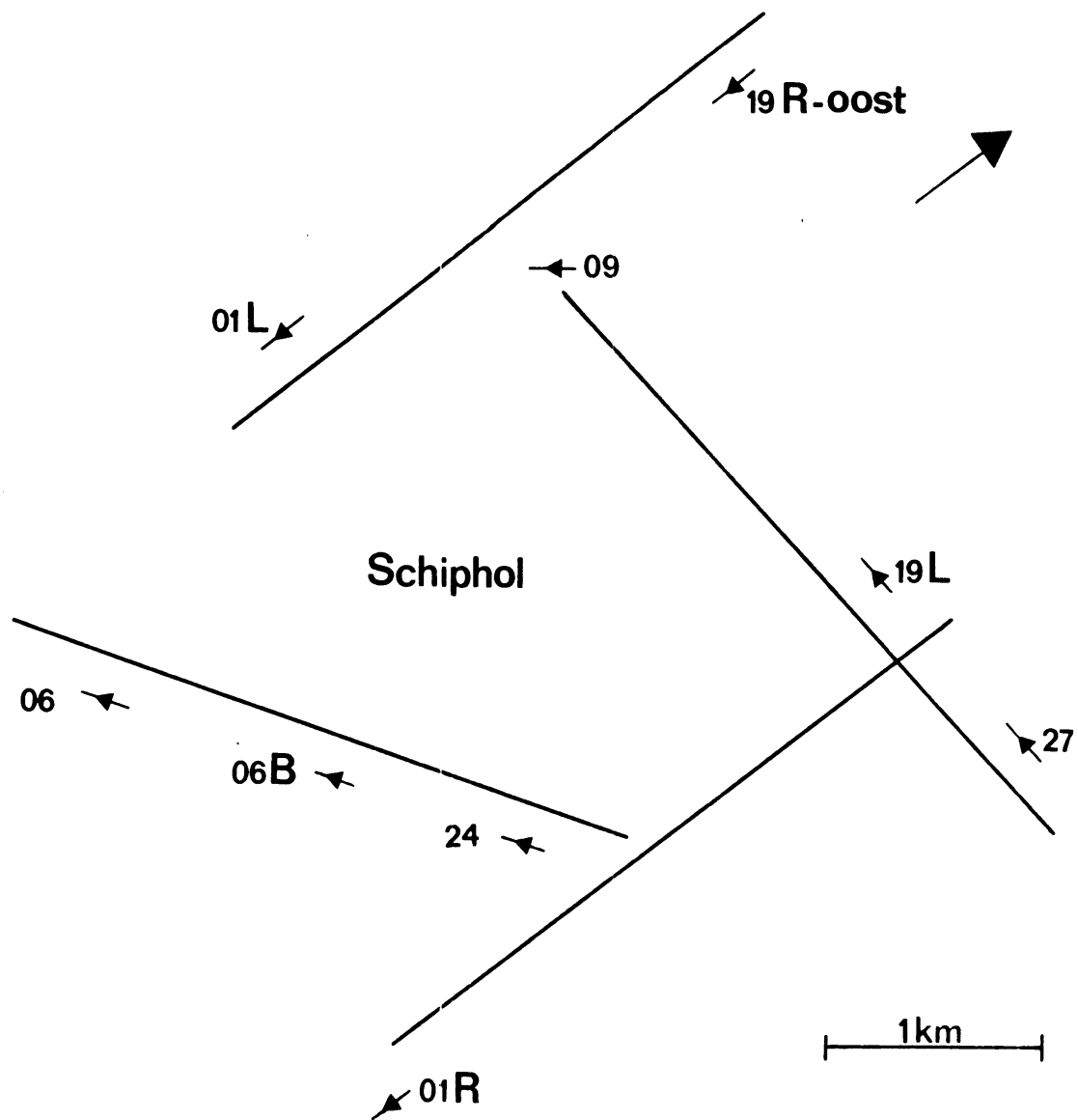
Ontbrekende aantal  $O_x$  tijdens mist in minuten

x	19R oost	09	01L	06	06B	01R	24	27	19L
200			578	316	3191	1489	207	648	595
175			429	279	2225	1150	172	541	563
150			276	215	1386	749	141	354	392
125			77	71	633	370	31	184	160
100			8	10	165	59	5	28	32
75					27	2			
50									

Tabel 4C

Gecorrigeerde aantal  $C_x$  in minuten

x	19R oost	09	01L	06	06B	01R	24	27	19L
200	10994	9090	8740	8618	7642	7771	6219	7170	7144
175	7418	6182	5909	5838	5493	5137	4195	5038	4775
150	4987	4037	3742	3827	3618	3159	2624	2916	3070
125	2447	1958	1703	1876	1577	1494	1163	1116	1187
100	876	681	562	628	520	454	234	392	357
75	162	175	126	183	117	39	44	165	137
50	12	1					7	1	29



Totale duur van de runs  $C_x$  op de lokaties in procenten van de totale duur op lokatie 19R-oost en  $C_x/T_x$  in procenten op lokatie 19R-oost

RVR ≤	$C_x/T_x$ 19R oost	19R oost	09	01L	06	06B	01R	24	27	19L
200	64	100	83	79	78	70	71	57	65	65
175	61	100	33	80	79	74	69	57	68	64
150	62	100	81	75	77	73	63	53	58	62
125	54	100	80	70	77	64	61	48	46	49
100	53	100	78	64	72	59	52	27	45	41
75	38	100	108	78	113	72	24	27	102	85
50	34	100	8	0	0	0	0	58	242	8

Figuur 3



## 5 De kans op het aanhouden van slecht zicht

De kans op het aanhouden van een slechtzicht conditie langer dan een gegeven duur kan uit de verzamelde gegevens worden bepaald middels formule (A14) uit de Appendix. Het resultaat voor de RVR-niveaus 200, 150 en 100 m op elk van de lokaties 19R-oost, 27 en 06 wordt gegeven in de figuren 4A tot en met 4C. Het belang van deze figuren blijkt uit het volgende voorbeeld. Is bij aankomst van een toestel de RVR-waarde op lokatie 19R-oost 200 m of minder (getrokken lijn in figuur 4A) dan is er een kans van 71 procent dat deze situatie meer dan  $\frac{1}{2}$  uur aanhoudt. Voor de RVR-niveaus 150 m (streepjeslijn) en 100 m (stippellijn) wordt voor dezelfde duur een kans gevonden van 68 en 58 procent. Voor een slechtzicht conditie die bij aankomst nog minstens 1 uur aanhoudt, wordt in figuur 3A voor de RVR-niveaus 200, 150 en 100 m een kans gevonden van respectievelijk 40, 31 en 30 procent.

## 6 Conclusies

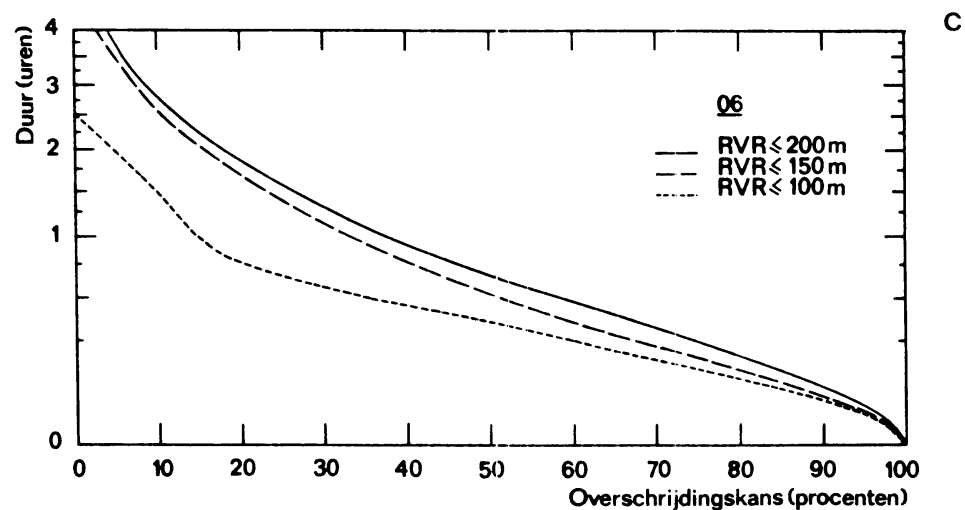
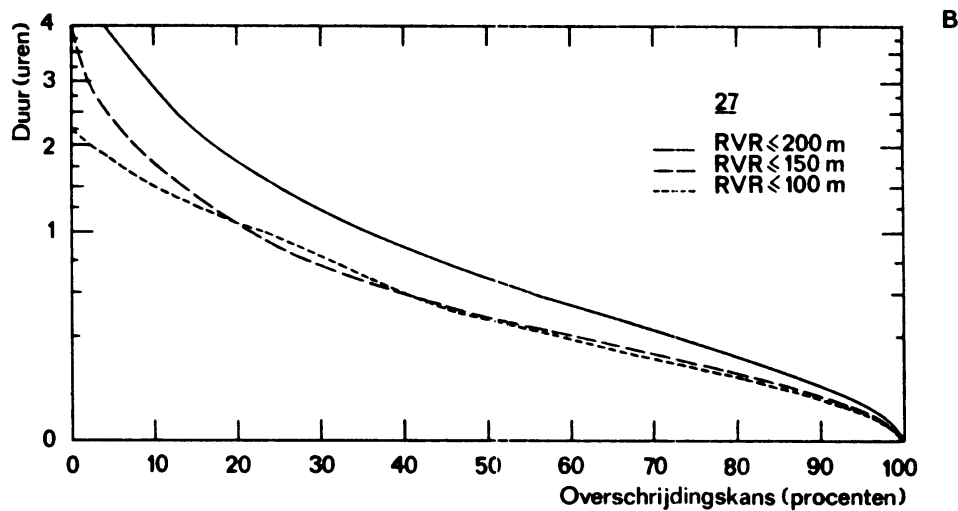
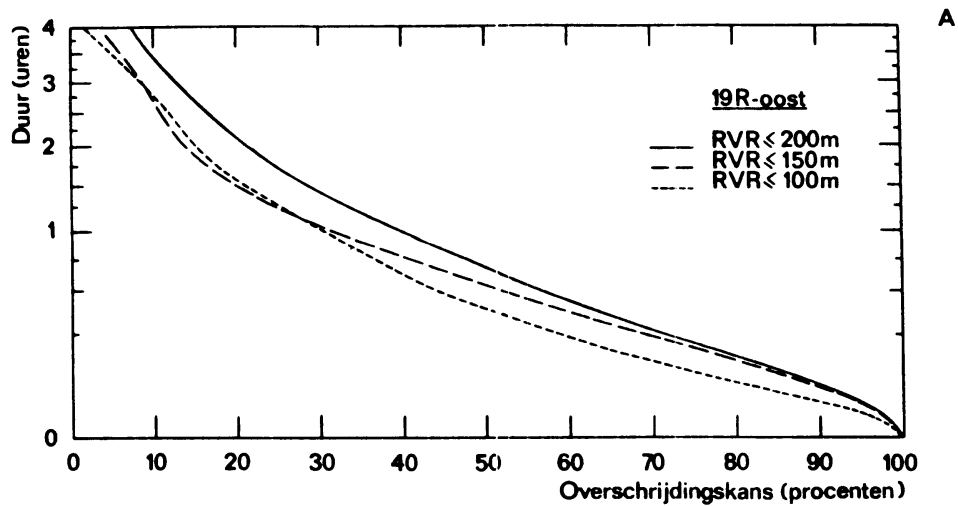
Op het vliegveld Schiphol bedraagt het aantal RVR-runs met een lengte minder dan 11 minuten voor elk van de RVR-niveaus 100, 125, 150, 175 en 200 m ongeveer 50 procent van het totaal aantal runs. Voor runlengten meer dan 30 minuten is het percentage voor elk van de eerder genoemde niveaus 20 à 25 procent.

De bijdrage van runs, met een lengte meer dan 30 minuten, in de totale tijdsduur dat het betreffende niveaus niet wordt overschreden, is ongeveer 78 procent voor de RVR-waarden van 150, 175 en 200 m en ongeveer 63 procent voor de RVR-waarden van 75, 100 en 125 m.

Geldt op een bepaald tijdstip voor de lokatie 19R-oost dat de RVR minder dan 225 m is, dan is de kans dat deze situatie langer dan 30 minuten aanhoudt 58 procent. Voor een RVR-conditie minder dan 125 m is deze kans 46 procent.

De duur van mist, met RVR-waarden tussen 75 en 225 m, is voor baan 19L-01R korter dan die voor baan 19R-01L.

Het beschouwde tijdvak van 6 jaar is voor RVR-waarden beneden 100 m, gezien het aantal waarnemingen voor dit RVR-gebied, te kort om tot betrouwbare resultaten te komen.



Figuur 4

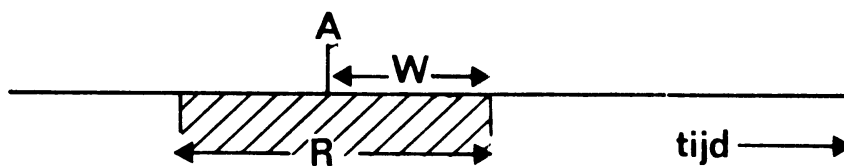
Kansverdeling van de wachttijden  $W$  voor drie verschillende slechtzicht condities.

De horizontale as geeft de kans dat  $W$  een gegeven duur overschrijdt.

# Appendix

## Duur dat een bepaalde slechtzicht conditie aanhoudt

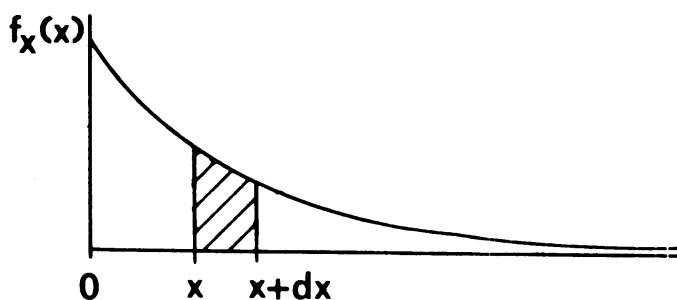
Stel dat een toestel aankomt in een periode met slecht zicht (figuur A1). Pas na een bepaalde tijdsduur  $W$  kan een landingsoperatie uitgevoerd worden. De kansverdeling van deze wachttijd  $W$  kan uit de kansverdeling van de runlengten  $R$  worden afgeleid. Alvorens hierop in te gaan, zullen we eerst enige begrippen uit de waarschijnlijkheidsrekening introduceren.



Figuur A1

Duur  $W$  dat een bepaalde slechtzicht conditie na aankomst aanhoudt.  $A$  geeft de aankomsttijd aan;  $R$  de totale duur van de periode met slecht zicht (runlengte).

Een kansvariabele  $X$  kan men karakteriseren door zijn kansdichtheid  $f_X(x)$  of zijn verdelingsfunctie  $F_X(x)$ . Een voorbeeld van een kansdichtheid is gegeven in figuur A2. In dat voorbeeld neemt de variabele  $X$  waarden aan



Figuur A2

Kansdichtheid  $f_X(x)$ .

van 0 tot  $\infty$ . Het gearceerde oppervlak geeft de kans aan dat  $X$  tussen  $x$  en  $x+dx$  ligt. Als  $dx$  klein is, kunnen we hiervoor schrijven:

$$\Pr (x < X < x+dx) \sim f_X(x) dx \quad (A1)$$

waarbij Pr voor kans staat (Eng.: "Probability"). De totale oppervlakte onder de kansdichtheidscurve is gelijk aan 1.

De verdelingsfunctie  $F_X(x)$  geeft de kans aan dat de variabele X de waarde x niet overschrijdt ("onderschrijdingskans"). Voor niet-negatieve kansvariabelen geldt hiervoor:

$$F_X(x) = \Pr(X \leq x) = \int_0^x f_X(u) du. \quad (A2)$$

Per definitie is  $F_X(0) = 0$  en  $F_X(\infty) = 1$ . De kansdichtheid is de afgeleide van  $F_X(x)$ .

Bij wachttijdproblemen is het vaak handig om met overschrijdingskansen te werken. We definiëren daarom de functie  $G_X(x)$  als:

$$G_X(x) = \Pr(X > x) = 1 - F_X(x). \quad (A3)$$

Tussen de kansdichtheid en de functie  $G_X(x)$  bestaat de volgende relatie:

$$f_X(x) = - \frac{d}{dx} G_X(x). \quad (A4)$$

Het gemiddelde of de verwachtingswaarde van X wordt gegeven door:

$$\mu_X = \int_0^{\infty} x f_X(x) dx \quad (A5)$$

waarbij we er weer vanuit gegaan zijn dat X geen negatieve waarden kan aannemen (wat bij runlengten en wachttijden altijd het geval is).

Belangrijk voor de hierna volgende afleiding is het begrip voorwaardelijke of conditionele waarschijnlijkheid. We kunnen bijvoorbeeld kijken naar de kansverdeling van runs die langer dan 30 minuten duren. Onder een dergelijke voorwaarde luidt de kansverdeling van X:

$$F_{X||t}(x,t) = \Pr (X \leq x | X > t) = \{F_X(x) - F_X(t)\} / G_X(t). \quad (A6)$$

Differentiëren naar x geeft voor de voorwaardelijke kansdichtheid:

$$f_{X||t}(x,t) = f_X(x) / G_X(t). \quad (A7)$$

Analoog aan (A5) geldt voor de voorwaardelijke verwachtingswaarde:

$$\mu_{X||t} = \int_t^\infty x f_{X||t}(x,t) dx = \left\{ \int_t^\infty x f_X(x) dz \right\} / G_X(t). \quad (A8)$$

Tussen de kansdichtheid  $F_W(x)$  van de wachttijd  $W$  en de kans  $G_R(x)$  dat een runlengte de waarde  $x$  overschrijdt, bestaat het volgende verband:

$$f_W(x) = G_R(x) / \mu_R, \quad x > 0. \quad (A9)$$

In de literatuur wordt deze uitdrukking meestal gegeven voor stationaire punt-processen, zie bijvoorbeeld Cox & Miller (1965, Section 9.4). Bij een niet-stationair proces geeft (A9) een soort gemiddelde verdeling van  $W$  aan over de beschouwde periode (evenals de verdeling van de runlengten in tabel 2).

Om de kans te berekenen dat  $W$  een bepaalde waarde  $t$  overschrijdt, moeten we (A9) integreren:

$$\Pr(W > t) = \int_t^\infty f_W(x) dx = \left\{ \int_t^\infty G_R(x) dx \right\} / \mu_R. \quad (A10)$$

Partiële integratie van de term tussen accoladen geeft:

$$\int_t^\infty G_R(x) dz = \left\{ x G_R(x) \right\} \Big|_t^\infty - \int_t^\infty x d G_R(x). \quad (A11)$$

Nu is  $\lim_{x \rightarrow \infty} \{x G_R(x)\} = 0$  omdat runlengten naar boven begrensd zijn. Uit (A4) volgt  $d G_R(x) = -f_R(x) dx$ , zodat (A11) overgaat in:

$$\int_t^\infty G_R(x) dx = -t G_R(t) + \int_t^\infty x f_R(x) dx. \quad (A12)$$

Met behulp van (A8) kunnen we hiervoor schrijven:

$$\int_t^\infty G_R(x) dx = -t G_R(t) + \mu_{R||t} G_R(t). \quad (A13)$$

De grootheid  $\mu_{R||t}$  geeft de gemiddelde lengte aan van de runs  $> t$ . Substitutie van (A13) in (A10) geeft tenslotte:

$$\Pr(W > t) = G_R(t) \{ \mu_{R||t} - t \} / \mu_R. \quad (A14)$$

Als voorbeeld voor het gebruik van vergelijking (A14) wordt  $\Pr(W > 1 \text{ uur})$  bepaald voor het RVR-niveau 200 m op lokatie 19R-oost.

Hiervoor is nodig voor het RVR-niveau 200 m:

$N < 1 \text{ uur} = \text{aantal runs met een lengte} < 1 \text{ uur} = 305.$

$D < 1 \text{ uur} = \text{totale duur van runs met een lengte} < 1 \text{ uur} = 3706$   
minuten

$N_{\text{totaal}} = \text{totaal aantal runs} = 353.$

$D_{\text{totaal}} = \text{totale duur van alle runs} = 10994 \text{ minuten.}$

Voor  $G_R(1)$ ,  $\mu_{R||1}$  en  $\mu_R$  in vergelijking (A14) krijgen we nu:

$$G_R(1) = 1 - \frac{305}{353} = 0,136.$$

$$\mu_{R||1} = \frac{10994 - 3706}{353 - 305} = 151,8 \text{ min.} = 2,53 \text{ uren.}$$

$$\mu_R = \frac{10994}{353} = 31,1 \text{ min.} = 0,519 \text{ uren.}$$

zodat we voor de gevraagde kans krijgen:

$$\Pr(W>1) = 0,136 * (2,53 - 1) / 0,519 = 0,401 (\approx 40 \text{ procent}).$$

### Literatuur

D.R. Cox & H.D. Miller (1965): The Theory of Stochastic Processes, Chapman and Hall, London, 398 pp.