

waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

metaalbelasting van afgezette sedimenten in het
Haringvlietbekken sinds de afsluiting in 1970

verslag onderzoek

R 1702

september 1982

METAALBELASTING VAN AFGEZETTE SEDIMENTEN IN HET HARINGVLIETBEKKEN SINDE DE AFSLUITING IN 1970

1. Inleiding

1.1 Opdracht

Op 21 april 1981 is door het Waterloopkundig Laboratorium per brief, kenmerk V2550/LV1418/Ker/gv een voorstel ingediend tot onderzoek naar de ontwikkeling van de gehalten aan zware metalen in afgezette sedimenten van het Haringvliet op basis van in het verleden uitgevoerde analyses. Dit onderzoeksvorstel was het resultaat van een telefoongesprek tussen drs. J.P.A1 van de Hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst van Rijkswaterstaat en dr. W. Salomons van het Waterloopkundig Laboratorium.

De opdracht tot het uitvoeren van het onderzoek werd verstrekt op 6 juli 1981 per brief, kenmerk 21787.

Het verslag van het onderzoek werd samengesteld door ir. H.N. Kerdijk van de vestiging Haren van het Waterloopkundig Laboratorium.

1.2 Achtergrond

Door de rivieren Rijn en Maas worden grote hoeveelheden slib getransporteerd. De slibafvoer wordt voor de Rijn [2,3] geschat op 2,3 miljoen ton en voor de Maas [1] op 0,7 miljoen ton per jaar.

Na de afsluiting van het Haringvliet sedimenteert er jaarlijks 1,8 miljoen ton slib in dit gebied, waarvan het grootste gedeelte in het Biesboschgebied. De verhouding van het door de Rijn en de Maas in de richting van het Haringvliet aangevoerde slib wordt geschat op 2:1 [5].

Het slib dat wordt aangevoerd is sterk belast met zware metalen. Aan de zware metalen zink, koper, chroom, lood, cadmium, nikkel, kwik en arseen wordt op basis van gegevens van de metaalgehalten in zwevend slib [4], verzameld in 1977 en 1978, door de Rijn jaarlijks 12000 ton afgevoerd en door de Maas 2550 ton. Van deze totale metaalvracht blijft ongeveer de helft in het Haringvliet-gebied achter [8].

Daar na de afsluiting van het Haringvliet in 1970 geen "verduunning" meer optreedt van het rivierslib met vanuit zee binnendringend slib is het te verwachten dat de metaalgehalten in het slib, dat tot afzetting komt in het Hollands Diep en Haringvliet sindsdien zijn toegenomen. In dit rapport wordt deze hypothese nader onderzocht.

2. Methoden van onderzoek

2.1 Plaats en tijdstip van monsternamen

In het Haringvlietbekken zijn sinds de afsluiting in 1970 tot 1980 op 12 verschillende tijdstippen en op verschillende lokaties afgezette slibmonsters verzameld met behulp van een grijper volgens van Veen. De monsternamen geschiedde deels in opdracht van de Deltadienst, het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater en Gemeentewerken Rotterdam en deels voor eigen rekening van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid en het Waterloopkundig Laboratorium. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de data waarop de monsters genomen zijn en van de bemonsterde lokaties. De plaats van deze lokaties is weergegeven in figuur 1.

Op elk monsterpunt werden steeds 10 tot 15 monsters van het bovenste laagje afgezette slib genomen, waarbij er naar gestreefd werd een zo groot mogelijke spreiding in korrelgrootte te verkrijgen om later op zo betrouwbaar mogelijke wijze de metaalgehalten bij $50\% < 16 \mu\text{m}$ van de koolzure kalk vrije, minerale bestanddelen te kunnen berekenen. Immers door de metaalgehalten op te geven bij eenzelfde $\% < 16 \mu\text{m}$ kunnen de verschillende lokaties onderling vergeleken worden [7].

lokatie	Maas	Nieuwe Merwede		Hollands Diep		Haringvliet	
	BM 21	BM 13	NM 15	H8	H9	H10	H12
oktober 1970	x		x		x	x	
juni 1971	x		x	x	x	x	x
oktober 1971		x	x				
maart 1972	x	x	x	x		x	x
oktober 1972		x	x	x	x	x	x
januari 1973		x	x		x	x	x
mei 1973		x	x				
november 1973	x	x	x	x	x	x	x
januari 1975	x	x	x	x	x	x	x
juli 1975	x	x	x	x	x	x	x
december 1976		x	x				
juli 1977	x	x	x	x	x	x	x
december 1979		x	x				

Tabel 1 Tijd en plaats van bemonstering van afgezet slib in het Haringvlietbekken.

2.2 Eigenschappen waarop de monsters zijn onderzocht

Ter karakterisering van het slib zijn de monsters onderzocht op het gehalte aan fijne bestanddelen, uitgedrukt in het percentage van de fraktie $< 16 \mu\text{m}$, het CaCO_3 -gehalte en het organische stofgehalte. Verder zijn de slibmonsters geanalyseerd op de zware metalen zink, koper, chroom, lood cadmium, nikkel, kwik en arseen.

Het principe van de analysemethoden is onder meer beschreven in [6]. In de monsters van sommige lokaties zijn de elementen Hg en As volgens de destructieve methode (chemische ontsluiting) en in monsters van andere lokaties volgens de niet-destructieve methode (neutronen-activeringsanalyse) bepaald. Bepaling via de eerstgenoemde methode levert lagere gehalten op dan bepaling via de tweede methode. Bij de bespreking van de resultaten worden voor Hg en As steeds de destructief bepaalde of naar destructief omgerekende gehalten genoemd.

3. Resultaten

In tabel 2 zijn voor de verschillende monsterlokaties de metaalgehalten bij 50% < 16 µm in de op de verschillende tijdstippen genomen monsters weergegeven. In de figuren 2 t/m 9 zijn voor de lokaties BM 21, BM 13, NM 15, H8, H9, H10 en H12 de gehalten bij 50% < 16 µm uitgezet tegen het tijdstip van monstername. De metaalgehalten in de monsters, genomen in oktober 1971, mei 1973 en december 1976 - alleen bemonstering Nieuwe Merwerde - zijn in de figuren niet getekend. Aan de hand van deze figuren zal de bespreking van het verloop in de tijd van de metaalgehalten in afgezette sedimenten van het Haringvlietgebied plaatsvinden. Dit geschiedt per onderzoeksgebied.

3.1 Metaalgehalten in slib uit de Nieuwe Merwede (BM 13, NM 15)

Op het monsterpunt BM 13 is voor alle metalen met uitzondering van arseen tussen 1970 en 1972 een toename in de gehalten geconstateerd. Voor Cd en Ni kon de hoogste waarde genoteerd worden in maart 1972, voor Zn, Cu, Cr, Pb en Hg in oktober 1972. De maxima's waren respectievelijk 46; 91; 2078; 480; 1280; 551 en 21,1 µg/g. Tussen 1972 en juli 1977 zijn deze gehalten gedaald tot achtereenvolgens 39; 78; 1588; 370; 816; 419 en 8,4 µg/g. De daling is het spectaculairst voor Hg. Even spectaculair is de continue daling in het As-gehalte van 111 µg/g in juni '71 tot 28 µg/g in juli '77. Ten opzichte van juli 1977 zijn in december 1979 met uitzondering van Cu, Pb en Hg de gehalten weer iets gestegen.

Voor lokatie NM 15 is globaal eenzelfde beeld te schetsen als voor lokatie BM 13. Op het punt NM 15 zijn het Zn- en As-gehalte veelal hoger dan op het punt BM 13. Het Cd-gehalte ligt op een gelijkwaardig niveau, terwijl de overige metalen ter hoogte van NM 15 op een lager niveau liggen dan ter hoogte van BM 13.

		Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Hg	As
juni 1971	Maas BM 21	1500	149	304	382	30,7	54,2	5,0	26,7
	Nieuwe Merwede NM 15	1789	384	936	479	27,9	76,7	13,6	80,7
	Hollands Diep H8	1495	212	575	398	25,4	64,2	9,1	76,8
	H9	1294	187	567	414	17,5	56,8	7,9	59,1
	Haringvliet H10	1325	150	483	377	15,2	55,4	6,6	58,3
H12	702	82	306	249	6,2	38,7	4,2	42,1	
oktober 1971	Nieuwe Merwede BM 13	1721	387	1286	485	33,6	75,4	18,3	96,3
	NM 15	1564	301	692	408	23,8	69,8	10,6	71,0
maart 1972	Maas BM 21	1492	140	278	258	26,4	55,2	4,9	28,7
	Nieuwe Merwede BM 13	1980	462	1267	436	46,1	90,7	18,5	74,4
	NM 15	2225	382	791	484	39,8	74,7	14,8	81,8
	Hollands Diep H8	698	116	332	207	10,8	-	4,2	40,6
	Haringvliet H10	1202	144	412	355	13,1	51,9	7,7	62,9
H12	909	111	363	310	8,5	44,5	5,4	49,9	
oktober 1972	Nieuwe Merwede BM 13	2078	480	1280	551	34,3	88,9	21,1	66,9
	NM 15	2525	400	1024	446	42,3	82,6	16,9	78,8
	Hollands Diep H8	1218	155	405	295	14,7	89,8	7,3	48,9
	H9	1202	159	563	353	17,0	55,0	8,5	44,8
	Haringvliet H10	1168	114	364	285	9,6	50,8	5,7	45,5
H12	996	83	288	247	6,6	48,8	4,6	41,2	

Tabel 2 Metaalgehalten bij 50% < 16 µm* in slib uit het Haringvlietgebied, verzameld op verschillende tijdstippen

* % < 16 µm, berekend op koolzure kalkvrije, minerale bestanddelen.

		Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Hg	As
januari 1973	Nieuwe Merwede BM 13	1703	433	926	447	38,4	87,9	18,0	45,1
	NM 15	2071	302	822	415	28,1	70,6	11,7	63,1
	Hollands Diep H9	1283	147	441	318	13,8	54,9	7,9	48,3
	Haringvliet H10	1098	125	349	307	11,3	51,6	6,3	42,3
	H12	857	81	266	215	7,5	44,8	4,2	38,7
mei 1973	Nieuwe Merwede BM 13	1887	425	1094	513	35,0	97,9	15,2	52,1
	NM 15	2235	332	879	438	34,0	81,7	13,0	53,5
november 1973	Maas BM 21	2660	188	371	481	47,6	66,2	4,5	32,3
	Nieuwe Merwede BM 13	1778	347	1008	485	31,6	87,4	14,7	40,8
	NM 15	2177	330	917	404	34,8	79,1	15,9	57,9
	Hollands Diep H8	1771	220	635	448	24,1	91,6	10,7	60,9
	H9	1277	157	517	339	15,9	62,0	8,8	51,9
	Haringvliet H10	1359	141	441	329	15,4	54,8	8,1	47,4
	H12	889	82	268	208	8,1	43,8	4,0	35,0
januari 1975	Maas BM 21	2528	174	285	480	41,3	65,1	4,1	25,4
	Nieuwe Merwede BM 13	1831	417	1187	498	34,6	88,1	8,4	44,7
	NM 15	1657	310	807	374	28,5	73,1	7,9	38,5
	Hollands Diep H8	1738	242	503	374	28,5	63,8	7,3	31,6
	H9	1651	205	578	455	22,1	65,0	9,4	38,3
	Haringvliet H10	1376	177	430	326	20,4	56,1	5,9	29,7
	H12	1216	122	368	292	13,1	51,5	6,0	36,4

Tabel 2 Vervolg

		Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Hg	As
juli 1975	Maas BM 21	3048	184	331	473	41,5	66,5	4,1	27,8
	Nieuwe Merwede BM 13	1648	355	836	373	27,7	77,4	5,2	40,0
	NM 15	2086	342	850	411	30,1	78,0	8,9	40,9
	Hollands Diep H8	1782	259	499	355	27,5	65,0	6,2	31,1
	H9	1869	251	631	549	24,5	69,5	8,4	36,6
	Haringvliet H10	1492	184	449	341	19,5	58,9	6,0	34,0
	H12	1204	127	384	276	13,2	51,2	5,3	34,3
december 1976	Nieuwe Merwede BM 13	1615	358	1231	444	58,6	81,0	5,9	36,1
	NM 15	1803	329	838	382	39,0	78,3	13,0	40,5
juli 1977	Maas BM 21	2466	162	253	437	40,4	61,8	5,4	37,0
	Nieuwe Merwede BM 13	1588	370	816	419	39,3	77,9	8,4	28,0
	NM 15	1659	285	835	382	36,9	76,0	6,5	34,1
	Hollands Diep H8	1360	210	494	322	23,9	55,7	4,8	-
	H9	1376	206	489	320	24,4	54,8	6,5	-
	Haringvliet H10	1394	158	401	311	19,1	50,8	6,6	-
	H12	1358	135	397	301	16,3	50,8	5,4	-
december 1979	Nieuwe Merwede BM 13	1900	368	1150	401	43,8	87,4	7,7	40,7
	NM 15	1697	285	867	360	32,4	73,5	7,1	35,2
oktober 1970	Maas BM 21	1427	164	326	326	24,2	48,4	5,0	44
	Nieuwe Merwede NM 15	1855	323	789	447	27,1	61,9	11,5	105
	Hollands Diep H9	1577	176	408	318	13,7	61,0	8,0	62
	Haringvliet H10	720	69	228	185	4,2	44,0	4,4	64

Tabel 2 Vervolg

Worden voor lokatie NM 15 de gehalten aan metalen, gevonden in de monsters genomen in oktober 1970, - voor de afsluiting van het Haringvliet - vergeleken met die in juli 1977, dan blijkt dat het gehalte aan As in die periode met een factor 3, het Hg-gehalte met 80% en de Zn-, Cu- en Pb-gehalten met ongeveer 10% zijn gedaald. Het Cr-gehalte is ongeveer gestabiliseerd, terwijl de Ni- en Cd-gehalten met respectievelijk 20 en 40% zijn gestegen.

Deze ontwikkeling in het verloop van de metaalgehalten tussen 1970 en 1977 is het gevolg van veranderingen in lozingen door industrieën in het Duitse en Nederlandse stroomgebied van de Rijn.

3.2 Metaalgehalten in slib uit de Maas (BM 21)

Op het monsterpunt BM 21 zijn tussen oktober 1970 en juli 1977 voor Cu, Cr, Pb, Cd en Ni maximale gehalten aangetroffen in november 1973, voor Zn in juli '75, voor Hg in juli '77 en voor As in oktober '70. De maximale gehalten bedroegen in dezelfde metaalvolgorde 188; 371; 481; 48; 66; 3048; 5,4 en 44 µg/g. In juli 1977 waren deze gehalten weer gedaald tot achtereenvolgens 162; 253; 437; 40; 62; 2466; 5,4 en 37 µg/g. Vergeleken met de gehalten in oktober 1970 zijn in juli 1977 de gehalten aan Cu en Hg nauwelijks veranderd, de gehalten aan Pb, Ni, Cr en As 25 tot 35% lager en de gehalten aan Zn en Cd 70% hoger.

Vergeleken met slib dat tot afzetting komt in de Nieuwe Merwede (NM 15) bevatte het Maasslib in 1970 bijna evenveel Cd, 30% Zn en Ni, 2 keer zo weinig Cu en 2,5 keer zo weinig Cr, Hg en As. Deze verhoudingen zijn in 1977 drastisch veranderd, in die zin dat de gehalten in beide slibsoorten behalve voor Cr meer naar elkaar toe zijn "gegroeid". In juli 1977 bevatte het Maasslib in vergelijking met slib uit de Nieuwe Merwede evenveel Cd en As, 20% minder Hg en Ni, 75% minder Cu, circa 3 keer zo weinig Cr, 15% meer Pb en 50% meer Zn.

3.3 Metaalgehalten in slib uit het Hollands Diep (H8 en H9) en Haringvliet (H10 en H12)

Het verloop van de metaalgehalten in het Hollands Diep en het Haringvliet met de tijd is verschillend voor de metalen Hg en As enerzijds en de overige metalen anderzijds. Dit verschil wordt veroorzaakt door verschillen in verloop van het gehalte met de tijd in slib aangevoerd door de Waal. Allereerst volgt nu een beschouwing betreffende de metalen Zn, Cu, Cr, Pb, Cd en Ni.

Direkt na de afsluiting van het Haringvliet is het materiaal afkomstig van de Waal en de Maas voornamelijk afgezet in de Nieuwe Merwede en in het Hollands Diep en gedeeltelijk ook in het Haringvliet. Voor Zn en Ni resulteerde dit op H9 tot midden 1971 in een geringe afname van het gehalte, terwijl de overige gehalten enigszins toenamen. Op lokatie H10 namen alle metaalgehalten toe. Voor de meeste metalen werd een verdubbeling van het gehalte geconstateerd. In de periode daarna, - midden 1971 tot midden 1972 - verplaatste het slib zich verder naar H12, alwaar de gehalten stegen. Vanaf 1972 tot 1974 op H12 en vanaf 1971 tot eind 1972, begin 1973 op de punten H8, H9 en H10 werd de dunne laag met relatief hoge gehalten gemengd met het daaronderliggende materiaal met lagere gehalten, waardoor de gehalten weer afnamen. Op H8 was de afname relatief groter als op H9.

Vanaf 1973 (H8, H9 en H10) respectievelijk 1974 (H12) tot midden 1975 zijn de gehalten weer geleidelijk toegenomen, in de meeste gevallen tot boven het niveau dat vlak na de afsluiting werd bereikt. De resultaten van de analyses uitgevoerd aan monsters genomen in 1977 doet vermoeden dat vanaf 1975 op H12 de gehalten verder zijn toegenomen en op de lokaties daarvoor zijn afgenomen. Bedacht moet echter worden dat in 1977 de laag van 0-20 cm is bemonsterd, terwijl op de overige tijdstippen de toplaag is verzameld. Het is zeer wel mogelijk dat de gehalten in de toplagen op H8, H9 en H10 tussen 1975 en 1977 zijn toegenomen.

Nog een enkele opmerking ten aanzien van het Pb- en Ni-gehalte in het Hollands Diep. Op de tijdstippen oktober 1972 en november 1973 zijn op lokatie H8 zeer hoge nikkelgehalten aangetroffen. De gehalten liggen zelfs hoger dan in slib uit de Nieuwe Merwede (figuur 7). Op deze plaats en gedurende de aangegeven tijd is deze verhoging zeer waarschijnlijk te wijten aan toevoegingen van Ni door plaatselijke lozing. In januari en juli van het jaar 1975 zijn op lokatie H9 zeer hoge gehalten aan Pb gevonden (figuur 5); ook hier waarschijnlijk onder invloed van plaatselijke toevoeging van dit metaal aan het sediment.

Voor wat betreft Hg en As is het verloop van de gehalten met de tijd in het Haringvlietbekken anders dan voor de overige metalen. Als gevolg van de continue, sterke daling van het As-gehalte in slib aangevoerd door de Waal is in het Hollands Diep en het Haringvliet het As-gehalte tussen 1970 en 1975 afgenomen. De aanvankelijke toename van het kwikgehalte in slib aangevoerd door de Waal en de daarna opgetreden sterke afname heeft ertoe geleid dat het Hg-gehalte op de lokaties H8 t/m H12 tussen 1970 en 1975 weinig verschillen.

Uit tabel 3 blijkt dat absoluut gezien tussen oktober 1970 en juli 1975 in het Hollands Diep op H9 en in het Haringvliet op H10 de gehalten aan metalen in de toplagen zijn gestegen met uitzondering van As en voor H9 ook kwik. Op H10 is de toename groter als op H9. Verder is de toename het grootst voor Cd.

lokatie	datum	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Hg	As
H9	oktober 1970	1577	176	408	318	13,7	61,0	8,0	62,0
	juli 1975	1869	251	631	549	24,5	69,5	8,4	36,6
H10	oktober 1970	720	69	228	185	4,2	44,0	4,4	64,0
	juli 1975	1492	184	449	341	19,5	58,9	6,0	34,0

Tabel 3 Metaalgehalten bij 50% < 16 µm in slib uit het Hollands Diep en het Haringvliet in oktober 1970 en juli 1975

Worden de veranderingen in de tijd in de metaalniveaus van het slib aangevoerd door de rivieren mede in beschouwing genomen dan ontstaat het volgende beeld. Voor lokatie H9 en H10 zijn voor de monsternametijdstippen oktober 1970 en juli 1975 de metaalgehalten berekend op basis van de in paragraaf 1.2 genoemde verhouding tussen rivierslib aangevoerd door de Waal en door de Maas van 2:1. In tabel 4 zijn de experimenteel bepaalde gehalten uitgedrukt in percentages van de berekende gehalten. De werkelijk gevonden gehalten blijken - behalve op H9 voor Ni in 1970 en Hg en As in 1975 - lager te zijn dan de berekende. Op H9 zijn tussen 1970 en 1975 de gehalten aan Cu, Cu, Cd, Hg en As relatief gestegen en de gehalten aan Zn en Ni gedaald. Op H10 is een relatieve toename voor alle metalen behalve Ni in veel sterkere mate aanwezig. Uit tabel 4 valt af te leiden dat het gehalte in 1975 nog mede bepaald wordt door de bijmenging van met minder metalen belast slib afgezet voor de afsluiting van het Haringvliet.

lokatie	datum	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Hg	As
H9	oktober 1970	92	65	65	78	52	106	86	73
	juli 1975	78	87	93	*	72	94	115	100
H10	oktober 1970	42	26	36	45	16	77	47	75
	juli 1975	62	64	66	79	58	69	82	93

Tabel 4 Experimenteel bepaalde gehalten op H9 en H10 uitgedrukt in procenten van de berekende gehalten

* het Pb-gehalte is in 1975 beïnvloed door plaatselijke toevoeging.

5. Conclusies

Voor de afsluiting van het Haringvliet in november 1980 werden de metaalgehalten in het slib uit het Haringvliet voornamelijk bepaald door de vermenging van vanuit zee binnendringend slib met relatief lage gehalten en van door de Waal en Maas aangevoerd slib met relatief hoge gehalten. Dit resulteerde in een daling in de gehalten in zeewaartse richting. Na de afsluiting viel de "verdunning" met zeeslib weg en mocht worden verwacht dat de gehalten in het Haringvlietbekken meer en meer de metaalniveaus in het door beide rivieren aangevoerde slib zouden benaderen. Uit tabel 4 blijkt dat dit inderdaad het geval is geweest. Of dit een stijging dan wel een daling in de gehalten in het bekken zou betekenen, hangt af van de verandering van de metaalniveaus in het rivierslib. De resultaten van tabel 3 geven aan dat behalve voor As een stijging in de gehalten is opgetreden.

Op H9 varieert de toename van de metaalgehalten tussen oktober 1970 en juli 1975 van 5% voor Hg tot 80% voor Cd. In dezelfde periode is het As-gehalte met 40% gedaald. Op H10 zijn de metaalgehalten toegenomen met een percentage variërend van 35% voor Ni tot 360% voor Cd, terwijl het As-gehalte met bijna 50% is afgenomen.

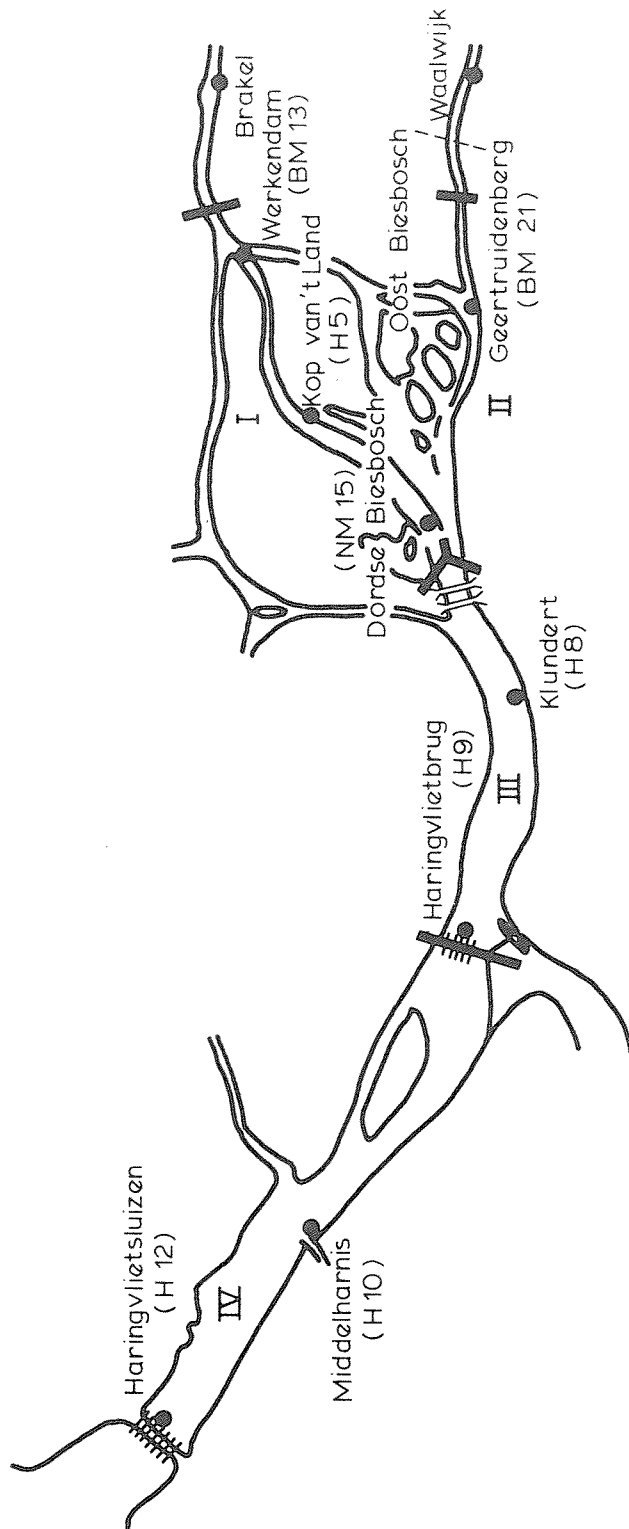
Uit tabel 4 valt af te leiden dat een verdere relatieve toename van de metaalgehalten in de toplagen sinds 1975 waarschijnlijk is.

Naar verwachting zullen in de toekomst voor die metalen waarvoor adsorptie van opgeloste metalen aan het zwevende slib optreedt, met name Zn, Cr, Cd en Ni [4], de gehalten stijgen tot boven de gehalten, die berekend kunnen worden uit de mengverhouding van rivierslib aangevoerd door de Waal en de Maas.

Om het bovenstaande te verifiëren verdient het aanbeveling in de nabije toekomst een hernieuwde scanning van de metaalgehalten in de toplagen van het sediment in het Haringvlietbekken uit te voeren.

REFERENTIES

- 1 Terwindt, J.H.J., Mud in the Dutch Delta Area. Geol. Mijnb. 56, 203-210 (1977)
- 2 Hinrich, H., Schwebstoffgehalt und Schwebstofffracht der Haupt- und einigen Nebenflüsse in der Bundesrepublik Deutschland. Deutsche Gewässerk. Mitt. 15, 113-129 (1971)
- 3 Hellman, H. et al., Schwebstoffe und Schlammablagerungen in Bundeswasserstrassen. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Jahresbericht 1977, 1-28 (1977)
- 4 Waterloopkundig Laboratorium, Geochemisch-Biologisch onderzoek naar het voorkomen en gedrag van zware metalen in de Nederlandse zoetwatergebieden. Verslag M 1468 deel III (augustus 1979)
- 5 Rijkswaterstaat, Slib in de Deltawateren (1976)
- 6 Waterloopkundig Laboratorium en Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Voorkomen en gedrag van zware metalen in slib uit de Schelde. Verslag R 994 (mei 1975)
- 7 Förster, U. and W. Salomons, Trace metal analysis on polluted sediments, Part I: Assessment of Sources and Intensities. Environ. Technol. Letters 1, 494-505 (1980)
- 8 Salomons, W. and W. Eysink, Pathways of mud and particulate trace metals from rivers to the Southern North Sea, In: Proc. Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin. Blackwell (1981)

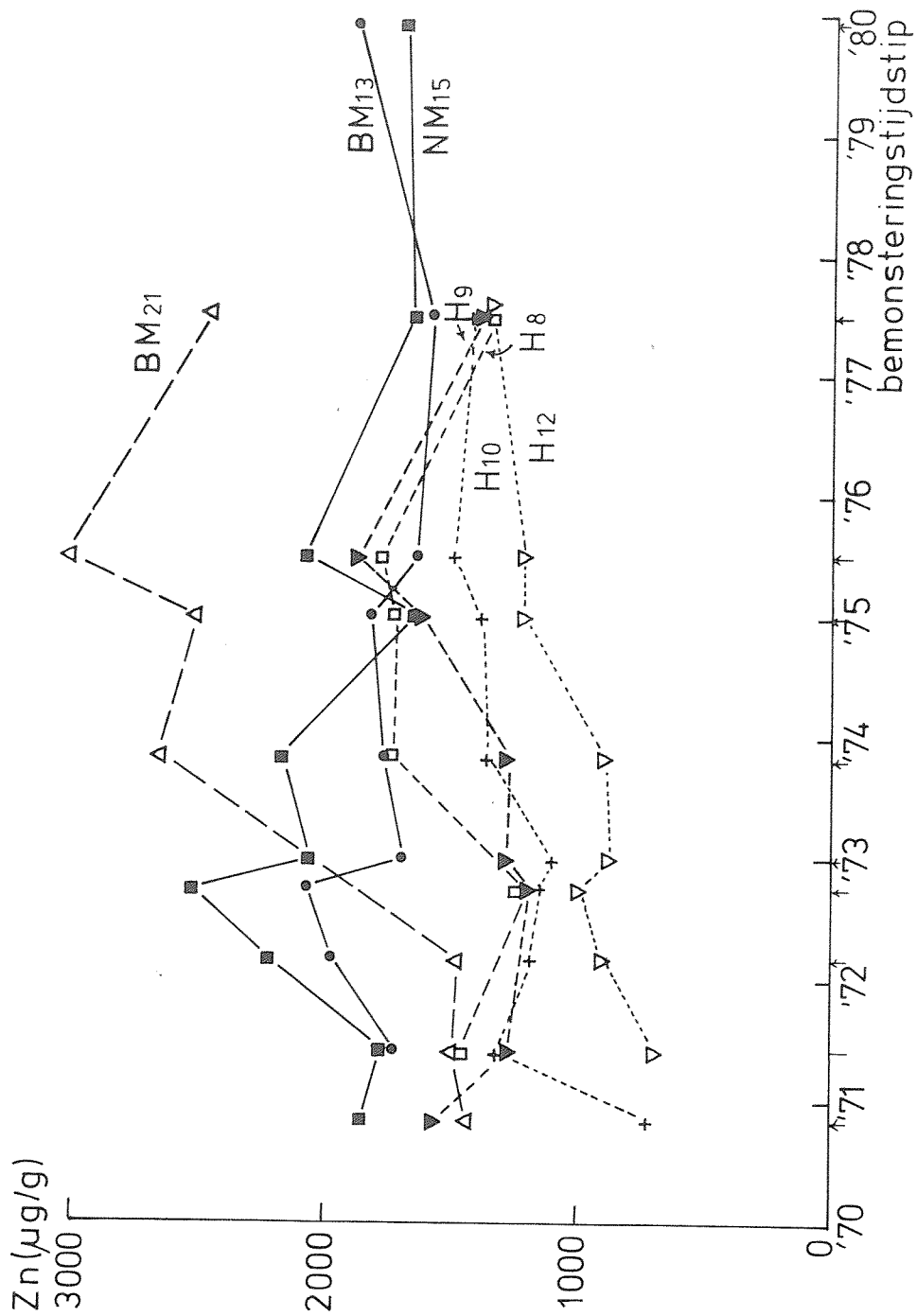


MONSTERPUNTEN AFGEZET SLIB HARINGVLIETGEBIED

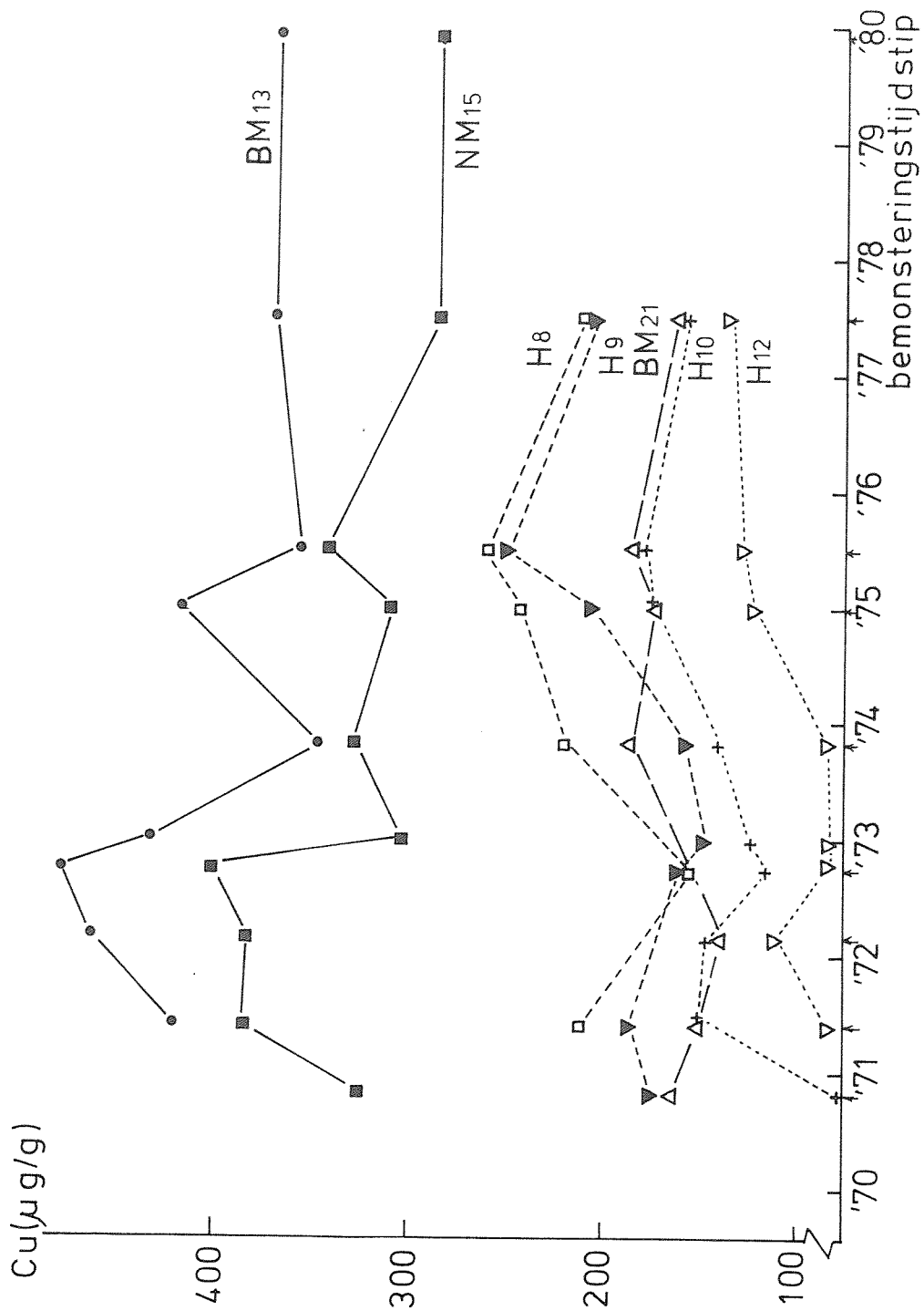
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1702

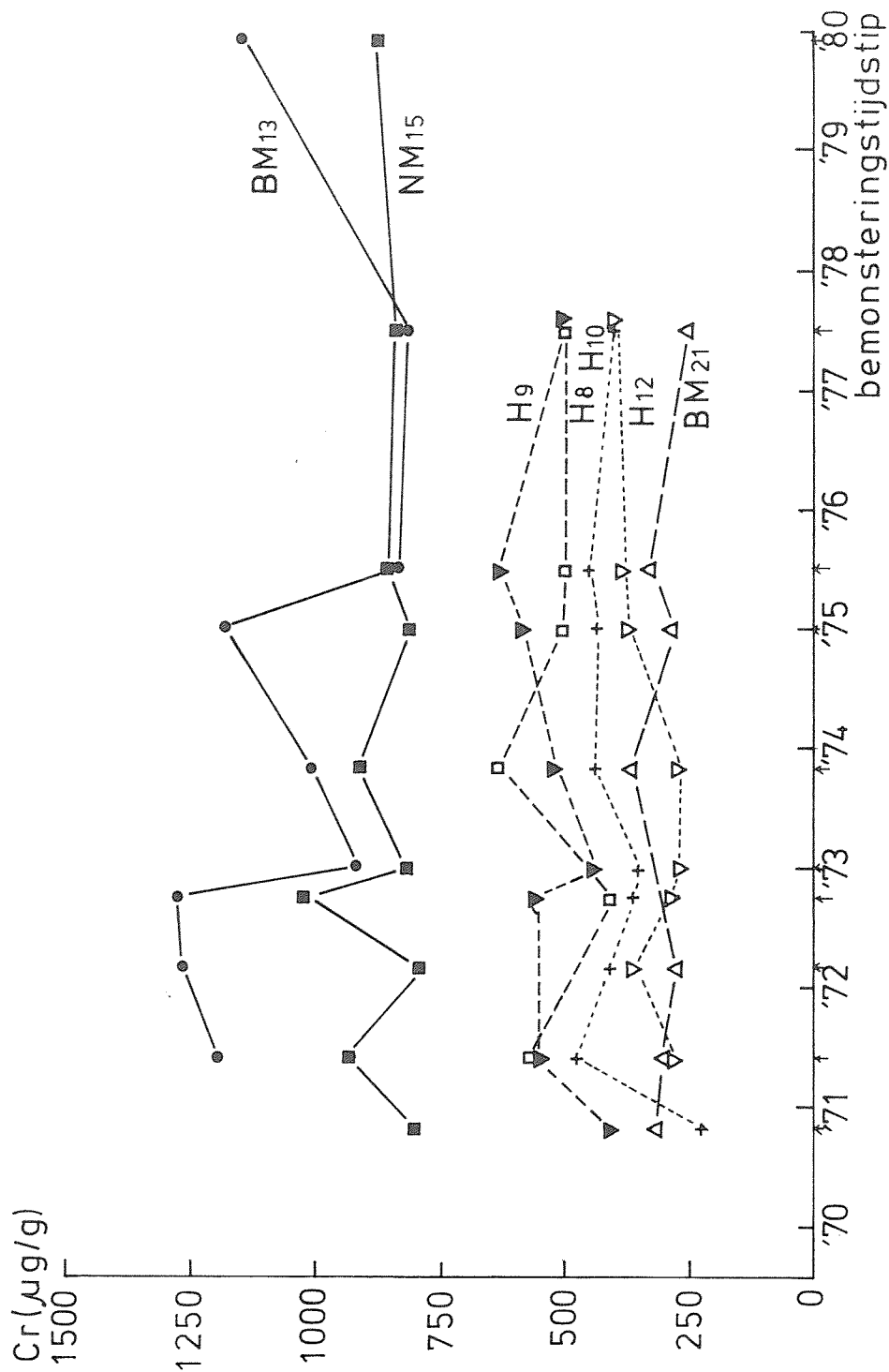
FIG. 1



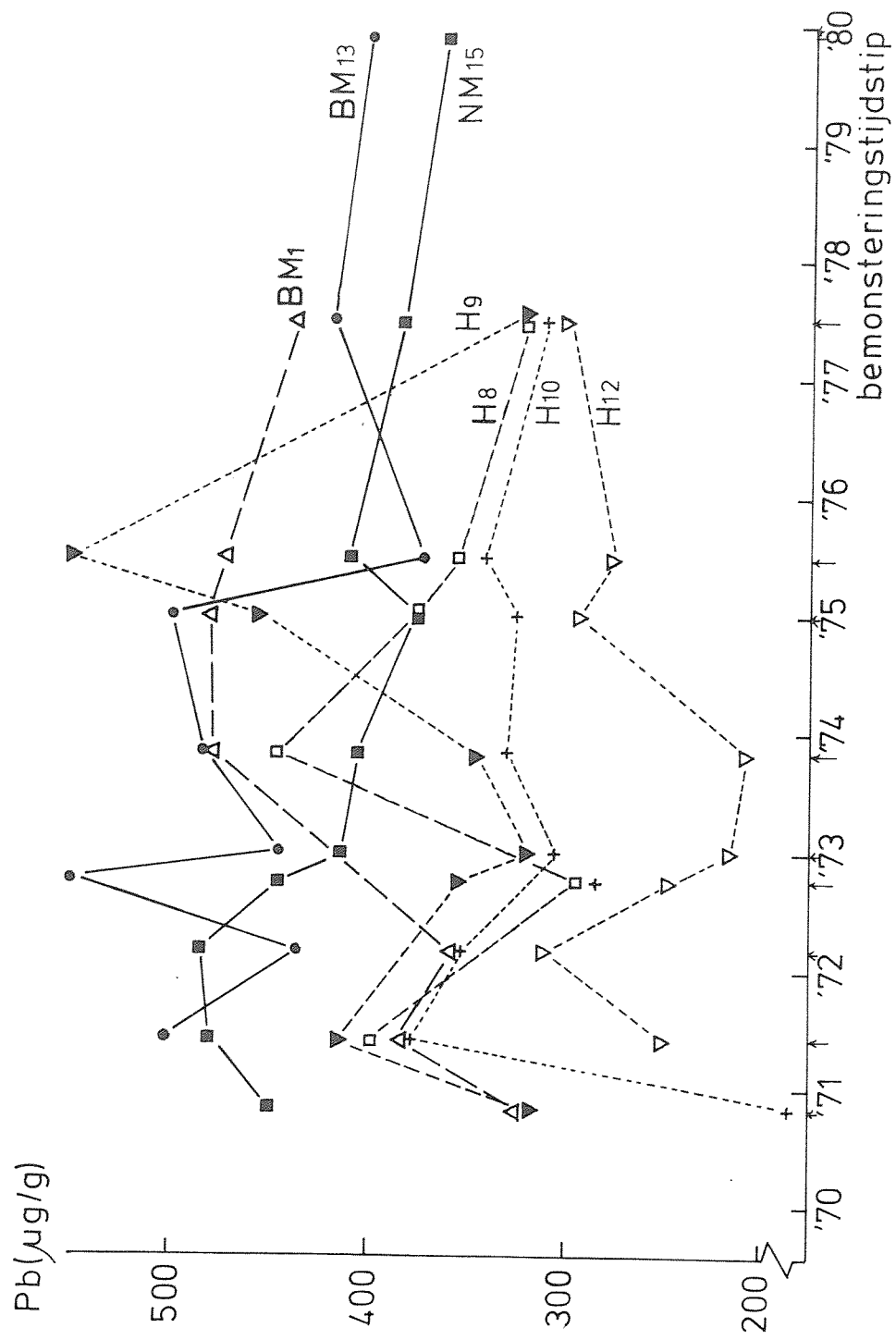
VERLOOP VAN HET Zn-GEHALTE BIJ 50% <math> < 16 \mu\text{m}</math> IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIEBTBEKKEN TUSSEN 1970 en 1980



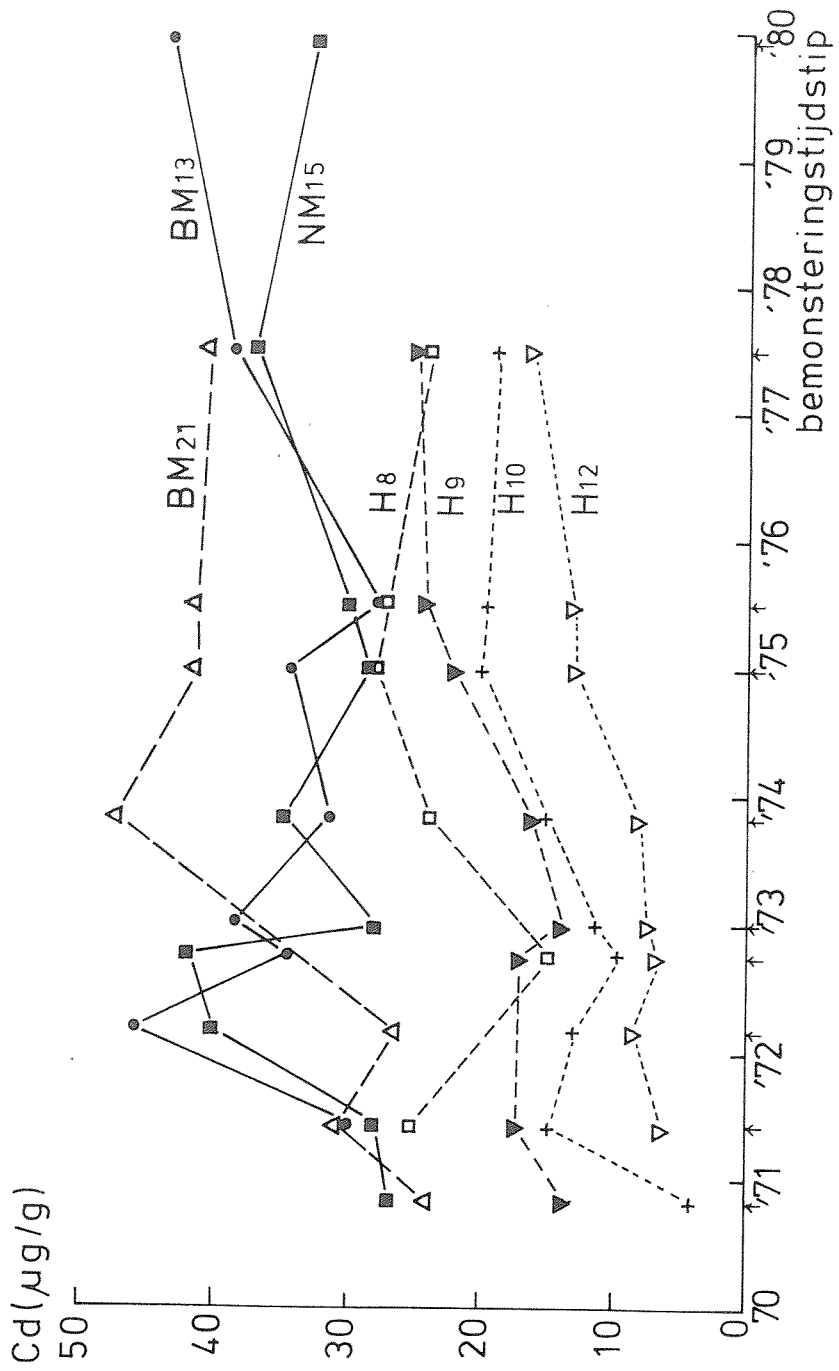
VERLOOP VAN HET Cu-GEHALTE BIJ 50% <16 µm
 IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIETBEKKEN
 TUSSEN 1970 en 1980



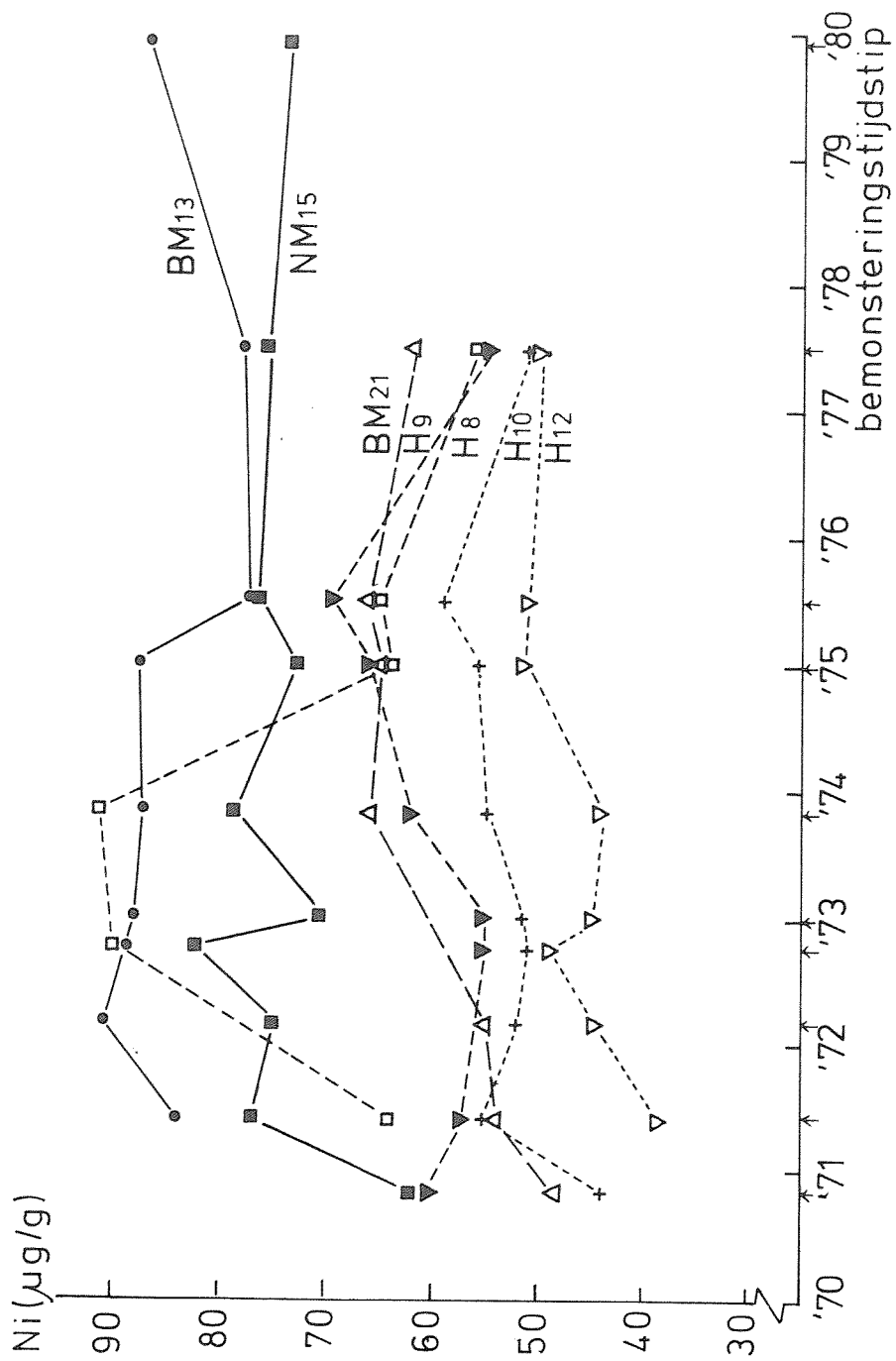
VERLOOP VAN HET Cr - GEHALTE BIJ 50% <math>< 16 \mu\text{m}</math> IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIETBEKKEN TUSSEN 1970 en 1980



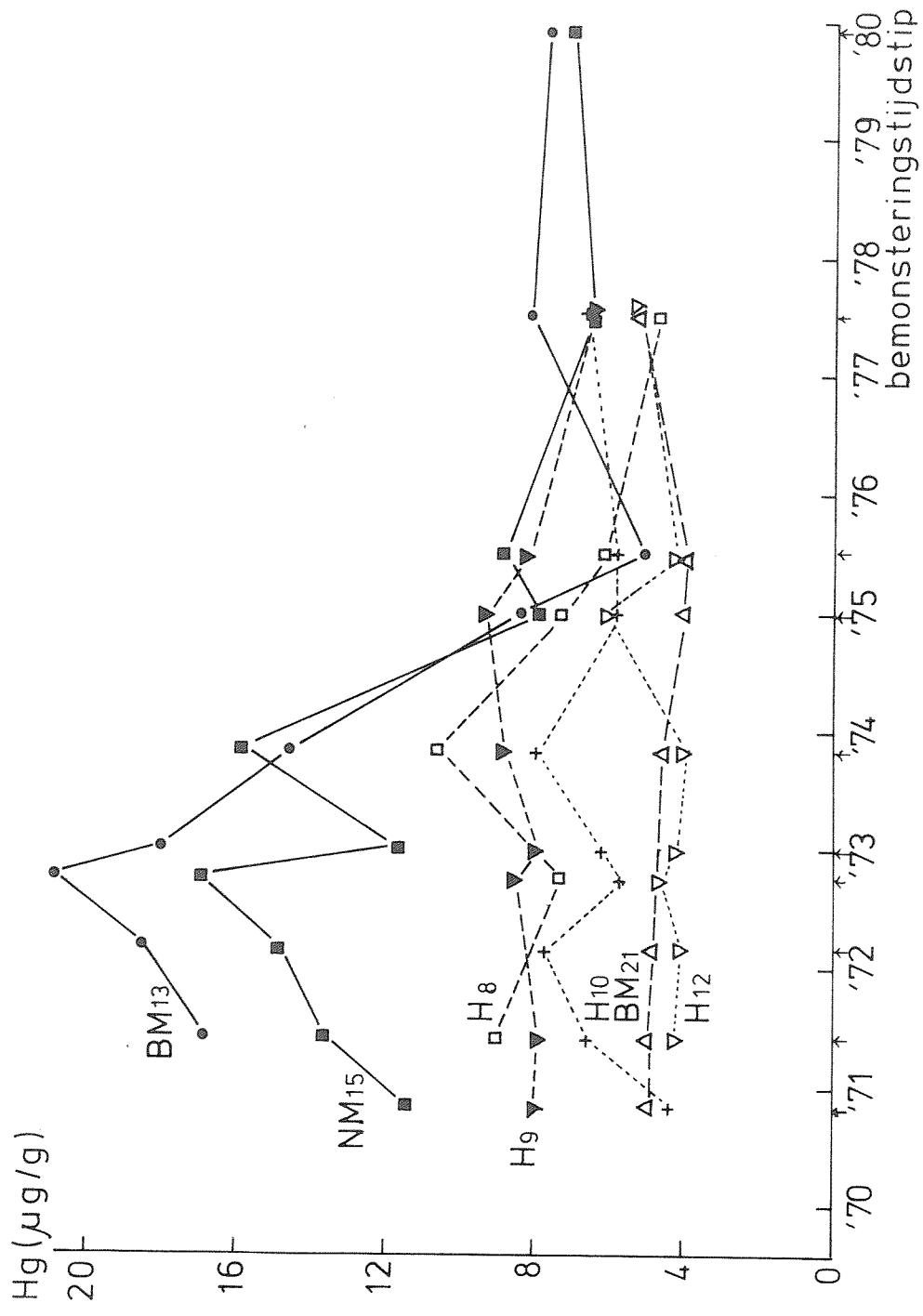
VERLOOP VAN HET Pb-GEHALTE BIJ 50% <math> < 16 \mu\text{m}</math> IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIETBEKKEN TUSSEN 1970 en 1980



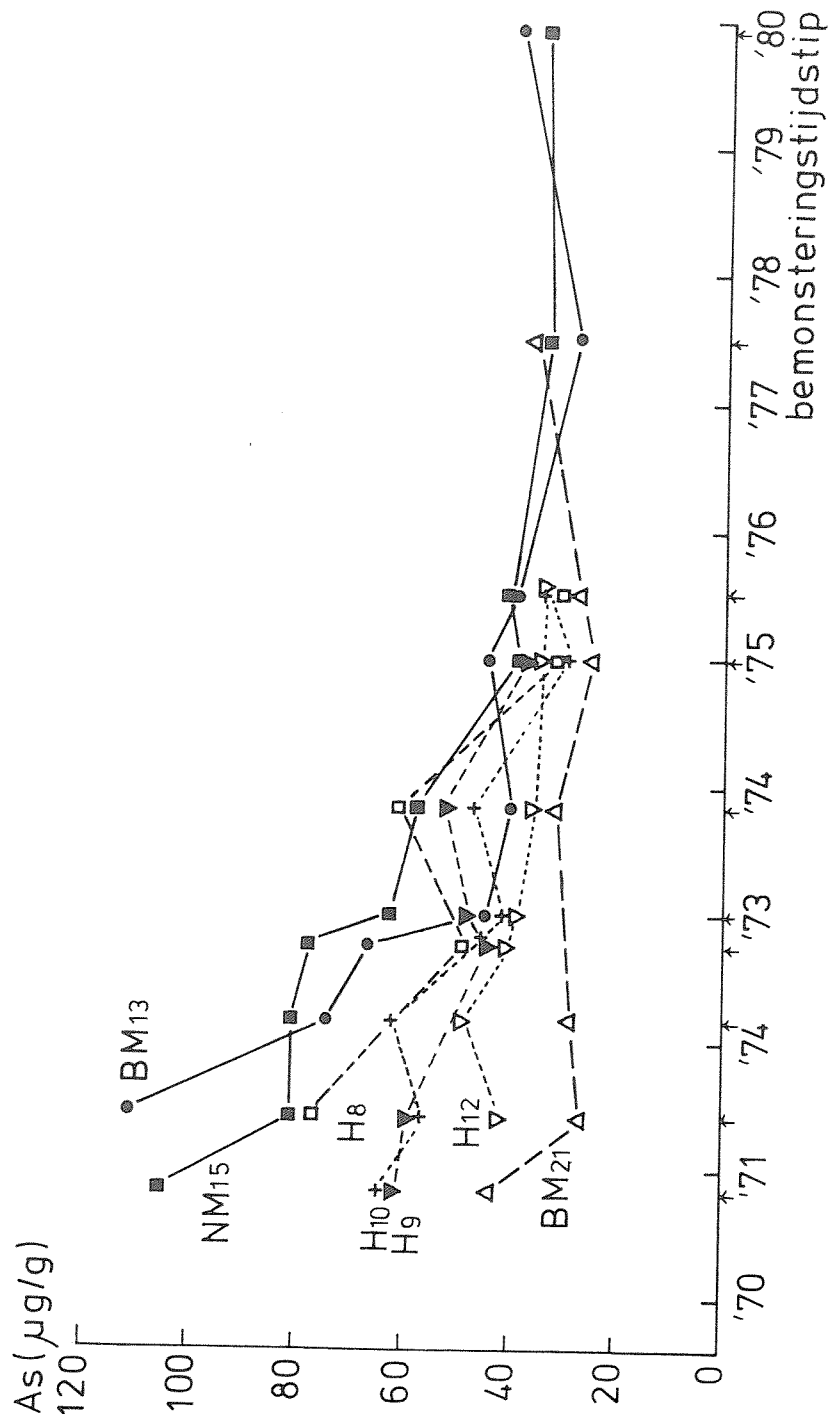
VERLOOP VAN HET Cd-GEHALTE BIJ 50% <math> < 16 \mu\text{m}</math> IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIEBTBEKKEN TUSSEN 1970 en 1980



VERLOOP VAN HET Ni - GEHALTE BIJ 50% <math> < 16 \mu\text{m}</math> IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIETBEKKEN TUSSEN 1970 en 1980



VERLOOP VAN HET Hg-GEHALTE BIJ 50% <math> < 16 \mu\text{m}</math> IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIETBEKKEN TUSSEN 1970 en 1980



VERLOOP VAN HET As - GEHALTE BIJ 50% <16 µm
 IN SEDIMENT VAN HET HARINGVLIETBEKKEN
 TUSSEN 1970 en 1980

