

CENTRAAL INSTITUUT VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK

Gestencilde Mededelingen

jaargang 1953

nr. 6

DE BEREKENING
DER POTENTIËLE EVAPOTRANSPIRATIE

Drs G.F. Makkink

Het succes van de berekening van de potentiële evapotranspiratie van gewassen volgens Penman in Engeland maakt het wenselijk om deze rekenwijze ook in ons land toe te passen. Zonder bij voorbaat te willen beweren dat deze methode voor ons land ideaal of zelfs bruikbaar is en zonder uit te spreken dat deze beter is dan die volgens Thornthwaite, mag wel worden opgewekt om een of beide rekenwijzen nader te toetsen. Dit gebeurt op het C.I.L.O. te Wageningen aan de hand van de waarnemingen van het Lysimeterstation.

Voor eigen gebruik werd een aantal grafieken gemaakt om de tijdrovende rekenmanipulaties te vermijden en om de calculaties voor minder geschoolde krachten geschikt te maken. Wellicht zullen ook andere onderzoekers met deze grafische hulpmiddelen gebaat zijn.

De formules waarvan Penman gebruik maakt, zijn de volgende (Journal Agric. Sc. 42 (3) 1952, blz. 286-92):

$$E_t = f E_0 \text{ (verklaring van alle symbolen verderop)} \quad (1)$$

$$f = 0,6 \text{ (Nov. t/m Febr.)}, f = 0,7 \text{ (Sept., Oct., Mrt, April)}, \\ f = 0,8 \text{ (Mei t/m Aug.)}; f = 0,75 \text{ (jaar).}$$

$$E_0 = (0,49 E_a + \Delta H) : (0,49 + \Delta) \text{ mm per etmaal} \quad (2)$$

$$E_a = 0,35 (e_a - e_d) \left(1 + \frac{1000 \times u_2}{1609 \times 100}\right) \text{ mm per etmaal} \quad (3)$$

$$H = \left\{ 0,95 R_A \left(0,18 + 0,55 \frac{n}{N}\right) - \sqrt{T_a^4} (0,56 - 0,092 \sqrt{e_d}) \times \right. \\ \left. (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) \right\} \times \frac{60 \times 24}{59} \text{ mm per etmaal} \quad (4)$$

Hierin zijn:

- E_t de potentiële evapotranspiratie van een gewas, in mm/etmaal
- f een empirische verhoudingsfactor
- E_0 de evaporatie van vrij water, in mm/etmaal
- Δ toeneming der maximale waterdampspanning per °C bij een bepaalde temperatuur, in mm/hg
- E_a het verdampend vermogen van de atmosfeer, in mm/etmaal
- e_a de maximale dampspanning bij de gemiddelde etmaaltemperatuur, in mm/hg
- e_d de maximale dampspanning bij de gemiddelde dauwpunttemperatuur, in mm/hg
- u_2 de windsnelheid op 2 m hoogte, in km/etmaal
- H de netto ontvangen stralingsenergie, in mm/etmaal
- R_A de korte-golf-straling volgens Angot, in cal./cm².min.
- n de zonneshijnduur
- N de mogelijke zonneshijnduur
- $\sqrt{\quad}$ de constante van Stephan-Boltzmann, $0,826 \times 10^{-10}$ cal./cm².min.
- T_a de gemiddelde luchttemperatuur, in °Kelvin.

Omdat de straling voor Wageningen uitvoerig is onderzocht door J.J.M. Reesinck en D.A. de Vries (Mededelingen Landbouwhogeschool 46, 1942, blz. 1-24) leek het voor Nederlandse omstandigheden beter het deel der formule dat op de instraling betrekking heeft, nl. $R_A \cdot (0,18 + 0,55 \frac{n}{N}) \times \frac{1440}{59}$ te vervangen door $Q (0,30 + 0,70 \frac{n}{N})$, waarin Q de empirisch gevonden gemiddelde straling bij onbewolkte hemel is in cal./cm².24 uur. Deze waarde wordt door Reesinck en de Vries voor elke dag van het jaar opgegeven. Vermoedelijk kunnen deze waarden voorlopig wel voor heel Nederland worden aangehouden.

In de formules komen enkele constanten voor:

0,49 in (2) is de psychrometerconstante behorend bij graden Celsius; 0,35 en 0,01 in (3) zijn waarden afgeleid uit een empirische grafiek,

samengesteld uit waarnemingen aan een verdampingsbak te Rothamsted (Engeland) (zie Penman, Proc. Royal Soc. A 193, 1948, blz.132);
0,95 in (4) wegens een bedrag van 5%, dat voor reflectie in aanmerking wordt genomen (Penman 1948);
0,18 en 0,55 in (4) empirische constanten geldend voor Rothamsted (Penman 1948, blz.124);
0,56 en 0,092 constanten ontleend aan Brunt (zie Penman 1948, blz. 123);
0,10 en 0,90, eveneens aan Brunt ontleend door de bewolgingsgraad m te vervangen door het relatieve deel der periode, dat de $\frac{10}{N}$ zon niet schijnt $(1 - \frac{n}{N})$;
59 de verdampingswarmte van water in cal.per mm per cm².

Wat de bijlagenbetreft het volgende.

Het formulier bevat bovenaan plaatsen om alle basisgegevens in te vullen. Voor de rest wijst het aan hoe gehandeld moet worden. Benedenaan kan een parallelberekening worden uitgevoerd, wanneer men over een gemeten gegeven beschikt betreffende de totale globale korte-golf-straling.

Tabel 1 is ontleend aan Reesinck en de Vries.

Grafiek 1 is uit een almanak samengesteld.

Grafiek 2 A en B zijn de voorstellingen van de desbetreffende uitgewerkte delen der formule (4), die op de instraling betrekking hebben.

Grafiek 3 stelt de kromme der maximale dampspanning voor volgens Grimschl. 1923, Lehrbuch der Physik.

Grafiek 4 geeft lijnen voor het vinden van de twee laatste factoren der uitstraling uit formule (4).

Grafiek 5 geeft de ontbrekende factor der uitstralingsformule (4).

Grafiek 6 betreft de term der windsnelheid uit (3).

Grafiek 7 geeft de hellingstangens weer in afhankelijkheid van de temperatuur volgens de gegevens, waarop ook grafiek 3 berust. Ze zijn verkregen door berekening van $\Delta = \frac{e_{t+1} - e_{t-1}}{(t+1)-(t-1)} = \frac{e_{t+1} - e_{t-1}}{2}$.

S. 1522

40 ex.

Verdamping vrij water per etmaal volgens Penman

Maand	Datum	\bar{t} °C	\bar{v}	n. uren	u_2 km/etm.	S cal./cm ² .etm.

Q uit tab. 1

N uit gr. 1

$$\frac{n}{N} =$$

Instraling (mm/24 u.)

$\frac{n}{N}$ geeft in gr. 2A

Q geeft in 2B

x geeft

\bar{t} geeft in gr. 3

$$\frac{e_a}{\bar{v}}$$

x geeft

$$e_d$$

Uitstraling (mm/24 u.)

e_d geeft in gr. 4A

$\frac{n}{N}$ geeft in gr. 4B

\bar{t} geeft in gr. 5

x geeft

x →

$$Y$$

$$H$$

e_a

e_d

- geeft

u_2 geeft in gr. 6

0,35 + geeft

x geeft →

$$E_a$$

Δ uit gr. 7

H

x geeft

$$E_a \times 0,49$$

=

..... + geeft

E_o

Δ

0,49

+ geeft

$$Z$$

$$E_o$$

S in gr. 2B geeft

$$\frac{Y}{H} \Delta$$

x geeft

$E_a \times 0,49$

Z

$$E_o'$$

Tabel I

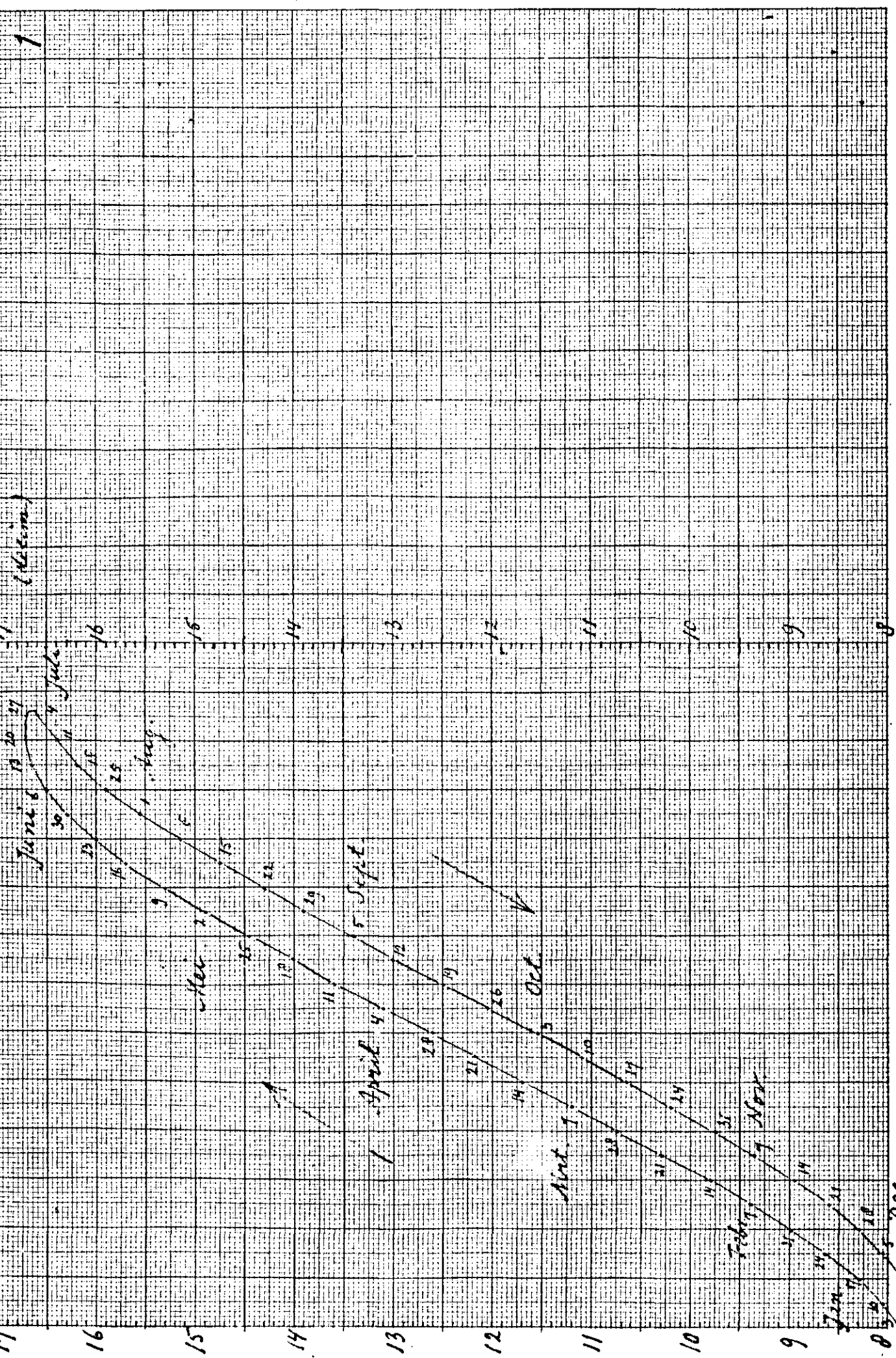
Datum	Jan.	Febr.	Mrt	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1	98	162	280	452	608	682	678	594	456	323	195	111
2	99	164	285	458	612	683	676	590	452	319	190	110
3	100	167	290	464	616	684	674	585	448	315	185	109
4	101	170	295	470	620	685	672	580	444	311	180	108
5	102	173	300	476	624	686	670	575	440	307	175	107
6	104	177	305	482	628	687	668	570	435	303	171	106
7	106	181	310	488	632	688	666	565	430	299	166	105
8	108	185	315	494	636	689	664	560	425	295	162	104
9	111	190	320	500	639	690	662	555	420	291	157	103
10	113	195	326	505	642	691	660	550	415	287	153	102
11	115	199	332	510	645	692	658	545	410	283	149	101
12	117	203	337	515	648	693	656	541	406	278	145	100
13	119	207	343	520	651	694	653	537	402	274	140	99
14	120	210	348	525	654	694	650	534	397	270	136	98
15	121	213	354	530	657	694	647	530	393	266	133	97
16	123	216	360	535	660	693	645	526	389	263	130	96
17	125	219	366	540	662	693	643	523	385	259	128	95
18	127	223	371	545	665	692	640	519	380	255	125	95
19	129	227	376	550	667	691	637	515	375	250	123	94
20	130	231	382	555	669	690	635	510	370	245	122	94
21	132	235	388	560	671	689	633	505	365	240	121	94
22	135	240	394	565	672	688	630	500	360	236	120	94
23	138	245	400	570	673	687	626	495	355	233	119	94
24	140	250	406	575	674	686	623	490	351	229	118	94
25	143	255	412	580	675	686	620	486	347	225	117	95
26	147	260	418	585	676	685	616	481	343	220	116	95
27	150	265	423	590	677	684	613	476	339	216	115	96
28	153	270	428	595	678	683	610	472	335	213	114	96
29	156	275	434	600	679	682	606	468	331	209	113	97
30	158	-	440	604	680	680	602	464	327	205	112	97
31	160	-	446	-	681	-	598	460	-	200	-	97

Overgenomen uit J.J.M. Reesinck en D.A. de Vries, Mededelingen Landbouwhogeschool 46, blz. 1-24 (1942).

De waarden zijn aantallen cal. per cm² per dag der totale globale straling te Wageningen (1938-'40) bij onbewolkte lucht. In de zomer voor de kuststreek 20% bijtellen, in de winter 10% aftrekken.

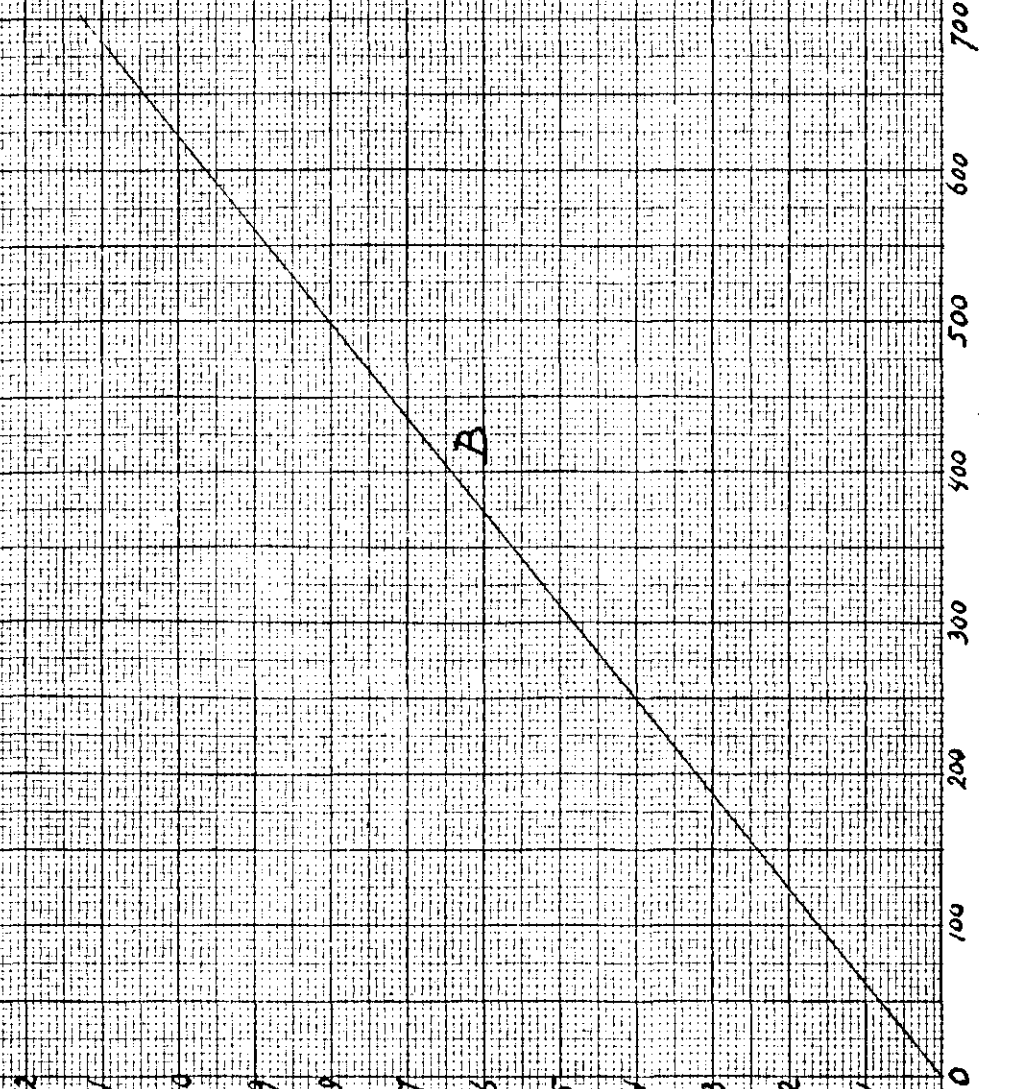
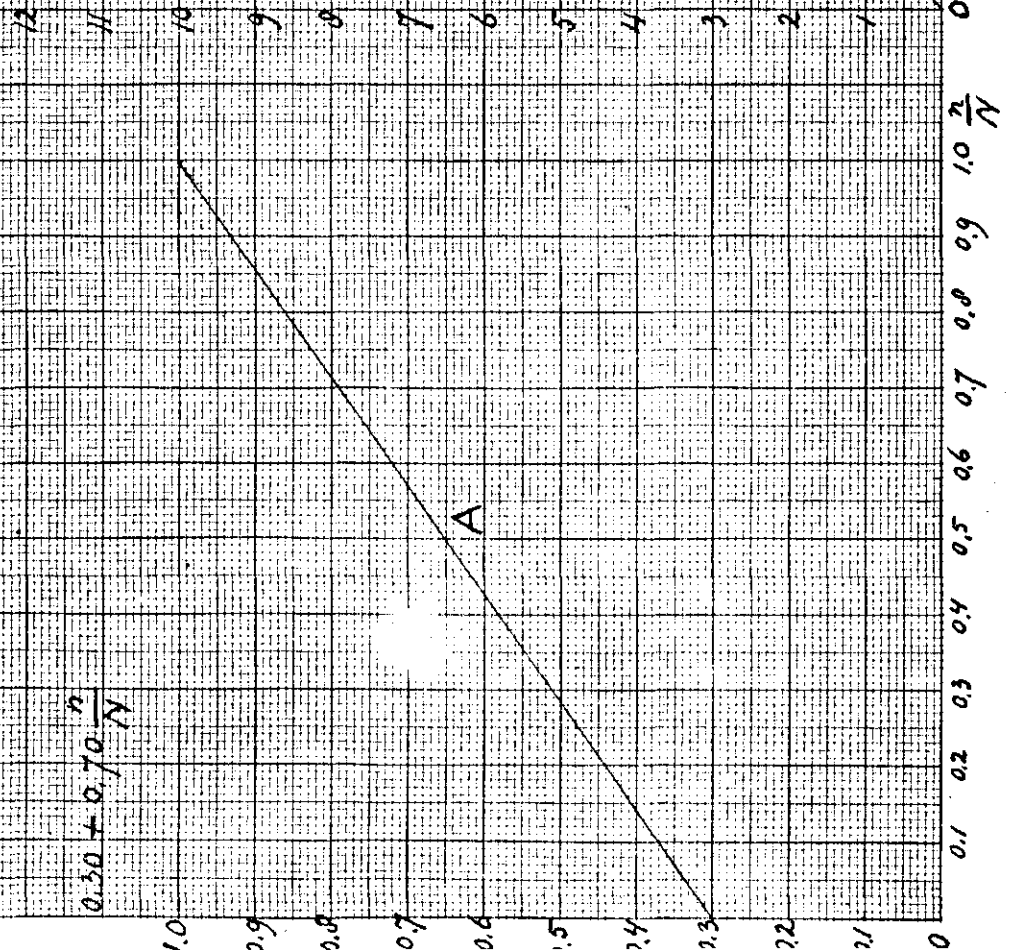
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8

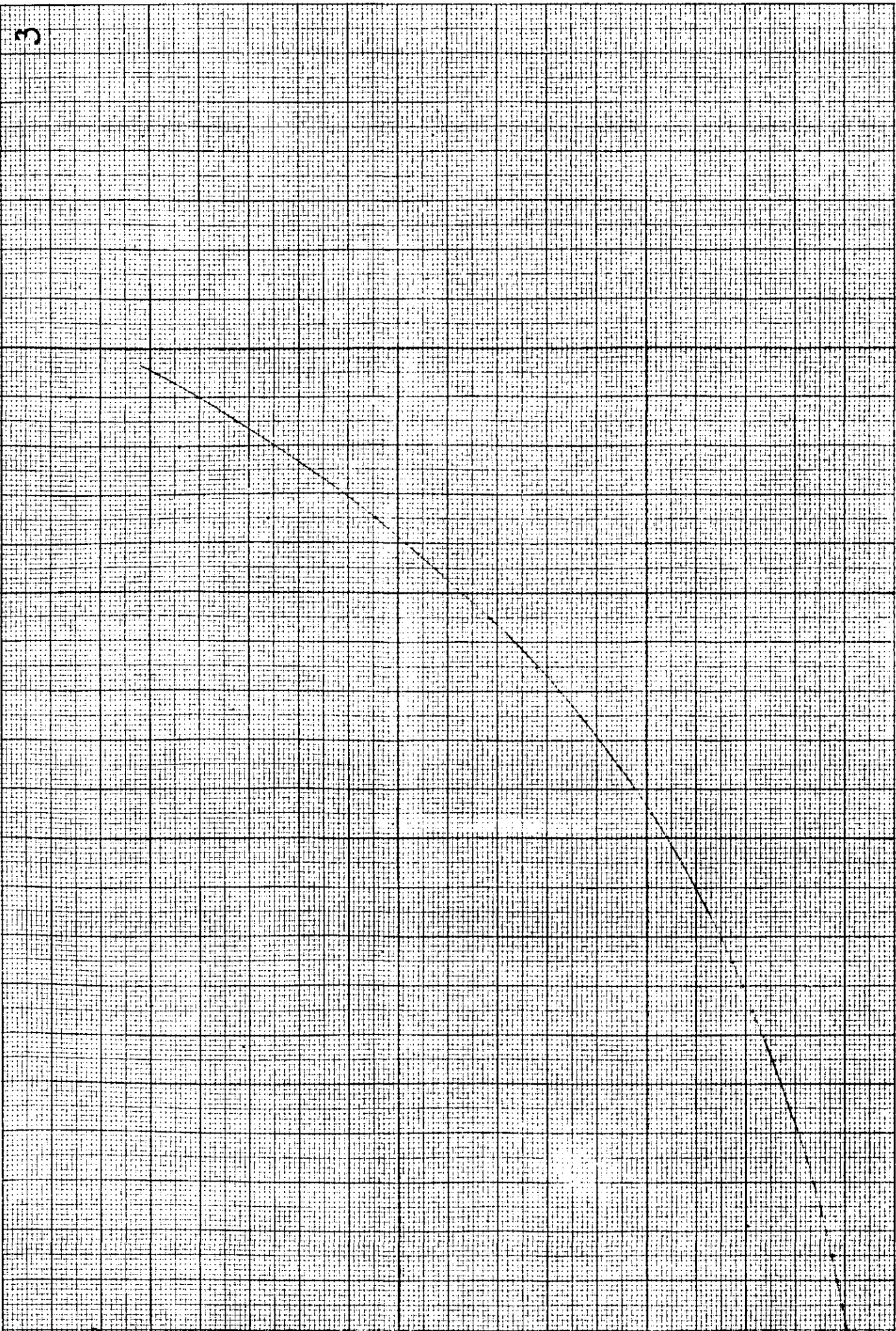
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8



$0.0161 Q (S)$

$0.30 + 0.70 \frac{p}{N}$

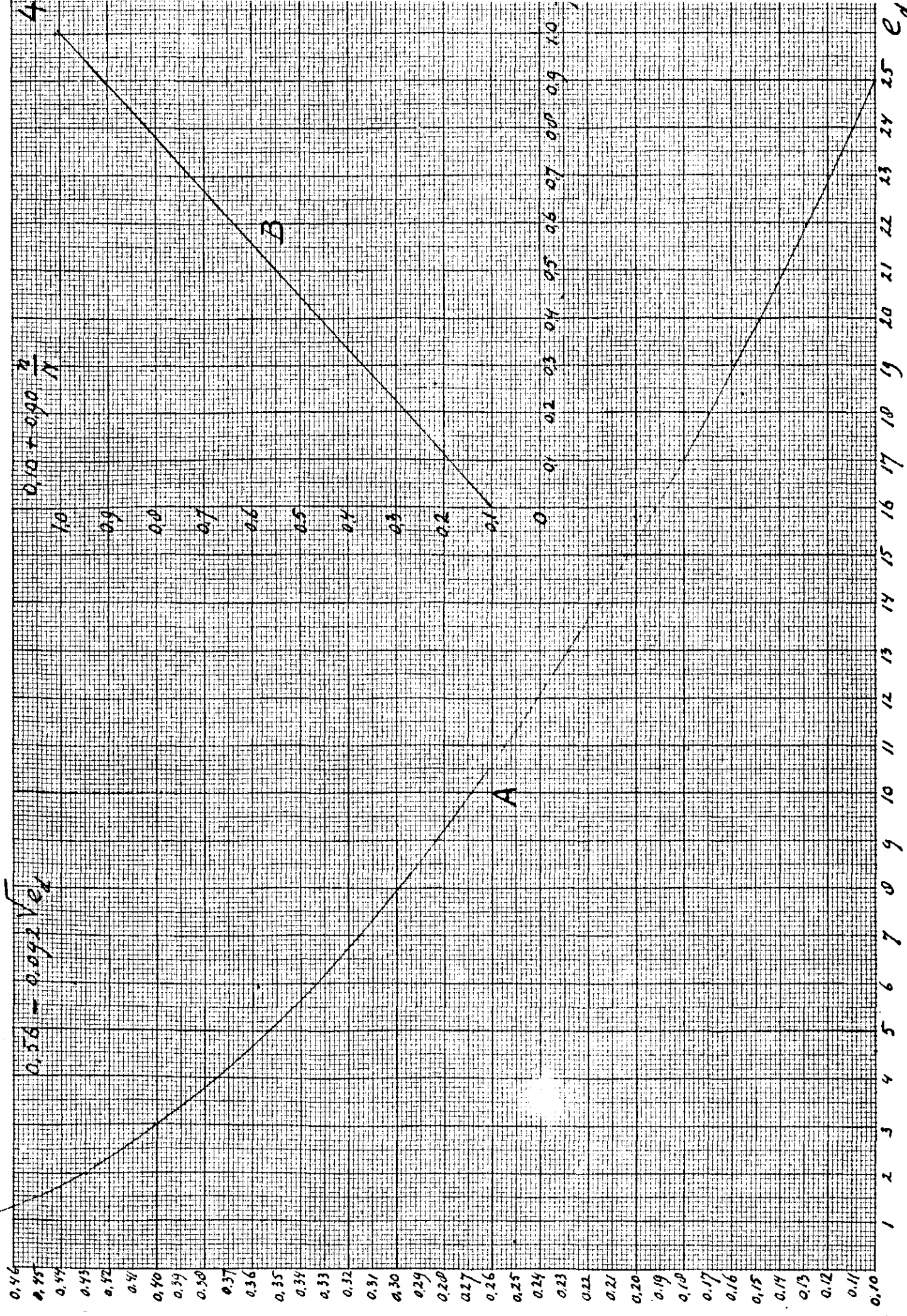




-10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 . °C

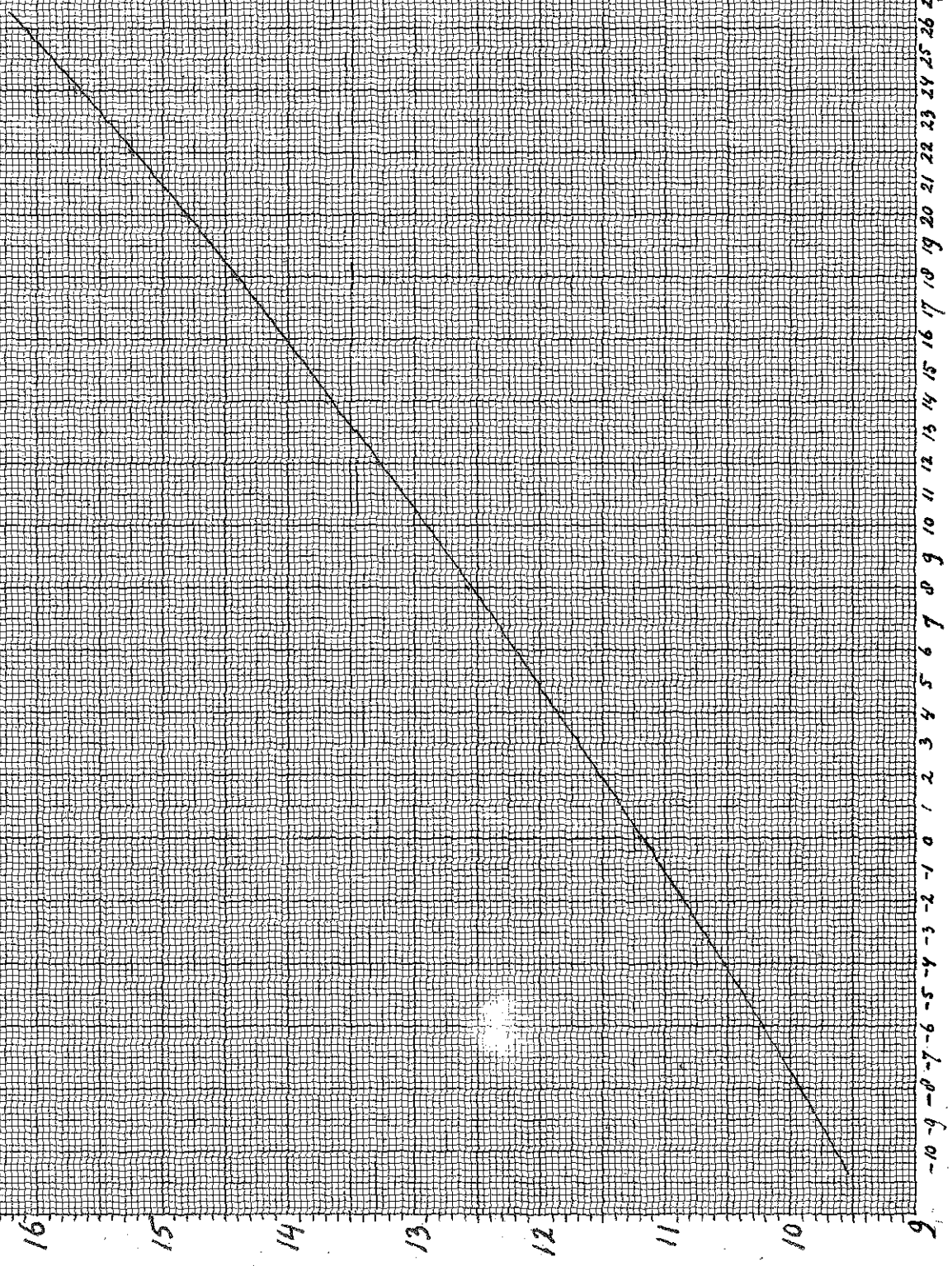
$$0.556 - 0.092 \sqrt{x}$$

$$0.10 + 0.00 \frac{x}{N}$$



mm

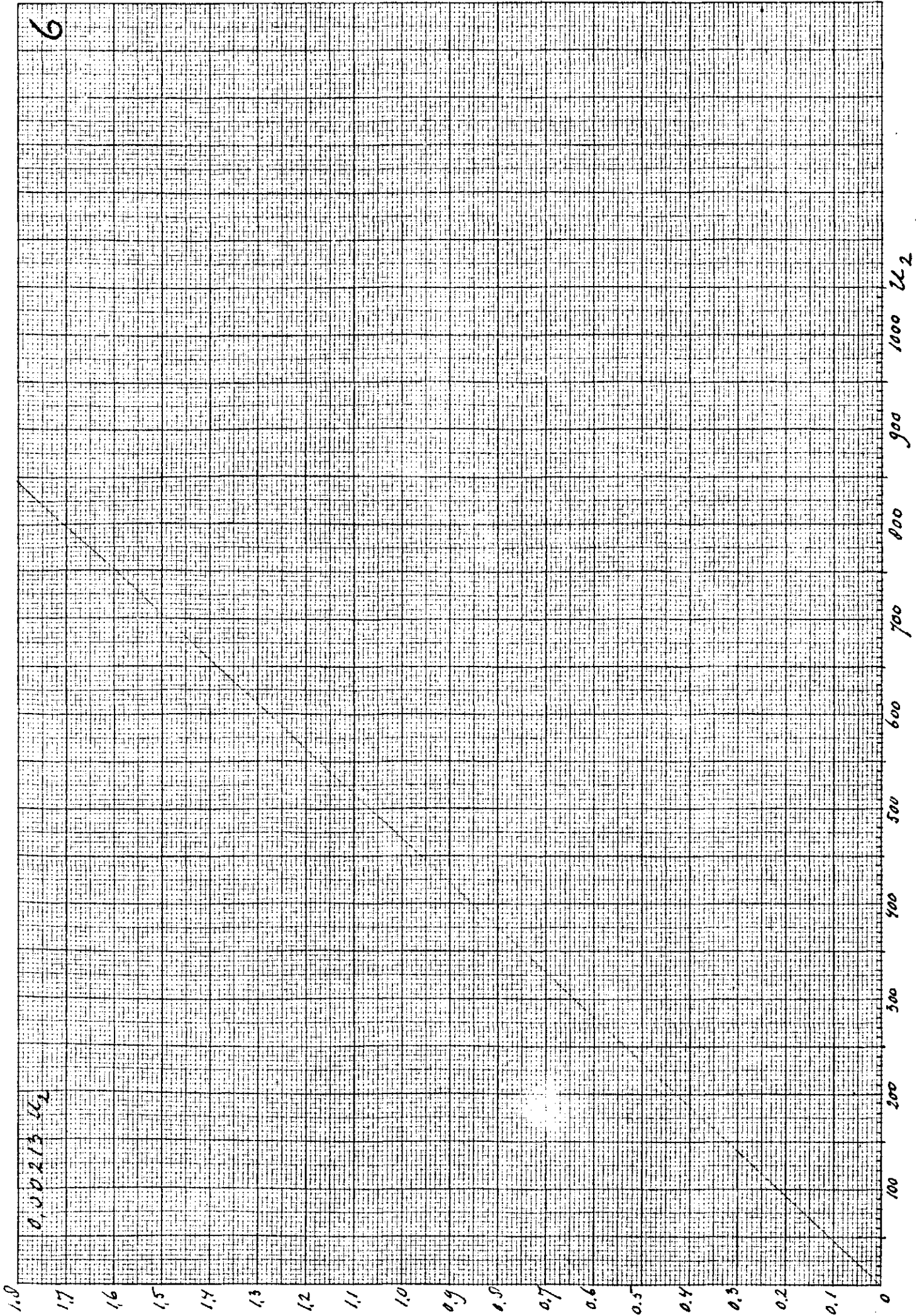
$$\frac{0.026 \times (1075 + t)^4 \times 10^{-10} \times 60 \times 24}{59}$$



°C

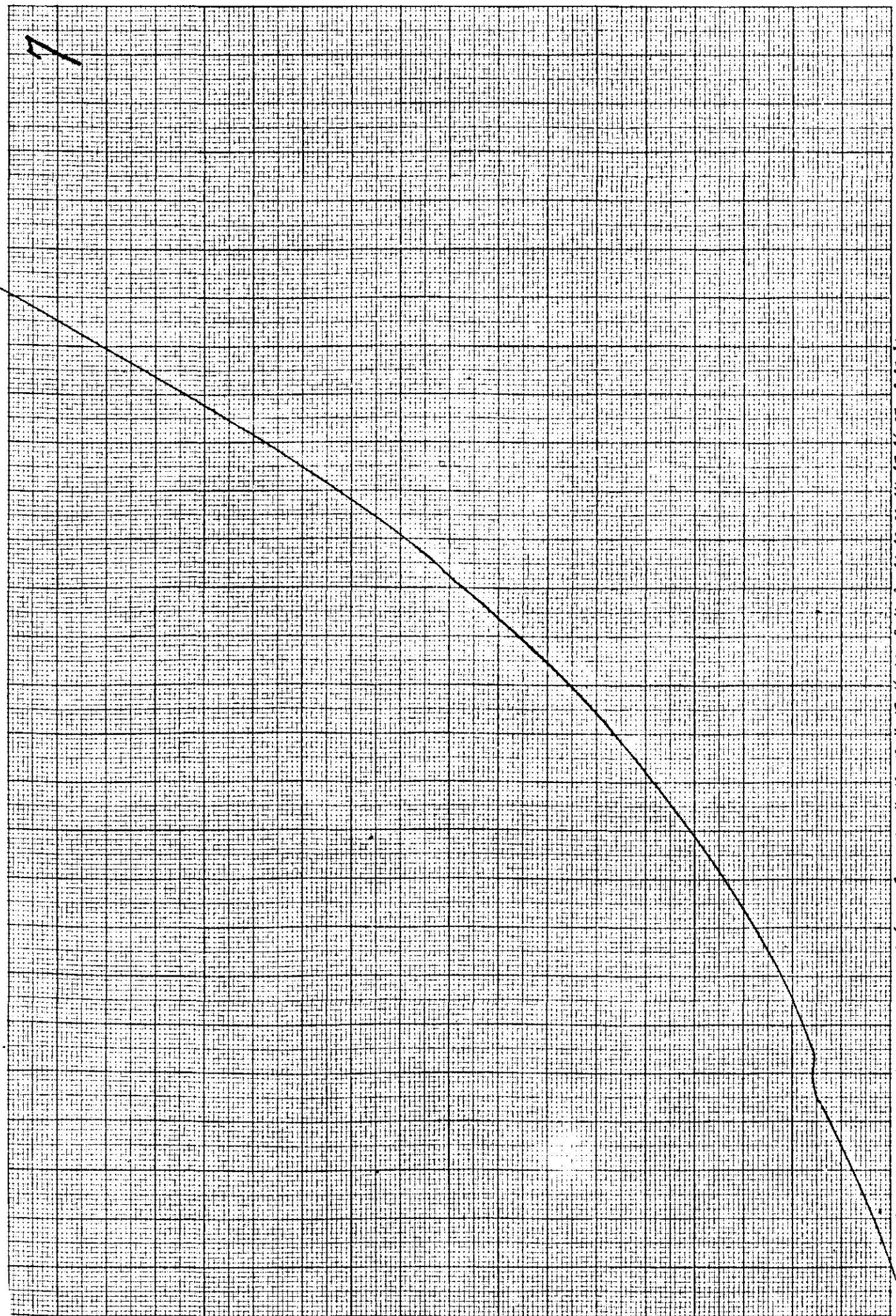
6

0.00213 μ_2



100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100

7



20
 19
 18
 17
 16
 15
 14
 13
 12
 11
 10
 9
 8
 7
 6
 5
 4
 3
 2
 1
 0
 -1
 -2
 -3
 -4
 -5
 -6
 -7
 -8
 -9
 -10