

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**BELASTING VAN DE WEGBERMEN VAN RIJKSWEG 12  
MET ZWARE METALEN**

D. Beker

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn, omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.



18 AUG. 1983

11170998-01

## I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. BELASTING VAN WEGBERMEN MET ZWARE METALEN	1
3. OPZET EN UITVOERING VAN DE PROEF	2
3.1. Monstername	3
3.2. Voorbehandeling en analyse	4
4. RESULTATEN	5
4.1. Belasting van de wegberm	5
4.2. Grond en gewas	10
4.3. Vergelijking van analysemethoden	15
5. CONCLUSIES	17
LITERATUUR	20
BIJLAGEN	

## 1. INLEIDING

Op wegbermen langs autowegen vindt bodemverontreiniging plaats door afspoeling van verontreinigde stoffen van het wegdek en door afzetting van deeltjes vanuit de lucht.

Op de wegbermen langs Rijksweg 12 bij Veenendaal is in de jaren 1975 en 1976 een onderzoek verricht naar de zoutbelasting tengevolge van gladheidsbestrijding (HOEKS, TOUSSAINT en LOOYEN, 1976). Aansluitend is hier een globaal, oriënterend onderzoek verricht naar de belasting met lood, cadmium, koper en zink (HARMSSEN en HOEKS, 1976). Dit onderzoek is in de periode juli-augustus 1976 herhaald, waarbij enkele verbeteringen zijn aangebracht in de bemonsterings- en analysemethoden.

Gezien de toxicologische betekenis van zware metalen bij besmetting van grond en gewas, zijn naast lood, cadmium, koper en zink ook nog nikkel en chroom in het onderzoek betrokken.

Onderzocht zijn de belasting van de wegberm via verstuiving en de gehalten in grond en gewas. Een tweetal analysetechnieken werd nader met elkaar vergeleken.

## 2. BELASTING VAN WEGBERMEN MET ZWARE METALEN

Emissie van zware metalen door het verkeer vindt o.a. zijn oorzaak in:

- de toevoeging van tetraethyllood (T.E.L.) en tetramethyllood (T.M.L.) aan de benzine ter verbetering van de klopvastheid (zgn. pingelen):  
0,2 mgPb/l in normale benzine en 0,3-0,8 mgPb/l in superbenzine.
- de toevoeging van bepaalde nikkelcomponenten aan de benzine.
- de aanwezigheid van cadmium in motorolie, dieselolie en in autobanden.

- het gebruik van allerlei zware metalen in de automobielconstructie: in staal, legeringen, coatings en kleurstoffen.

De belangrijkste emissie vindt, na verbranding, via de uitlaatgassen plaats. Hierbij worden zware metalen veelal in de vorm van oxiden, carbonaten en sulfaten geëmitteerd. Geadsorbeerd of gecomplexeerd aan stofdeeltjes worden de zware metalen als aerosolen (kolloïdale deeltjes in een gas), afhankelijk van de grootte en de overheersende windrichting, direct in de omgeving van de weg neergeslagen of over grotere afstand verspreid. Vooral de kleinere deeltjes blijven langer in de atmosfeer en berokkenen bij inademing schade aan de gezondheid (kleinste deeltjes hebben de hoogste retentie in de longen!). Ook afspoeling van het wegdek en 'uitspoeling' van de deeltjes in de lucht bij neerslag vormen een bron voor bodemverontreiniging.

Mogelijke gevolgen van bovengenoemde verspreiding van zware metalen voor de omgeving van de autosnelweg:

- schade aan bermbeplanting en gewas (en mogelijk dieren i.v.m. hooien van wegbermen!).
- verhoging van de mobiliteit van zware metalen in de grond in de winter bij gladheidsbestrijding (HAHNE and KROONTJE, 1973): ondanks de goede vastlegging in de bovenste grondlagen, kunnen bij hoge Cl-gehalten, metalen als Cd, Pb en Zn ongeladen of negatieve complexen met  $Cl^-$  vormen, waardoor de vastlegging aan het negatief geladen adsorptiecomplex sterk wordt verminderd. Op 1 meter afstand van de weg kunnen  $Cl^-$ -gehalten in het bodemvocht, na een aantal strooibeurten, tijdelijk oplopen tot 3000 à 4000 mg/l (HOEKS, TOUSSAINT en LOOYEN, 1976).
- directe verontreiniging van het oppervlaktewater, b.v. van sloten en plassen langs autosnelwegen (zandwinningsplassen gebruikt voor recreatie).

### 3. OPZET EN UITVOERING VAN DE PROEF

Het proefobject is gelegen langs Rijksweg 12 bij Veenendaal (kmpaal 88,8). De belasting van de wegbermen met zware metalen is op verschillende afstanden van de wegverharding gemeten, n.l. op 1; 2,5; 5; 10; 25 en 50 meter. De laatste twee afstanden dienden ervoor om de

grootte van de invloedssfeer van de autosnelweg te bepalen en om zodoende een referentie- c.q. achtergrondsconcentratie te meten. Op de eerste vier afstanden is de belasting in duplo gemeten ( 2 raaien; zie fig. 1). Er is bemonsterd over de periode 8/7 t/m 5/8 1976.

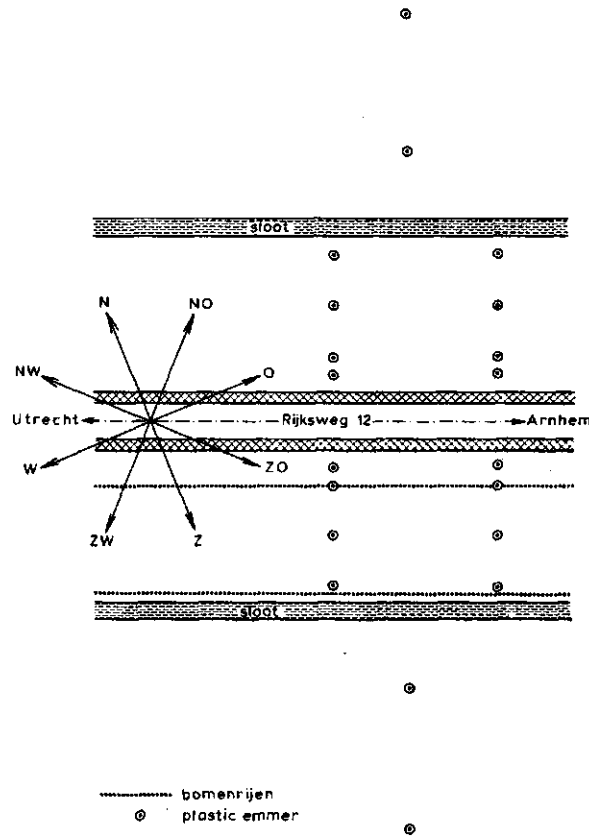


Fig. 1. Situatieschets van het proefobject langs Rijksweg 12 en de ligging t.o.v. de windroos

### 3.1. M o n s t e r n a m e

De meting geschiedde door m.b.v. plastic emmertjes ( $\varnothing=22$  cm), ingegraven in de wegbermen, alle stof en neerslag op te vangen. Eenmaal per week werden de emmertjes vervangen en meegenomen naar het laboratorium voor analyse op Pb, Zn, Cu, Ni, Cd en Cr.

Aan beide zijden van de weg zijn, tussen de twee raaien, op de verschillende afstanden gewasmonsters genomen door het gewas (vnl. gras) vlak boven het maaiveld af te knippen. Op dezelfde plaatsen zijn er

grondmonsters genomen van 0-20 en 20-40 cm beneden het maaiveld. Doordat de grond vrij droog en lossamenhangend was - er zijn met een grondboor grondmonsters genomen - was het moeilijk om dunnere lagen (b.v. 0-5 en 5-10 cm) te bemonsteren (er is geen profielkuil gemaakt).

### 3.2. V o o r b e h a n d e l i n g e n a n a l y s e

- monsters van stof en neerslag in plastic emmertjes. De inhoud van de emmertjes werd in zijn totaliteit met 1N salpeterzuur overgepoeld in platbodemplaten van 250 cc. De emmertjes werden nageveegd met een Kleenex tissue en deze werd ook in de platbodemplaat overgebracht. Hierna werd er gedurende 15 min. onder terugvloei-koeling gekookt. Na afkoeling werd het monster geheel of gedeeltelijk overgebracht in een reageerbuis. In de bovenstaande heldere vloeistof werden m.b.v. atoomabsorptiespektrofotometrie (Varian Techtron, model AA-4) de diverse zware metalen gemeten (Pb, Zn, Cu, Ni, Cd en Cr). Bovenstaande ontsluitingsmethode werd, behoudens enkele kleine verbeteringen, reeds eerder toegepast (HARMSSEN en HOEKS, 1976).

- gewasmonsters.

De monsters werden vooraf gemalen en gedroogd ( $105^{\circ}\text{C}$ ). Pb, Zn, Cu, Ni, Cd en Cr werden volgens twee methoden bepaald. Afroken met geconcentreerd salpeterzuur (BALRAADSJING, 1973. Bepaling van totaal-lood in grond met atoomabsorptiespektrofotometrie) en destrueren met een mengsel van 1:1 geconcentreerd zwavelzuur en salpeterzuur (BALRAADSJING, 1972. Bepaling van totaal-koper in grond met atoomabsorptiespektrofotometrie).

- grondmonsters.

De monsters werden vooraf gedroogd bij  $105^{\circ}\text{C}$ . De verdere bepaling ging op dezelfde wijze als bij de gewasmonsters.

Voor zover weersgegevens zijn gebruikt bij de interpretatie van met name de cijfers betreffende de belasting van de wegbermen met zware metalen, is gebruik gemaakt van de gegevens van het Weerstation Wageningen van de afdeling Natuur- en Weerkunde (Landbouwhogeschool).

## 4. RESULTATEN

### 4.1. B e l a s t i n g v a n d e w e g b e r m

In tabel 1 staan de resultaten vermeld van de belasting van de wegbermen met zware metalen, zoals is gemeten m.b.v. de plastic emmertjes.

Uit tabel 1 is te zien dat van de zes onderzochte zware metalen, lood via het verkeer in de hoogste concentraties wordt verspreid. Bij het element lood komt de afstandsafhankelijkheid (= op grotere afstand van de weg kleinere belasting) dan ook het duidelijkst tot uitdrukking. In de lagere concentratiegebieden komt de afstandsafhankelijkheid niet altijd even duidelijk tot uitdrukking. Analysefouten spelen hierbij een rol. De conclusie lijkt gewettigd, dat het verkeer, behalve lood, ook zink, koper, nikkel, cadmium en chroom in het milieu verspreid, waarbij in genoemde volgorde de hoeveelheden sterk afnemen.

In de figuren 2 t/m 7 is de gemiddelde belasting op de wegbermen uitgezet, voor de gehele periode 8/7-5/8, als functie van de afstand tot de wegverharding.

Uit de figuren 2 t/m 7 is te constateren, dat in genoemde proefperiode de Zuidberm gemiddeld meer belast is dan de Noordberm. Om te beoordelen in hoeverre de weersomstandigheden van invloed zijn geweest op de verspreiding van de zware metalen, is er een waarderingssysteem gekozen (HOEKS en LOOYEN, 1975), waarin factoren zijn opgenomen als windrichting, windsnelheid, regenduur en regenintensiteit. I.t.t. voorgaand onderzoek zijn hier alleen windrichting en windsnelheid als bepalende factoren opgenomen (zie bijlage 1 en 2).

Hieruit is af te lezen dat (door optelling van de TW-waarden per periode):

- in de periode 8/7-15/7 er een voorkeur bestond voor de verspreiding over de Zuidberm.
- in de periode 15/7-22/7 er een lichte voorkeur bestond voor de Zuidberm.
- in de periode 22/7-29/7 er voorkeur bestond voor de Zuidberm.
- in de periode 29/7-5/8 er een lichte voorkeur bestond voor de Noordberm.

Tabel 1. Belasting van Pb, Zn, Cu, Ni, Cd en Cr op de Zuidberm en Noordberm van Rijksweg 12 bij Veenendaal (in mg/m<sup>2</sup> wegberm - per week), op verschillende afstanden van de weg. De onderzoeksperiodes zijn: I = 8/7-15/7, II = 15/7-22/7, III = 22/7-29/7, IV = 29/7-5/8

Element	Periode (1976)	Zuidberm						Noordberm					
		1 m	2,5 m	5 m	10 m	25 m	50 m	1 m	2,5 m	5 m	10 m	25 m	50 m
Pb	I	31,72	16,98	8,49	4,94	1,77	1,12	47,79	15,04	8,13	3,77	1,88	1,15
	II	54,94	21,05	13,68	6,67	2,08	1,38	49,04	16,71	7,34	3,65	1,40	0,85
	III	74,59	35,31	17,67	8,71	2,32	1,19	24,21	8,38	3,48	3,39	0,75	0,44
	IV	35,06	11,44	6,46	3,27	1,23	0,85	46,90	16,76	8,40	3,91	1,55	1,07
Zn	I	8,87	13,90	7,17	8,92	1,47	1,35	14,76	8,09	4,66	3,84	5,24	1,84
	II	18,33	9,39	12,34	3,23	2,32	1,94	22,89	9,97	5,84	11,12	3,91	2,66
	III	31,23	13,08	16,02	16,75	2,40	1,42	7,11	2,79	2,68	11,60	1,20	1,66
	IV	8,28	4,00	7,71	1,39	0,84	0,94	34,83	5,61	4,19	2,41	1,31	1,11
Cu	I	0,56	0,51	0,24	0,16	0,08	0,22	1,85	0,77	0,47	0,27	0,13	0,07
	II	1,81	1,09	0,64	0,40	0,23	0,16	1,77	0,72	0,42	0,32	0,37	0,27
	III	2,62	1,67	1,09	0,77	0,27	0,18	1,22	0,52	0,42	0,41	0,19	0,13
	IV	1,01	0,52	0,49	0,25	0,25	0,19	1,62	1,00	0,45	0,26	0,20	0,16
Ni	I	0,37	0,95	0,06	0,16	0,06	0,03	0,45	0,24	0,07	0,02	0,01	0,02
	II	0,68	0,35	0,20	0,22	0,12	0,07	0,58	0,69	0,56	0,26	0,43	0,42
	III	0,67	0,43	0,21	0,53	0,08	0,12	0,28	0,17	0,13	0,44	0,07	0,31
	IV	0,20	0,55	2,21	0,15	0,08	0,08	0,94	0,39	0,40	0,39	0,32	0,59
Cd	I	0,07	0,14	0,03	0,03	0,03	0,01	0,13	0,08	0,02	0,06	0,02	0,02
	II	0,11	0,06	0,02	0,02	0	0,01	0,11	0,07	0,05	0,03	0,02	0,03
	III	0,11	0,06	0,05	0,05	0,01	0	0,05	0,02	0,01	0,02	0	0,01
	IV	0,03	0,01	0,10	0	0	0	0,15	0,04	0,01	0	0,01	0
Cr	I*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	II	0,25	0,16	0,10	0,06	0,07	0	0,28	0,19	0,10	0,07	0,02	0
	III	0,26	0,19	0,08	0,08	0	0	0,15	0,09	0,08	0,07	0	0
	IV	0,15	0,04	0,07	0,05	0	0	0,14	0	0	0	0	0

\* niet bepaald = n.b.



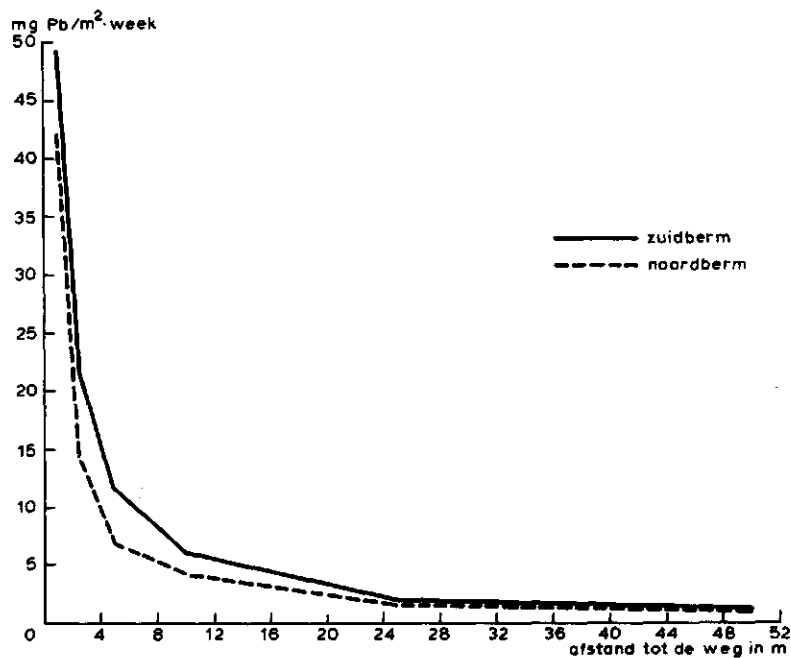


Fig. 2. Gemiddelde loodbelasting op de berm van Rijksweg 12 bij Veenendaal, in de periode 8/7-5/8 1976, als functie van de afstand tot de wegverharding

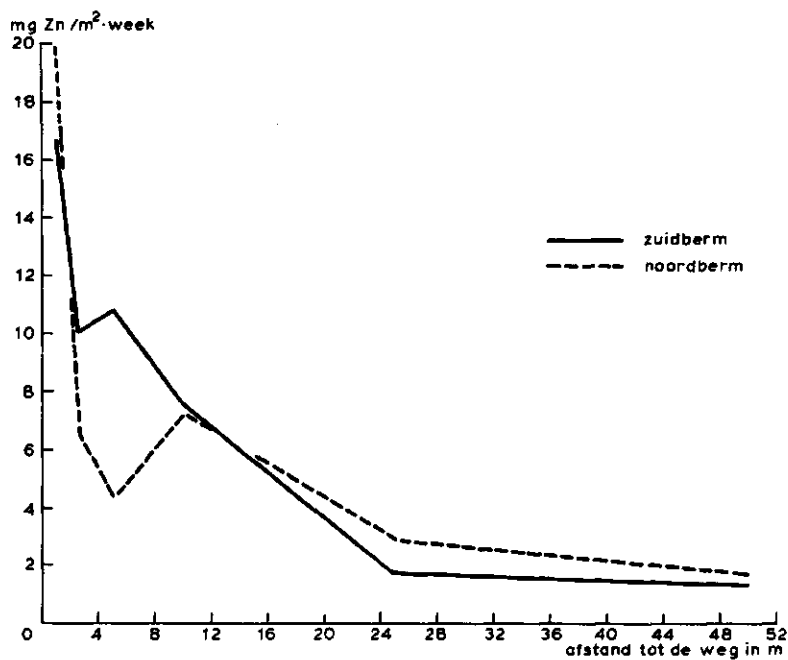


Fig. 3. Gemiddelde zinkbelasting op de berm van Rijksweg 12 bij Veenendaal, in de periode 8/7-5/8 1976, als functie van de afstand tot de wegverharding

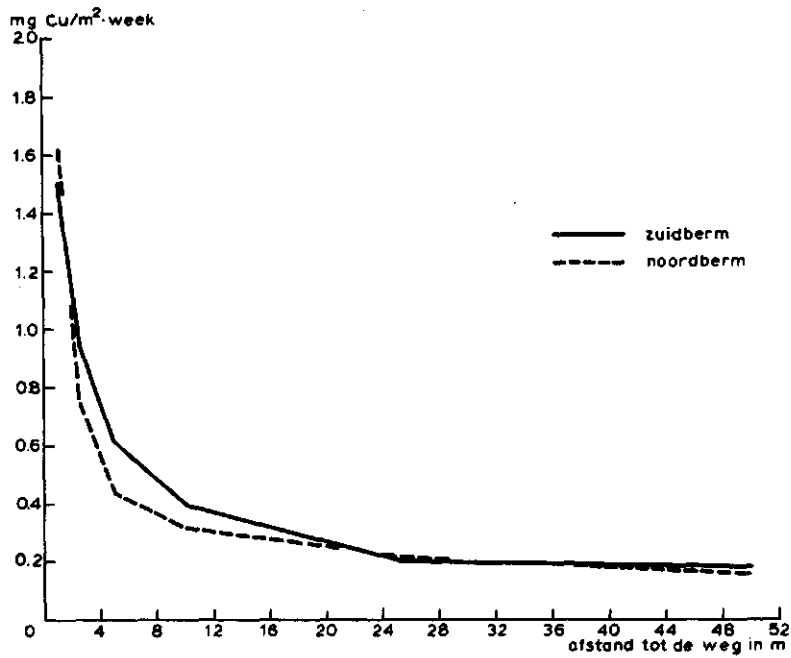


Fig. 4. Gemiddelde koperbelasting op de berm van Rijksweg 12 bij Veenendaal, in de periode 8/7-5/8 1976, als functie van de afstand tot de wegverharding

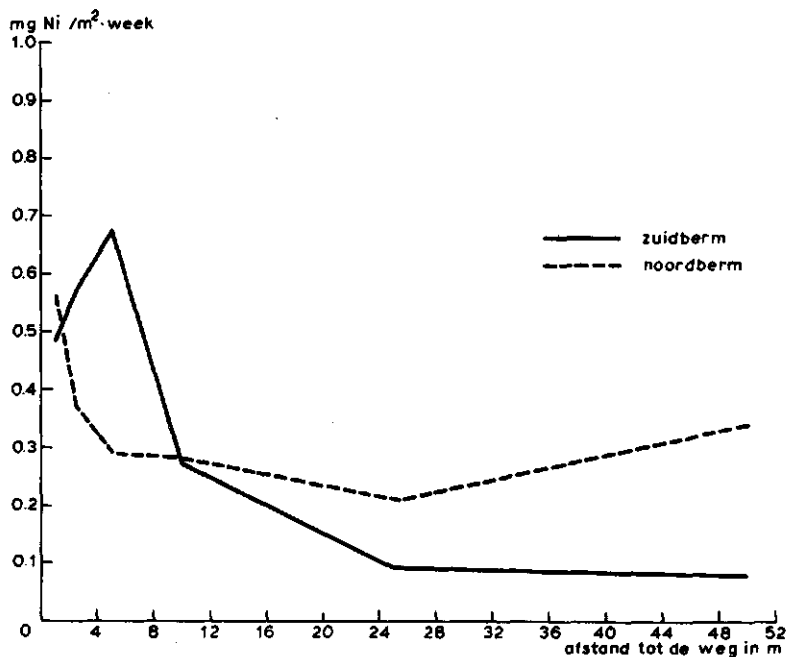


Fig. 5. Gemiddelde nikkelbelasting op de berm van Rijksweg 12 bij Veenendaal, in de periode 8/7-5/8 1976, als functie van de afstand tot de wegverharding

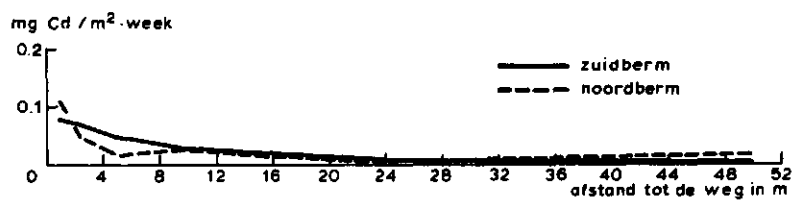


Fig. 6. Gemiddelde cadmiumbelasting op de berm van Rijksweg 12 bij Veenedaal, in de periode 8/7-5/8 1976, als functie van de afstand tot de wegverharding

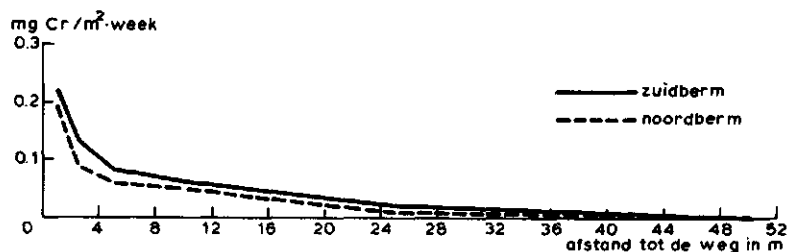


Fig. 7. Gemiddelde chroombelasting op de berm van Rijksweg 12 bij Veenedaal, in de periode 8/7-5/8 1976, als functie van de afstand tot de wegverharding

De gunstige weersomstandigheden voor verspreiding op Noord- of Zuidberm komen in de cijfers in tabel 1, vooral bij de hogere concentraties, goed tot uitdrukking.

Hoe groot de natuurlijke belasting van de verschillende zware metalen is, valt moeilijk na te gaan. Van belang hiervoor zijn o.a. een bepaalde overheersende windrichting gepaard gaand met de mate en soort van industriële activiteit. In Noord-Holland is gebleken, uit een onderzoek naar de regenwaterkwaliteit, dat de belasting van lood gemiddeld circa  $0,06 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{dag}$  is met uitschieters tot 0,3 en  $1,1 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{dag}$  (PROVINCIALE WATERSTAAT VAN NOORD-HOLLAND, 1975).

Uit de cijfers in tabel 1 blijkt dat de invloedssfeer van koper, nikkel, cadmium en chroom niet verder reikt dan 50 m. Voor lood en zink ligt de invloedssfeer waarschijnlijk nog verder, maar gezien de concentratieafname van 25 naar 50 m, lijkt het erop, dat na 100 m de concentratie vrijwel constant zal zijn.

#### 4.2. G r o n d e n g e w a s

Om een indruk te krijgen hoever de zware metalen in de grond doordringen, zijn er grondmonsters genomen. Tevens zijn in het ter plaatse groeiende gewas (vnl. gras) ook de gehalten aan zware metalen (Pb, Zn, Cu, Ni, Cd en Cr) bepaald (zie tabel 2).

Zoals reeds vermeld is de bemonstering van de grond niet helemaal juist geweest. Doordat de grond erg droog en lossamenhangend was, konden er slechts monsters genomen worden op 0-20 cm en 20-40 cm beneden het maaiveld, waardoor er een te grote 'verdunning' ontstaat. De cijfers uit tabel 2 dienen dan ook met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Bij de grondmonsters zien we in de meeste gevallen in de laag 0-20 cm hogere concentraties dan in de laag 20-40 cm. Hieruit valt te concluderen dat de zware metalen Pb, Zn, Cu, Ni, Cd en Cr vooral in de bovenste grondlagen wordt vastgelegd. Een verschil in de mate van vastlegging is nauwelijks te constateren, wat waarschijnlijk het gevolg is van de te dikke laagbemonstering (verlaging van de concentraties) en eventuele analysefouten. Mogelijkerwijs worden in de winter zware metalen als Cd, Pb en Zn meer over het profiel verdeeld als gevolg van

Tabel 2. Belasting van de wegbermen langs Rijksweg 12 met Pb, Zn, Cu, Ni, Cd en Cr. Gehalten in grond en gewas op verschillende afstanden van de wegverharding, gemeten volgens twee analysetechnieken (ppm)

Element	Bemonsteringspunt	Destructie met Fleischmannzuur (1:1 salpeterzuur en zwavelzuur)			Afroken met salpeterzuur			
		grond			grond			
		gewas	0-20	20-40 cm	gewas	0-20	20-40 cm	
Pb	N*-1	22,67	56,13	27,41	69,03	245,82	115,06	
	2,5	16,37	1,30	0	44,45	55,96	27,19	
	5	94,46	16,97	0	152,72	112,45	2,62	
	10	0	-	0	47,59	8,37	2,62	
	25	0	0	0	17,26	29,29	13,60	
	50	0	0	-	12,03	29,29	29,29	
	Z*-1	47,86	40,47	0	96,75	285,04	73,22	
	2,5	22,67	14,35	20,88	75,84	121,86	159,52	
	5	47,86	3,91	0	65,38	28,76	14,64	
	10	22,67	3,91	3,91	48,64	42,88	1,05	
	25	0	0	0	24,06	34,52	0	
	50	0	0	0	19,87	66,42	7,85	
	Zn	N -1	83,25	91,69	65,94	82,90	113,50	62,37
		2,5	68,75	31,94	27,30	69,48	28,88	27,50
5		106,58	45,33	6,70	123,50	46,78	8,88	
10		181,50	-	6,18	220,00	10,07	5,84	
25		40,35	73,15	21,46	44,21	75,38	23,75	
50		72,25	37,61	62,50	71,06	40,00	60,99	
Z -1		84,75	92,73	55,64	78,16	116,25	43,25	
2,5		75,50	46,36	171,03	78,16	52,70	233,75	
5		55,50	37,09	26,79	56,85	39,50	27,00	
10		74,25	23,70	-	63,95	24,13	7,42	
25		39,47	81,39	8,04	42,63	76,58	4,66	
50		48,25	73,15	29,88	45,00	84,50	28,88	

Element	Bemonsteringspunt	Destructie met Fleischmannzuur (1:1 salpeterzuur en zwavelzuur)			Afroken met salpeterzuur			
		gewas	grond		gewas	grond		
			0-20	20-40 cm		0-20	20-40 cm	
Cu	N -1	14,41	18,83	11,94	15,47	15,47	47,35	
	2,5	9,53	8,04	5,28	8,09	10,97	4,86	
	5	11,86	14,70	0	10,07	13,49	2,70	
	10	11,23	-	0	10,25	4,32	1,98	
	25	5,93	12,40	6,43	6,74	10,79	7,64	
	50	8,90	10,33	9,32	7,64	9,98	10,25	
	Z -1	10,17	14,01	8,50	8,99	14,03	7,37	
	2,5	9,96	7,35	14,70	9,35	8,36	11,87	
	5	5,72	10,79	6,20	6,12	7,37	7,19	
	10	5,72	6,89	0,23	6,21	7,19	1,98	
	25	5,93	12,86	3,90	6,47	11,15	1,35	
	50	4,45	16,54	13,55	5,13	17,27	9,44	
	Ni	N -1	0	0	5,68	1,88	8,53	9,54
		2,5	0	1,78	3,55	1,26	4,89	4,27
5		0	1,42	0	3,77	5,15	4,02	
10		0	-	0	5,40	4,39	3,01	
25		0	4,97	5,33	3,64	5,90	6,78	
50		0	3,55	-	1,63	7,03	10,04	
Z -1		0	5,86	7,81	2,51	9,79	7,53	
2,5		0	0	8,88	3,77	5,52	8,41	
5		0	0	3,55	3,39	4,64	5,02	
10		0	1,78	11,36	4,52	4,77	2,76	
25		0	8,88	12,43	2,38	10,04	4,02	
50		0	10,65	24,86	2,51	12,80	17,57	

Element	Bemonsteringspunt	Destructie met Fleischmannzuur (1:1 salpeterzuur en zwavelzuur)			Afroken met salpeterzuur			
		gewas	grond		gewas	grond		
			0-20	20-40 cm		0-20	20-40 cm	
Cd	N -1	0	0	0	1,00	0,56	0,47	
	2,5	0	0	0	0,39	0,17	0,05	
	5	0	0	0	1,15	0,32	0	
	10	0	-	0	1,40	0,15	0,10	
	25	0	1,25	-	0,10	0,32	0,22	
	50	0	0	-	0,22	0,22	0,25	
	Z -1	0	3,93	1,10	0,25	0,34	0,51	
	2,5	0	0	0	0,27	0,32	0,49	
	5	0	0	0	0,34	0,20	0,10	
	10	0	0	0	0,25	0,20	0,05	
	25	0	0	0	0,05	0,34	0	
	50	0	0	0	0,15	0,54	0,32	
	Cr	N -1	5,68	23,17	11,11	2,46	16,10	13,64
		2,5	3,03	10,79	9,21	3,03	10,61	10,42
5		6,44	14,92	5,40	4,36	11,36	8,33	
10		4,55	-	6,98	2,27	7,39	6,63	
25		3,79	12,70	17,46	5,49	13,26	14,39	
50		1,52	14,92	20,08	3,79	15,15	16,86	
Z -1		3,03	17,46	15,24	2,84	12,50	11,36	
2,5		6,06	9,84	15,87	3,98	9,47	6,25	
5		7,58	12,70	12,06	6,82	12,69	9,85	
10		4,17	11,43	6,35	14,39	9,47	6,25	
25		4,55	22,54	10,16	3,03	17,42	9,47	
50		4,55	21,59	36,51	4,17	14,58	24,43	

N\*-1 = noordberm, op 1 meter van de wegverharding

Z\*-1 = zuidberm, op 1 meter van de wegverharding

complexvorming met  $\text{Cl}^-$  (zie onder 2. Belasting van wegbermen met zware metalen).

In tabel 3 staan gehalten aan zware metalen vermeld, die tot stand zijn gekomen op basis van een zeer groot aantal waarnemingen aan gewassen en gronden verspreid over de gehele wereld. De genoemde gehalten kunnen als vrij 'normaal' worden beschouwd. Deze cijfers kunnen hooguit informatie geven of men in een bepaald geval met een hoog of als normaal te beschouwen gehalte te maken heeft.

Tabel 3. Totaal concentraties van zware metalen (ppm) in grond en gewas (ALLAWAY, 1968)

Element	Conc. in grond		Conc. in gewassen	
	algemeen	traject	normaal	toxisch
Cd	0,06	0,01 - 7	0,2 - 0,8	-
Cr	100	5 - 3000	0,2 - 1,0	-
Cu	20	2 - 100	4 - 15	>20
Pb	10	2 - 200	0,1 - 10	-
Ni	40	10 - 1000	1	>50
Zn	50	10 - 300	15 - 200	>200

Een vergelijking van deze tabel met tabel 2 geeft aan dat lood, zink en cadmium, vooral in de bovenste grondlagen, in verhoogde concentratie aanwezig zijn.

De afstandsafhankelijkheid t.a.v. het gewas (tabel 2) komt vrij summier tot uitdrukking. Mogelijke oorzaken, die hiervoor zijn aan te wijzen:

- analysefouten.
- de wind heeft vrij goed vat op het gewas, zodat eenmaal neergedaald stof, weer verder verspreid kan worden.
- verschil in bemonsterde gewassoorten. In het ene gewas vindt inwendig beter transport van zware metalen plaats dan in het andere.
- mogelijk te kort afknippen, waardoor wortelmateriaal meegeanalyseerd wordt. Er is bekend dat mobiliteit van zware metalen in ondergrondse en bovengrondse plantendelen kan verschillen.



Uit de vergelijking van tabel 2 met tabel 3 is te constateren, dat lood, nikkel en chroom in het gewas in verhoogde concentraties aanwezig zijn.

#### 4.3. Vergelijking van analysemethoden

Indien de beide analysemethoden identieke gehalten geven, d.w.z. als een homogeen monster in 2 fracties A en B wordt verdeeld en m.b.v. analysemethode I op fractie A hetzelfde gehalte ( $=X_i$ ) van een bepaald metaal wordt gevonden als m.b.v. analysemethode II op fractie B ( $=Y_i$ ), dan is  $X_i - Y_i = 0$ .

Hiervan uitgaande, kan er met een zekere betrouwbaarheid getoetst worden of de beide analysemethoden identieke gehalten geven. De gebruikte toets is een zgn. teken-toets (t-toets), welke onderstaand beknopt zal worden beschreven.

Volgens onderstaande tabel zijn voor de toetsing de verschillende grootheden berekend.

		<u>A</u>	<u>B</u>	
	i	gewas	gewas	$v_i = X_i - Y_i$
$N_i^* - 1$	1	$X_1$	$Y_1$	$v_1 = X_1 - Y_1$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$Z - 50$	12	$X_{12}$	$Y_{12}$	$v_{12} = X_{12} - Y_{12}$

\* zie aanduiding in tabel 2

A = destrueren m.b.v. Fleischmannzuur

B = afroken m.b.v. salpeterzuur

Onder de nulhypothese ( $H_0$ ) geldt: Er is geen verschil in analysemethode t.a.v. het gehalte aan een metaal.

Onder de alternatieve hypothese ( $H_a$ ) geldt: Er is wel een verschil.

De toetsingsgrootheid  $t_{n-1}$  is ( $n=12$ ):  $t_{11} = \frac{\bar{v}}{\sqrt{s^2 v / 12}}$

waarin  $\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{12} v_i}{12}$

$$S_v^2 = \frac{\sum_{i=1}^{12} v_i^2 - (\sum v_i)^2 / 12}{11}$$

Er wordt nu een betrouwbaarheidsinterval opgesteld voor het verwachte verschil  $\Sigma v$ .

$$\bar{v} - \sqrt{s_v^2} \cdot t_{11}(\alpha) < \Sigma v < \bar{v} + \sqrt{s_v^2} \cdot t_{11}(\alpha)$$

b.v.  $\alpha = 0,05$  (tweezijdig)  $\rightarrow$  rechtszijdig:  $0,025$

$$t_{11} \left( \frac{0,05}{2} \right) = 2,201 \text{ (uit tabel)}$$

Er is nu een  $(1-\alpha)$  - betrouwbaarheidsinterval opgesteld. Indien 0 in dit interval ligt, wordt  $H_0$  niet verworpen bij  $\alpha=0,05$ , d.w.z. met 95% betrouwbaarheid is er geen verschil in analysemethode t.a.v. het gehalte aan een metaal.

Indien 0 buiten dit interval ligt, wordt  $H_0$  verworpen en dan geldt  $H_a$ , oftewel er is wel een verschil.

In bijlage 3 zijn de grenzen van de betrouwbaarheidsintervallen berekend. Hieruit kan geconcludeerd worden dat:

- de bepaling van Pb en Cd in grond en gewas met voorkeur dient te geschieden m.b.v. de afrookmethode.
- de bepaling van Cu, Zn en Cr in grond en gewas zowel kan geschieden met de afrookmethode als met de destructiemethode.
- de bepaling van Ni in grond en gewas waarschijnlijk zowel met de ene als de andere methode kan geschieden, gezien de vrij hoge log K van  $\text{NiSO}_4$  (2,76!).

I.g.v. destructie met zwavelzuur en salpeterzuur kunnen vooral Pb en Cd slecht oplosbare sulfaten vormen, waardoor deze methode minder geschikt is ( $\log K$  van  $\text{PbSO}_4 = -7,75$ ;  $\log K$  van  $\text{CdSO}_4 = -11,64$ ).

## 5. CONCLUSIES

Langs autosnelwegen worden de bermen belast met zware metalen. Gebonden aan stofdeeltjes worden deze zware metalen in de omgeving van de autosnelweg vanuit de lucht afgezet op grond en gewas. Hierbij wordt lood in verreweg de hoogste concentraties verspreid (op 1 m van de wegverharding: ca. 50 mgPb/m<sup>2</sup>.week). Vervolgens worden in afnemende concentraties de wegbermen belast met zink, koper, nikkel, chroom en cadmium.

Op Rijksweg 12 bij Veenendaal reikt de invloedssfeer van koper, nikkel, cadmium en chroom niet verder dan 50 m, terwijl voor lood en zink de invloedssfeer waarschijnlijk op ca. 100 m ligt. Het verschil in spreiding over Noord- of Zuidberm blijkt vrij goed te correleren met de weersomstandigheden (vnl. afhankelijk van de windrichting).

Uit de grondmonsters, die op verschillende afstanden van de weg zijn genomen, blijkt dat de zware metalen vooral in de bovenste grondlagen (< 20 cm) vastgelegd worden.

In de grond- en gewasmonsters wordt lood in duidelijke verhoogde concentratie aangetroffen.

Twee ontsluitingsmethoden van Pb, Cd, Ni, Zn, Cu en Cr in grond en gewas toonden aan dat Pb en Cd het beste ontsloten konden worden m.b.v. geconcentreerd salpeterzuur (zgn. afroken).

Ni, Zn, Cu en Cr kunnen zowel ontsloten worden m.b.v. geconcentreerd salpeterzuur als via destructie met Fleischmannzuur (1:1 zwavelzuur en salpeterzuur).

Verkeerstellingen (aantal motorvoertuigen/etmaal) van Rijkswaterstaat in 1974 op het wegvak Utrecht-Veenendaal geven onderstaande jaargemiddelden weer:

werkdag	29 390
weekdag:	29 920
zaterdag:	30 170
zondag:	32 310
tweede Paasdag:	47 310
tweede Pinkerstag:	48 270

Op basis van de verkeersintensiteit, het gemiddelde Pb-gehalte in benzine en het benzineverbruik, is de Pb-belasting van de wegbermen te berekenen. Deze Pb-belasting is een gemiddelde belasting van de wegberm, indien aangenomen wordt dat het lood op een x aantal meters wegbermbreedte terecht komt. In tabel 1 zijn de gemeten belastingen vermeld op 1; 2,5; 5; 10; 25 en 50 m. De gemiddelde gemeten belastingen zullen hier dus hoger liggen.

In tabel 4 is de gemiddelde berekende belasting van de wegberm met lood weergegeven voor verschillende verkeersintensiteiten, waarbij het gemiddelde Pb-gehalte in benzine op 0,5 mgPb/l is gesteld en het gemiddelde benzineverbruik op 1:8.

Tabel 4. Gemiddelde loodbelasting ( $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{week}$ ) van de wegberm langs Rijksweg 12 bij verschillende verkeersintensiteiten (Pb-gehalte in benzine is 0,5 mgPb/l; benzineverbruik is 1:8)\*

verkeersintensiteit (motorvoertuigen/etmaal)	bermbreedte		
	1 m	5 m	10 m
30 000	13,1(33,6)*	2,6(6,7)	1,3(3,4)
40 000	17,5(44,8)	3,5(9,0)	1,8(4,5)
50 000	21,9(56,0)	4,4(11,2)	2,2(5,6)
60 000	26,3(67,2)	5,3(13,4)	2,6(6,7)
70 000	30,6(78,4)	6,1(15,7)	3,1(7,8)
80 000	35,0(89,6)	7,0(17,9)	3,5(9,0)
90 000	39,4(100,8)	7,9(20,2)	3,9(10,1)
100 000	43,8(112,0)	8,8(22,4)	4,4(11,2)

\* De cijfers tussen haakjes gelden voor een Pb-gehalte van 0,8 mgPb/l en een benzineverbruik van 1:5

De gemiddelde verkeersintensiteit in de onderzoeksperiode (8/7-5/8, 1976) zal, gezien de voorgaande opmerkingen, wellicht dichter in de buurt van de 50 000 à 60 000 liggen, dan in de buurt van de 30 000. Afhankelijk van de windrichting zal door de invloed van de andere rijbaan de gemiddelde loodbelasting nog hoger kunnen uitvallen.

Uit tellingen van Rijkswaterstaat (1974) blijkt dat de gemiddelde etmaalintensiteit van het motorvoertuigenverkeer langs het proefobject 29 390 bedraagt. Voor de Brienoordbrug bij Rotterdam ligt dit getal op 87 730. De gevolgen van de belasting van de wegbermen met zware metalen kunnen daar een factor 3 erger zijn.

## LITERATUUR

- ALLAWAY, W.H., 1968. Agronomic controls over environmental cycling of trace elements. *Advan. Agr.* 20. p 235.
- BALRAADSJING, B.D., 1972. Bepaling van totaal-koper in grond met atoomabsorptiespectrofotometrie. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, rapport 12 - 1972.
- \_\_\_\_\_ 1973. Bepaling van totaal-lood in grond met atoomabsorptiespectrofotometrie. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, rapport 2 - 1973.
- COPIUS PEEREBOON, J.W., 1976. *Chemie, mens en milieu*. Assen/Amsterdam, Van Gorcum, 1976. 312 pp.
- HARMSSEN, J. en J. HOEKS. 1976. Loodbelasting in de wegberm bij Rijksweg 12. I.C.W. nota 917.
- HOEKS, J en W. LOOIJEN. 1975. Zoutaccumulatie in de wegberm bij Rijksweg 12 tengevolge van de gladheidsbestrijding (winter 1974/'75). I.C.W. nota 871.
- \_\_\_\_\_ , C.G. TOUSSAINT en W. LOOIJEN . 1976. Zoutbelasting van de wegbermen langs Rijksweg 12 bij Veenendaal tengevolge van de gladheidsbestrijding (winter 1975/1976). I.C.W. nota 923.

Waarderingsstelsel voor weersomstandigheden in verband met belasting van de wegbermen van Rijksweg 12 met zware metalen.

a. Windrichting (wegligging WNW-OZO; berm aan ZZW-kant)

- 1 = ZZW (203° )
- 2 = Z en ZW (180° en 225°)
- 3 = ZZO en WZW (158° en 248°)
- 4 = ZO en W (135° en 270°)
- 5 = OZO en WNW (113° en 293°)
- 6 = O en NW ( 90° en 315°)
- 7 = ONO en NNW ( 68° en 338°)
- 8 = NO en N ( 45° en 0°)
- 9 = NNO ( 23° )

Voor de berm aan de NNO-kant geldt de complementaire waardering, b.v. de waardering voor een bepaalde windrichting voor de ZZW-kant is a, dan is deze waardering voor de NNO-kant 10-a.

b. Windsnelheid

- 1 = < 3 m/s
- 2 = 3 - 6 m/s
- 3 = 6 - 9 m/s
- 4 = > 9 m/s

Totaalwaarderingscijfer = waardering a x waardering b.

Bijlage 2

Waardering van de weersomstandigheden in verband met belasting van de wegbermen van Rijksweg 12 met zware metalen in de periode 8/7-5/8, 1976.

WR, WS = waarderingscijfers voor respectievelijk windrichting en windsnelheid

TW = totaal waarderingscijfer

Datum	Zuidberm		Noordberm	
	WR	WS = TW	WR	WS = TW
7 juli	8	x 2 = 16	2	x 2 = 4
8	6	x 2 = 12	4	x 2 = 8
9	5	x 1 = 5	5	x 1 = 5
10	5	x 1 = 5	5	x 1 = 5
11	9	x 1 = 9	1	x 1 = 1
12	8	x 2 = 16	2	x 2 = 4
13	3	x 1 = 3	7	x 1 = 7
14	2	x 1 = 2	8	x 1 = 8
15	3	x 1 = 3	7	x 1 = 7
16	8	x 2 = 16	2	x 2 = 4
17	7	x 1 = 7	3	x 1 = 3
18	9	x 1 = 9	1	x 1 = 1
19	1	x 2 = 2	9	x 2 = 18
20	4	x 2 = 8	6	x 2 = 12
21	6	x 2 = 12	4	x 2 = 8
22	6	x 1 = 6	4	x 1 = 4
23	5	x 1 = 5	5	x 1 = 5
24	6	x 1 = 6	4	x 1 = 4
25	6	x 1 = 6	4	x 1 = 4
26	7	x 1 = 7	3	x 1 = 3
27	7	x 1 = 7	3	x 1 = 3
28	6	x 2 = 12	4	x 2 = 8
29	5	x 2 = 10	5	x 2 = 10
30	3	x 2 = 6	7	x 2 = 14
31	6	x 1 = 6	4	x 1 = 4
1 augustus	5	x 2 = 10	5	x 2 = 10
2	3	x 2 = 6	7	x 2 = 14
3	4	x 2 = 8	6	x 2 = 12
4	6	x 1 = 6	4	x 1 = 4
5	6	x 1 = 6	4	x 1 = 4
6	7	x 1 = 7	3	x 1 = 3



## Bijlage 3

	n	$\sum v_i$	$\bar{v}$	$(\sum v_i)^2/n$	$\sum v_i^2$	$s_v^2$	$t_{n-1}, (1-\alpha)\%$	interval	
								links	rechts
Pb-gewas	12	-399,06	-33,26	13 270,74	16 211,77	267,37	$t_{11}=1,363,80\%$	-39,69	-26,82
Pb-0/20	11	-914,98	-83,18	76 108,36	128 885,11	5277,71	$t_{10}=1,372,80\%$	-945,03	-884,93
Pb-20/40	11	-365,17	-33,20	12 122,56	33 486,85	2136,42	$t_{10}=1,372,80\%$	-52,32	-14,08
Cd-gewas	12	-5,57	-0,46	2,59	4,83	0,20	$t_{11}=1,363,80\%$	-5,75	-5,39
Cd-0/20	11	1,65	0,15	0,25	14,84	1,46	$t_{10}=3,169,99\%$	-1,00	1,30
1) Cd-0/20	11	-3,53	-0,32	1,12	1,30	0,02	$t_{10}=1,372,80\%$	-0,37	-0,27
Cd-20/40	10	-0,99	-0,10	0,10	0,94	0,09	$t_9=3,250,99\%$	-0,41	0,21
2) Cd-20/40	10	-2,09	-0,21	0,44	0,85	0,05	$t_9=1,383,80\%$	-0,30	-0,12
Cu-gewas	12	3,28	0,27	0,90	12,52	1,06	$t_{11}=3,106,99\%$	-0,65	1,20
Cu-0/20	11	6,67	0,61	4,40	40,32	3,59	$t_{10}=3,169,99\%$	-1,20	2,42
3) Cu-20/40	11	1,48	0,13	0,20	50,44	5,02	$t_{10}=3,169,99\%$	-2,01	2,28
Ni-gewas	12	-36,66	-3,06	112,00	128,80	1,53	$t_{11}=1,363,80\%$	-3,54	-2,57
Ni-0/20	11	-40,35	-3,67	148,01	193,12	4,51	$t_{10}=1,372,80\%$	-4,55	-2,79
Ni-20/40	11	10,52	0,96	10,06	243,03	23,30	$t_{10}=3,169,99\%$	-3,66	5,57
Zn-gewas	12	-45,50	-3,79	172,52	1964,47	162,90	$t_{11}=3,106,99\%$	-15,24	7,65
Zn-0/20	11	-64,06	-5,82	373,06	1249,16	87,61	$t_{10}=3,169,99\%$	-31,06	19,42
Zn-20/40	11	-45,23	-4,11	185,98	4124,16	393,82	$t_{10}=3,169,99\%$	-23,07	14,85
Cr-gewas	12	-1,68	-0,14	0,24	139,78	12,69	$t_{11}=3,106,99\%$	-3,42	3,14
Cr-0/20	11	29,45	2,68	78,85	166,99	8,81	$t_{10}=3,169,99\%$	-0,16	5,51
Cr-20/40	11	23,25	2,11	49,14	221,38	17,22	$t_{10}=3,169,99\%$	-1,85	6,08

1)  $\sum X_i = 0$ 2)  $\sum X_i = 0$ 3)  $(X_i, Y_i)$  is weggelaten