

HET VERLOOP VAN HET ZOUTGEHALTE
IN DE ZEESCHELDE

door

R. CODDE

Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen en Wegen

HET VERLOOP VAN HET ZOUTGEHALTE IN DE ZEESCHELDE

door

R. CODDE

*Hoofdingenieur - Directeur van Bruggen en Wegen
Antwerpen Zeedienslen*

De auteur merkt eerst op dat het chloorgehalte van het bovenwater onbeduidend is. De metingen van het chloorgehalte in de Zeeschelde worden door middel van twee methodes verricht :

- 1) door titrering volgens de methode van Mohr,
- 2) door meting van de geleidbaarheid.

De auteur vermeldt dat het zoutgehalte in een dwarsprofiel praktisch dezelfde waarde heeft in gans het profiel. Hij bespreekt de resultaten van zijn metingen te Antwerpen en trekt de aandacht op de variatie van het zoutgehalte gedurende een getij en op de seizoenschommelingen.

Verder wordt de invloed van het bovendeel op het chloorgehalte te Antwerpen besproken, en wordt aangetoond dat een correlatie bestaat tussen de jaargemiddelden van het bovendeel en het chloorgehalte te Antwerpen. Dit verband laat toe, indien het chloorgehalte gekend is, het overeenstemmend bovendeel over het jaar af te leiden.

Ten slotte worden gegevens verstrekt omtrent het verloop van het chloorgehalte over gans het maritiem gedeelte van het Scheldebekken.

LA VARIATION DE LA SALINITE DANS L'ESCAUT MARITIME.

L'auteur rappelle d'abord que la teneur en chlore des eaux supérieures est insignifiante. Pour l'Escaut maritime, les mesures sont faites de deux façons différentes :

- 1) par titrage du chlore par la méthode de Mohr,
- 2) par mesure de la résistance électrique.

Après avoir remarqué que contrairement à beaucoup d'autres rivières maritimes, l'Escaut présente une répartition uniforme de la salinité dans chaque section transversale, l'auteur expose les résultats de ses mesures à Anvers, montrant notamment la variation en salinité au cours d'une même marée, et exposant ensuite cette variation au cours des saisons.

Il indique l'influence du débit d'amont sur la teneur en sel à Anvers et montre qu'il existe une corrélation entre les moyennes annuelles du débit supérieur et de la chlorinité à Anvers. Celle-ci permet, si on connaît la chlorinité, d'en déduire le débit d'amont annuel.

Enfin il termine par des données sur la variation de la salinité dans tout le domaine maritime.

THE VARIATION OF SALINITY IN THE LOWER SCHELDT RIVER.

The author first stresses that the chlorine content of the river's discharge itself is negligible.

Measurements of salinity in the lower Scheldt are carried out in two ways:

- 1) chemically by the application of Mohr's method,
- 2) by measuring electrical resistivity.

Saline content is practically constant throughout any given cross-section, and the Scheldt river seems to be rather an exceptional case in this respect. The author discusses the results of the measurements carried out at Antwerp, the variations of salinity in the course of a single tide, and the seasonal variations.

He indicates the influence of the upper river's discharge on the existence of a correlation between the mean annual upper river's discharge and the salinity at Antwerp. This relation allows, with knowledge of the salinity, to define the corresponding annual upper river's discharge.

Finally some data are provided on the variation of salinity throughout the maritime section of the Scheldt river.

INLEIDING

Indien de gegevens nopens de voortplanting van het getij in het maritiem gedeelte van het Scheldebekken sinds bijna één eeuw opgenomen werden en daaruit regelmatig de hoofdkarakteristieken werden afgeleid, zijn de gegevens nopens het zoutgehalte veel minder gevorderd.

Vóór 1940 werden reeds enkele gegevens hierover verzameld die spijtig genoeg door oorlogsomstandigheden verloren gingen.

In 1942 werden de waarnemingen hernomen en op een meer stelselmatige wijze uitgevoerd.

Het is enkel in 1948 dat een algemeen onderzoek werd aangevat om het verloop van het zoutgehalte in het Scheldebekken te kennen.

Sinds dat jaar worden ononderbroken metingen gedaan om het zoutgehalte te bepalen vóór Antwerpen. Onderhavige nota geeft een overzicht van de bekomen uitslagen.

TIJREGIME DER SCHELDE

Het gemiddeld tijverschil aan de monding te Vlissingen is 3 m 73. Deze amplitude vermeerderd geleidelijk om een maximum van 4 m 77 te bereiken even opwaarts Antwerpen.

Meer opwaarts vermindert het tijverschil geleidelijk

om onmiddellijk afwaarts de stuw te Gentbrugge, hetzij 160 km opwaarts de monding, nog 1 m 95 te bedragen.

Het daarmee overeenstemmend vloeddebiët bedraagt onderscheidelijk te Vlissingen 1.065 miljoen m³ en te Antwerpen 61,1 miljoen m³.

Het bovendebiet is zeer gering ten opzichte van het vloeddebiet. Het bedraagt inderdaad gemiddeld te Antwerpen gedurende de winterperiode (November tot en met April) 130 m³/sec. en in de Zomer (Mei tot en met October) 41 m³/sec.

Dit betekent ten opzichte van het vloeddebiet aldaar onderscheidelijk 9,5 % en 3 %.

Aan de monding bedraagt het gemiddeld percentage enkel 0,5.

ZOUT- EN CHLOORGEHALTE

De Schelde mondt uit in de Noordzee. Aangenomen mag worden dat de samenstelling van dit zeewater onveranderlijk is en dat één liter 35,5 gr verschillende zouten inhoudt waaronder 78 % natriumchloride (Na Cl) en 10 % magnesiumchloride (Mg Cl₂). Uitgedrukt in chloorionen bedraagt dit 19,5 gr chloor per liter. Dit is het chloorgehalte van het zeewater.

Gelet op de vaste samenstelling van het zeewater bestaat er een vaste verhouding tussen het chloor- en het zoutgehalte en wel namelijk : zoutgehalte = 1,81 chloorgehalte. Het volstaat dus om het zoutgehalte van een mengeling van zeewater met zuiver water te kennen, het chloorgehalte er van te bepalen.

Het chloorgehalte van zulke mengeling wordt soms nog uitgedrukt in gr/Na Cl per liter met de veronderstelling dat al de chloorionen verbonden zijn met natrium.

Rationeler is het chloorgehalte in valenties of millivalenties uit te drukken, een valentie overeenstemmend met een gehalte van 35,5 gr/liter. Het zeewater dat 19,5 gr chloor bevat, heeft dus een chloorgehalte van 550 millivalenties.

Het chloorgehalte van het bovenwater is daarentegen zeer gering en bedraagt gemiddeld voor de :

Bovenshelde	5 millivalenties
Dender	4 millivalenties
Dyle	7 millivalenties
Zenne	6 millivalenties
Grote Nete	3 millivalenties
Kleine Nete	2 millivalenties

Bij een eerste benadering mag dan ook aangenomen worden dat bij mengeling van het zeewater met het bovenwater, het chloorgehalte van dit laatste mag verwaarloosd worden.

METEN VAN HET CHLOORGEHALTE

Het chloorgehalte wordt bepaald bij middel van twee klassieke methodes :

- 1) door titrerend volgens de methode van Mohr, waarbij het chloor neergeslagen wordt met een getitreerde oplossing van zilvernitraat en waarbij als indicator calciumchromaat wordt gebezigd.

Het zilvernitraat slaat het chloor neer onder de vorm van zilverchloride, terwijl het einde van de verbinding wordt aangegeven door de indicator door vorming van zilverchromaat wanneer overtollig zilvernitraat bij de te titreren oplossing wordt gemengd.

- 2) door meting van de geleidbaarheid.

Bij deze methode werd voorafgaandelijk een correlatie bepaald volgens de voorgaande werkwijze tussen het chloorgehalte en de geleidbaarheid van de oplossing.

De ondervinding heeft aangetoond dat bij een bepaalde temperatuur een vrij nauwkeurig verband bestaat tussen hogervermelde karakteristieken van het Scheldewater te Antwerpen.

Wat de verandering van de geleidbaarheid met de temperatuur betreft, werd proefondervindelijk vastgesteld dat de relatieve vermeerdering van de geleidbaarheid voor een temperatuursverhoging van 1° C,

vrij constant blijft. Voor het Scheldewater werd gevonden dat $\delta\lambda/\lambda = 0,022$ per graad.

Deze metingen werden uitgevoerd met de bekende brug van Kohlrausch waarvan een der takken gevormd wordt door een cel met twee elektroden, gedompeld in de te titreren oplossing. Het hiervoor gebezigde toestel is de Philoscope van de firma Philips, hetwelk volledige voldoening heeft geschonken.

Vanaf 1951 werd te Antwerpen een registrerende zoutgehaltemeter « Kent Multelec » in dienst gesteld. Dit apparaat meet de geleidbaarheid van het Scheldewater bij een temperatuur herleid tot 15° C.

Het bestendig aanvoeren van het Scheldewater geschiedt bij middel van een kleine watertromp werkende met geperste lucht. Het opgestuwde water wordt gedecanteerd en gefilterd alvorens naar de meetcel gebracht te worden die, door het meten van de weerstand, het daarmee overeenstemmend zoutgehalte aantekent.

Het op punt stellen van het apparaat heeft veel last bezorgd en het dient steeds van nabij gevolgd vooral in verband met de verandering van de weerstand door verontreiniging.

Regelmatige controle door rechtstreekse metingen is dan ook onmisbaar.

CHLOORGEHALTE VAN HET SCHELDEWATER TE ANTWERPEN

Wij hebben gezien dat aan de monding zeewater met praktisch constant zoutgehalte, bij vloed in de Schelde komt.

Langs het opwaartse uiteinde daarentegen wordt water in het maritiem gedeelte gebracht dat praktisch geen chloor bevat.

Men kan zich dus afvragen hoe het chloorgehalte zich verdeelt over het tijgebied.

In de eerste plaats werd door stelselmatige metingen het verloop van het chloorgehalte onderzocht ter hoogte van Antwerpen.

Veranderingen in dwarsprofiel.

De ontleding van talrijke monsters gelijktijdig genomen in een dwarsprofiel heeft aangetoond dat praktisch het zoutgehalte op een bepaald ogenblik in gans het profiel dezelfde waarde heeft en er zich dus geen scheiding voordoet van het zoete bovenwater en het zoute zeewater zoals dit wordt vastgesteld in de meeste tijrivieren met groot bovendebiet waar zich een dubbele wigvormige stroming voordoet en waarvan de onderste laag het zoute zeewater is. De mengeling blijkt dus praktisch volledig. De verklaring dient allicht gevonden in

het feit dat de bedding der Schelde op Nederlands grondgebied nog in een wilde staat verkeert waardoor vele dwarsstromen gevormd worden tussen het geulen- en bankenstelsel, terwijl ook op Belgisch gebied vele zware bochten zich voordoen waardoor bij vloed, een praktisch volledige omwoeling van het tijwater gebeurt.

Verandering met de tijgolf.

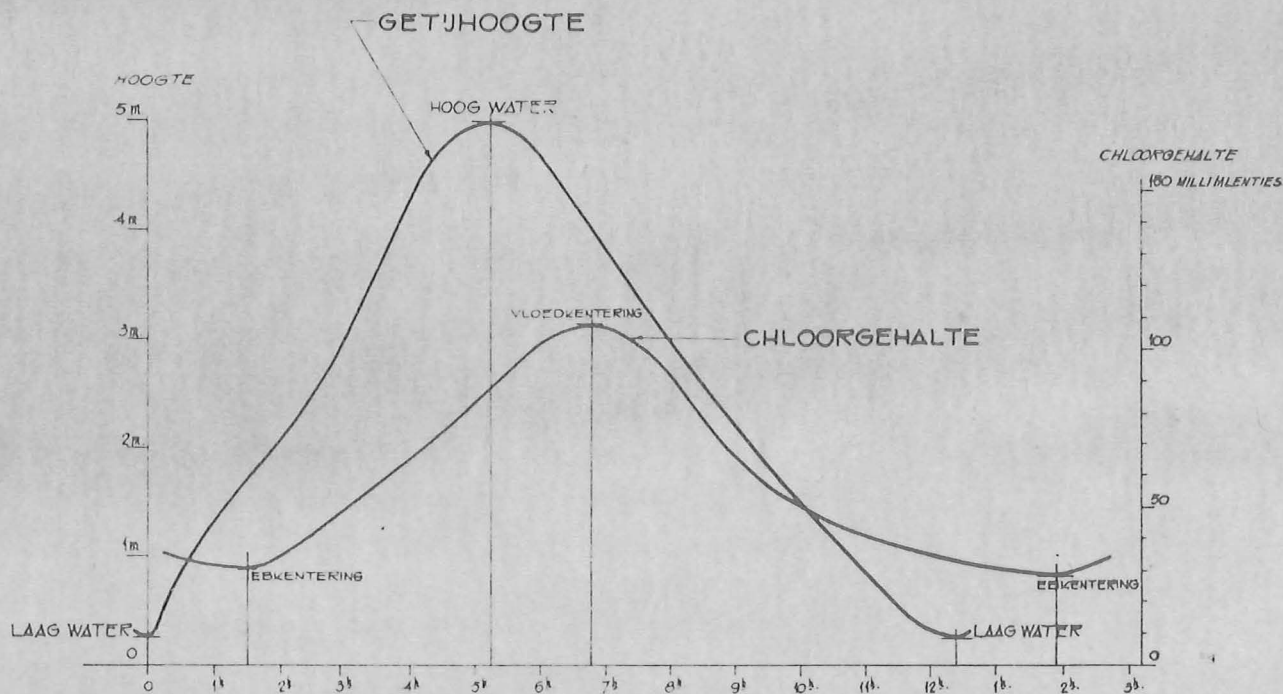
Naarmate het getij stijgt verzwaart het zoutgehalte van het Scheldewater om een maximumwaarde te bereiken bij kentering van vloed naar eb en dan terug gele-

delijk af te nemen en een minimumwaarde te vertonen bij kentering van laagwater.

Men vindt een plaatselijke zoutcurve min of meer gelijklopend met de verticale tijcurve, maar enigszins verschoven in tijd daar, zoals hoger vermeld, de uiterste waarden overeenstemmen met de kentering van stroom die zoals men weet na hoog- of laagwater plaats heeft (bijlage I).

Bij gelijk bovendebiet zijn die uiterste waarden des te groter naarmate de tijgolf zwaarder is.

Bij verzwareing van het hoogwater te Antwerpen met één meter mag men aannemen dat het chloorgehalte bij hoogwater met 30 tot 45 millivalenties stijgt.



SEIZOENSCHOMMELING VAN DE UITERSTE WAARDEN VAN HET CHLOORGEHALTE

Sinds begin 1949 werden te Antwerpen op alle werkdagen twee watermonsters genomen onderscheidelijk bij kentering van hoog- en laagwater en waarvan het chloorgehalte werd bepaald.

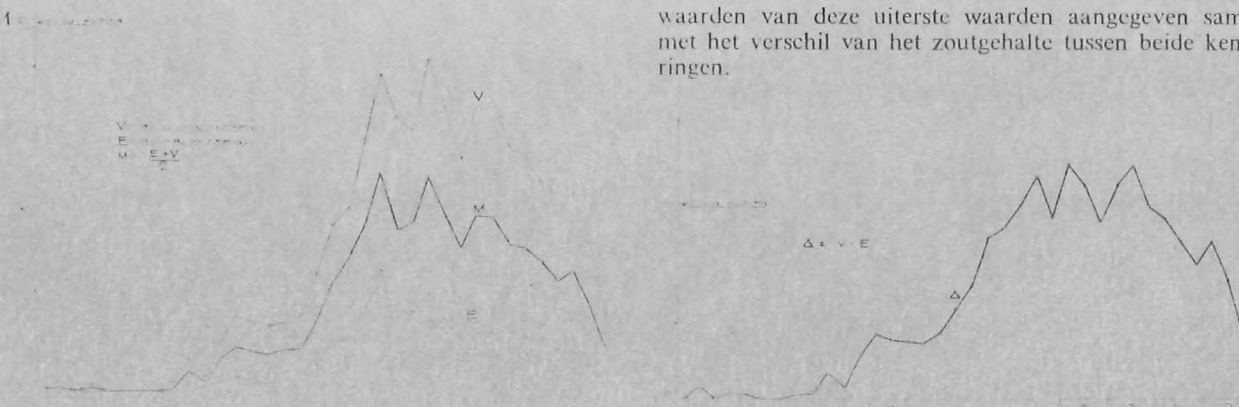
Bij het in gebruik nemen van de registrerende zoutgehaltemeter « Kent Multelec » sinds midden 1951.

werden de uiterste waarden van het chloorgehalte bij iedere tij, van het diagramma afgelezen.

Uit deze gegevens werden de tiendaagse gemiddelden bepaald.

Het jaarverloop van deze waarden (1955) is weer gegeven op onderstaande grafieken.

Verder werden eveneens de curven van de middenwaarden van deze uiterste waarden aangegeven samen met het verschil van het zoutgehalte tussen beide kenteringen.



De curven van de andere jaren vertonen een gelijkaardig verloop en wel namelijk een minimumwaarde in het begin van het jaar (Januari-Maart) om daarna een geleidelijke verzilting volgens een min of meer rechtlijnig verloop aan te geven en alsdan een maximumwaarde van het jaar te bereiken op het einde van de Zomer of begin van de Herfst. Deze periode is gevolgd door een ont-

zilting die eindigt met de minimumwaarde waarvan hier-voor reeds sprake.

Dikwijls vertonen de curven gedurende de winterperiode een vrij plat verloop.

Hierna volgt een tabel die deze tiendaagse minima- en maximawaarden over het jaar aangeeft voor de periode 1949-57.

TIENDAAGS GEMIDDELD MAX. EN MIN. CHLOORGEHALTE UITGEDRUKT IN MILLIVALENTIES

Jaar	VLOEDKENTERING			EBKENTERING		
	Tijdstip	Minimum	Maximum	Tijdstip	Minimum	Maximum
1949	III"	36,8		I"	6,0	
	X"		230,9	IX"		111,2
1950	II"	13,7		II"	4,3	
	VIII"		179,6	VIII'		83,8
1951	I"	4,3		I"	1,7	
	X"		105,2	X"		32,5
1952	II"	2,6		II"	1,7	
	VIII'		126,5	VIII"		41,9
1953	I'	3,4		I'	1,7	
	X"		160,7	X"		52,2
1954	III'	32,5		III'	5,1	
	VII"		153,9	VII'		65,8
1955	II"	6,0		II"	1,7	
	IX'		194,1	IX'		88,9
1956	II'	15,4		III"	4,3	
	IX'		123,1	IX'		65,0
1957	II"	3,6		II"	2,1	
	VII"		167,6	VII"		57,1

OPMERKING: De romeinse cijfers geven de maanden aan; de accenten de decade.

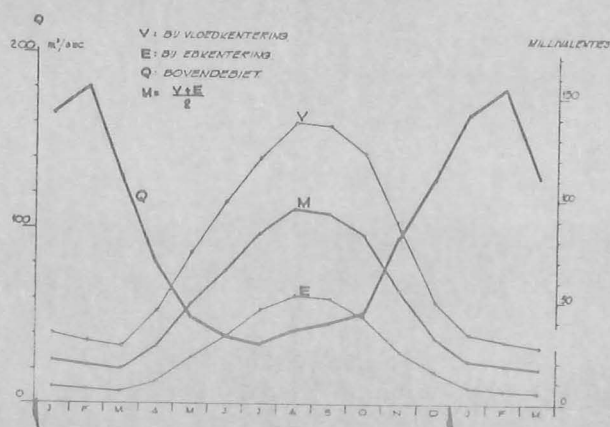
VERBAND TUSSEN HET CHLOORGEHALTE TE ANTWERPEN EN HET BOVENDEBIET

Voorgaande seizoenschommelingen zijn in verband te brengen met het bovendebiet.

Deze correlatie komt duidelijk tot uiting indien men enerzijds het gemiddeld verloop over de periode 1949-57 van de middenwaarden uitzet tegenover het verloop van het gemiddeld bovendebiet over dezelfde periode (zie grafiek).

Bij een maximum bovendebiet stemt een minimumwaarde van het zoutgehalte overeen en omgekeerd.

Een beter verband wordt bekomen door het gemiddeld chloorgehalte over het jaar uit te zetten in functie van het gemiddeld bovendebiet. De waarden die hiervoor in aanmerking komen zijn opgenomen in onderstaande tabel.



ZOUTGEHALTE IN DE ZEESCHELDE

Jaar		1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
Jaargemiddelde	V	138,9	89,4	36,1	47,2	77,0	87,0	94,7	72,8	62,8
Chloorgehalte in mil- livalenties	E	57,5	29,2	10,1	13,3	20,2	24,5	37,4	25,8	18,0
	M	98,3	59,3	23,1	30,3	49,4	55,7	66,0	49,4	40,4
	Δ	81,1	60,2	26,0	33,9	56,8	62,6	57,3	47,0	44,8
Bovendebiet in m ³ /sec.		42,5	77,9	116,3	145,6	80,0	66,0	69,1	81,3	99,7

OPMERKING : V : bij vloedkentering.

E : bij ebkentering.

$$M = \frac{V + E}{2}$$

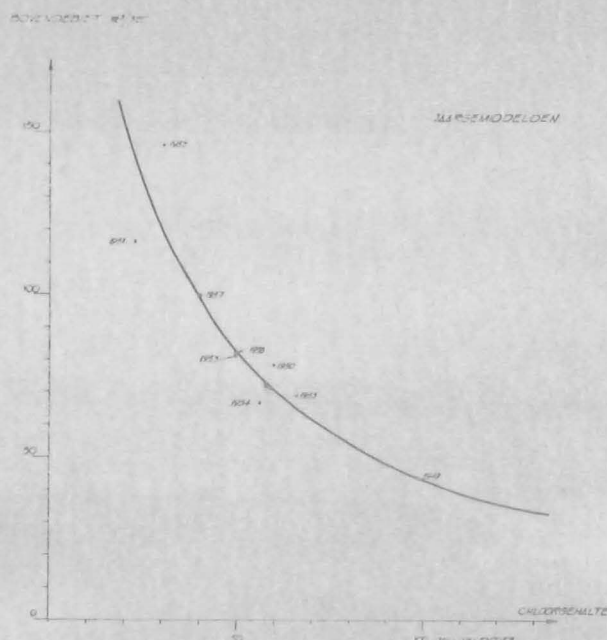
$$\Delta : V - E.$$

Onderstaande grafiek geeft deze correlatiecurve weer. In hoever deze curve toelaat het bovendebiet te bepalen, uitgaande van het gemiddeld chloorgehalte te Antwerpen, moge blijken uit onderstaande tabel die de fout aangeeft die hierdoor begaan wordt.

DEBIET IN M³/SEC.

Jaar	Rechtstreeks gemeten	Afgeleid volgens curve	Fout in %
1949	42,48	42	0
1950	77,92	71	- 9
1951	116,26	139	+20
1952	145,60	121	-20
1953	80,62	83	+ 3
1954	66,04	75	+13
1955	69,11	65	- 6
1956	81,34	83	+ 2
1957	99,70	100	+ 1

Met uitzondering van de zeer grote debieten mag de benadering als zeer bevredigend beschouwd worden. Het is overigens niet uitgesloten dat de afwijking bij groot bovendebiet gedeeltelijk te wijten is aan het feit dat zulke debieten moeilijk nauwkeurig te meten zijn.



VERLOOP VAN HET CHLOORGEHALTE IN HET MARITIEM GEDEELTE VAN HET SCHELDEBEKKEN

Naast het stelselmatig meten van het chloorgehalte van het Scheldewater te Antwerpen, werden gedurende twee jaar, 1949-50, ook watermonsters ontleed, genomen over gans de lengte van de Schelde, ten einde het verloop van het zoutgehalte te kennen gedurende de tijvoortplanting.

In 1949 werd alzo het chloorgehalte bepaald gedurende een tiental getijden, terwijl in 1950 gedurende gans het jaar, wekelijks watermonsters werden ontleed.

De curven van bijlage V geven het gemiddeld verloop van de uiterste waarden van het chloorgehalte van het scheldewater tussen de monding en Gentbrugge aan van de vijftig monsters die gedurende 1950 werden genomen.

In het afwaarts gedeelte over een lengte van 40 à 50 km is de verandering van het chloorgehalte minder

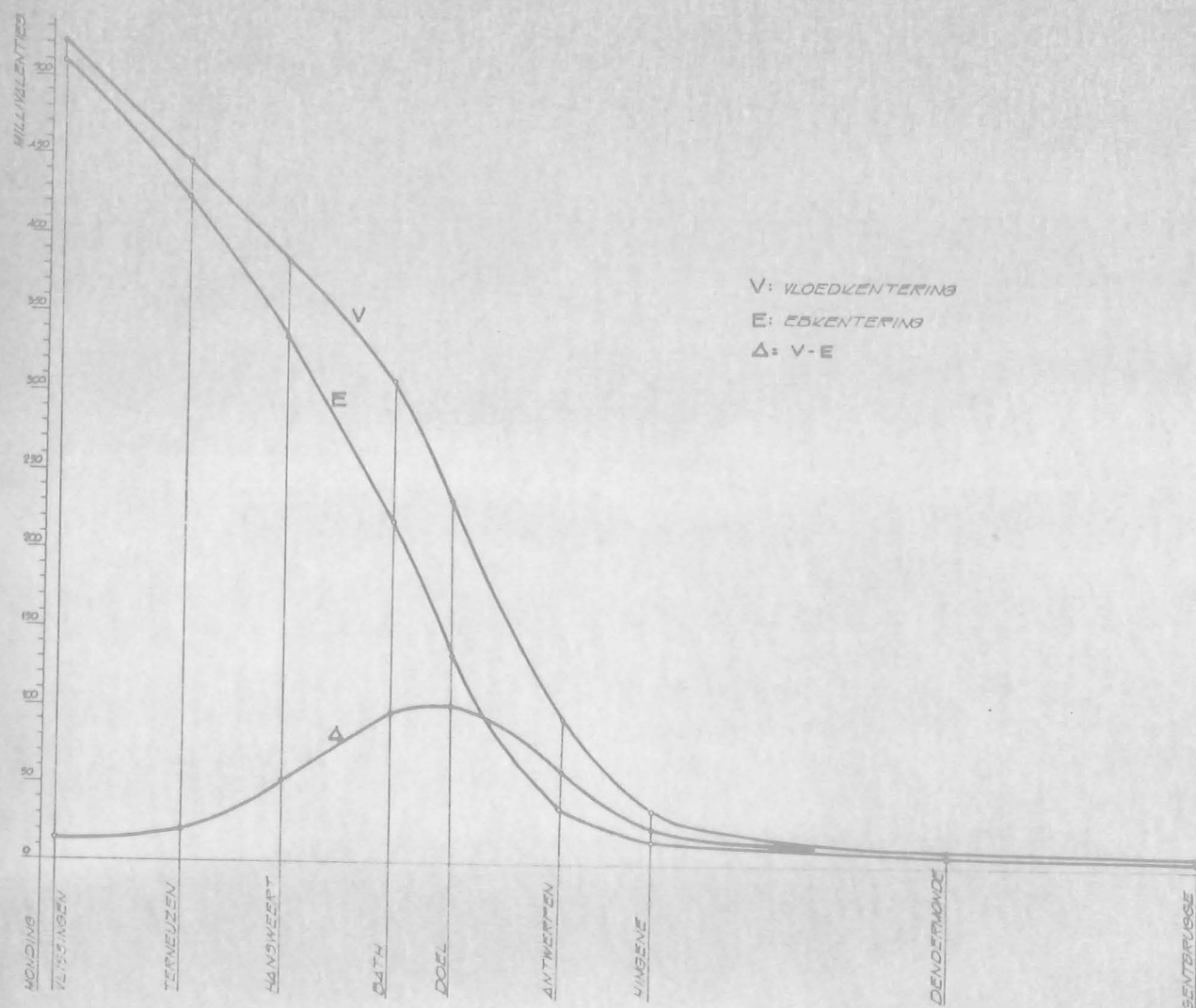
snel dan in het volgende vak van 50 à 60 km. Meer opwaarts is het verloop zeer plat en benaderen de waarden bij beide kenteringen het chloorgehalte van het bovenwater. De lengte van deze laatste zone is veranderlijk met het bovendebiet en is des te langer naarmate het bovendebiet groter is.

De amplitude van het chloorgehalte vertoont een maximum dat normaal zich voordoet in de omgeving der gemeente Doel. De ligging dezer maximumamplitude is nochtans veranderlijk met het bovendebiet.

Bij klein bovendebiet verplaatst deze zich opwaarts en doet zich voor ter hoogte van Antwerpen.

Bij groot bovendebiet daarentegen doet zich een afwaartse verplaatsing voor en wordt dit maximum waargenomen te Bath.

HET VERLOOP VAN HET ZOUTGEHALTE IN DE ZEESCHELDE



BESLUIT

De studie van het verloop van het chloorgehalte in het Scheldebekken heeft uitgewezen dat er zich geen scheiding voordoet tussen het instromende zeewater en het zoete bovenwater. De mengeling is volledig.

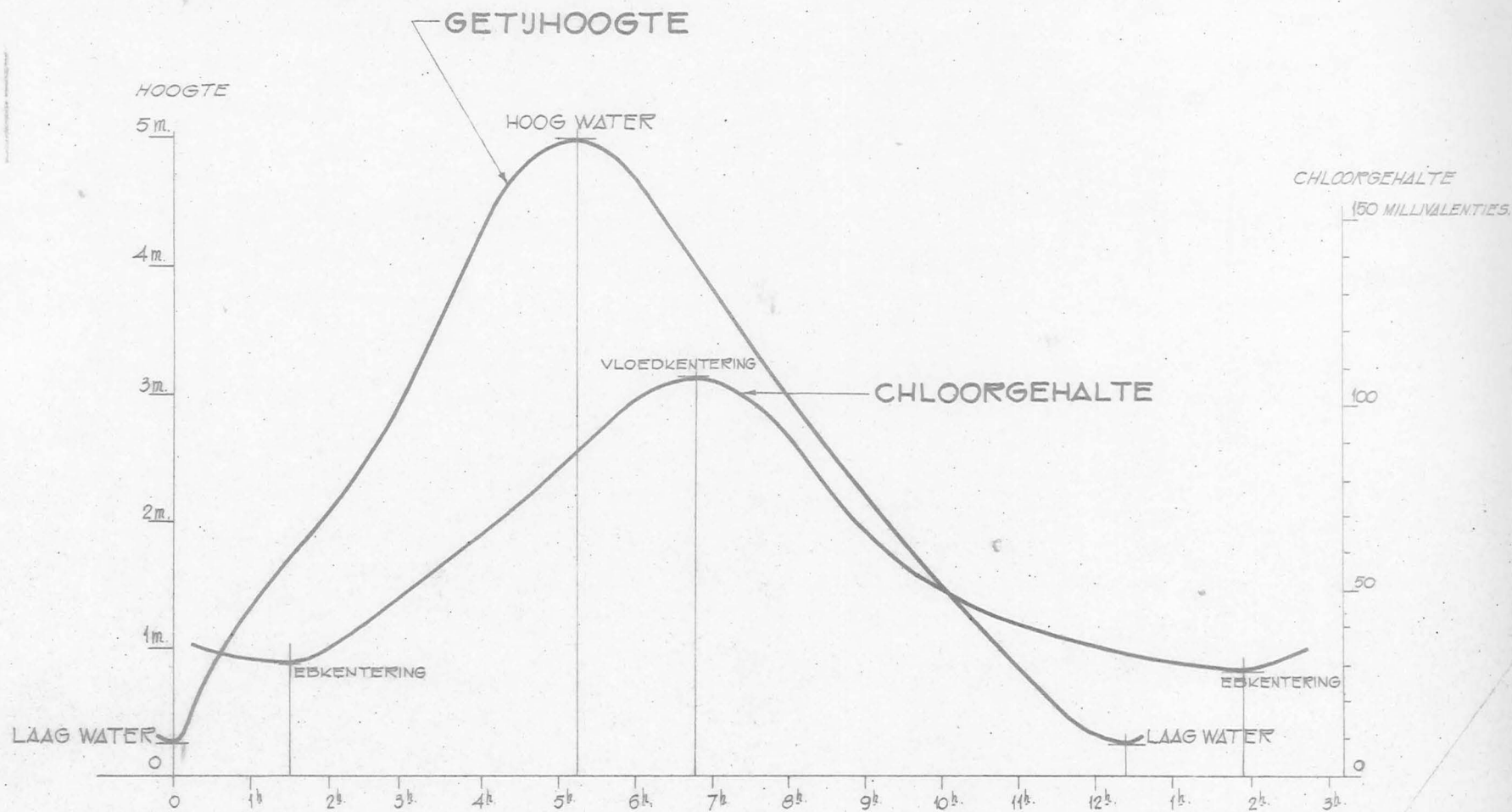
Men heeft verder aangetoond dat, samenhangend met de tijgolf, het chloorgehalte van het zeewater een verandering vertoont die gelijklopend is met de tijcurve met een vertraging in de tijd.

Verder heeft men de verandering aangewezen van de

uiterste waarden van het chloorgehalte zowel door de belangrijkheid van de tijgolf als de grootte van het bovendebiet en de veranderlijkheid van de daaruit voortvloeiende seizoenschommeling onderstreept.

Ten slotte werd een correlatie afgeleid tussen het gemiddeld chloorgehalte over het jaar en het gemiddeld bovendebiet, en werd vastgesteld dat deze curve toelaat met een voldoende benadering het gemiddeld bovendebiet af te leiden uit het chloorgehalte van het Scheldewater te Antwerpen.

①



CHLOORGEHALTE 1955 TIENDAAGSGEMIDDELDE

100 MILLIVALENTIES

V: BIJ VLOEDKENTERING
E: BIJ EBKENTERING
 $M = \frac{E+V}{2}$

50

0

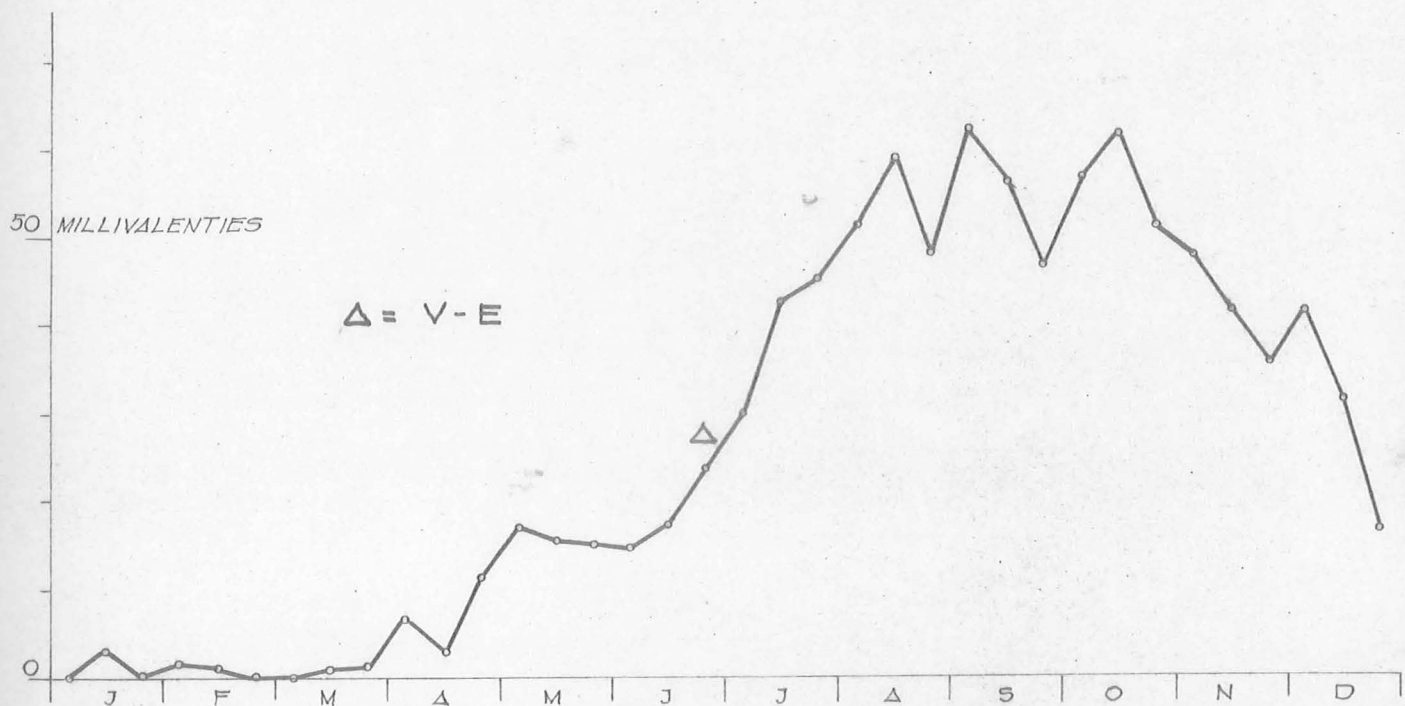
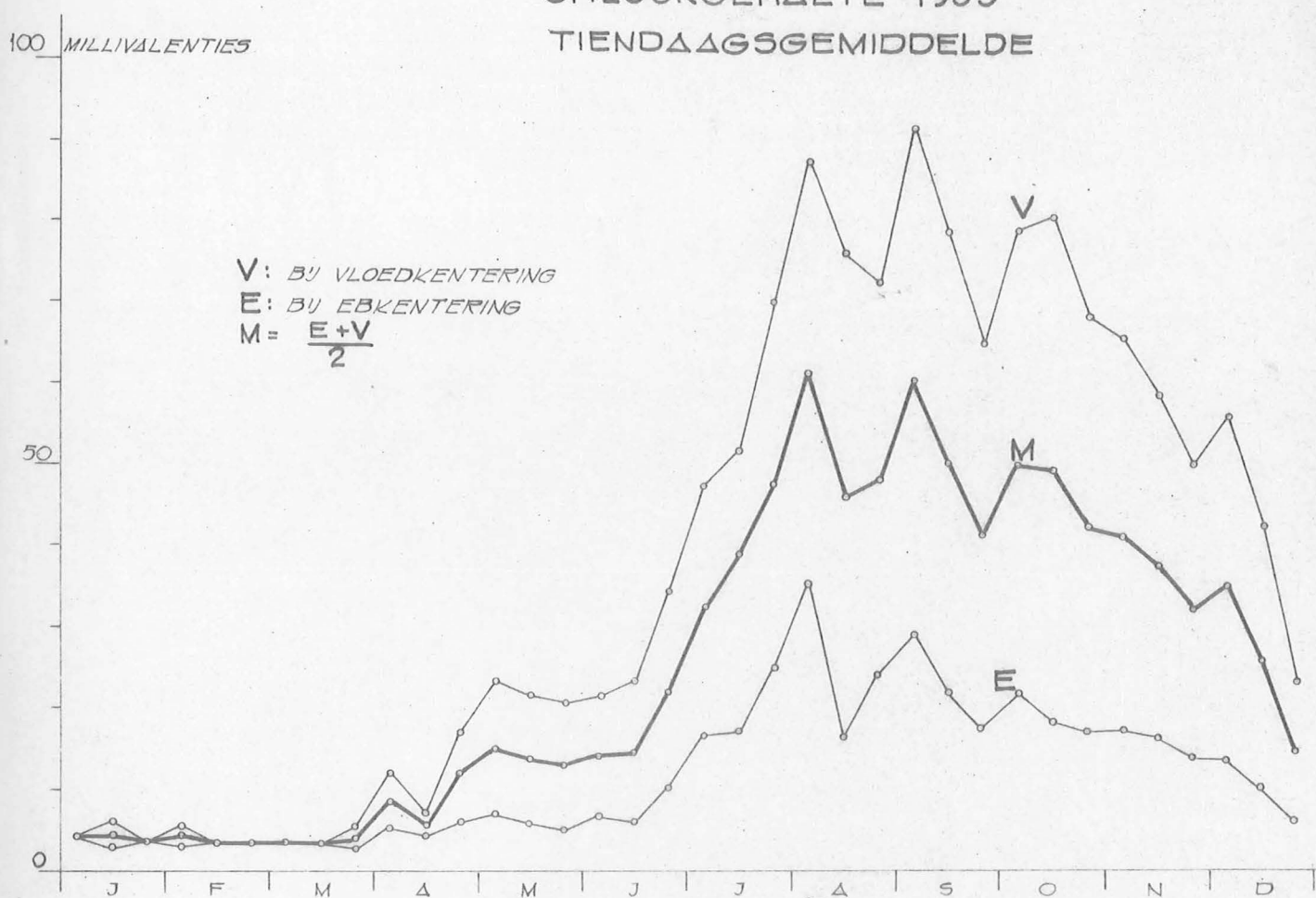
J F M A M J J A S O N D

50 MILLIVALENTIES

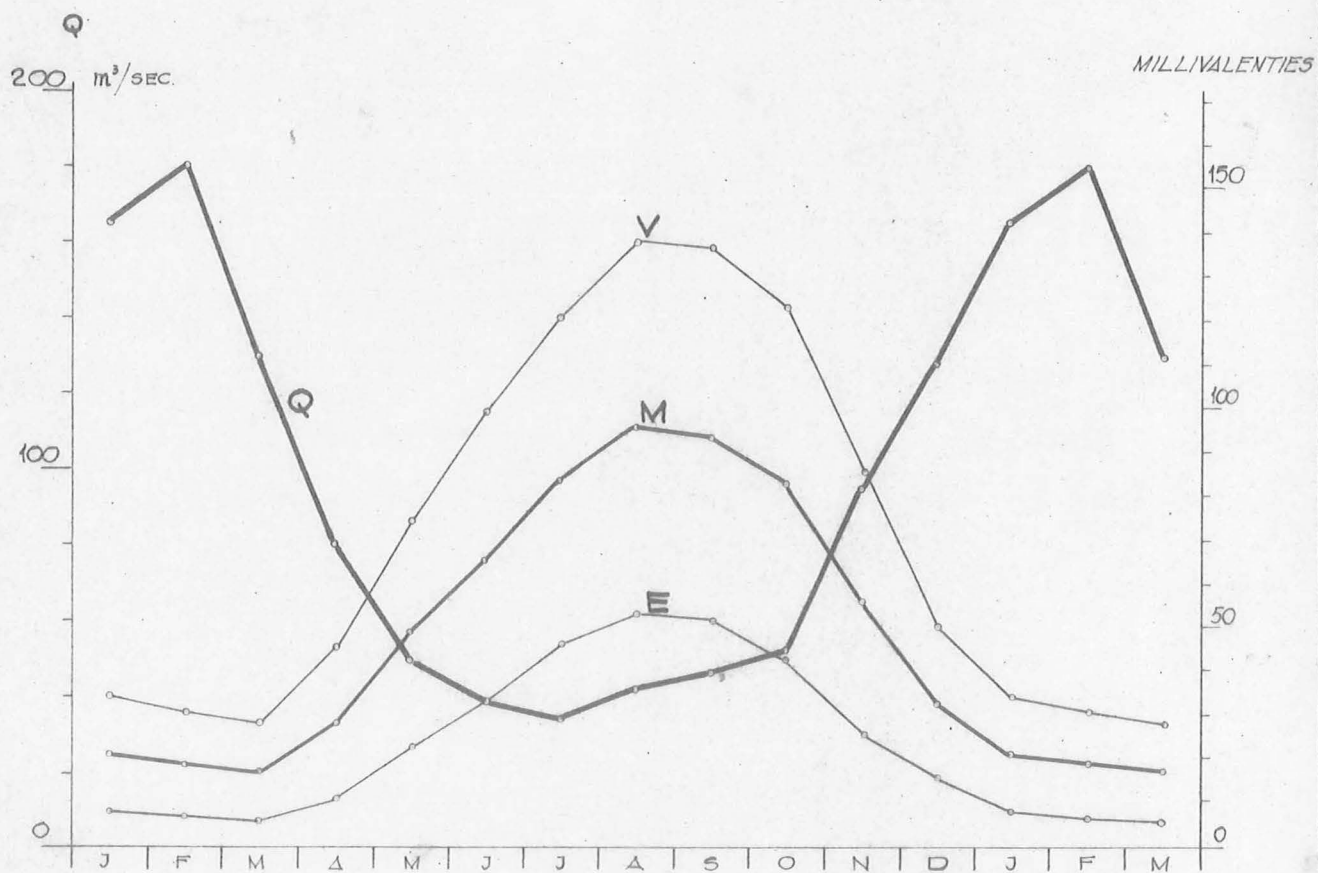
$\Delta = V - E$

0

J F M A M J J A S O N D



GEMIDDELD CHLOORGEHALTE 1949-1957

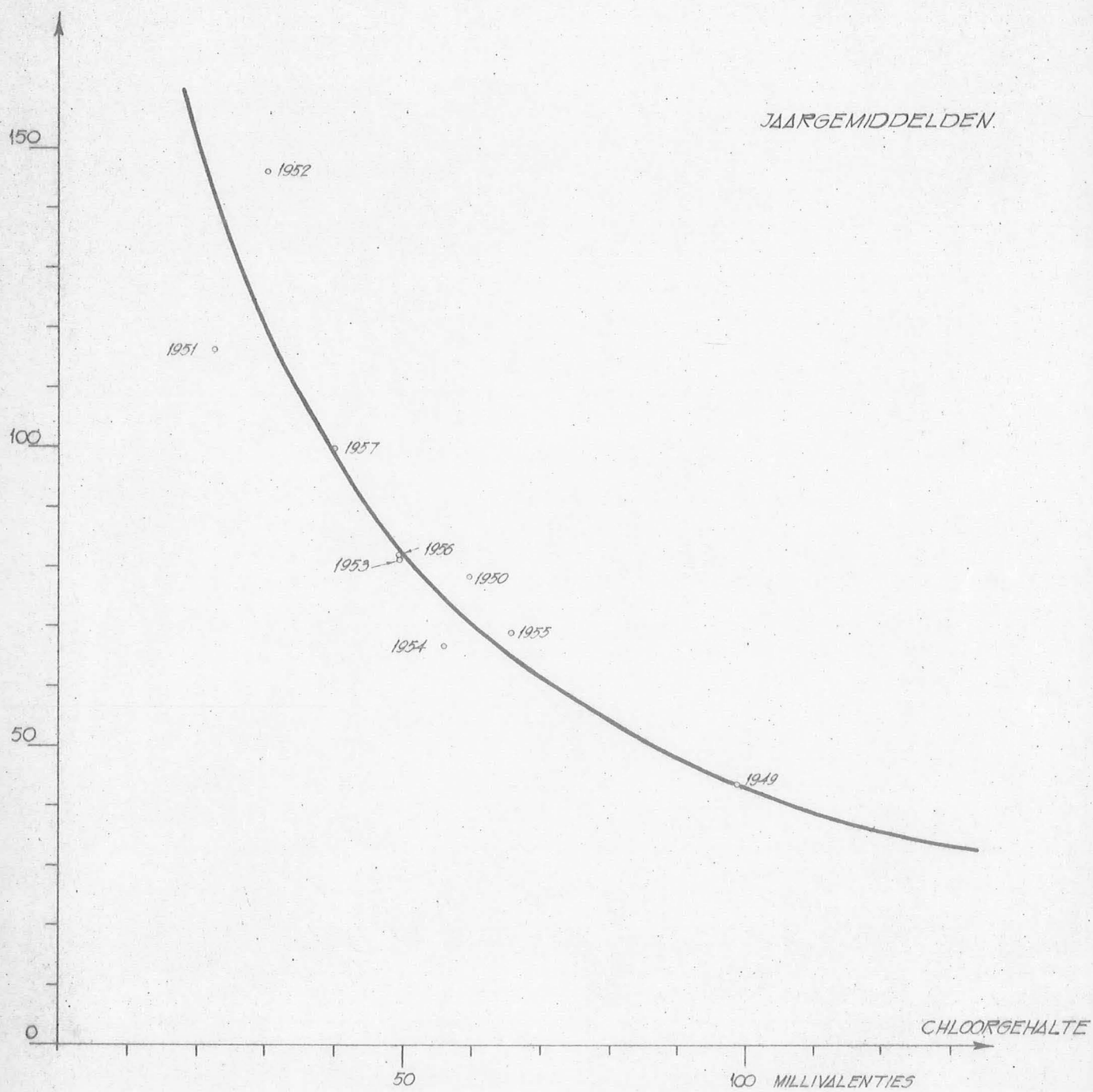


V : BU VLOEDKENTERING.

E : BU EDEKENTERING.

Q : BOVENDEBIET.

$$M = \frac{V + E}{2}$$

BOVENDEBIET $m^3/sec.$ 

CHLOORGEHALTE 1950 JAARGEMIDDELDE

V: VLOEDKENTERING
E: EBKENTERING
 Δ : V-E

