

Chloride-, stikstof- en fosfaatbelasting van oppervlaktewater door gas- en koelbronnen

Inleiding

In het kader van een nog lopend onderzoek naar de hydrologie en waterkwaliteit in Noord-Holland, dat wordt uitgevoerd door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, is een onderzoek verricht naar de invloed van gas- en koelbronnen op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Het onderzoeksgebied beslaat het gedeelte van Noord-Holland dat ligt benoorden het Noordzeekanaal en het IJ, uitgezonderd Texel en Marken. De oppervlakte aan cultuurgrond bedraagt circa 112.000 ha,



C. G. TOUSSAINT

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen



T. BOOGAARD

Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland, Edam

de oppervlakte aan boezem- en polderwateren beslaat 11.700 ha [Commissie Watervoorziening, 1977].

De eerste gas- en koelbronnen zijn reeds in de vorige eeuw geslagen en het aantal bereikte omstreeks 1940 zijn top met

ongeveer 3.000 bronnen. De laatste inventarisatie vond plaats in 1975-1976 door het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland. Het bleek dat in circa 38 polders nog 879 werkende bronnen aanwezig waren [Hoogheemraadschap, 1970-1978].

Veel bronnen veroorzaken water- en zoutbezwaar op het oppervlaktewater. Om de verontreiniging en de verzilting van het oppervlaktewater te bestrijden is via besluiten van Gedeputeerde Staten van Noord-Holland een verordening vastgesteld. Deze houdt in dat het verboden is afvalstoffen, verontreinigende of schadelijke stoffen dan wel verzout water te brengen of te laten lopen in de wateren die behoren tot een groot aantal boezemgebieden. Aan de houders van gas- en koelbronnen kan door het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland onthefing van het verbod worden verleend tegen hele of gedeeltelijke vergoeding van de kosten [Provinciaal blad van Noord-Holland, 1964 en 1967].

De resultaten uit dit onderzoek betreffen in hoofdzaak de chloride-, stikstof- en fosfaatbelasting op het oppervlaktewater door de nog functionerende bronnen. In een later stadium van het onderzoek in Noord-Holland zullen bovengenoemde resultaten worden gebruikt om de bijdrage aan de totale water- en zoutbelasting te berekenen.

Gas- en koelbronnen

De meeste bronnen zijn jaren geleden kunstmatig aangelegd. Ze worden aangetroffen in de laag gelegen polders, waar het diepe grondwater een overdruk heeft ten opzichte van het polderpeil. De diepte van de bronnen varieert van 25 tot 80 m beneden maaiveld. Het naar boven wellende water voert gas mee, dat jarenlang werd gebruikt voor koken en verlichting. Momenteel wordt het water van de bronnen vrijwel alleen nog gebruikt als koelwater en incidenteel als beregeningswater.

Bij de inventarisatie in 1975-1976 is de wateropbrengst van de bronnen bepaald. Tevens is het bronwater geanalyseerd op het chloride-, stikstof- en fosfaatgehalte. Het chloride is afkomstig van het grondwater uit mariene afzettingen; de stikstof en het fosfaat zijn afkomstig van de in de bodem voorkomende veenresten, en deels van schelp- en oeverdierresten.

Water- en gasopbrengst van de bronnen

De gemiddelde wateropbrengst van de bronnen bedraagt circa 2,4 m³ per uur, variërend van 0,2 tot 4,1 m³ per uur. Zeer hoge opbrengsten, namelijk van circa 10 m³ zijn gemeten aan een aantal afzonderlijke bronnen in de Wieringermeerpolder. Alle bronnen tezamen leveren een hoeveelheid water van 18,4 miljoen m³ per jaar ofwel 0,58 m³ per seconde. Het gebied waarin de bronnen voorkomen

TABEL I - Chloride-, stikstof- en fosfaatbelasting van gas- en koelbronnen.

| Naam polder | | Oppervlakte (ha) | | Aantal bronnen | | Wateropbrengst (m ³ · jaar ⁻¹) | | | Wateropbrengst (mm per jaar) |
|---|------|------------------|--------|----------------|------|---|-----------|------------|------------------------------|
| | | totaal | water | zoet | zout | zoet | zout | totaal | |
| Anna Paulownapolder | (1) | 2.095 | 105,0 | 3 | 15 | 28.908 | 147.694 | 176.602 | 8,4 |
| Belmermeer | (2) | 165 | 5,0 | — | 14 | — | 287.328 | 287.328 | 174,1 |
| Beschoot | (3) | 725 | 44,0 | 38 | 15 | 865.488 | 338.126 | 1.203.624 | 166,0 |
| Blijkmeer | (4) | 50 | 1,5 | — | 2 | — | 13.140 | 13.140 | 26,3 |
| Braakpolder | (5) | 78 | 1,6 | 1 | — | 3.650 | — | 3.650 | 4,7 |
| Broekmeer + Burkmeer | (6) | 352 | 10,5 | — | 16 | — | 376.680 | 376.680 | 107,0 |
| Beemster | (7) | 7.100 | 355,0 | 158 | 149 | 3.321.792 | 3.099.668 | 6.421.460 | 90,4 |
| Etersheimerbraakpolder | (8) | 47 | 1,9 | 4 | — | 100.700 | — | 100.700 | 214,3 |
| Groot- en Waardpolder | (9) | 1.420 | 28,0 | 6 | 3 | 87.600 | 35.040 | 122.640 | 8,6 |
| Heerhugowaard (polder) | (10) | 3.764 | 151,0 | 3 | 12 | 68.328 | 275.940 | 344.268 | 9,1 |
| Kaag | (11) | 552 | 28,0 | — | 2 | — | 39.420 | 39.420 | 7,1 |
| Monnikenmeer | (12) | 142 | 4,3 | — | 2 | — | 3.066 | 3.066 | 2,2 |
| Polder Het Oude Dijkje (Niederperkogge) | (13) | 23 | 0,7 | — | 1 | — | 8.760 | 8.760 | 38,1 |
| Noordeindermeer | (14) | 168 | 27,4 | 7 | 2 | 171.696 | 48.180 | 219.736 | 130,9 |
| Noordmeerpolder | (15) | 133 | 5,3 | — | 8 | — | 141.730 | 141.730 | 106,6 |
| Purmer | (16) | 2.755 | 152,0 | 3 | 67 | 63.072 | 381.744 | 444.816 | 16,2 |
| Sapmeer | (17) | 25 | 4,0 | — | 1 | — | 21.900 | 21.900 | 87,6 |
| Schagerwaard | (18) | 506 | 20,0 | — | 1 | — | 8.760 | 8.760 | 1,7 |
| Schermeer | (19) | 4.750 | 250,0 | 9 | 27 | 188.340 | 534.360 | 722.700 | 15,2 |
| Starmeer en Kamerhop | (20) | 585 | 23,0 | 1 | 6 | 14.016 | 83.220 | 97.236 | 16,6 |
| Westfr. - Baarsdorpermeer | (21) | 214 | 21,0 | 16 | 9 | 350.400 | 259.150 | 609.550 | 281,8 |
| Westfr. - Westerkogge | (22) | 2.904 | 144,0 | 73 | 14 | 1.598.700 | 350.400 | 1.949.100 | 67,2 |
| Westfriesland - overige | (23) | 1.819 | 86,6 | 12 | 10 | 259.168 | 143.537 | 402.705 | 22,1 |
| Wieringermeer | (24) | 19.570 | 375,0 | 42 | 51 | 1.582.056 | 1.724.500 | 3.306.555 | 16,9 |
| Wieringerwaard | (25) | 1.813 | 54,0 | 7 | 25 | 141.036 | 508.518 | 649.554 | 35,8 |
| Wogmeer | (26) | 680 | 27,0 | 20 | 4 | 332.880 | 76.584 | 409.464 | 60,2 |
| Wijde Wormer | (27) | 1.650 | 100,0 | 3 | 17 | 49.932 | 278.218 | 328.150 | 19,9 |
| Totaal/gemiddeld | | 54.085 | 2025,8 | 406 | 473 | 9.227.762 | 9.185.673 | 18.413.434 | 34,0 |

heeft een oppervlakte van 54.000 ha. De wateropbrengst komt dan overeen met 34 mm per jaar.

Het aantal nog werkende gas- en koelbronnen loopt per polder sterk uiteen. Er komen polders voor, waarin slechts één of enkele bronnen aanwezig zijn; daarnaast zijn er polders met een groot aantal bronnen. De meeste gasbronnen namelijk 307 stuks, komen voor in de Beemster en leveren gezamenlijk ruim 17.000 m³ water per dag of circa 6,5 miljoen m³ per jaar. Bij een polderoppervlakte van 7.100 ha komt de genoemde hoeveelheid overeen met circa 90 mm per jaar [zie ook Toussaint en Boogaard, 1978].

Het winnen van brongas is momenteel niet meer belangrijk, hoewel de totale gasproductie niet gering is. Aangetoond is dat uit 10 m³ water 1 m³ gas kan worden gewonnen. Voor de 879 bronnen betekent dit een produktie van circa 1,8 miljoen m³ gas per jaar. Voor een polder als de Beemster zou dit een produktie opleveren van 650.000 m³ per jaar. Het brongas bestaat voor het merendeel uit methaan (CH₄), zodat een groot deel als effectieve brandstof zou kunnen worden gebruikt. Verder bevat het gas vrij veel stikstof (N) en koolzuur (CO₂) [Nederlandse Vereniging, 1950].

Kwalitatieve en kwantitatieve aspecten

Chloridegehalte en -belasting

Het chloridegehalte van het uitstromende

water van de gas- en koelbronnen loopt sterk uiteen. In 17 van de circa 38 polders zijn in het bronwater gehalten gemeten van meer dan 1.000 mg per liter, terwijl in 12 polders zelfs meer dan 2.000 mg per liter zijn gemeten. Het hoogste gehalte, meer dan 6.000 mg per liter is waargenomen in de Wijde Wormer. Ook zeer lage Cl-gehalten van minder dan 50 mg.l⁻¹ komen voor. Per polder varieert het gemiddelde gehalte van het bronwater van circa 1.624 mg.l⁻¹ in de Starnmeer en Kamerhop tot circa 87 mg.l⁻¹ in de Bangert (tabel I).

In het kader van het ontwikkelde beheer voor de Schemerboezem c.a. is destijds vastgesteld dat gestreefd dient te worden naar een chloridegehalte in het oppervlaktewater niet hoger dan 250 mg per liter. Op basis daarvan is een onderscheid gemaakt in zoete (<250 mg.l⁻¹) en zoute (>250 mg.l⁻¹) bronnen [Hoogheemraadschap, 1970-1978]. De verdeling van de gasbronnen naar het chloridegehalte is opgenomen in tabel II.

Het diepe grondwater uit de diverse watervoerende lagen verschilt aanzienlijk in kwaliteit. Dit heeft consequenties ten aanzien van de chloridebelasting op het betreffende polderwater, die behalve van de wateropbrengst afhankelijk is van het aantal gas- en koelbronnen dat per polder voorkomt. Bronnen die dicht bij elkaar liggen kunnen zowel de wateropbrengst als het gemiddelde

TABEL II - Verdeling van het aantal gasbronnen naar het chloridegehalte.

| Cl-gehalte in mg per liter | Aantal bronnen | Percentage van totaal |
|----------------------------|----------------|-----------------------|
| Minder dan 250 | 410 | 46,6 |
| Tussen 250 en 500 | 168 | 19,1 |
| Tussen 500 en 1000 | 136 | 15,5 |
| Meer dan 1000 | 165 | 18,8 |
| | 879 | 100,0 |

Cl-gehalte in ongunstige of gunstige zin beïnvloeden.

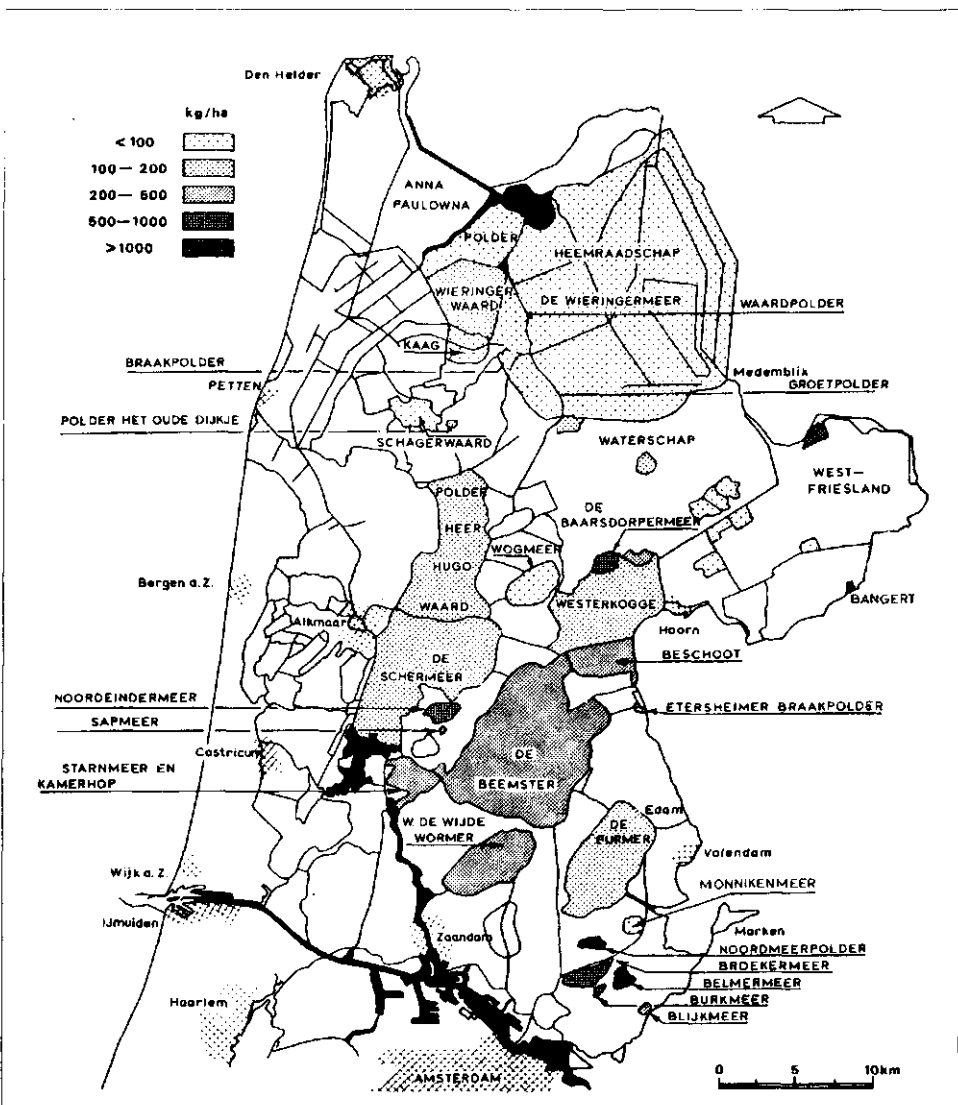
Aan de hand van de debieten en de concentratie is de totale Cl-belasting van de gas- en koelbronnen per polder berekend. De Cl-belasting varieert van circa 550 kg per jaar in de Braakpolder tot circa 3,2 miljoen kg per jaar in de Beemster. In 16 van de circa 38 polders bedraagt de Cl-belasting meer dan 100.000 kg per jaar. De totale belasting van alle gas- en koelbronnen bedraagt circa 9 miljoen kg per jaar. Hiervan wordt 4,4 miljoen kg of 44 % bijgedragen door de Beemster en de Wieringermeer (totale oppervlakte 26.670 ha).

De Cl-belasting per polder loopt uiteen van 7 kg tot 2.566 kg . ha⁻¹ . jaar⁻¹. De totaal gemiddelde belasting over een oppervlakte van 54.000 ha bedraagt circa 166 kg . ha⁻¹ . jaar⁻¹ (zie tabel I en fig. 1).

Stikstofgehalte en -belasting

Het stikstofgehalte dat in het grondwater

| | Cl-gehalte (mg.l ⁻¹) | | | Cl-belasting (kg . jaar ⁻¹) | | | Kjeldahl-N gehalte (mg . l ⁻¹) | Kjeldahl-N belasting (kg . jaar ⁻¹) | | Totaal-P gehalte (mg.l ⁻¹) | Totaal P belasting (kg . jaar ⁻¹) | | |
|------|----------------------------------|-------|-------|---|-----------|-----------|--|---|---------|--|---|--------|--------|
| | zoet | zout | gem. | zoet | zout | totaal | | per ha | totaal | | per ha | totaal | per ha |
| (1) | 80 | 1.266 | 1.072 | 2.312 | 186.981 | 189.293 | 90,4 | 54,5 | 9.625 | 4,6 | 3,5 | 618 | 0,30 |
| (2) | — | 1.474 | 1.474 | — | 423.406 | 423.406 | 2.566,1 | 37,0 | 10.631 | 64,4 | 1,7 | 488 | 2,96 |
| (3) | 130 | 461 | 223 | 112.513 | 155.881 | 268.394 | 370,2 | 13,5 | 16.249 | 22,4 | 2,6 | 3.129 | 4,32 |
| (4) | — | 1.111 | 1.111 | — | 14.594 | 14.594 | 291,9 | 45,0 | 591 | 11,8 | 1,5 | 20 | 0,40 |
| (5) | 151 | — | 151 | 551 | — | 551 | 7,1 | 9,1 | 33 | 0,4 | 2,9 | 11 | 0,14 |
| (6) | — | 711 | 711 | — | 267.881 | 267.881 | 761,0 | 18,5 | 6.969 | 19,8 | 1,7 | 640 | 1,82 |
| (7) | 126 | 888 | 494 | 418.546 | 2.752.505 | 3.171.051 | 446,6 | 23,2 | 148.978 | 21,0 | 3,7 | 23.759 | 3,35 |
| (8) | 103 | — | 103 | 10.372 | — | 10.372 | 220,7 | 43,0 | 4.330 | 92,1 | 8,2 | 826 | 17,57 |
| (9) | 175 | 330 | 219 | 15.330 | 11.554 | 26.884 | 18,9 | 15,5 | 1.901 | 1,3 | 4,4 | 540 | 0,38 |
| (10) | 78 | 1.666 | 1.350 | 5.330 | 459.716 | 465.046 | 123,6 | 16,7 | 5.749 | 1,5 | 2,9 | 998 | 0,27 |
| (11) | — | 424 | 424 | — | 16.714 | 16.714 | 30,3 | 28,8 | 1.135 | 2,1 | 4,1 | 162 | 0,29 |
| (12) | — | 1.065 | 1.065 | — | 3.266 | 3.266 | 23,0 | 3,5 | 11 | 0,1 | 0,3 | 1 | 0,01 |
| (13) | — | 318 | 318 | — | 2.786 | 2.786 | 121,1 | 11,0 | 96 | 4,2 | 2,9 | 25 | 1,09 |
| (14) | 114 | 2.693 | 679 | 19.573 | 129.736 | 149.309 | 888,7 | 32,0 | 7.036 | 41,9 | 4,2 | 923 | 5,49 |
| (15) | — | 981 | 981 | — | 139.099 | 139.099 | 1.043,9 | 11,5 | 1.630 | 12,3 | 1,1 | 156 | 1,17 |
| (16) | 175 | 1.202 | 1.056 | 11.038 | 458.856 | 469.894 | 170,6 | 15,4 | 6.850 | 2,5 | 2,4 | 1.068 | 0,39 |
| (17) | — | 540 | 540 | — | 11.826 | 11.826 | 473,9 | 32,0 | 701 | 28,0 | 4,2 | 92 | 3,68 |
| (18) | — | 575 | 575 | — | 5.037 | 5.037 | 10,0 | 21,0 | 184 | 0,4 | 2,4 | 21 | 0,04 |
| (19) | 122 | 991 | 765 | 22.978 | 529.551 | 552.529 | 116,3 | 13,2 | 9.540 | 2,0 | 2,1 | 1.518 | 0,32 |
| (20) | 250 | 1.855 | 1.624 | 3.504 | 154.373 | 157.877 | 269,9 | 5,5 | 535 | 0,9 | 1,7 | 165 | 0,28 |
| (21) | 150 | 563 | 326 | 52.560 | 145.902 | 198.462 | 927,4 | | | | | | |
| (22) | 141 | 317 | 171 | 222.986 | 111.077 | 334.063 | 115,8 | 13,6 | 40.274 | 8,2 | 2,7 | 7.996 | 1,62 |
| (23) | 129 | 1.509 | 322 | 34.484 | 95.150 | 129.634 | 71,3 | | | | | | |
| (24) | 139 | 607 | 383 | 219.906 | 1.046.772 | 1.266.678 | 64,7 | 8,6 | 28.436 | 1,5 | 1,9 | 6.282 | 0,32 |
| (25) | 191 | 528 | 455 | 26.938 | 268.498 | 649.554 | 35,8 | 28,8 | 18.707 | 10,3 | 4,1 | 2.663 | 1,46 |
| (26) | 106 | 398 | 161 | 35.285 | 30.480 | 65.765 | 96,7 | 13,0 | 5.223 | 7,7 | 2,5 | 1.024 | 1,51 |
| (27) | 185 | 1.239 | 1.079 | 9.237 | 344.712 | 353.949 | 214,5 | 15,5 | 5.086 | 3,1 | 2,6 | 853 | 0,52 |
| | 133 | 845 | 488 | 1.223.443 | 7.766.353 | 8.989.796 | 166,2 | 17,9 | 330.500 | 6,1 | 2,9 | 53.978 | 1,00 |



Afb. 1 - Chloridebelasting van het oppervlaktewater door gas- en koelbronnen in het onderzoeksgebied.

wordt aangetroffen is afkomstig van in de bodem voorkomende veenresten; plaatselijk zijn deze zelfs in dikke lagen aanwezig. Incidenteel zijn in het bronwater zeer hoge N-gehalten (uitgedrukt in Kjeldahl-N) gemeten. De gehalten variëren per polder van gemiddeld 3 tot 54 mg per liter. Het totaal gemiddelde N-gehalte van het bronwater bedraagt circa 18 mg per liter (zie tabel I).

Onder meer voor de eutrofiëring van het oppervlaktewater is een norm gesteld om de hoeveelheid ammonium-stikstof per liter water minder dan 0,3 mg te laten bedragen [Vollenweider, 1968; Leentvaar, 1970].

De N-gehalten die gemeten zijn bevatten alle meer stikstof dan de gestelde norm en de streefwaarden van het IMP. Het uitstromende bronwater verkeert daardoor in polytrofe toestand. Dit veroorzaakt veelal een extra algen- en plantengroei in de poldersloten waarin het bronwater

terecht komt, met als gevolg vuil en troebel water.

Bij een gemiddelde zuurgraad van pH 8,0 en hoger kunnen zich, afhankelijk van de temperatuur van het water, anaëroë situaties voordoen, waarbij de stikstof als ammoniak voorkomt. In verband met de toxiciteit van ammoniak voor vissen dient het gehalte lager te zijn dan 0,2 mg . l⁻¹. De gemiddelde N-gehalten overschrijden de gestelde norm van 0,2 mg in aanzienlijke mate. Als gevolg hiervan wordt in het oppervlaktewater van Noord-Holland vrij veel vissterfte waargenomen [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1975].

De gas- en koelbronnen leveren gezamenlijk ruim 330.000 kg stikstof per jaar. Per polder loopt de N-belasting uiteen van circa 0,1 kg tot circa 92 kg . ha⁻¹ . jaar⁻¹. Over een oppervlakte van 54.000 ha is dat gemiddeld 6,1 kg . ha⁻¹ . jaar⁻¹ (zie tabel I).

Fosfaatgehalte en -belasting

Behalve stikstof bevat het gas- en koelbronwater ook fosfaat. De gehalten aan totaal-fosfaat lopen voor de betreffende polders uiteen van gemiddeld 0,3 tot 8,2 mg per liter. Het gemiddelde totaal P-gehalte bedraagt circa 2,9 mg per liter. Het blijkt dat de totaal P-gehalten van het bronwater vele malen hoger liggen dan de norm van 0,01 tot 0,03 mg . l⁻¹ die moet worden nagestreefd om toenemende eutrofiëring te voorkomen [Vollenweider, 1968; Leentvaar, 1970].

De streefwaarde van het IMP namelijk 0,05 mg per liter totaal-P, wordt eveneens door vrijwel alle bronnen ruimschoots overschreden. Ook door te hoge totaal P-gehalten is het bronwater polytroof en wordt het oppervlaktewater verontreinigd als gevolg van toenemende algen- en plantengroei. Gezamenlijk leveren de gas- en koelbronnen circa 54.000 kg totaal-P per jaar. De belasting loopt voor de verschillende polders sterk uiteen, namelijk van 0,01 tot 17,6 kg . ha⁻¹ . jaar⁻¹. De gemiddelde totaal P-belasting bedraagt 1,0 kg . ha⁻¹ . jaar⁻¹ (zie tabel I).

Literatuur

Commissie Watervoorziening. 1977. *Commissie Watervoorziening Noord-Holland Benoorden het Noordzeekanaal*.
 Hoogheemraadschap. 1970-1978. *Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland. Jaarverslagen en interne rapporten van Technische Dienst*.
 Leentvaar, P. 1970. *Het probleem van de eutrofiëring*. H₂O 3, 5.
 Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 1975. *De bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater*. Indicatief meerjarenprogramma 1975-1979.
 Nederlandse Vereniging. 1950. *Nederlandse Vereniging tegen Water-, Bodem- en Luchtverontreiniging. Gasbronnen*. Map 8.
 Provinciaal blad van Noord-Holland. 1964. *Besluit nr. 13 van Gedeputeerde Staten*.
 Provinciaal blad van Noord-Holland. 1967. *Besluit nr. 35 van Gedeputeerde Staten*.
 Toussaint, C. G. en Boogaard, T. 1978. *Werkgroep Noord-Holland II. Chloride-, stikstof- en fosfaatbelasting van polderwater door gas- en koelbronnen*. Nota ICW 1061.
 Vollenweider, R. A. 1968. *Scientific fundaments of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. OECD-Report.

