

voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

NN31545.0848

DE INVLOED VAN DE INVOERING VAN
GEDIFFERENTIEERDE PEILEN IN DE
HAARLEMMERMEER OP DE KWEL EN
HET CL-GEHALTE VAN HET POLDERWATER

ing. K. E. Wit

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

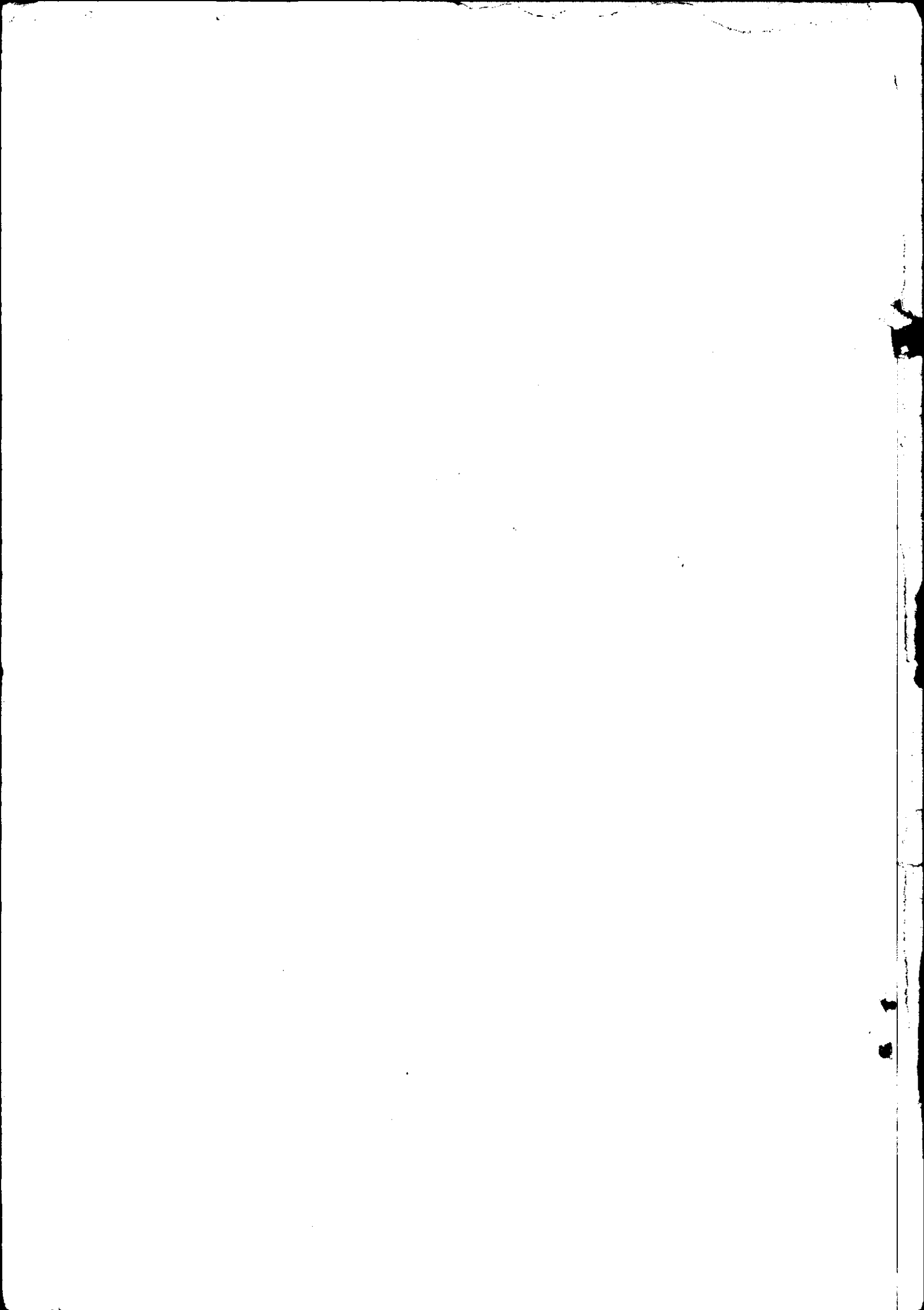
Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-
delen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking



15N 263143



INHOUD

	blz.
I. INLEIDING	1
II. DE GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID	1
III. TOEGEPASTE BEREKENINGSMETHODEN	2
IV. SAMENVATTING	8
V. LITERATUUR	8
FIGUREN 1 t/m 12	

I. INLEIDING

Tengevolge van ongelijkmatige inklinking in de Haarlemmermeer is in de loop der jaren de behoefte ontstaan aan invoering van gedifferentieerde peilen.

Na een bespreking op 20 november 1974 met de dijkgraaf, de heer drs. M. G. Spaans en de heren P. N. de Groot en C. C. van den Heuvel is aan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding het verzoek gericht de consequenties van de invoering van de gedifferentieerde polderpeilen nader te kwantificeren ten aanzien van de kwel en het Cl-gehalte van het polderwater. In deze nota wordt hierover verslag uitgebracht waarbij vooral de toegepaste berekeningsmethoden en de verkregen resultaten worden besproken.

II. DE GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID

De geohydrologische gesteldheid onder de Haarlemmermeer wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een dik zandig pakket, dat in het noorden plaatselijk door sedimenten uit de Formatie van Drente en voor het overige deel van de polder grotendeels door de kleifg ontwikkelde bovenkant van de Formatie van Kedichem wordt gesplitst in een bovenste watervoerend pakket en een complex van watervoerende lagen, gelegen onder de zojuist genoemde slecht doorlatende lagen die tezamen het onderste watervoerende pakket vormen. De hydrologische basis van het laatstgenoemde pakket wordt gevormd door het mariene Icenien. De bovenste watervoerende laag wordt aan de oppervlakte afgedekt door holocene afzettingen, samengesteld uit klei, veen en slibhoudende zandlagen (VAN REES VELLINGA, 1972).

Vanwege een sterke versnijding van de Formatie van Kedichem door geulen (POMPER, 1972) is soms een directe verbinding ont-

staan tussen het bovenste en onderste watervoerende pakket, zodat er hydrologisch gezien plaatselijk sprake is van één watervoerend pakket.

In fig. 1 is een schematische voorstelling gegeven van de geohydrologische gesteldheid, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het al dan niet voorkomen van de slecht doorlatende scheidingslaag. De verticale weerstand van het afdekkend pakket en de scheidingslaag is aangegeven door respectievelijk c_1 en c_2 . Het doorlatend vermogen van het bovenste watervoerende pakket is aangegeven door $k_1 D_1$, dat van het onderste door $\sum k_2 D_2$. In het geval dat er sprake is van één watervoerende laag wordt $\sum kD$ gebruikt.

Door WITT en VAN REES VELLINGA (1970) is een kD -waardenkaart van het bovenste watervoerend pakket in Middenwest Nederland vervaardigd. Hieruit kunnen $k_1 D_1$ -en $\sum kD$ -waarden afgeleid worden. Bij een hydrologisch onderzoek in Middenwest Nederland (WIT, 1974) zijn de verticale weerstand c_1 en het doorlatend vermogen van de tweede watervoerende laag ($\sum k_2 D_2$) in kaarten weergegeven. Uit de ondergrondse toestroming naar de Haarlemmermeer door de tweede watervoerende laag en het vertikaal drukverschil tussen de stijghoogten in het bovenste en onderste watervoerende pakket kon een globale waarde voor c_2 worden berekend. Voor het grootste gedeelte van de polder werd voor c_2 een waarde van 8000 dagen berekend (fig. 2). In dit deel is de invloed van het onderste watervoerende pakket buiten beschouwing gelaten. Voor $k_1 D_1$ is een gemiddelde waarde van $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$ aangehouden, afgeleid uit de genoemde kD -waardenkaart van het bovenste watervoerende pakket. In het gedeelte waar $c_2 \approx 300$ dagen is het gehele watervoerende pakket in het onderzoek betrokken. De $\sum kD$ -waarde is hier gesteld op $4800 \text{ m}^2/\text{dag}$, verkregen uit een gemiddelde $k_1 D_1$ -waarde van $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$ uit de kD -waardenkaart en een $\sum k_2 D_2$ -waarde van $3300 \text{ m}^2/\text{dag}$, volgende uit het hydrologisch onderzoek.

III. TOEGEPASTE BEREKENINGSMETHODEN

Bij peilverlagingen in kwelgebieden zal door een toename van de kwel de gemiddelde grondwaterstands daling kleiner zijn dan de ge-

realiseerde peilverlaging; bij peilverhogingen zal de stijging van de gemiddelde grondwaterstand door een afname van de kwel eveneens kleiner zijn. Aangezien verwacht mag worden dat de verandering in de kwel, die momenteel voor de gehele Haarlemmermeer ≈ 0.5 mm/dag bedraagt, tengevolge van de peilveranderingen hooguit enkele tienden mm/dag zal bedragen, is de gemiddelde grondwaterstandsverandering gelijk gesteld aan de peilverandering. Indien in het volgende mocht blijken dat de verandering in de kwel groter is dan is verondersteld, zal de gemiddelde grondwaterstand worden berekend. Het is wellicht wenselijk er op te wijzen dat de gedane aanname de situatie 'te ongunstig' voorstelt, temeer daar de gebieden waar een peilverhoging gepland is een kleine oppervlakte hebben.

In fig. 3 zijn de geplande peilveranderingen weergegeven; de verticale weerstand van het afdekkend pakket c_1 volgt uit fig. 5. Indien de verandering van de stijghoogte van het 'diepe' grondwater wordt gesteld op h_o'' , geldt de volgende betrekking:

$$v_z' = \frac{h_o'' - h_o'}{c_1} \quad (1)$$

waarin: v_z' = verandering in de intensiteit van de verticale stroming in m/dag

h_o'' = verandering in de stijghoogte van het 'diepe' grondwater in m

h_o' = peilverandering in m

c_1 = verticale weerstand van het afdekkend pakket in dagen.

Voor het berekenen van de veranderingen in stijghoogte van het 'diepe' grondwater tengevolge van de invoering van de gedifferentieerde peilen is de Haarlemmermeer door twee onderling loodrechte stelsels van evenwijdige lijnen in vierkanten verdeeld (fig. 4). In elk vierkantje is een gemiddelde waarde voor de peilverandering gegeven, afgeleid uit fig. 3. Verder is een gemiddelde c_1 -waarde en een $k_1 D_1$ - of $\sum kD$ -waarde aangegeven, respectievelijk verkregen uit fig. 5 en 2. De indeling van de Haarlemmermeer in vierkantjes, alsmede de in de vierkantjes aangegeven waarden zijn vervolgens getoetst, door allereerst de verandering van het waterbezwaar, berekend uit fig. 4, te vergelijken met de uit fig. 3 en 5 berekende waarde. Het 'diepe' grondwater is hierbij buiten beschouwing gelaten, dus $h'' = 0$.

Door combinatie van fig. 3 en 5 volgens (1) wordt een kaart voor v_z^1 verkregen (fig. 6), die is vereenvoudigd tot fig. 7. Hierbij is een gebied rondom Hoofddorp buiten beschouwing gelaten, waar volgens het hydrologisch onderzoek in 1971 infiltratie plaatsvindt. Een peilverhoging in dit gebied met 10 cm, gepaard gaande met een gemiddelde peilverhoging van 10 cm van de Hoofdvaart bij Hoofddorp heeft geen verandering van de infiltratie tot gevolg. In deze figuur zijn vervolgens de oppervlakten van de onderscheiden gebieden bepaald, die gecombineerd met de corresponderende waarden voor v_z^1 de toe- en afname van het waterbezwaar door de kwel opleveren. Uit fig. 4 volgt de toe- en afname van het waterbezwaar door sommatie van de produkten van de oppervlakte van de vierkantjes en respectievelijk positieve en negatieve waarden voor v_z^1 . In tabel 1 zijn de verkregen resultaten weergegeven.

Tabel 1. Verandering van het waterbezwaar

	fig. 7	fig. 4
Toename (m^3 /dag)	16 839	17 283
Afname (")	19 529	18 169

In bovenstaande tabel blijkt dat de uit fig. 4 berekende waarden voor de toe- en afname respectievelijk 3% hoger en 7% lager zijn dan die uit fig. 7.

Uit de isohalinenkaart op het niveau 25 tot 35 m -NAP voor Middenwest Nederland (VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS, 1972) is fig. 8 samengesteld. Door combinatie van fig. 7 en 8 is fig. 9 verkregen, waarin voor elk onderscheiden gebiedje een waarde voor v_z^1 en het Cl-gehalte van de kwel is gegeven. Voor elk gebiedje is nu het zoutbezwaar Z_k te berekenen.

$$Z_k = 10 F_k \times v_{zk}^1 \times 10^{-3} \times 365 \times C_{v_z^1} \quad (2)$$

waarin: Z_k = verandering van de chloridebelasting door kwel in gebiedje k in tonnen/jaar

F_k = oppervlakte van gebiedje k in ha

v_{zk}^1 = verandering van de intensiteit van de kwel in gebiedje k in mm/dag

$C_{v_z^1}$ = chloridegehalte kwel in kg/m^3

Voor de gebieden met peilverlaging wordt de toename van het Cl-bezwaar verkregen door sommatie van de betreffende waarden voor Z_k , voor de gebieden met peilverhoging is voor het berekenen van de afname dezelfde procedure gevolgd. In tabel 2 zijn de verkregen waarden weergegeven.

In fig. 10 is aan elk vierkantje een gemiddelde waarde voor $C_{v_z'}$ toegekend, afgeleid uit fig. 8. Deze waarde geeft, gecombineerd met de verandering van het waterbezwaar, welke waarde uit fig. 4 volgt, de verandering in de Cl-belasting. De toe- en afname van het Cl-bezwaar, verkregen door sommatie, zijn in tabel 2 gegeven.

Tabel 2. Verandering van het Cl-bezwaar

	fig. 9	fig. 10
Toename (tonnen/jaar)	14 195	15 093
Afname (")	4 997	5 468

De uit fig. 10 berekende waarden voor de toe- en afname zijn respectievelijk ongeveer 6 en 9% hoger dan die uit fig. 9, terwijl de netto toename volgens fig. 10 een kleine 5% hoger ligt.

Uit de tabellen volgt dat de in fig. 4 gegeven indeling kan worden gebruikt voor de verdere berekeningen.

Indien de vierkanten worden vervangen door cirkels met dezelfde oppervlakte en de gemiddelde daling van het 'diepe' grondwater binnen de cirkel wordt gesteld op $\overline{h_o''}$ meter bij een peilverlaging van h_o' meter, dan is de verandering in de intensiteit van de kwel:

$$v_z' = \frac{\overline{h_o''} - h_o'}{c_1} \quad (3)$$

Voor de stroming binnen de cirkel geldt:

$$\frac{v_z' r dr}{2kD} = dh \quad (4)$$

Integreren geeft:

$$\frac{v_z' r^2}{4kD} + C = h(r) \quad (5)$$

De waarde r_m , waarvoor $h(r)$ de gemiddelde waarde $\overline{h_0''}$ heeft, kan worden gevonden uit de betrekking:

$$\int_{r=0}^{r_0} \left(\frac{v_z' r^2}{4kD} + C \right) dr = r_0 \left(\frac{v_z' r_m^2}{4kD} + C \right) \quad (6)$$

Voor de potentiaalverlaging op de rand van de cirkel ($r = r_0$) geldt:

$$h(r) = \frac{Q(r_0)}{2\pi kD} \cdot \frac{K_0\left(\frac{r}{\lambda}\right)}{\left(\frac{r_0}{\lambda}\right) \cdot K_1\left(\frac{r_0}{\lambda}\right)} \quad (7)$$

waarin: $Q(r_0) = \pi r_0^2 v_z'$
 $\lambda = \sqrt{kD \cdot C}$

K_0 en K_1 zijn gemodificeerde Besselfuncties van de orde 0 en 1.

De in (7) gesubstitueerde kD - en c -waarden hebben betrekking op het gebied buiten de cirkel, en zijn berekend als gemiddelde van de aangegeven kD - en c -waarden in de aangrenzende vierkanten.

Uit (5) en (7) volgt voor C :

$$C = -\frac{v_z' r_0^2}{4kD} + \frac{Q(r_0)}{2\pi kD} \cdot \frac{K_0\left(\frac{r_0}{\lambda}\right)}{\left(\frac{r_0}{\lambda}\right) \cdot K_1\left(\frac{r_0}{\lambda}\right)} \quad (8)$$

Substitutie van de gevonden waarden voor C , uitgedrukt in $\overline{h_0''}$, in (5) geeft voor de bekende waarde voor r_m : $\overline{h_0''}$. Voor elke waarde voor r is nu $h(r)$ te berekenen. Uit de gevonden relatie h, r is voor de aangrenzende vierkantjes een gemiddelde waarde voor h_0'' bepaald. Door voor elk vierkantje bovenstaande berekening uit te voeren en vervolgens de in de vierkantjes aangegeven waarden te sommeren, wordt de uiteindelijke verandering van de stijghoogte van het 'diepe' grondwater verkregen (fig. 11).

Uit fig. 4 en 11 is nu met (1) voor elk vierkantje de uiteindelijke verandering in het waterbezwaar berekend (fig. 12). De gevonden waarden geven, gecombineerd met de waarde $C_{v_z'}$, uit fig. 10, volgens (2) de uiteindelijke verandering in de Cl-belasting.

In tabel 3 zijn de door sommatie uit fig. 12 verkregen waarden voor de afname en toename van het water- en Cl-bezwaar weergegeven.

Tabel 3. Verandering in het water- en Cl-bezwaar volgens fig. 12

	<u>toename</u>	<u>afname</u>
Waterbezwaar (m ³ /dag)	10 080	5 139
Cl-belasting (tonnen/jaar)	5 898	3 145

Uit tabel 3 volgt een netto toename van 4941 m³/dag voor de gehele polder, ofwel een toename van de kwel met 0,027 mm/dag. Ten opzichte van de huidige kwel van ≈ 0,5 mm/dag is dat een stijging van 5%.

De netto toename van het Cl-bezwaar bedraagt 2753 ton/jaar, hetgeen neerkomt op een stijging van 7% ten opzichte van de tegenwoordige Cl-belasting.

De toename van het Cl-gehalte van het polderwater kan worden berekend volgens:

$$\left[R - E + I_p + I' + G' + 10 \times (v_z(k) + v_z') \times 365 \right] \times (C_{A_p} + x) = 10 \times (v_z(k) + v_z') \times 365 \times C_{v_z} + G' \times C_{G'} + 270 \quad (9)$$

- waarin: R = neerslag in m³/ha. jaar
 E = verdamping in m³/ha. jaar
 I_p = polderinlaat in m³/ha. jaar
 I' = industrie-onttrekking m³/ha. jaar
 G' = opbrengst gasbronnen m³/ha. jaar
 v_z(k) = kwel in mm/dag
 v_z' = verandering in de kwel in mm/dag
 C_{A_p} = chloridegehalte polderafvoer in kg/m³
 x = verandering van het chloridegehalte van het polderwater in kg/m³
 C_{v_z} = chloridegehalte kwel in kg/m³
 C_{G'} = chloridegehalte bronwater in kg/m³

Uit het onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT (1969) volgt als waarde voor R-E+I_p: 4350 m³/ha. jaar; uit het hydrologisch onderzoek in 1971 volgt voor: I': 24, G': 252 en 10 × v_z(k) × 365 = 1759 m³/ha. jaar en voor 10 × v_z(k) × 365 × C_{v_z} en G' × C_{G'}, respectievelijk 2813 en 320 kg/ha. jaar. Het getal 270 in het rechterlid heeft

betrekking op de verzilting tengevolge van neerslag, inlaat, lozing van afvalwater, bemesting en bestrijding van gladheid (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969; CULTUURTECHNISCHE DIENST in Noord-Holland, 1968).

Substitutie van de bekende waarden in (9) geeft voor $v_z' = 0$ voor C_{Ap} : $0,533 \text{ kg/m}^3$. Invullen van $0,533$ voor C_{Ap} , $99 \text{ m}^3/\text{ha. jaar}$ voor $10 \times v_z' \times 365$ en 89 kg/ha. jaar voor $10 \times v_z' \times 365 \times C_{vz}$ in (9) geeft na uitwerking voor $x = 0,015$. Het chloridegehalte van het polderwater neemt dus met 15 mg/l toe.

Indien de in tabel 3 gegeven waarden worden gecorrigeerd met de uit tabel 1 en 2 afgeleide percentages, betrekking hebbende op de afwijkingen tussen fig. 7 en 4 en fig. 9 en 10, wordt voor de toename van de kwel $0,024 \text{ mm/dag}$ gevonden en neemt het Cl-gehalte van het polderwater met 16 mg/l toe.

IV. SAMENVATTING

In verband met de invoering van gedifferentieerde polderpeilen in de Haarlemmermeer is een berekening uitgevoerd naar de invloed hiervan op de kwel, het zoutbezwaar en het Cl-gehalte van het polderwater. De resultaten van deze berekening zijn:

- toename van de kwel met $0,027 \text{ mm/dag}$;
- toename van het Cl-bezwaar met 2753 ton/jaar ;
- toename van het Cl-gehalte van het polderwater met 15 mg/l .

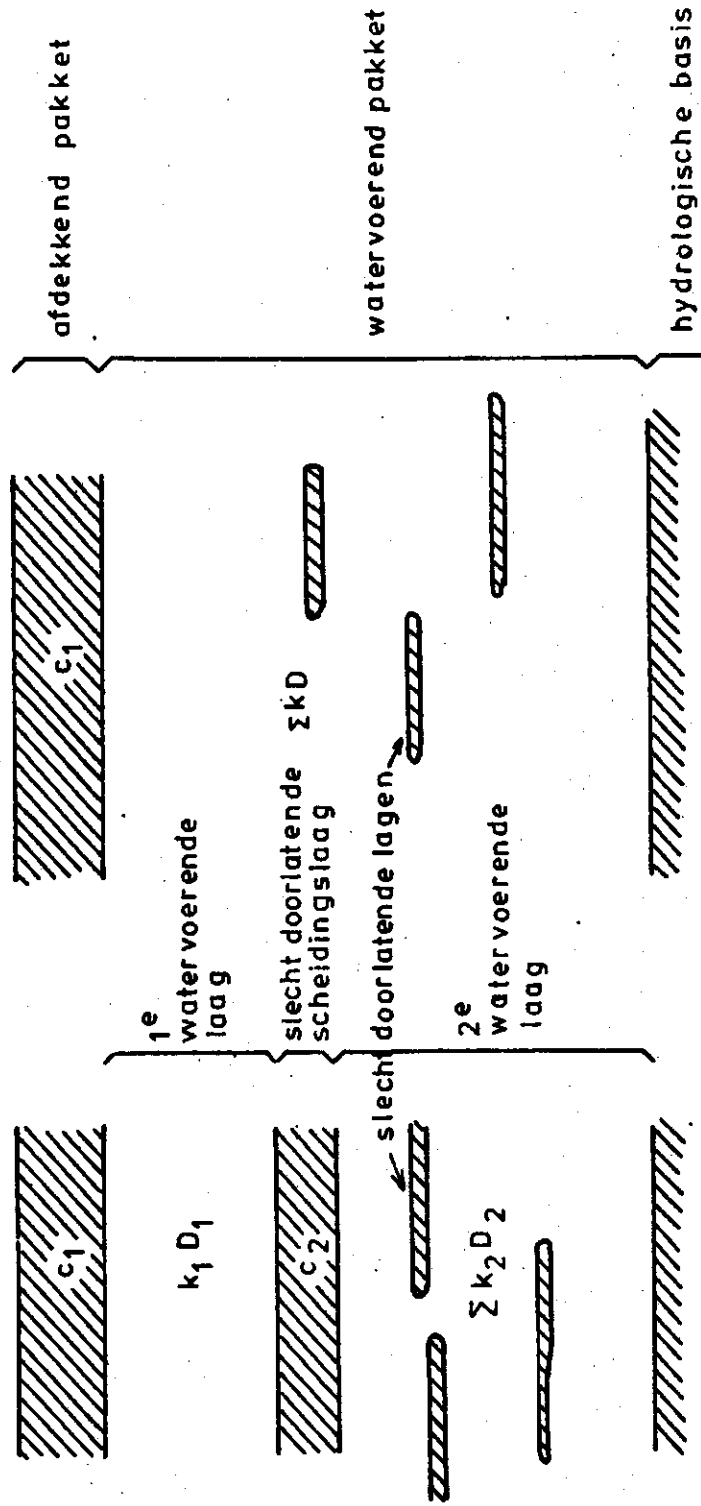
Aangezien de toenamen slechts 3 tot 7% zijn van de tegenwoordige bedragen en de in de berekeningen gebruikte bodemconstanten een veel grotere onnauwkeurigheid hebben, dienen de gevonden resultaten te worden beschouwd als orden van grootte.

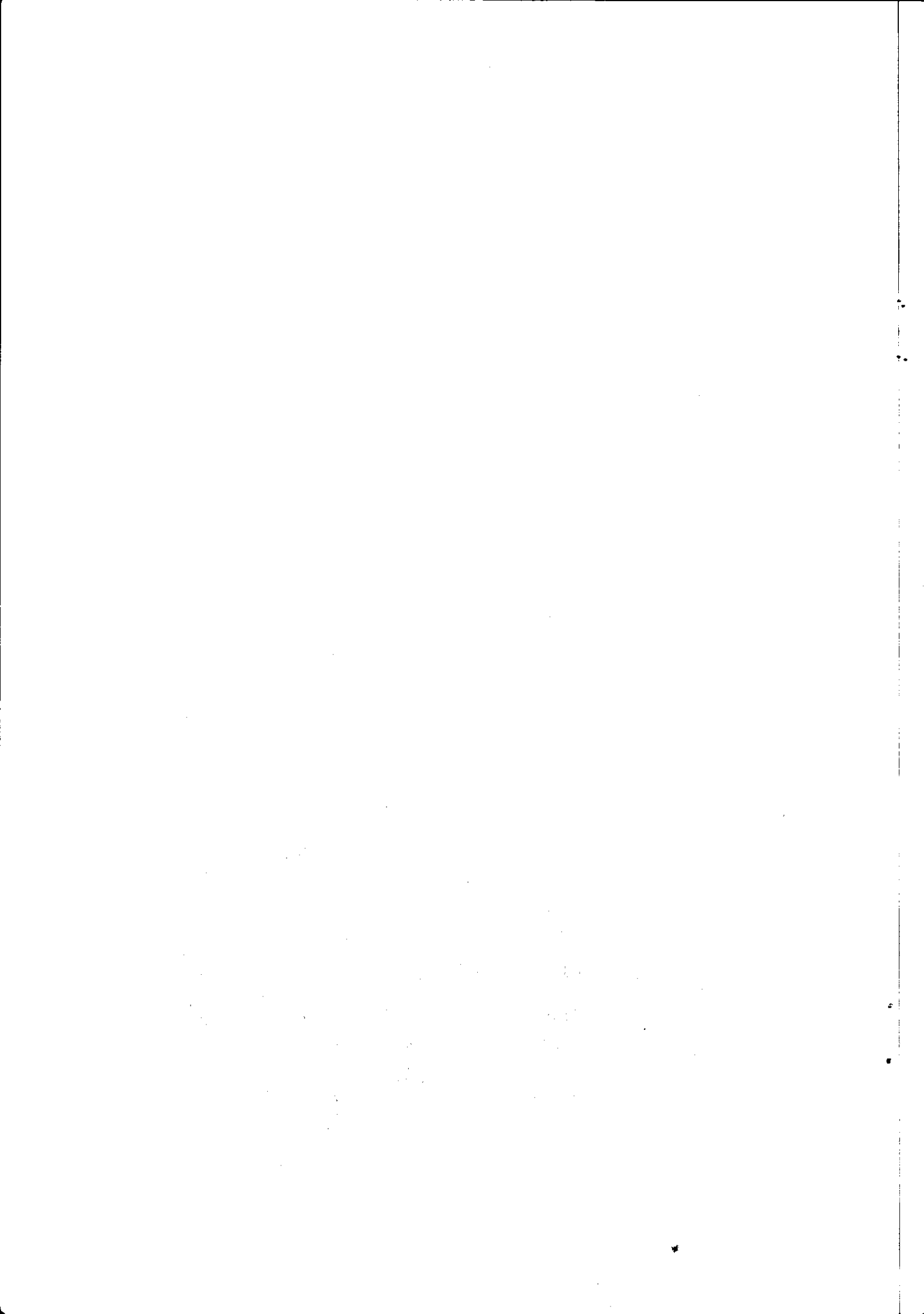
V. LITERATUUR

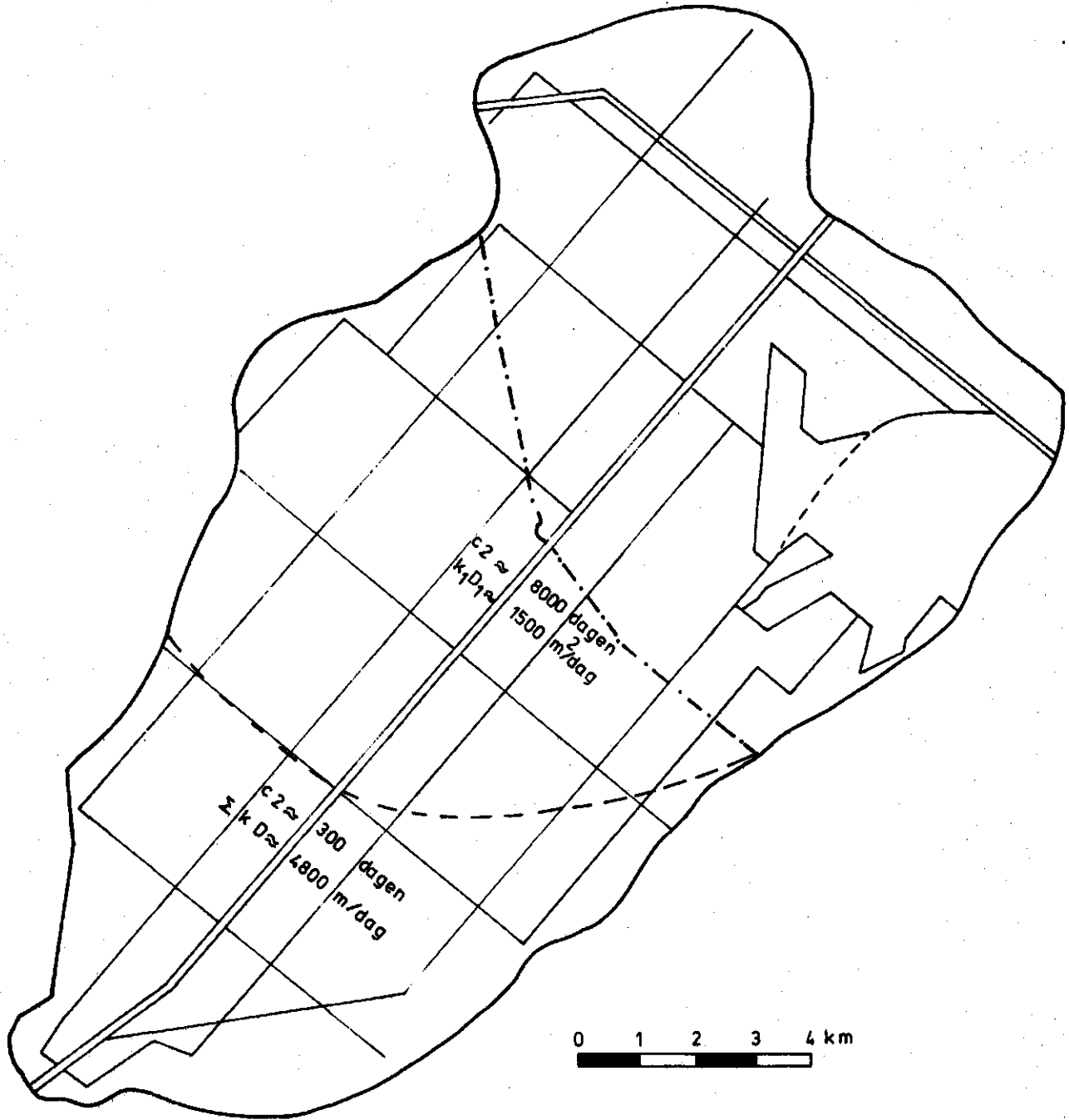
COUWENHOVEN, T. en C.G. TOUSSAINT. 1969. Water- en zoutbelasting poldergebied 'Middenwest Nederland'. Bronnen van verzilting. Nota ICW 530

- CULTUURTECHNISCHE DIENST in Noord-Holland. 1968. Nota inzake zoutonderzoek in de Haarlemmermeerpolder
- POMPER, A. B. 1972. De topografie van het bovenste begrenzingsvlak en de mogelijke samenstelling van de afzettingen van de Formatie van Kedichem. Nota ICW 692
- REES VELLINGA, E. VAN. 1972. Enkele resultaten van een geohydrologisch onderzoek in Middenwest Nederland. Nota ICW 679
- _____, C. G. TOUSSAINT en J. B. H. M. VAN GILS. 1972. Chloridegehalten van het grondwater in Middenwest Nederland. Nota ICW 695
- WIT, K. E. 1974. Hydrologisch onderzoek in Middenwest Nederland. Nota ICW 792
- WITT, H. en E. VAN REES VELLINGA. 1970. Proeve van een kD-waardenkaart van Middenwest Nederland. Nota ICW 573

Schematische voorstelling van de hydrologische gesteldheid

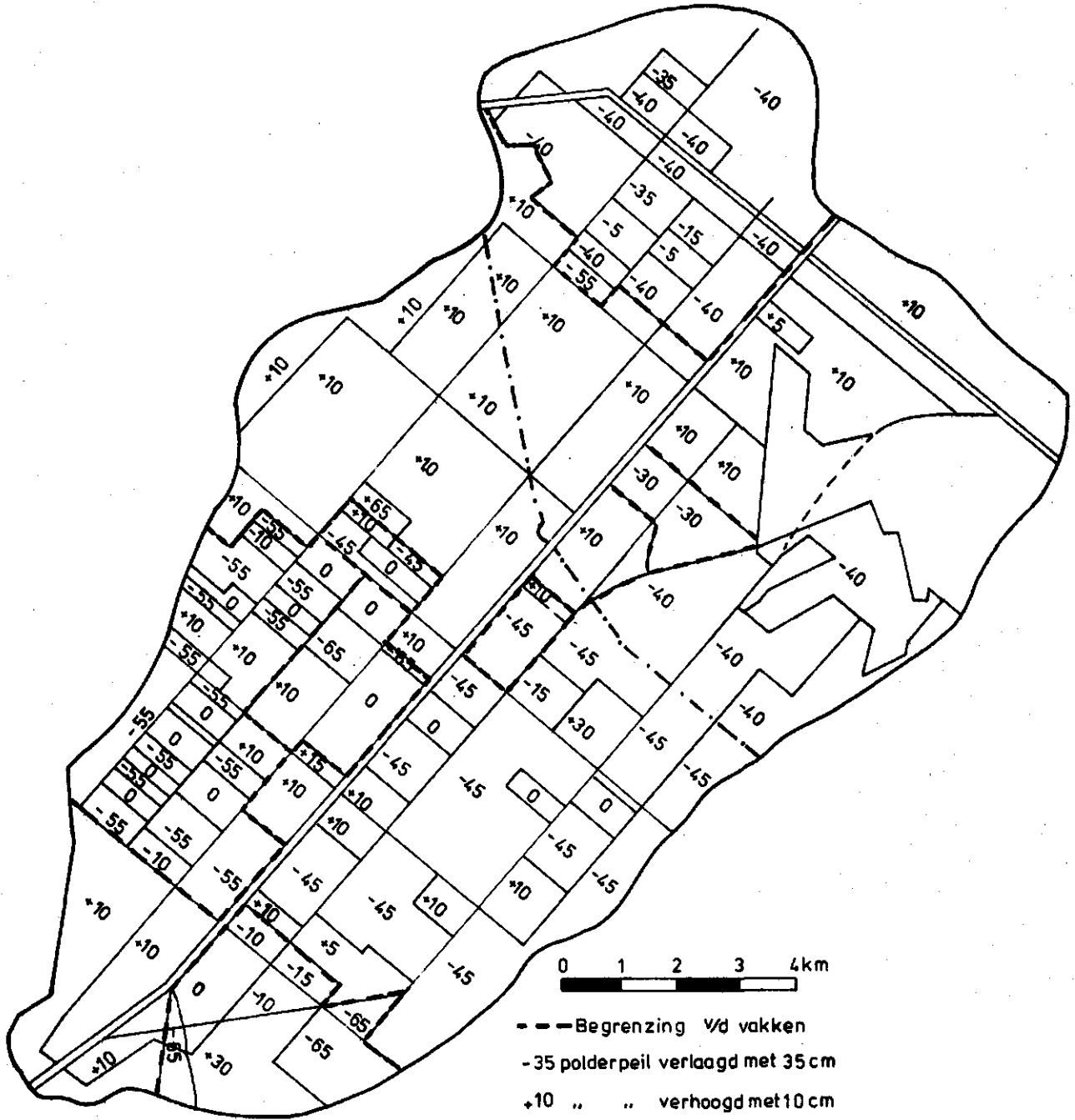


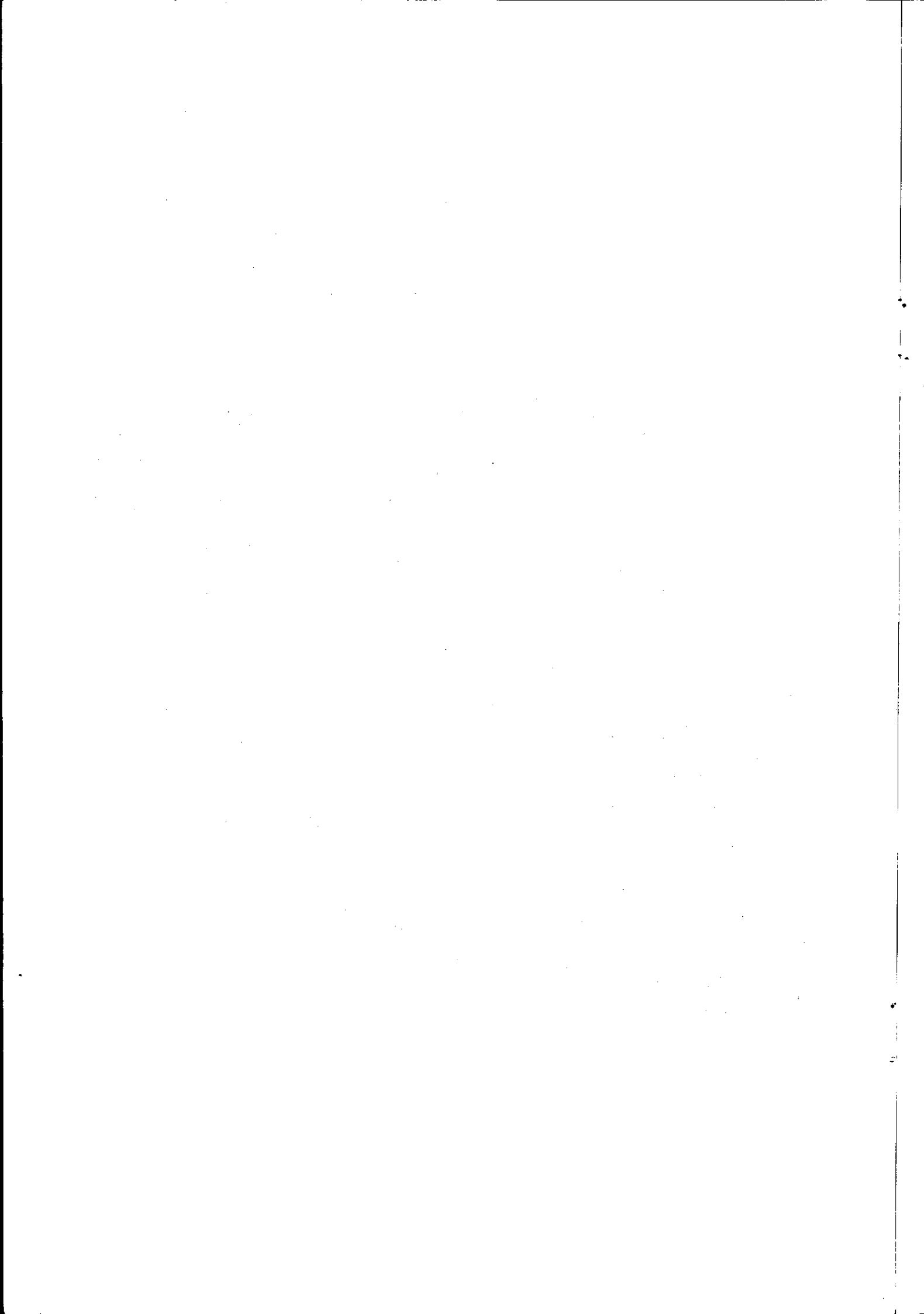


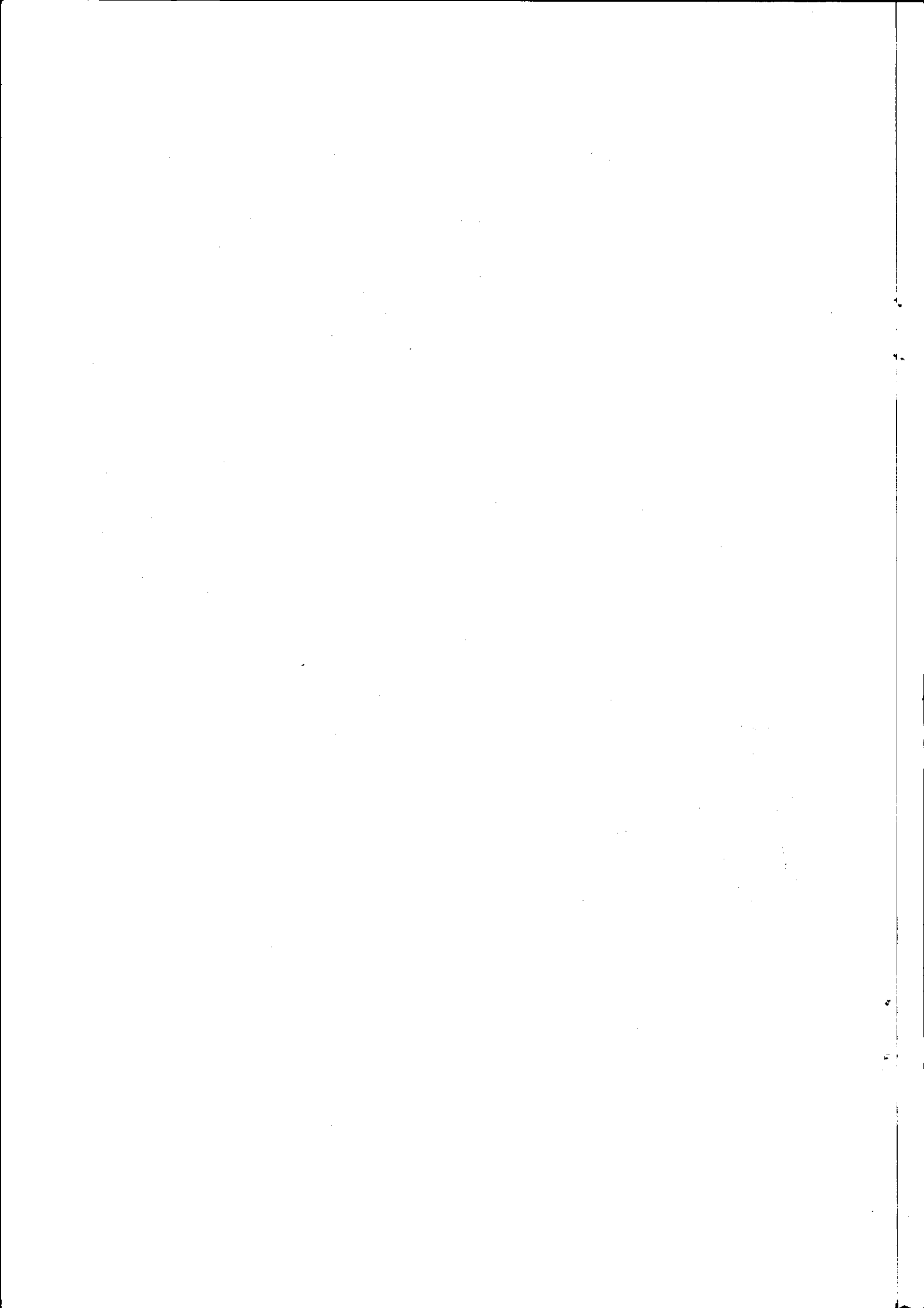


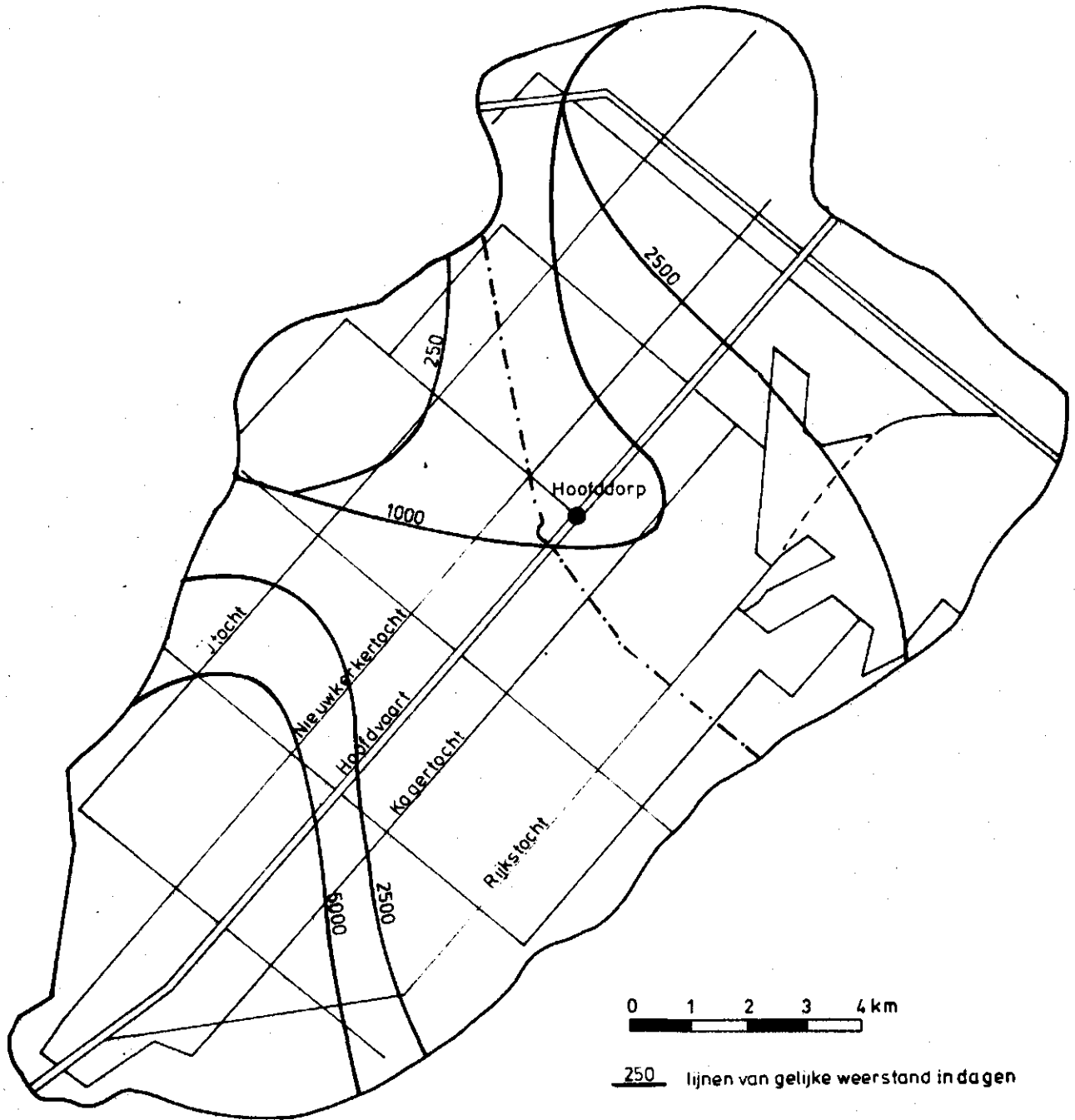
Koart met peilveranderingen in cm

Fig3



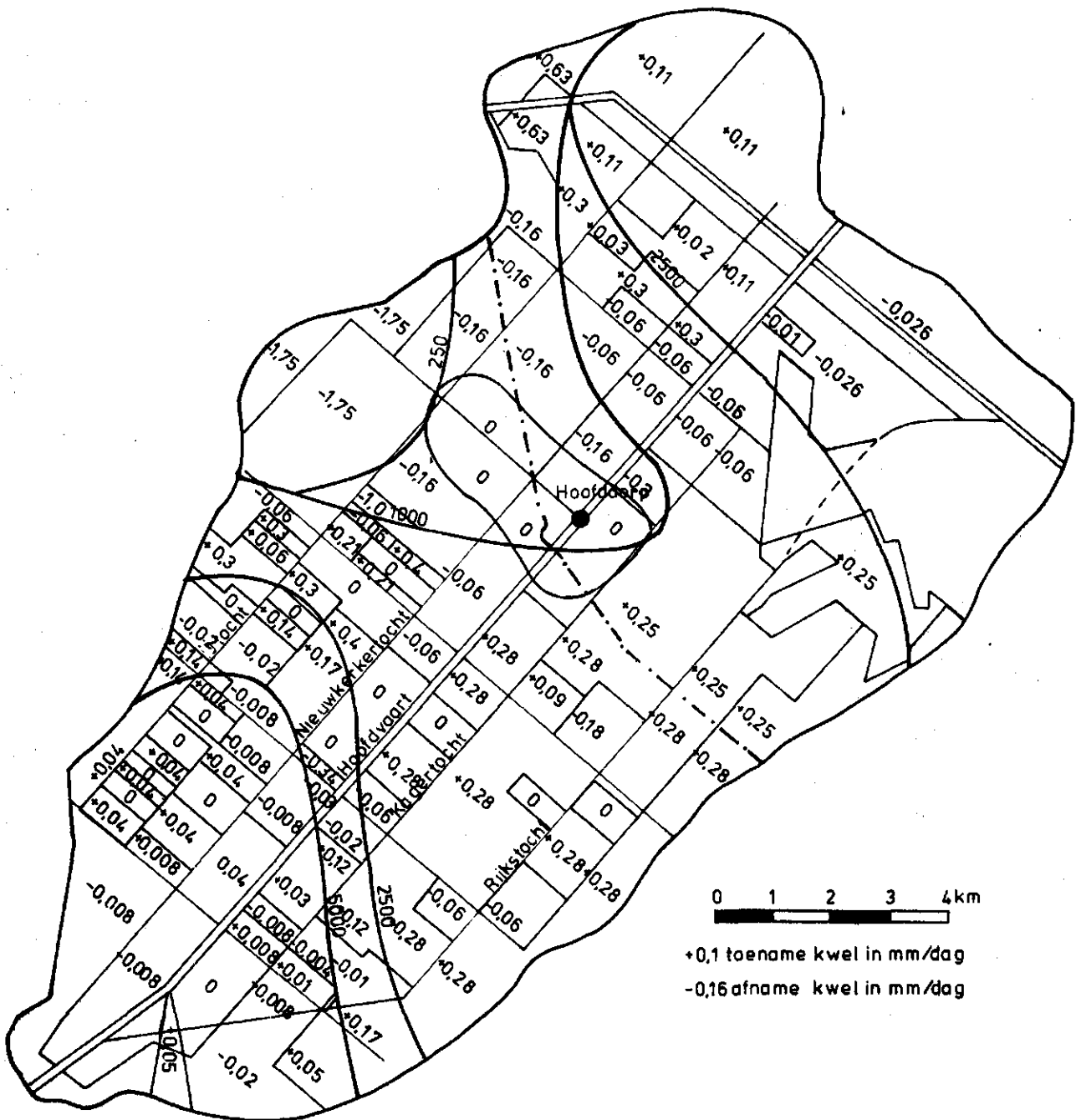


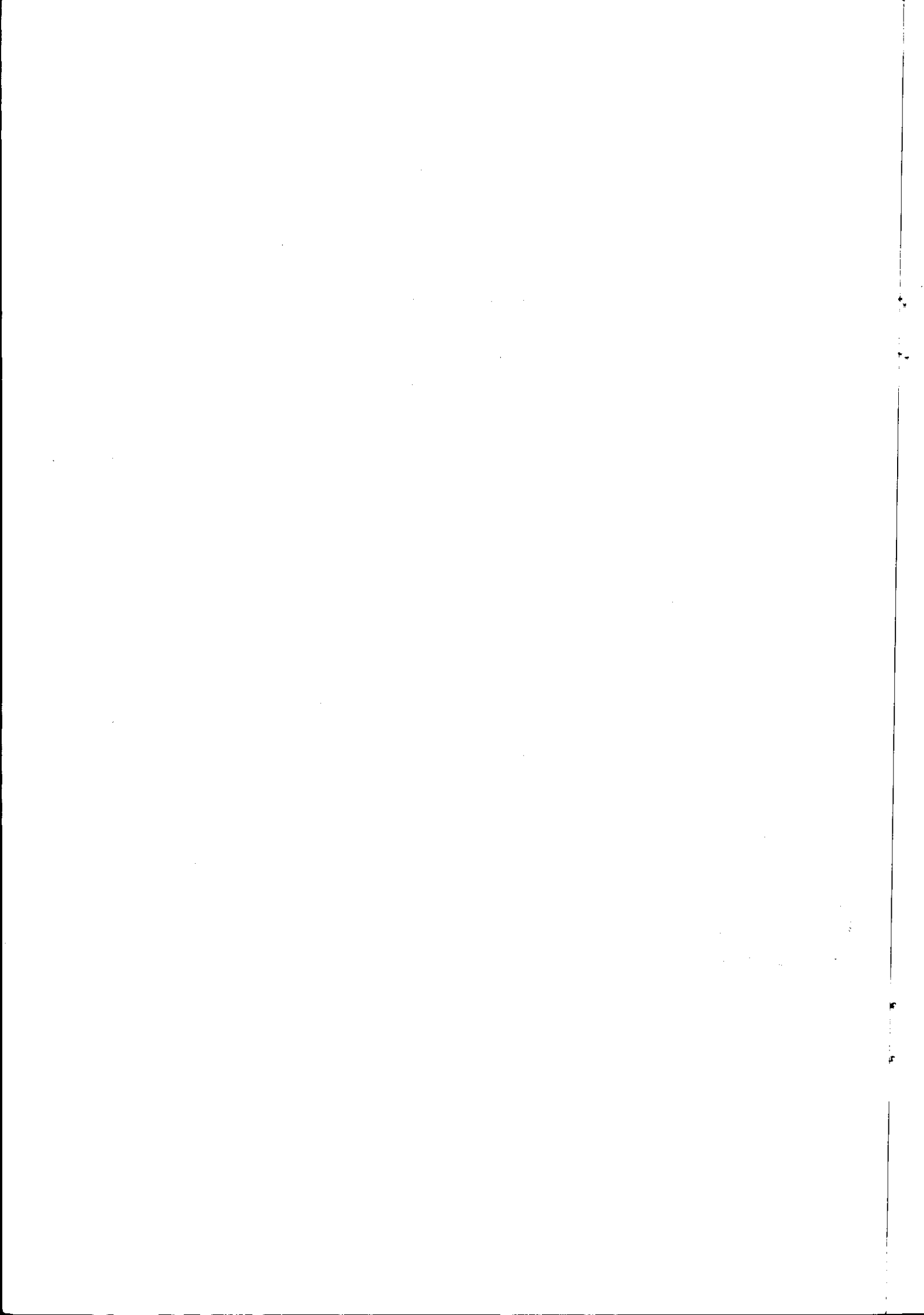


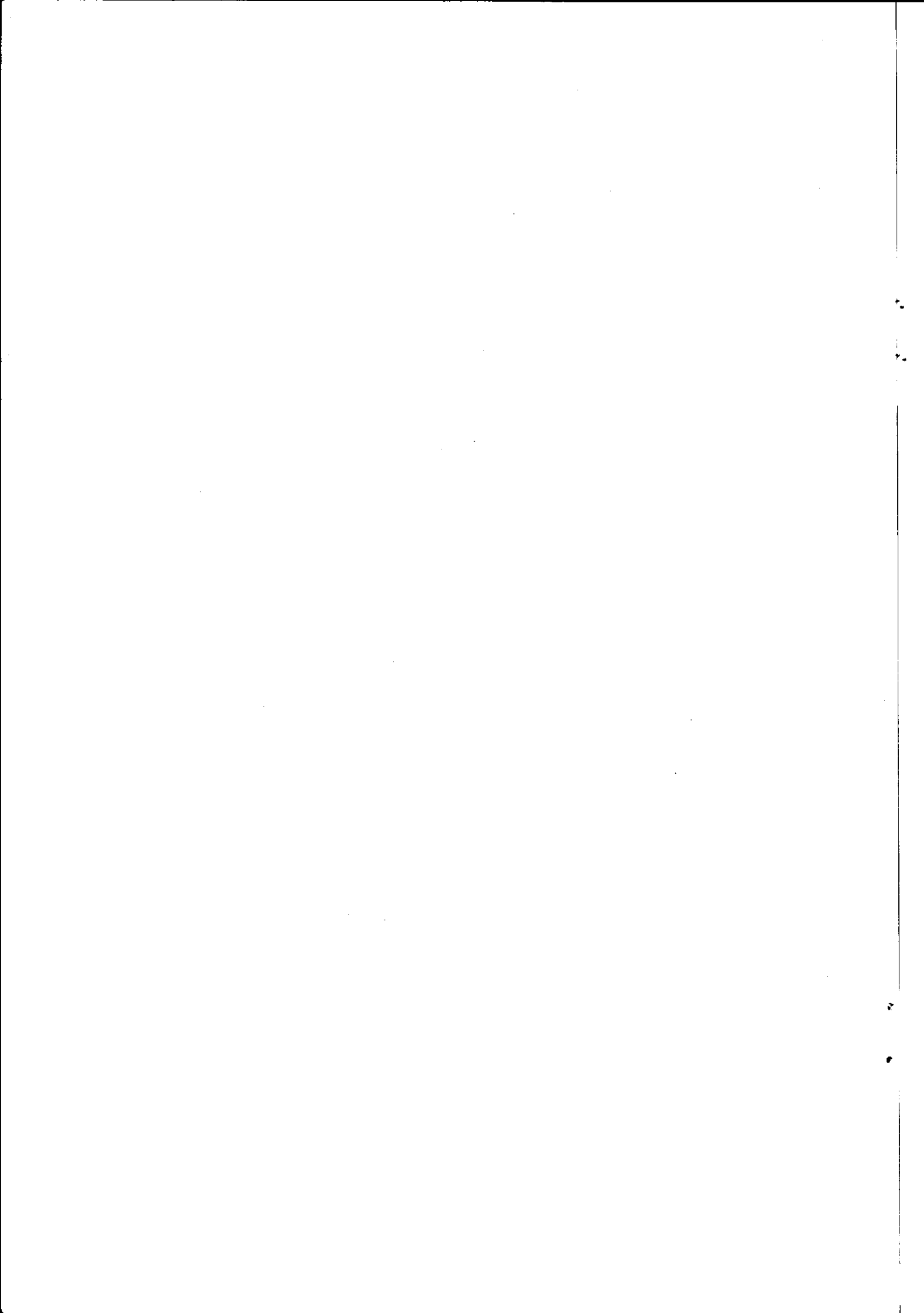


V_2 -waardenkaart uit fig. 3 en 5

Fig 6

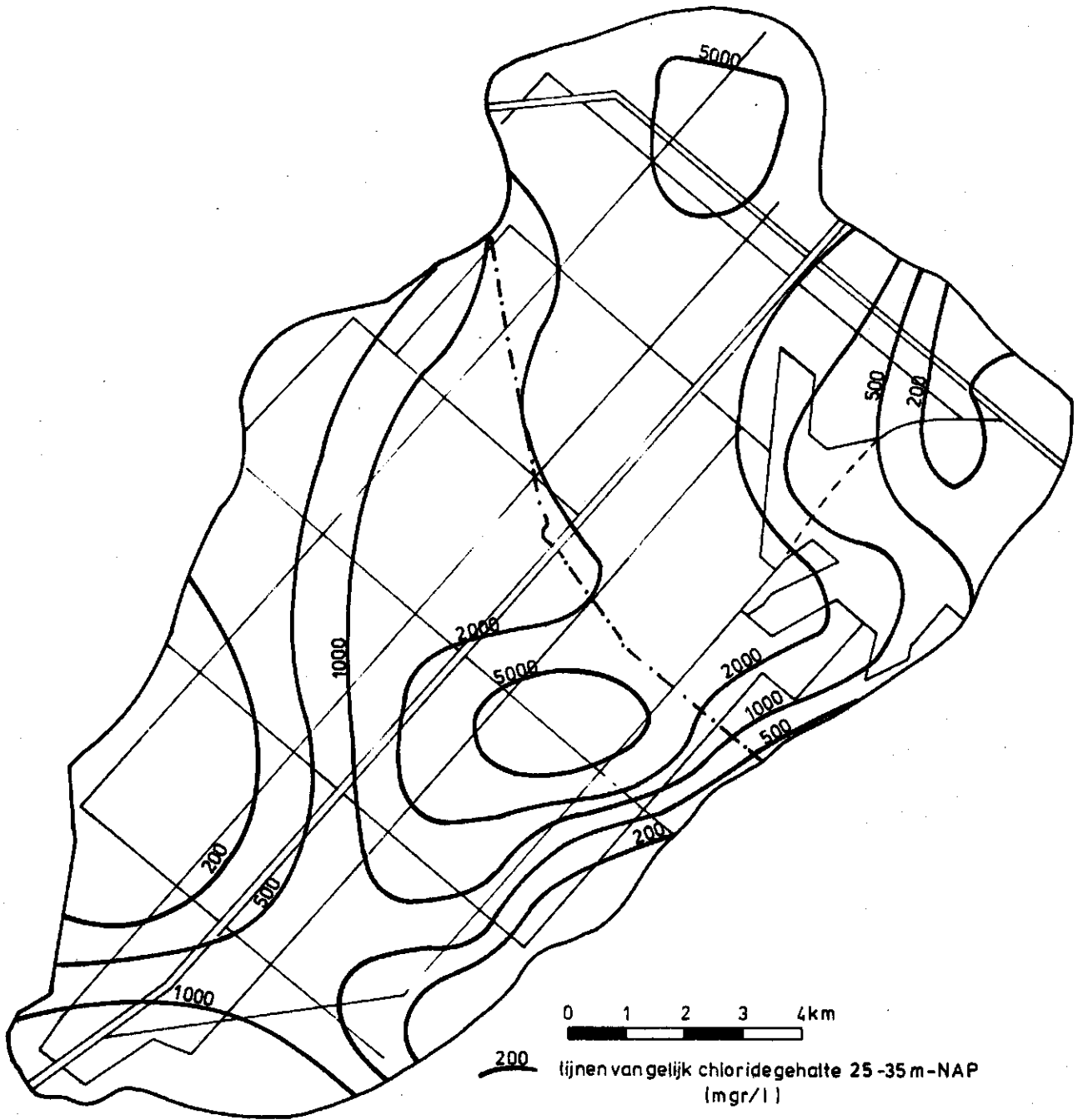


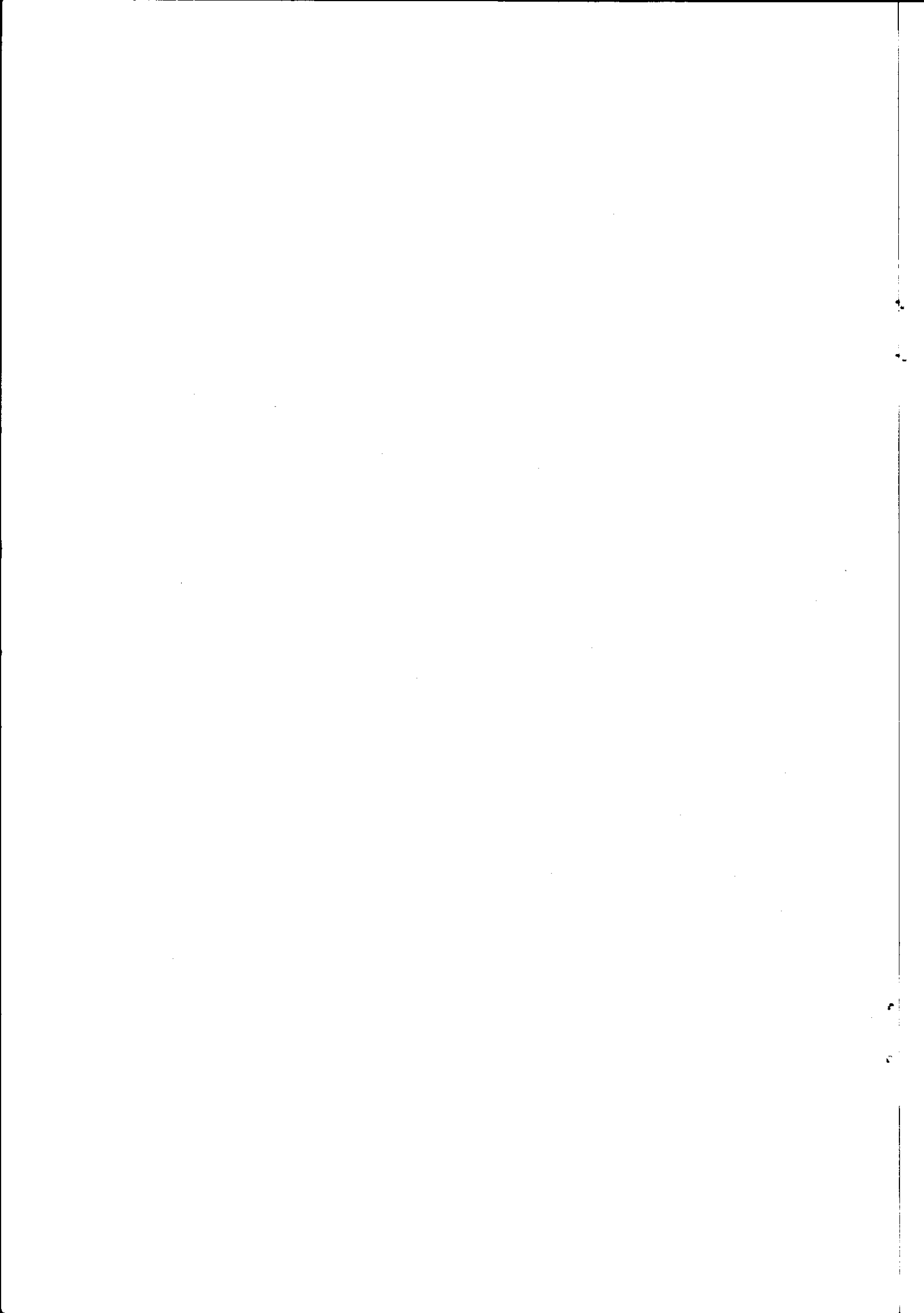




Isohalinenkaart

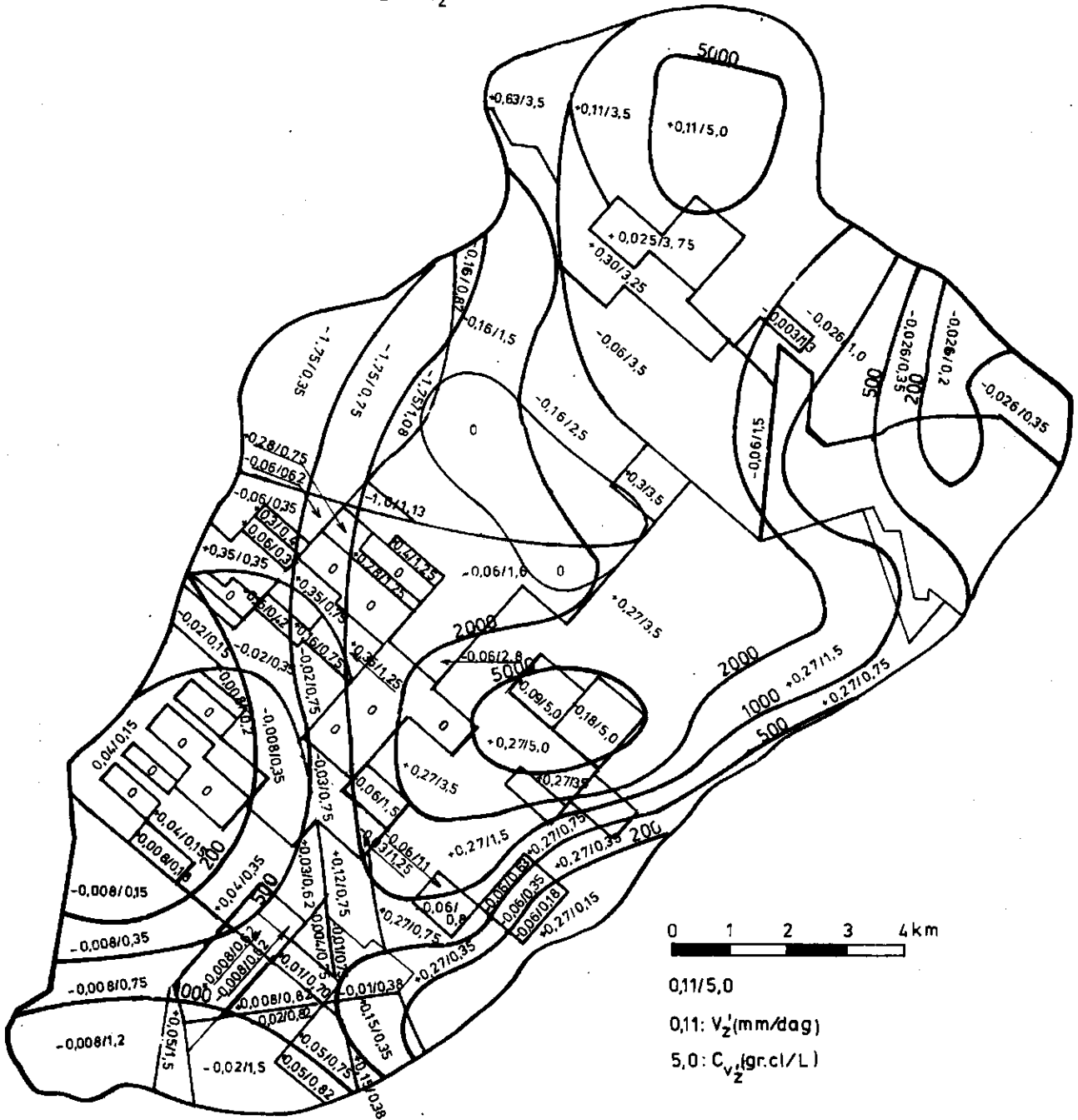
Fig 8



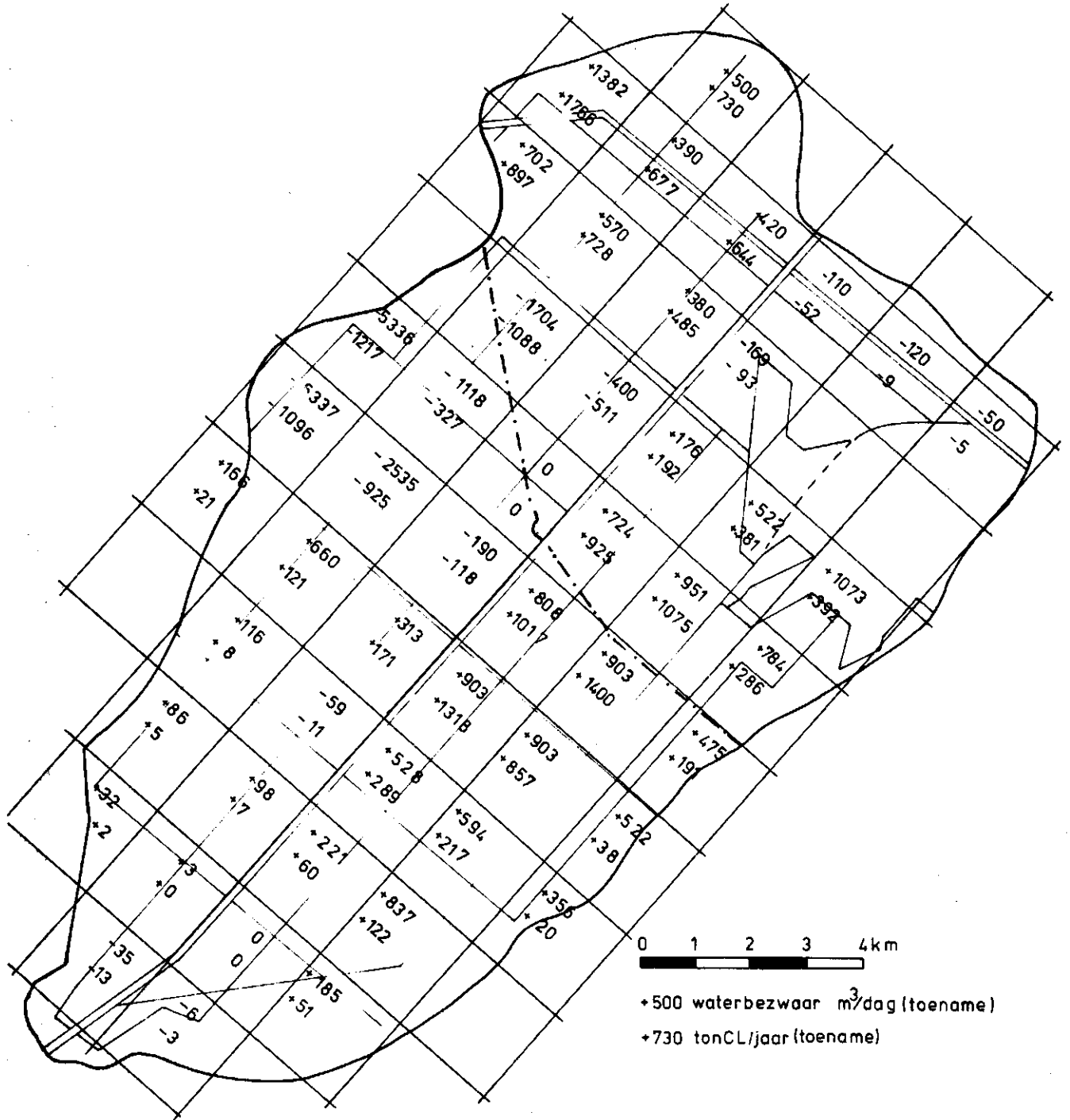


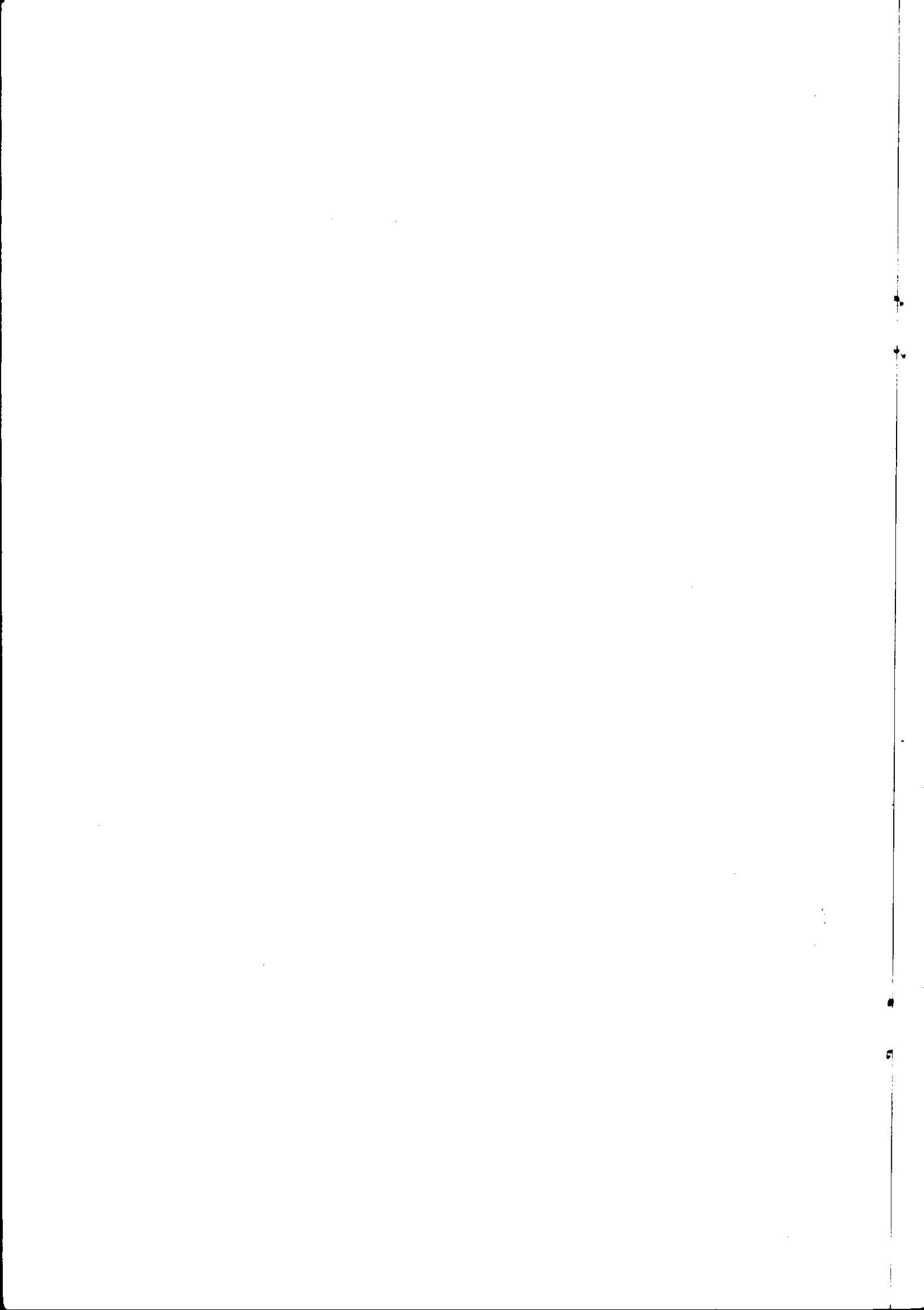
V_z en C_{V_z} - waardenkaart

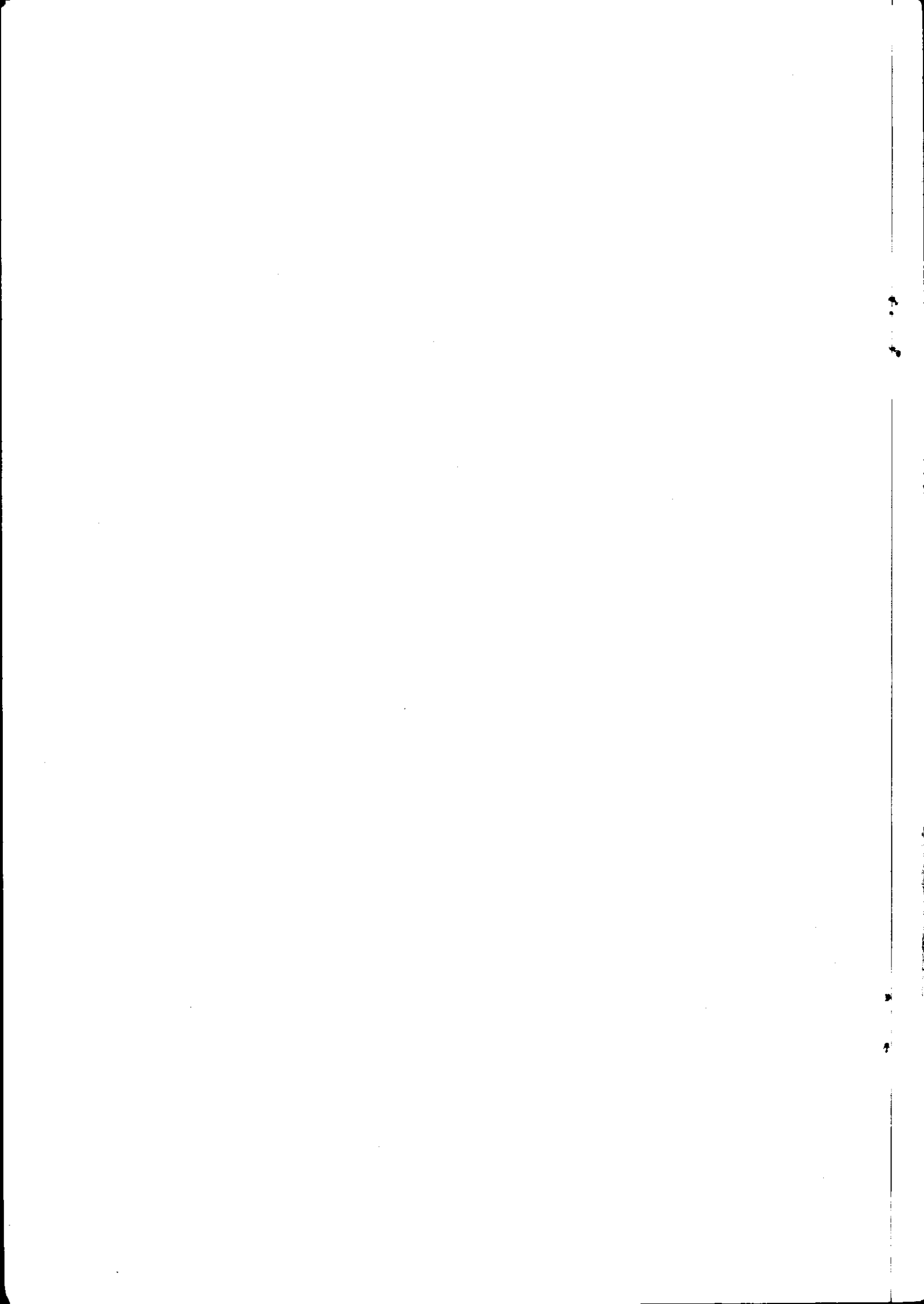
Fig 9



Het water-enCL - bezwaar volgens de "vierkantjes" indeling Fig 10







Uiteindelijke verandering in het waterbezwaar en de cl-belasting

Fig 12

