

II. HULPMIDDELEN BIJ DE BEREKENING VAN DE VERDAMPING UIT EEN VRIJ WATEROPPERVLAK

J. WESSELING

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

SUMMARY

AIDS TO THE CALCULATION OF THE EVAPORATION FROM A FREE WATER SURFACE

INTRODUCTION

The calculation of the evaporation from a free water surface according to the equation given by PENMAN [eq. I. (36)] has been discussed.

The data used for the calculation are sunshine duration (n/N), temperature of the air (t_z), relative humidity (U_z) and wind velocity (u_z) all measured at screen level (z) and taken from the Monthly Weather Reviews (Maandoverzichten) of the K.N.M.I. (Roy. Neth. Meteor. Inst.).

TABLES AND NOMOGRAMS

In order to simplify calculations, MAKINK (1953) proposed graphs, containing the various relations needed for the calculation. RIJKOORT (1954) developed a nomogram containing the above mentioned climatological data. In order to prevent errors, VAN DUIN (1956) used tables instead of graphs. This method is also followed in this article. The key to the tables is given in the form of a calculation scheme which is given at the end of the article. Following this scheme the calculation requires only a relatively short time.

1. INLEIDING

Voor de verdamping uit een vrij wateroppervlak, waarbij geen warmte-wisseling met de diepte plaatsvindt, geldt volgens PENMAN (verg. I. 36):

$$U_o = \frac{\delta S + \gamma U_a}{\delta + \gamma}$$

We denken ons de grootheden U_o , S en U_a , welke we als energie-stroom-dichtheden hebben leren kennen met de dimensie energie-hoeveelheid per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid, uitgedrukt in mm (waterhoogte) per etmaal. Meet men de energie in caloriën, dan moet omrekening plaatsvinden met behulp van de verdampingswarmte van water.

De netto stralingsenergie S is opgebouwd uit een aantal termen (verg. I 27):

$$S = (G + N_A) - (aG + a_N N_A + N_S)$$

waarvan $(G + N_A) = R_i$ de som van de kort- en langgolvlige stralingsenergie voorstelt die op het wateroppervlak valt en $(aG + a_N N_A + N_S) = R_o$ de som van de kort- en langgolvlige stralingsenergie die het wateroppervlak verliest door terugkaatsing en door uitstraling. Met behulp van empirische relaties kunnen verschillende van deze grootheden uitgedrukt worden in meteorologische grootheden die gemakkelijk voor meting toegankelijk zijn.

Zo geldt voor de opvallende kortgolvlige straling, afkomstig van de zon als directe en verstrooide straling:

$$G = (0,29 + 0,71 \frac{n}{N}) Q_N [\text{cal cm}^{-2} \text{ etm.}^{-1}]$$

waarin:

Q_N = energie die het aardoppervlak bereikt op heldere dagen [$\text{cal cm}^{-2} \text{ etm.}^{-1}$]

n = aantal uren zonneshijn

N = maximaal mogelijke aantal uren zonneshijn

Q_N hangt af van de geografische breedte en de tijd van het jaar. Zij kan met behulp van de tabellen van ANGOT voor een gegeven plaats worden

bepaald. De relatieve zonneshijn $\frac{n}{N}$ wordt gewoonlijk uit de registraties

van de zonneshijnmeter van CAMPBELL—STOKES afgeleid. Het gereflecteerde deel van de kortgolvlige straling aG wordt berekend met een gemiddelde reflectiecoëfficiënt van water $a = 0,05$, welke geldig is voor onze breedten. Bij gemiddeld lager invallende straling zou men een hogere waarde moeten gebruiken.

De netto langgolvlige straling wordt in de volgende empirische formule samengevat:

$$N_A - a_N N_A - N_S = 118 \cdot 10^{-9} (273 + t_z)^4 (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) (0,56 - 0,092 \sqrt{e_z})$$

[$\text{cal cm}^{-2} \text{ etm.}^{-1}$]

waarin op de meethoogte $z = 2\text{m}$:

t_z = de gemiddelde luchttemperatuur tijdens de beschouwde periode [$^{\circ}\text{C}$]

e_z = de gemiddelde dampspanning tijdens de beschouwde periode

[mm Hg]

Door S , uitgedrukt in $\text{cal cm}^{-2} \text{ etm.}^{-1}$, te delen door $1/10 \cdot L$, waarbij de verdampingswarmte $L = 590 \text{ cal/g}$ is, vindt men S in mm (waterhoogte) etm.^{-1} .

Voor U_a wordt de volgende empirische uitdrukking gebruikt:

$$U_a = 0,35 (0,5 + 0,54 u_z) (E_z - e_z) [\text{mm etm.}^{-1}]$$

waarin:

u_z = de gemiddelde windsnelheid tijdens de beschouwde periode [m sec⁻¹]

E_z = de maximale dampspanning bij de temperatuur t_z [mm Hg]

Vaak schrijft men:

$$E_z - e_z = E_z \left(1 - \frac{e_z}{E_z}\right) = E_z (1 - U_z)$$

waarin:

$$U_z = \frac{e_z}{E_z}$$

de relatieve vochtigheid voorstelt. Deze betrekking geldt strikt genomen alleen voor waarnemingen van eenzelfde ogenblik. Zij geldt bij benadering voor middelwaarden over langere perioden.

Verder is:

$$\gamma = 0,485$$

de psychrometerconstante en:

$$\delta = \frac{dE_z(t_z)}{dt_z}$$

de verandering van de maximumdampspanning met de temperatuur.

Met gebruikmaking van de hierboven gegeven empirische betrekkingen gaat de formule van PENMAN over in:

$$U_o = \frac{\frac{\delta}{59} \left[0,95 \left(0,29 + 0,71 \frac{n}{N}\right) Q_N - 118 \cdot 10^{-9} (273 + t_z)^4 (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) * (0,56 - 0,092 \sqrt{e_z})\right]}{\delta + 0,485} + \frac{0,485 \times 0,35 (0,50 + 0,54 u_z) (E_z - e_z)}{\delta + 0,485}$$

De voor de berekening benodigde gegevens van temperatuur, windsnelheid, relatieve zonschijn en relatieve vochtigheid kunnen worden ontleend aan de maandoverzichten van het K.N.M.I. De berekening van de vrij ingewikkelde formule voor de verdamping kan op twee wijzen worden vereenvoudigd:

- a. met behulp van tabellen,
- b. met behulp van nomogrammen.

2. DE BEREKENING MET BEHULP VAN TABELLEN

Voor de steeds terugkerende vormen in de vergelijking kunnen hulp-

middeelen worden toegepast. Voorzover ons bekend gebruikte MAKINK (1953) eerst grafieken. Deze zijn later door VAN DUIN (1956) vervangen door tabellen. De laatste hebben het voordeel, dat ze minder afleesfouten geven. Hier zijn tabellen toegepast, grotendeels ontleend aan VAN DUIN.

Geven we de tabellen een romeinse nummering, dan kan de vergelijking voor de verdamping als volgt worden geschreven:

$$U_o = \frac{\text{VII} \cdot \frac{118 \cdot 10^{-9}}{59} [\text{I.II} - \text{V.IV} \cdot \text{III}] + \text{IX} (E_z - e_z)}{\text{VII} + 0,485}$$

De verzadigingsdampdruk E_z hangt alleen af van de temperatuur en kan uit tabel VII worden afgelezen. De absolute dampdruk $e_z = U E_z$, waarin U de vochtigheidsgraad van de lucht is.

De gehele berekening wordt dus teruggebracht tot het aflezen van een aantal tabellen en enkele eenvoudige wiskundige bewerkingen.

3. DE BEREKENING MET BEHULP VAN NOMOGRAMMEN

De vergelijking voor de verdamping is door RIJKOORT (1954) in een viertal nomogrammen samengebracht. Hierbij zijn enkele andere waarden voor de verschillende factoren gebruikt. We zullen hierop niet nader ingaan, doch alleen het principe van het nomogram aangeven. Hiertoe schrijven we de vergelijking in de volgende vorm:

$$\begin{aligned} U_o = & - (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) \frac{118 \cdot 10^{-9} (273 + t_z)^4}{59} 0,56 \frac{\delta}{\delta + \gamma} + \\ & + (0,29 + 0,71 \frac{n}{N}) \frac{0,95}{59} \frac{\delta}{\delta + \gamma} + \\ & + \frac{118 \cdot 10^{-9} (273 + t_z)^4 0,092 \sqrt{e_z} (0,10 + 0,90 \frac{n}{N})}{59} \frac{\delta}{\delta + \gamma} + \\ & + 0,35 (0,5 + 0,54 u_z) (E_z - e_z) \frac{\delta}{\delta + \gamma} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_o = & - (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) 1,12 \times 10^{-9} (273 + t_z)^4 \frac{\delta}{\delta + \gamma} + \\
 & + (0,29 + 0,71 \frac{n}{N}) Q \times 0,016 \frac{\delta}{\delta + \gamma} + \\
 & + 0,184 T^4 \sqrt{U_z} \sqrt{E_z} (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) \frac{\delta}{\delta + \gamma} + \\
 & + 0,35(0,5 + 0,54 u_z) (1 - U_z) E_z \frac{\gamma}{\delta + \gamma}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_o = & - (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) \cdot f_1(t) + (0,29 + 0,71 \frac{n}{N}) Q \cdot f_2(t) + \\
 & + (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) \sqrt{U_z} \cdot f_3(t) + 0,35 (0,5 + 0,54 u_z) (1 - U_z) \cdot f_4(t)
 \end{aligned}$$

De verschillende factoren van de vergelijking bevatten nu resp. de veranderlijken:

$$\frac{n}{N}, t \quad \frac{n}{N}, Q \text{ en } t \quad \frac{n}{N} \cdot U_z \text{ en } t \quad u_z, U_z \text{ en } t$$

Voor elk van deze factoren is een nomogram samen te stellen.

Het eerste nomogram bestaat uit drie schalen, de drie andere uit vier schalen plus een scharnierlijn. De verdamping wordt nu in vier afzonderlijke delen U_1 t/m U_4 berekend. Optelling geeft het eindresultaat.

4. ENKELE OPMERKINGEN OVER DE GEGEVENS

In de oudere maandoverzichten wordt de windsnelheid gegeven in BEAUFORT. Een omrekening hiervan in m/sec is gegeven in tabel IXa.

Voor gevallen, waarin de windsnelheid op andere hoogte (h) wordt opgegeven kan deze worden omgerekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$u_z = u_h \log \frac{z}{z_o} / \log \frac{h}{z_o}$$

waarin

u_z = de windsnelheid op 200 cm hoogte

z_o = ruwheidshoogte

h = de hoogte (in cm) waarop de windsnelheid wordt gegeven.

Daar $z_o \approx 2$ cm gaat de vergelijking over in:

$$u_{200} = 2 u_h \sqrt{\log 0,5 h}$$

LITERATUUR

- MAKKINK, G. F. De berekening der potentiële evapotranspiratie. *Gest. Med. C.I.L.O.* nr. 6, 1953.
- DUIN, R. H. A. VAN De waterbehoefte en de watervoorziening van gewassen. Voor-
dracht C.O.L.N., 21 oktober 1956.
- RIJKOORT, P. J. Een nomogram voor de bepaling van de potentiële evapotranspi-
ratie volgens de formule van Penman. K.N.M.I. Rapport III-143,
1954.

Bijlagen

Berekeningsschema

1	$\frac{n}{N}$ = relatieve zonneshijn	maandoverzicht K.N.M.I.
2	$0,95 (0,29 + 0,71 \frac{n}{N})$	tabel I
3	Q_N [cal cm ⁻² etm. ⁻¹]	tabel II
4	$R_i = 0,95 (0,29 + 0,71 \frac{n}{N}) Q_N$	2 × 3
5	t_z = temperatuur van de lucht [°C]	maandoverzicht K.N.M.I.
6	E_z = verzadigingsdampdruk [mm Hg]	tabel III
7	U_z = relatieve vochtigheid	maandoverzicht K.N.M.I.
8	$e_z = U_z \times E_z$ = dampdruk [mm Hg]	6 × 7
9	$0,56 - 0,092 \sqrt{e_z}$	tabel IV
10	$(0,10 + 0,90 \frac{n}{N})$	tabel V
11	$118.10^{-9} (273 + t_z)^4$	tabel VI
12	$R_u = 118.10^{-9} (273 + t)^4 (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) \cdot (0,56 - 0,092 \sqrt{e_z})$	9 × 10 × 11
13	$S = R_i - R_u$ [cal/cm ² etm.]	4 — 12
14	δ	tabel VII
15	1/10 × verdampingswarmte	tabel VIII
16	δS [mm etm. ⁻¹]	13 × 14 : 15
17	u_z = windsnelheid op 2 m hoogte	maandoverzicht K.N.M.I.
18	$\gamma f(u_z) = 0,35 (0,5 + 0,54 u_z) 0,485$	tabel IX
19	$E_z - e_z$	6 — 8
20	$\gamma U_a = \gamma f(u_z) (E_z - e_z)$	18 × 19
21	$\delta S + \gamma U_a$ [mm/etm.]	16 + 20
22	$\delta + \gamma = \delta + 0,485$	14 + (0,485)
23	$U_o = \frac{\delta S + \gamma U_a}{\delta + \gamma}$ [mm etm. ⁻¹]	21 : 22

TABEL I

$$0,95 \left(0,29 + 0,71 \frac{n}{N} \right)$$

n/N	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09	n/N
0,00	0,28	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,00
0,10	0,34	0,35	0,36	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,10
0,20	0,41	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,20
0,30	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54	0,30
0,40	0,55	0,55	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,40
0,50	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67	0,67	0,50
0,60	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,73	0,74	0,60
0,70	0,75	0,75	0,76	0,77	0,77	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81	0,70
0,80	0,82	0,82	0,83	0,84	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,80
0,90	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,90
1,00	0,95										

TABEL II

Waarden voor Q_N

	I	II	III	mnd		I	II	III	mnd
januari	97	110	134	114	juli	708	685	656	682
februari	168	208	253	207	augustus	617	574	525	570
maart	305	360	412	361	september	472	422	372	422
april	467	520	569	519	oktober	321	267	217	267
mei	611	651	684	650	november	174	137	115	142
juni	705	715	718	713	december	101	93	91	95

TABEL III

 E_z

t_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	t_z
-10	2,15										-10
- 9	2,32	2,30	2,29	2,27	2,26	2,24	2,22	2,21	2,19	2,17	- 9
- 8	2,51	2,49	2,47	2,45	2,43	2,41	2,40	2,38	2,36	2,34	- 8
- 7	2,71	2,69	2,67	2,65	2,63	2,61	2,59	2,57	2,55	2,53	- 7
- 6	2,93	2,91	2,89	2,86	2,84	2,82	2,80	2,77	2,75	2,73	- 6
- 5	3,16	3,14	3,11	3,09	3,06	3,04	3,01	2,99	2,97	2,95	- 5
- 4	3,41	3,39	3,37	3,34	3,32	3,29	3,27	3,24	3,22	3,18	- 4
- 3	3,67	3,64	3,62	3,59	3,57	3,54	3,52	3,49	3,46	3,44	- 3
- 2	3,97	3,94	3,91	3,88	3,85	3,82	3,79	3,76	3,73	3,70	- 2
- 1	4,26	4,23	4,20	4,17	4,14	4,11	4,08	4,05	4,03	4,00	- 1
- 0	4,58	4,55	4,52	4,49	4,46	4,43	4,40	4,36	4,33	4,29	- 0
0	4,58	4,62	4,65	4,69	4,71	4,75	4,78	4,82	4,86	4,89	0
1	4,92	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,21	5,25	1
2	5,29	5,33	5,37	5,40	5,44	5,48	5,53	5,57	5,60	5,64	2
3	5,68	5,72	5,76	5,80	5,84	5,89	5,93	5,97	6,01	6,06	3
4	6,10	6,14	6,18	6,23	6,27	6,31	6,36	6,40	6,45	6,49	4
5	6,54	6,58	6,64	6,68	6,72	6,77	6,82	6,86	6,91	6,96	5
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,20	7,25	7,31	7,36	7,41	7,46	6
7	7,51	7,56	7,61	7,67	7,72	7,77	7,82	7,88	7,93	7,98	7
8	8,04	8,10	8,15	8,21	8,26	8,32	8,37	8,43	8,48	8,54	8
9	8,61	8,67	8,73	8,78	8,84	8,90	8,96	9,02	9,08	9,14	9
10	9,20	9,26	9,33	9,39	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,77	10
11	9,84	9,90	9,97	10,03	10,10	10,17	10,24	10,31	10,38	10,45	11
12	10,52	10,58	10,66	10,72	10,79	10,86	10,93	11,00	11,08	11,15	12
13	11,23	11,30	11,38	11,75	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91	13
14	11,98	12,06	12,14	12,22	12,96	12,38	12,46	12,54	12,62	12,70	14
15	12,78	12,86	12,95	13,03	13,11	13,20	13,28	13,37	13,45	13,54	15
16	13,63	13,71	13,80	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44	16
17	14,53	14,62	14,71	14,80	14,90	14,99	15,09	15,17	15,27	15,38	17
18	15,46	15,56	15,66	15,76	15,96	15,96	16,06	16,16	16,26	16,36	18
19	16,46	16,57	16,68	16,79	16,90	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43	19
20	17,53	17,64	17,75	17,86	17,97	18,08	18,20	18,31	18,43	18,54	20
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,46	19,58	19,70	21
22	19,82	19,94	20,06	20,19	20,31	20,43	20,58	20,69	20,80	20,93	22
23	21,05	21,19	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,97	22,10	22,23	23
24	22,37	22,50	22,63	22,76	22,91	23,05	23,19	23,31	23,45	23,60	24
25	23,75	23,90	24,03	24,20	24,35	24,49	24,64	24,79	24,94	25,08	25
26	25,31	25,45	25,60	25,74	25,89	26,03	26,18	26,32	26,46	26,60	26
27	26,74	26,90	27,05	27,21	27,37	27,53	27,69	27,85	28,00	28,16	27
28	28,32	28,49	28,66	28,83	29,00	29,17	29,34	29,51	29,68	29,85	28
29	30,03	30,20	30,38	30,56	30,74	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64	29
30	31,82	32,00	32,19	32,38	32,57	32,76	32,95	33,14	33,33	33,52	30
t_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	t_z

TABEL IV

0,56 — 0,092 $\sqrt{e_z}$

e_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	e_z
0	0,56	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0
1	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	1
2	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40	2
3	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	3
4	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	4
5	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	5
6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	6
7	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	7
8	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	8
9	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	9
10	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	10
11	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	11
12	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	12
13	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	13
14	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	14
15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	15
16	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	16
17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	17
18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	18
19	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	19
20	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	20
21	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	21
22	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	22
23	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	23
24	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	24
25	0,10	0,099	0,098	0,097	0,096	0,095	0,094	0,093	0,093	0,092	25
26	0,091	0,090	0,089	0,088	0,087	0,086	0,085	0,084	0,083	0,082	26
27	0,082	0,081	0,080	0,079	0,078	0,078	0,077	0,076	0,075	0,074	27
28	0,073	0,072	0,071	0,070	0,069	0,069	0,068	0,067	0,066	0,065	28
29	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	29
30	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	30
e_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	e_z

TABEL V

$$0,10 + 0,90 n/N$$

n/N	0,	0,01	0,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	0,09	n/N
0,00	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,00
0,10	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26	0,27	0,10
0,20	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36	0,20
0,30	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,43	0,44	0,45	0,30
0,40	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,40
0,50	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63	0,50
0,60	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72	0,60
0,70	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,70
0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,89	0,90	0,80
0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	0,90
1,00	1,00										1,00
n/N	0,	0,01	0,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	0,09	n/N

TABEL VI

$$118 \cdot 10^{-9} (273 + t_z)^4$$

t_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	t_z
-10	564,6										-10
- 9	573,2	572,3	571,5	570,6	569,8	568,9	568,0	567,2	566,3	565,5	- 9
- 8	581,9	581,0	580,2	579,3	578,4	577,6	576,7	575,8	574,9	574,1	- 8
- 7	590,8	589,9	589,0	588,1	587,2	586,4	585,5	584,6	583,7	582,8	- 7
- 6	599,7	598,8	597,9	597,0	596,1	595,3	594,4	593,5	592,6	591,7	- 6
- 5	608,7	607,8	606,9	606,0	605,1	604,2	603,3	602,4	601,5	600,6	- 5
- 4	618,9	617,9	616,9	615,8	614,8	613,8	612,8	611,8	610,7	609,7	- 4
- 3	627,1	626,3	625,5	624,6	623,8	623,0	622,2	621,4	620,5	619,7	- 3
- 2	636,4	635,5	634,5	633,6	632,7	631,8	630,8	629,9	629,0	628,0	- 2
- 1	645,9	645,0	644,0	643,1	642,1	641,2	640,2	639,3	638,3	637,4	- 1
- 0	655,4	654,4	653,2	652,5	651,6	650,6	649,7	648,8	647,8	646,9	- 0
0	655,4	656,4	657,3	658,3	659,3	660,2	661,2	662,2	663,2	664,1	0
1	665,1	666,1	667,1	668,1	669,0	670,0	671,0	672,0	673,0	674,0	1
2	674,9	675,9	676,9	677,9	678,8	679,8	680,8	681,8	682,8	683,7	2
3	684,7	685,7	686,7	687,7	688,7	689,7	690,7	691,7	692,7	693,7	3
4	694,7	695,7	696,7	697,7	698,7	699,7	700,7	701,8	702,8	703,8	4
5	704,8	705,8	706,8	707,8	708,8	709,9	710,9	711,9	712,9	714,0	5
6	715,0	716,0	717,1	718,1	719,1	720,2	721,2	722,2	723,3	724,3	6
7	725,3	726,3	727,4	728,4	729,5	730,5	731,5	732,6	733,6	734,7	7
8	735,7	736,8	737,8	738,9	739,4	741,0	742,0	743,1	744,1	745,2	8
9	746,2	747,3	748,3	749,4	750,5	751,6	752,7	753,8	754,9	755,9	9
10	756,9	758,0	759,0	760,1	761,2	762,3	763,3	764,4	765,5	766,5	10
11	767,7	768,7	769,8	770,9	772,0	773,0	774,1	775,2	776,3	777,4	11
12	778,5	779,6	780,7	781,8	782,9	784,0	785,1	786,2	787,3	788,4	12
13	789,5	790,6	791,7	792,8	793,9	795,0	796,1	797,2	798,3	799,4	13
14	800,5	801,6	802,8	803,9	805,0	806,2	807,3	808,4	809,5	810,7	14
15	811,8	812,9	814,1	815,2	816,3	817,5	818,6	819,7	820,8	822,0	15
16	823,1	824,3	825,4	826,6	827,7	828,9	830,0	831,2	832,3	835,5	16
17	834,6	835,8	836,9	838,1	839,2	840,4	841,6	842,7	843,9	845,0	17
18	846,2	847,4	848,5	849,7	850,9	852,1	853,2	854,4	855,6	856,7	18
19	857,9	859,1	860,3	861,4	862,6	863,8	865,0	866,2	867,3	868,5	19
20	869,7	870,9	872,1	873,3	874,5	875,7	876,8	878,0	879,2	880,4	20
21	881,6	882,8	884,0	885,2	886,4	887,7	888,9	890,1	891,3	892,5	21
22	893,7	894,9	896,1	897,3	898,5	899,8	901,0	902,2	903,4	904,5	22
23	905,8	907,0	908,3	909,5	910,7	912,0	913,2	914,4	915,6	916,9	23
24	918,1	919,4	920,6	921,9	923,1	924,4	925,6	926,9	928,1	929,4	24
25	930,6	931,9	933,1	934,4	935,6	936,9	938,1	939,4	940,6	941,9	25
26	943,1	944,4	945,6	946,9	948,2	949,5	950,7	952,0	953,3	954,5	26
27	955,8	957,1	958,4	959,6	960,9	962,2	963,5	964,8	966,0	967,3	27
28	968,6	969,9	971,2	972,5	973,8	975,1	976,3	977,6	978,9	980,2	28
29	981,5	982,8	984,1	985,4	986,7	988,1	989,4	990,7	992,0	993,3	29
30	994,6	995,9	997,2	998,5	999,8	1001,2	1002,5	1003,8	1005,1	1006,5	30
t_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	t_z

TABEL VII

δ

t_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	t_z
-10	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	-10
- 9	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	- 9
- 8	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	- 8
- 7	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	- 7
- 6	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	- 6
- 5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	- 5
- 4	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	- 4
- 3	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	- 3
- 2	0,32	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	- 2
- 1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36	- 1
- 0	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	- 0
0	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0
1	0,36	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	1
2	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	2
3	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	3
4	0,42	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	4
5	0,45	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	5
6	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	6
7	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,53	7
8	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	8
9	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60	9
10	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	10
11	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67	0,67	11
12	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	12
13	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	13
14	0,76	0,77	0,77	0,78	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	14
15	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	15
16	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	16
17	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	17
18	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	18
19	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	19
20	1,07	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	20
21	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,18	21
22	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	1,24	1,25	22
23	1,26	1,26	1,27	1,28	1,28	1,29	1,30	1,31	1,31	1,32	23
24	1,33	1,34	1,34	1,35	1,36	1,36	1,37	1,38	1,38	1,39	24
25	1,40	1,41	1,41	1,42	1,43	1,43	1,44	1,45	1,45	1,46	25
26	1,47	1,48	1,48	1,49	1,50	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	26
27	1,55	1,56	1,57	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	27
28	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,69	1,70	1,71	1,71	28
29	1,72	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,78	1,79	29
30	1,80	1,81	1,82	1,83	1,84						30
t_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	t_z

TABEL VIII

1/10 verdampingswarmte

t_z	$\frac{1}{10}$ verd.w.	t_z	$\frac{1}{10}$ verd.w.	t_z	$\frac{1}{10}$ verd.w.	t_z	$\frac{1}{10}$ verd.w.
-10	68,1	1	59,6	11	59,0	21	58,5
- 9	68,0	2	59,5	12	58,9	22	58,4
- 8	68,0	3	59,5	13	58,9	23	58,3
- 7	67,9	4	59,4	14	58,8	24	58,3
- 6	67,9	5	59,3	15	58,8	25	58,2
- 5	67,9	6	59,3	16	58,7	26	58,2
- 4	67,8	7	59,2	17	58,7	27	58,2
- 3	67,8	8	59,1	18	58,6	28	58,1
- 2	67,7	9	59,1	19	58,6	29	58,1
- 1	67,7	10	59,0	20	58,5	30	58,0
0	59,6						

TABEL IX

$0,485 \times 0,35 (0,5 + 0,54 u_z)$
 voor u_z in m/sec
 (voor u_z in °B zie tabel IXa)

u_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	u_z
0	0,085	0,094	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0
1	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	1
2	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	2
3	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	3
4	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,53	4
5	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	5
6	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,71	6
7	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	7
8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	8
9	0,91	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	9
10	1,00										
u_z	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	u_z

TABEL IXa

$0,485 \times 0,35 (0,5 + 0,54 u_z)$
 voor u_z in °B

°B	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	°B
0	0,085	0,094	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0
1	0,19	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30	1
2	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39	0,41	0,43	0,44	0,46	2
3	0,48	0,49	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	3
4	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	4
5	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,02	1,04	1,07	5
6	1,10	1,12	1,15	1,17	1,20	1,23	1,25	1,27	1,30	1,32	6
7	1,35	1,37	1,40	1,42	1,45	1,47	1,50	1,52	1,55	1,58	7
8	1,61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
°B	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	°B