

1967-419373

De samenstelling van de zouten in het oppervlaktewater in het Zuidhollands glasdistrict

C. Sonneveld en ir. J. van den Ende

De samenstelling van de zouten in het oppervlaktewater in het Zuidhollands glasdistrict

Aan de kwaliteit van het water dat in kassen voor de besproeiing van gewassen wordt gebruikt, dienen hoge eisen te worden gesteld. Zo is bij voorbeeld het gebruik van sproeiwater dat verontreinigd is met pathogene organismen, uit hygiënisch oogpunt niet toelaatbaar. Voorts kan verontreiniging met anorganische verbindingen nadelig zijn en wel vanwege een remmende invloed op de plantegroei of vanwege vervuiling van gewassen en kasopstanden. Bepaalde anorganische stoffen, zoals ijzer, kunnen reeds in lage concentratie – enkele milligrammen per liter – het water ongeschikt maken als sproeiwater. Andere stoffen, zoals de meeste zouten, zijn alleen in hogere concentraties schadelijk. Zij verhogen dan de osmotische druk van het bodemvocht te sterk, waardoor de wateropname van de plant wordt belemmerd. Naast deze belemmering van de wateropname kan de plantegroei ook nadelig worden beïnvloed door een te sterke zoutopname of een ongunstige ionenverhouding in de plant [1, 2, 4, 5, 7].

In het Zuidhollandse Glasdistrict wordt voor de besproeiing van de gewassen voornamelijk gebruik gemaakt van het oppervlaktewater. Het grondwater is op de meeste plaatsen op geringe diepte reeds brak [10] en dus onbruikbaar. Voorts is de toevoercapaciteit van het drinkwaterleidingnet te gering om de tuinbouw van water te kunnen voorzien. Bovendien is de prijs van het drinkwater te hoog.

Oppervlaktewater kan verontreinigd zijn met pathogene organismen en chemische stoffen. In het Zuidhollandse Glasdistrict vormt vooral de verontreiniging met zouten een probleem. Teneinde een indruk te verkrijgen over de aard en de hoeveelheid van de in het oppervlaktewater voorkomende zouten is op het

Proefstation te Naaldwijk hiernaar een onderzoek ingesteld.

Toelaatbare zoutgehalte

Als norm voor het toelaatbare zoutgehalte van sproeiwater werd destijds het chloorgehalte¹ gekozen. Dit is begrijpelijk, omdat in westelijk Nederland de belangrijkste verziltingsbron de infiltratie van zeewater was: in zeewater bestaat het overgrote deel (85 %) van de zouten uit natriumchloride.

Door de toenemende verzilting van de Rijn – waarvan het water wordt gebruikt voor het aanvullen en doorspoelen van het boezemwater in westelijk Nederland – en door de toenemende waterverontreiniging in de boezemgebieden zelf, zijn naast chloriden andere zouten een belangrijke bijdrage gaan leveren aan de verhoging van de osmotische druk van het oppervlaktewater. Het is derhalve de vraag of het chloorgehalte nog zodanig nauw samenhangt met de osmotische druk, dat het als enige norm voor het toelaatbare zoutgehalte kan blijven dienen. In andere landen – o.a. in de Verenigde Staten – wordt het geleidingsvermogen gehanteerd als maat voor het zoutgehalte. Mogelijk is ook in Nederland het geleidingsvermogen een betere maat dan het chloorgehalte. Het geleidingsvermogen van het oppervlaktewater hangt namelijk meestal nauw samen met de osmotische druk. Het onderzoek is mede opgezet om het verband tussen deze twee grootheden vast te stellen.

Het bepalen van het geleidingsvermogen heeft een belangrijk voordeel boven de bepaling van de osmoti-

¹ Beter is chloorionengehalte; doorgaans wordt echter gesproken van chloorgehalte.

sche druk. Eerstgenoemde bepaling is namelijk veel gemakkelijker uit te voeren dan laatstgenoemde.

Onderzoekmethodiek

In de periode van april 1964 tot april 1965 werd het oppervlaktewater in het Zuidhollandse Glasdistrict op 28 plaatsen bemonsterd. De bemonstering werd om de twee maanden uitgevoerd. De meeste monsterplaatsen lagen in het hoogheemraadschap Delfland, enkele in de aangrenzende gebieden van de hoogheemraadschappen Rijnland en Schieland. Voornamelijk werden de boezemwateren bemonsterd; enkele monsterplaatsen lagen echter in polders binnen genoemde waterschappen.

De monsters werden op het Proefstation te Naaldwijk onderzocht. Bij de analyse werden de kat- en anionen uitgedrukt in mval per liter:

kationen: natrium, kalium, calcium, magnesium, ammonium;

anionen: chloor, sulfaat, nitraat, bicarbonaat.

Voorts werden bepaald:

fosfaat mg per liter.

kieselzuur mmol per liter.

geleidingsvermogen mmho. cm^{-1} bij 25°C.

osmotische druk atm. bij 0°C.

pH.

Het fosfaat (H_2PO_4^- en HPO_4^{2-}) is niet in mval per liter uitgedrukt, omdat de hoeveelheid die werd gevonden, zeer gering was. Het kieselzuur is uitgedrukt in mmol per liter: er is van uitgegaan dat het voorkwam als niet gedissociëerd monokieselzuur (H_4SiO_4) [9].

De methodiek van de bepaling van de osmotische druk is omschreven door Van den Ende en Koornneef [6]; de overige analysemethodieken zijn omschreven door Den Dekker en Van Dijk [3].

Resultaten

De analyseresultaten van de zeven bemonsteringen die in de onderzoeksperiode zijn uitgevoerd, zijn per monsterplaat gemiddeld. De laagste en de hoogste

Tabel 1. Analyseresultaten van het oppervlaktewater in het Zuidhollandse Glasdistrict. Gemiddelden over 28 monsterplaatsen.

| | 1964-1965 ¹ | | augustus 1964 | | oktober 1964 | |
|--------------------|------------------------|----------|---------------|----------|--------------|----------|
| | gem. | grenzen | gem. | grenzen | gem. | grenzen |
| Na^+ | 5,2 | 3,4- 8,1 | 5,1 | 2,6- 8,4 | 7,0 | 4,0-12,5 |
| K^+ | 0,5 | 0,4- 1,0 | 0,5 | 0,3- 1,0 | 0,6 | 0,4- 1,8 |
| Ca^{++} | 7,6 | 5,9-11,2 | 5,7 | 4,4- 8,7 | 7,8 | 5,4-14,6 |
| Mg^{++} | 2,1 | 1,5- 3,7 | 1,7 | 1,2- 3,9 | 2,3 | 1,6- 4,3 |
| NH_4^+ | 0,2 | 0,0- 0,8 | 0,2 | 0,0- 1,0 | 0,2 | 0,0- 0,9 |
| Cl^- | 5,7 | 3,3- 9,3 | 5,6 | 2,5- 8,6 | 7,9 | 3,8-12,1 |
| SO_4^{--} | 4,4 | 2,9- 8,3 | 2,8 | 1,5- 5,5 | 4,5 | 2,0-11,7 |
| NO_3^- | 0,2 | 0,0- 1,0 | 0,1 | 0,0- 0,7 | 0,1 | 0,0- 1,2 |
| HCO_3^- | 4,1 | 3,0- 6,8 | 3,5 | 2,4- 5,6 | 4,2 | 3,1- 7,9 |

¹ gemiddelden van zeven bemonsteringen.

waarde van deze gemiddelden en het totale gemiddelde (gemiddelde over de gemiddelde per monsterplaats) zijn opgenomen in de tabellen 1 en 2. Voorts zijn in deze tabellen van de waarnemingen van augustus en oktober 1964 - resp. lage en hoge zouttoestand - de uiterste waarden en het gemiddelde weergegeven.

Belangrijke afwijkingen van de gemiddelde waarden werden onder meer gevonden als gevolg van zoute kwel en lozing van industrieel of gemeentelijke afvalwater. In het oostelijk deel van het Zuidhollandse Glasdistrict werden doorgaans hogere calcium- en sulfaatgehalten gevonden dan in het westelijk deel.

Zoutgehalte en geleidingsvermogen

Het zoutgehalte is berekend uit de gehalten aan kationen en anionen. Het kieselzuur is bij deze berekening buiten beschouwing gelaten.

In figuur 1 is voor de waarnemingen van augustus en oktober 1964 het verband weergegeven tussen het zoutgehalte en het geleidingsvermogen. Zoals uit het spreidingsdiagram blijkt, is het verband niet lineair. Van de verschillende functies die voor de benadering van het verband werden gebruikt, bleek de kwadratische functie de hoogste correlatie te geven. Als regressievergelijking werd gevonden:

Tabel 2. Analyseresultaten van het oppervlaktewater in het Zuidhollands Glasdistrict. Gemiddelden over 28 monsterplaatsen.

| | 1964-1965 ¹ | | augustus 1964 | | oktober 1964 | | Eenheden |
|--|------------------------|-----------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------------------------------|
| | gem. | grenzen | gem. | grenzen | gem. | grenzen | |
| pH | 8,0 | 7,7-8,3 | 7,9 | 7,7-8,2 | 7,9 | 7,8-8,3 | |
| Geleidingsvermogen | 1,47 | 1,19-1,89 | 1,31 | 0,90-1,84 | 1,72 | 1,27-2,56 | mmho. cm ⁻¹ bij 25°C |
| Osmotische druk | 0,45 | 0,36-0,71 | 0,41 | 0,25-0,62 | 0,54 | 0,35-0,82 | atm. bij 0°C |
| Fosfaat (P ₂ O ₅) | 2,0 | 0,8-5,4 | 3,1 | 0,6-8,9 | 2,2 | 0,8-5,4 | mg per liter |
| Kiezelduur | 0,2 | 0,1-0,4 | 0,2 | 0,1-0,4 | 0,1 | 0,0-0,5 | mmol. per liter |

¹ Gemiddelden van zeven bemonsteringen.

$$y = 214,3x^2 + 33,2x + 409 \quad R = 0,959$$

waarin is: x - geleidingsvermogen (mmho. cm⁻¹ bij 25°C). y - mg zout per liter.

Osmotische druk en geleidingsvermogen

In figuur 2 is het verband tussen de osmotische druk en het geleidingsvermogen weergegeven, wederom voor de waarnemingen van augustus en oktober 1964. Het verband is goed lineair te benaderen. Als regressie-vergelijkingen werd gevonden:

$$y = 0,333x - 0,04 \quad r = 0,966$$

waarin is: x - geleidingsvermogen (mmho. cm⁻¹ bij 25°C).

y - osmotische druk (atm. bij 0°C).

Chloor en natrium

Het verband tussen het chloor- en het natriumgehalte is weergegeven in figuur 3. De twee punten die sterk afwijken van het verband tussen de overige punten, zijn niet opgenomen in de berekening van de regressie-vergelijking. Beide waarnemingen zijn afkomstig van een monsterplaats, die sterk verontreinigd was met industrieel afvalwater. Als regressie-vergelijking werd gevonden:

$$y = 0,750x + 0,85 \quad r = 0,979$$

waarin is: x - mval chloor per liter.

y - mval natrium per liter.

Voor de hogere waarden was het natriumgehalte dus ongeveer driekwart van het chloorgehalte. In het water van de Rijn wordt deze verhouding tussen chloor en natrium ten naaste bij eveneens gevonden [8].

Chloor en geleidingsvermogen

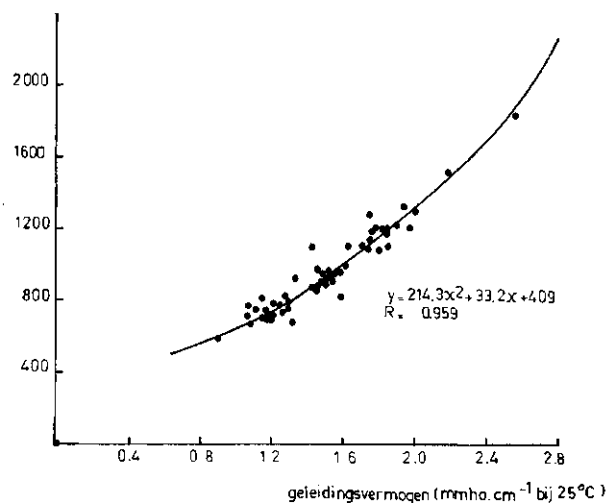
Het verband tussen het chloorgehalte en het geleidingsvermogen is in figuur 4 weergegeven. Evenals bij de reeds beschreven verbanden is ook hier alleen gebruik gemaakt van de waarnemingen van augustus en oktober 1964. Als regressievergelijking werd gevonden:

$$y = 0,117x + 0,73 \quad r = 0,760$$

waarin is: x - mval chloor per liter.

Fig. 1. Het verband tussen het zoutgehalte en het geleidingsvermogen.

g zout per liter



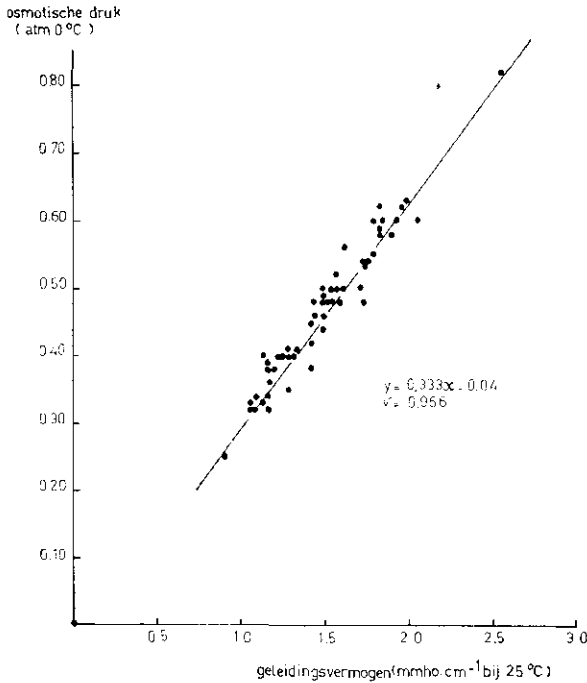


Fig. 2. Het verband tussen de osmotische druk en het geleidingsvermogen.

Tabel 3. De bijdragen van de kat- en anionen en het kiezelzuur tot de osmotische druk.

| | 1964-1965 ¹ | | augustus '64 | | oktober '64 | |
|---------------------------------|------------------------|------|--------------|------|-------------|------|
| | mmol/l | % | mmol/l | % | mmol/l | % |
| Na ⁺ | 5,2 | 22,5 | 5,1 | 25,2 | 7,0 | 25,6 |
| K ⁺ | 0,5 | 2,2 | 0,5 | 2,5 | 0,6 | 2,2 |
| Ca ⁺⁺ | 3,8 | 16,5 | 2,8 | 13,9 | 3,9 | 14,2 |
| Mg ⁺⁺ | 1,0 | 4,3 | 0,8 | 4,0 | 1,2 | 4,4 |
| NH ₄ ⁺⁺ | 0,2 | 0,9 | 0,2 | 1,0 | 0,2 | 0,7 |
| Cl ⁻ | 5,7 | 24,7 | 5,6 | 27,7 | 7,9 | 28,8 |
| SO ₄ ⁻⁻ | 2,2 | 9,5 | 1,4 | 6,9 | 2,2 | 8,0 |
| NO ₃ ⁻ | 0,2 | 0,9 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,4 |
| HCO ₃ ⁻ | 4,1 | 17,7 | 3,5 | 17,3 | 4,2 | 15,3 |
| H ₄ SiO ₄ | 0,2 | 0,9 | 0,2 | 1,0 | 0,1 | 0,4 |

¹ Gemiddelden van zeven bemonsteringen.

y - geleidingsvermogen (mmho. cm⁻¹ bij 25°C). Zoals blijkt is de correlatiecoëfficiënt niet hoog. Het chloorgehalte is dus weinig geschikt om er het geleidingsvermogen uit af te leiden. Ook het zoutgehalte en de osmotische druk kunnen er dus niet goed uit worden afgeleid: deze twee grootheden hingen nauw samen met het geleidingsvermogen (zie fig. 1 en 2).

Osmotische druk

Het is aannemelijk dat de osmotische druk praktisch geheel werd veroorzaakt door de diverse kat- en anionen en het kiezelzuur. De procentuele bijdrage van deze componenten tot de osmotische druk werd berekend voor de gemiddelde waarden van augustus en oktober 1964 en voor het totale gemiddelde. De resultaten van deze berekeningen, weergegeven in tabel 3, laten zien dat de procentuele bijdragen weinig uitéén liepen.

Zoals blijkt, is de bijdrage van natrium en chloor ongeveer 50 %. Calcium en bicarbonaat leveren elk een bijdrage van rond 15 %. Van de overige bijdragen zijn alleen die van sulfaat (± 8 %) en magnesium (± 4 %) van betekenis.

Bij de berekening van de bijdragen tot de osmotische druk is aangenomen dat de osmotische coëfficiënt van de diverse kat- en anionen en het kiezelzuur niet verschilde. In werkelijkheid loopt de osmotische coëfficiënt echter uitéén. Zo hebben éénwaardige ionen doorgaans een wat hogere coëfficiënt dan tweewaardige [11]. De bijdrage van de éénwaardige ionen tot de osmotische druk is dus in feite iets groter en van de tweewaardige ionen iets kleiner dan in tabel 3 is weergegeven.

De gemiddelde osmotische coëfficiënt is eenvoudig te berekenen en wel door de gemeten osmotische druk te delen door de osmotische druk, die wordt verkregen door één mmol per liter op 0,0224 atm. te stellen. De resultaten van aldus uitgevoerde berekeningen zijn opgenomen in tabel 4.

Discussie en conclusies

Het beschreven onderzoek heeft waardevolle gegevens opgeleverd over de zoutensamenstelling van het

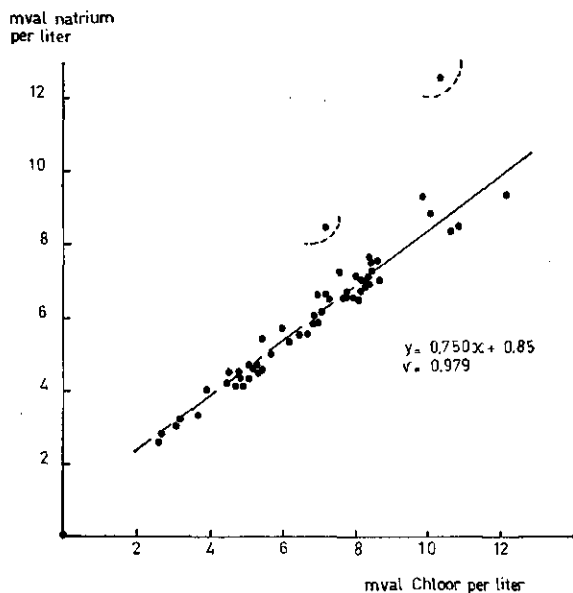


Fig. 3. Het verband tussen het chloor- en natriumgehalte.

oppervlaktewater in het Zuidhollands Glasdistrict. Vooral natrium en chloor blijken een belangrijke bijdrage te leveren tot de osmotische druk: in de onderzoeksperiode tezamen ongeveer 50%. Het geleidingsvermogen is nauw gecorreleerd met de osmotische druk; het chloorgehalte daarentegen niet.

Indien de osmotische druk de juiste norm zou zijn

Tabel 4. De gemiddelde osmotische coëfficiënt, verkregen door de gemeten osmotische druk te delen door de berekende osmotische druk.

| | Berekende osm. druk | Gemeten osm. druk | Osm. coëfficiënt |
|------------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| 1964-1965 ¹ | 0,52 | 0,45 | 0,87 |
| augustus 1964 | 0,45 | 0,41 | 0,91 |
| oktober 1964 | 0,61 | 0,54 | 0,89 |

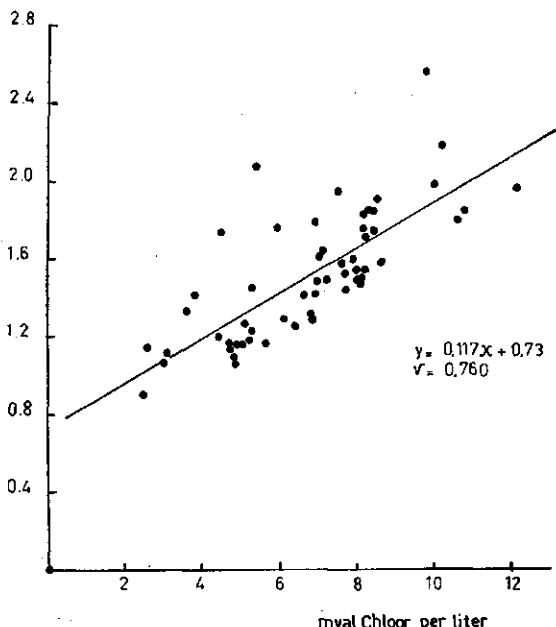


Fig. 4. Het verband tussen het chloorgehalte en het geleidingsvermogen.

voor het toelaatbare zoutgehalte van sproeiwater, zou het geleidingsvermogen dus een betere norm zijn dan het chloorgehalte. Onder bepaalde omstandigheden is echter de osmotische druk niet zonder meer de enige juiste norm. Zo kunnen zouten behalve door hun osmotisch effect ook door een specifiek ion-effect de plantegroei nadelig beïnvloeden [1,7]. De aardappel en de tabak zijn bij voorbeeld gevoelig voor chloor en tal van fruitgewassen voor zowel chloor als natrium. Voor gewassen die een specifieke gevoeligheid hebben voor een bepaald ion, zal de bepaling hiervan bij de analyse van het sproeiwater nodig zijn, indien het in schadelijke hoeveelheid aanwezig kan zijn. Een andere omstandigheid waaronder de osmotische druk niet zal voldoen als enige norm, doet zich voor wanneer bepaalde zouten, zoals sulfaten en bicarbonaten, in het bodemvocht neerslaan. Deze zouten slaan vooral dan

neer, als de concentratie van het bodemvocht hoge waarden bereikt. De invloed er van op de osmotische druk van het bodemvocht is dan kleiner dan uit de analyse van het sproeiwater zou blijken.

Op het Proefstation te Naaldwijk worden momenteel proeven genomen, waarbij de invloed van het osmotische effect en het specifieke ioneffect op de groei van diverse gewassen wordt vastgesteld. De proeven zijn er onder meer op gericht het chloorgehalte en het geleidingsvermogen te toetsen als normen voor het toelaatbare zoutgehalte van sproeiwater.

Literatuur

1. Berg, C. van den: *De invloed van opgenomen zouten op de groei en productie van landbouwgewassen op zoute gronden*. Proefschrift, Wageningen, 1952.
2. Berg, C. van den: *Tuinbouw en waterverontreiniging*. Meded. Dir. Tuinbouw, 30 (1967), pp. 113-122.
3. Dekker, P. A. den en Dijk, P. A. van: *Analysemethoden in gebruik op het bodemkundig laboratorium van het Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk*. (niet gepubliceerd).
4. Ende, J. van den: *De invloed van zout gietwater op de ontwikkeling van verschillende gewassen onder glas*. Publikatie van het Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk, nr. 38, (1952).
5. Ende, J. van den: *Het belang van zoet oppervlaktewater voor de teelten onder glas*. Ons Platteland, 1965, nr. 46, pp. 4-5.
6. Ende, J. van den en Koornneef, P.: *Meting van osmotische waarden*. Jaarverslag Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk 1961, pp. 52-56.
7. Hayward, H. E. and Bernstein, L.: *Plant-growth relationships on saltaffected soils*. Botanical Review, 24 (1958), pp. 584-635.
8. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung: *Zahlentafeln der physikalisch-chemischen Untersuchungen des Rheins sowie der Mosel/Koblentz*, 1965. Den Haag, 1966.
9. Mc Keague, J. A. and Cline, M. G.: *Silica in soils*. Advances in Agronomy, 15 (1963), pp. 339-396.
10. Leeuwen, J. C. van: *Waar is nortonwater bruikbaar als gietwater?* Jaarverslag Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk 1961, pp. 41-42.
11. Sonneveld, C., Koornneef, P. en Ende, J. van den: *De osmotische druk en het elektrische geleidingsvermogen van enkele zoutoplossingen*. Meded. Dir. Tuinbouw, 29 (1966), pp. 471-477.

Summary

The composition of salts in the surface water in the South Holland Glass District. C. Sonneveld and J. van den Ende, Research Station for fruit and vegetable growing under glass at Naaldwijk.

Investigations are being made at the Research Station for fruit and vegetable growing under glass into the nature and the quantities of the salts in the surface water of the South Holland Glass District.

Investigations are also made as to whether the osmotic pressure of the water is a sufficient basis for the determination of the chloride content because other salts also contribute considerably to the increase of the osmotic pressure.

The authors have the idea that as the conducting power of the water is in most cases closely connected with the osmotic pressure the conducting power may be a better basis for the determination of the salt content.