

3 Ecotoxicologische effecten van assenwegen in de Brabantse Kempen

3.1 Inleiding

De laatste jaren is er steeds meer bekend geworden over de aard en de mate van vervuiling in de Brabantse Kempen door verschillende metallurgische bedrijven in de regio. In verschillende publicaties op landelijk niveau (1, 2) en op regionaal niveau (3, 4) is door wetenschappers, milieu-organisaties en bewoners van de Kempen steeds naar voren gebracht dat de vervuiling door zware metalen ernstige vormen heeft aangenomen. Deze vervuiling is veroorzaakt door de verschillende zinksmelterijen in België en Nederland, met de Budelco B.V./K.Z.M. te Budel-Dorplein als Nederlandse "vertegenwoordiger". In genoemde publicaties worden vooral de hoge cadmiumconcentraties benadrukt, vanwege het giftige karakter van dit metaal. Maar ook andere zware metalen zoals zink, koper en lood zijn in (zeer) hoge concentraties aangetroffen.

Op verschillende manieren vond er besmetting van het gebied met zware metalen plaats: via de lucht, lozingen op beken en door het gebruik van zinkassen. Dit is het ertsafval dat men overhield bij de vroegere zinkfabricage (0,5 ton assen per ton zink). Deze assen zijn niet alleen op grote schaal in de omgeving van de zinkfabrieken gestort, maar ook gebruikt als erfverharding bij boerderijen en voor het verharderen van zandwegen. Op deze zgn. assenwegen concentreert zich dit onderzoek. De BMF schat dat ca. 2 miljoen ton van dit afval in Nederland en België is gestort, de helft hiervan in zuidoost Brabant (18). Assenwegen zijn eenvoudig te herkennen. De grijs-zwarte kleur van de assen maakt het opsporen betrekkelijk eenvoudig. Gevoelige boomsoorten (populier en eik) in de wegberm zien er vaak slecht uit.

Op dit moment is niet nauwkeurig bekend waar alle assenwegen precies liggen en wat de totale lengte ervan is. Een voorlopige schatting komt uit op meerdere honderden kilometers weg (21), die waarschijnlijk zeer verspreid liggen in Noord-Brabant. Vast staat dat alle assenwegen aangelegd zijn met het afval dat vrijgekomen is bij het tot in 1973 gebruikte thermische proces in de Budelco-fabriek. Volgens omwonenden zijn de wegen gemiddeld 25 jaar oud. Op dit moment is helaas niet meer te achterhalen wat de precieze samenstelling van het ertsafval geweest is. Wel kan op grond van huidige gegevens omtrent ertssamenstelling en enige metingen vastgesteld worden, dat het afval de volgende zware metalen bevat: zink, koper, lood, cadmium, ijzer, arseen, mangaan, antimoon, cobalt, zilver, nikkel (5) en waarschijnlijk ook kwik, seleen, germanium en thallium (3, 4).

Dat cadmium een voor de mens giftige stof is, is inmiddels duidelijk (6, 8); deze stof bevindt zich ook op de 'zwarte' lijst van stoffen van de EG-grondwaterrichtlijn (9). De andere zware metalen (behalve kwik en thallium) zijn minder giftig voor de mens dan cadmium, wat niet betekent dat ze onschadelijk zijn. Van sommige zware metalen is nog weinig bekend (7); bovendien kan de mate van giftigheid voor planten en/of dieren heel anders zijn dan die voor de mens.

In dit artikel worden de resultaten weergegeven en besproken van een onderzoek naar de effecten van assenwegen op de bermvegetatie van deze assenwegen. Aanleiding voor dit onderzoek was het feit dat er nog heel weinig bekend was over de invloed van deze wegen. Het onderzoek is uitgevoerd door de schrijvers van dit artikel, Erna Klein Ikkink en Gertjan Endedijk in het kader van hun studie biologie. Begeleiders waren prof. W.H.O. Ernst en drs. T. Dueck, beiden verbonden aan de werkgroep Plantenoecologie van de subfaculteit Biologie der Vrije Universiteit te Amsterdam en Rolf Roos, medewerker van de Brabantse Milieufederatie te Tilburg. Van dit onderzoek is een uitgebreider verslag verkrijgbaar bij de werkgroep Plantenoecologie (15).

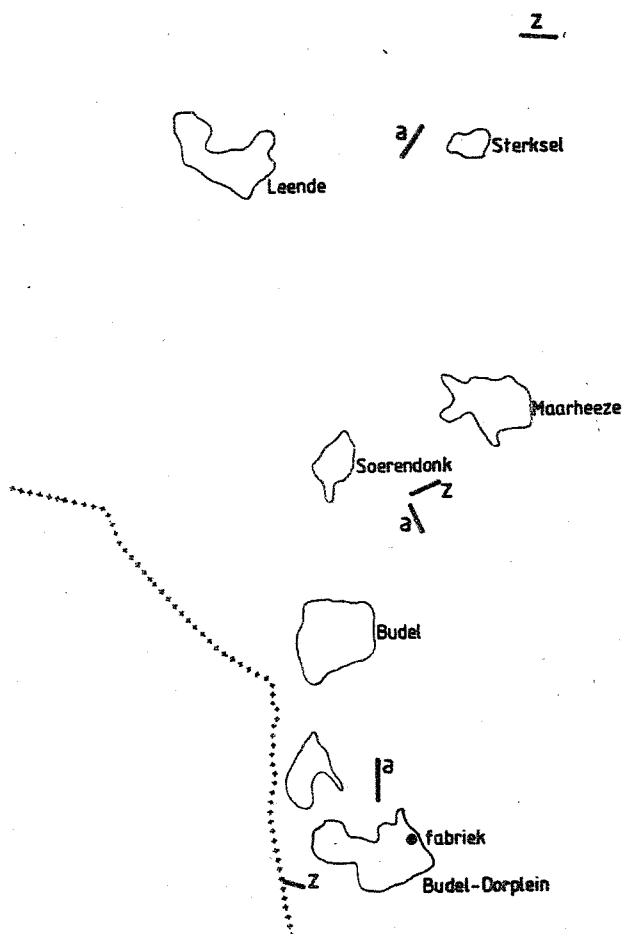
3.2 Opzet van het onderzoek

Voordat we de verschillende onderdelen van het onderzoek kort zullen bespreken, eerst enkele opmerkingen vooraf:

In de inleiding is al genoemd dat naast de vervuiling door de assen ook luchtverontreiniging van fabrieken in Nederland en België een stempel drukt op het gebied. Dit betekent, dat het theoretisch mogelijk is, dat effecten die worden gemeten in de directe omgeving van assenwegen voor een deel ook door luchtverontreiniging kunnen zijn veroorzaakt. Om deze twee vervuilingsbronnen uit elkaar te kunnen houden, hebben we enerzijds steeds een assenweg vergeleken met een zandweg in de directe omgeving en anderzijds wegen op verschillende afstanden van de fabriek uitgekozen.

Een effect van luchtverontreiniging is vooral in Budel-Dorplein te verwachten, en zal afnemen met de afstand tot de fabriek (10).

Figuur 1 geeft een overzicht van de zes locaties.



Figuur 1:
 Overzicht van de zes onderzochte locaties.
 a = assenweg
 z = zandweg

De tweede opmerking betreft de presentatie van de concentraties van de zware metalen. Zware metalen die in de grond aanwezig zijn kun je indelen in twee categorieën: een deel van de metalen is zo sterk gebonden aan bodemdeeltjes dat de planten ze niet kunnen opnemen; een ander deel van de metalen kan wel door de planten opgenomen worden. De laatste categorie noemen we de beschikbare fractie, beide categorieën samen de totale fractie. Voor planten is alleen de beschikbare fractie van belang. Aangezien de overheid echter in haar beleid uitgaat van de totale fractie zullen we alleen de waarden van de totale fractie in dit artikel weergeven. Alle concentraties worden uitgedrukt in milligram metaal/kilogram droog materiaal (mg/kg). Het onderzoek kan opgesplitst worden in de volgende vijf onderdelen:

a. vegetatie

om een beeld te kunnen krijgen van welke planten er in de bermen groeien en in welke hoeveelheid, zijn de bermen van de zand- en assenwegen bekeken op het voorkomen van plantensoorten en hun procentuele bodembedekking per soort.

Plantennamen volgens Heukels en van der Meijden (19).

b. chemische analyses grond

op verschillende afstanden van de weg zijn grondmonsters genomen (bovenste 10 cm) en van deze monsters zijn de concentraties van zink, koper, lood en cadmium bepaald. Naast deze horizontale bemonstering zijn er ook monsters genomen op verschillende dieptes: in laagjes van 10 cm tot een diepte van 60 cm. Dergelijke verticale metingen werden op twee plaatsen uitgevoerd: op een halve en op anderhalve meter van de weg.

c. chemische analyses planten

van een viertal grassoorten die vaak voorkomen in de bermvegetaties zijn de gehalten gemeten van zink, koper, lood en cadmium, zowel in de spruit als in de wortel. Verder zijn er metingen gedaan naar de concentraties van bovengenoemde metalen in bladeren en schors van bomen en struiken die langs de wegen groeien en in het strooisel (= dood plantenmateriaal) in de berm.

d. bepaling van de productie

om te bekijken of er verschillen zijn tussen het productieve vermogen van een berm van een zandweg en een berm van een assenweg (uitgedrukt in de hoeveelheid plantenmateriaal), hebben we twee keer in het groeiseizoen het bovengrondse deel van de vegetatie afgeknipt, gedroogd en gewogen.

e. tolerantie-experiment

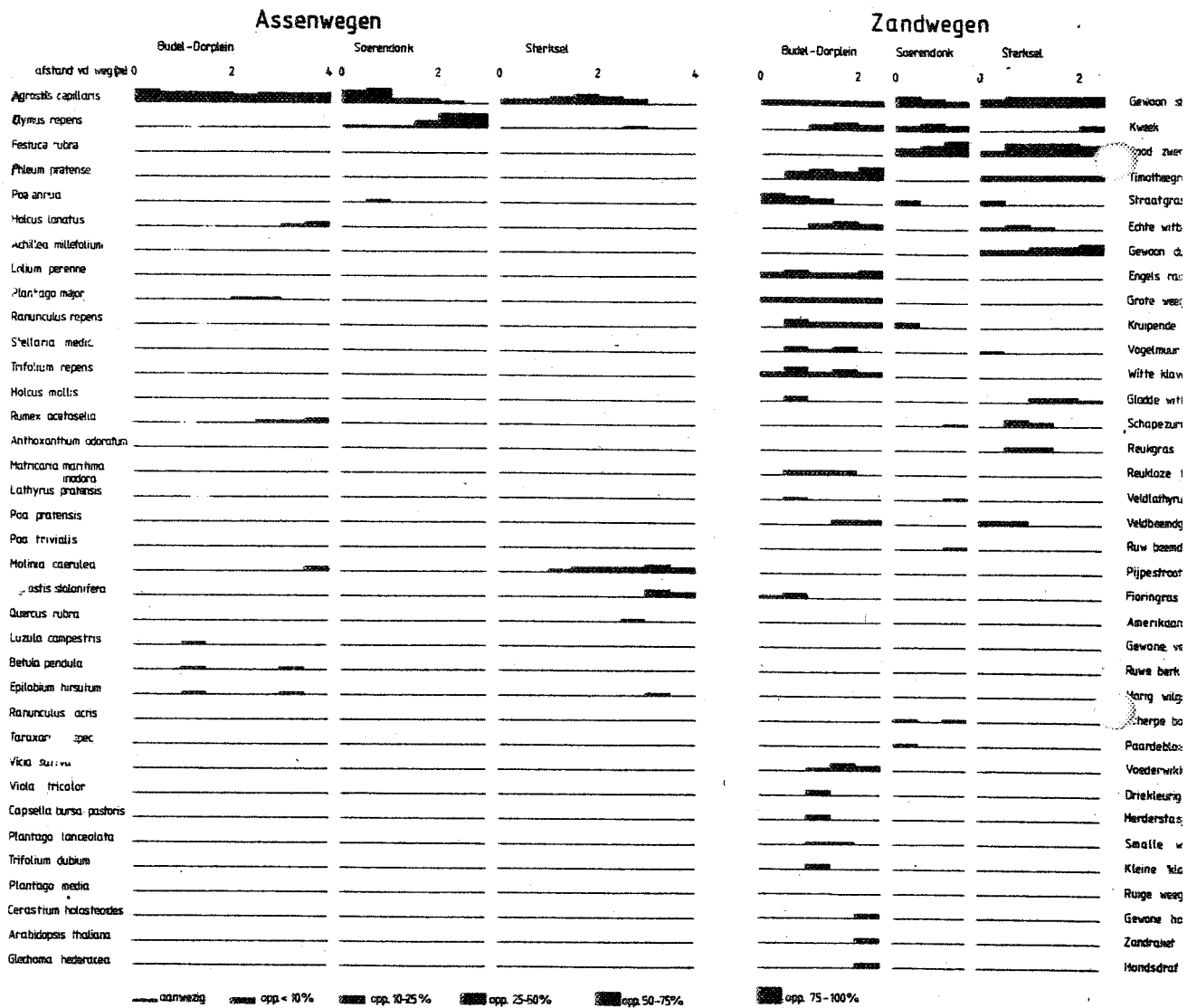
het is inmiddels bekend dat sommige plantensoorten in staat zijn in met zware metalen verontreinigde grond te groeien die geheel ongeschikt is voor andere plantensoorten. Binnen zo'n soort weten sommige individuen zich wel en andere zich niet te handhaven. Men heeft vastgesteld dat de verschillen tussen de individuen van dezelfde soort een aanpassing is die erfelijk is vastgelegd (16) en spreekt van tolerante individuen (die goed groeien in grond met veel zware metalen) en gevoelige individuen (die alleen goed groeien in 'schone' grond). Er is een vrij simpele wortelgroei-proef om te achterhalen in hoeverre bepaalde planten tolerant zijn voor een bepaald metaal. In dit onderzoek hebben we gekeken hoe tolerant voor zink individuen van Gewoon Struisgras zijn, die groeien in de berm van assenwegen en zandwegen.

3.3 Resultaten van het onderzoek

De resultaten worden per onderdeel besproken (zie deel 2a - e). Elk onderdeel zal worden afgesloten met een aparte conclusie. In het volgende hoofdstuk worden deze conclusies op een rij gezet en met elkaar in verband gebracht.

a. vegetatie

In figuur 2 is het voorkomen en de bedekking van de plantensoorten op verschillende afstanden tot de weg in delen van de berm van alle onderzochte wegen weergegeven.



Figuur 2: Voorkomen en bedekking van de plantensoorten in de transecten op de zes onderzochte locaties.
n.b. Het totaal aantal soorten in deze figuur is natuurlijk geringer dan bij de inventarisatie van 200 m wegberm (fig. 1); de oppervlakte is geringer.

Duidelijk is dat in bermen van assenwegen Gewoon Struisgras (*Agrostis capillaris*) bijna alleen aanwezig is. In bermen van zandwegen groeien veel meer soorten; met name het aandeel van bloemplanten (eigenlijk dicotylen) is veel groter. Tabel 1 geeft het totale aantal soorten weer dat we over een afstand van 200 meter in de bermen tegenkwamen.

| | Budel-Dorplein | | | Soerendonk | | | Sterksel | | |
|----------|----------------|----|----|------------|----|----|----------|----|----|
| | gr | bl | t | gr | bl | t | gr | bl | t |
| assenweg | 11 | 25 | 36 | 14 | 17 | 31 | 9 | 26 | 35 |
| zandweg | 23 | 70 | 93 | 29 | 25 | 54 | 22 | 53 | 75 |

Tabel 1: Totaal aantal soorten planten aangetroffen in bermen langs assen- en zandwegen over een afstand van 200 meter.
gr = grasachtigen, bl = bloemen, t = totaal.

In het veld lijken bermen van assenwegen op het eerste gezicht niet zoveel van bermen van zandwegen te verschillen. Kijk je iets beter, dan blijkt dit beeld al snel bedriegelijk te zijn: het 'groene' van een berm naast een assenweg blijkt bijna uitsluitend te bestaan uit enkele plantensoorten en dan met name grassen. Bovendien is de totale bedekking in bermen van assenwegen veel lager, of in andere woorden: in deze bermen zie je veel meer kale plekken.

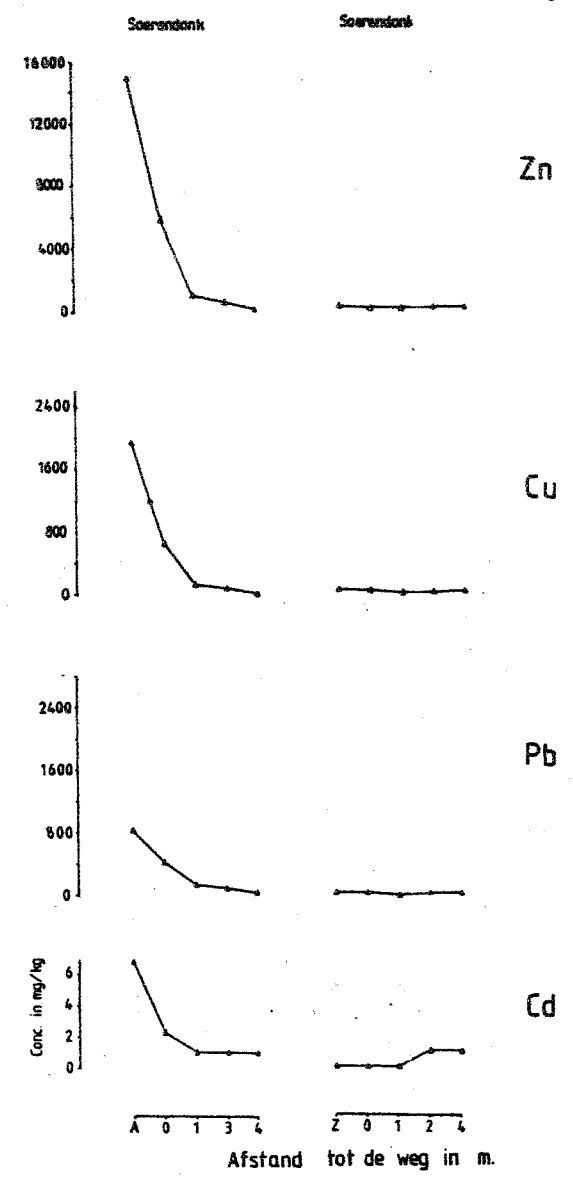
Conclusie: in bermen langs assenwegen groeien veel minder plantensoorten dan in bermen langs zandwegen. Vooral bloemen (dicotylen) zijn afwezig of komen alleen in enkele exemplaren voor.

Bij nadere inspectie van assenwegen, met name in Budel-Dorplein, werden op enige plaatsen in de sterk verarmde vegetaties exemplaren gevonden van de Breedbladige wespenorchis (*Epipactis helleborine*). Het gaat hier om de enige Nederlandse orchidee die geen zware eisen stelt aan het leefmilieu. In heel het land is deze soort vrij algemeen. Toch is het voorkomen van deze soort op vervuilde bodems opmerkelijk te noemen. Wij vermoeden een tolerantie voor zware metalen, hetzij door een samenspel met de bodemschimmels (mycorrhiza's) hetzij door het tegenhouden van transport van metalen naar bovengrondse plantendelen.

b. chemische analyses grond

Voor de assenweg en de zandweg in Soerendonk zijn in figuur 3 weer gegeven de concentraties van metalen zink, koper, lood en cadmium in de bovenste 10 cm van de grond op verschillende afstanden van de weg. Voor de beide andere locaties is dit beeld bijna hetzelfde.

Zware metalen belanden in de berm door verstuiwing, uitspoeling en uitridding vanuit de assenweg. Dit betekent dat de concentratie van de zware metalen vanaf de weg de berm in zal afnemen. In figuur 3 is te zien dat dit inderdaad het geval is. Om iets te kunnen zeggen over de mate van vervuiling, hebben we onze metingen vergeleken met achtergrondconcentraties van zandgebieden (11). In tabel 2 is te zien dat in alle gevallen, dus ook op 4 meter afstand van de weg in het bouwland, de door ons gemeten gehalten hoger zijn dan de achtergrondconcentraties. De concentraties van zware metalen op en naast de zandweg liggen wel meer in de buurt van de achtergrondconcentraties.



Figuur 3: Concentraties van de zware metalen zink, koper, lood en cadmium (totale fractie) langs de assen- en zandweg in Soerendonk. Concentraties in mg/kg droge stof. A = assen, Z = Zand.

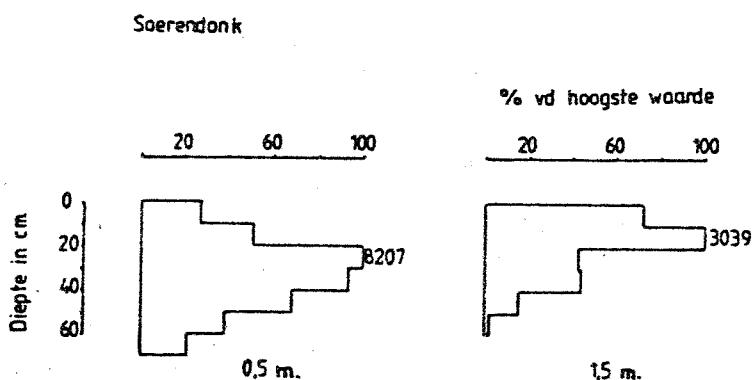
| afstand tot de weg (m) | ASSENWEGEN | | | | ZANDWEGEN | | | |
|-------------------------|------------|-----------|-----|------|-----------|----|----|------|
| | Zn | Cu | Pb | Cd | Zn | Cu | Pb | Cd |
| a/z | 14849 | 1943 | 849 | 6,8 | 105 | 19 | 21 | <0,5 |
| 0 | 5902 | 654 | 435 | 2,3 | 52 | 13 | 21 | <0,5 |
| 1 | 1002 | 146 | 145 | 1,1 | 26 | 3 | 10 | <0,5 |
| 2/3 | 616 | 108 | 124 | 1,1 | 59 | 6 | 21 | 1,1 |
| 4 | 223 | 32 | 62 | 1,1 | 79 | 13 | 21 | 1,1 |
| achtergrondconcentratie | | Zn: 6,4 | - | 62 | | | | |
| | | Cu: 0,83 | - | 9,4 | | | | |
| | | Pb: 3,1 | - | 43 | | | | |
| | | Cd: <0,05 | - | 0,74 | | | | |

Tabel 2: Totale gehalten van zink (Zn), koper (Cu), lood (Pb) en cadmium (Cd) in de bodem langs een assen- en zandweg te Soerendonk tot een diepte van 10 cm. Tevens zijn de achtergrondconcentraties voor de vier elementen vermeld voor zandgronden (bron: 11). Gehaltes in mg/kg drooggewicht.

Als uitspoeling in horizontale richting optreedt zou je ook kunnen verwachten dat de uitspoeling optreedt in verticale richting: de grond in. Na het meten van dieptemonsters blijkt dit inderdaad het geval te zijn. In figuur 4 is te zien dat de hoogste zink-concentraties op een halve meter van de weg zich niet bevindt in de bovenste 10 cm, maar op 20 - 30 cm diepte. Ook op anderhalve meter van de weg treedt het effect van uitspoeling nog op: het meeste zink bevindt zich hier op 10 - 20 cm diepte. De overige zware metalen op deze plek en alle zware metalen in de assenwegen te Budel-Dorplein vertonen hetzelfde beeld. In Sterksel werden de hoogste concentraties wél in de bovenste 10 cm aangetroffen. Het is aannemelijk dat naarmate een assenweg ouder is, de zware metalen verder naar opzij en naar beneden zijn uitgespoeld. Helaas is de ouderdom van de wegen niet meer te achterhalen, dus weten we niet of het bovenstaande klopt en de assenweg in Sterksel bijvoorbeeld een relatief jonge weg is.

Assenwegen

Figuur 4: Verdeling van zink over verschillende dieptes langs assenweg in Soerendonk op twee verschillende afstanden van de weg. Concentraties van zink zijn uitgedrukt in percentages van de hoogste waarde.

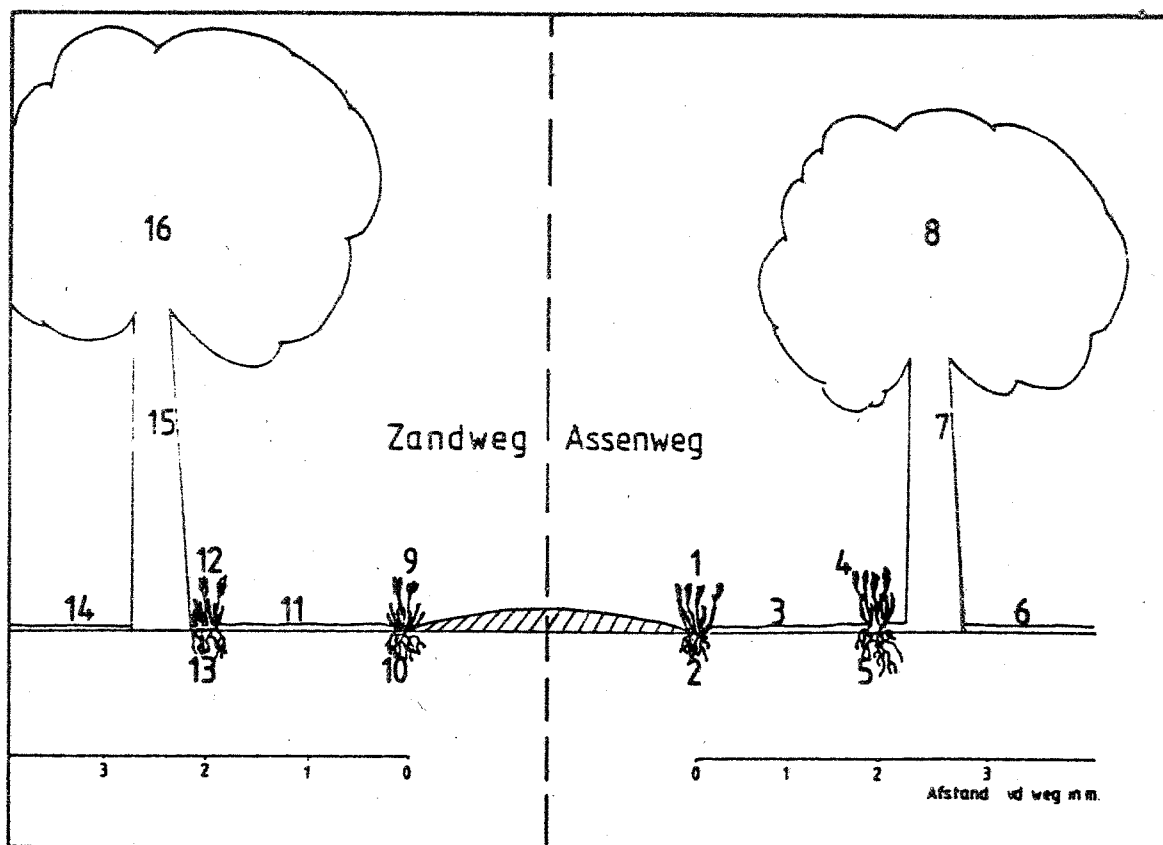


Conclusie: assenwegen bevatten zeer hoge concentraties zink, koper, lood en cadmium. Deze zware metalen spoelen uit in zowel horizontale als verticale richting, waardoor de bermen in de dieper gelegen grond ook vervuild worden.

c. chemische analyse planten

Van veel planten is het gehalte aan zware metalen bepaald. Om enige structuur in de resultaten aan te brengen hebben we deze gegevens verwerkt in onderstaande gecombineerde tekening en tabel van een zandweg en een assenweg te Sterksel (figuur 5).

Hieruit valt op te maken dat ook planten die groeien langs zandwegen in de meeste gevallen niet 'vrij' zijn van de metalen zink, koper, lood en cadmium. Naast effecten van luchtverontreiniging komt dit doordat deze zware metalen ook van nature in zeer kleine concentraties in de bodem voorkomen en sommige (zink, koper) van belang zijn voor het wel en wee van een plant. Planten die voorkomen in bermen langs assenwegen bevatten veel meer zware metalen dan planten uit bermen van zandwegen; dit kan oplopen tot het 50-voudige (ook voor maïs hebben we dit gevonden). Planten die dicht bij de weg groeien hebben meer zware metalen opgenomen dan planten die verder van de weg groeien. In het algemeen wordt in wortels een hogere concentratie aangetroffen dan in de spruit, en in de schors van bomen een hogere concentratie dan in het blad.



| | nr. | zink | koper | lood | cadmium | |
|-------------------------------|--------|------|-------|------|---------|-----|
| Gewoon struigras blad/stengel | 1 | 2087 | 76 | 83 | 22 | |
| | 9 | 509 | 19 | 21 | 0 | |
| | wortel | 2 | 9227 | 1926 | 1192 | 214 |
| | | 10 | 1260 | 121 | 104 | 3 |
| Strooisel | 3 | 2286 | 203 | 297 | 2 | |
| | 11 | 522 | 25 | 85 | 2 | |
| Gewoon struigras blad/stengel | 4 | 949 | 38 | 41 | 1 | |
| | 12 | 189 | 13 | 41 | 1 | |
| | wortel | 5 | 6530 | 782 | 809 | 19 |
| 13 | | 359 | 32 | 62 | 3 | |
| Strooisel | 6 | 1887 | 426 | 892 | 3 | |
| | 14 | 502 | 32 | 104 | 2 | |
| Amerikaanse sik oehere | 7 | 1437 | 172 | 311 | 3 | |
| | 15 | 72 | 0 | 21 | 1 | |
| | blad | 8 | 320 | 6 | 21 | 1 |
| 16 | | 78 | 0 | 0 | 0 | |

Figuur 5: Gehaltes van zware metalen in planten en strooisel langs een assen- en een zandweg. De nummers in de tabel verwijzen naar de figuur. Gehaltes in mg/kg drooggewicht.

| metaal | planten | landbouwgewassen |
|--------|---------|------------------|
| Zn | 160 | 15 - 200 |
| Cu | 14 | 4 - 15 |
| Pb | 2,7 | 0,1 - 10 |
| Cd | 0,64 | 0,2 - 0,8 |

Tabel behorende bij figuur 5. Natuurlijke achtergrondconcentraties van enkele zware metalen in planten en landbouwgewassen; gehalten in mg/kg drooggewicht. Bron: 17

Conclusie: planten die langs assenwegen groeien bevatten meer zware metalen dan planten van dezelfde soort langs zandwegen.

d. opbrengst

We hebben gevonden dat er planten zijn die langs assenwegen in zeer vervuilde grond kunnen groeien. We hebben ook gezien dat in deze planten een hoge concentratie van zware metalen aanwezig is. De volgende vraag is in hoeverre planten nu 'last' hebben van deze situatie. Dit zou zich kunnen uiten in verschillen in opbrengst per vierkante meters (bovengronds) tussen de vegetatie langs zand- en langs assenwegen.

| | op 0.5 m van de weg | | op 1.5 m van de weg | |
|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | juni | augustus | juni | augustus |
| assenweg | 10 | 52 | 31 | 385 |
| zandweg | 220 | 436 | 183 | 474 |

Tabel 3: Opbrengst in gram drooggewicht per vierkante meter van de berm-begroeiing op verschillende afstanden van een assen- en een zandweg te Sterksel.

In tabel 3 is te zien dat het verschil in opbrengst tussen de bermen van de assen- en de zandweg in Sterksel met name in juni voor de eerste 1.5 meter inderdaad erg groot is. In augustus is dit verschil er ook nog, zij het vooral op 1.5 m afstand niet zo groot als in juni. Dit komt doordat planten langs assenwegen trager groeien en later tot bloei komen, zoals we bij de opnames in het veld hebben geconstateerd. Verder bleek vooral bij kweek en pijpestrootje dat er sprake is van gele en/of afstervende bladpunten en bladranden.

Conclusie: langs assenwegen is de opbrengst van de vegetatie veel lager dan die langs zandwegen.

e. tolerantie

In 2e hebben we uitgelegd wat we onder tolerantie verstaan en waarom het belangrijk is dit te weten. In feite kun je niet scherp zeggen wanneer een plant wel of niet tolerant is, beide begrippen lopen vloeiend in elkaar over. We gebruiken hier de norm die onlangs in een MER-rapport is gehanteerd (14).

Tabel 4 geeft het percentage voor zink tolerante individuen van Gewoon Struisgras gemeten op vier locaties.

Conclusie: langs assenwegen kunnen individuen van Gewoon Struisgras groeien omdat deze zich aangepast hebben aan de vervuilde situatie. Deze aanpassing is genetisch vastgelegd.

| | Budel-Dorplein | Sterksel |
|----------|----------------|----------|
| assenweg | 90 | 100 |
| zandweg | 33 | 10 |

Tabel 4: Percentages voor zink-tolerante individuen van Gewoon Struisgras (*Agrostis capillaris*). De planten zijn afkomstig van vier verschillende locaties.

3.4 Samenvattende conclusies

In de inleiding hebben we gewezen op de mogelijkheid dat naast vervuiling door de assenwegen ook de luchtverontreiniging voor hogere concentraties van zware metalen kan zorgen. Inmiddels is duidelijk dat het effect van de assenwegen zo ernstig en overheersend is dat een mogelijk effect van de luchtverontreiniging in dit geval verwaarloosbaar is. De situatie rondom de assenweg te Sterksel (ca. 15 km van de fabriek te Budel-Dorplein) is wat betreft vervuiling gelijk aan die rondom de assenweg te Budel-Dorplein, in sommige opzichten zelfs erger.

In het algemeen groeien er langs assenwegen maar enkele plantesoorten en bloemplanten worden niet of nauwelijks aangetroffen. Ten overvloede en bloemplanten worden niet of nauwelijks aangetroffen. Ten overvloede misschien willen we erop wijzen dat dit geen zeldzame bloemplanten hoeven te zijn: ook 'gewone' planten als witte klaver en boterbloem komen niet of nauwelijks in vervuilde bermen voor.

Dát er nog planten groeien in bermen langs assenwegen komt doordat deze planten hieraan aangepast zijn, een aanpassing op erfelijke grondslag. Dat betekent echter niet dat de "natuur het weer heeft opgelost". Die natuur bestaat in dit geval nog maar uit enkele soorten die het vermogen hebben tolerantie te ontwikkelen voor bepaalde zware metalen. 99% van de planten heeft dat vermogen niet; deze planten zijn gedoemd te verdwijnen.

We hebben de concentraties van de zware metalen omschreven als 'zeer hoog'. Wat houdt dit in? We vergelijken de gevonden waarden met de toetsingswaarden voor verontreinigde bodem(12). Zie tabel 5.

| Klasse | Omschrijving | Zn | Cu | Pb | Cd |
|--------|--|--------|------|------|----|
| A | achtergrondconcentratie | 200 | 50 | 25 | 1 |
| B | nader onderzoek nodig | 500 | 100 | 100 | 3 |
| C | sanering (onderzoek) nodig | 2000 | 300 | 500 | 10 |
| WCA | grond dient beschouwd te worden als chemisch afval sanering noodzakelijk | 50.000 | 5000 | 5000 | 50 |

Tabel 5: Toetsingswaarden van de metalen zink (Zn), koper (Cu), lood (Pb) en cadmium (Cd) in vervuilde grond. Gehaltes in mg/kg drooggewicht. Bron: 12. De achtergrondconcentraties zitten aan de hoge kant (A). Zandgrond bevat veelal lagere gehalten (zie tabel 2).

De concentraties van zink, koper en lood in de assen van de assenwegen zitten allen boven de toetsingswaarde ten behoeve van sanering (-sonderzoek). Dit betekent, dat de wegen in principe voor sanering in aanmerking komen. De cadmiumconcentraties liggen iets lager en bevinden zich boven de toetsingswaarde ten behoeve van (nader) onderzoek. Voor deze categorie geldt dat de grond verontreinigd is en het gebruik strenger beoordeeld dient te worden. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de Budelco B.V./K.Z.M. in twee metingen aan assen veel hogere cadmiumwaardes heeft gevonden, n.l. 19 en 45 mg Cd/kg (20).

De situatie in de berm op één meter van de weg verschilt per locatie voor de vier metalen: in Sterksel komt ook deze grond voor sanering in aanmerking, in Soerendonk en Budel-Dorplein overschrijden de concentraties de richtwaarde t.b.v. nader onderzoek. Na de greppel (meestal in bouwland) is de situatie verschillend per locatie en per metaal: in sommige gevallen is sanering nodig of moet het gebruik nader beoordeeld worden. In andere gevallen is er sprake van lichte verontreiniging (boven referentiewaarde). Wat betreft cadmium kan opgemerkt worden dat ook na de greppel in Budel-Dorplein niets verbouwd zou mogen worden, en op de andere locaties geen gewassen die van nature veel cadmium opnemen (4).

De zware metalen verspreiden zich niet alleen in horizontale richting, ook in verticale richting spoelen ze uit. Dit beeld is zo mogelijk nog verontrustender. In tabel 6 hebben we de hoogste concentraties die gevonden zijn per metaal opgenomen.

| metaal | Budel-Dorplein | | Soerendonk | | Sterksel | |
|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| | hoogste gehalte | diepte | hoogste gehalte | diepte | hoogste gehalte | diepte |
| Zn | 4676 | 20-30 | 8182 | 20-30 | 7052 | 0-10 |
| Cu | 508 | 10-20 | 1099 | 20-30 | 1443 | 0-10 |
| Pb | 10153 | 20-30 | 891 | 30-40 | 1347 | 0-10 |
| Cd | 11,2 | 20-30 | 4,5 | 20-30 | 3,4 | 0-10 |

Tabel 6: Hoogste totale gehalten van zink (Zn), koper (Cu), lood (Pb) en cadmium (Cd) op een halve meter afstand van de weg. Gemeten in de diepte. Gehaltes in mg/kg drooggewicht.

Deze concentraties bevinden zich op verschillende dieptes. Op twee waarden na liggen ze boven de signaalwaarde ten behoeve van sanering (-sonderzoek). De hoogste concentratie van lood in de dieptemonsters te Budel-Dorplein ligt zelfs boven de grens gesteld in de Wet Chemisch Afval.

De horizontale en verticale verspreiding van de zware metalen zink, koper, lood en cadmium dient zeer serieus genomen te worden. Doordat de bron (de assenwegen) er nog steeds ligt, is deze verspreiding een continue: horizontaal richting bouwland, verticaal richting grondwater.

3.5 Mogelijke maatregelen

In dit hoofdstuk willen we een aantal mogelijke maatregelen bespreken die al dan niet genomen kunnen worden ten aanzien van de assenwegen en deze bezien in het licht van de conclusies uit hoofdstuk 3 en 4.

a. handhaven van de huidige situatie

om verschillende redenen is 'niets doen' onaanvaardbaar. Ten eerste zijn saneringsmaatregelen nodig vanwege de gevonden hoge waarden voor met name zink, koper en lood en, in mindere mate, cadmium. Ten tweede zal de situatie alleen maar verslechteren door de horizontale en verticale verspreiding van de zware metalen, omdat de vervuilingsbron (de assenweg) aanwezig blijft. Deze verspreiding van zware metalen zal relatief snel verlopen omdat de bodems tamelijk zuur zijn.

b. beplanten met aangepaste planten

in Engeland worden sommige locaties die vervuild zijn met zware metalen beplant met aangepaste (tolerante) grassoorten (13). Voor de situatie rond de assenwegen betekent dit in feite het handhaven van de huidige situatie: langs assenwegen groeien al alleen maar aangepaste planten. De bezwaren die in a. genoemd zijn gelden ook hier onverkort.

c. aanbrengen van een bedekkingslaag

ook het aanbrengen van een bedekkingslaag, bijvoorbeeld een laag aarde, op de wegen en bermen met eventueel inzaaien is ons inziens geen adequate oplossing: het uitspoelen van de zware metalen wordt hierdoor niet gestopt, bovendien leert de ervaring dat de laag teelaarde vervuild kan raken doordat de planten de zware metalen uit de grond via hun wortels 'naar boven halen'. (13).

d. maaien en afvoeren van planten

de planten die langs de assenwegen groeien nemen in verhoogde mate zware metalen op. Je zou je kunnen voorstellen dat je door deze planten te maaien en af te voeren de bodem langzamerhand schoon zou kunnen krijgen. Een rekensom leert dat dit een illusie is: bijvoorbeeld op een bepaalde plek in de berm nemen planten per vierkante meter 288 mg zink en 0.48 mg cadmium per jaar op. Op dezelfde plaats is in de grond per vierkante meter tot een diepte van 10 cm 210.000 mg zink en 450 mg cadmium aanwezig. Het zou in het gunstigste geval 700 en 900 jaar duren voordat de grond geen zink en cadmium meer zou bevatten.

e. kalkgiften

het toedienen van kalk heeft als voornaamste effect dat de beschikbare fractie van de zware metalen (zie hoofdstuk 2) in de bodem kleiner wordt omdat de bodem door de kalk minder zuur wordt. De totale hoeveelheid zware metalen wordt niet minder en de oude situatie zal snel hersteld worden als het effect van de kalk uitgewerkt is. Bovendien zal de kalk vermengd moeten worden met de grond tot op ca. 1 meter diepte. Kalk is namelijk zelf te immobiel om snel in de grond door te dringen. De hoeveelheden kalk die nodig zijn voor deze maatregel zullen erg groot zijn.

f. afgraven

gezien de gevonden concentraties zal naast de assenwegen ook een deel van de berm afgegraven moeten worden, minimaal tot één meter naast de weg. Tot op welke diepte er afgegraven moet worden is afhankelijk van de ver-

ticale verspreiding van de zware metalen in de grond. In sommige gevallen is afgraven tot een diepte van 60 cm noodzakelijk. Gezien de ernst van de vervuiling lijkt het ons noodzakelijk tot deze saneringsmaatregelen over te gaan, zodat het milieu ook echt schoon wordt.

3.6 Literatuur

1. Werkgroep Milieuverontreiniging Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1982. Zware metalen van zinkfabriek belasten het milieu tot op 25 km. *Natuur en Milieu* 82/6: 10 - 13.
2. Lemmens, L. & R. Roos, 1983. De Kempen zeer ernstig vergiftigd. *Natuur en Milieu* 83/9: 12 - 17.
3. Brabantse Milieufederatie, 1983 en 1984. Gifmemo's de Kempen no. 1, 2, 3 en 4. Brabantse Milieufederatie, Tilburg.
4. Nederland Gifvrij, 1984. Kempen gifvrij. Nederland Gifvrij, Utrecht.
5. Budelco B.V., z.j. Zinkelectrolysebedrijf Budel. Procesbeschrijving. Budelco, Budel-Dorplein.
6. Reijnders, L., 1982. Cadmium, een groeiende bedreiging. *Natuur en Milieu*, Utrecht.
7. Franssens, M., e.a., 1983. De zoete dood. EPO, Antwerpen.
8. Bedrijfsontwikkeling jaargang 14 (1983) no. 6: 473 - 507. Cadmium-themanummer.
9. Hueck - van de Plas, E.H., e.a., 1983. Kwaliteitskenmerken ten behoeve van de bodembescherming. Serie Bodembescherming no. 26 Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Staatsuitgeverij, Den Haag.
10. Directie Landbouw en Voedselvoorziening, 1984. Cadmium verontreiniging in de Kempen. Directie Landbouw en Voedselvoorziening, Tilburg.
11. Edelman, Th., 1984. Achtergrondgehalten van stoffen in de bodem. Serie Bodembescherming no. 34 Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Staatsuitgeverij, Den Haag.
12. Hoofdinspectie van de Volksgezondheid belast met het toezicht op de milieuhygiëne. Toetsingskader voor de beoordeling van de concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in bodem en water.
13. Bradshaw, A.D. & M.J. Chadwick, 1980. The restoration of land. Blackwell, Oxford.
14. MER-rapport, sectie bodem (in voorbereiding).
15. Endedijk, G.J. & H.G. Klein Ikkink, 1984. Oecotoxicologische effecten van assenwegen in de Brabantse Kempen. Doctoraalverslag Vrije Universiteit.
16. Ernst, W.H.O. Indicatoren van een overmaat aan zware metalen in terrestrische ecosystemen. In: Best, E.P.H. & J. Haeck (red), 1984. Ecologische indicatoren voor de kwaliteitsbeoordeling van lucht, water, bodem en ecosystemen.
17. Allaway, W.H., 1968. Agronomic controls over environmental cycling of trace elements. *Adv. Agron.* 20: 235 - 274.
18. Mondelinge mededeling Rolf Roos (Brabantse Milieufederatie).
19. Heukels, H. & van der Meijden, R., 1983. Flora van Nederland. Wolters-Noordhoff, Groningen.

20. Budelco B.V., 1982. Rapport inzake onderzoek naar cadmium in de omgeving van Budelco.
21. Provinciale overleggroep, 1984. Bodemverontreiniging in de Kempen, nader onderzoek fase 2: projectvoorstellen.

H.G. Klein Ikkink

G.J. Endedijk