



in class
9

CENTRUM VOOR DE STUDIE VAN WATER, BODEM EN LUCHT v.z.w.

DESKUNDIG RAPPORT VOOR DE BOUW
VAN EEN NIEUWE WATERVANG EN VOOR
DE LOZING VAN EEN GROTERE
HOEVEELHEID KOELWATER DOOR DE EENHEDEN
VAN DE KERNCENTRALE DOEL (N.V. EBES)

STUDIE VAN DE INVLOED VAN DE LOZINGEN
VAN HET KOELWATER OP HET SCHELDEWATER

**DESKUNDIG RAPPORT VOOR DE BOUW
VAN EEN NIEUWE WATERVANG EN VOOR
DE LOZING VAN EEN GROTERE
HOEVEELHEID KOELWATER DOOR DE EENHEDEN
VAN DE KERNCENTRALE DOEL (N.V. EBES)**

**STUDIE VAN DE INVLOED VAN DE LOZINGEN
VAN HET KOELWATER OP HET SCHELDEWATER**

Onderzoek uitgevoerd door :

BECEWA
Centrum voor de Studie van Water,
Bodem en Lucht

Studie en rapport : **M. VERCRUYSSSE**

Medewerkers : **C. RUYSSCHAERT**
P. VUYGE

Onder toezicht van :

Prof. ir. F. VANMASSENHOVE
Seminarie van Wiskundige Analyse
en Kernenergietechniek

Prof. Dr. W. DE BREUCK
Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie

INHOUD

=====

blz.

1. Inleiding	9
2. Hoeveelheid en kwaliteit van het koelwater	10
2.1. Hoeveelheid	10
2.2. Kwaliteit	18
2.2.1. Staalname	18
2.2.2. Analyseresultaten	20
2.2.3. Interpretatie van de resultaten	28
2.2.3.1. Opgeloste zuurstof	28
2.2.3.2. Temperatuur	32
2.2.3.3. Geleidbaarheid	35
2.2.3.4. Zuurtegraad	35
2.2.3.5. Chloriden	35
2.2.3.6. Chemisch en biochemisch zuurstofverbruik	39
2.2.3.7. Stikstofverbindingen	39
2.2.3.8. Anionische detergenten	42
2.2.3.9. Oliën en vetten	42
2.2.3.10. Totale hardheid, calcium en magnesium	42
2.2.3.11. Sulfaat	42
2.2.3.12. Natrium	44
2.2.3.13. Kalium	44
2.2.3.14. Fluor, ijzer en mangaan	44
2.2.3.15. Bacteriologie	47
3. Onderzoek op het Scheldewater	48
3.1. Debiet	48
3.2. Staalname	50
3.3. Kwaliteit	57
3.3.1. Dwarsprofielen over de volledige breedte van de Schelde	58
3.3.1.1. Metingen één meter onder het wateroppervlak	58
3.3.1.1.1. Analyseresultaten	58
3.3.1.1.2. Opgeloste zuurstof	67

3.3.1.1.3. Temperatuur	71
3.3.1.1.4. Geleidbaarheid	76
3.3.1.1.5. Zuurtegraad	78
3.3.1.1.6. Chloriden	79
3.3.1.1.7. Chemisch zuurstofverbruik	80
3.3.1.1.8. Ammoniakale stikstof	81
3.3.1.1.9. Nitriet-stikstof	82
3.3.1.2. Metingen in de diepte	82
3.3.1.2.1. Meetpunt A4	83
3.3.1.2.2. Meetpunt B2	86
3.3.1.2.3. Meetpunt C3	89
3.3.1.2.4. Meetpunt F3	91
3.3.2. Metingen binnen de strekdam op 15.02.88	93
3.3.2.1. Metingen één meter onder het wateroppervlak	93
3.3.2.1.1. Analyseresultaten	93
3.3.2.1.2. Opgeloste zuurstof	93
3.3.2.1.3. Temperatuur	103
3.3.2.1.4. Geleidbaarheid	109
3.3.2.1.5. Zuurtegraad	110
3.3.2.1.6. Chloriden	110
3.3.2.1.7. Chemisch zuurstofverbruik	111
3.3.2.1.8. Ammoniakale stikstof	111
3.3.2.1.9. Nitriet-stikstof	112
3.3.2.2. Metingen in de diepte	113
3.3.2.2.1. Meetpunt C1	113
3.3.2.2.2. Meetpunt D2	114
3.3.2.2.3. Meetpunt E1	115
3.3.3. Metingen in de lengterichting vanop de linkeroever	117
4. Mogelijke alternatieven voor de lozing	122
5. Het te verwachten effect van de gewijzigde lozing op het Scheldewater	123
6. Algemeen besluit	127

LIJST VAN DE FIGUREN

- =====
- Fig. 1. Inplantingsplaats van de bestaande watervang, het lozingspunt en de nieuw te bouwen watervang
 - Fig. 2. Koelwatercircuit voor de huidige installatie
 - Fig. 3. Overzicht van de bestaande koelwaterkringloop
 - Fig. 4. Koelwatercircuit na de konstruktie van de nieuwe watervang
 - Fig. 5. Doorsnede van de nieuw te bouwen watervang en toevoerleiding
 - Fig. 6. Verloop van het zuurstofgehalte tussen de opname en de lozing van het koelwater
 - Fig. 7. Verloop van de temperatuur tussen de opname en lozing van het koelwater
 - Fig. 8. Geleidbaarheid van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 9. Zuurtegraad van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 10. Chloridgehalte van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 11. Ammoniakale stikstof van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 12. Nitriet-stikstof van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 13. Sulfaatgehalte van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 14. Natriumkoncentratie van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 15. Kaliumkoncentratie van het opgenomen en geloosde koelwater
 - Fig. 16. Getijdedebieten van de Schelde ter hoogte van Doel
 - Fig. 17. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel A bij vier verschillende getijden

- Fig. 18. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel B bij vier verschillende getijden
- Fig. 19. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel C bij vier verschillende getijden
- Fig. 20. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel F bij vier verschillende getijden
- Fig. 21. Gemiddelde concentratie aan opgeloste zuurstof per dwarsprofiel en per getijde
- Fig. 22. Temperatuur in het dwarsprofiel A bij vier verschillende getijden
- Fig. 23. Temperatuur in het dwarsprofiel B bij vier verschillende getijden
- Fig. 24. Temperatuur in het dwarsprofiel C bij vier verschillende getijden
- Fig. 25. Temperatuur in het dwarsprofiel F bij vier verschillende getijden
- Fig. 26. Gemiddelde temperatuur per dwarsprofiel en per getijde
- Fig. 27. Gemiddelde geleidbaarheid per dwarsprofiel en per getijde
- Fig. 28. Verloop van de temperatuur in de diepte in meetpunt B2 bij half tij-vloed en hoog tij
- Fig. 29. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel C binnen de strekdam bij drie verschillende getijden
- Fig. 30. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel D binnen de strekdam bij drie verschillende getijden
- Fig. 31. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel E binnen de strekdam bij drie verschillende getijden
- Fig. 32. Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel F binnen de strekdam bij drie verschillende getijden
- Fig. 33. Gemiddelde concentratie aan opgeloste zuurstof per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Fig. 34. Temperatuur in het dwarsprofiel C binnen de strekdam bij drie verschillende getijden

- Fig. 35. Temperatuur in het dwarsprofiel D binnen de strekdam bij drie verschillende getijden
- Fig. 36. Temperatuur in het dwarsprofiel E binnen de strekdam bij drie verschillende getijden
- Fig. 37. Temperatuur in het dwarsprofiel F binnen de strekdam bij drie verschillende getijden
- Fig. 38. Gemiddelde temperatuur per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Fig. 39. Verloop van de temperatuur in de dwarsprofielen C en D binnen de strekdam bij een toenemende afstand van de linkeroever
- Fig. 40. Verloop van de temperatuur in de lengterichting aan de linkeroever vlak vóór hoog tij
- Fig. 41. Verloop van de temperatuur in de lengterichting aan de linkeroever vlak ná hoog tij

LIJST VAN DE TABELLEN

=====

- Tabel 1. Verbruik van koelwater door Doel 1 (idem Doel 2) en delta T aan de condensors in funktie van de Scheldewatertemperatuur
- Tabel 2. Kwaliteit van het opgenomen koelwater
- Tabel 3. Kwaliteit van het geloosde koelwater
- Tabel 4. Vermogen van de vier eenheden van de kerncentrale op de verschillende staalnamedagen
- Tabel 5. Opgeloste zuurstof aan de steiger voor de watervang op verschillende diepten
- Tabel 6. Opgeloste zuurstof aan de balustrade van de watervang, aan de trommelfilter en aan de ingang van de condensor
- Tabel 7. Opgeloste zuurstof in het lozingspaviljoen en aan het lozingspunt
- Tabel 8. Temperatuur van het water aan de balustrade van de watervang, aan de trommelfilter en aan de ingang van de condensor
- Tabel 9. Temperatuur van het water aan het lozingspaviljoen en aan het lozingspunt
- Tabel 10. X en Y coördinaten van de bemonsterde meetpunten en de afstand van de linkeroever
- Tabel 11. Analyseresultaten van het dwarsprofiel A bij vier verschillende getijden
- Tabel 12. Analyseresultaten van het dwarsprofiel B bij vier verschillende getijden
- Tabel 13. Analyseresultaten van het dwarsprofiel C bij vier verschillende getijden
- Tabel 14. Analyseresultaten van het dwarsprofiel D bij vier verschillende getijden
- Tabel 15. Analyseresultaten van de verschillende dwarsprofielen bij laag tij
- Tabel 16. Analyseresultaten van de verschillende dwarsprofielen bij half tij-vloed

- Tabel 17. Analyseresultaten van de verschillende dwarsprofielen bij hoog tij
- Tabel 18. Analyseresultaten van de verschillende dwarsprofielen bij half tij-eb
- Tabel 19. Gemiddelde concentratie opgeloste zuurstof per dwarsprofiel en per getijde
- Tabel 20. Gemiddelde temperatuur per dwarsprofiel en per getijde
- Tabel 21. Gemiddelde geleidbaarheid per dwarsprofiel en per getijde
- Tabel 22. Gemiddeld chloridegehalte per dwarsprofiel en per getijde
- Tabel 23. Gemiddelde COD per dwarsprofiel en per getijde
- Tabel 24. Gemiddelde concentratie ammoniakale stikstof per dwarsprofiel en per getijde
- Tabel 25. Gemiddelde concentratie nitriet-stikstof per dwarsprofiel en per getijde
- Tabel 26. Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt A4 bij vier verschillende getijden
- Tabel 27. Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt B2 bij vier verschillende getijden
- Tabel 28. Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt C3 bij drie verschillende getijden
- Tabel 29. Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt F3 bij vier verschillende getijden
- Tabel 30. Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij half tij-vloed
- Tabel 31. Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij hoog tij
- Tabel 32. Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij half tij-eb
- Tabel 33. Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij half tij-vloed
- Tabel 34. Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij hoog tij

- Tabel 35. Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij half tij-eb
- Tabel 36. Gemiddelde concentratie opgeloste zuurstof per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Tabel 37. Gemiddelde temperatuur per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Tabel 38. Verloop van de temperatuur in de dwarsprofielen C en D binnen de strekdam bij een toenemende afstand van de linkeroever
- Tabel 39. Gemiddelde geleidbaarheid per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Tabel 40. Gemiddelde COD per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Tabel 41. Gemiddelde concentratie ammoniakale stikstof per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Tabel 42. Gemiddelde concentratie nitriet-stikstof per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde
- Tabel 43. Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt C1
- Tabel 44. Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt D2
- Tabel 45. Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt E1
- Tabel 46. Verloop van de temperatuur in de lengterichting aan de linkeroever vóór hoog tij
- Tabel 47. Verloop van de temperatuur in de lengterichting aan de linkeroever vlak na hoog tij
- Tabel 48. Scheldewatertemperatuur, totale lozingswarmte, lozingstemperatuur en temperatuurstoename van het koelwater per maand bij de huidige situatie
- Tabel 49. Scheldewatertemperatuur, totale lozingswarmte, lozingstemperatuur en temperatuurstoename van het koelwater per maand bij de nieuwe situatie

1. INLEIDING

=====

Door de N.V. EBES wordt te Doel elektriciteit geproduceerd in vier kerncentrales genoemd Doel 1, 2, 3 en 4. Doel 1 en 2 werken met een open koelwatercircuit, terwijl Doel 3 en 4 een gesloten koelwatercircuit hebben. Een gedeelte van het koelwater van Doel 1 en 2 wordt gebruikt ter aanvulling van het spuiwater in Doel 3 en 4.

Het rendement van Doel 3 en 4 kan opgedreven worden door deze centrales te voeden met vers Scheldewater en dit ter vervanging van het reeds opgewarmde koelwater afkomstig van Doel 1 en 2. De verwezenlijking ervan vergt de konstruktie van een nieuwe watervang en de hoeveelheid opgenomen koelwater zal praktisch verdubbelen.

Deze studie heeft als doel ten eerste het verschil in kwaliteit van het opgenomen en geloosde koelwater na te gaan en ten tweede de invloed van de lozing op de Schelde te bestuderen. Eveneens worden de mogelijke alternatieven voor de lozing en het te verwachten effect op het Scheldewater van de gewijzigde lozing bestudeerd.

2. HOEVEELHEID EN KWALITEIT VAN HET KOELWATER

2.1. HOEVEELHEID

Het koelwater dienende voor de afkoeling van de condensors van Doel 1, 2, 3 en 4 wordt gewonnen uit de Schelde. Aan de watervang die gebouwd is in de Schelde zijn er vier inlaatopeningen van 2,6 m breedte en 3,5 m hoogte. Het water wordt door een trommelfilter ontdaan van grove bestanddelen. Via twee bovengrondse leidingen wordt het water aangevoerd naar de kerncentrales. De inplantingsplaats van de bestaande watervang, het lozingspunt en de nieuw te bouwen watervang is aangetoond in fig. 1.

Doel 1 en 2 werken met een open koelwatercircuit en verbruiken afhankelijk van de Scheldewatertemperatuur en het Scheldepeil elk 41.000 à 52.000 m³ per uur. Vooral de Scheldetemperatuur is belangrijk. In tabel 1 is het verbruik voor verschillende Scheldetemperaturen opgegeven evenals delta T aan de condensors.

Doel 3 en 4 werken met een gesloten koelcircuit en beschikken elk over een koeltoren. Het koelwatercircuit voor de bestaande situatie is aangetoond in fig. 2 en 3.

Van Doel 1 wordt 50 % van het koelwater na doorgang van de condensor afgevoerd naar het lozingspaviljoen terwijl de andere 50 % afgevoerd wordt naar Doel 4 en dienst doet als spuiwater. Van Doel 4 wordt er uiteindelijk 20.500 à 26.000 m³ koelwater per uur, verminderd met de verdampingsverliezen, afgevoerd naar het lozingspaviljoen. De verdampingsverliezen zijn afhankelijk van de temperatuur en liggen normaal tussen de 0,9 en 1,3 % terwijl de uiterste waarden max. 0,2-2,4 % zijn. Er

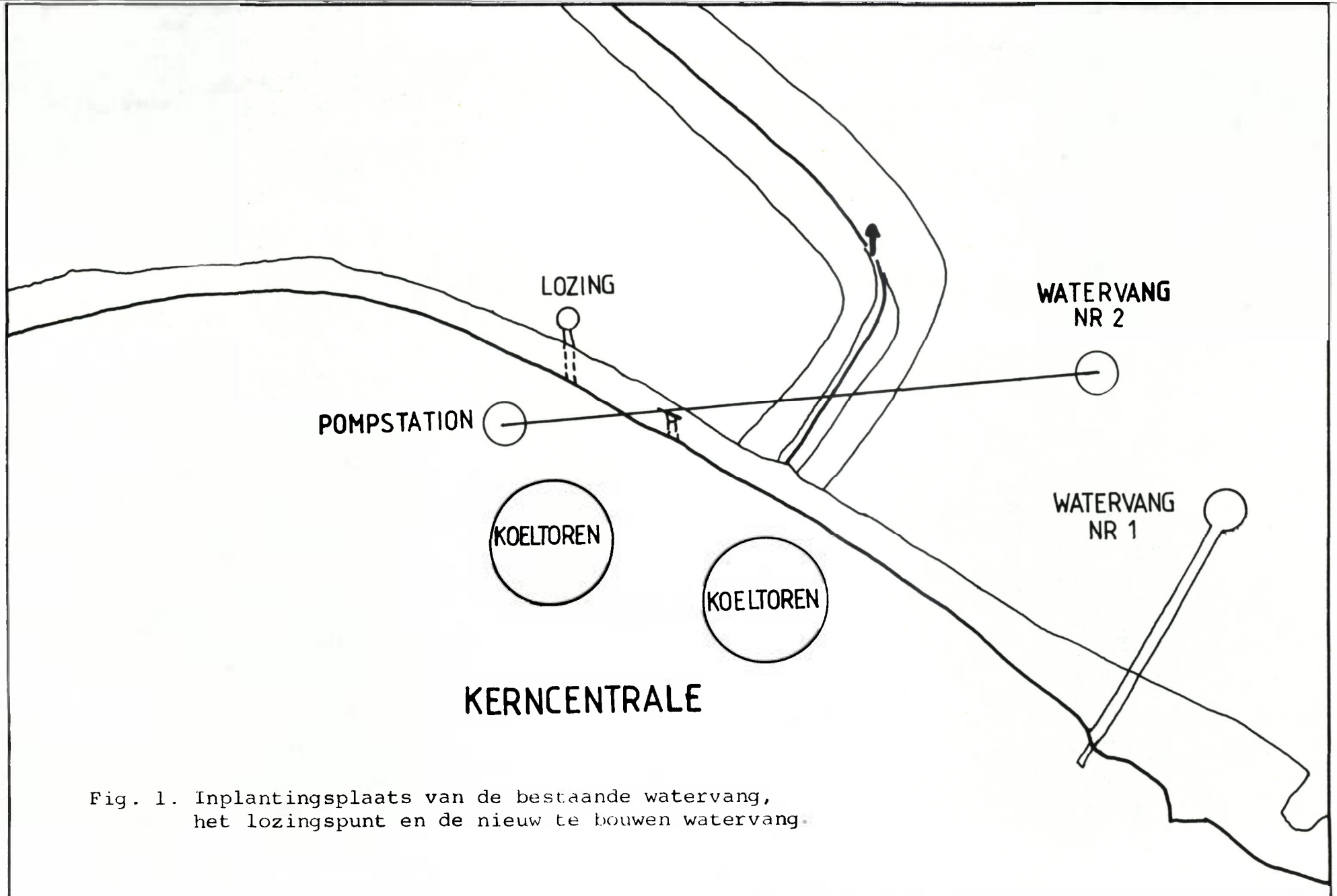


Fig. 1. Inplantingsplaats van de bestaande watervang,
het lozingspunt en de nieuw te bouwen watervang.

dient opgemerkt te worden dat van de 20.500 à 26 000 m³ koelwater afgevoerd naar Doel 4 er 1.200 m³ per uur niet door de koeltoren gaat maar gebruikt wordt voor nevenkoelingen en vervolgens geloosd wordt in het lozingspaviljoen. Van Doel 2 wordt er eveneens 50 % rechtstreeks afgevoerd naar het lozingspaviljoen terwijl de andere 50 % gebruikt wordt als spuiwater voor Doel 3. Het verloop van het koelwatercircuit is voor Doel 3, uitgezonderd het recirculatiedebiet, gelijk aan dit van Doel 4.

Tabel 1: Verbruik van koelwater door Doel 1 (idem Doel 2) en delta T aan de condensors in funktie van de Scheldewatertemperatuur

Scheldewatertemperatuur °C	Koelwater m ³ /h	Delta T condensors
2	41.000	16
4	41.000	16
6	43.000	15
8	44.000	15
10	48.000	14
12	52.000	13
14	52.000	13
16	52.000	13
18	52.000	13
20	52.000	13
22	52.000	13

Het voorziene koelwatercircuit na het gebruik van de nieuwe watervang is voorgesteld in fig. 4. Een doorsnede van de nieuw te bouwen watervang en toevoerleiding is

aangetoond in fig. 5. Doel 1 en 2 zal met dezelfde debieten bevoorraad blijven door de bestaande watervang, doch na doorgang van de condensors zal de volledige hoeveelheid koelwater, zonder doorgang van de koeltorens, rechtstreeks afgevoerd worden naar het lozingspaviljoen.

Doel 3 en 4 zal ter aanvulling van het spuiwater bevoorraad worden door de nieuwe watervang. De nieuwe watervang zal 85.000 m³ Scheldewater per uur opnemen. Naar Doel 3 en 4 wordt er elk 40.000 m³ per uur aangevoerd terwijl de resterende 5.000 m³ per uur zal gebruikt worden voor bijkoelingen. Na doorgang van het koelcircuit zal er terug 85.000 m³, verminderd met de verdampingsverliezen, geloosd worden.

Als besluit kan gesteld worden dat de huidige installatie 82.000 à 104.000 m³ koelwater per uur loost waarvan ongeveer de helft rechtstreeks geloosd wordt na doorgang van Doel 1 en 2 en de andere helft geloosd wordt na doorgang van de koeltorens van Doel 3 en 4. De temperatuur van het rechtstreeks geloosde water is het hoogst. Na de ingebruikname van de nieuwe watervang zal er 167.000 à 189.000 m³ koelwater, verminderd met de verdampingsverliezen, geloosd worden. Enerzijds is er een verdubbelde hoeveelheid van het warmere koelwater van Doel 1 en 2 en anderzijds is er een verdubbeling van het koelwater van Doel 3 en 4 dat een lagere temperatuur zal hebben ten opzichte van de huidige lozing.

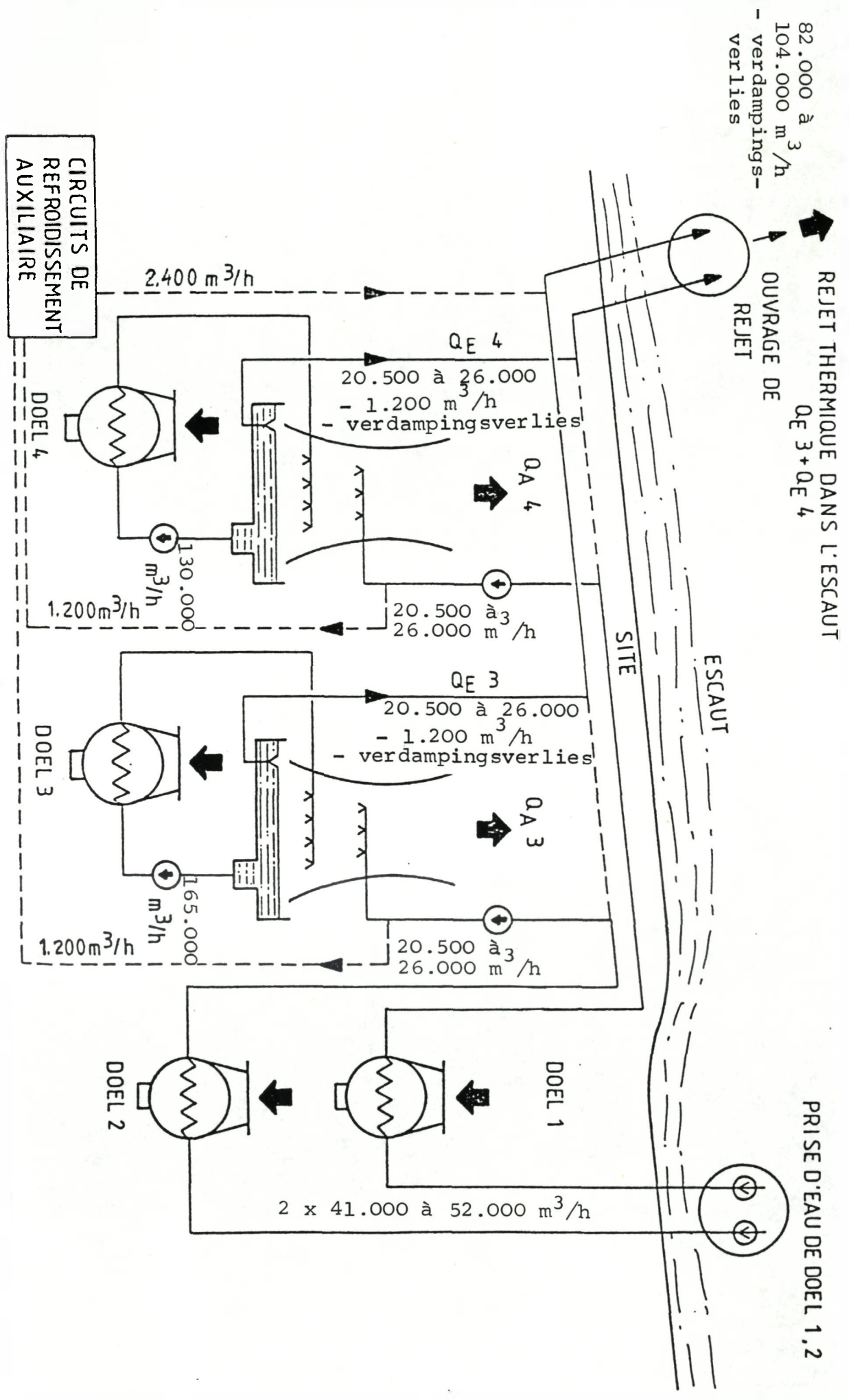


Fig. 2. Koelwatercircuit bij de huidige installatie.

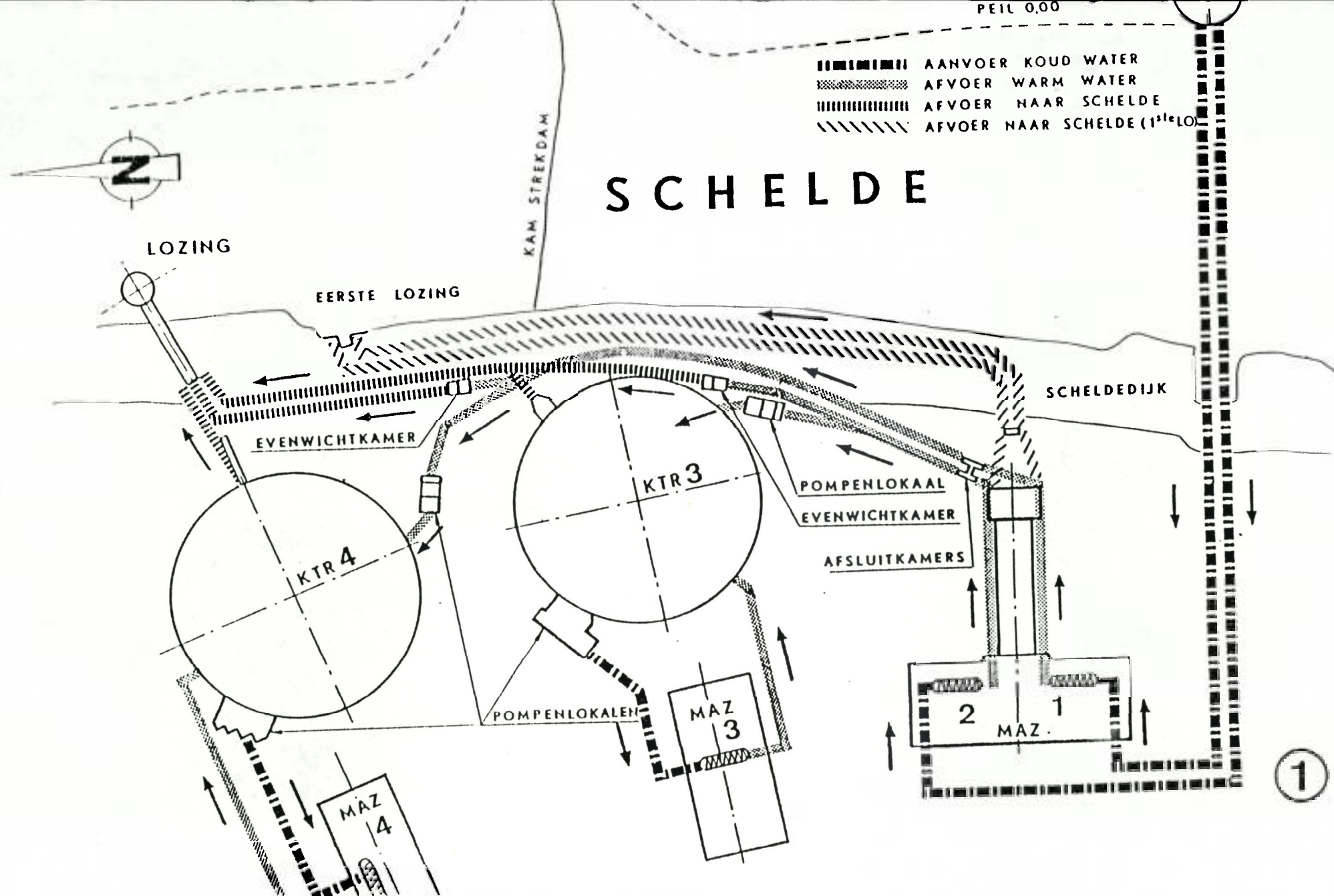


Fig. 3. Overzicht van de bestaande koelwaterkringloop.

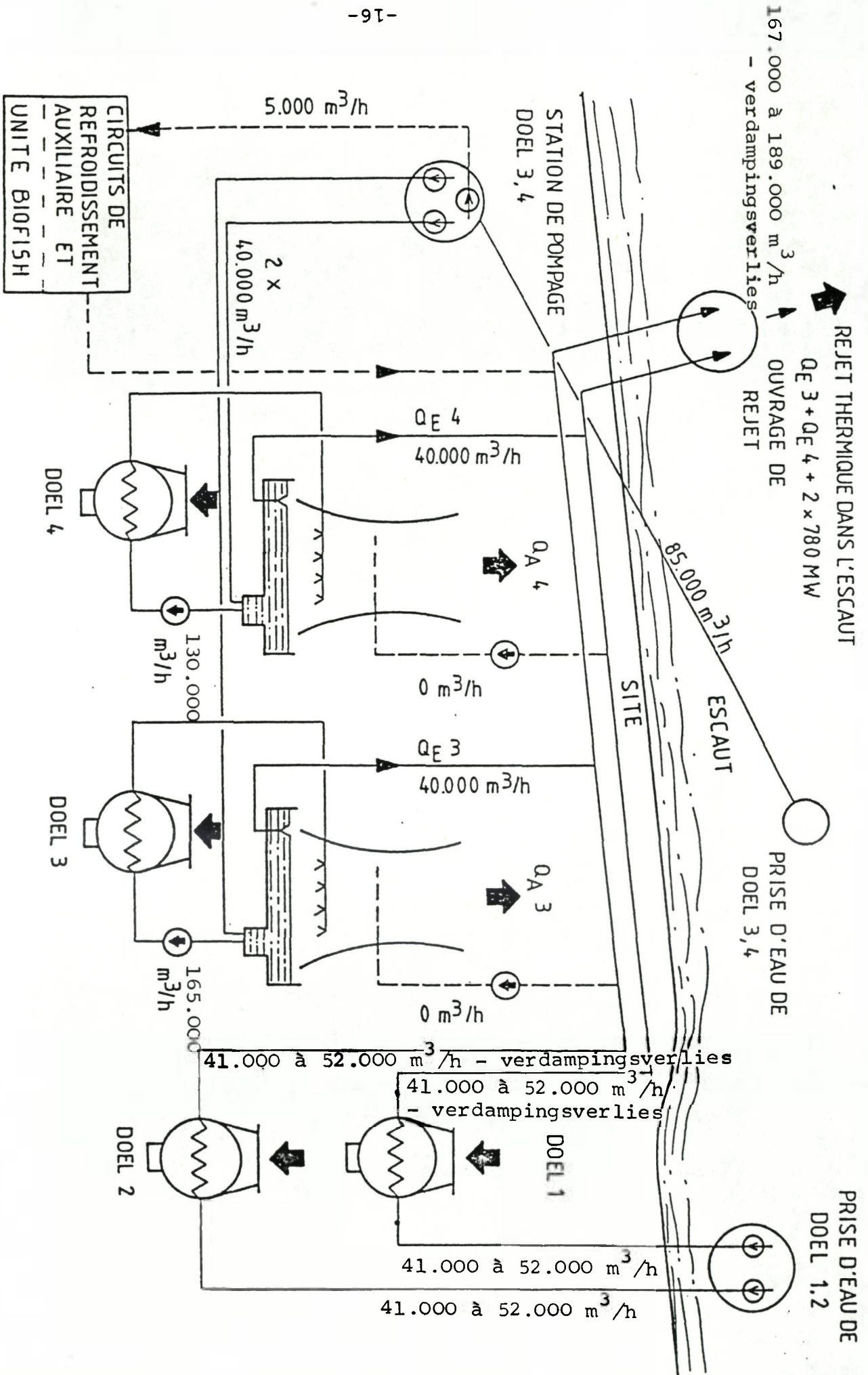


Fig. 4. Koelwatercircuit na de konstruktie van de nieuwe watervang.

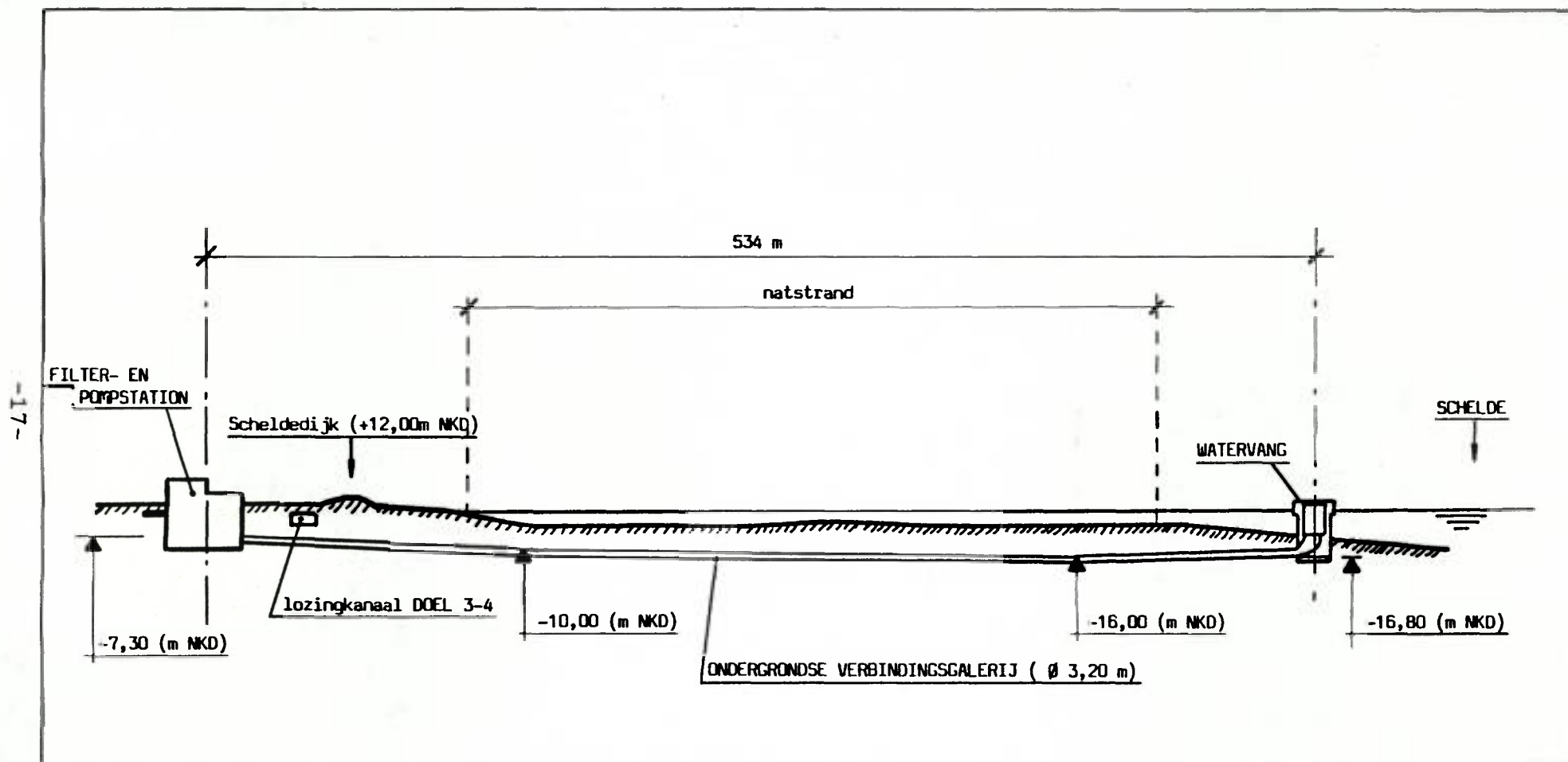


Fig. 5. Doorsnede van de nieuw te bouwen watervang en toevoerleiding.

2.2. KWALITEIT

2.2.1. STAALNAME

Teneinde het kwaliteitsverschil te bepalen tussen het opgenomen en geloosde koelwater werden er op 10 verschillende data stalen opgenomen enerzijds aan de ingang van de condensors van Doel 1 en 2 en anderzijds aan het lozingspunt. De staalname werd uitgevoerd op 03.02.88, 08.02.88, 11.02.88, 17.02.88, 22.02.88, 25.02.88, 29.02.88, 07.03.88, 11.03.88 en 21.03.88. Op het totaal van 20 stalen (10 van het opgenomen en 10 van het geloosde koelwater) werden volgende analyses uitgevoerd: temperatuur (28 stalen), opgeloste zuurstof (66 stalen), geleidbaarheid, zuurtegraad, chloriden, chemisch zuurstofverbruik, ortho-fosfaat, ammoniakale stikstof, nitriet-stikstof, sulfaat, natrium en kalium.

Op 10 stalen (5 van het opgenomen en 5 van het geloosde koelwater) werden volgende parameters bepaald: zwevende stoffen, bezinkbare stoffen (14 stalen), totale hardheid, calcium en magnesium (6 stalen).

Op 6 stalen (3 van het opgenomen en 3 van het geloosde koelwater) werden volgende parameters bepaald: biochemisch zuurstofverbruik, anionische detergents, kjeldahl-stikstof, TAP (8 stalen), TAM (8 stalen), fluor, ijzer en mangaan.

Op 2 stalen (1 van het opgenomen en 1 van het geloosde koelwater) werden bepaald: oliën en vetten, totaal aantal bacteriën, E. coli en fekale streptococci.

De meting van de temperatuur en opgeloste zuurstof werd ter plaatse uitgevoerd. Bij aankomst in het

laboratorium werden de analyses onmiddellijk aangevat of de nodige conserveringsmiddelen werden toegevoegd.

Voor het gehalte aan opgeloste zuurstof en de temperatuur werd er tijdens de 10 prospekties, ter plaatse, uitgebreidere metingen uitgevoerd dan voorzien. Voor het opgenomen koelwater werden er metingen uitgevoerd aan de steiger (vóór de watervang), op de balustrade van de watervang, 5 m vóór de ingang van de trommelfilter, aan de ingang van de trommelfilter (trap) en aan de ingang van de condensor van Doel 1. Voor het geloosde koelwater werden er metingen uitgevoerd in het lozingspaviljoen en op het lozingspunt zelf.

2.2.2. ANALYSERESULTATEN

De resultaten van de analyses van het opgenomen koelwater zijn weergegeven in tabellen 2 en deze van het geloosde koelwater in tabel 3.

Alhoewel er hier telkens gesproken wordt over geloosde koelwater dient er opgemerkt te worden dat ook andere afvalwaterstromen zoals sanitair en industrieel afvalwater gedeeltelijk met het koelwater geloosd worden. De debieten van deze laatste zijn echter gering.

Het brutovermogen van de kerncentrale is voor de verschillende staalnamedagen opgegeven in tabel 4.

Tabel 2a: Kwaliteit van het opgenomen koelwater

Parameter	Eenheid				
Monstername	datum	03.02.88	08.02.88	11.02.88	17.02.88
Monstername	uur	15h30	16h00	14h30	15h45
Geleidbaarh.	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1260	1162	734	2600
pH	-	7,25	7,63	7,48	7,57
Cl	mg/l	499	406	155	1045
COD	mg O ₂ /l	162	106	61	67
BOD	mg O ₂ /l	-	-	9	-
O-PO ₄	mg/l	0,968	0,880	0,702	1,417
NH ₃ -N	mg/l	0,460	2,216	2,731	1,773
NO ₂ -N	mg/l	0,038	0,028	0,062	0,060
Kjeldahl-N	mg/l	-	-	5,12	-
Bez. stoffen	mg/l	3,5	3,0	0,8	-
Zw. st. 105 °C	mg/l	-	-	168	-
Anion. deterg.	mg/l	-	-	0,174	-
Oliën + vetten	mg/l	-	-	-	-
Tot. hardheid	°F	-	-	32,84	-
Ca	°F	-	-	26,36	-
Ca	mg/l	-	-	105,60	-
Mg	mg/l	-	-	15,36	-
TAP	°F	0	-	0	-
TAM	°F	17,00	-	17,60	-
HCO ₃	mg/l	207,4	-	214,7	-
HCO ₃	meq/l	3,400	-	3,520	-
CO ₃	mg/l	0	-	0	-
CO ₃	meq/l	0	-	0	-
SO ₄	mg/l	155	123	105	224
Na	mg/l	277	235	116	559
K	mg/l	19,56	17,78	12,96	31,34
F	mg/l	-	-	0,55	-
Fe	mg/l	-	-	0,924	-
Mn	mg/l	-	-	0,063	-

Tabel 2b.

Parameter	Eenheid				
Monstername	datum	22.02.88	25.02.88	29.02.88	07.03.88
Monstername	uur	14h45	15h30	15h30	15h45
Geleidbaarh.	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1454	1707	4550	1621
pH	-	7,49	7,51	7,76	7,58
Cl	mg/l	593	737	2037	683
COD	$\text{mg O}_2/\text{l}$	66	87	70	86
BOD	$\text{mg O}_2/\text{l}$	-	27	-	18
O-PO4	mg/l	0,733	0,728	1,027	1,072
NH3-N	mg/l	2,520	2,270	1,570	4,107
NO2-N	mg/l	0,039	0,046	0,033	0,029
Kjeldahl-N	mg/l	-	7,11	-	15,87
Bez. stoffen	mg/l	-	0,9	0,3	1,0
Zw. st. 105 °C	mg/l	-	182	51	224
Anion. deterg.	mg/l	-	0,197	-	0,072
Oliën + vetten	mg/l	-	-	-	8,72
Tot. hardheid	°F	-	53,07	93,56	54,32
Ca	°F	-	31,31	35,82	33,47
Ca	mg/l	-	125,43	143,50	134,08
Mg	mg/l	-	51,66	-	50,44
TAP	°F	-	0	-	0
TAM	°F	-	17,90	-	18,90
HCO3	mg/l	-	218,38	-	230,58
HCO3	meq/l	-	3,580	-	3,780
CO3	mg/l	-	0	-	0
CO3	meq/l	-	0	-	0
SO4	mg/l	187	203	380	189
Na	mg/l	316	392	1079	395
K	mg/l	20,20	22,43	28,03	23,91
F	mg/l	-	0,76	-	0,62
Fe	mg/l	-	2,89	-	0,614
Mn	mg/l	-	0,120	-	0,223

Tabel 2c.

Parameter	Eenheid	Gemiddelde		
Monstername	datum	11.03.88	21.03.88	-
Monstername	uur	09h30	14h30	-
Geleidbaarh.	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2620	1433	1914
pH	-	7,41	7,50	7,52
Cl	mg/l	1163,3	594,7	791,3
COD	mg O ₂ /l	60	96	86
BOD	mg O ₂ /l	-	-	18
O-PO ₄	mg/l	0,971	0,777	0,928
NH ₃ -N	mg/l	2,397	5,136	2,518
NO ₂ -N	mg/l	0,031	0,041	0,041
Kjeldahl-N	mg/l	-	-	9,37
Bez. stoffen	mg/l	-	1,6	1,59
Zw. st. 105 °C	mg/l	-	217	169
Anion. deterg.	mg/l	-	-	0,186
Oliën + vetten	mg/l	-	-	8,72
Tot. hardheid	°F	-	45,29	55,82
Ca	°F	-	27,22	30,84
Ca	mg/l	-	109,04	123,53
Mg	mg/l	-	-	39,153
TAP	°F	-	-	0
TAM	°F	-	-	17,85
HCO ₃	mg/l	-	-	217,77
HCO ₃	meq/l	-	-	3,57
CO ₃	mg/l	-	-	0
CO ₃	meq/l	-	-	0
SO ₄	mg/l	244	178	198
Na	mg/l	639	334	434
K	mg/l	32,61	20,63	22,95
F	mg/l	-	-	0,64
Fe	mg/l	-	-	1,48
Mn	mg/l	-	-	0,135
Tot. kiemgetal	/ml	-	1395	-
Coliformen	/100ml	-	>10.000	-
E. coli	/100ml	-	>10.000	-
Fek. streptococcen	/100ml	-	500	-

Tabel 3a: Kwaliteit van het geloosde koelwater

Parameter	Eenheid				
Monstername	datum	03.02.88	08.03.88	11.02.88	17.02.88
Monstername	uur	16h30	17h00	15h00	16h15
Geleidbaarh.	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1239	1147	836	2460
pH	-	7,61	7,96	8,23	8,14
Cl	mg/l	454	391	200	944
COD	$\text{mg O}_2/\text{l}$	129	113	56	38
BOD	$\text{mg O}_2/\text{l}$	-	-	11	-
O-PO ₄	mg/l	0,935	0,740	0,872	0,980
NH ₃ -N	mg/l	0,679	0,604	1,685	0,686
NO ₂ -N	mg/l	0,017	0,063	0,161	0,240
Kjeldahl-N	mg/l	-	-	2,34	-
Bez. stoffen	mg/l	0,8	1,4	1,1	-
Zw. st. 105 °C	mg/l	-	-	164	-
Anion. deterg.	mg/l	-	-	0,408	-
Oliën + vetten	mg/l	-	-	-	-
Tot. hardheid	°F	-	-	35,27	-
Ca	°F	-	-	26,99	-
Ca	mg/l	-	-	108,12	-
Mg	mg/l	-	-	19,56	-
TAP	°F	0	-	0	-
TAM	°F	16,35	-	17,55	-
HCO ₃	mg/l	199,47	-	214,11	-
HCO ₃	meq/l	3,270	-	3,510	-
CO ₃	mg/l	0	-	0	-
CO ₃	meq/l	0	-	0	-
SO ₄	mg/l	146	114	120	227
Na	mg/l	260	227	91	497
K	mg/l	19,81	18,24	13,90	26,87
F	mg/l	-	-	0,39	-
Fe	mg/l	-	-	1,312	-
Mn	mg/l	-	-	0,065	-

Tabel 3b.

Parameter	Eenheid				
Monstername	datum	22.02.88	25.02.88	29.02.88	07.03.88
Monstername	uur	15h15	14h45	14h45	15h15
Geleidbaarh.	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1505	2820	4210	1812
pH	-	7,83	8,01	8,09	7,90
Cl	mg/l	611	1040	1902	741
COD	$\text{mg O}_2/\text{l}$	53	95	77	87
BOD	$\text{mg O}_2/\text{l}$	-	18	-	8
O-PO4	mg/l	0,716	1,535	1,183	0,820
NH3-N	mg/l	0,427	0,593	0,333	1,978
NO2-N	mg/l	0,735	0,249	0,026	0,050
Kjeldahl-N	mg/l	-	4,21	-	5,77
Bez. stoffen	mg/l	-	1,3	0,7	1,2
Zw. st. 105 °C	mg/l	-	175	132	326
Anion. deterg.	mg/l	-	0,120	-	0,072
Oliën + vetten	mg/l	-	-	-	6,84
Tot. hardheid	°F	-	62,73	90,89	55,07
Ca	°F	-	33,23	37,39	33,90
Ca	mg/l	-	133,12	149,78	135,80
Mg	mg/l	-	69,48	-	51,29
TAP	°F	-	0	-	0
TAM	°F	-	17,25	-	18,90
HCO3	mg/l	-	210,45	-	230,58
HCO3	meq/l	-	3,450	-	3,780
CO3	mg/l	-	0	-	0
CO3	meq/l	-	0	-	0
SO4	mg/l	188	250	376	195
Na	mg/l	334	539	1188	396
K	mg/l	20,31	30,19	44,43	22,32
F	mg/l	-	0,92	-	0,73
Fe	mg/l	-	5,19	-	0,448
Mn	mg/l	-	0,063	-	0,174

Tabel 3c.

Parameter	Eenheid			Gemiddelde
Monstername	datum	11.03.88	21.03.88	-
Monstername	uur	10h30	15h15	-
Geleidbaarh.	$\mu\text{S/cm}$	2720	1347	2010
pH	-	7,75	7,98	7,95
Cl	mg/l	1190	526	800
COD	mg O ₂ /l	96	93	84
BOD	mg O ₂ /l	-	-	12
O-PO ₄	mg/l	0,974	1,041	0,980
NH ₃ -N	mg/l	0,930	2,201	1,012
NO ₂ -N	mg/l	0,094	0,098	0,173
Kjeldahl-N	mg/l	-	-	4,11
Bez. stoffen	mg/l	-	1,8	1,2
Zw. st. 105 °C	mg/l	-	253,9	210,3
Anion. deterg.	mg/l	-	-	0,200
Oliën + vetten	mg/l	-	-	6,84
Tot. hardheid	°F	-	43,80	57,55
Ca	°F	-	28,01	31,90
Ca	mg/l	-	-	127,81
Mg	mg/l	-	-	46,78
TAP	°F	-	-	0
TAM	°F	-	-	17,51
HCO ₃	mg/l	-	-	213,65
HCO ₃	meq/l	-	-	3,503
CO ₃	mg/l	-	-	0
CO ₃	meq/l	-	-	0
SO ₄	mg/l	262	146	202
Na	mg/l	628	288	445
K	mg/l	30,95	18,94	33,21
F	mg/l	-	-	0,68
Fe	mg/l	-	-	2,32
Mn	mg/l	-	-	0,101
Tot. kiemgetal	/ml	-	1665	-
Coliiformen	/100ml	-	>10.000	-
E. coli	/100ml	-	>10.000	-
Fek. streptococcen	/100ml	-	500	-

**Tabel 4: Vermogen van de vier eenheden van de
kerncentrale op de verschillende staalnamedagen**

Datum	Uur	D1 MW/h	D2 MW/h	D3 MW/h	D4 MW/h
15.02.88	gem.	430	428	931	1080
16.02.88	gem.	430	428	930	1080
17.02.88	gem.	430	428	931	1078
03.02.88	15h00	429	-	923	1077
08.02.88	17h00	429	428	929	1077
11.02.88	15h00	430	428	929	1077
21.03.88	15h00	429	428	929	1077
22.03.88	15h00	429	428	929	1064
25.02.88	15h00	429	427	935	1083
29.02.88	15h00	429	427	935	1077
07.03.88	15h00	428	429	935	1077
11.03.88	10h00	429	428	329	1077
21.03.88	15h00	429	428	917	1077

2.2.3. INTERPRETATIE VAN DE RESULTATEN

2.2.3.1. OPGELOSTE ZUURSTOF

Om een volledig beeld te verkrijgen van het zuurstofverloop van het water vanaf de watervang tot aan het lozingspunt werden er op verschillende plaatsen metingen uitgevoerd:

- van op de steiger die vóór de watervang ligt werden er dieptemetingen uitgevoerd
- van op de balustrade van de watervang
- vijf meter vóór de ingang van de trommelfilter
- aan de ingang van de trommelfilter (trap)
- aan de ingang van de condensor Doel 1
- in het lozingspaviljoen
- aan het lozingspunt links en rechts.

De resultaten zijn opgegeven in de tabellen 5, 6 en 7.

Tabel 5: Opgeloste zuurstof (mg/l) aan de steiger
voor de watervang op verschillende diepten

Datum	Uur	Steiger			
		0,5 m	1,5 m	2,5 m	3,5 m
03.02.88	15h15	9,8	9,7	9,8	9,1
08.02.88	16h00	7,1	7,0	6,82	6,75
11.02.88	14h30	6,85	6,70	6,65	6,60
22.02.88	14h45	3,44	3,30	3,23	3,17
07.03.88	15h30	4,7	4,6	-	-
11.03.88	09h50	6,8	6,6	-	-
21.03.88	14h45	5,40	5,15	5,10	5,10

Tabel 6: Opgeloste zuurstof (mg/l) aan de balustrade van de watervang, aan de trommelfilter en aan de ingang van de condensor

Datum	Uur	Balustrade	Trommelfilter		Condensor
			a	b	
03.02.88	15h15	9,0	9,5	9,3	9,4
08.02.88	16h00	7,0	6,8	6,85	7,3
11.02.88	14h30	6,70	7,00	7,10	7,20
17.02.88	15h45	7,6	7,8	7,5	8,4
22.02.88	14h45	3,91	4,21	4,12	4,0
29.02.88	14h45	9,9	10,0	10,0	9,8
07.03.88	15h30	4,6	4,7	4,7	4,8
11.03.88	09h50	6,8	7,0	6,9	7,6
21.03.88	14h45	5,25	5,51	5,43	5,41

a: 5 m voor de trommelfilter

b: aan de ingang van de trommelfilter

Uit de resultaten kan berekend worden dat het gemiddelde gehalte aan opgeloste zuurstof van de prospecties 03.02.88, 08.02.88, 11.02.88, 17.02.88, 07.03.88, 11.03.88 en 21.03.88 op de verschillende staalnamepunten volgende waarden heeft (zie fig.6):

- steiger : 6,77
- balustrade : 6,71
- vóór trommelfilter : 6,86
- condensor : 7,16
- lozingspaviljoen : 8,12
- lozingspunt : 8,88

Tabel 7: Opgeloste zuurstof (mg/l) in het lozingspaviljoen en aan het lozingspunt

Datum	Uur	Paviljoen	Lozingspunt	
			links	rechts
03.02.88	15h15	9,4	9,4	9,6
08.02.88	16h00	7,0	9,3	9,1
11.02.88	14h30	8,40	9,7	9,6
17.02.88	15h45	8,4	8,2	8,3
22.02.88	14h45	4,1	-	-
25.02.88	14h45	7,9	8,4	8,4
29.02.88	14h45	9,8	-	-
07.03.88	15h30	7,9	8,8	8,8
11.03.88	09h50	8,6	9,4	8,9
21.03.88	14h45	7,15	7,50	7,85

Uit de bekomen gegevens wordt afgeleid dat er onder invloed van de kerncentrale een gemiddelde toename van het zuurstofgehalte is van 2,17 mg/l. Er is een lichte toename van 0,15 mg/l tussen de balustrade (watervang) en de trommelfilter. Vanaf de trommelfilter tot aan de condensors van Doel 1 en 2 is er een toename van 0,30 mg/l en vanaf de ingang van de condensors tot aan het lozingspaviljoen is er een toename van 0,96 mg/l. Tengevolge van de lozing zelf is er een gemeten toename van 0,76 mg/l. De werkelijke toename door de lozing zelf is door de turbulentie vermoedelijk nog groter dan 0,76 mg/l doch een meting verder van het lozingspunt is moeilijk en er is dan ook reeds een vermenging met het Scheldewater.

Rekening houdend met een debiet van 100.000 m³/uur is er een totale zuurstofinbreng van 217 kg O₂ per uur.

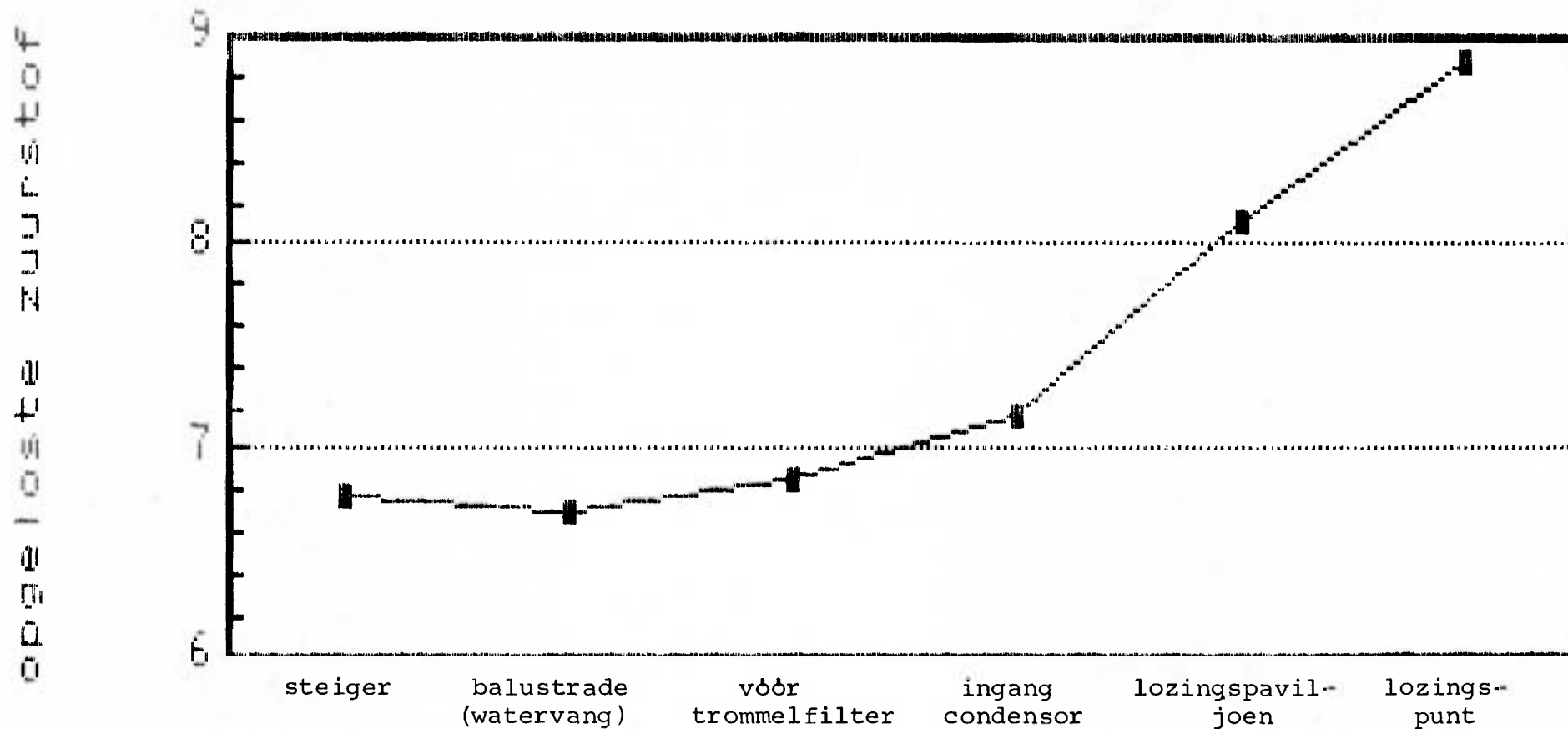


Fig. 6. Verloop van het zuurstofgehalte (mg/l) tussen de opname en de lozing van het koelwater.

Om dezelfde reaeratie met klassieke beluchtings-systemen te verkrijgen (oppervlaktebeluchter, bellenbeluchting) zou er een geïnstalleerd vermogen van 150 kW nodig zijn. Bij een lagere zuurstofconcentratie van het Scheldewater zal de inbreng groter worden.

2.2.3.2. TEMPERATUUR

Op dezelfde plaatsen als voor de opgeloste zuurstof werd de temperatuur gemeten. De resultaten zijn opgegeven in de tabellen 8 en 9.

Tabel 8: Temperatuur (°C) van het water aan de balustrade van de watervang, aan de trommelfilter en aan de ingang van de condensor

Datum	Uur	Ballustrade	Trommelfilter		Condensor
			a	b	
03.02.88	15h15	6,3	6,3	6,3	6,3
11.02.88	14h30	6,5	6,5	6,5	6,5
17.02.88	15h45	6,2	6,0	6,0	6,1
22.02.88	14h45	-	-	-	6,8
25.02.88	14h45	-	-	-	6,8
29.02.88	14h45	-	-	-	6,1
07.03.88	15h30	5,4	5,5	5,5	5,6
11.03.88	09h50	5,8	5,8	5,8	5,8
21.03.88	14h45	9,0	9,1	9,1	9,2

a: 5 m vóór de trommelfilter

b: aan de ingang van de trommelfilter

Tabel 9: Temperatuur (°C) van het water in het lozingspaviljoen en aan het lozingspunt

Datum	Uur	Paviljoen	Lozingspunt	
			links	rechts
03.02.88	15h15	21,8	20,6	19,9
11.02.88	14h30	23,9	23,6	23,4
17.02.88	15h45	23,4	23,3	23,1
22.02.88	14h45	20,1	-	-
25.02.88	14h45	21,1	-	-
29.02.88	14h45	22,4	-	-
07.03.88	15h30	21,9	21,7	21,8
11.03.88	09h50	22,4	22,3	22,0
21.03.88	14h45	25,4	25,2	25,1

Uit de resultaten van de temperatuursmetingen kan afgeleid worden de gemiddelde temperatuur van de propekties van 03.02.88, 11.02.88, 17.02.88, 07.03.88, 11.03.88 en 21.03.88 volgende waarden heeft (zie fig. 7):

- balustrade : 6,53 °C
- vóór trommelfilter : 6,53 °C
- condensor : 6,58 °C
- lozingspaviljoen : 23,13 °C
- lozingspunt : 22,67 °C

Er is weinig temperatuursverandering tussen de balustrade (watervang) en de ingang van de condensor. Tussen het lozingspunt en de watervang is er een temperatuurstoename van 16,14 °C.

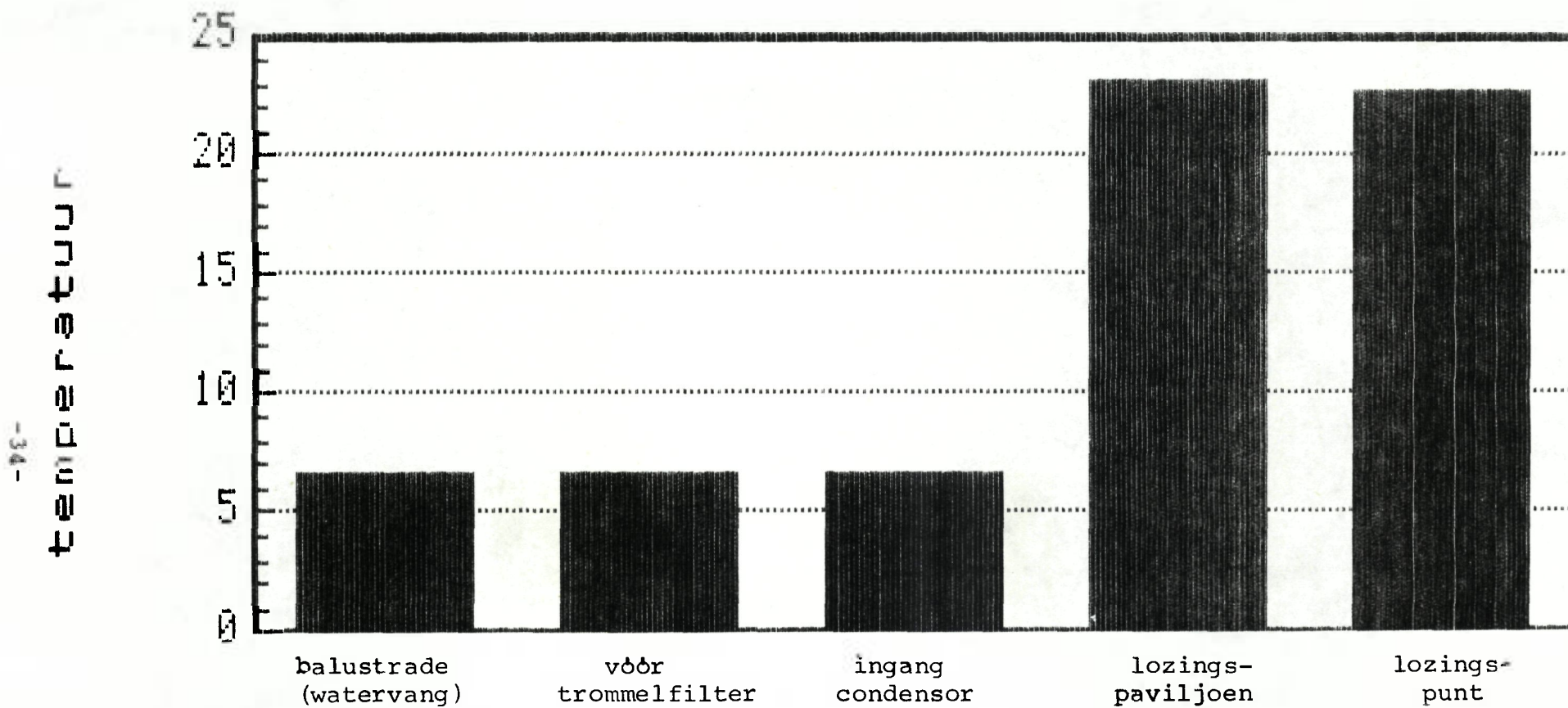


Fig. 7. Verloop van de temperatuur (°C) tussen de opname en lozing van het koelwater.

2.2.3.3. GELEIDBAARHEID

De gemiddelde geleidbaarheid van het opgenomen en geloosde koelwater is respektievelijk 1914 en 2010 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De geleidbaarheid van het koelwater bij de verschillende prospekties is weergegeven in fig. 8. Hieruit blijkt dat het verschil in geleidbaarheid van het opgenomen en geloosde koelwater per prospektie, op enkele uitzonderingen na, niet zoveel verschilt. Alleen op 25.02.88 is de geleidbaarheid van het geloosde koelwater veel hoger dan van het opgenomen koelwater; dit is vooral het gevolg van de toename van chloriden, sulfaat en natrium.

2.2.3.4. ZUURTEGRAAD

De zuurtegraad van het geloosde koelwater is gemiddeld 0,43 eenheden hoger dan van het opgenomen koelwater. De zuurtegraad van de verschillende prospekties is opgegeven in fig. 9. We stellen vast dat er bij iedere prospektie een lichte toename is van de zuurtegraad na doorgang van de centrale.

2.2.3.5. CHLORIDEN

Het gemiddelde chloridegehalte van het opgenomen koelwater is 791 mg/l en van het geloosde koelwater 800 mg/l. Het verloop in de tijd is uitgezet in fig. 10. Zoals bij de geleidbaarheid stellen we alleen bij de prospektie van 25.02.88 een sterke toename van het chloridegehalte vast. Het verloop van het chloridegehalte is gelijk aan dit van de geleidbaarheid.

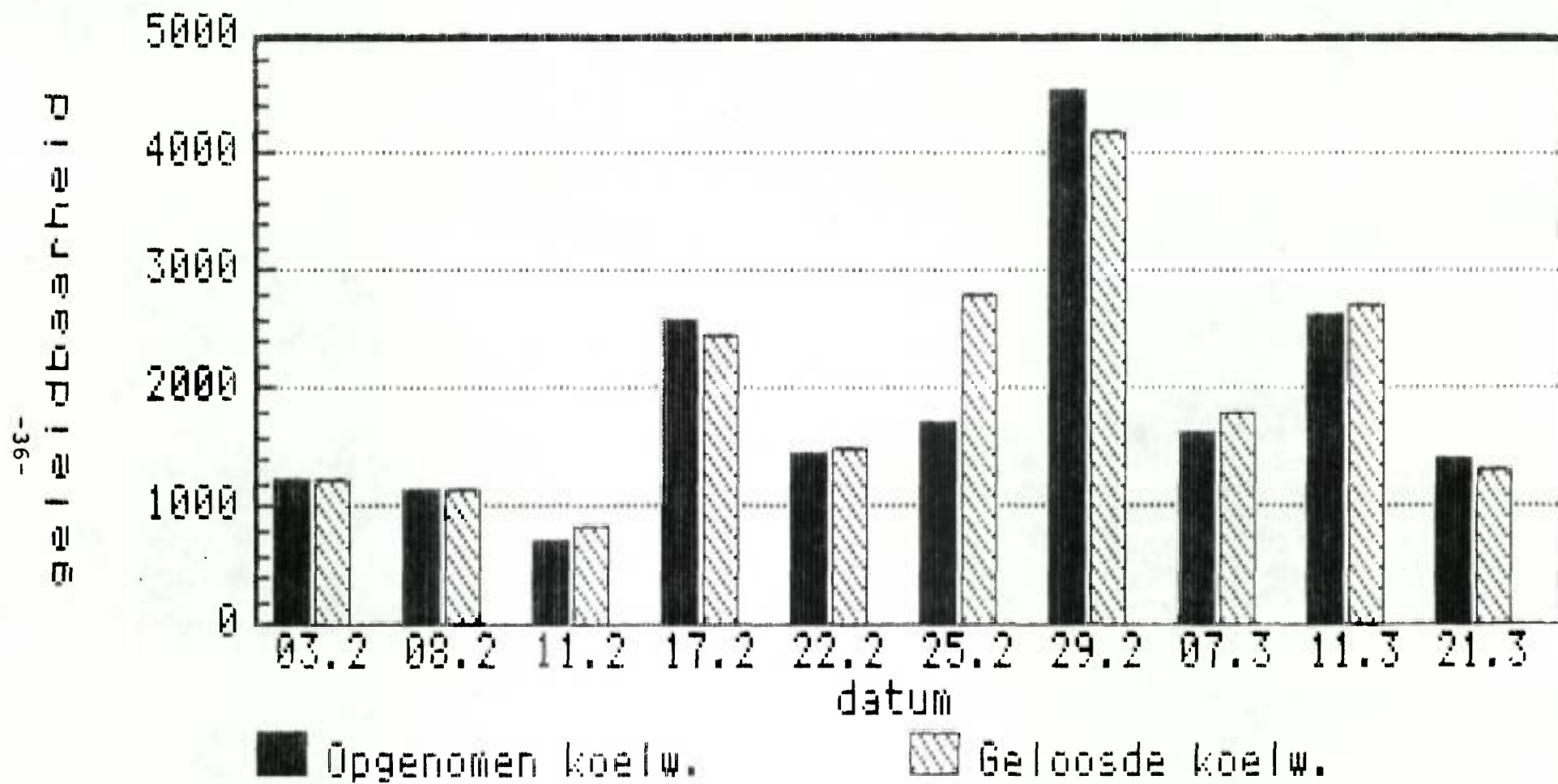


Fig. 8. Geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$) van het opgenomen en geloosde koelwater.

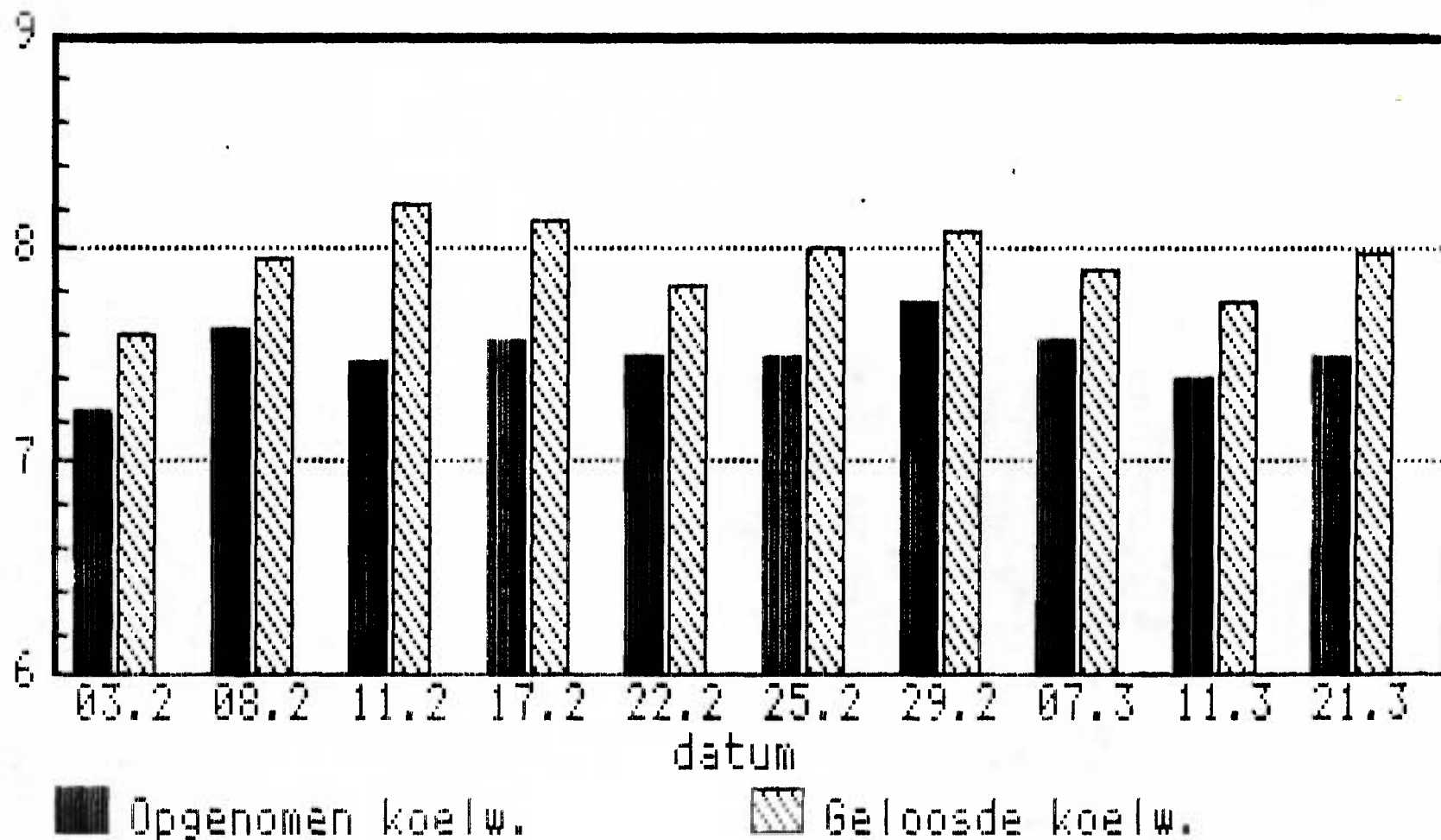


Fig. 9. Zuurtegraad van het opgenomen en geloosde koelwater.

-38-
chloridegehalte (mg/l)

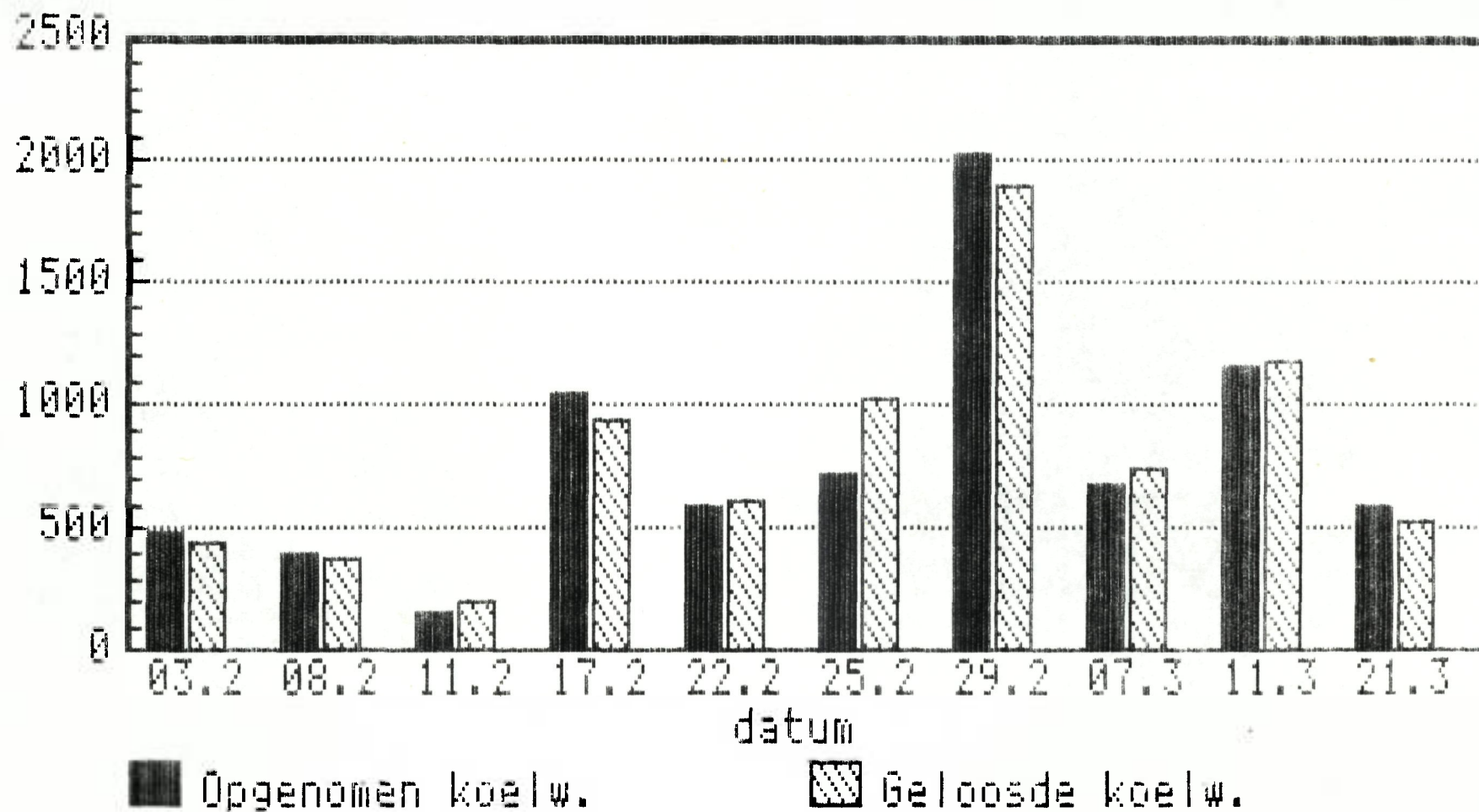


Fig. 10. Chloridegehalte van het opgenomen en geloosde koelwater.

2.2.3.6. CHEMISCH EN BIOCHEMISCH ZUURSTOFVERBRUIK

De COD van het opgenomen en geloosde koelwater is respektievelijk 86 en 84 mg O₂/l. De verschillen tussen het opgenomen en geloosde koelwater verschillen tamelijk sterk per prospektie. Algemeen kan aangenomen worden dat de COD gemiddeld weinig verandert na doorgang van de centrale.

De BOD van het opgenomen koelwater is 18 mg O₂/l en van het geloosde koelwater 12 mg O₂/l. Tengevolge van de biologische aktiviteit in de koeltorens is er een lichte daling van de BOD.

2.2.3.7. STIKSTOFVERBINDINGEN

De gemiddelde ammoniakkoncentratie van het opgenomen koelwater is 2,52 mg/l en van het geloosde koelwater 1,012 mg/l. Per prospektie is de konzentratie van de ammoniakale stikstof praktisch altijd lager van het geloosde dan van het opgenomen koelwater (fig. 11). De daling van de ammoniakkonzentratie is enerzijds te wijten aan stripping van de ammoniak in de koeltoren en anderzijds aan de biologische aktiviteit. De biologische aktiviteit is ook af te leiden uit de vorming van nitriet-stikstof. De gemiddelde nitrietkonzentratie van het opgenomen en geloosde koelwater is respektievelijk 0,041 en 0,173 mg/l. Praktisch bij iedere prospektie is er een toename van de nitrietkonzentratie na doorgang van de centrale (fig. 12).

Zoals voor ammoniak neemt ook de kjeldahl-stikstof fors af na doorgang van de centrale. Aan de ingang van de centrale is er 9,37 mg/l en aan het lozingspunt 4,11 mg kjeldahl-stikstof per liter aanwezig. Ook deze daling is gedeeltelijk te verklaren door stripping van ammoniak en

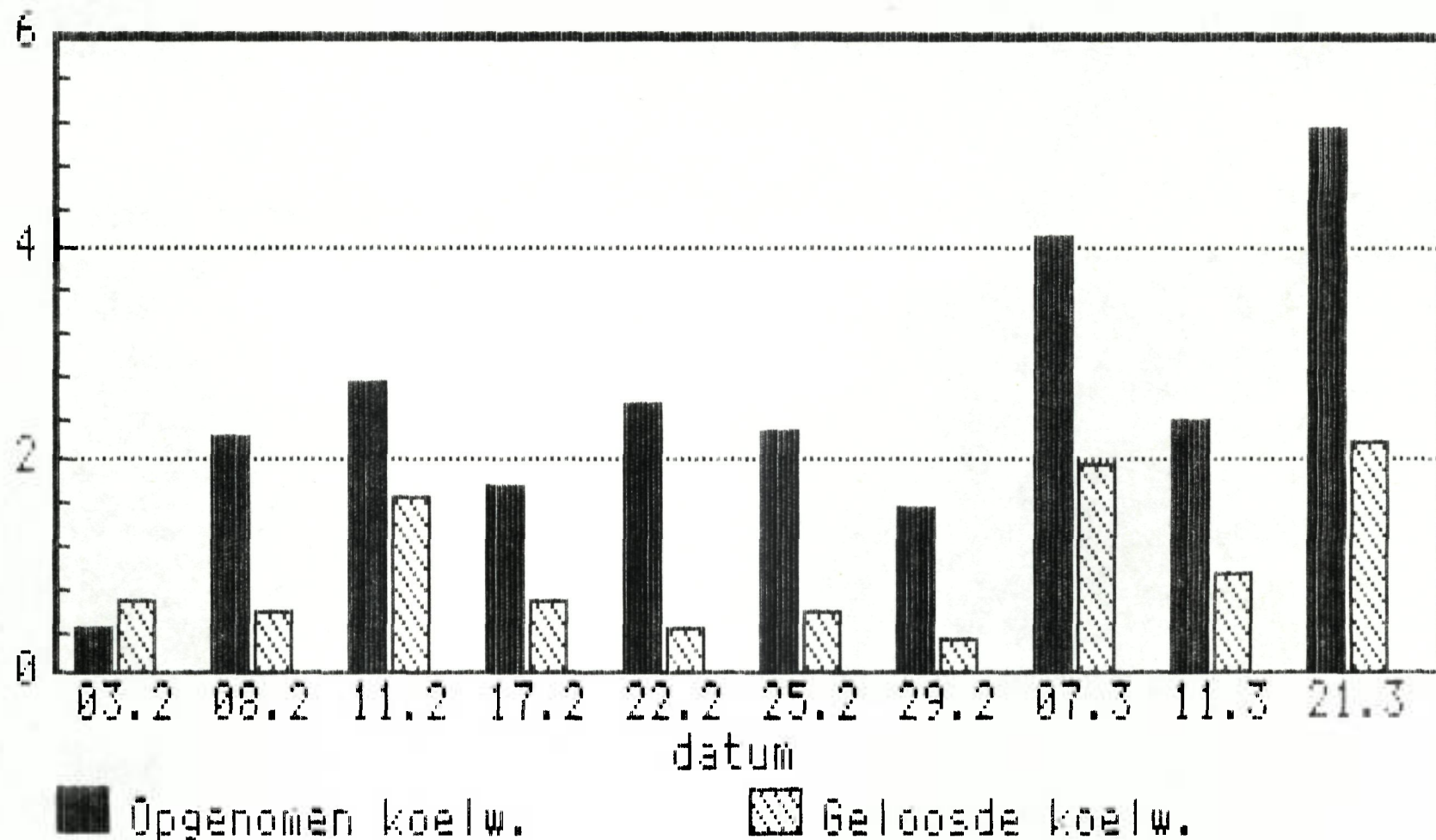


Fig. 11. Ammoniakale stikstof van het opgenomen en geloosde koelwater.

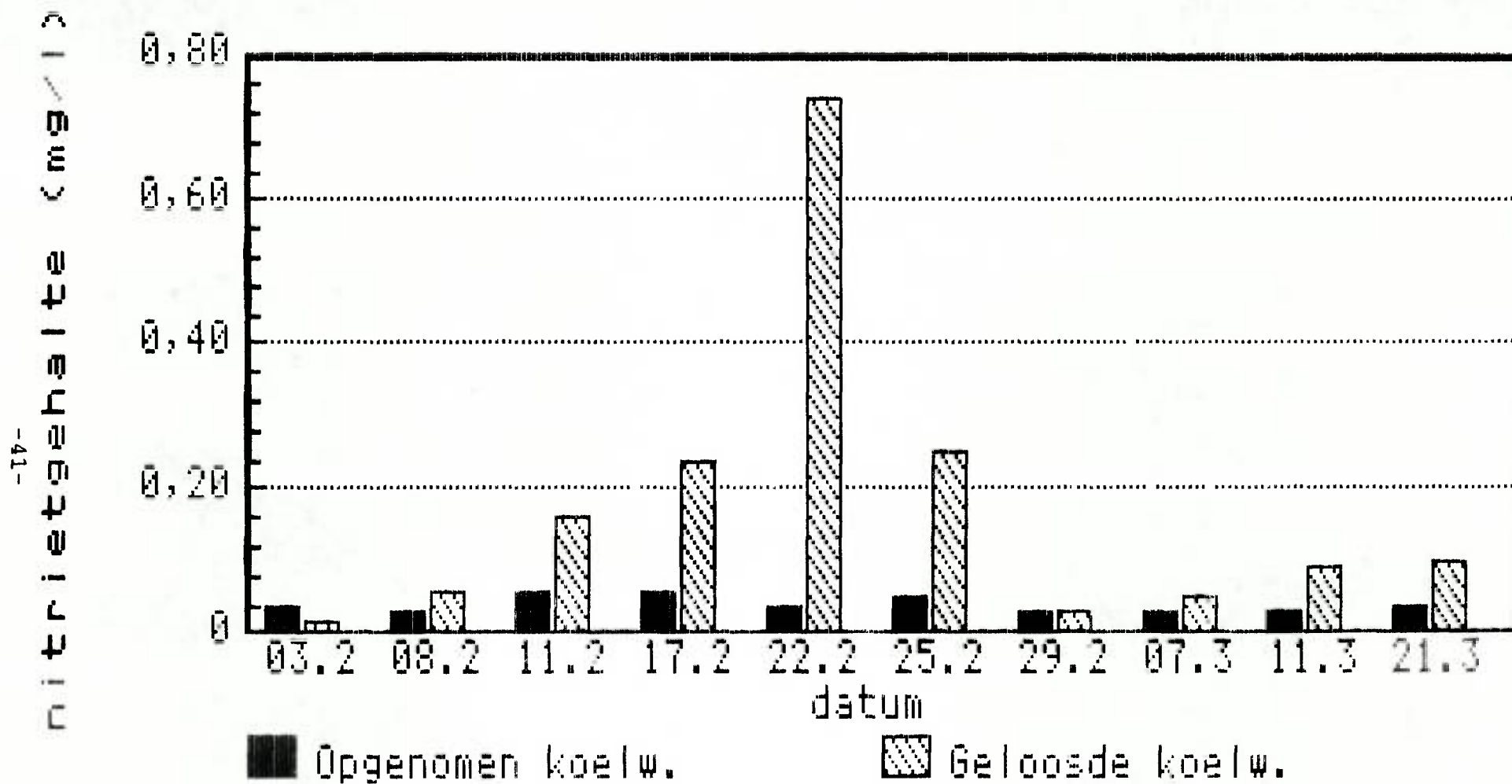


Fig. 12. Nitriet-stikstof van het opgenomen en geloosde koelwater.

een biologische aktiviteit.

2.2.3.8. ANIONISCHE DETERGENTEN

De concentratie van het opgenomen koelwater is 0,186 mg/l en van het geloosde koelwater 0,200 mg/l.

2.2.3.9. OLIEN EN VETTEN

Er werd slechts één staalname uitgevoerd voor het opgenomen en geloosde koelwater. In het opgenomen koelwater was er 8,72 mg/l en in het geloosde koelwater 6,84 mg/l oliën en vetten aanwezig.

2.2.3.10. TOTALE HARDHEID, CALCIUM EN MAGNESIUM

De totale hardheid neemt licht toe van 55,8 tot 57,5 °F. Het calciumgehalte stijgt van 30,8 tot 31,9 °F en het magnesiumgehalte neemt toe van 39,1 tot 46,8 mg/l.

2.2.3.11. SULFAAT

De gemiddelde concentratie van het opgenomen en geloosde koelwater is respektievelijk 199 en 202 mg/l. Per proespektie is het verschil tussen opgenomen en geloosde koelwater over het algemeen groter (fig. 13). De sulfaatkonzentratie heeft hetzelfde verloop als de geleidbaarheid en de chloride.

(1/6W) sulfaatgehalte

-43-

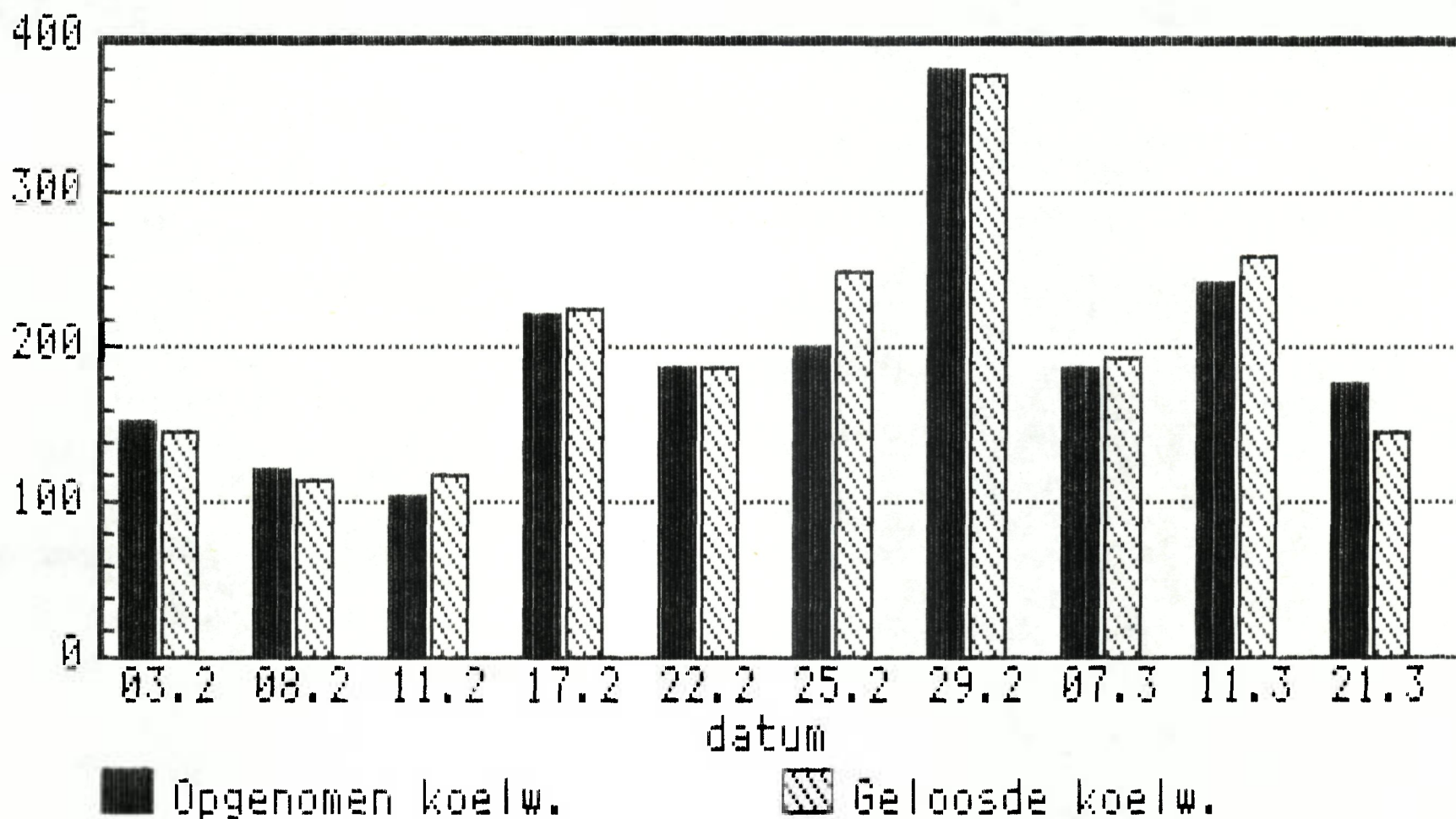


Fig. 13. Sulfaatgehalte van het opgenomen en geloosde koelwater.

2.2.3.12. NATRIUM

Het verschil van het natriumgehalte voor en na de centrale loopt tamelijk uiteen (fig. 14). Uit de gemiddelden blijkt echter dat er slechts een lichte toename van het natriumgehalte is van 434 tot 445 mg/l. Het natriumgehalte is evenredig met de geleidbaarheid.

2.2.3.13. KALIUM

De gemiddelde concentratie voor en na de centrale is 23,0 en 33,2 mg/l. Per prospektie is er zowel een toename als een afname van de concentratie na doorgang van de centrale (fig. 15). Ook het kaliumgehalte heeft hetzelfde verloop in de tijd als de geleidbaarheid.

2.2.3.14. FLUOR, IJZER EN MANGAAN

Het gemiddelde fluorgehalte van het opgenomen en geloosde koelwater verschilt weinig, namelijk 0,64 en 0,68 mg/l.

Alhoewel men een daling van het ijzergehalte zou verwachten ten gevolge van de oxydatie van opgelost ijzer is er echter een gemiddelde toename van 1,48 tot 2,32 mg/l.

Het mangaangehalte neemt gemiddeld af van 0,135 tot 0,101 mg/l.

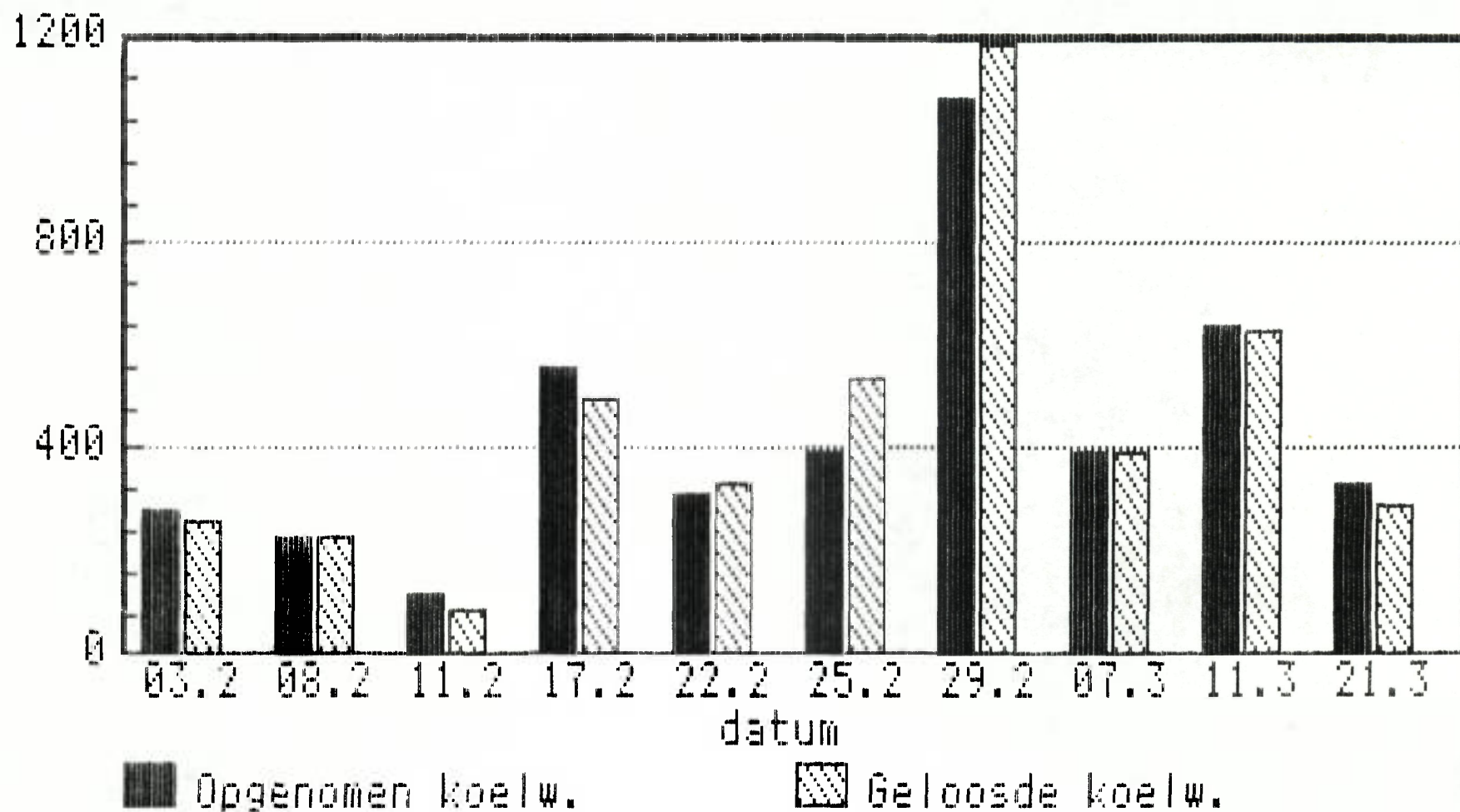


Fig. 14. Natriumconcentratie van het opgenomen en geloosde koelwater.

Kaliumconcentratie

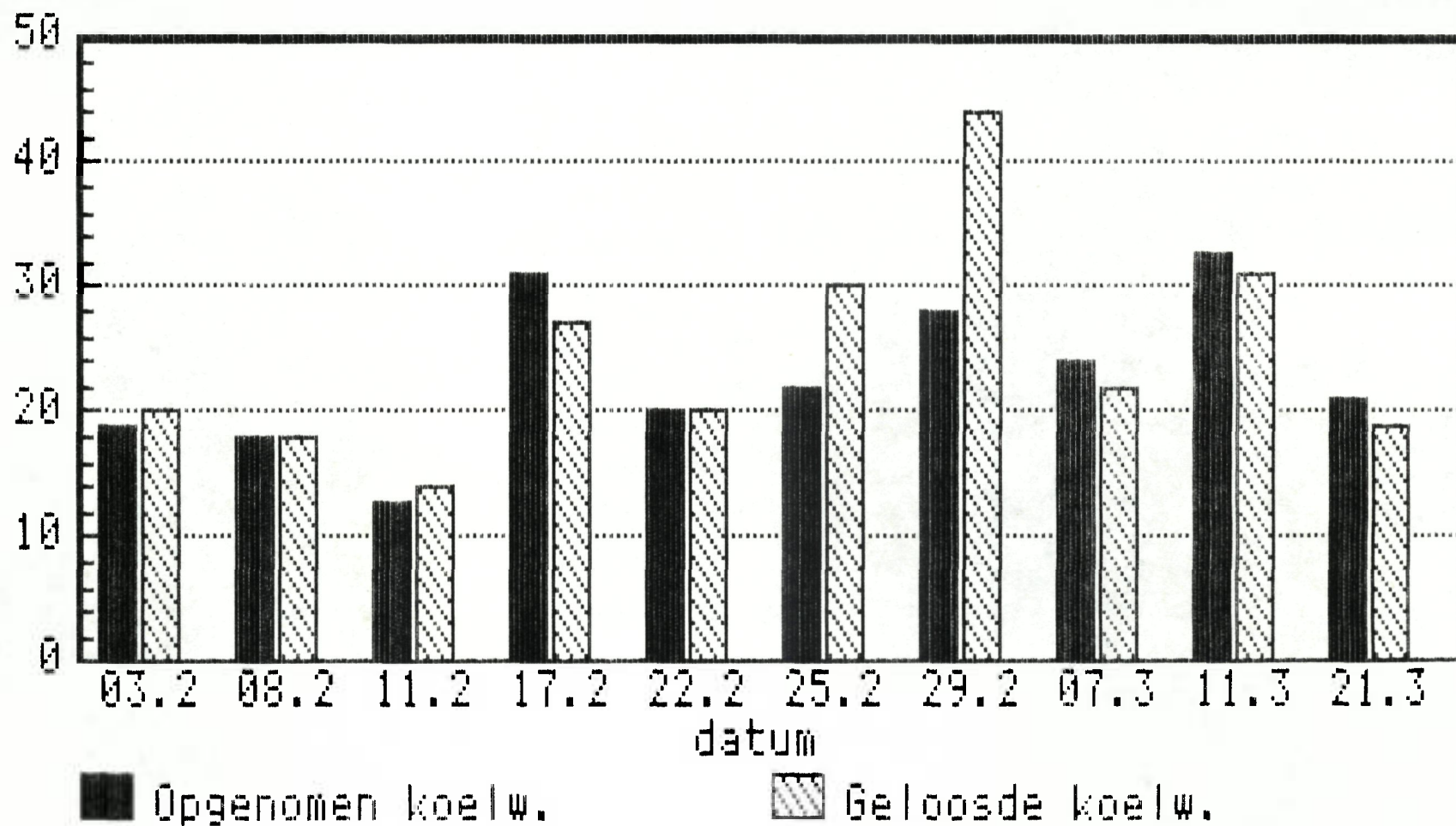


Fig. 15. Kaliumconcentratie van het opgenomen en geloosde koelwater.

2.2.3.15. BACTERIOLOGIE

Uit de bacteriologische bepalingen blijkt dat zowel het opgenomen als het geloosde koelwater tamelijk verontreinigd zijn. Uit de éénmaal uitgevoerde analyse blijkt echter dat er weinig verschil is na doorgang van de centrale.

3. ONDERZOEK OP HET SCHELDEWATER

3.1. DEBIET

Het debiet van de bovenschelde is sterk afhankelijk van de seizoenen en de neerslag. Het gemiddeld tiendagelijks debiet kan extreem variëren van 20 m³/s tot 650 m³/s, met echter een normale variatie van 40 tot 250 m³/s.

Tijdens de meetkampagne was het Scheldedebiet zeer hoog. Het gemiddeld tiendagelijks debiet is hieronder opgegeven:

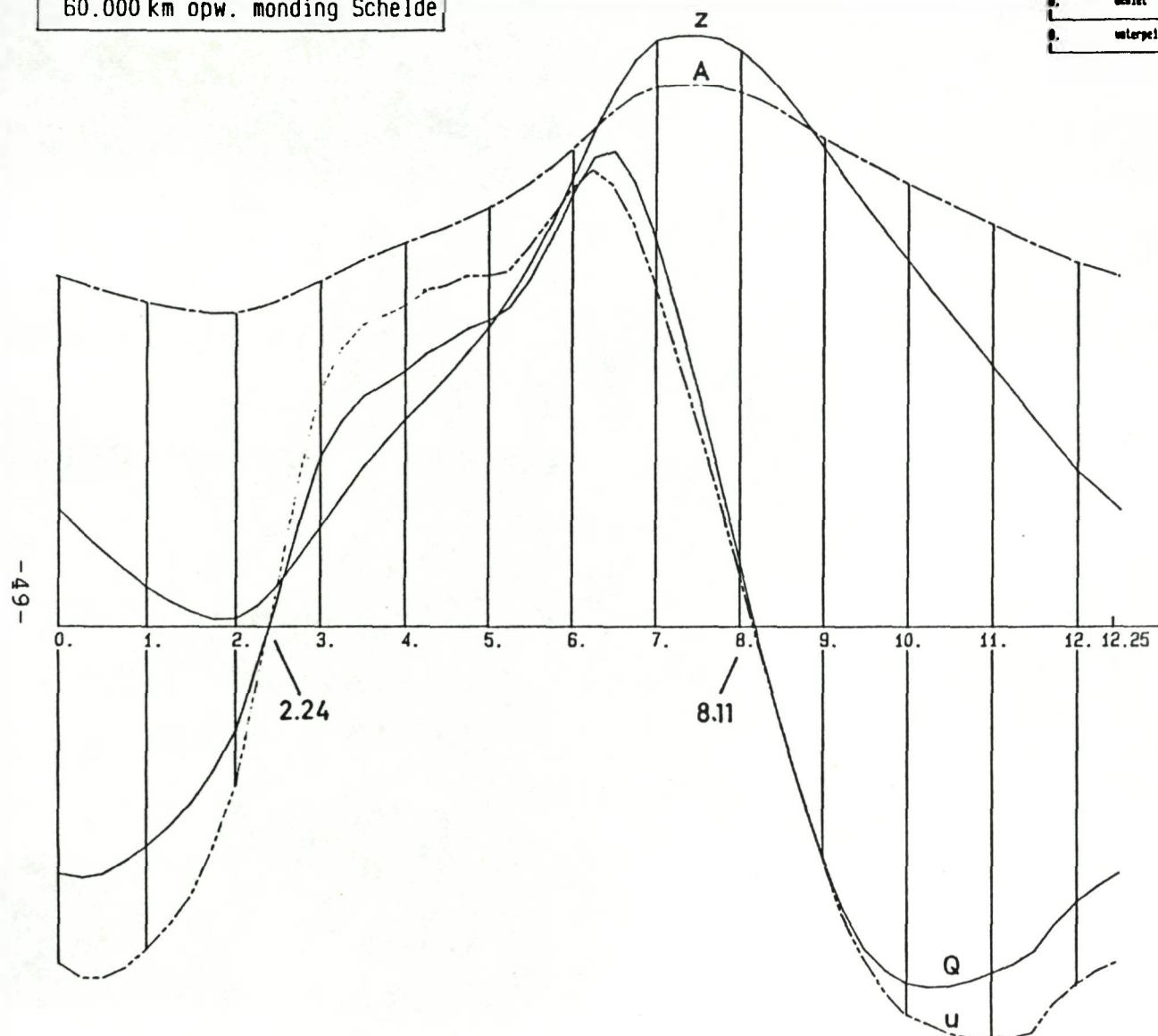
- februari 1988	1e dec.	: 420 m ³ /s
	2e dec.	: 260 m ³ /s
	3e dec.	: 200 m ³ /s
	maand	: 300 m ³ /s
- maart 1988	1e dec.	: 360 m ³ /s
	2e dec.	: 430 m ³ /s
	3e dec.	: 390 m ³ /s
	maand	: 400 m ³ /s

Het getijdedebiet van de Schelde ter hoogte van Doel is gemiddeld meer dan 5.000 m³/s. In fig. 16 zijn de getijdedebieten weergegeven ter hoogte van Doel.

GEMIDDELD TIJ 1971-1980

60.000 km opw. monding Schelde

0.	snelheid	.40 m/s
0.	nette sectie	4000 m ²
0.	debiet	4000 m ³ /s
0.	waterpeil	1.80 m



Hoogwater	4.97m om 7h24min	Tijverschil	4.91 m
Laagwater	.05m om 1h51min		
Duur	Stijging	5h33min	
	Daling	6h52min	

	VLOED	EB
Kentering	8h11min	2h24min
Duur	5h48min	6h37min
Gem. debiet	5768m ³ /s	5095m ³ /s
Max. debiet	9897m ³ /s om 6h30min	7528m ³ /s om 10h15min
Gem. snelheid	.62m/s	.63m/s
Max. snelheid	.95m/s om 6h15min	.86m/s om 11h 0min
Tijvolume	120 346 752m ³	123 500 544m ³

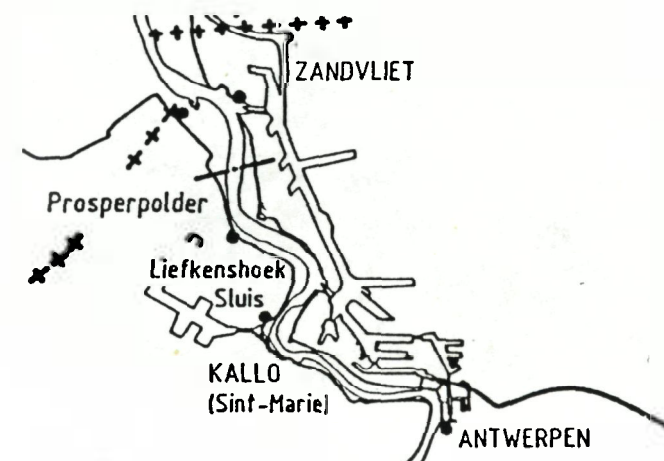


Fig. 16. Getijdedebieten van de Schelde ter hoogte van Doel.

3.2. STAALNAME

Teneinde een algemeen beeld te verkrijgen van de invloed van de lozing van het koelwater werd de staalname van het Scheldewater uitgevoerd op 3 niveau's.

Dwarsprofielen over de volledige breedte van de Schelde op 16.02.88.

Over de volledige breedte van de Schelde (uitgezonderd binnen de strekdam) werden er op 4 verschillende dwarsdoorsneden stalen genomen. Alle staalnamepunten werden op 16.02.88 viermaal bemonsterd, namelijk bij:

- laag tij
- half tij-vloed
- hoog tij
- half tij-eb.

Er was hoog tij om 02h12 en 14h34 en laag tij om 08h47 en 21h11. De stalen werden genomen met de boot "Scheldewacht" van het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen. Gezien de diepgang van de boot was het echter onmogelijk binnen de strekdam te varen.

De volgende staalnamepunten werden bemonsterd:

- doorsnede A: ter hoogte van het haventje van Doel
(1800 m stroomopwaarts het lozingspunt)
A1, A2, A3, A4, A5, A6 en A7
- doorsnede B: ter hoogte van de watervang
(650 m stroomopwaarts het lozingspunt)
B1, B2, B3, B4, B5, B6 en B7

- doorsnede C: stroomafwaarts het lozingspunt
(500 m stroomafwaarts het lozingspunt)
C3, C4, C5, C6 en C7
- doorsnede F: vlak na de strekdam
(1600 m stroomafwaarts het lozingspunt)
F2, F3, F4, F5, F6, F7 en F8.

Alle stalen werden genomen één meter onder het wateroppervlak. De staalname werd uitgevoerd bij middel van een pomp.

Op alle meetpunten werd de zuurtegraad, de temperatuur, de geleidbaarheid en de opgeloste zuurstof ter plaatse in een doorstroomcel gemeten. De pomp werd op één meter onder het wateroppervlak gebracht en na doorspoeling van de darmen werden de metingen uitgevoerd; tevens werden de stalen genomen. Op de meetpunten A4, B1, B2, B4, B6, C3, C5, F2, F3, F5 en F7 werden eveneens chloriden, COD, ammoniakale stikstof en nitriet-stikstof bepaald.

Als bijkomend onderzoek werden de meetpunten A4, B2, C3 en F3, bij ieder verschillend getijde, op verschillende diepten bemonsterd.

Dwarsprofielen binnen de strekdam op 15.02.88.

Binnen de strekdam werd het Scheldewater bemonsterd vlak na het lozingspunt en op 4 dwarsdoorsneden. Alle staalnamepunten werden op 15.02.88 driemaal bemonsterd, namelijk bij:

- half tij-vloed
- hoog tij
- half tij-eb.

Er was laag tij om 07h31 en 20h09 en hoog tij om 13h40.

De staalname werd uitgevoerd met de boot "Parel II" van het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen.

Zoals op 16.02.88 werd de staalname uitgevoerd met een pomp die op 1 m diepte onder het wateroppervlak gebracht werd. Op alle staalnamepunten werd de zuurtegraad, de temperatuur, de geleidbaarheid en de opgeloste zuurstof ter plaatse in een doorstroomcel gemeten; terzelfdertijd werden er stalen genomen. In het laboratorium werden op alle stalen chloriden, COD, ammoniakale stikstof en nitriet-stikstof bepaald.

Op 15.02.88 werden volgende staalnamepunten bemonsterd:

- vlak na de lozing: meetpunt 1 (120 m stroomafwaarts het lozingspunt)
- doorsnede C: C1 en C2 (350 m stroomafwaarts het lozingspunt)
- doorsnede D: D1, D2 en D3 (750 m stroomafwaarts het lozingspunt)
- doorsnede E: E1, E2 en E3 (1150 m stroomafwaarts het lozingspunt)
- doorsnede F: F1, F2 en F3 (1450 m stroomafwaarts het lozingspunt).

De dwarsdoorsneden C en F liggen in het verlengde van de doorsneden C en F bemonsterd op 16.02.88. Als bijkomend onderzoek werden de meetpunten C1, D2 en E1 bemonsterd op verschillende diepten.

Op 15.02.88 en 16.02.88 werden er in totaal 38 meetpunten bemonsterd (voorzien 30 meetpunten), 80 stalen geanalyseerd (voorzien 60) en 287 metingen van zuurtegraad, temperatuur, geleidbaarheid en opgeloste zuurstof uitgevoerd (voorzien 120).

Zowel op 15.02.88 als op 16.02.88 werden de coördinaten van de meetpunten vooraf vastgelegd. Hierdoor was het mogelijk bij ieder getijde terug dezelfde positie in te nemen. De x en y coördinaten en de afstand van de linkeroever van de meetpunten zijn opgegeven in tabel 10.

Metingen in de lengterichting van op de linkeroever

Om een beeld te verkrijgen van de stroming van het koelwater aan de linkeroever werden er op 17.02.88 van op de oever metingen van de temperatuur uitgevoerd. Een eerste reeks metingen werd uitgevoerd vlak vóór hoog tij en een tweede reeks vlak na hoog tij. De metingen werden uitgevoerd op 2 à 3 m van de linkeroever en 0,3 m onder het wateroppervlak.

Tabel 10: X en Y coördinaten van de bemonsterde meetpunten
en de afstand van de linkeroever

meetpunt	x-coördinaat	y-coördinaat	afstand linkeroever (m)
A1	143.047,40	222.353,10	160
A2	143.152,70	222.348,20	265
A3	143.255,00	222.355,00	370
A4	143.359,90	222.335,70	475
A5	143.449,30	222.321,60	565
A6	143.570,80	222.329,40	685
A7	143.659,40	222.308,80	775
B1	142.919,00	223.538,50	300
B2	143.046,00	223.514,10	430
B3	143.160,50	223.507,90	545
B4	143.311,10	223.519,50	695
B5	143.414,60	223.509,90	800
B6	143.544,20	223.513,30	930
B7	143.675,40	223.508,80	1060
meetp. 1	142.822,50	224.286,60	150
C1	142.708,20	224.460,10	100
C2	142.926,80	224.591,40	350
C3	143.115,20	224.686,70	570
C4	143.217,30	224.764,90	695
C5	143.301,90	224.789,50	785
C6	143.359,50	224.834,50	860
C7	143.429,10	224.882,20	945
D1	142.501,90	224.847,40	200
D2	142.708,20	224.955,00	430
D3	142.922,10	225.062,00	670
E1	142.277,10	225.191,40	300
E2	142.504,00	225.320,30	555
E3	142.709,50	225.454,70	805
F1	142.081,10	225.589,30	430
F2	142.305,80	225.709,90	680
F3	142.507,30	225.834,00	910
F4	142.592,90	225.907,10	1020
F5	142.704,00	225.968,90	1145
F6	142.829,60	226.033,70	1285
F7	143.995,40	226.097,60	1460
F8	143.091,80	226.140,00	1565

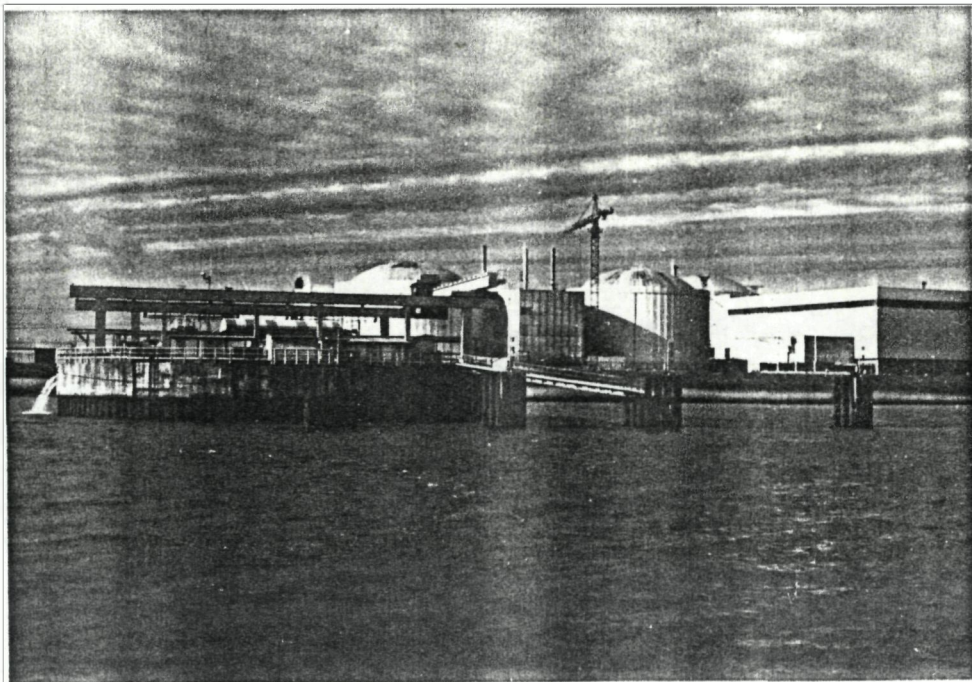


Foto 1: Watervang van de kerncentrale Doel

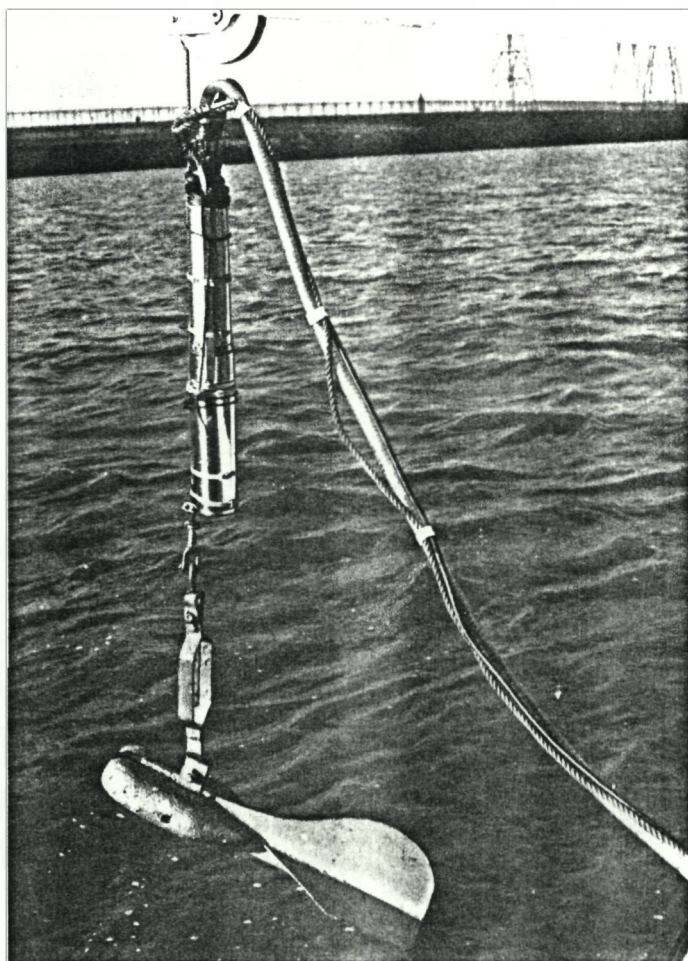


Foto 2: Monsternamelpomp voor staalname

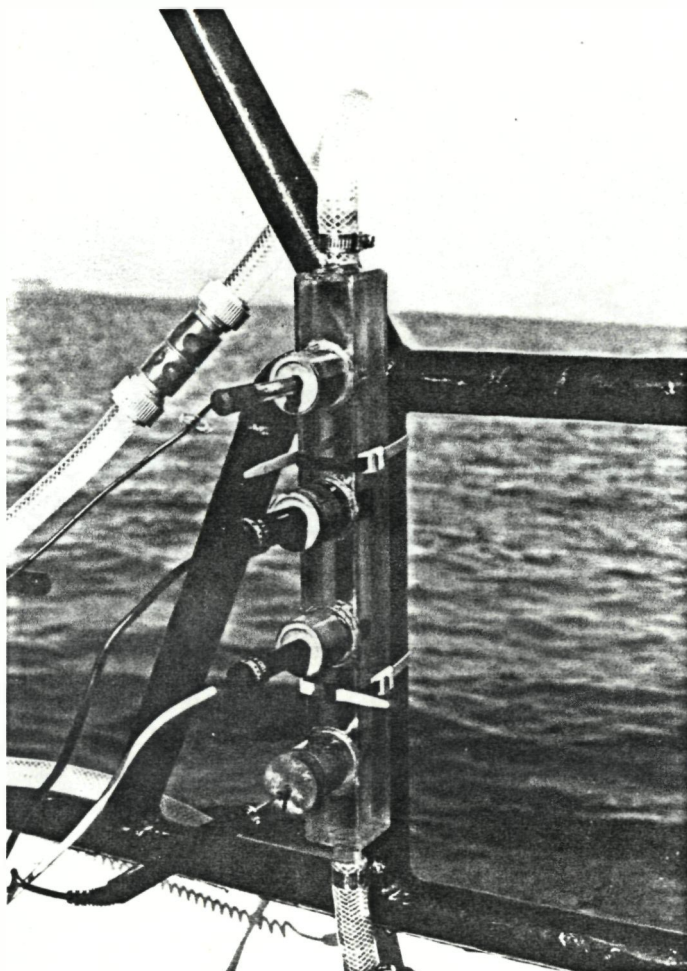


Foto 3: Doorstroomcel voor de uitvoering van de metingen

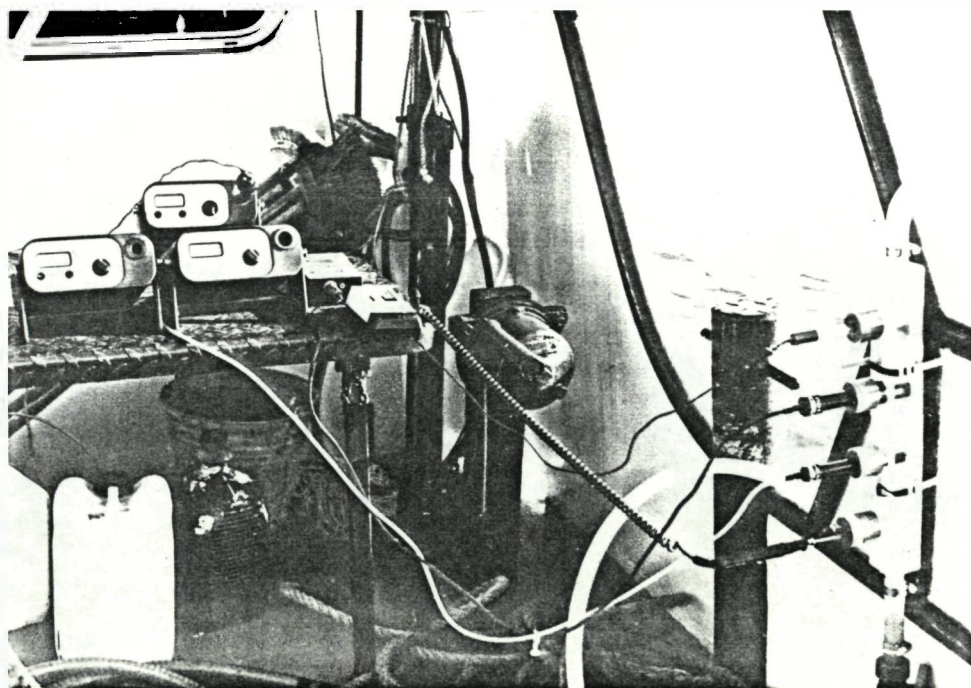


Foto 4: Doorstroomcel en meetapparatuur

3.3. KWALITEIT

Bij de interpretatie van de resultaten dient er rekening gehouden te worden met volgende invloeden:

- de lozing van het koelwater van de kerncentrale
- de samenstelling en hoeveelheid vers aangevoerd Scheldewater (stroomopwaarts)
- de aanvoer van met zeewater vermengd Scheldewater in de periode van laag tij naar hoog tij (stroomafwaarts).

Bij iedere verandering van getijde wordt er ter hoogte van de centrale een heen- en weergaande beweging van de watermassa bekomen die zich gemiddeld langzaam stroomafwaarts verplaatst.

Om een inzicht te verkrijgen van de kwaliteit van het vers aangevoerd Scheldewater en het met zeewater vermengd Scheldewater worden de kwaliteitsanalyses vergeleken van de bovenste waterlagen van het dwarsprofiel A met de onderste waterlagen van het dwarsprofiel F. Hieruit kan afgeleid worden dat het vers aangevoerd Scheldewater volgende eigenschappen heeft:

- opgeloste zuurstof : 5,2 mg/l
- temperatuur : 6,1 °C
- zuurtegraad : 7,5.

Het stroomafwaarts gelegen Scheldewater vermengd met zeewater heeft als eigenschappen:

- opgeloste zuurstof : 8,5 mg/l
- temperatuur : 6,4 °C
- geleidbaarheid : 2500 µS/cm
- zuurtegraad : 7,6.

3.3.1. DWARSPROFIELEN OVER DE VOLLEDIGE BREEDTE VAN DE SCHELDE

3.3.1.1. METINGEN EEN METER ONDER HET WATEROPPERVLAK

De staalname werd gestart bij laag tij, vervolgens werden de metingen uitgevoerd bij half tij-vloed, hoog tij en half tij-eb. Er was laag tij om 08h47, terwijl de staalname bij laag tij uitgevoerd werd tussen 08h32 en 10h40. Dit betekent dat er gedurende de metingen bij laag tij er bijna geen stroomafwaartse stroming meer was en er naar het einde toe er reeds een stroomopwaartse stroming begon. Bij de metingen van half tij-vloed was de stroomopwaartse stroming ten volle bezig. De metingen bij hoog tij werden uitgevoerd tussen 14h02 en 15h57, terwijl er hoog tij was om 14h34. Bij het einde van de metingen bij hoog tij was er reeds een stroomafwaartse stroming. Bij half tij-eb was er uiteraard een sterke stroomafwaartse stroming.

3.3.1.1.1. Analyseresultaten

De resultaten van de metingen van de temperatuur, de opgeloste zuurstof, de geleidbaarheid en de zuurtegraad, uitgevoerd op 16.02.88 zijn weergegeven in de tabellen 11, 12, 13 en 14. De resultaten van de analyses op chloriden, COD, ammoniakale stikstof en nitriet-stikstof zijn opgegeven in de tabellen 15, 16, 17 en 18.

Tabel 11: Analyseresultaten van het dwarsprofiel A bij vier verschillende getijden (16.02.88)

Meetpunt	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Laag tij					
A1	08h32	7,53	6,2	5,3	-
A2	08h37	7,50	6,0	5,1	-
A3	08h40	7,50	6,1	5,1	-
A4	08h47	7,50	6,1	5,2	-
A5	08h59	7,50	6,1	5,2	-
A6	09h03	7,50	6,2	5,4	-
A7	09h07	7,54	6,4	5,9	-
Half tij-vloed					
A1	11h33	7,56	7,1	6,4	917
A2	11h36	7,57	7,4	6,5	950
A3	11h37	7,59	7,7	6,8	983
A4	11h40	7,54	6,5	6,2	867
A5	11h55	7,43	6,5	6,2	858
A6	11h57	7,46	6,6	6,2	875
A7	11h59	7,46	6,4	6,4	908
Hoog tij					
A1	14h02	7,49	6,6	7,8	1308
A2	14h04	7,52	6,7	7,5	1317
A3	14h06	7,47	6,4	7,5	1358
A4	14h08	7,56	6,4	7,5	1375
A5	14h19	7,57	6,4	7,5	1350
A6	14h21	7,54	6,4	7,5	1333
A7	14h23	7,55	6,4	7,5	1342
Half tij-eb					
A1	16h41	7,62	6,4	7,4	1342
A2	16h44	7,62	6,4	7,3	1317
A3	16h46	7,62	6,4	7,2	1250
A4	16h49	7,60	6,3	7,2	1258
A5	17h02	7,59	6,4	7,1	1217
A6	17h04	7,59	6,4	7,0	1183
A7	17h06	7,58	6,4	6,8	1142

Tabel 12: Analyseresultaten van het dwarsprofiel B bij vier verschillende getijden (16.02.88)

Meetpunt	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Laag tij					
B1	09h22	7,51	6,3	5,4	-
B2	09h27	7,50	6,2	5,2	-
B3	09h38	7,50	6,2	5,2	-
B4	09h40	7,50	6,1	5,2	-
B5	09h43	7,50	6,2	5,3	-
B6	09h45	7,51	6,2	5,4	-
B7	09h47	7,53	6,3	5,8	-
Half tij-vloed					
B1	12h21	7,47	7,8	7,1	908
B2	12h25	7,49	6,7	6,5	900
B3	12h33	7,54	6,5	6,5	942
B4	12h36	7,54	6,5	6,7	1000
B5	12h38	7,56	6,5	7,1	-
B6	12h39	7,56	6,4	6,9	-
B7	12h41	7,55	6,4	6,8	1058
Hoog tij					
B1	14h31	7,49	6,9	7,9	1533
B2	14h35	7,59	7,5	7,5	1392
B3	14h44	7,62	7,7	7,9	1642
B4	14h55	7,48	6,4	7,8	1550
B5	14h57	7,55	6,5	7,7	1500
B6	14h59	7,50	6,5	7,6	1383
B7	15h00	7,52	6,5	7,6	1400
Half tij-eb					
B1	17h14	7,61	6,4	7,4	1292
B2	17h17	7,61	6,4	7,3	1258
B3	17h24	7,60	6,4	7,3	1242
B4	17h26	7,59	6,4	7,2	1233
B5	17h29	7,60	6,4	7,2	1225
B6	17h31	7,57	6,4	6,9	1142
B7	17h34	7,57	6,4	6,8	1133

Tabel 13: Analyseresultaten van het dwarsprofiel C bij vier verschillende getijden (16.02.88)

Meetpunt	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Laag tij					
C3	09h55	7,63	8,8	6,8	-
C4	10h00	7,60	6,8	7,0	-
C5	10h02	7,61	6,6	7,0	-
C6	10h05	7,60	6,6	6,9	-
C7	10h07	7,58	6,5	6,6	-
Half tij-vloed					
C3	12h53	7,58	6,5	7,2	1208
C4	13h01	7,58	6,4	7,3	1225
C5	13h03	7,58	6,4	7,2	1233
C6	13h05	7,57	6,4	7,2	1258
C7	13h06	7,58	6,4	7,3	1283
Hoog tij					
C3	15h16	7,67	6,2	8,5	2250
C4	15h25	7,64	6,3	7,9	1692
C5	15h27	7,63	6,4	7,7	1508
C6	15h29	7,62	6,4	7,8	1575
C7	15h30	7,62	6,3	8,0	1708
Half tij-eb					
C3	17h44	7,61	6,4	7,3	1250
C4	17h52	7,59	6,4	7,0	1208
C5	17h54	7,60	6,4	7,1	1192
C6	17h55	7,60	6,4	7,1	1200
C7	17h57	7,59	6,4	7,0	1183

Tabel 14: Analyseresultaten van het dwarsprofiel D bij vier verschillende getijden (16.02.88)

Meetpunt	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Laag tij					
F2	10h18	7,57	6,5	6,3	-
F3	10h24	7,56	6,5	6,3	-
F4	10h29	7,54	6,5	5,8	-
F5	10h32	7,54	6,5	5,9	-
F6	10h35	7,54	6,5	6,1	-
F7	10h38	7,55	6,5	6,1	-
F8	10h40	7,55	6,5	6,1	-
Half tij-vloed					
F2	13h17	7,61	6,4	7,8	1417
F3	13h21	7,59	6,5	7,4	1217
F4	13h28	7,59	6,5	7,3	1167
F5	13h30	7,58	6,4	7,3	1267
F6	13h32	7,51	6,4	7,6	1308
F7	13h34	7,44	6,5	7,1	1192
F8	13h36	7,42	6,5	7,1	1092
Hoog tij					
F2	15h39	7,63	6,5	8,4	1517
F3	15h44	7,62	6,5	8,1	1533
F4	15h50	7,58	6,4	7,9	1633
F5	15h51	7,59	6,4	7,9	1592
F6	15h53	7,56	6,4	7,9	1667
F7	15h55	7,58	6,4	7,9	1650
F8	15h57	7,53	6,4	7,8	1542
Half tij-eb					
F2	18h06	7,61	6,4	7,3	1275
F3	18h10	7,61	6,4	7,2	1283
F4	18h16	7,61	6,4	7,3	1283
F5	18h21	7,61	6,4	7,1	-
F6	18h24	7,60	6,5	6,9	-
F7	18h26	7,60	6,5	6,9	-
F8	18h29	7,60	6,4	7,3	-

**Tabel 15: Analyseresultaten van de verschillende
dwarsprofielen bij laag tij**

Meetpunt	chloriden (mg/l)	COD (mg O2/l)	NH3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)
A4	145	32	2,459	0,079
B1	177	33	2,346	0,061
B2	149	32	2,368	0,077
B4	150	29	2,387	0,078
B6	169	25	2,380	0,070
C3	281	33	2,055	0,077
C5	283	33	2,078	0,035
F2	277	26	2,264	0,042
F3	276	40	2,172	0,041
F5	232	27	2,339	0,056
F7	258	29	2,270	0,047

**Tabel 16: Analyseresultaten van de verschillende
dwarsprofielen bij half tij-vloed**

Meetpunt	chloriden (mg/l)	COD (mg O ₂ /l)	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)
A4	278	27	2,265	0,042
B1	288	37	2,025	0,048
B2	291	35	1,974	0,034
B4	345	32	1,962	0,033
B6	401	43	2,028	0,032
C3	467	44	2,404	0,033
C5	489	40	2,134	0,033
F2	675	39	2,022	0,035
F3	496	37	1,994	0,033
F5	512	39	2,055	0,034
F7	471	34	2,072	0,040

**Tabel 17: Analyseresultaten van de verschillende
dwarsprofielen bij hoog tij**

Meetpunt	chloriden (mg/l)	COD (mg O2/l)	NH3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)
A4	570	39	1,939	0,034
B1	661	67	1,846	0,036
B2	565	50	1,836	0,044
B4	684	55	1,944	0,034
B6	590	41	2,077	0,034
C3	1083	28	2,315	0,043
C5	648	41	1,851	0,036
F2	796	41	2,391	0,038
F3	672	47	1,926	0,038
F5	695	48	1,968	0,037
F7	721	42	1,892	0,037

**Tabel 18: Analyseresultaten van de verschillende
dwarsprofielen bij half tij-eb**

Meetpunt	chloriden (mg/l)	COD (mg O2/l)	NH3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)
A4	487	37	2,091	0,036
B1	509	32	2,144	0,028
B2	476	38	1,955	0,029
B4	478	60	1,797	0,030
B6	425	53	2,140	0,035
C3	478	42	2,123	0,032
C5	440	41	2,199	0,032
F2	499	77	2,081	0,036
F3	500	54	2,299	0,035
F5	453	67	2,000	0,036
F7	415	154	2,052	0,035

3.3.1.1.2. Opgeloste zuurstof

De concentratie opgeloste zuurstof is voor de vier dwarsprofielen per getijde opgegeven in de fig. 17, 18, 19 en 20. De gemiddelde concentratie per dwarsprofiel en per getijde is opgegeven in tabel 19. De resultaten zijn schematisch weergegeven in fig. 21.

Tabel 19: Gemiddelde concentratie opgeloste zuurstof (mg/l) per dwarsprofiel en per getijde

	doorsnede	doorsnede	doorsnede	doorsnede
	F	C	B	A
Laag tij	6,09	6,86	5,36	5,31
Half tij-vloed	7,37	7,24	6,80	6,39
Hoog tij	7,99	7,98	7,71	7,54
Half tij-eb	7,14	7,10	7,16	7,14

Het zuurstofgehalte van het Scheldewater nabij de kerncentrale wordt beïnvloed door 3 factoren, namelijk:

- de aanvoer van vers Scheldewater dat zuurstofarmer is,
- de invloed van het zuurstofrijker zeewater,
- de invloed van de lozing van het zuurstofrijker koelwater.

In de meetperiode was het zuurstofgehalte, in vergelijking met de normale waarden, hoog.

Het zuurstofgehalte is bij laag tij in alle dwarsprofielen het laagst en dit ten gevolge van de aanvoer van zuurstofarmer Scheldewater. De gemiddelde

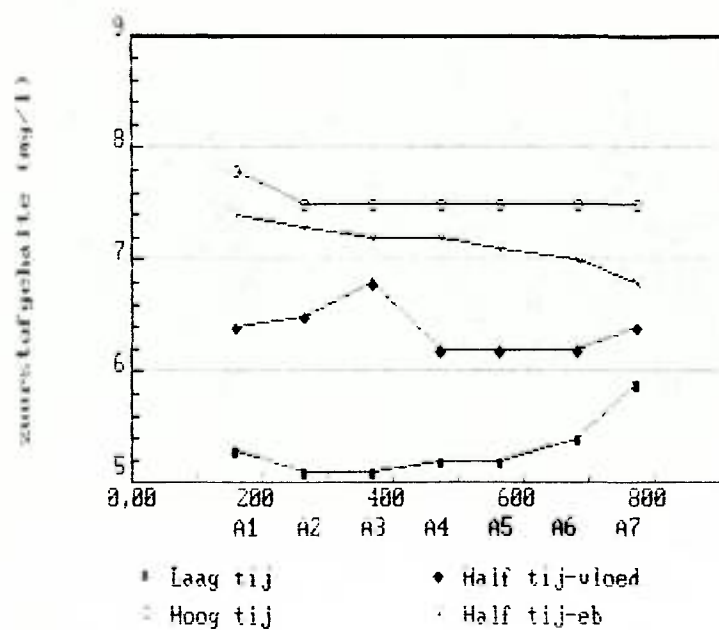


Fig. 17: Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel A bij vier verschillende getijden

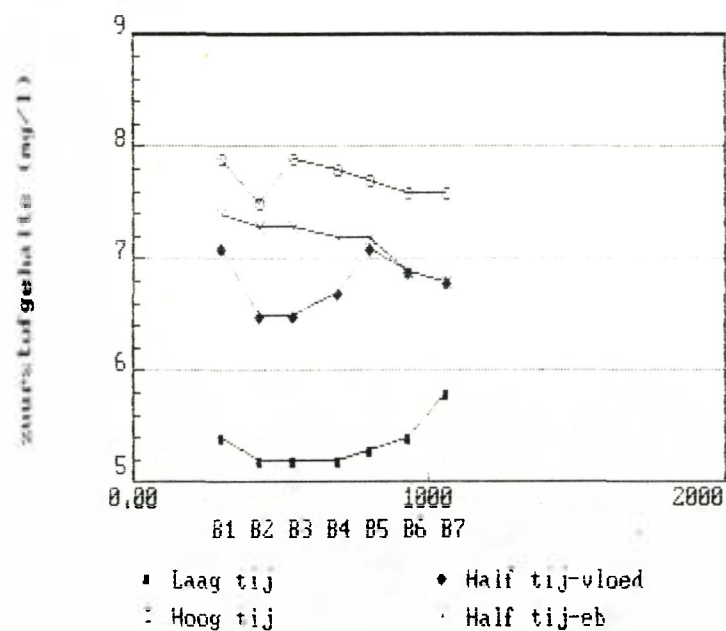


Fig. 18: Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel B bij vier verschillende getijden

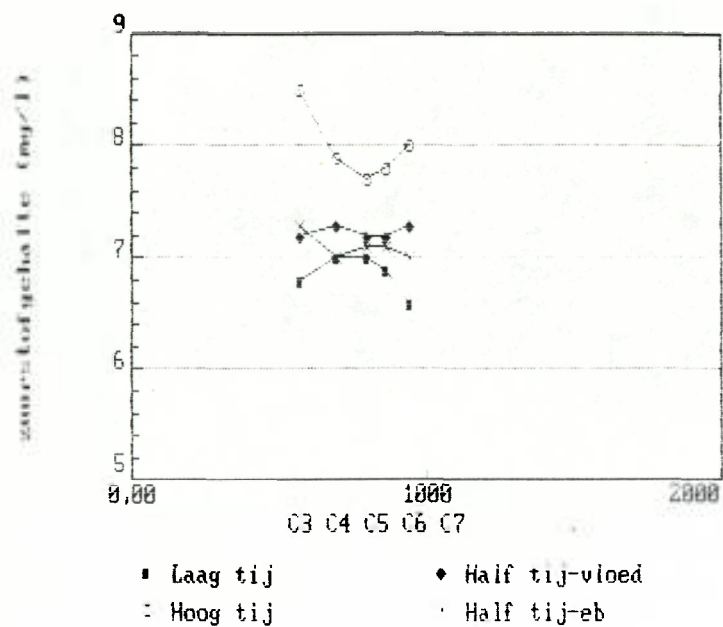


Fig. 19: Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel C bij vier verschillende getijden

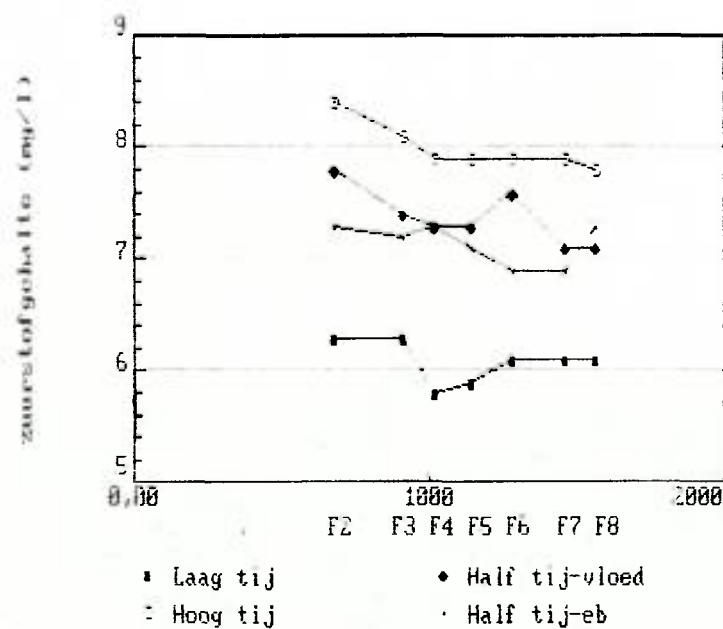


Fig. 20: Opgeloste zuurstof in het dwarsprofiel F bij vier verschillende getijden

-70-
zuurstofgehalte (mg/l)

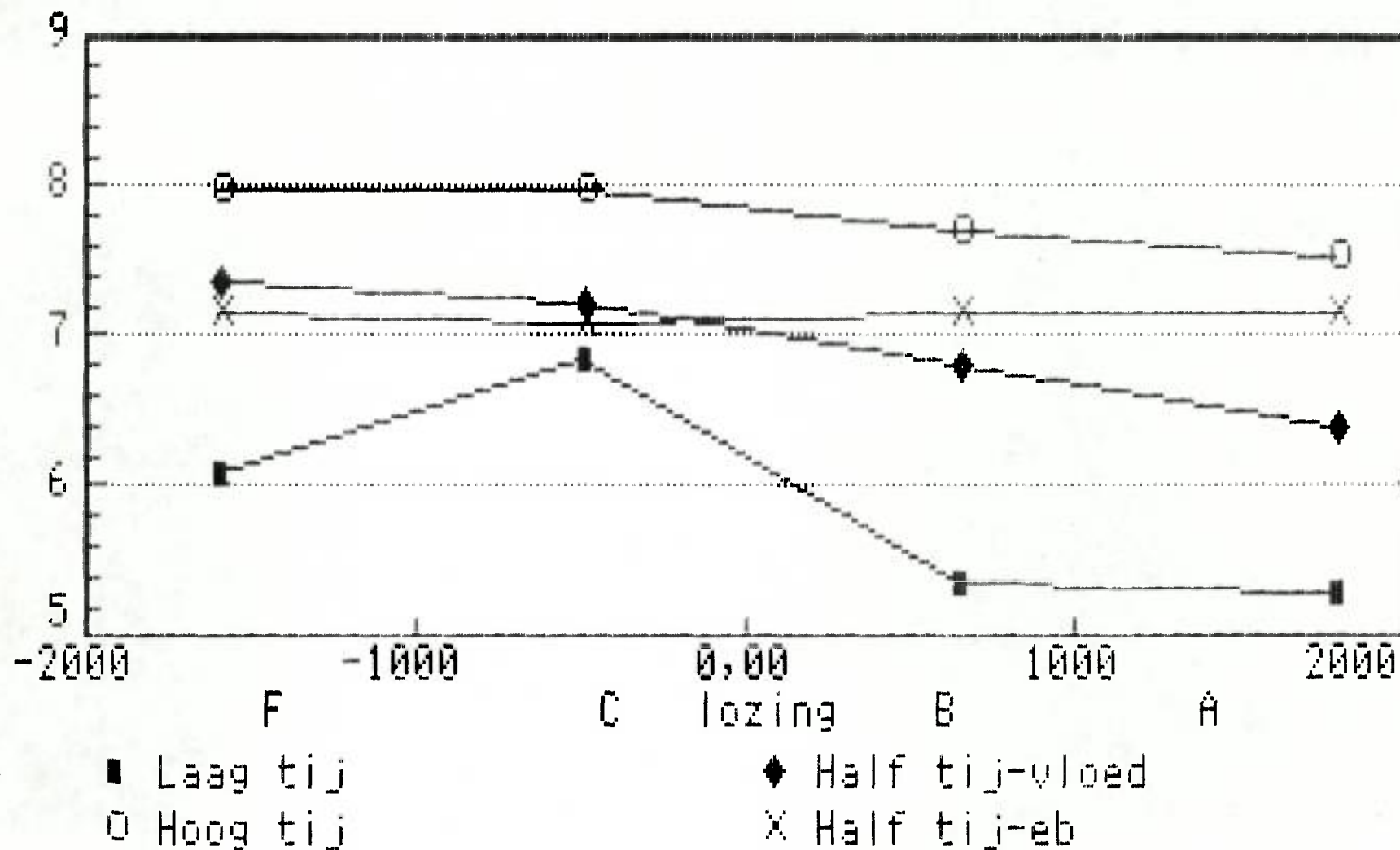


Fig. 21. Gemiddelde concentratie aan opgeloste zuurstof per dwarsprofiel en per getijde.

zuurstofconcentratie is het grootst in het dwarsprofiel C onmiddellijk gelegen na het lozingspunt. Er wordt een toename vastgesteld van ongeveer 1,5 mg O₂/l.

Bij half tij-vloed is er aanvoer van zuurstofrijker zeewater. Het gemiddeld zuurstofgehalte per dwarsprofiel daalt van stroomafwaartse naar stroomopwaartse richting.

Bij hoog tij is het zuurstofgehalte ongeveer 2 mg/l hoger dan bij laag tij. Het gemiddelde per dwarsprofiel neemt terug af van stroomafwaartse naar stroomopwaartse richting.

Bij half tij-eb daalt de gemiddelde zuurstofconcentratie per dwarsprofiel terug ten opzichte van deze bij hoog tij.

Uit de dwarsprofielen kan afgeleid worden dat het zuurstofgehalte over het algemeen het hoogst is bij de linkeroever en dit onder invloed van het zuurstofrijker geloosde koelwater.

3.3.1.1.3. Temperatuur

De temperatuur is voor de vier dwarsprofielen per getijde opgegeven in de fig. 22, 23, 24 en 25. De gemiddelde temperatuur per dwarsprofiel en per getijde is opgegeven in tabel 20. De resultaten zijn schematisch weergegeven in fig. 26.

Tabel 20: Gemiddelde temperatuur (°C) per dwarsprofiel en per getijde

	doorsnede	doorsnede	doorsnede	doorsnede
	F	C	B	A
Laag tij	6,50	7,06	6,21	6,16
Half tij-vloed	6,46	6,42	6,69	6,89
Hoog tij	6,43	6,32	6,86	6,47
Half tij-eb	6,43	6,40	6,40	6,39

Uit de resultaten blijkt dat er bij laag tij in het dwarsprofiel C (stroomafwaarts het lozingspunt) en op 570 m van de oever er een sterke temperatuurstoename is van ongeveer 2 °C. Op een afstand van 700 m van de dijk is deze verhoging praktisch volledig teniet gedaan. De gemiddelde temperatuurstoename in het dwarsprofiel C is ongeveer 0,8 °C. In het dwarsprofiel F wordt er geen plaatselijke verhoging van de temperatuur opgemerkt, maar alleen een algemene licht toegenomen temperatuur (0,3 °C) ten opzichte van de stroomopwaartse dwarsprofielen A en B.

Bij half tij-vloed is er in de stroomopwaartse dwarsprofielen (A en B) een verhoging van de temperatuur waar te nemen aan de linkeroever en dit tot op een afstand van ongeveer 500 m van de dijk. De toename is plaatselijk ongeveer 1,5 °C en gemiddeld 0,3 -0,4 °C. De vastgestelde temperatuursverhogingen in de stroomopwaartse richting zijn vooral het gevolg van het koelwater dat met het opkomend getijde in stroomopwaartse richting meegesleurd wordt. Stroomafwaarts het lozingspunt is de temperatuurstoename kleiner.

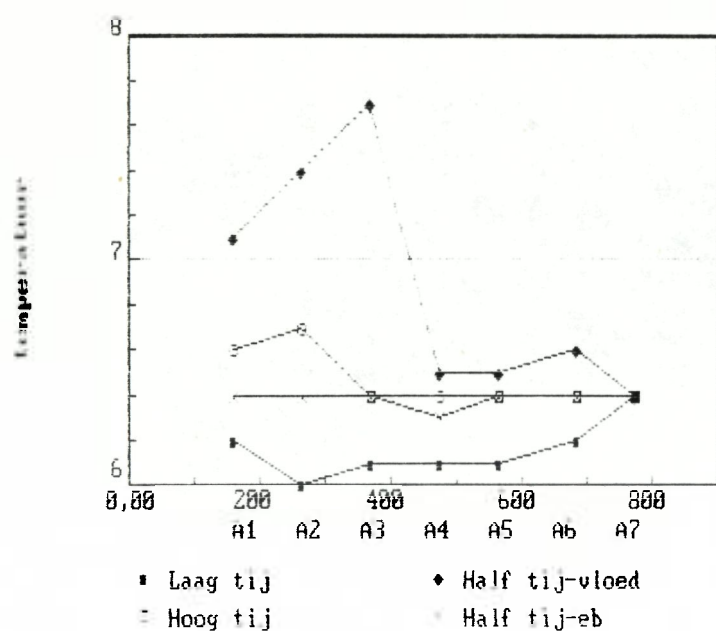


Fig. 22: Temperatuur in het dwarsprofiel A bij vier verschillende getijden

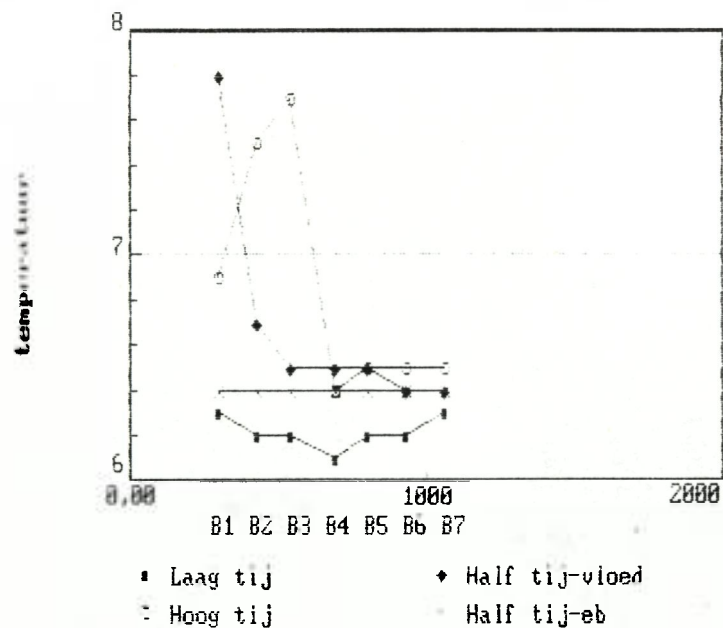


Fig. 23: Temperatuur in het dwarsprofiel B bij vier verschillende getijden

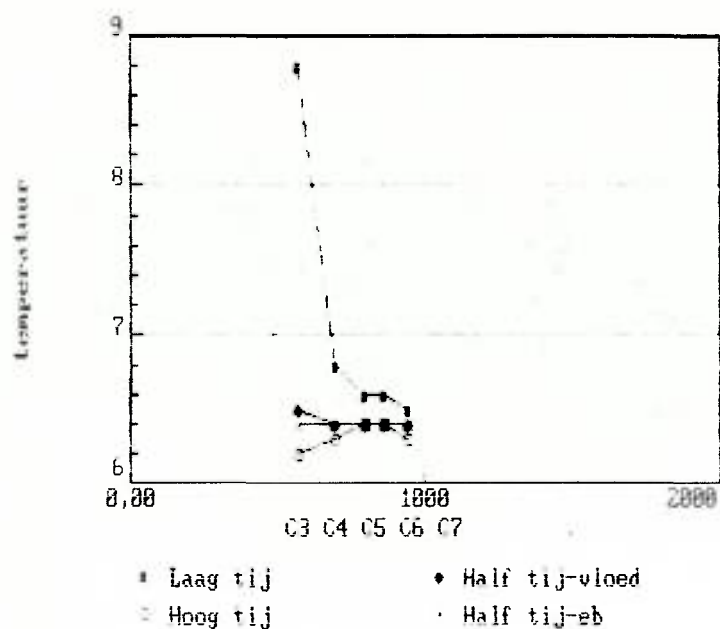


Fig. 24: Temperatuur in het dwarsprofiel C bij vier verschillende getijden

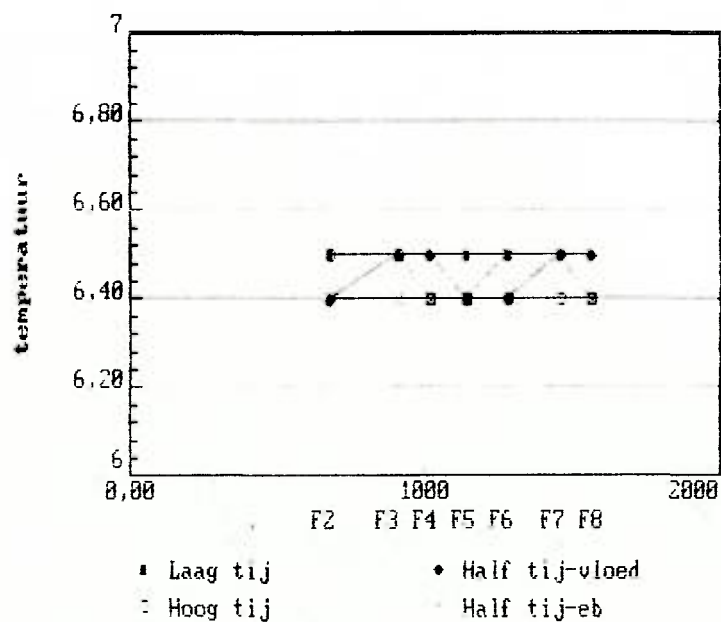


Fig. 25: Temperatuur in het dwarsprofiel F bij vier verschillende getijden

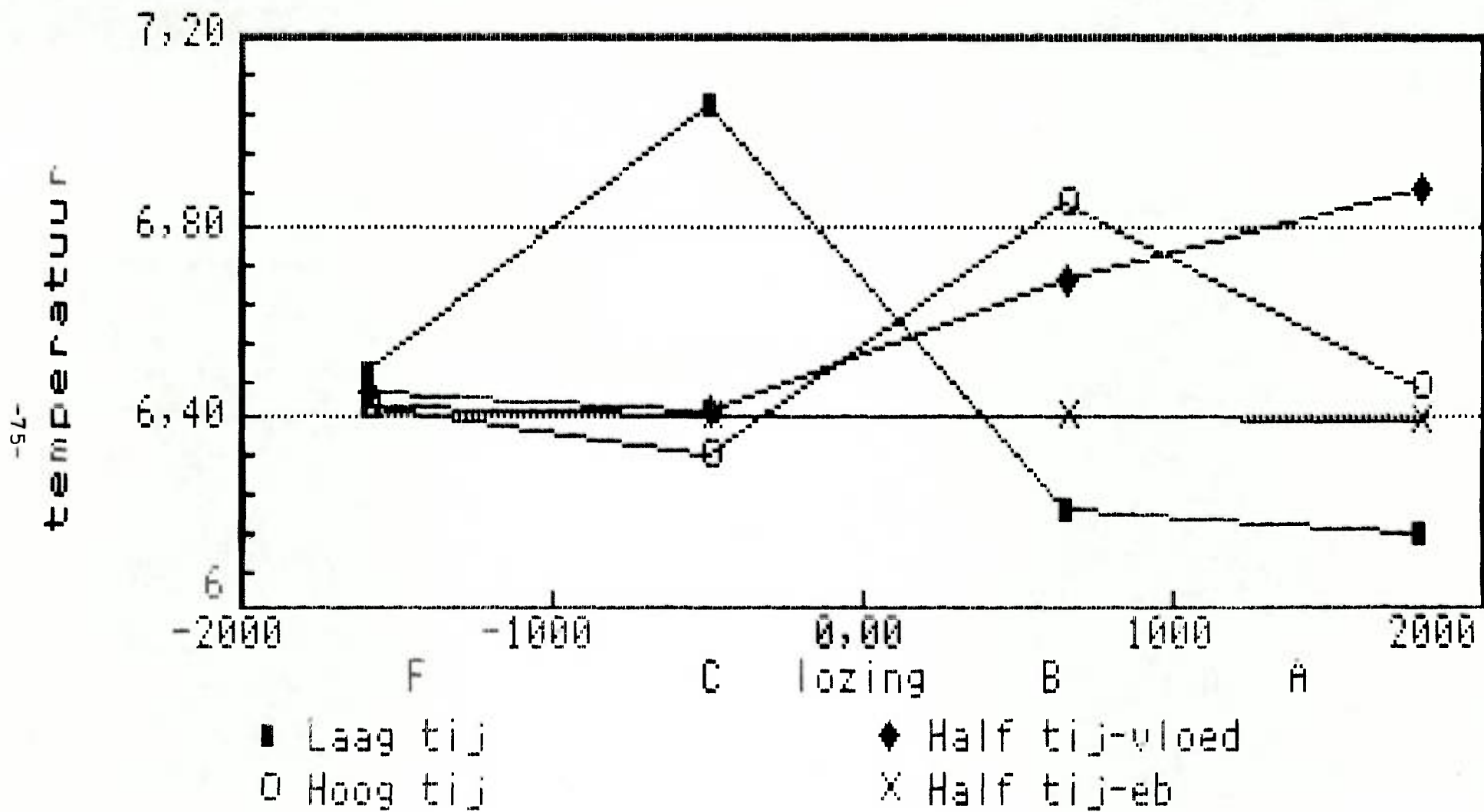


Fig. 26. Gemiddelde temperatuur (°C) per dwarsprofiel en per getijde.

Bij hoog tij is er in het dwarsprofiel B tot op 500 m van de dijk nog een temperatuursverhoging van 1 °C vastgesteld. In het stroomopwaartse dwarsprofiel A is er nog slechts een geringe temperatuursverhoging tot op 300 m van de linkeroever. Op dit punt grijpt er reeds een afkoeling plaats door de toevoer van vers Scheldewater. In de stroomafwaartse richting wordt er geen temperatuursverhoging meer vastgesteld.

Bij half tij-eb is er op geen enkel dwarsprofiel een verhoging van de temperatuur vastgesteld.

3.3.1.1.4. Geleidbaarheid

De gemiddelde geleidbaarheid is voor de verschillende dwarsprofielen en voor de verschillende getijden opgegeven in tabel 21. De resultaten zijn weergegeven in fig. 27.

De verschillende dwarsprofielen van de Schelde tonen aan dat er een toename is van de geleidbaarheid in de stroomafwaartse richting. Er dient opgemerkt te worden dat de geleidbaarheid in de meetperiode zeer laag was door de grote neerslag van de laatste maanden. In droge perioden kan de geleidbaarheid oplopen tot meer dan 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Uit de resultaten blijkt dat er bij half tij-vloed een toename is van de geleidbaarheid in stroomafwaartse richting.

Dezelfde vaststelling wordt gemaakt bij hoog tij, uitgezonderd voor het dwarsprofiel F, waar de geleidbaarheid lager is dan in het dwarsprofiel C. Dit kan verklaard worden door het feit dat, op het ogenblik van de meting in dwarsprofiel, F het hoog tij reeds meer dan 1

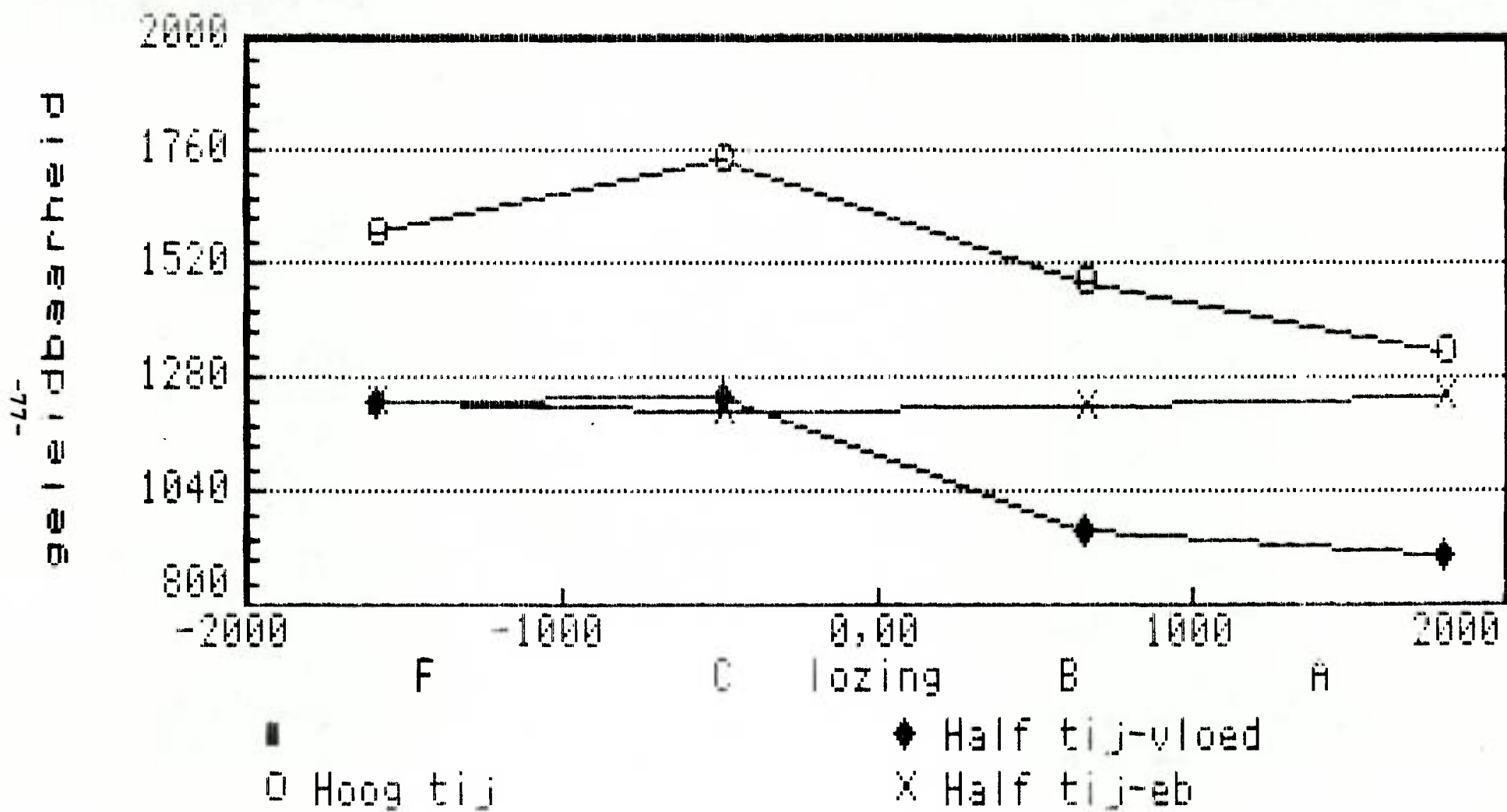


Fig. 27. Gemiddelde geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$) per dwarsprofiel en per getijde.

uur voorbij was zodat er reeds vers Scheldewater aangevoerd werd.

Tabel 21: Gemiddelde geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$) per dwarsprofiel en per getijde

	doorsnede	doorsnede	doorsnede	doorsnede
	F	C	B	A
Half tij-vloed	1237	1241	961	908
Hoog tij	1591	1746	1486	1340
Half tij-eb	1233	1207	1218	1244

Bij half tij-eb is er in de verschillende dwarsprofielen weinig verschil in de geleidbaarheid, wat verklaard wordt door de aanvoer van vers Scheldewater en de terugdringing van het zeewater.

Uit de metingen kan besloten worden dat de werking van de kerncentrale geen invloed heeft op de geleidbaarheid van het Scheldewater.

3.3.1.1.5. Zuurtegraad

Bij de verschillende dwarsdoorsneden over de Schelde is er voor hetzelfde getijde weinig verandering van de zuurtegraad. Deze ligt bij laag tij praktisch altijd tussen de 7,5 en 7,6. Bij half tij-vloed schommelt deze tussen 7,4 en 7,6, bij hoog tij tussen 7,45 en 7,65 en bij half tij-eb tussen 7,55 en 7,65.

De werking van de kerncentrale heeft geen invloed op de zuurtegraad.

3.3.1.1.6. Chloriden

In tabel 22 is het gemiddeld chloridegehalte per dwarsprofiel en per getijde opgegeven.

Tabel 22: Gemiddeld chloridegehalte per dwarsprofiel en per getijde

	doorsnede	doorsnede	doorsnede	doorsnede
	F	C	B	A
Laag tij	261	282	161	145
Half tij-vloed	539	478	331	278
Hoog tij	721	864	625	570
Half tij-eb	467	458	471	487

Het verloop van het chloridegehalte is gelijkaardig met dit van de geleidbaarheid. Het chloridegehalte was in de meetperiode zeer laag. In drogere perioden kunnen deze oplopen tot meer dan 5000 mg/l.

Bij laag tij is er een lichte toename van het chloridegehalte in stroomafwaartse richting.

Tengevolge van het binnenkomende zeewater is er ook bij half tij-vloed een toename van het chloridegehalte in stroomafwaartserichting. In het dwarsprofiel A is het chloridegehalte 278, in B 331, in C 478 en in F 539.

Dezelfde vaststelling wordt gemaakt bij hoog tij. Alleen bij het dwarsprofiel F is het chloridegehalte iets lager dan bij het stroomopwaartse dwarsprofiel C.

Bij half tij-eb is er in de verschillende dwarsprofielen weinig verschil in het chloridegehalte. Het gemiddelde per dwarsprofiel ligt tussen 450 en 500 mg/l. Deze concentraties zijn reeds duidelijk lager dan bij hoog tij.

3.3.1.1.7. Chemisch zuurstofverbruik

In tabel 23 is de gemiddelde COD per dwarsprofiel en per getijde opgegeven.

Tabel 23: Gemiddelde COD (mg O₂/l) per dwarsprofiel en per getijde.

	doorsnede	doorsnede	doorsnede	doorsnede
	F	C	B	A
Laag tij	30	33	30	32
Half tij-vloed	37	42	37	27
Hoog tij	44	34	53	39
Half tij-eb	88	41	46	37

Uit de resultaten is er geen verband te leggen tussen de COD en de werking van de kerncentrale.

3.3.1.1.8. Ammoniakale stikstof

In tabel 24 is de gemiddelde concentratie ammoniakale stikstof per dwarsprofiel en per getijde opgegeven.

Tabel 24: Gemiddelde concentratie ammoniakale stikstof (mg/l) per dwarsprofiel en per getijde

	doorsnede	doorsnede	doorsnede	doorsnede
	F	C	B	A
Laag tij	2,261	2,066	2,370	2,459
Half tij-vloed	2,036	2,269	1,997	2,265
Hoog tij	2,044	2,083	1,926	1,939
Half tij-eb	2,108	2,161	2,009	2,091

Uit de vergelijking van het opgenomen en geloosde koelwater werd vastgesteld dat het geloosde koelwater gemiddeld minder dan de helft ammoniakale stikstof bevat dan het geloosde koelwater.

Ten opzichte van het Scheldebiet is het lozings-debiet echter klein zodat er geen echt meetbare invloed in de Schelde mogelijk is.

3.3.1.1.9. Nitriet-stikstof

In tabel 25 is de gemiddelde concentratie nitriet-stikstof per dwarsprofiel en per getijde opgegeven.

Tabel 25: Gemiddelde concentratie nitriet-stikstof (mg/l) per dwarsprofiel en per getijde.

	doorsnede	doorsnede	doorsnede	doorsnede
	F	C	B	A
Laag tij	0,047	0,056	0,071	0,079
Half tij-vloed	0,036	0,033	0,037	0,042
Hoog tij	0,037	0,040	0,037	0,034
Half tij-eb	0,036	0,032	0,031	0,036

Tengevolge van de werking van de koeltorens is er een gedeeltelijke oxydatie van ammoniakale stikstof naar nitriet-stikstof. De verhoging van de nitriet-stikstof in het koelwater is na lozing echter niet meetbaar in de Schelde.

3.3.1.2. METINGEN IN DE DIEPTE

Om de stratifikatie in de diepte na te gaan werden er op vier meetpunten (A4, B2, C3 en F3) dieptemetingen uitgevoerd.

3.3.1.2.1. Meetpunt A4

Het meetpunt A4 ligt ter hoogte van de haven van Doel en op 475 m van de linkeroever. De dieptemetingen werden uitgevoerd vanaf 0,5 m onder het wateroppervlak tot op ongeveer 1 m boven de bodem. De meetbare diepte is afhankelijk van het getijde en bedroeg maximaal 16 m. De resultaten zijn opgegeven in tabel 26.

Voor de opgeloste zuurstof werd er weinig of geen stratifikatie vastgesteld. Het gehalte aan opgeloste zuurstof is in de bovenste waterlagen maximaal 0,2 mg/l hoger dan in de diepste waterlagen.

Ook voor de temperatuur werd er geen enkele stratifikatie vastgesteld.

De zuurtegraad varieert zeer weinig met toenemende diepte en kan als onveranderd beschouwd worden. De waarden liggen altijd tussen 7,49 en 7,61.

Bij de verschillende getijden stijgt de geleidbaarheid maximaal 5 % vanaf 0,5 m onder het wateroppervlak tot in de diepste waterlaag.

Tabel 26: Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt A4
bij vier verschillende getijden

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Laag tij					
0,5	08h46	7,50	6,0	5,2	-
1,0	08h47	7,50	6,1	5,2	-
2,0	08h48	7,50	6,0	5,2	-
3,0	08h49	7,50	6,1	5,1	-
4,0	08h50	7,50	6,1	5,1	-
5,0	08h51	7,49	6,2	5,1	-
6,0	08h52	7,49	6,1	5,0	-
7,0	08h53	7,49	6,1	5,0	-
8,0	08h54	7,49	6,1	5,0	-
9,0	08h55	7,49	6,1	5,0	-
10,0	08h56	7,49	6,1	5,0	-
Half tij-vloed					
0,5	11h39	7,54	6,5	6,2	858
1,0	11h40	7,54	6,5	6,2	867
2,0	11h41	7,54	6,5	6,2	867
3,0	11h42	7,53	6,4	6,2	867
4,0	11h43	7,53	6,5	6,1	858
5,0	11h44	7,53	6,5	6,2	858
6,0	11h45	7,53	6,5	6,2	867
7,0	11h46	7,53	6,5	6,1	867
8,0	11h47	7,53	6,5	6,1	883
9,0	11h48	7,53	6,5	6,2	883
10,0	11h49	7,52	6,5	6,2	883
11,0	11h50	7,52	6,5	6,2	883
12,0	11h51	7,51	6,5	6,2	875
13,0	11h52	7,51	6,5	6,1	875

Tabel 26 (vervolg).

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Hoog tij					
0,5	14h07	7,55	6,4	7,5	1350
1,0	14h08	7,56	6,4	7,5	1375
2,0	14h10	7,52	6,5	7,6	1383
4,0	14h11	7,56	6,4	7,5	1392
6,0	14h12	7,52	6,4	7,5	1375
8,0	14h13	7,50	6,4	7,5	1367
10,0	14h14	7,56	6,4	7,5	1367
12,0	14h15	7,50	6,4	7,4	1350
14,0	14h16	7,50	6,4	7,4	1350
16,0	14h17	7,52	6,4	7,4	1342
Half tij-eb					
0,5	16h48	7,61	6,3	7,2	1212
1,0	16h49	7,60	6,3	7,2	1258
2,0	16h51	7,60	6,4	7,2	1267
4,0	16h53	7,60	6,3	7,2	1292
6,0	16h55	7,60	6,3	7,2	1292
8,0	16h57	7,60	6,3	7,2	1300
10,0	16h58	7,60	6,3	7,2	1300
12,0	16h59	7,61	6,4	7,2	1300
14,0	17h00	7,61	6,4	7,2	1308

3.3.1.2.2. Meetpunt B2

Het meetpunt B2 ligt op 430 m van de linkeroever en bevindt zich recht tegenover de watervang. De maximum gemeten diepte was 14 m. De resultaten zijn opgegeven in tabel 27.

Tabel 27: Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt B2 bij vier verschillende getijden

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Laag tij					
0,5	09h26	7,50	6,2	5,2	-
1,0	09h27	7,50	6,2	5,2	-
2,0	09h28	7,49	6,2	5,2	-
3,0	09h29	7,50	6,2	5,2	-
4,0	09h30	7,50	6,2	5,2	-
5,0	09h31	7,50	6,2	5,3	-
6,0	09h32	7,50	6,2	5,3	-
7,0	09h33	7,50	6,2	5,3	-
8,0	09h34	7,50	6,2	5,3	-
9,0	09h35	7,50	6,2	5,3	-
Half tij-vloed					
0,5	12h23	7,47	7,7	6,6	892
1,0	12h25	7,49	6,7	6,5	900
2,0	12h26	7,51	6,7	6,4	900
4,0	12h27	7,52	6,7	6,5	908
6,0	12h28	7,52	6,6	6,4	908
8,0	12h29	7,52	6,5	6,4	908
11,0	12h30	7,52	6,5	6,4	900

Tabel 27 (vervolg)

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Hoog tij					
0,5	14h33	7,58	7,4	7,5	1367
1,0	14h35	7,59	7,5	7,5	1392
2,0	14h36	7,61	7,4	7,6	1433
4,0	14h37	7,60	7,4	7,7	1542
6,0	14h38	7,56	7,3	7,8	1600
8,0	14h39	7,56	6,5	8,0	1767
10,0	14h40	7,60	6,4	8,0	1775
12,0	14h41	7,61	6,4	8,0	1783
14,0	14h42	7,62	6,3	8,0	1783
Half tij-eb					
0,5	17h16	7,61	6,4	7,3	1258
1,0	17h17	7,61	6,4	7,3	1258
2,0	17h18	7,61	6,4	7,3	1258
4,0	17h19	7,61	6,4	7,3	1292
6,0	17h20	7,61	6,4	7,2	1317
8,0	17h21	7,61	6,4	7,2	1325
11,0	17h22	7,61	6,4	7,2	1325

Voor de opgeloste zuurstof is er bij laag tij en half tij-eb praktisch geen stratifikatie op te merken. Bij half tij-vloed wordt de bovenste waterlaag iets met zuurstof aangerijkt door de lozing van het koelwater. De onderste waterlaag wordt eveneens aangerijkt door de toevoer van zuurstofrijker zeewater. Het effect in de bovenste waterlaag van de lozing van het koelwater is in werkelijkheid groter dan het gemeten verschil tussen de

bovenste en onderste waterlaag. Bij hoog tij is er met toenemende diepte een zuurstoftoename van 0,5 mg/l, wat te wijten is aan de aanvoer van zuurstofrijker zeewater. De bovenste waterlaag wordt aangerijkt door de lozing van koelwater en aangevoerd zeewater.

Er is geen stratifikatie van de temperatuur bij laag tij en half tij-eb; het geloosde koelwater wordt bij deze getijden snel stroomafwaarts weggevoerd. Bij half tij-vloed is er een afname van de temperatuur met toenemende diepte. In de bovenste waterlaag is de temperatuur 7,7 °C en in de onderste waterlaag 6,5 °C. Er is slechts een gevoelige temperatuurstoename tussen nul en één meter onder het wateroppervlak; op één meter diepte is de temperatuur reeds gedaald tot 6,7 °C. Bij hoog tij is er eveneens een opwarming van de bovenste waterlaag, en deze is belangrijk tot op een diepte van ongeveer 6 m. Algemeen kan gesteld worden dat de bovenste waterlaag van 6 m bij hoog tij 1 °C opgewarmd wordt. De resultaten zijn weergegeven in fig. 28.

De geleidbaarheid neemt alleen bij hoog tij gevoelig toe met toenemende diepte. In de bovenste waterlaag is de geleidbaarheid 1367 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en in de onderste waterlaag 1783 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De toename is het gevolg van de aanvoer van zouter zeewater. Het zwaardere zout water schuift onder het lichte zoet water door. Bij half tij-eb is de stratifikatie veel minder, wel is de geleidbaarheid nog altijd groter dan bij laag tij (aanvoer van vers Scheldewater).

Voor de zuurtegraad wordt er weinig of geen stratifikatie opgemerkt. Bij hoog tij en half tij-eb is de pH wel ongeveer 0,1 eenheden hoger dan bij laag tij en half tij-vloed.

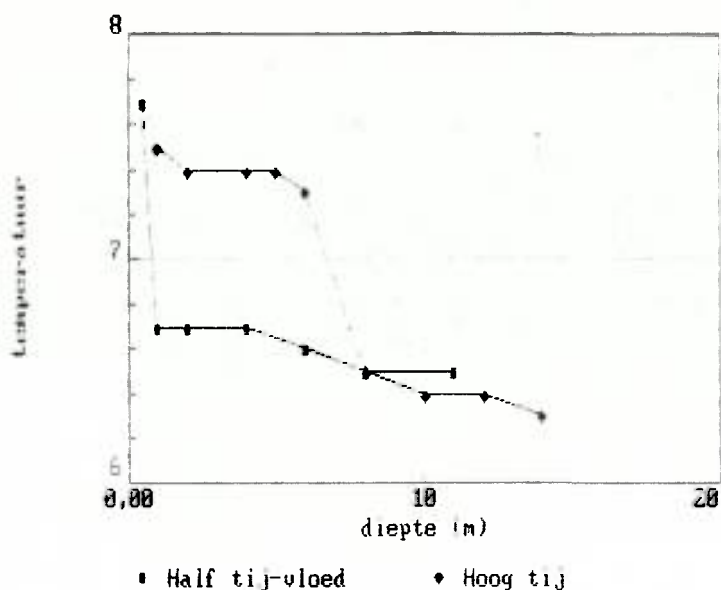


Fig. 28: Verloop van de temperatuur in de diepte in meetpunt B2 bij half tij-vloed en hoog tij

3.3.1.2.3. Meetpunt C3

Meetpunt C3 bevindt zich op 570 m van de linkeroever en is ongeveer 500 m stroomafwaarts het lozingspunt gelegen. De maximum gemeten diepte is 12 m. De resultaten zijn opgegeven in tabel 28.

Er wordt weinig stratifikatie vastgesteld voor de opgeloste zuurstof bij half tij-vloed, hoog tij en half tij-eb. Er spelen hier terug 2 factoren een rol, namelijk de aanvoer van zuurstofrijker zeewater en de lozing van koelwater. Alhoewel de werkelijke invloed van de lozing van het koelwater moeilijk kan bepaald worden is het toch waarschijnlijk dat er een zuurstofaanrijking van het Scheldewater gebeurt in de bovenste waterlagen.

Tabel 28: Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt C3
bij drie verschillende getijden

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
Half tij-vloed					
0,5	12h52	7,57	6,5	7,3	1200
1,0	12h53	7,58	6,5	7,2	1208
2,0	12h54	7,56	6,5	7,2	1217
4,0	12h55	7,57	6,5	7,2	1225
6,0	12h56	7,58	6,4	7,2	1225
8,0	12h57	7,58	6,4	7,2	1233
11,0	12h58	7,58	6,4	7,2	1233
Hoog tij					
0,5	15h12	7,67	6,4	8,6	2267
1,0	15h16	7,67	6,3	8,5	2250
2,0	15h17	7,67	6,2	8,4	2267
4,0	15h18	7,67	6,2	8,4	2267
6,0	15h19	7,67	6,2	8,4	2267
8,0	15h20	7,67	6,2	8,4	2258
10,0	15h21	7,67	6,2	8,4	2250
12,0	15h22	7,67	6,2	8,4	2250
Half tij-eb					
0,5	17h43	7,61	6,4	7,3	1217
1,0	17h44	7,61	6,4	7,3	1250
2,0	17h45	7,61	6,4	7,2	1242
4,0	17h46	7,60	6,5	7,2	1267
6,0	17h47	7,60	6,5	7,2	1267
8,0	17h48	7,60	6,4	7,1	1267
11,0	17h49	7,60	6,4	7,2	1267

Voor de temperatuur wordt er weinig stratifikatie waargenomen.

Voor de geleidbaarheid en de zuurtegraad wordt er eveneens weinig stratifikatie vastgesteld.

3.3.1.2.4. Meetpunt F3

Dit meetpunt bevindt zich op 910 m van de linkeroever en ongeveer 1600 m stroomafwaarts het lozingspunt. De maximum gemeten diepte is 7 m. De resultaten zijn opgegeven in tabel 29.

Bij laag tij is het gehalte aan opgeloste zuurstof het laagst en er is weinig stratifikatie; de bovenste waterlagen zijn ongeveer 0,2 mg/l zuurstofrijker dan de onderste waterlagen. Bij half tij-vloed en hoog tij is het zuurstofgehalte het hoogst in de onderste waterlagen door de aanvoer van zeewater. Bij half tij-eb is er eveneens weinig stratifikatie.

Voor de temperatuur is bij laag tij en half tij-eb geen stratifikatie waarneembaar. Bij half tij-vloed en hoog tij is de temperatuur in de bovenste waterlagen 0,2 °C hoger dan in de onderste waterlagen.

Bij half tij-vloed en hoog tij is de geleidbaarheid veel hoger in de onderste waterlagen ten opzichte van de bovenste waterlagen. Bij hoog tij is de geleidbaarheid 1567 $\mu\text{S}/\text{cm}$ op 0,5 m diepte en 2533 $\mu\text{S}/\text{cm}$ op 7 m diepte.

Voor de pH wordt er geen stratifikatie vastgesteld.

Tabel 29: Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt F3
bij vier verschillende getijden

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst (mg/l)	geleidbh (µS/cm)
Laag tij					
0,5	10h23	7,56	6,5	6,3	-
1,0	10h24	7,56	6,5	6,3	-
2,0	10h25	7,56	6,5	6,3	-
3,0	10h26	7,56	6,5	6,2	-
4,0	10h27	7,56	6,5	6,1	-
Half tij-vloed					
0,5	13h20	7,59	6,5	7,4	1208
1,0	13h21	7,59	6,5	7,4	1217
2,0	13h22	7,59	6,5	7,4	1267
4,0	13h26	7,59	6,4	7,5	1350
6,0	13h24	7,60	6,3	7,7	1592
7,0	13h25	7,61	6,3	7,7	1567
Hoog tij					
0,5	15h42	7,62	6,4	8,2	1567
1,0	15h44	7,62	6,5	8,1	1533
2,0	15h45	7,60	6,3	8,1	1633
4,0	15h46	7,61	6,2	8,6	2475
6,0	15h47	7,59	6,2	8,6	2525
7,0	15h48	7,61	6,2	8,6	2533
Half tij-eb					
0,5	18h09	7,61	6,4	7,3	1292
1,0	18h10	7,61	6,4	7,2	1283
2,0	18h11	7,61	6,4	7,2	1283
4,0	18h12	7,61	6,4	7,2	1283
5,0	18h13	7,61	6,4	7,2	1283

3.3.2. METINGEN BINNEN DE STREK DAM OP 15.02.88

3.3.2.1. METINGEN EEN METER ONDER HET WATEROPPERVLAK

3.3.2.1.1. Analyseresultaten

De resultaten van de metingen van temperatuur, opgeloste zuurstof, geleidbaarheid en zuurtegraad, uitgevoerd op 15.02.88, zijn weergegeven in de tabellen 30, 31 en 32. De analyseresultaten voor chloriden, COD, ammoniakale stikstof en nitriet-stikstof zijn opgegeven in de tabellen 33, 34 en 35.

3.3.2.1.2. Opgeloste zuurstof

De concentratie van opgeloste zuurstof is per dwarsprofiel binnen de strekdam voor de verschillende getijden weergegeven in de figuren 29, 30, 31 en 32. De gemiddelde concentratie opgeloste zuurstof per dwarsprofiel binnen de strekdam is per getijde opgegeven in tabel 36. De resultaten zijn schematisch weergegeven in fig. 33.

Tabel 36: Gemiddelde concentratie opgeloste zuurstof (mg/l) per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde.

	doorsn F	doorsn E	doorsn D	doorsn C	punt 1
Half tij-vloed	7,60	7,33	7,40	7,30	7,20
Hoog tij	8,50	8,37	8,03	7,90	7,90
Half tij-eb	7,30	7,33	7,33	7,40	7,50

**Tabel 30: Analyseresultaten van de metingen binnen de
strekdam bij half tij-vloed**

Meetpunt	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
1	12h25	7,56	6,6	7,2	959
C1	12h15	7,54	6,6	7,0	915
C2	12h20	7,59	6,6	7,6	1079
D1	12h10	7,58	6,6	7,2	944
D2	12h04	7,59	6,6	7,5	1020
D3	12h00	7,59	6,5	7,5	1029
E1	11h44	7,56	6,6	7,1	911
E2	11h49	7,57	6,5	7,3	965
E3	11h54	7,59	6,6	7,6	1068
F1	11h34	7,56	6,6	7,3	930
F2	11h28	7,59	6,5	7,7	1023
F3	11h21	7,59	6,5	7,8	1028

Tabel 31: Analyseresultaten van de metingen binnen de
strekdam bij hoog tij

Meetpunt	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
1	14h58	7,67	6,7	7,9	1236
C1	14h53	7,77	12,5	7,8	1130
C2	15h03	7,68	6,6	8,0	1326
D1	14h47	7,67	6,9	7,8	1260
D2	14h42	7,68	8,2	8,0	1220
D3	14h38	7,69	6,4	8,3	1500
E1	14h22	7,68	6,5	8,2	1435
E2	14h27	7,69	6,5	8,4	1531
E3	14h32	7,66	6,4	8,5	1619
F1	14h15	7,69	6,4	8,3	1505
F2	14h10	7,70	6,4	8,6	1671
F3	14h05	7,70	6,5	8,6	1635

**Tabel 32: Analyseresultaten van de metingen binnen de
strekdam bij half tij-eb**

Meetpunt	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
1	16h38	7,65	7,8	7,5	1095
C1	16h42	7,73	13,0	7,5	1126
C2	16h47	7,63	6,7	7,3	1040
D1	16h53	7,65	7,3	7,5	1086
D2	16h57	7,63	6,7	7,3	1048
D3	17h03	7,63	6,7	7,2	1014
E1	17h16	7,67	7,8	7,5	1094
E2	17h12	7,64	6,7	7,3	1045
E3	17h08	7,63	6,7	7,2	1029
F1	17h21	7,65	7,2	7,4	1086
F2	17h25	7,64	6,7	7,3	1044
F3	17h29	7,63	6,7	7,2	1026

Tabel 33: Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij half tij-vloed

Meetpunt	chloriden (mg/l)	COD (mg O2/l)	NH3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)
1	267	47	2,110	0,025
C1	252	34	2,015	0,028
C2	345	43	1,774	0,035
D1	271	47	1,875	0,033
D2	315	40	1,837	0,033
D3	314	43	1,960	0,032
E1	261	21	1,767	0,039
E2	283	37	1,984	0,035
E3	349	49	1,781	0,029
F1	272	28	1,916	0,042
F2	320	42	2,755	0,031
F3	334	50	1,790	0,025

Tabel 34: Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij hoog tij

Meetpunt	chloriden (mg/l)	COD (mg O2/l)	NH3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)
1	416	39	1,982	0,034
C1	362	44	1,572	0,089
C2	462	48	1,896	0,039
D1	400	39	1,767	0,050
D2	418	32	1,791	0,062
D3	577	32	1,850	0,039
E1	544	35	1,832	0,035
E2	605	36	1,849	0,041
E3	642	41	1,720	0,037
F1	582	49	1,749	0,030
F2	691	42	1,681	0,038
F3	660	37	1,502	0,033

Tabel 35: Analyseresultaten van de metingen binnen de strekdam bij half tij-eb

Meetpunt	chloriden (mg/l)	COD (mg O2/l)	NH3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)
1	329	52	1,963	0,040
C1	345	39	1,877	0,061
C2	301	69	2,012	0,035
D1	337	75	1,937	0,034
D2	314	45	1,963	0,031
D3	295	47	2,008	0,029
E1	331	42	2,134	0,038
E2	311	20	2,225	0,029
E3	299	39	2,062	0,029
F1	329	35	2,016	0,032
F2	306	46	1,906	0,028
F3	287	48	1,999	0,026

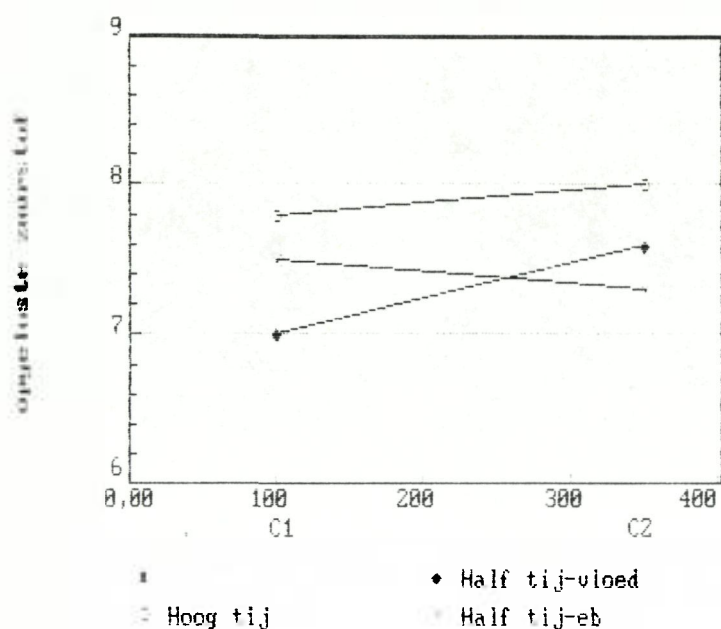


Fig. 29: Opgeloste zuurstof (mg O₂/l) in het dwarsprofiel C binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

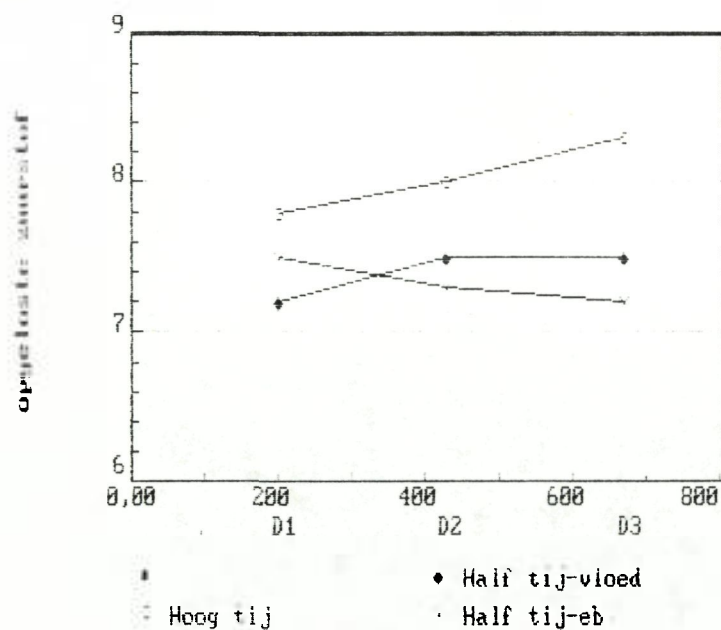


Fig. 30: Opgeloste zuurstof (mg O₂/l) in het dwarsprofiel D binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

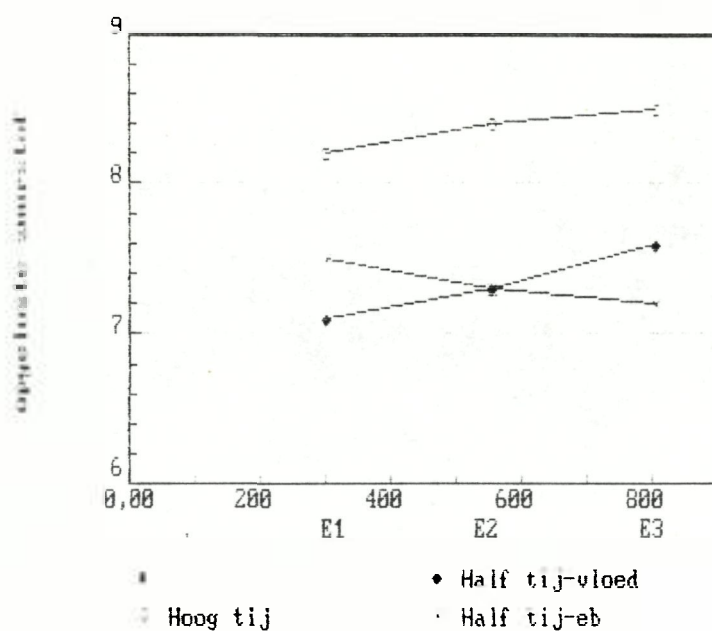


Fig. 31: Opgeloste zuurstof (mg O₂/l) in het dwarsprofiel E binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

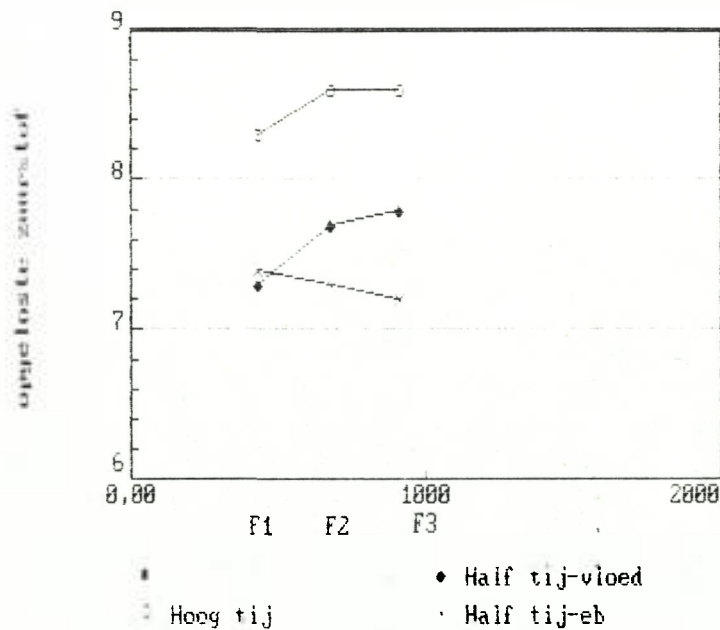


Fig. 32: Opgeloste zuurstof (mg O₂/l) in het dwarsprofiel F binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

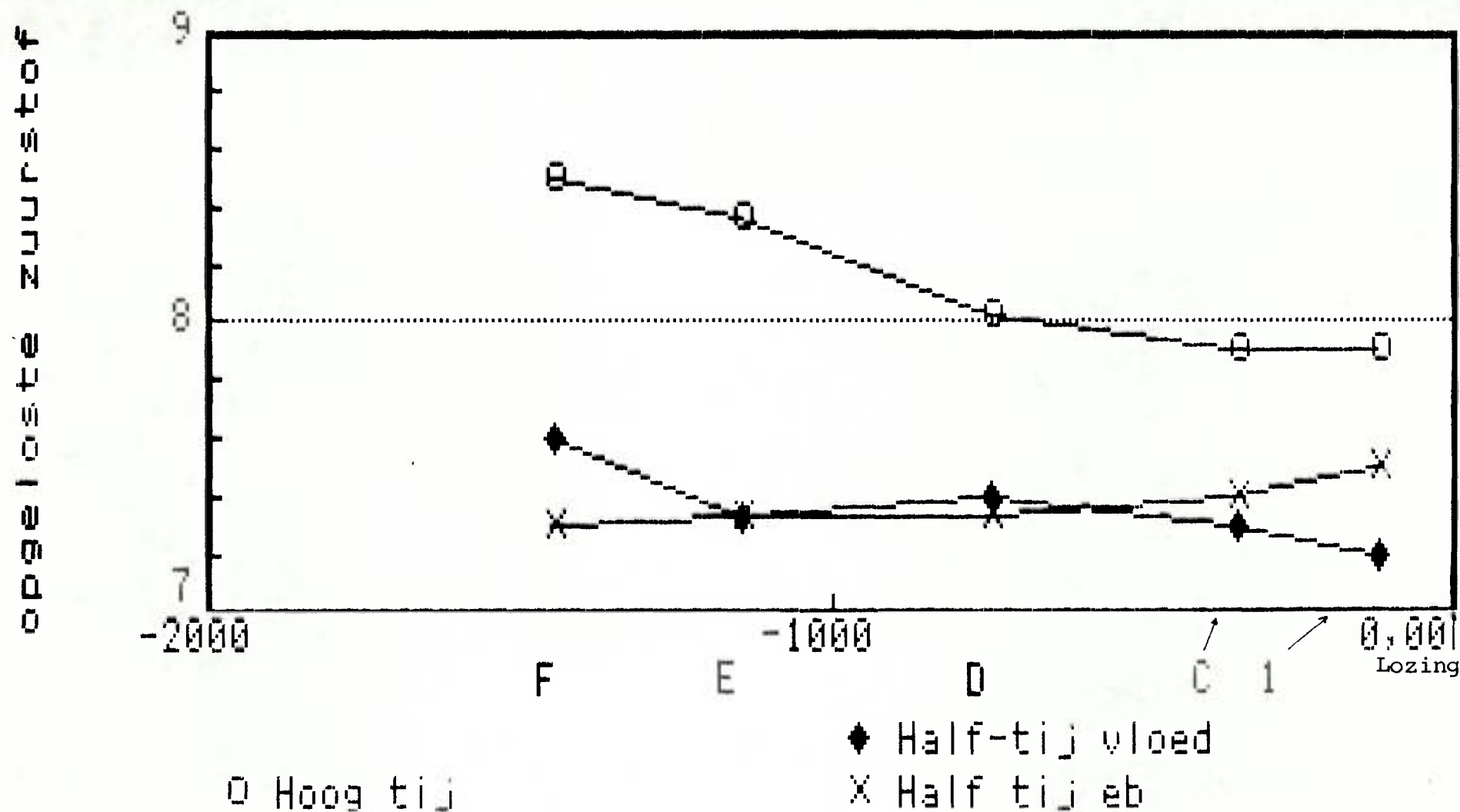


Fig. 33. Gemiddelde concentratie aan opgeloste zuurstof (mg/l) per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde.

Bij half tij-vloed is het gehalte aan opgeloste zuurstof merkkelijk lager dan bij hoog tij en er is tevens een lichte toename in stroomafwaartse richting. Deze toename is het gevolg van de toevoer van zuurstofrijker zeewater en een eventuele invloed van het geloosde koelwater. Uit de dwarsprofielen blijkt eveneens dat er een lichte toename is vanaf 200 meter van de linkeroever tot aan de strekdam.

Bij hoog tij worden de hoogste zuurstofkoncentraties gemeten. Er is terug een toename in stroomafwaartse richting en in de dwarsrichting vanaf 200 meter van de linkeroever tot aan de strekdam.

Bij half tij-eb wordt het koelwater in stroomafwaartse richting afgevoerd en is het zuurstofgehalte het hoogst dichtst bij het lozingspunt. Uit de dwarsprofielen blijkt dat onder invloed van het geloosde koelwater het zuurstofgehalte het hoogst is dichtst bij de linkeroever.

3.3.2.1.3. Temperatuur

De temperatuur is per dwarsprofiel binnen de strekdam voor de verschillende getijden weergegeven in de figuren 34, 35, 36 en 37. De gemiddelde temperatuur per dwarsprofiel binnen de strekdam is per getijde opgegeven in tabel 37. De resultaten zijn schematisch weergegeven in fig. 38.

Bij half tij-vloed is er weinig verschil tussen de dwarsprofielen C, D, E en F. In de dwarsprofielen zelf zijn er eveneens weinig variaties op te merken. Bij dit getijde is er immers aanvoer van zeewater en wordt het geloosde koelwater in de stroomopwaartse richting gestuurd.

Tabel 37: Gemiddelde temperatuur (°C) per dwarsprofiel binnen de strekdam per getijde

	doorsn F	doorsn E	doorsn D	doorsn C	punt 1
Half tij-vloed	6,53	6,57	6,57	6,60	6,60
Hoog tij	6,43	6,47	7,17	9,55	6,70
Half tij-eb	6,87	7,07	6,90	9,85	7,80

Bij hoog tij is er een duidelijke temperatuurstoename in het dwarsprofiel C; de gemiddelde temperatuur bedraagt 9,55 °C ten opzichte van een normale waarde van 6,1. In het dwarsprofiel D is de temperatuur reeds gedaald tot 7,17 °C en in de dwarsprofielen E en F wordt er nog slechts een kleine toename vastgesteld. Uit het dwarsprofiel C blijkt eveneens dat de temperatuur het hoogst is aan de linkeroever terwijl deze in het dwarsprofiel D het hoogst is op 430 m van de linkeroever.

Bij half tij-eb is de gemiddelde temperatuur in het dwarsprofiel C gestegen tot 9,85 °C en daalt vervolgens zeer snel tot 6,9 °C in het dwarsprofiel D. Uit de dwarsprofielen blijkt duidelijk dat de temperatuur het hoogst is dichtst bij de linkeroever.

Algemeen werd waargenomen dat er stroomafwaarts het lozingspunt geen temperatuurstoename is bij half tij-vloed. Bij hoog tij en half tij-eb is er echter een duidelijke toename aan de linkeroever, doch op een stroomafwaartse afstand van ongeveer 750 m van het lozingspunt is er reeds een zeer sterke terugval van de temperatuur.

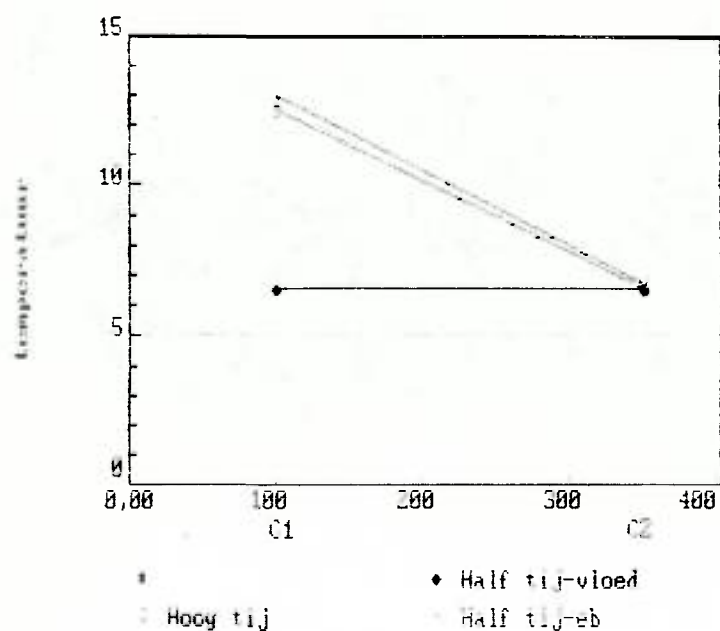


Fig. 34: De temperatuur (°C) in het dwarsprofiel C binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

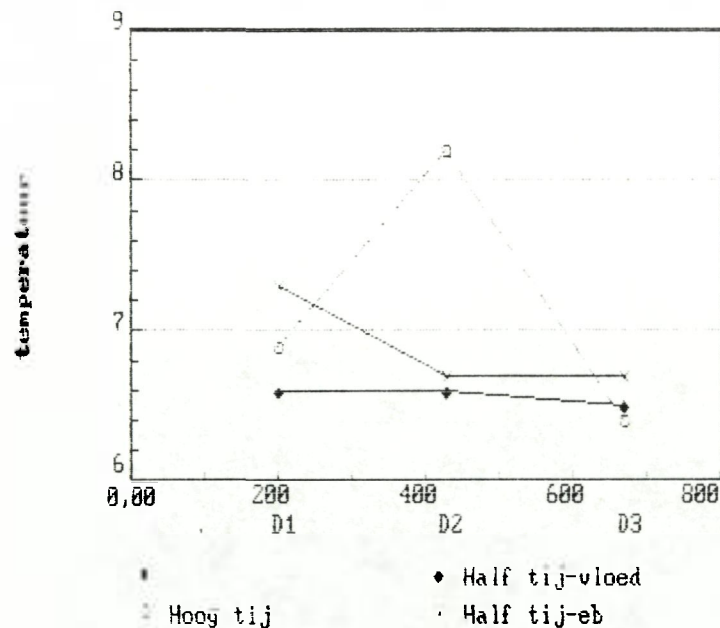


Fig. 35: De temperatuur (°C) in het dwarsprofiel D binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

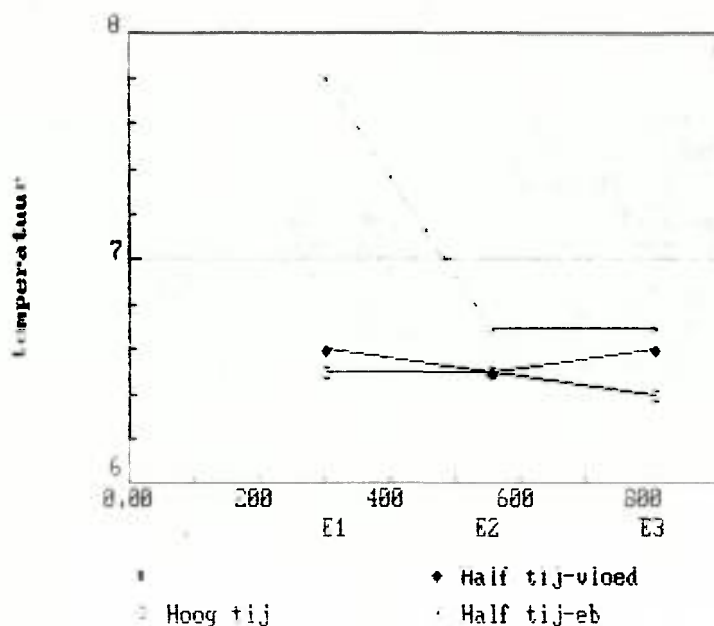


Fig. 36: De temperatuur (°C) in het dwarsprofiel E binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

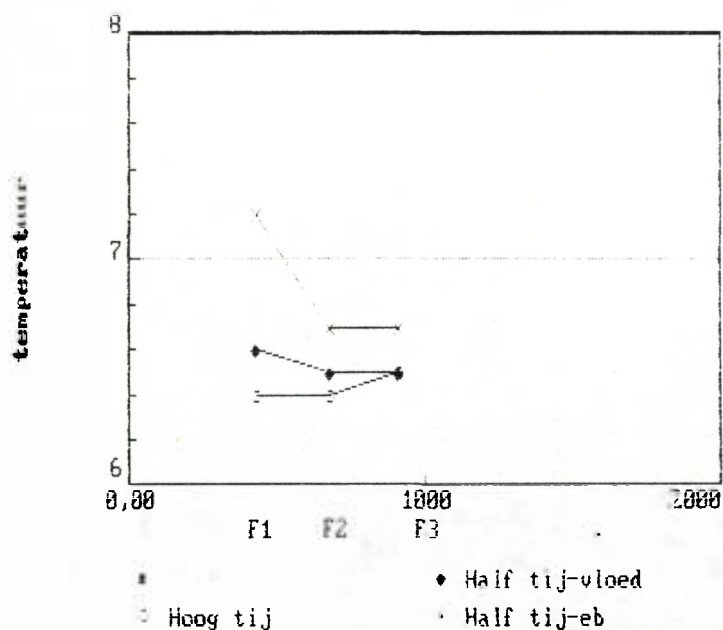


Fig. 37: De temperatuur (°C) in het dwarsprofiel F binnen de strekdam bij 3 verschillende getijden

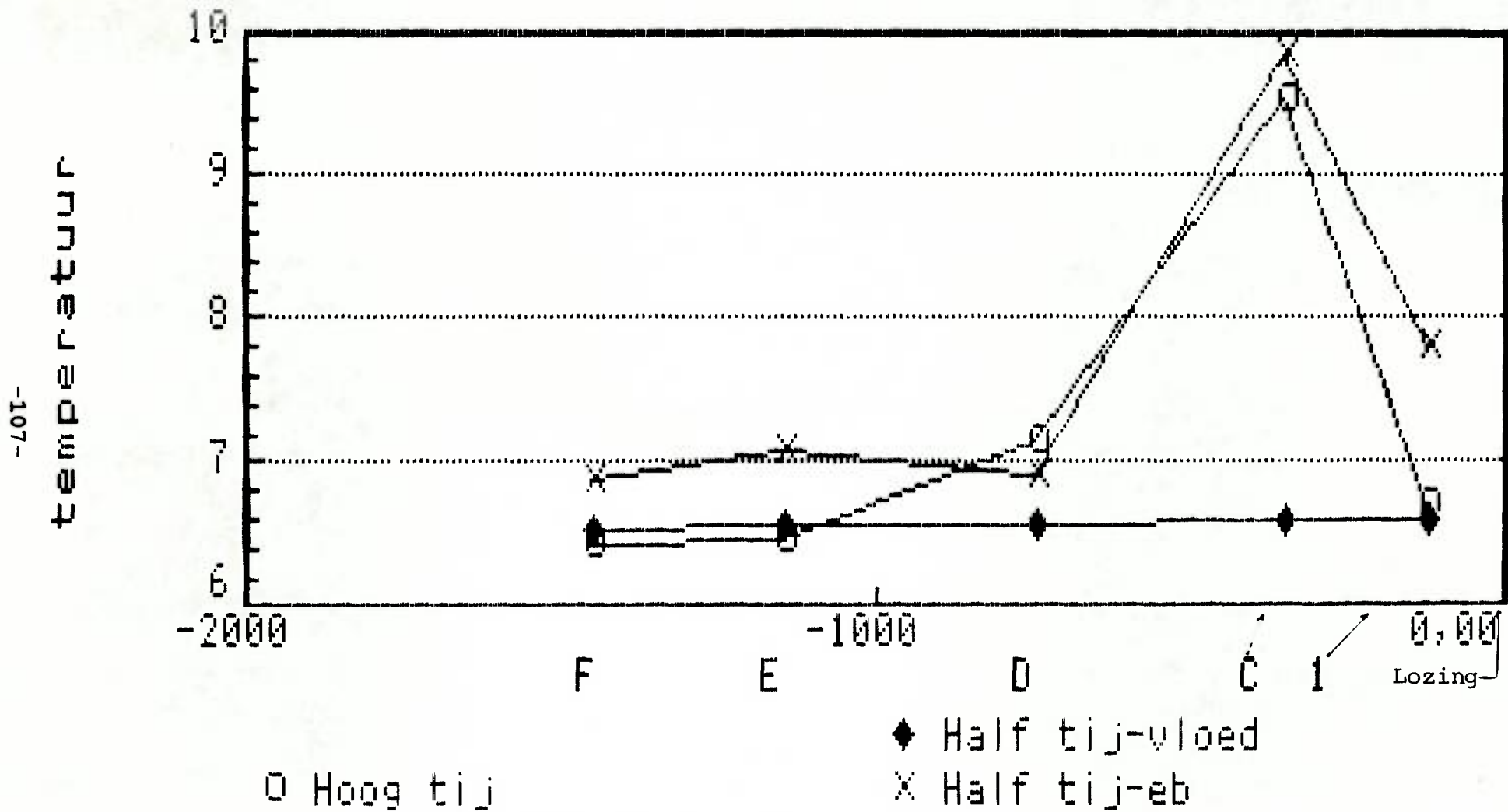


Fig. 38. Gemiddelde temperatuur (°C) per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde.

Om een nog beter beeld te verkrijgen van de temperatuur in de dwarsrichting werden er in de dwarsprofielen C en D en op één meter waterdiepte temperatuursmetingen uitgevoerd tijdens het kontinu varen van de boot.

Op dwarsprofiel C werden de metingen uitgevoerd van op 20 m tot op 370 m van de linkeroever in de periode 15h20 - 15h25 (tussen hoog tij en half tij-eb). In het dwarsprofiel D werd er gemeten tussen 130 en 430 m van de linkeroever in de periode 15h50 - 15h55.

De resultaten zijn opgegeven in tabel 38 en schematisch voorgesteld in fig. 39.

Tabel 38: Verloop van de temperatuur (°C) in de dwarsprofielen C en D binnen de strekdam bij een toenemende afstand van de linkeroever

Afstand (m)	doorsnede D	Afstand (m)	doorsnede C
130	8,0	20	13,6
160	7,7	55	12,1
190 (D1)	7,5	90 (C1)	7,6
220	7,5	125	7,1
250	6,8	160	6,7
280	6,6	195	6,6
310	6,6	230	6,6
340	6,6	265	6,5
370	6,6	300	6,5
400	6,6	335 (C2)	6,5
430 (D2)	6,6	370	6,5

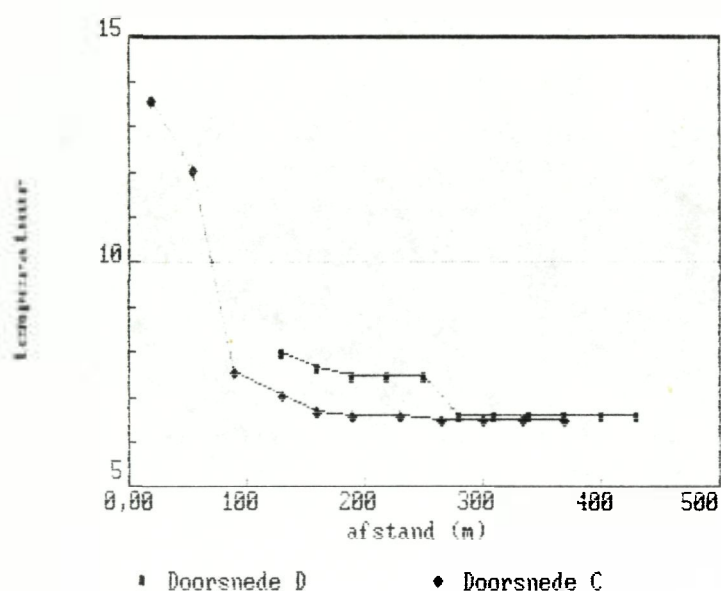


Fig. 39: Verloop van de temperatuur (°C) in de dwarsprofielen C en D binnen de strekdam bij een toenemende afstand van de linkeroever

Uit de resultaten kan afgeleid worden dat de opwarming van het Scheldewater vooral plaats grijpt dicht bij de linkeroever en snel afneemt bij grotere afstand van de oever.

3.3.2.1.4. Geleidbaarheid

De gemiddelde geleidbaarheid per dwarsprofiel is per getijde opgegeven in tabel 39.

Tabel 39: Gemiddelde geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$) per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde.

	doorsn F	doorsn E	doorsn D	doorsn C	punt 1
Half tij-vloed	994	981	998	997	959
Hoog tij	1604	1528	1327	1228	1236
Half tij-eb	1052	1056	1049	1083	1095

De geleidbaarheid is het hoogst bij hoog tij en neemt toe in de stroomafwaartse richting. Uit de metingen van de dwarsprofielen wordt ook waargenomen dat de geleidbaarheid hoger wordt naarmate men zich verder van de linkeroever verwijderd. Dit is te verklaren doordat de stroming het grootst is verder van de oever waardoor er sneller zeewater aangevoerd wordt. Bij half tij-eb is de geleidbaarheid iets groter dicht bij de linkeroever.

3.3.2.1.5. Zuurtegraad

Bij de verschillende getijden en voor de verschillende dwarsprofielen is er weinig verandering van de zuurtegraad. De schommelingen van de afzonderlijke resultaten zijn maximum 0,2 eenheden. Hoe groter de geleidbaarheid, hoe groter de zuurtegraad.

3.3.2.1.6. Chloriden

Voor het chloridegehalte kunnen dezelfde besluiten getrokken worden als voor de geleidbaarheid. Het

chloridegehalte is het hoogst bij hoog tij en neemt toe in stroomafwaartse richting. Bij half tij-vloed en hoog tij is er een toename met toenemende afstand van de linkeroever. Bij half tij eb is het chloridegehalte iets groter bij de linkeroever.

3.3.2.1.7. Chemisch zuurstofverbruik

In tabel 40 is de gemiddelde COD per dwarsprofiel en per getijde opgegeven.

Tabel 40: Gemiddeld chemisch zuurstofverbruik (mg O₂/l) per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde

	doorsn F	doorsn E	doorsn D	doorsn C	punt 1
Half tij-vloed	40	36	43	38	47
Hoog tij	43	37	34	46	39
Half tij-eb	43	34	56	54	52

Er is geen verband te leggen tussen de COD-waarden en de werking van de kerncentrale.

3.3.2.1.8. Ammoniakale stikstof

In tabel 41 is de gemiddelde concentratie aan ammoniakale stikstof per dwarsprofiel en per getijde opgegeven.

Tabel 41: Gemiddelde concentratie ammoniakale stikstof (mg/l) per dwarsprofiel binnen de strekdam en per getijde

	doorsn F	doorsn E	doorsn D	doorsn C	punt 1
Half tij-vloed	2,154	1,844	1,891	1,894	2,110
Hoog tij	1,644	1,800	1,803	1,734	1,982
Half tij-eb	1,974	2,140	1,969	1,944	1,963

Uit het onderzoek naar de kwaliteit van het geloosde koelwater is gebleken dat er een reductie is van ammoniakale stikstof na doorgang van de kerncentrale. De invloed op de Schelde is echter niet meetbaar.

3.3.2.1.9. Nitriet-stikstof

In tabel 42 is de gemiddelde concentratie aan nitriet-stikstof per dwarsprofiel en per getijde opgegeven.

Alhoewel er een aanrijking is van nitriet-stikstof in het geloosde koelwater, kan de invloed ervan op het Scheldewater niet vastgesteld worden.

Tabel 42: Gemiddelde concentratie nitriet-stikstof (mg/l)
per dwarsprofiel binnen de strekdam en per
getijde

	doorsn F	doorsn E	doorsn D	doorsn C	punt 1
Half tij-vloed	0,033	0,034	0,033	0,031	0,025
Hoog tij	0,034	0,038	0,050	0,064	0,034
Half tij-eb	0,029	0,032	0,031	0,048	0,040

3.3.2.2. METINGEN IN DE DIEPTE

Om een inzicht te verkrijgen over de stratifikatie in de diepte werden er 5 dieptemetingen uitgevoerd.

3.3.2.2.1. Meetpunt C1

Dit meetpunt bevindt zich op 100 m van de linkeroever en 300 m in stroomafwaartse richting van het lozingspunt. Er werden 2 metingen uitgevoerd, namelijk vlak voor hoog tij en tussen hoog tij en half tij-eb. De maximale meetdiepte was 5 m. De resultaten zijn opgegeven in tabel 43.

Voor de opgeloste zuurstof, de temperatuur en de zuurtegraad is er weinig verschil in de verschillende waterlagen. Alleen is vlak voor hoog tij de temperatuur 0,2 °C hoger tussen nul en één meter waterdiepte ten opzichte van de diepste waterlaag en is het zuurstofgehalte 0,4 mg/l hoger in de diepste waterlagen ten gevolge van de aanvoer van zeewater.

Tabel 43: Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt C1

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
voor hoog tij					
0,5	13h10	7,58	6,7	8,0	1080
1,0	13h13	7,61	6,7	8,2	1150
2,0	13h15	7,63	6,6	8,4	1280
3,0	13h17	7,64	6,5	8,4	1380
4,0	13h19	7,64	6,5	8,4	1380
5,0	13h21	7,64	6,5	8,4	1392
na hoog tij					
0,5	15h11	7,66	6,7	7,8	1197
1,0	15h13	7,65	6,7	7,7	1180
2,0	15h15	7,65	6,7	7,8	1210
3,0	15h17	7,66	6,8	7,8	1200

De geleidbaarheid neemt voor hoog tij toe met toenemende diepte.

3.3.2.2.2. Meetpunt D2

D2 bevindt zich op 430 m van de dijk en 770 m in de stroomafwaartse richting van het lozingspunt. Er werd één meting uitgevoerd tussen hoog tij en half tij-eb. De resultaten zijn opgegeven in tabel 44.

Tabel 44: Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt D2

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
na hoog tij					
0,5	15h38	7,66	6,6	7,8	1222
1,0	15h39	7,65	6,6	7,8	1215
2,0	15h41	7,65	6,5	7,8	1205
3,0	15h43	7,65	6,5	7,7	1196
4,0	15h45	7,65	6,5	7,7	1195

Voor alle parameters is er praktisch geen stratifikatie vastgesteld in de diepte. Alleen de temperatuur is 0,1 °C en de opgeloste zuurstof 0,1 mg/l groter aan de oppervlakte ten opzichte van de diepere waterlagen.

3.3.2.2.3. Meetpunt E1

De afstand van de dijk tot meetpunt E1 is 300 m en het punt bevindt zich op 1000 m in stroomafwaartse richting van het lozingspunt. Er werden 2 metingen uitgevoerd, namelijk vlak na hoog tij en bij half tij-eb. De maximale meetdiepte was 6 m. De resultaten zijn opgegeven in tabel 45.

Voor alle parameters wordt er praktisch geen stratifikatie vastgesteld bij de verschillende diepten.

Tabel 45: Resultaten van de dieptemetingen in meetpunt E1

Diepte (m)	tijd	pH	temp. (°C)	zuurst. (mg/l)	geleidbh. (µS/cm)
na hoog tij					
0,5	13h50	7,66	6,5	8,4	1422
1,0	13h51	7,63	6,5	8,3	1426
2,0	13h53	7,65	6,4	8,3	1430
3,0	13h54	7,66	6,4	8,3	1440
4,0	13h55	7,65	6,4	8,3	1452
5,0	13h56	7,66	6,4	8,3	1464
6,0	13h57	7,67	6,4	8,3	1440
half tij-eb					
0,5	16h00	7,65	6,6	7,7	1161
1,0	16h02	7,65	6,6	7,6	1160
2,0	16h04	7,65	6,7	7,6	1162
3,0	16h06	7,66	6,7	7,6	1159

3.3.3. METINGEN IN DE LENGTERICHTING VAN OP DE LINKEROEVER

Op 17.02.88 werden er vanop de linkeroever temperatuursmetingen uitgevoerd. Er werd gemeten op 2 à 3 meter van de oever en 0,3 meter onder het wateroppervlak.

Er was hoog tij om 15h24. Een eerste reeks metingen werden uitgevoerd vóór hoog tij, tussen 14h50 en 15h33. Een tweede reeks werd uitgevoerd na hoog tij tussen 16h50 en 17h28.

De resultaten van de metingen vóór hoog tij zijn opgegeven in tabel 46 en uitgezet in fig. 40.

Tabel 46: Verloop van de temperatuur in de lengterichting aan de linkeroever vlak vóór hoog tij
(+ is stroomopwaarts)

Afstand (m)	Tijd	Temperatuur (°C)
+440	15h33	7,6
+340	15h30	7,9
+240	15h27	8,3
+180	15h24	9,7
+140	15h22	10,2
+100	15h20	9,8
+ 20	15h18	8,4
- 40	14h50	12,3
-130	14h53	8,7
-210	14h56	8,4
-310	15h00	6,1
-410	15h04	6,1
-560	15h08	6,1

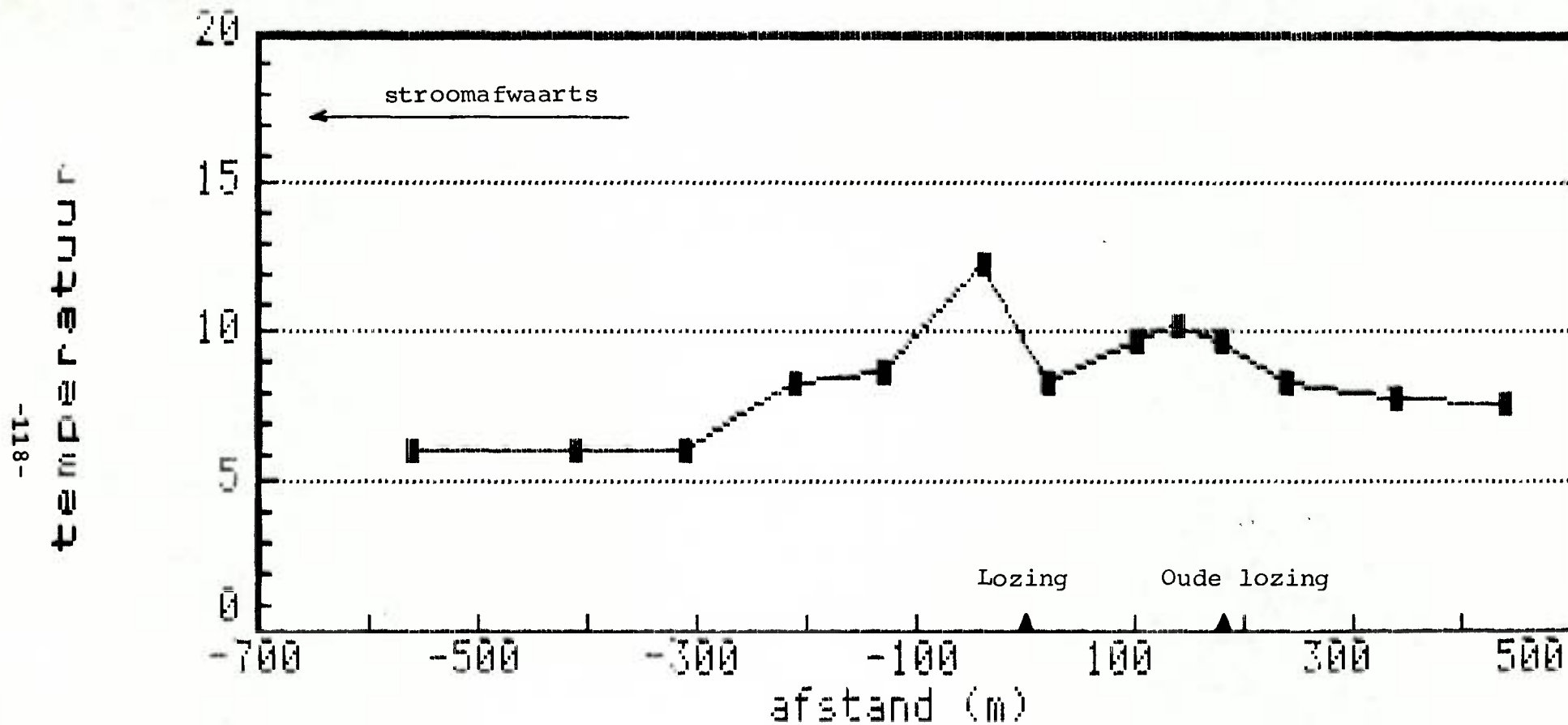


Fig. 40. Verloop van de temperatuur (°C) in de lengterichting aan de linkeroever vlak vóór hoog tij.

De meetresultaten tonen aan dat er rond het lozingspunt een temperatuursverhoging is van ongeveer 6°C. Het lozingswater had op het ogenblik van de meting een temperatuur van 23,4 °C en de temperatuur van het vers aangevoerd Scheldewater was ongeveer 6,1 °C. In de stroomafwaartse richting is er op een afstand van 300 m geen verhoging meer waar te nemen. In stroomopwaartse richting is er een geleidelijke afname van de temperatuur en op 440 m afstand van het lozingspunt is de temperatuur gedaald tot 7,6 °C. Opmerkelijk is de bijkomende temperatuursstijging ter hoogte van het oude lozingspunt, waar 10,2 °C bereikt wordt.

De resultaten van de metingen na hoog tij zijn opgegeven in tabel 47 en uitgezet in fig. 41.

Op 40 m stroomafwaarts het lozingspunt is de temperatuur 9,1 °C, zijnde een verhoging van ongeveer 3,0 °C ten opzichte van de normale waarde. Verder stroomafwaarts is er een geleidelijke afname en op 560 m na het lozingspunt bedraagt de temperatuur nog 7,9 °C.

Stroomopwaarts is er een temperatuursdaling, doch ter hoogte van het oude lozingspunt is er een sterke temperatuurstoename tot 16,5 °C. Waarschijnlijk werd er aan het oude lozingspunt een kleinere hoeveelheid koelwater geloosd die tussen de 2 zijbermen van het lozingspunt gevangen blijft.

Tabel 47: Verloop van de temperatuur in de lengterichting
aan de linkeroever vlak na hoog tij
(+ is stroomopwaarts)

Afstand (m)	Tijd	Temperatuur (°C)
+340	17h01	6,4
+240	16h59	6,7
+190	16h57	16,5
+110	16h54	12,5
+ 60	16h52	8,0
+ 20	16h50	8,2
- 40	17h05	9,1
- 80	17h08	8,7
-120	17h10	8,7
-210	17h14	8,4
-260	17h17	8,4
-360	17h21	8,3
-460	17h25	8,1
-560	17h28	7,9

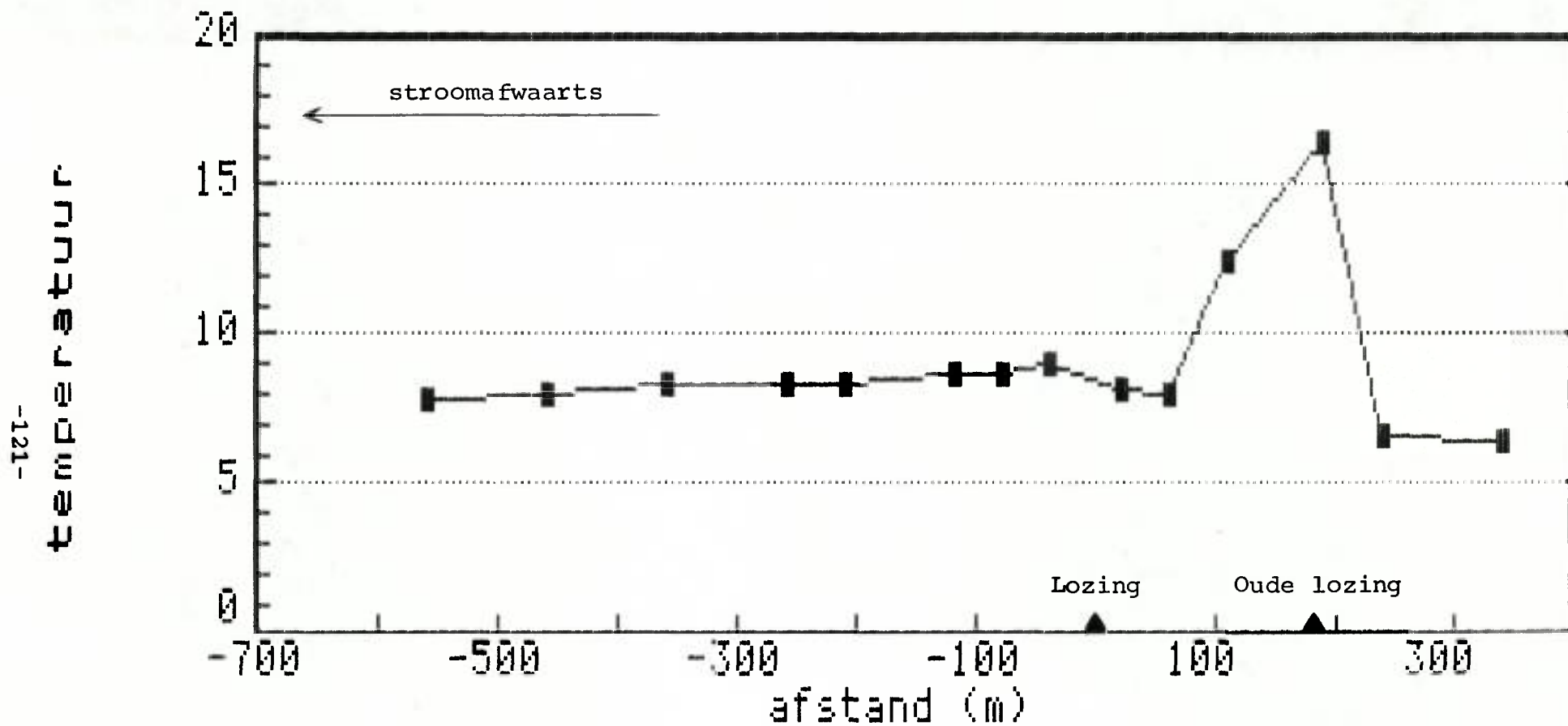


Fig. 41. Verloop van de temperatuur (°C) in de lengterichting aan de linkeroever vlak na hoog tij.

4. MOGELIJKE ALTERNATIEVEN VOOR DE LOZING

=====

Het koelwater wordt stroomopwaarts uit de Schelde opgenomen en kan alleen terug in de Schelde geloosd worden.

Een meer centrale lozing van het koelwater in de Schelde, door een bovengrondse of ondergrondse leiding, zou het reeds geringe effect van het koelwater op "De Slikken en Schorren van Ouden Doel" verder kunnen minimaliseren. Deze lozing is echter enerzijds niet realiseerbaar en anderzijds nadelig voor de Scheldewatertemperatuur.

De aanleg van een bovengrondse afvoerleiding is voor de scheepvaart onmogelijk.

De konstruktie van een ondergrondse afvoerleiding is technisch realiseerbaar maar heeft uiteindelijk meer nadelen dan voordelen. Een voordeel is het elimineren van de invloed op "De Slikken en Schorren van Ouden Doel". De belangrijkste nadelen zijn echter de kostprijs en de uiteindelijke grotere opwarming van het Scheldewater. Bij de huidige lozing is er immers een groot afkoelingseffect door de verdamping aan het wateroppervlak nabij het lozingspunt. Indien geloosd wordt in de onderste waterlagen zal het verdampingseffect volledig verloren gaan en zal de gemiddelde temperatuurstoename van het Scheldewater groter worden.

Uit voorgaande kan besloten worden dat een geringere opwarming van het Scheldewater alleen kan bekomen worden door het lozen van koelwater aan een zo laag mogelijke temperatuur.

5. HET TE VERWACHTEN EFFEKT VAN DE GEWIJZIGDE LOZING OP HET SCHELDEWATER

Het te verwachten effect is gesteund op berekeningen van de totale lozingswarmte uitgevoerd door Prof. Ir. F. VANMASSENHOVE.

De temperatuur van het Scheldewater stroomopwaarts de centrale, de totale lozingswarmte, de lozingstemperatuur en de temperatuurstoename van het koelwater is voor de huidige en nieuwe situatie opgegeven in de tabellen 48 en 49.

Tabel 48: Scheldewatertemperatuur, totale lozingswarmte, lozingstemperatuur en temperatuurstoename van het koelwater per maand bij de huidige situatie

Maand	Temp. (°C) Schelde	Totale lozings- warmte (MWth)	Lozings- temp. (°C)	Toename temp. (°C)
Jan	3,6	1544	20,6	17,0
Feb	3,3	1568	20,5	17,2
Mrt	5,3	1568	22,0	16,7
Apr	10,4	1520	24,4	14,0
Mei	14,4	1458	27,2	12,8
Jun	17,5	1387	29,5	12,0
Jul	19,1	1349	30,8	11,7
Aug	19,1	1347	30,8	11,7
Sep	16,2	1436	28,6	12,4
Okt	13,6	1462	26,2	12,6
Nov	10,4	1451	23,7	13,3
Dec	5,2	1531	21,5	16,3

Tabel 49: Scheldewatertemperatuur, totale lozingswarmte, lozingstemperatuur en temperatuurstoename van het koelwater per maand bij de nieuwe situatie

Maand	Temp. (°C) Schelde	Totale lozings- warmte (MWth)	Lozings- temp. (°C)	Toename temp. (°C)
Jan	3,6	2813	18,3	14,7
Feb	3,3	2858	18,2	14,9
Mrt	5,3	2801	19,8	14,5
Apr	10,4	2576	22,6	12,2
Mei	14,4	2452	25,7	11,3
Jun	17,5	2346	28,3	10,8
Jul	19,1	2288	29,7	10,6
Aug	19,1	2275	29,6	10,5
Sep	16,2	2416	27,4	11,2
Okt	13,6	2452	24,9	11,3
Nov	10,4	2459	22,2	11,8
Dec	5,2	2770	19,5	14,3

Alhoewel de totale warmte-afgifte aan de condensors praktisch onveranderd zal blijven in de nieuwe situatie zullen er toch aanzienlijke veranderingen optreden betreffende de lozingstemperatuur en de totale lozingswarmte. Dit zal vooral veroorzaakt worden door de debietstoename van het koelwater en het lager rendement die de koeltorens zullen geven bij het toepassen van een lagere sproeitemperatuur.

De berekende temperatuurstoename van het koelwater is afhankelijk van de meteorologische omstandigheden en ligt

bij de huidige situatie tussen 11,7 en 17,2 °C. De berekende lozingstemperatuur varieert tussen 20,5 en 30,8 °C. Na de ingebruikname van de nieuwe watervang zal de berekende temperatuurstoename van het koelwater lager zijn, waardoor de lozingstemperatuur in de winter 2 à 2,3 °C en in de zomer 1,1 à 1,5 °C zal dalen. De berekende maximale lozingstemperatuur bereikt de 30 °C niet meer.

Daarentegen zal de hoeveelheid geloosd koelwater sterk toenemen waardoor de totale lozingswarmte, gemiddeld per jaar, zal stijgen van 1470 MWth tot 2540 MWth, zijnde een toename van 73 %. Dit betekent evenwel niet dat de huidige toename van de Scheldewatertemperatuur met hetzelfde percentage zal stijgen. Het grotere koelwaterdebiet zal het koelwater over een groter oppervlak uitspreiden, waardoor er een verhoging van de verdamping en afkoeling mag verwacht worden. De toename aan de grens zal gering zijn, waardoor er volgens de berekeningen blijvend zal voldaan worden aan de vooropgestelde akkoorden tussen België en Nederland.

Er dient echter benadrukt te worden dat de metingen uitgevoerd werden bij hoge Scheldedebieten. In drogere perioden kan de toestand, zowel in de huidige als in de toekomstige situatie, gevoelig wijzigen. De juiste toedracht is theoretisch moeilijk te bepalen ten gevolge van de afkoeling aan het wateroppervlak en de invloed van de getijdestromingen.

Voor het biotisch milieu is er bij de huidige situatie alleen op korte afstand van het lozingspunt een wijziging opgetreden. Door de hogere temperaturen en de positieve zuurstofinbreng konden er zich andere organismen ontwikkelen. Op de verder afgelegen schorren is de invloed minimaal.

Na de ingebruikname van de nieuwe watervang zal er een geringe temperatuurstoename en verhoging van het zuurstofgehalte optreden. Er kan echter algemeen verwacht worden dat het effect op het huidig biotisch milieu gering zal zijn. In perioden van slechtere waterkwaliteit kan de inbreng zelfs positief zijn ten gevolge van de verhoogde zuurstofconcentratie.

6. ALGEMEEN BESLUIT

=====

De kerncentrales Doel 1, 2, 3 en 4 verbruiken bij de huidige situatie gezamenlijk 82.000 à 104.000 m3 koelwater per uur. Het koelwater doorloopt eerst Doel 1 en 2 waarna de helft van het debiet rechtstreeks afgevoerd wordt naar het lozingspaviljoen. De andere helft wordt gebruikt als spuiwater voor Doel 3 en 4, die elk met een gesloten koelcircuit werken. Het totale koelwaterdebiet, zijnde 82.000 à 104.000 m3 per uur, verminderd met de verdampingsverliezen, wordt geloosd in de Schelde.

Na de ingebruikname van de nieuwe watervang zal de opname en het koelwatercircuit van Doel 1 en 2 onveranderd blijven. Via de nieuwe watervang zal er bijkomend 85.000 m3 koelwater per uur uit de Schelde opgenomen worden, dienende als spuiwater voor Doel 3 en 4. De totale geloosde hoeveelheid koelwater zal nu 167.000 à 189.000 m3 per uur, verminderd met de verdampingsverliezen, bedragen.

In de periode februari - maart 1988 werd er een meetkampagne uitgevoerd ter bepaling van de kwaliteit van het opgenomen en geloosde koelwater.

De analyses van het opgenomen en geloosde koelwater tonen aan dat het koelwater na doorgang van de centrale met 2,17 mg O2 per liter aangerijkt wordt. De toename is vooral het gevolg van de werking van de koeltorens en de turbulente lozing in de Schelde, waarbij er nog een belangrijke zuurstofoverdracht plaatsgrijpt. Over het algemeen wordt de verzadigingsgraad bereikt. Bij een slechtere kwaliteit van het Scheldewater zal de effectieve toename nog groter zijn.

In de meetperiode nam de temperatuur van het koelwater toe van 6,53 °C bij opname tot 22,67 °C bij lozing, zijnde een stijging van 16,14 °C.

Er is een duidelijk verband tussen de geleidbaarheid, chloride, sulfaat, natrium en kalium. De toename na doorgang van de centrale is zeer gering.

Onder invloed van de centrale stijgt de zuurtegraad van 7,52 tot 7,95.

Het chemisch zuurstofverbruik van het opgenomen en geloosde koelwater verschilt weinig, terwijl de BOD ten gevolge van de beluchting in de koeltorens licht afneemt.

Onder invloed van de werking van de centrale is er een daling van de ammoniakale stikstof van 2,52 tot 1,01 mg/l, tevens is er een daling van de kjeldahl-stikstof. Tengevolge van de biologische werking is er een toename van de nitriet-stikstof van 0,041 tot 0,173 mg/l.

Er is een geringe toename van de totale hardheid en het calciumgehalte. De concentraties fluor, mangaan, oliën en vetten en anionische detergenten wijzigen weinig. Ook de bakteriologische eigenschappen worden weinig beïnvloed.

Ter bepaling van de kwaliteit van het Scheldewater werd er een meetkampagne uitgevoerd op 15, 16 en 17 februari 1988.

De kwaliteit van het Scheldewater wordt ter hoogte van de centrale beïnvloed door de aanvoer van vers Scheldewater, de lozing van het koelwater en de door het getijde aangevoerd Scheldewater vermengd met zeewater. Het vers aangevoerd Scheldewater heeft een temperatuur van 6,1 °C, een zuurtegraad van 7,5 en een concentratie aan opgeloste zuurstof van 5,2 mg/l. Het stroomafwaarts gelegen Scheldewater heeft als eigenschappen: temperatuur 6,4 °C, zuurtegraad 7,6, opgeloste zuurstof 8,5 mg/l en geleidbaarheid 2500 µS/cm.

De invloed van de kerncentrale op het zuurstofgehalte is moeilijk te bepalen omdat twee invloeden een belangrijke rol spelen, namelijk de lozing van zuurstofrijker koelwater en de door het getijde aangevoerd zuurstofrijker Scheldewater. Het zuurstofgehalte is over gans de breedte van de Schelde, en dit bij de verschillende dwarsprofielen, ongeveer 2 mg/l hoger bij hoog tij dan bij laag tij, wat grotendeels te wijten is aan de aanvoer van zuurstofrijker zeewater.

Over het algemeen is er slechts een geringe stratifikatie. De bovenste waterlagen zijn dikwijls iets zuurstofrijker (0,2 mg/l), maar bij hoog tij kan het tegenovergestelde zich voordoen tengevolge van de aanvoer van zeewater.

Uit het geheel van resultaten kan echter afgeleid worden dat er een zuurstofaanrijking is van het Scheldewater tengevolge van de lozing van het koelwater. Plaatselijk kan het zuurstofgehalte tot één mg/l toenemen, terwijl de gemiddelde verhoging kan geraamd worden op 0,2 à 0,3 mg/l. Bij een slechtere kwaliteit van het Scheldewater zal de toename groter worden.

Bij laag tij wordt er alleen in stroomafwaartse richting een temperatuursverhoging vastgesteld. Vlak buiten de strekdam en 500 m stroomafwaarts het lozingspunt is er een temperatuursverhoging van ongeveer 2,5 °C. Naarmate men zich verder van de linkeroever en stroomafwaarts verplaatst daalt de toename snel tot slechts 0,1 à 0,2 °C (er werden geen metingen uitgevoerd binnen de strekdam).

Bij half tij-vloed situeert de temperatuurstoename zich vooral in stroomopwaartse richting. Ter hoogte van de watervang en op 300 m van de linkeroever is de toename 1,7 °C. Naarmate men zich verder van de oever verwijdt is er een snelle daling van de temperatuur. Ter hoogte van de haven van Doel is er tussen 160 en 370 m van de linkeroever een toename van 1 à 1,6 °C. Binnen de strekdam en stroomafwaarts het lozingspunt beperkt de toename zich tot 0,2 °C. Aan de oever is er alleen rond het lozingspunt een plaatselijke toename van enkele graden celcius.

Bij hoog tij is er een temperatuurstoename op enkele plaatsen binnen de strekdam en stroomopwaarts tot in de haven van Doel. Aan de haven van Doel en ter hoogte van de watervang is de toename ongeveer 0,5 à 1,5 °C, die echter snel afneemt bij een toenemende afstand van de oever. Binnen de strekdam is er een plaatselijke toename van 0,1 à 6 °C. Aan de oever zelf is er rond het lozingspunt een toename van 2 à 3 °C. Op 560 m stroomafwaarts de lozing is de toename aan de oever ongeveer 1,5 °C.

Bij half tij eb verschuift de temperatuurstoename zich vooral tot binnen de strekdam en de toename is het grootst naarmate men dichterbij de linkeroever komt. Op 750 m van de lozing en op 200 m van de oever is de toename gedaald tot ongeveer 1°C en dit wijzigt weinig tot op 1.600 m stroomafwaarts.

De dieptemetingen tonen aan dat, indien er stratifikatie optreedt, alleen de bovenste waterlagen een hogere temperatuur hebben.

De geleidbaarheid wordt vooral bepaald door de hoeveelheid aangevoerd zeewater. De hoogste geleidbaarheid wordt gemeten bij hoog tij en er is een toename in stroomafwaartse richting. Er wordt over het algemeen alleen een stratifikatie vastgesteld bij hoog tij; de geleidbaarheid is het hoogst in de diepste waterlagen.

De zuurtegraad verandert zeer weinig in het Scheldewater en schommelt over het algemeen tussen 7,4 en 7,6.

Het chloridegehalte in het Scheldewater is gelijklopend met de geleidbaarheid.

De invloed van de lozing van het koelwater op het chemisch zuurstofverbruik, de ammoniakale stikstof en de nitriet-stikstof is niet meetbaar.

Algemeen kan aangehaald worden dat de invloed van de lozing van het koelwater in de Schelde slechts merkbaar is voor de temperatuur en de opgeloste zuurstof. Er dient evenwel duidelijk vermeld te worden dat het debiet van de Schelde, tengevolge van de grote neerslag, gedurende de meetperiode zeer hoog was, waardoor er een grotere verdunning bekomen werd. Ook het zoutgehalte was zeer laag.

In drogere perioden zal de invloed van het geloosde koelwater duidelijk hoger zijn en dit zowel in de huidige als in de toekomstige situatie. De positieve inbreng van de verhoging van het zuurstofgehalte zal toenemen en de concentratie ammoniakale stikstof zal verder dalen. Daarentegen zal ook de invloed van de andere parameters, waaronder voornamelijk de temperatuur, toenemen.

Er zijn geen realistische alternatieve lozingsmogelijkheden.

Bij de huidige situatie is de berekende lozings-temperatuur begrepen tussen 20,5 °C in de winter- en 30,8 °C in de zomerperiode. Na de ingebruikname van de nieuwe watervang zal de berekende lozingstemperatuur in de winter 2 à 2,3 °C en in de zomer 1,1 à 1,5 °C dalen. De berekende maximum lozingstemperatuur overschrijdt de 30 °C niet meer. Daarentegen zal het koelwaterdebiet sterk toenemen en zal de totale lozingswarmte met 73 % stijgen, namelijk van 1470 tot 2540 MWth. Dit betekent evenwel niet dat de huidige temperatuurstoename van het Scheldewater met hetzelfde percentage zal stijgen. Het grotere koelwaterdebiet zal het koelwater over een grotere oppervlakte uitspreiden, waardoor er een verhoging van de verdamping en afkoeling mag verwacht worden.

Aan de Belgisch-Nederlandse grens zal de impact bij de hoge gemeten Scheldedebieten gering zijn en zal er blijvend voldaan worden aan de voorgestelde akkoorden tussen België en Nederland. De werkelijke temperatuurstoename bij een verlaging van het Scheldedebiet is moeilijk te voorspellen daar belangrijke invloeden zoals de verdamping aan het wateroppervlak en de getijdestromingen een rol spelen.

Er kan algemeen verwacht worden dat de impact op het huidig biotisch milieu gering zal zijn. In perioden van slechtere waterkwaliteit kan de inbreng zelfs positief zijn tengevolge van de verhoogde zuurstofconcentratie.

VERKLARENDE NOTA BIJLAGEN

Bijlagen 1, 2, 3 en 4: Zuurstofmeting Schelde

De metingen zijn uitgevoerd geweest op volgende data:

- 15.02.88: 1, C1, C2, D1, D2, D3, E1, E2, E3, F1, F2, F3
- 16.02.88: A1 tot A7, B1 tot B7, C3 tot C7, F2 tot F8

Alle metingen zijn uitgevoerd één meter onder het wateroppervlak. De staafvormige aanduiding is de verhoging van het zuurstofgehalte van het vers aangevoerd Scheldewater die een concentratie heeft van 5,2 mg O₂/l. Eén streepje stemt overeen met 5,0 mg O₂/l (de laagst gemeten waarde was 5,1 mg O₂/l).

Opm.: Het door het getijde (van laag tij naar hoog tij) aangevoerde Scheldewater heeft een zuurstofconcentratie van 8,5 mg O₂/l.

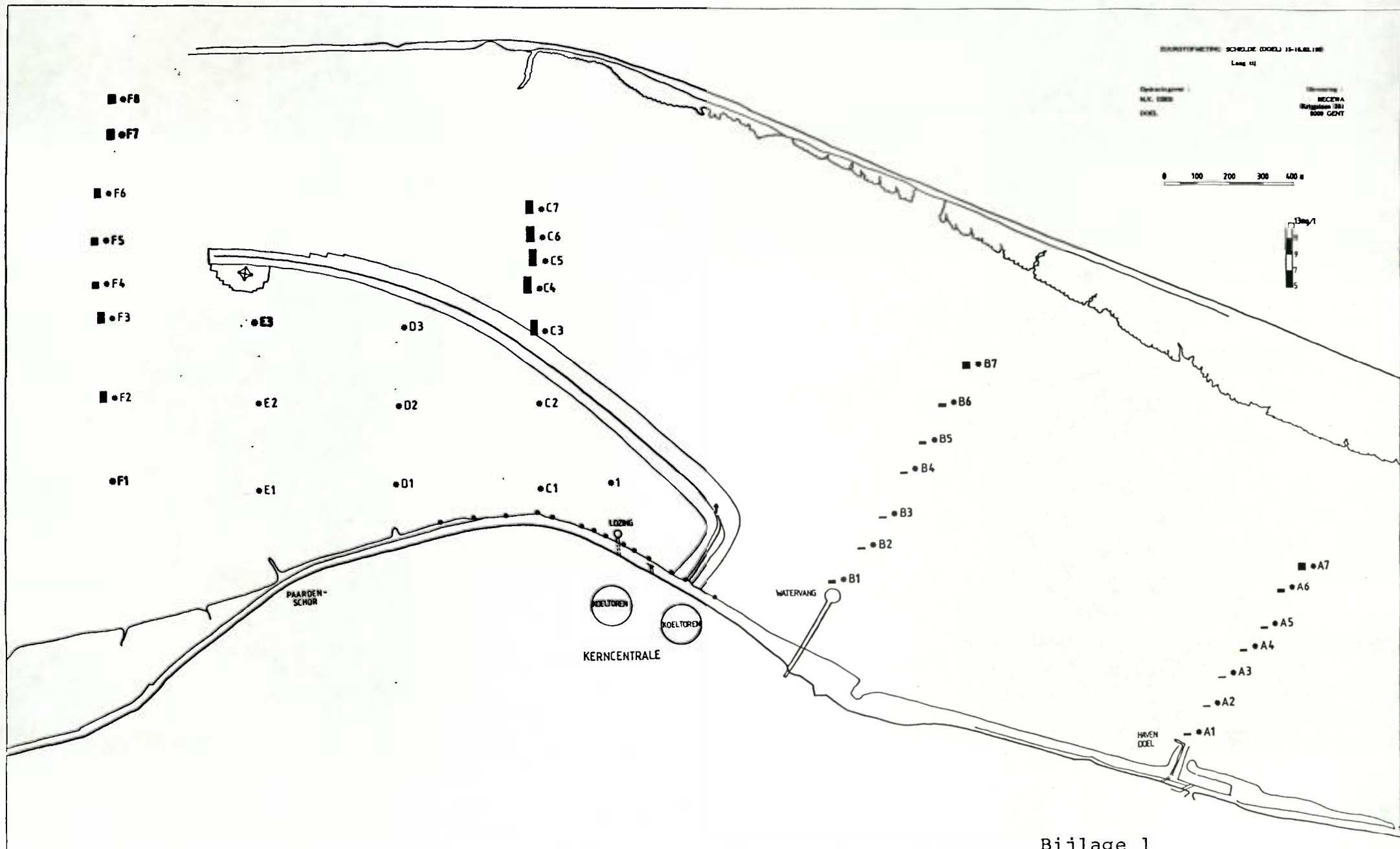
Bijlagen 5, 6, 7 en 8: Thermografie Schelde

De metingen zijn uitgevoerd geweest op volgende data:

- 15.02.88: 1, C1, C2, D1, D2, D3, E1, E2, E3, F1, F2, F3
- 16.02.88: A1 tot A7, B1 tot B7, C3 tot C7, F2 tot F8
- 17.02.88: de meetpunten op de linkeroever stroomop- en stroomafwaarts het lozingspunt

Op 15 en 16.02.88 werden alle metingen uitgevoerd één meter onder het wateroppervlak. De metingen van op de oever werden op 0,3 meter onder het wateroppervlak uitgevoerd. De staafvormige aanduiding is de temperatuursverhoging van het vers aangevoerd Scheldewater die 6,1 °C heeft. Eén streepje stemt overeen met 6,0 °C (de laagst gemeten waarde was 6,0 °C).

Opm.: Het door het getijde (van laag tij naar hoog tij) aangevoerde Scheldewater heeft een temperatuur van 6,4 °C.



Bijlage 1

ZUURSTOFMETING SCHIELDE (DOEL) 13-16.02.1988

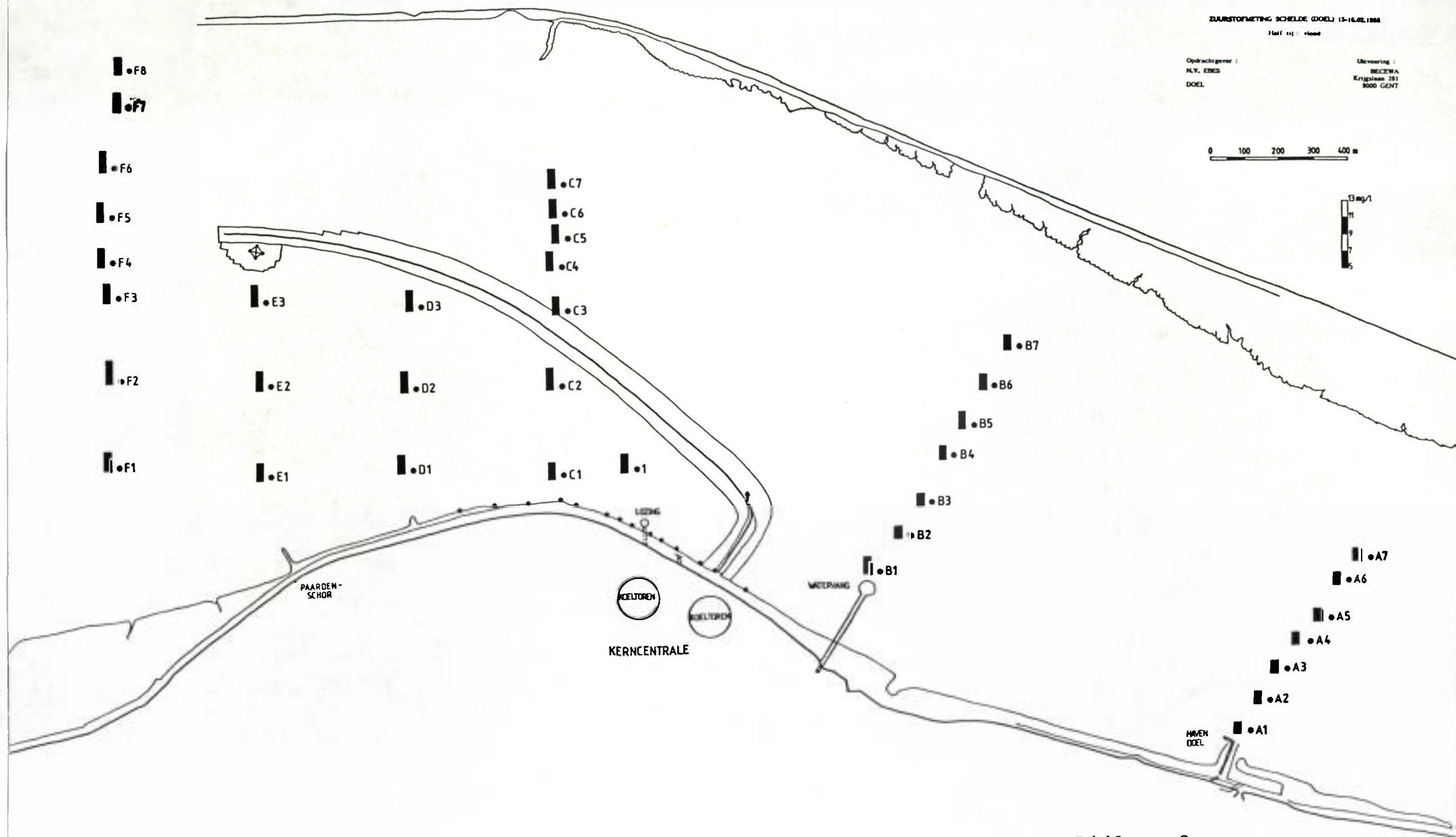
Staf 111 vloed

Opdrachtgever :
N.V. EZES
DOEL

Uitvoering :
BEECEWA
Krijgslaan 281
8000 GENT

0 100 200 300 400 m

0 mg/l
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

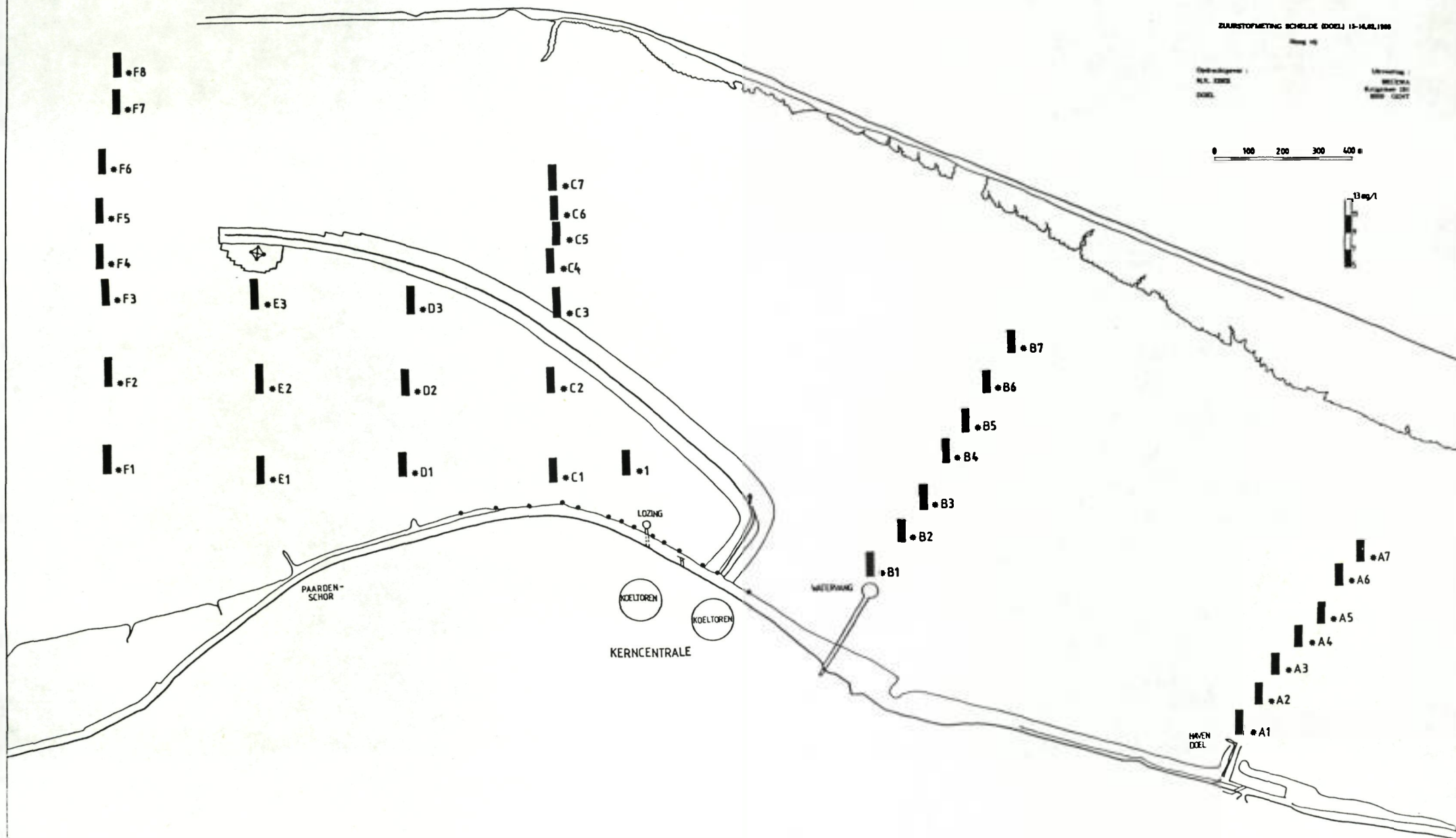


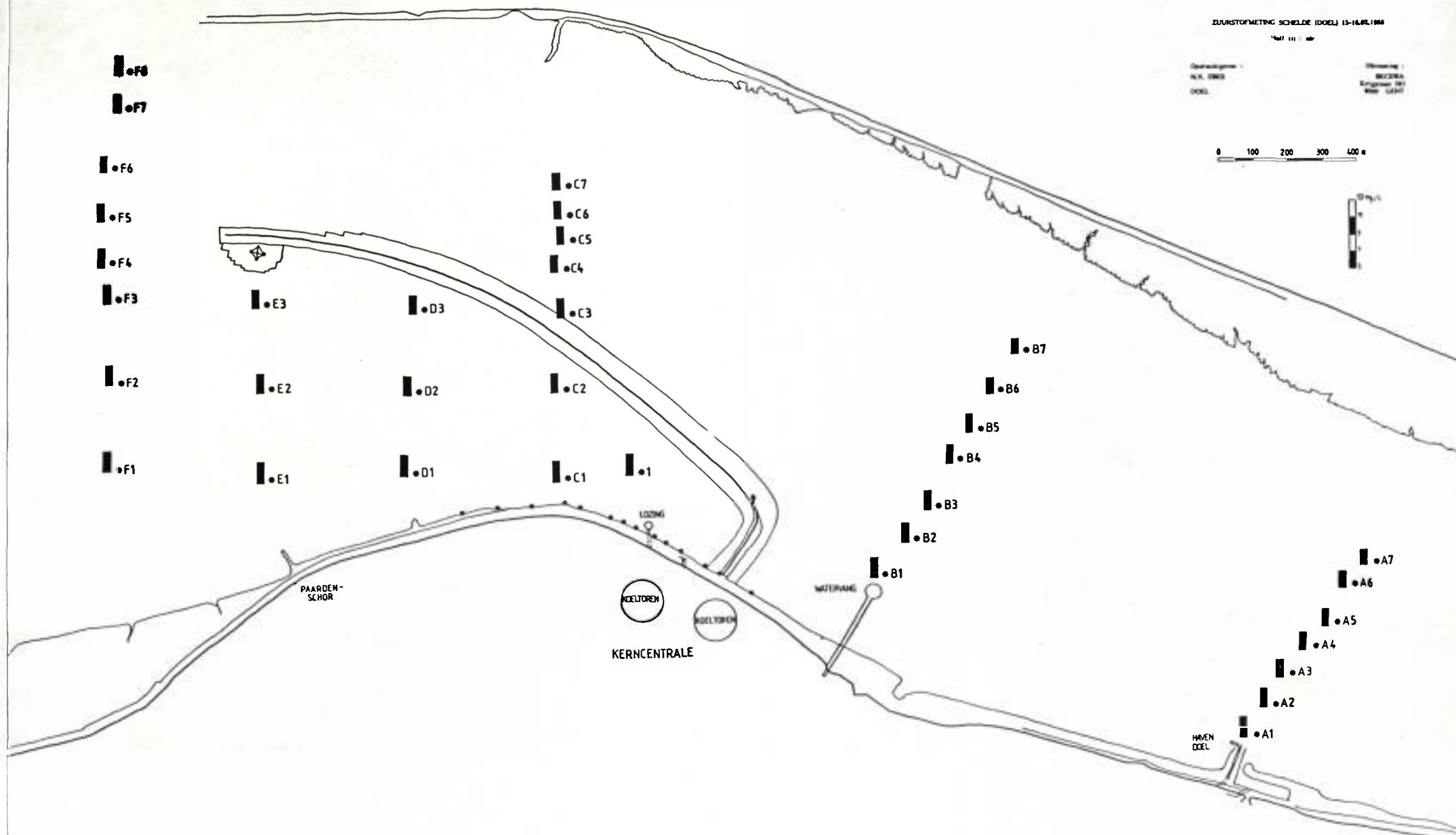
Opdrachtgever:
R.L. EENES
DOEL

Metingen:
WILLEM
KINGMA
BOB GENT

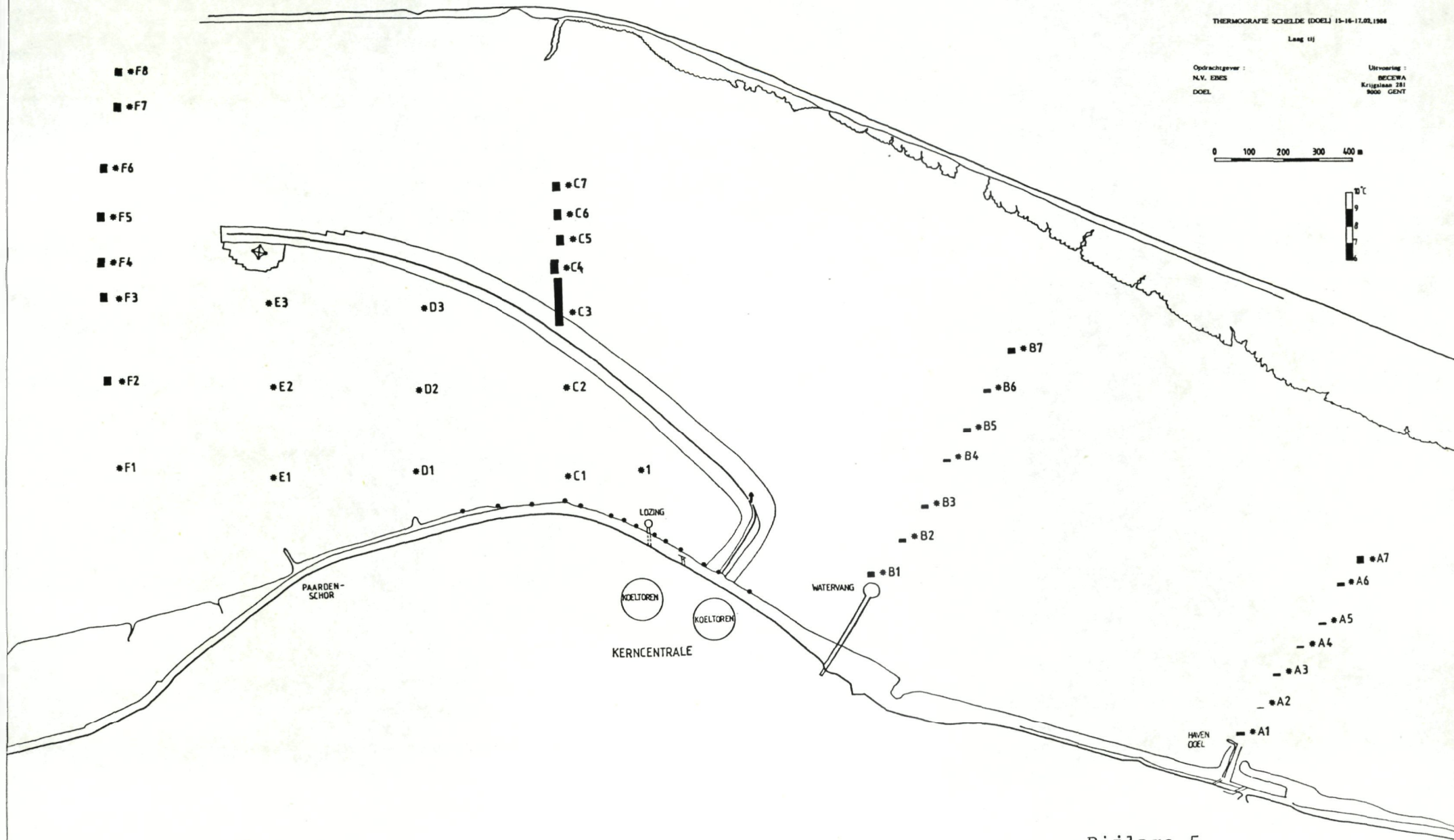
0 100 200 300 400 m

13 mg/l





0 100 200 300 400 m



Opdrachtgever :
M.V. ERMS
DOEL

Uitvoering :
BECEWA
Krijgslaan 281
9000 GENT

0 100 200 300 400 m

10°C
9
8
7
6

