



Omgaan met Thiocynaat op gasfabrieksterreinen: technisch inhoudelijk spoor en procesmatig spoor

Ons kenmerk Versie
PT-5414 415530.060 Definitief

Datum
maart 2008

Kernteam consortium:

| | |
|---|-------------------|
| Deltares | G.A.M. van Meurs |
| TTE | P.O. de Vries |
| Bioclear | M, Henssen |
| Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam | V. Brettschneider |

Consortium:

| | |
|---|---------------------------------|
| Provincie Fryslân | B.B. Leest |
| Provincie Zeeland / Delta n.v. | P. Brand |
| Provincie Overijssel | H.P. van Wijk |
| Gemeente Den Haag; Dienst StadsBeheer | A.J. de Vries / P. van Straaten |
| Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond (DCMR) | H. Meuffels / M.B. Groenenboom |
| Coördinatie Milieutaken Rotterdam (CMR) | C. Verhoeckx |
| Gemeente Den Haag; Dienst Stedelijke Ontwikkeling | G.J. Lammers |
| Gemeente Enschede | F. Deurwaarder |

Technische klankbordgroep

| | |
|----------------|-----------------|
| Doelman Advies | P. Doelman |
| ECN | J.C.L. Meeussen |
| WUR | M.G. Keizer |

Klankbord Processpoor

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 3B Bureau Bodem & milieuBeleid | F. Mulder |
|--------------------------------|-----------|

Auteurs

TTE
Bioclear
Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam
Deltares

Peter de Vries
Maurice Henssen
Victor Brettschneider
Gerard van Meurs

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze opgave mag worden vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaargemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van SKB.

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken mits de bron, [SKB](#), [Gouda](#), op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt.”

Aansprakelijkheid

SKB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er tocht fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen.

Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en SKB sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor de schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens SKB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Titel rapport

Omgaan met Thiocynaat op gasfabriekterreinen:
technisch inhoudelijk spoor en processpoor

**SKB rapportnummer
Projectrapportnummer**

SKB PT-5414
415530.060

Auteurs

Peter de Vries
Maurice Henssen
Victor Brettschneider
Gerard van Meurs

Aantal bladzijden

Rapport: 98
Bijlagen: 52

**Uitgever
SKB, Gouda****Samenvatting**

De doelstelling van het project valt uiteen in een technische projectdoelstelling, het technisch inhoudelijke spoor, en een brede procesmatige doelstelling, het processpoor.

Binnen het *technisch inhoudelijke spoor* is kennis over het gedrag van thiocynaat verzameld en gebundeld. De kennis is zoveel mogelijk op hetzelfde niveau gebracht als de kennis over het gedrag van andere verontreinigende stoffen zoals aromaten, teer en complexe cyanides die worden aangetroffen bij gasfabriekterreinen. Bij *het afwegen van de noodzaak voor maatregelen* en het opstellen van saneringsalternatieven kan dan een betere inschatting van het risico en *de saneringsmogelijkheden* van de thiocynaat-verontreiniging worden gemaakt.

Binnen het *processpoor* is de implementatie van het huidige bodembeleid beschouwd in complexe situaties, zoals gasfabriekterreinen. Aan de hand van interviews en een workshop is bewustzijn ontwikkeld over ervaren knelpunten en mogelijkheden voor het omgaan met de knelpunten.

Trefwoorden**Gecontroleerde termen:**

Bodemsanering
Cyanide
Kosteneffectiviteit
Natuurlijke afbraak
Risicobeoordeling

Vrije trefwoorden:

Optimaliseren proces
Versterken draagvlak
Delen van kennis

Titel project

Omgaan met Thiocynaat
op voormalige gasfabriekterreinen

Projectleiding

dr.ir. G.A.M. van Meurs (Deltares)

Voorwoord

De verontreinigingssituatie op gasfabriekterreinen is complex; er zijn veel verschillende verontreinigingen aangetroffen in de ondergrond die in verschillende fysische en chemische hoedanigheden, in verschillende hoeveelheden en in verschillende onderlinge verhoudingen voorkomen en die elkaars gedrag in belangrijke mate beïnvloeden. Daarnaast is de bodem heterogeen en zijn de verontreinigingen heterogeen sterk verdeeld.

Van veel verontreinigingen (vooral van teer, aromaten en van complexe cyanides) is een goed beeld ontstaan van de ontstaansgeschiedenis en het gedrag in de ondergrond. Op verschillende plaatsen in Nederland blijkt de verontreiniging van de ondergrond van voormalige gasfabriekterreinen extra gecompliceerd te zijn door de aanwezigheid van de stof thiocynaat. Het gedrag van thiocynaat in de ondergrond is nog betrekkelijk onbekend.

Door de onbekendheid met het transport en gedrag van thiocynaat zal in de meeste situaties gekozen worden voor robuuste saneringsvarianten; onzekerheid in stofgedrag leidt immers altijd tot extra inspanningen en dus kosten. In de huidige praktijk komt dit neer op grondverwijdering en langdurige grondwateronttrekkingen. De nadelen van deze klassieke wijze van grond(water) saneren zijn evident.

Verspreid over het land komt gelukkig steeds meer informatie beschikbaar over de aanwezigheid en het (veronderstelde) gedrag van thiocynaat in de ondergrond van gasfabriekterreinen; vanuit veldgegevens, literatuurgegevens en enkele laboratoriumtesten. Deze informatie is gebundeld, geanalyseerd en gerapporteerd. Op deze wijze ontstaat een steeds duidelijker beeld over ontstaansgeschiedenis, analysetechnieken, vorming, afbraak, sortie en mobiliteit en toxiciteit.

Besluitvorming over de keuze van de juiste saneringsmethode wordt, naast de technische inhoudelijke informatie, ook door andere zaken bepaald. Specifiek is gekeken naar de wijze waarop het proces verloopt om te komen tot besluitvorming over de aanpak van een complex geval van bodemsanering als er bijvoorbeeld een nieuwe stof, zoals thiocynaat wordt gevonden.

Bij het stagneren van besluitvorming spelen vaak niet-technische aspecten een rol. Door interviews en het houden van een workshop is duidelijk geworden aan welke aspecten gedacht moet worden. Voorbeelden zijn overeenstemming over geformuleerde doelen en over randvoorwaarden en uitgangspunten. Verdieping op het vlak van sociale leerprocessen kan behulpzaam zijn om stagneren te voorkomen.

Inhoudsopgave

| | |
|--|-----------|
| Samenvatting | 1 |
| Technisch inhoudelijk spoor | 1 |
| Procesmatige spoor | 5 |
| DEEL A PROBLEEMSTELLING, RELEVANTIE EN HYPOTHESEN | 9 |
| 1 Inleiding | 11 |
| 1.1 Probleemstelling en doel van het project | 11 |
| 1.2 Thiocynaat als 'nieuwe' probleemstof | 11 |
| 1.3 Tweesporenbenadering | 12 |
| 1.4 Leeswijzer | 13 |
| 2 Inventarisatie van veldgegevens | 15 |
| 2.1 Waar is thiocynaat onderzocht? | 15 |
| 2.2 Hoe relevant is thiocynaat? | 16 |
| 2.3 Waar doen zich de problemen voor? | 17 |
| 3 Hypothesen | 21 |
| DEEL B: VERZAMELDE INFORMATIE | 23 |
| 4 Analyses thiocynaat en nauwkeurigheid metingen | 25 |
| 4.1 Analysemethoden | 25 |
| 4.2 Vergelijking van verschilmethode en directe methode | 25 |
| 4.3 Conclusies | 27 |
| 5 Bronnen thiocynaat op gasfabriekterreinen | 29 |
| 5.1 Aard van de bronmaterialen | 29 |
| 5.2 Hoeveelheid van de bronmaterialen | 30 |
| 5.3 Vorming tijdens de regeneratie van ijzeraarde | 31 |
| 5.4 Beschouwing | 32 |
| 6 Bedrijfsvoering van gasfabrieken | 35 |
| 6.1 Gegevens | 35 |
| 6.2 Gasproductie en productieduur | 36 |
| 6.3 Gaswaterverwerking | 37 |
| 6.4 Herkomst kolen | 37 |
| 6.5 Conclusies | 38 |
| 7 Vorming van thiocynaat in de bodem | 39 |
| 7.1 Inleiding | 39 |
| 7.2 Mogelijke vorming van thiocynaat tijdens pyrietoxidatie | 39 |
| 7.3 Mogelijke vorming van thiocynaat tijdens sulfaatreductie | 40 |
| 8 Biologische afbraak | 43 |
| 8.1 Afbraakroutes van thiocynaat in de literatuur | 43 |
| 8.2 Microbiologische achtergrond afbraak en vorming | 44 |
| 9 Aanwijzingen voor vorming, afbraak of sorptie | 47 |
| 9.1 Veldwaarnemingen thiocynaat in relatie redoxtoestand | 47 |
| 9.2 Veldwaarnemingen van thiocynaat in relatie tot ijzercyaniden | 49 |
| 9.3 Batchexperimenten | 50 |
| 9.4 Kolomproeven | 55 |
| 10 Beschouwing | 63 |
| 10.1 Anaerobe afbraak en vorming | 63 |
| 10.2 Spreiding over Nederland | 63 |
| 11 Toxiciteit van thiocynaat | 65 |
| 11.1 Effecten van thiocynaat | 65 |
| 11.2 Interactie met jood | 65 |
| 11.3 Dosis-effectstudies bij toediening van thiocynaat | 66 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 11.4 | Thiocyanaat als omzettingsproduct van cyanide | 66 |
| 11.5 | Inname van thiocyanaat volgens blootstellingsmodellen | 67 |
| 11.6 | Conclusies | 69 |
| DEEL C: CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | | 71 |
| 12 | Conclusies | 73 |
| 12.1 | Aanwezigheid in de bodem | 73 |
| 12.2 | Chemische analyse | 73 |
| 12.3 | Bronnen en bedrijfsprocessen | 73 |
| 12.4 | Vorming | 73 |
| 12.5 | Afbraak | 74 |
| 12.6 | Sorptie | 74 |
| 12.7 | Toxiciteit | 75 |
| 12.8 | Hypothesen | 75 |
| 13 | Aanbevelingen | 77 |
| 13.1 | Algemeen | 77 |
| 13.2 | Aanbeveling betreffende onderzoek thiocyanaat op locaties | 77 |
| 13.3 | Aanbeveling betreffende herkomst/bronnen thiocyanaat | 77 |
| 13.4 | Aanbeveling betreffende biologische afbraak | 77 |
| DEEL D: PROCESMATIG SPOOR | | 79 |
| 14 | Inleiding | 81 |
| 14.1 | Aanleiding tot het processpoor | 81 |
| 14.2 | Benadering en uitwerking | 81 |
| 15 | Sociale leerprocessen | 83 |
| 15.1 | Inleiding | 83 |
| 15.2 | Aanleiding scriptie | 83 |
| 15.3 | Communicatie en reframing | 83 |
| 15.4 | Vier aspecten van sociaal leren | 84 |
| 15.5 | Community of Practice | 84 |
| 15.6 | Koppeling praktijk aan theorie | 85 |
| 16 | Interviews en workshop | 87 |
| 16.1 | Herkenning van het processpoor | 87 |
| 16.2 | Interviewronde | 87 |
| 16.3 | Bevindingen uit de interviews | 88 |
| 16.4 | Workshop | 90 |
| 17 | Resumé processpoor | 93 |
| 17.1 | Bevindingen | 93 |
| 17.2 | Aanbevelingen | 94 |
| 18 | Nawoord | 95 |
| 19 | Overzicht gebruikte literatuur | 97 |
| Bijlage(n) | | |
| Bijlage A: | Geïnterviewde gegevens | |
| Bijlage B: | Gemeten concentraties volgens verschillende bepalingsmethoden | |
| Bijlage C: | Redoxtoestand locaties | |
| Bijlage D: | Detailbespreking batchexperimenten | |
| Bijlage E: | Effluentgegevens kolomproeven: grond voormalige gasfabriek Tuinlaan te Pernis | |
| Bijlage F: | Vragenlijst voor interviews | |
| Bijlage G: | Verslagen van interviews | |
| Bijlage H: | “Optimalisatie Sociale Leerprocessen” | |
| Bijlage I: | Workshop Consortium Processpoor | |

Tabellen

| | |
|--|-----|
| Tabel 1: <i>Aantal locaties waar al dan niet metingen zijn verricht op thiocynaat in grondwater.</i> | 16 |
| Tabel 2: <i>Aantallen en percentages van gasfabriekterreinen in Nederland waar overschrijdingen van de I-waarde zijn vastgesteld voor thiocynaat in grondwater en waar thiocynaat als meest maatgevend component aanwezig is.</i> | 16 |
| Tabel 3: <i>Aantallen beschouwde grondwatermonsters onder en boven de detectiegrens (d) volgens de directe (SCN-d) en de verschilmethode (SCN-v).</i> | 26 |
| Tabel 4: <i>Gemeten gehalten aan cyaniden en thiocynaat in monsters van afgewerkte (blauwe) ijzeraarde en in een secundair gevormd blauwgroene neerslag (Axel).</i> | 29 |
| Tabel 5: <i>Samenstelling gaswater in g/l.</i> | 30 |
| Tabel 6: <i>Gegevens omtrent bedrijfskarakteristieken van de geïnventariseerde gasfabriekterreinen.</i> | 35 |
| Tabel 7: <i>Verdeling van hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat over drie categorieën van gaswaterverwerking voor 33 gasfabrieken in Nederland.</i> | 37 |
| Tabel 8: <i>Overzicht organismen.</i> | 43 |
| Tabel 9: <i>Redoxtoestand en hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat in 29 bodemlagen van 22 gasfabriekterreinen in Nederland.</i> | 47 |
| Tabel 10: <i>Aantal grondwatermonsters met concentraties aan ijzercyaniden en thiocynaat onder en boven de detectiegrens (van 5,0 µg/l).</i> | 49 |
| Tabel 11: <i>Uitgevoerde batchexperimenten.</i> | 52 |
| Tabel 12: <i>Overzicht van de beoordeling van batchexperimenten (zie tevens Bijlage D).</i> | 53 |
| Tabel 13: <i>Dimensionering experimenten en samenstelling grond bij kolomproeven Pernis.</i> | 55 |
| Tabel 14: <i>Resultaten kolomproeven gasfabriekterrein Tuinlaan Pernis.</i> | 58 |
| Tabel 15: <i>Verdeling van gehalten aan organische stof en thiocynaat in de grondkolommen na afloop van de experimenten.</i> | 61 |
| Tabel 16: <i>Concentraties aan thiocynaat in bloed, urine en speeksel van rokers en niet-rokers.</i> | 66 |
| Tabel 17: <i>Overzicht afgenomen interviews.</i> | 87 |
| Tabel 18: <i>Aantallen geïnventariseerde grondwatermonsters, gemiddelde pH-waarden en hoogste gemeten concentraties aan verontreinigende stoffen in grondwater van freatisch (ondiep) en eerste watervoerende laag (diep) op gasfabriekterreinen in Nederland.</i> | 101 |
| Tabel 19: <i>Gemeten concentraties aan thiocynaat via verschilmethode en directe methode.</i> | 109 |
| Tabel 20: <i>Redox omstandigheden gemeten op verschillende locaties.</i> | 111 |
| Tabel 21: <i>Resultaten kolomproef met klei-1.</i> | 121 |
| Tabel 22: <i>Resultaten kolomproef met klei-2.</i> | 122 |
| Tabel 23: <i>Resultaten kolomproef met veen-1.</i> | 122 |
| Tabel 24: <i>Resultaten kolomproef met veen-2.</i> | 122 |
| Tabel 25: <i>Terugblik op de middag.</i> | 150 |

Samenvatting

Technisch inhoudelijk spoor

Thiocyanaat is in het verleden vaak beschouwd als verschijningsvorm van cyaniden, en als zodanig van ondergeschikt belang. Het chemische gedrag van thiocyanaat is echter duidelijk afwijkend van de andere cyanidevormen: er treedt minder complexering en/of neerslagvorming van thiocyanaat op, waardoor bijvoorbeeld de mobiliteit anders is. Daarnaast zijn er duidelijke aanwijzingen dat afbraak van thiocyanaat onder verschillende condities kan optreden. Dit maakt ook de feitelijke risico's mogelijk anders en dus is specifieke screening op thiocyanaat relevant.

Doel van het technische spoor van dit SKB-project is om de huidige kennis over thiocyanaat te inventariseren en zo mogelijk uit te bouwen en daarmee de technisch-inhoudelijke onzekerheden te minimaliseren zoals die zich soms voordoen bij het opstellen van plannen voor de ontwikkeling of de sanering van gasfabriekterreinen.

Aanwezigheid in de bodem

Op circa 36% van de voormalige gasfabriekterreinen in Nederland is geen onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van thiocyanaat. Op circa 43% van de terreinen is een beperkt aantal metingen gedaan (≤ 20 grondwateranalyses) waaruit alleen een indicatief beeld over de aanwezigheid van thiocyanaat kan volgen. Op circa 21% van de terreinen zijn zodanig veel metingen gedaan (> 20 grondwateranalyses) dat naar verwachting een betrouwbaar beeld van de aanwezigheid van thiocyanaat is ontstaan. Dit is met name het geval in de ondergrond van in het westen gelegen gasfabriekterreinen. Op deze locaties worden ook de hoogste gehalten aan thiocyanaat gevonden. In het oosten gelegen locaties blijken niet of nauwelijks op thiocyanaat te zijn onderzocht.

Van alle geïnterviewde gasfabriekterreinen blijkt dat thiocyanaat op 22% hiervan mede maatgevend is voor de verontreinigingomvang en –problematiek (van alle goed onderzochte locaties bleek dit 41% te zijn).

In totaal zijn zeventien locaties beschouwd met elf of meer analyses op THIOCYANAAT van grond en grondwater, en waarbij op zestien locaties thiocyanaat is aangetroffen in het grondwater. Op elf van deze locaties overschreed de concentratie aan thiocyanaat in grondwater de interventiewaarde. De hoogste waarden thiocyanaat worden gevonden in sterk gereduceerde condities. De mogelijke redenen hiervoor zijn een snellere afbraak onder meer geoxideerde condities en vorming van thiocyanaat onder meer gereduceerde condities. Op in ieder geval drie locaties bleek de verontreiniging met thiocyanaat de pluimbepalende cq. meest maatgevende component te zijn. Dit geeft aan dat analyse, of ten minste beschouwing, van thiocyanaat essentieel is om een goed beeld van de totale verontreiniging op gasfabriekterreinen te verkrijgen.

De hoogste concentraties aan thiocyanaat komen vaak voor op enige afstand van de oorspronkelijke bronnen en in sterk gereduceerde pakketten.

Chemische analyse

In de praktijk zijn twee analysemethoden gebruikt om de aanwezigheid van thiocyanaat vast te stellen. Op basis van de EPA 335.3 – waarmee het totaal van vrij CN, complex CN en THIOCYANAAT wordt bepaald - en NEN 6655 – waarmee alleen het totaal van vrij CN en complex CN wordt bepaald – kan de hoeveelheid thiocyanaat worden bepaald via de berekening van het verschil. Daarnaast is er een directe methode voorhanden waarmee thiocyanaat colorimetrisch kan worden bepaald.

De concentratie aan thiocyanaat zoals bepaald volgens de EPA-verschilmethode is doorgaans lager dan de concentratie zoals bepaald volgens de directe methode. Voor individuele monsters zijn de concentraties volgens de EPA-verschilmethode tussen een factor 10 kleiner tot een factor $\sqrt{10}$ (=3,16) groter dan de concentratie aan thiocyanaat volgens de directe methode.

Concentraties aan thiocynaat in grondwater op gasfabriekterreinen variëren van 5 tot 500.000 µg/l. Dat zijn dus vijf orden van grootte. De nauwkeurigheid van de analysemethode beslaat doorgaans een halve tot één orde van grootte. Voor het beoordelen van de situatie met betrekking tot thiocynaat in Nederland als geheel, zoals in dit rapport, is de onnauwkeurigheid in de analysemethode daarom niet van wezenlijke invloed.

Op lokale schaal kan de onnauwkeurigheid in de analyse wel belangrijk zijn. Dit geldt in het bijzonder bij het vaststellen van interventiewaardecontouren. Indien thiocynaat is bepaald via de EPA-verschilmethode geldt immers dat op de plek waar een interventiewaarde van 1.500 µg/l wordt aangegeven, de concentratie volgens de directe methode 500 µg/l zou kunnen zijn maar ook 15.000 µg/l. Evenzo kan, indien de concentratie via de directe methode is bepaald, de concentratie via de EPA-verschilmethode slechts 150 µg/l zijn maar ook 4.500 µg/l.

Bronnen en bedrijfsprocessen

Thiocynaat kan als oorspronkelijk product (en verontreiniging) in de bodem terecht zijn gekomen. Daarmee kunnen op locaties dus bronnen van thiocynaat aanwezig zijn, vergelijkbaar met andere bronnen van cyanideverontreiniging. Daarnaast zijn er ook sterke aanwijzingen dat door biologische en/of chemische processen thiocynaat in bepaalde bodemsystemen wordt gevormd.

Als oorspronkelijke bronnen van thiocynaat in de bodem kunnen afgewerkte ijzeraarde en kalk fungeren. Afgewerkte ijzeraarde bevatte in praktijk tussen 0,1-4% thiocynaat. Kalkhoudend slib kan tussen 96-640 mg CN/kg bevatten. In deze gevallen komt thiocynaat voor als bron in grond en grondwater. Het gedraagt het zich ten aanzien van nalevering (uitloging, berging van massa) vergelijkbaar met andere cyanidebronnen. Verdachte plekken hierbij zijn het zuiverhuis (voor de droge zuivering), de regeneratieplaats, toepassingen van afgewerkte ijzeraarde voor aanvulling of ophoging en eventuele kalkputten.

Daarnaast kan thiocynaat door het lozen van gaswater en van ammoniakwater uit de natte zuivering en de ammoniakwinning in de bodem terecht zijn gekomen. Gaswater kon 0,6 - 6,9 g thiocynaat per liter bevatten, met producties van 0,4 liter gaswater per m³ gas. Verdachte plekken hierbij zijn de (teer-) ammoniakreservoirs, de natte zuivering en sloten waarop is geloosd.

De regionale verschillen, zoals gehalten in het oosten of westen van Nederland, kunnen niet worden verklaard uit (herleidbare) verschillen in bedrijfsvoering waaronder de omvang en de duur van de gasproductie, de wijze van gaswaterverwerking en het gebruik van meer of minder zwavelhoudende kolen.

Vorming

Het optreden van pyrietoxidatie, en in mindere mate van sulfaatreductie, onder omstandigheden waarin ook (ijzer)cyaniden in de bodem aanwezig zijn, creëert omstandigheden die grote overeenkomsten vertonen met die tijdens de in situ regeneratie van ijzeraarde ten tijde van de gasfabricage, waarvan vanuit de gasfabricageliteratuur bekend is dat daarbij grote hoeveelheden thiocynaat werden gevormd. Vorming van thiocynaat is bovendien bekend vanuit de microbiologische literatuur.

Thiocynaat komt in het veld vooral voor onder sulfaatreducerende omstandigheden waarbij zowel sprake kan zijn van echte sulfaatreductie maar ook van pyrietoxidatie. Thiocynaat komt ook vrijwel altijd voor samen met ijzercyaniden. De sulfaatreducerende redoxcondities in combinatie met de aanwezigheid van ijzercyanide-complexen scheppen de omstandigheden waaronder vorming van thiocynaat kan optreden. Dit betekent dat thiocynaat niet als oorspronkelijke bron (op te verwachten plekken) aanwezig is, maar ergens op de locatie ergens waar het onder de bovenstaande condities, als intermediair is gevormd.

De resultaten van drie uit negen beschouwde batchexperimenten duiden erop dat vorming van thiocynaat tijdens de experimenten is opgetreden. In de overige zes experimenten speelde vorming geen rol van betekenis of werd het effect ervan gemaskeerd door andere processen. In elk van de drie experimenten waarin sprake was van vorming, voldeden de omstandigheden aan de 'eisen' die voor vorming noodzakelijk zijn, t.w. sulfaatreducerende omstandigheden waarbij niet alle

zwavel in de vorm van volledig gereduceerd sulfide aanwezig is. Van de zes experimenten waarin geen sprake was van vorming, waren de omstandigheden in één experiment niet volledig bekend.

In één experiment voldeden de omstandigheden duidelijk niet aan de 'eisen' zoals die volgens de theorie voor vorming worden gesteld en waren de resultaten dus ook overeenkomstig 'theorie'. Voor de vier overige experimenten kon geen verklaring worden gegeven waarom geen vorming was opgetreden.

Uit de massabalansen van drie kolomexperimenten zijn geen duidelijke aanwijzingen gevonden dat vorming van thiocynaat daarin een rol van betekenis speelde. Mogelijk zijn de omstandigheden tijdens de uitvoering niet gunstig daarvoor geweest.

Uit de genoemde processen kan in meer generieke zin worden geconcludeerd dat in gereduceerde bodemlagen waarin niet-volledig gereduceerde zwavelverbindingen in combinatie met (ijzer)cyaniden voorkomen, vorming van thiocynaat kan optreden. Hiermee dient rekening te worden gehouden indien de bodemcondities op enige plek in de grondwaterpluim gunstig zijn voor deze vorming.

Afbraak

In de microbiologische literatuur is afbraak van thiocynaat onder aerobe en nitraatreducerende omstandigheden voor verschillende soorten bacteriën beschreven. Bij deze afbraak wordt thiocynaat als electronendonor (als koolstofbron) gebruikt. Daarnaast kan thiocynaat door bacteriën, waarbij een andere koolstofbron aanwezig is, als stikstof en zwavelbron dienen. Over de afbraak onder sterker gereduceerde omstandigheden is weinig geschreven maar aannemelijk lijkt dat deze trager verloopt dan onder aerobe of nitraatreducerende omstandigheden.

In het veld worden hoge thiocynaatconcentraties weinig aangetroffen in aeroob of nitraatreducerend grondwater. Dit kan aansluiten bij enerzijds het gegeven uit de microbiologische literatuur dat afbraak onder deze omstandigheden goed mogelijk is en anderzijds dat er geringere afbraakmogelijkheden onder sterker reducerende condities bestaan.

De resultaten van zes uit negen beschouwde batchexperimenten duiden erop dat afbraak van thiocynaat tijdens de experimenten is opgetreden. In vijf van de zes experimenten was sprake van anaerobe, sulfaatreducerende omstandigheden. In één experiment waren de omstandigheden onbekend, maar waarschijnlijk ijzer- tot sulfaatreducerend (op grond van ervaringen met andere locaties in Den Haag). In de overige drie experimenten speelde afbraak geen rol van betekenis of werd het effect ervan gemaskeerd door andere processen.

Uit de massabalansen van drie kolomexperimenten bleek afbraak het belangrijkste verwijderingsproces te zijn in klei (60 tot 70%) en veen (>99%). Ook in deze kolommen overheersten anaerobe omstandigheden.

Op basis van batch- en kolomexperimenten lijkt afbraak van thiocynaat dus (ook) mogelijk te zijn onder sterker gereduceerde (sulfaatreducerende) omstandigheden. De regionale verschillen lijken daarom niet te zijn veroorzaakt door de afwezigheid van afbraak in gebieden met slecht doorlatende, meer gereduceerde bodems. Mogelijk dat wel de balans tussen vorming van THIOCYANAAT en eventuele, simultane afbraak - onder dezelfde bodem- en redoxcondities - in de sterker gereduceerde bodems wel een rol speelt in deze regionale verschillen.

Het wel of niet afbreken van thiocynaat is niet direct af te leiden uit en te relateren aan de redoxcondities. In verschillende testen met ogenschijnlijk dezelfde redoxomstandigheden treedt soms wel, soms geen afbraak op. Daarom zal afbraak individueel moeten worden vastgesteld met afbraaktesten (dan wel duidelijk afleidbaar zijn uit verloop in de concentraties in het veld).

Sorptie en mobiliteit

In de literatuur wordt thiocynaat soms een pseudohalogeën genoemd: het zou eenzelfde verspreidingsgedrag vertonen als halogenen (zoals chloride of jood). Dit zou betekenen dat thiocynaat zonder te retarderen met het grondwater meestroomt. Een belangrijk aantal

waarnemingen, die in dit project zijn verzameld, duidt er echter op dat toch binding aan organische stof kan optreden en daarbij voor een vertraagde verplaatsing (retardatie) kan zorgen.

Uit beschouwing van de massabalansen voor drie kolomproeven blijkt dat de massa-afname gedurende de experimenten alleen kan worden verklaard door desorptie van thiocynaat vanaf de vaste fase naar de waterfase. In de kolommen lijkt de aanwezigheid van thiocynaat bovendien gecorreleerd te zijn aan organische stof. Dit zou kunnen duiden op de sorptie van thiocynaat aan organische stof. De 'sorptiecapaciteit' bedroeg dan gemiddeld 35 mg/kg organische stof met afzonderlijke waarden van 20 tot 80 mg/kg o.s.

In bodemlagen met lage gehalten aan organisch stofgehalte wordt in het algemeen verspreiding van thiocynaat (en ijzercyaniden) waargenomen. Hier ondervindt thiocynaat nagenoeg geen vertraging. De retardatiefactoren van thiocynaat (en ijzercyaniden) worden in ieder geval lager ingeschat dan voor benzeen en naftaleen. Op verschillende locaties (zoals Goes, Pernis) heeft thiocynaat zich tot grotere afstand, meer dan 100 meter in horizontale zin en meer dan 15 meter in verticale zin, verspreid door de bodem via het grondwater, met concentraties boven de I-waarde.

Toxiciteit

Thiocynaat kan de functie van de schildklier ontregelen. De effecten hangen daarom af van de plek waar ten tijde van de blootstelling schildklierhormonen in het lichaam nodig zijn. Het effect is daardoor niet eenduidig en de symptomen slecht herkenbaar.

Thiocynaat is geen lichaamsvreemde verbinding en de concentraties ervan in het lichaam worden in belangrijker mate door andere factoren bepaald dan door opname vanuit bodemverontreiniging. Vooral het eten van cassaveproducten en roken leveren een grotere bijdrage. Berekeningen in CSOIL geven aan dat op gasfabriekterreinen verhoogde risico's alleen aanwezig zijn onder tamelijk uitzonderlijke situaties van een (dagelijkse) consumptie van ongezuiverd grondwater als drinkwater en bij consumptie van veel groenten die op sterk vervuilde gedeelten van het gasfabriekterrein zijn geteeld. Risico's treden dan op bij concentraties in grondwater (bodemvocht) die hoger zijn dan circa 400 µg/l bij inname van grondwater tot circa 3.600 µg/l bij moestuingebruik.

Hypothesen

Gegevens over thiocynaat zijn vaak fragmentarisch. Daarnaast zijn er juist erg veel processen die in de bodem, al dan niet gelijktijdig en in onderlinge relatie, kunnen optreden. Het is daarom vrijwel onmogelijk om het optreden van processen door onderzoek op veldschaal 'te bewijzen'. Wel kunnen waarnemingen uit het veld, in combinatie met theoretische kennis en laboratoriumexperimenten meer of minder sterke aanwijzingen geven over het optreden van processen.

Om de belangrijkste processen in de bodem nader te analyseren zijn bij aanvang van het project zes hypothesen geformuleerd die mogelijke verklaringen vormen voor de geconstateerde regionale verschillen in het voorkomen van thiocynaat. Door confrontatie van deze hypothesen met de voorgaande conclusies kan de aannemelijkheid van de hypothesen, en daarmee van de processen in de bodem, nader worden aangegeven:

Hypothese 1:

De hogere concentraties houden verband met een andere wijze van gaswaterverwerking op de (gemiddeld) grotere en (gemiddeld) dichter bij centrale afnemers gelegen gasfabrieken 'in het Westen van het land'.

De invloed van de gaswaterverwerking kan op individuele gasfabriekterreinen zeker een bijdrage hebben geleverd aan de verontreinigingssituatie maar vormt geen verklaring voor de geconstateerde regionale diversiteit. Het is daarmee geen dominante oorzaak. De hypothese wordt verworpen.

Hypothese 2:

De hogere concentraties houden verband met het grotere verbruik van zwavelrijke Engelse kolen die 'in het Westen van het land' gemakkelijk per schip konden worden aangevoerd dan van zwavelarme Duitse kolen die 'in het Oosten van het land' gemakkelijk over het spoor konden worden aangevoerd.

Het gebruik van meer en minder zwavelhoudende kolen vormt geen verklaring voor de geconstateerde regionale diversiteit. Het is daarmee geen dominante oorzaak. De hypothese wordt verworpen.

Procesmatige spoor

Aanleiding tot het processpoor

Thiocyanaat is een stof die pas enkele jaren geleden voor het eerst is geanalyseerd en aangetroffen in de ondergrond van voormalige gasfabriekterreinen. De stof is dan ook nog vrij onbekend. De eerste ervaringen zijn opgedaan aan de hand van waarnemingen in het veld, testen in het laboratorium en ervaringen tijdens onderzoek en sanering. Eén ding hebben deze projecten gemeenschappelijk: er moet een keuze worden gemaakt op welke wijze de stof thiocyanaat bij de verdere afweging wordt meegenomen en hoe dit proces vorm te geven. Een dergelijke situatie, dat een vrij nieuwe stof meegenomen moet worden in de afwegingsmethodiek, is niet op zichzelf staand. Het komt vaker voor. Net als bodembeleid, dat zich vernieuwt. Daarom is specifiek gekeken naar de wijze waarop het proces verloopt om te komen tot besluitvorming over de aanpak.

Doel en opzet

Tijdens een startbijeenkomst van het consortium is vastgesteld dat er bij thiocyanaat niet alleen sprake is van een technisch (vakinhoudelijke) kant, maar dat er ook een proceskant is waarin nieuwe kennis een plek moet krijgen binnen de besluitvorming; hoe die kennis kan worden verspreid en worden ingezet.

Het doel van het Processpoor luidt:

“Het verwerven van inzicht in de wijze waarop besluitvorming verloopt bij complexe gevallen van bodemverontreiniging bijvoorbeeld als er een nieuwe stof, zoals thiocyanaat, wordt gevonden.”

Voor dit doel zijn in eerste instantie door het kernteam interviews afgenomen bij de probleembezitters en bevoegde gezagen. Vervolgens is aandacht geschonken aan sociale leerprocessen: de wijze waarop we met elkaar (binnen het consortium) en in onze eigen werkomgeving nieuwe inzichten, op het vlak van beleid en kennis, eigen kunnen maken.

Sociale leerprocessen

In projecten / processen verbonden aan bodemsanering vindt afstemming en besluitvorming plaats. Soms stagneert de besluitvorming. Het is belangrijk te herkennen in hoeverre bepaalde aspecten onderkend zijn en een rol hebben gespeeld of nog spelen bij deze stagnatie. Het is belangrijk te herkennen in hoeverre niet-technische aspecten een rol spelen. Deze aspecten spelen vooral een rol in het sociaal-organisatorische proces (het processpoor). Deelnemers aan zulke bodemsaneringsprojecten zullen dan een sociaal leerproces moeten doorlopen om succesvol te zijn.

Het beleid en de huidige kennis over bodemsanering biedt veel handvatten om op praktische, creatieve en innovatieve wijze bodemsanering te benaderen en uit te voeren. In de praktijk worden deze handvatten (nog te) weinig gebruikt, waardoor projecten (onnodig) stagneren. Daarnaast wordt er nog te weinig functiegericht en kosteneffectief gesaneerd. Procesinnovaties, bijvoorbeeld in de vorm van sociale leerprocessen, zijn dan nodig om met alle betrokkenen op een effectievere manier de saneringsproblematiek aan te pakken. Sociaal leren kan leiden tot een andere, gemeenschappelijke, kijk op de problematiek (reframing); reframing kan leiden tot een sociaaltechnische innovatie.

Interviewronde

Aan de hand van vragen zijn interviews afgenomen bij probleemhebbers en bevoegde gezagen (gemeentes, provincies). De vragen zijn onderverdeeld in vier aandachtsgebieden, te weten:

1. helderheid uitgangssituatie;

2. bereiken van overeenstemming als proces;
3. nieuwe stoffen zoals thiocynaat;
4. onzekerheid.

De interviews hebben ons verschillende inzichten opgeleverd. Allereerst is de bewustwording gegroeid dat een gedeeld hoger gelegen doel een noodzakelijke voorwaarde is om te komen tot een gezamenlijk gedragen saneringsoplossing. De eigen, sectorale, doelen worden dan onderdeel van het hoger gelegen doel. Ten tweede is het belangrijk om onderscheid te maken tussen randvoorwaarden en uitgangspunten. Dit gedeelde onderscheid moet aan het begin van het zoekproces zijn bereikt. Als dit niet het geval is dan ontstaat gaande het proces verwarring. Wat de ene partij als uitgangspunt hanteert, en dus ter discussie wil stellen, wordt door de andere als randvoorwaarde beleefd, en is dus een harde beperking waar niet van mag worden afgeweken.

Daar waar geen stagnatie in het proces is opgetreden, constateren we dat er of een volledig, zelfstandige sectorale benadering van de problematiek mogelijk is of dat er sprake is van een bovenliggend, hoger gelegen doel. Vanuit het hoger gelegen doel zijn dan duidelijk de randvoorwaarden, de uitgangspunten van het proces, de doelstellingen en de rollen en taken van de betrokkenen partijen af te leiden. Het lijkt er op dat een hoger gelegen doel een noodzakelijke voorwaarde is voor het bereiken van overeenstemming. Het proces kenmerkt zich over het algemeen door weinig spanning tussen de verschillende facetten en de sectorale benadering van de bodemproblematiek. De eigen sectorale doelen gaan dan onderdeel uitmaken van het grotere geheel en vormen een onderdeel van het hogere doel en kunnen vanuit het hogere doel begrijpelijk voor andere partijen worden afgeleid en beargumenteerd.

De praktijk laat dan vervolgens zien dat meer naar de 'geest' van de milieuwetgeving wordt gekeken dan naar de 'letter'. Beide zaken kunnen alleen op een goede manier doorlopen worden, als er gewerkt wordt aan een sfeer van vertrouwen. Vervolgens ontstaat het 'maximale speelveld' waarbinnen een oplossing van het geval van bodemverontreiniging gevonden kan gaan worden. Op deze wijze ontstaat vanuit de collectiviteit het speelveld zoals opgenomen in de BeleidsVernieuwing (BEVER, zoals in de beleidsnotitie 'Van Trechter naar Zeef').

Bodembeleid is voortdurend aan verandering onderhevig. Een natuurlijke reflex is dan vaak om deze veranderingen in eerste instantie 'letterlijk' door te voeren en voor zekerheden te kiezen, want praktische ervaring met het nieuwe beleid en de consequenties ervan is nog niet opgebouwd. Als er een nieuwe stof in de ondergrond wordt gevonden, bijvoorbeeld thiocynaat, dan is een bijkomend aspect de onbekendheid met het gedrag en de risico's van deze nieuwe stof. Kritische factoren, die bepalen of er al dan niet overeenstemming wordt bereikt, zijn dan de bereidheid tot aanpassing op grond van ontwikkelingen op het vlak van beleid en van beschikbare technisch inhoudelijke kennis. Als voorbeeld kan genoemd worden de bereidheid tot het aanpassen van de eerder afgegeven beschikking of convenant.

Bij de uitwerking van saneringsmaatregelen speelt onzekerheid altijd een rol. In de praktijk wordt deze onzekerheid vaak al impliciet meegenomen in de aanpak door een beperkte overdimensionering. Bij het toepassen van nieuwe technieken op een bekende stof of bestaande technieken op een onbekende stof is het verstandig om deze onzekerheid expliciet te maken. Als de onzekerheid groot is, dan kan dat worden ondervangen door het toepassen van intensievere monitoring en door te beschikken over een terugvalscenario.

Workshop

Kennis over sociale leerprocessen was niet beschikbaar bij de start van het project. Het kernteam vond dat deze kennis beter benut moest worden. Daarom is de workshop gehouden met inbreng van alle partijen van het consortium.

In overleg met prof. Van Woerkum van de leerstoelgroep Communicatie en Innovatiestudies aan de WU is gekozen voor het vergroten van het bewustzijn over deze aspecten. Dit is gedaan door elementen uit sociaal leren (persoonlijke drijfveren, verwachtingen en rollen in het proces) te verbinden met een methodiek bestaande uit de drie peilers: Klantgericht, Efficiency en Integraal (KEI-methodiek).

De KEI-methodiek vormt een middel om gesprek te gaan met betrokkenen om gezamenlijk te werken aan het verruimen van de percepties en het bouwen aan het wederzijdse vertrouwen. Een voorwaarde is uiteraard dat het geheel geleid wordt door een persoon die rust uitstraalt, ruimte geeft aan betrokkenen en vooral op de achtergrond aanwezig is.

Bij het nemen van een besluit over de aanpak van bodemverontreiniging, en dus ook met de aanwezigheid van een nieuwe stof als thiocynaat, spelen meerdere aspecten een rol. Duidelijk is dat het vigerende bodembeleid en aanwezige technisch inhoudelijke kennis vaak sturend zijn. In de praktijk zullen regelmatig ook andere aspecten meespelen; bewust (expliciet gemaakt) of onbewust (onbenoemd gelaten). Hierbij kan gedacht worden aan de bestuurlijke omgeving, 'waar liggen de prioriteiten', en aan persoonlijke drijfveren. Vragen worden gesteld als "Waarom doe je het?", "Voor / met wie doe je het?" en "Hoe kun je het misschien handiger doen?". Bij de vragen "Waarom vindt afstemming en besluitvorming wel plaats?" of "Waarom stagneert de voortgang hierin?" is het belangrijk te herkennen in hoeverre bepaalde aspecten een rol spelen. Deze herkenning is noodzakelijk om stagnatie in afstemming en besluitvorming in voorbereiding en uitvoering te doorbreken. Herkenning biedt een opening om gezamenlijk met anderen het hoger gelegen doel te benoemen. Het stimuleren van deze herkenning is onderdeel van sociale leerprocessen en vormen onderdeel van de workshop.

Aanbevelingen Processpoor

- Overleg bij het begin van het project over het doel dat bereikt moet worden:
"Is het (hogere) doel gebiedsontwikkeling om de stad aantrekkelijker te maken en wordt het complexe geval van bodemverontreiniging op een milieuhygiënisch verantwoorde wijze meegenomen, of blijven de sectorale doelen apart staan: eerst de sanering en vervolgens gebiedsontwikkeling".
- Schenk aandacht aan de 'uitgangspunten en randvoorwaarden'. Zorg dat overeenstemming is bereikt, alvorens verder te gaan.
- Voor het bereiken van deze overeenstemming is het belangrijk dat betrokkenen uit hun eigen rol stappen, oog krijgen voor het grotere geheel (het hogere doel), inzicht verwerven in de verantwoordelijkheid, handelingsbevoegdheid en persoonlijke drijfveren van anderen. Kortom, de adviseur dient te adviseren over de techniek en over het proces. Daarnaast worden de probleemeigenaar en het bevoegde gezag uitgedaagd los te komen van hun primaire verantwoordelijkheid en ook sociale vaardigheden te ontwikkelen die nodig zijn om te komen tot overeenstemming over de saneringsaanpak. Hiervoor is inspanning nodig.

Tot slot

Gedurende het project is een groeiend bewustzijn ontstaan dat bij het welslagen van een project het niet alleen gaat om vaktechnische kennis. In het technische spoor is de beschikbare kennis en ervaring op een rij gezet. Tijdens de eerste sessie van het consortium is beschikbare technische kennis gepresenteerd. In de discussie ging het, uitgelokt door de inbreng van de andere partijen (probleemhebbers, bevoegde gezagen), vooral over hoe je voortgang in de bodemsanering en een optimale saneringswijze kon bewerkstelligen in samenwerking met een adviesbureau. Echter, in een veranderende wereld, is er meer nodig dan nieuwe kennis en voortschrijdende inzichten. Het consortium vond dat ook het processpoor volwaardig moest worden ingestoken. Het gaat daarbij over een andere manier van omgaan met elkaar en een nieuwe manier van communiceren.

Het gaat er in dit soort projecten om, om te leren goed naar elkaar te luisteren en om elkaar vragen durven te stellen en kennis en ervaring met elkaar te delen. Zo kan een 'hogere doel' worden geformuleerd en gedeeld, en kunnen uitgangspunten en randvoorwaarden inzichtelijk worden gemaakt. Heb respect voor elkaars rol.

Bodembeleid en de praktijk van bodemsanering is voortdurend aan veranderingen onderhevig. Door te leren 'spelen' met de procesmatige kant van bodemsanering wordt de kans vergroot dat de implementatie van verandering en innovatie kan plaatsvinden. Zo ook de toepassing van nieuwe kennis, bijvoorbeeld over een relatief nieuwe stof als thiocynaat.

DEEL A PROBLEEMSTELLING, RELEVANTIE EN HYPOTHESEN

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling en doel van het project

De aanpak van bodemverontreiniging op gasfabriekterreinen is altijd maatwerk. De verontreiniging bestaat uit een groot aantal die in verschillende fysische en chemische verschijningsvormen voorkomen en die in verschillende hoeveelheden en onderlinge verhoudingen elkaars gedrag in belangrijke mate kunnen beïnvloeden. Daarnaast zijn de terreinen vaak langdurig in gebruik geweest waardoor specifieke activiteiten kunnen zijn verplaatst en andere processen, die níét met de gasproductie samenhangen, er naderhand kunnen hebben plaatsgevonden. Ten slotte bestaan er óók nog veel verschillende ideeën voor toekomstige inrichting en gebruik, met ieder een eigen maatschappelijke, financiële en bestuurlijke haalbaarheid.

De veelheid aan factoren die bij de ontwikkeling van gasfabriekterreinen een rol spelen, maakt dat er vrijwel nooit aan alle eisen en wensen maximaal kan worden voldaan. Het blijft zoeken naar een optimum waarbij ten minste aan de belangrijkste eisen en randvoorwaarden in voldoende mate wordt voldaan. Thiocynaat (SCN) vormt hierin om twee redenen een probleem:

- 1 Thiocynaat is aanvankelijk niet als probleemstof herkend en duikt nu 'plotseling' op. Beleidsmatig en projectmatig doen zich daardoor allerlei problemen voor: Ernst en urgentie kunnen wijzigen, saneringen kunnen niet worden afgerond, afspraken kunnen niet worden nagekomen en doelstellingen moeten worden herzien.
- 2 Thiocynaat is een stof waarover relatief weinig in brede kring bekend is. Technisch-inhoudelijk doen zich daardoor allerlei problemen voor: Risico's zijn onduidelijk, het bereiken van een stabiele eindsituatie is moeilijk te bepalen, noodzaak en ontwerp van (sanerings)maatregelen zijn onzeker en de effectiviteit van saneringsmethoden onvoorspelbaar.

Doel van dit SKB-project is om enerzijds na te gaan welke procesmatige mogelijkheden er bestaan om op verantwoorde wijze de beleidsmatige problemen het hoofd te bieden en om anderzijds de huidige kennis over thiocynaat te inventariseren en zo mogelijk uit te bouwen om daarmee technisch-inhoudelijke onzekerheden te minimaliseren.

1.2 Thiocynaat als 'nieuwe' probleemstof

Op een aantal gasfabriekterreinen is de verontreiniging met thiocynaat mede maatgevend gebleken voor ernst, spoedeisendheid en/of aanpak van de sanering. Deze terreinen liggen alle in 'West-Nederland'. Het idee is daardoor ontstaan dat de thiocynaatproblematiek hier meer speelt dan in 'Oost-Nederland'. Het beeld van het voorkomen van thiocynaat op gasfabriekterreinen in Nederland is echter verre van compleet. Dit is in de hand gewerkt door twee met elkaar samenhangende factoren:

- 1 Thiocynaat werd altijd beschouwd als een verschijningsvorm van cyaniden die qua aandeel en gedrag van ondergeschikt belang was.
- 2 Chemisch-analytisch werd thiocynaat niet als afzonderlijke component bepaald.

De eerste aanname is feitelijk onjuist. Chemisch en toxicologisch gedraagt thiocynaat zich duidelijk anders dan de 'overige' cyaniden. Daarnaast kent thiocynaat deels andere bronnen en zou het daarom ook onderzoektechnisch anders moeten worden benaderd:

- Chemisch is het gedrag van thiocynaat anders dan dat van cyaniden. Thiocyanaten zijn geen sterke liganden en vormen geen sterke complexen zoals cyaniden dat doen in de vorm van bijvoorbeeld $\text{Fe}(\text{CN})_6$ -complexen. Deze laatste complexen domineren het gedrag van cyaniden doordat de oplosbaarheid van hun zouten sterk afhangt van de bodemchemische omstandigheden in de bodem (pH, redox e.d.). De zouten van

thiocyanaten zijn altijd goed oplosbaar en neerslagvorming in de bodem speelt dan ook geen rol van betekenis.

- Toxicologisch is het gedrag van thiocynaat anders dan dat van cyaniden. Thiocynaat kan in het lichaam de plaats innemen van jodide en daardoor lichaamsprocessen verstoren waarin jodide essentieel is. Dit speelt in het bijzonder in de schildklier. De toxicologische werking van cyaniden, en indirect ook van ijzercyaniden, berust daarentegen op het blokkeren van de celademhaling.
- Onderzoektechnisch is het niet onderscheiden van thiocynaat en cyaniden discutabel omdat de bronnen van thiocynaatverontreiniging en cyanideverontreiniging niet dezelfde behoeven te zijn. Met name gaswater kan voor thiocynaat een belangrijke bron blijken.

Samenhangend met de aanname dat thiocynaat een vorm van cyanide zou zijn, is thiocynaat zelden via een specifieke analysemethode bepaald:

- Vóór 1994 waren er twee methoden voor het bepalen van cyanide-totaal, de NEN6489-methode en de EPA335.3-methode. De NEN6489-methode bepaalde uitsluitend de ijzercyaniden én de vrije cyaniden, de EPA335.3-methode bepaalde daarnaast ook de thiocyanaten. De gehalten aan thiocynaat konden in principe dus worden bepaald door de uitkomsten van beide methoden van elkaar af te trekken. Vanwege het geringe belang dat aan thiocyanaten werd toegekend, is dit vrijwel nooit gedaan. De keuze voor de cyanide-totaal bepaling viel meestal uit in het voordeel van de EPA335.3-methode. De NEN6489-methode was erg omslachtig in uitvoering en slecht reproduceerbaar. Dit betekent dat indien geen nadere aanduiding is gegeven, de vermeldingen van cyanide-totaal vóór 1994 geacht worden betrekking te hebben op de gehalten inclusief thiocynaat.
- Vanaf 1994 is in Nederland de NEN6489-methode vervangen door de NEN6655-methode. Ook deze methode bepaalt uitsluitend de ijzercyaniden en de vrije cyaniden maar is minder omslachtig en beter reproduceerbaar dan de oude NEN6489-methode. Omdat de methode de 'officiële' bepaling is, wordt de methode als standaardbepaling door de laboratoria toegepast. Dit betekent dat indien geen nadere aanduiding is gegeven, de vermeldingen van cyanide-totaal ná 1993 geacht worden betrekking te hebben op de gehalten zonder thiocynaat.

Op een aantal gasfabriekterreinen is de EPA335.3-methode overigens ook ná 1993 in gebruik gebleven. Dit gebeurde bijvoorbeeld om de vergelijkbaarheid met eerdere metingen te handhaven. De overgang van analysemethode voor cyanide-totaal van EPA335.3 naar NEN6655 bleek op een aantal gasfabriekterreinen tot grote verschillen te leiden. Zo leek op het gasfabriekterrein in Kralingen (de voormalige gasfabriek Oostzeedijk in Rotterdam) bij gebruikmaking van de nieuwe analysemethode in eerste instantie lokaal circa 95% van de concentratie aan cyanide-totaal te zijn 'verdwenen'. Na vaststelling van de consistentie van dit verschil moest echter geconcludeerd worden dat het merendeel van de verontreiniging met 'cyaniden' ter plekke uit thiocynaat bestond. Later is dit ook op een aantal andere terreinen vastgesteld.

1.3 Tweesporenbenadering

Voor de twee doelstellingen zoals verwoord in paragraaf 1.1, zijn twee afzonderlijke sporen bewandeld.

Het technisch-inhoudelijke spoor richt zich op het inventariseren, samenvatten en evalueren van de bestaande kennis over thiocynaat. Het beoogt daarmee de beoordeling van bodemverontreiniging met thiocynaat op eenzelfde niveau te brengen als de beoordeling van andere stoffen die als verontreiniging op gasfabriekterreinen voorkomen.

In dit rapport wordt in deel A, B en C verslag gedaan van het technisch-inhoudelijke spoor. Ten aanzien hiervan heeft de projectgroep zich als doel gesteld bestaande informatie zoveel mogelijk te verzamelen en gezamenlijk, vanuit de afzonderlijke expertises, de processen te beschrijven die zoveel mogelijk van deze waarnemingen natuurwetenschappelijk verklaren. De 'prototypen' van deze

procesbeschrijvingen zijn in het eerste stadium van het project als hypothesen geformuleerd. In het verdere traject zijn de hypothesen vervolgens getoetst aan de feitelijke waarnemingen waarna hypothesen zijn aanvaard, verworpen of aangepast. De aanvaarde en aangepaste 'hypothesen' vormen daarmee de huidige, beschikbare kennis inzake thiocyanaat op basis waarvan niet alleen de technisch-inhoudelijke beslissingen moeten worden genomen maar waarmee ook de beleidsmatige en procesmatige implicaties kunnen worden ingeschat van de nog resterende, technisch-inhoudelijke onzekerheden.

Het processpoor richt zich vooral op het eerste probleem, in mindere mate ook op het tweede. Met betrekking tot het tweede probleem onderzoekt het processpoor óók in hoeverre het invullen van leemten in technisch-inhoudelijke kennis, beleidsmatige of procesmatige knelpunten kan oplossen. Het kan daarbij gaan om zowel het verwerven van nieuwe (technisch-inhoudelijke) kennis als ook om het meer algemeen beschikbaar zijn of het in bredere kring verspreiden daarvan. Het procesmatige spoor is uitgewerkt in deel D van dit rapport. Hierin zijn aanpak, resultaten van de gehouden interviews en daaruit volgende conclusies en aanbevelingen weergegeven.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport bestaat uit drie delen binnen het technologische spoor en uit één deel binnen het procesmatige spoor. In elk deel zijn steeds één of meer hoofdstukken opgenomen. Dit eerste deel (DEEL A) gaat in op thiocyanaat als probleemstof bij bodembeheer en bodemsanering en geeft een overzicht van de gasfabriekterreinen in Nederland waar onderzoek naar thiocyanaat is gedaan. De regionale verdeling die daarbij is geconstateerd, is aanleiding geweest zes hypothesen te formuleren die deze verschillen mogelijk zouden kunnen verklaren. Het toetsen van de hypothesen is vervolgens leidraad geweest in het verzamelen en het verwerken van informatie.

In het tweede, technologische deel (DEEL B) wordt een overzicht gegeven van de informatie die ten aanzien van de aanwezigheid en het gedrag van thiocyanaat is verzameld. Tevens wordt hierin per 'informatiedeel' een uitwerking gegeven die erop is gericht aan te geven in hoeverre de gegevens één of meer van de hypothesen ondersteunen dan wel verwerpen.

In het derde deel van dit rapport (DEEL C) zijn de conclusies en aanbevelingen uit het technische spoor beschreven.

Het vierde deel (DEEL D) beschrijft de opzet van het onderzoek en de bevindingen van het procesmatige spoor.

2 Inventarisatie van veldgegevens

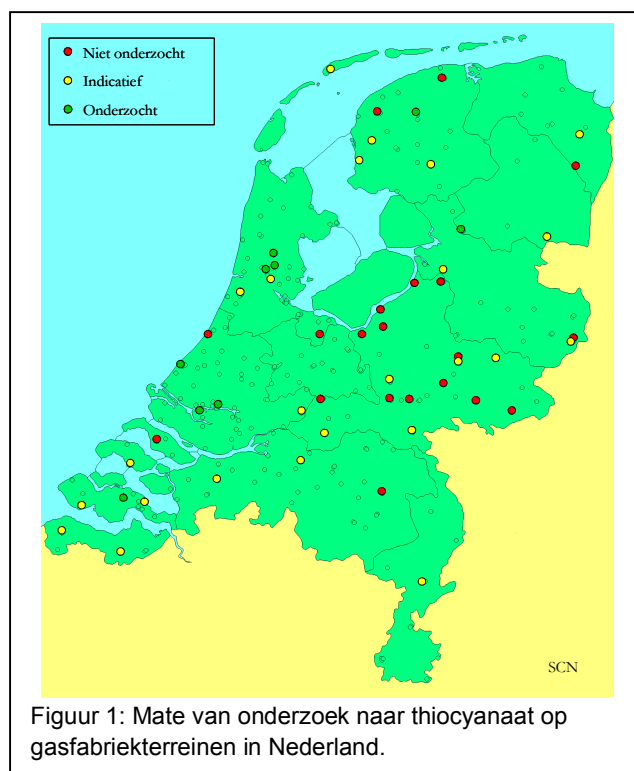
2.1 Waar is thiocynaat onderzocht?

Het beeld dat we nu van thiocynaat hebben, is fragmentarisch. Het is in hoofdzaak gebaseerd op de enkele terreinen die wel consequent óók op thiocynaat zijn onderzocht, op indicatieve metingen die her en der zijn uitgevoerd en op metingen die volgens de EPA-methode (dus cyanide-totaal én thiocynaat) zijn verricht.

Door de projectgroep is een inventarisatie uitgevoerd naar de mate waarin thiocynaat op gasfabriekterreinen is onderzocht en welke concentraties daarbij in het grondwater zijn gemeten. Er is daarbij alleen gebruik gemaakt van de gegevens die reeds bij de projectgroepleden beschikbaar waren. De gegevens hoeven daarom niet representatief te zijn voor alle gasfabrieken in Nederland. Zij kunnen bovendien onvolledig zijn doordat lang niet altijd alle onderzoeksrapporten van de geïnventariseerde terreinen in de aanwezige gegevensbestanden zijn opgenomen.

De geïnventariseerde gegevens hebben betrekking op 61 terreinen in Nederland. Twee hiervan zijn voormalige kleurstoffenfabrieken waar in het verleden ijzeraarde is verwerkt die afkomstig was van gasfabrieken. Op deze terreinen is daarom een aan gasfabrieken gerelateerde (thiocynaat)verontreiniging aanwezig. De overige 59 terreinen zijn voormalige gasfabriekterreinen. Zij vormen 23% van het totale aantal van circa 265 voormalige gasfabriekterreinen in Nederland. De omvang van de steekproef is dus groot te noemen en dit compenseert enigszins het gebrek aan zekerheid over de representativiteit en de volledigheid van de beschikbare gegevens. De resultaten van de 59 terreinen staan opgenomen in Bijlage A.

Een overzicht van de mate waarin thiocynaat is onderzocht, is weergegeven in Tabel 1. De regionale differentiatie is weergegeven in Figuur 0.



Uit Tabel 1 volgt dat thiocynaat in $(22/59 =)$ 37% van de geïnventariseerde locaties niet is onderzocht. Er zijn echter grote verschillen tussen de provincies. In Gelderland is het percentage niet-onderzochte locaties veel hoger $(12/17 = 71\%)$ dan gemiddeld. In het westen van het land zijn de

locaties beter onderzocht, al is dit in veel gevallen hooguit indicatief. Slechts (13/59 =) 22% van de locaties is min of meer als 'goed op thiocynaat onderzocht' te beschouwen (>20 metingen). Deze liggen voor het merendeel in het westen van het land.

Tabel 1: Aantal locaties waar al dan niet metingen zijn verricht op thiocynaat in grondwater.

| Provincie | Aantal metingen op thiocynaat | | | | | | |
|----------------|-------------------------------|----|-----|------|-------|-------|------|
| | Totaal | 0 | 1-5 | 6-10 | 11-20 | 21-40 | > 40 |
| Drenthe | 2 | | | | 1 | 1 | |
| Friesland | 7 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | |
| Gelderland | 17 | 12 | 3 | | 2 | | |
| Groningen | 2 | 1 | | | 1 | | |
| Limburg* | 1 | | | | 1 | | |
| Noord-Brabant | 3 | 1 | | 2 | | | |
| Noord-Holland* | 6 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 2 |
| Overijssel | 3 | 1 | | | 1 | 1 | |
| Zeeland | 6 | | 3 | 2 | | | 1 |
| Zuid-Holland | 14 | 4 | 3 | | 1 | 4 | 2 |
| Totaal | 61 | 22 | 11 | 7 | 8 | 8 | 5 |

* Locatie in Limburg en één locatie in Noord-Holland betreffen kleurstoffenfabrieken waar afgewerkte ijzeraarde van gasfabrieken is verwerkt.

2.2 Hoe relevant is thiocynaat?

Voor de 59 gasfabriekterreinen uit de inventarisatie zijn voor de meest voorkomende verontreinigende stoffen in het grondwater de hoogste gemeten concentraties getoetst aan de betreffende interventiewaarden. De resultaten zijn vermeld in Tabel 2.

Tabel 2: Aantallen en percentages van gasfabriekterreinen in Nederland waar overschrijdingen van de I-waarde zijn vastgesteld voor thiocynaat in grondwater en waar thiocynaat als meest maatgevend component aanwezig is.

| | CN-NEN | SCN | CN-vrij | Ben-zeen | Tolu-eeen | Ethyl-benz. | Xyle-nen | Nafta-leen | Feno-len | Min. olie |
|--|--------|-----|---------|----------|-----------|-------------|----------|------------|----------|-----------|
| Aantal locaties in inventarisatie | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| Aantal locaties waar component onderzocht | 49 | 32 | 41 | 56 | 56 | 55 | 56 | 52 | 48 | 29 |
| Aantal locaties met conc. > I-waarde | 20 | 13 | 5 | 48 | 21 | 25 | 38 | 39 | 16 | 19 |
| % > I-waarde van geïnventariseerde locaties | 34 | 22 | 8 | 81 | 36 | 42 | 64 | 66 | 27 | 32 |
| % > I-waarde van onderzochte locaties | 41 | 41 | 12 | 86 | 38 | 45 | 68 | 75 | 33 | 66 |
| Aantal locaties waarin component maatgevend is | 4 | 3 | 0 | 24 | 0 | 0 | 1 | 14 | 0 | 6 |

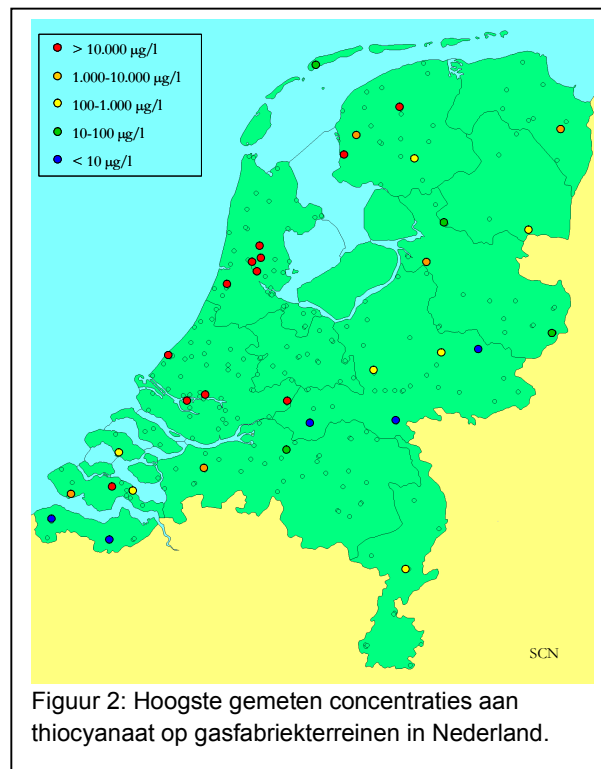
Uit Tabel 2 volgt dat in het grondwater van gasfabriekterreinen benzeen het vaakst de interventiewaarde overschrijdt. Dit gebeurt op (48/59 =) 81% van de locaties. Naftaleen volgt met (39/59 =) 66% en xylenen met (38/59 =) 64%. Thiocynaat doet in deze volgorde van 'hoogste aantal terreinen met overschrijdingen van de interventiewaarde' in de achterhoede mee. Overschrijdingen zijn vastgesteld op dertien van de 59 beschouwde locaties, dat is op 22% van deze locaties.

Niet elke verontreinigende stof is echter op alle gasfabriekterreinen ook onderzocht. Indien hiervoor wordt gecorrigeerd, neemt het geschatte percentage toe van 22 naar 41% waarop overschrijdingen van de interventiewaarde van thiocynaat optreden. Deze toename is groter dan voor de meeste andere beschouwde stoffen, omdat thiocynaat op een kleiner aantal terreinen daadwerkelijk is meegenomen in het onderzoek.

Thiocynaat is op drie locaties de stof waarvoor de mate van overschrijding van de interventiewaarde het grootste is. Dit betreft de gasfabrieken in De Rijp, Goes en Pernis. Mogelijk is dit ook het geval op de Binckhorstlaan in Den Haag, waar concentratie aan thiocynaat tot 100.000 µg/l zijn gevonden in het grondwater (voormalige gasfabriek Trekvljet). Tenminste voor deze drie, mogelijk vier locaties, is thiocynaat dus maatgevend. Voor tenminste tien andere terreinen overschrijdt de concentratie aan thiocynaat de interventiewaarde in grondwater en is thiocynaat dus medemaatgevend.

2.3 Waar doen zich de problemen voor?

De mate waarin thiocynaat is aangetoond, is weergegeven in Figuur 0. De vermelde concentraties hebben betrekking op de hoogste gemeten waarden van de betreffende locaties. Uit Figuur 0 blijkt dat de hoge concentraties steeds voorkomen in het westelijke deel van het land. In het oosten zijn de concentraties beduidend lager. Zij zijn daar tot nu toe ook nog nergens maatgevend gebleken.

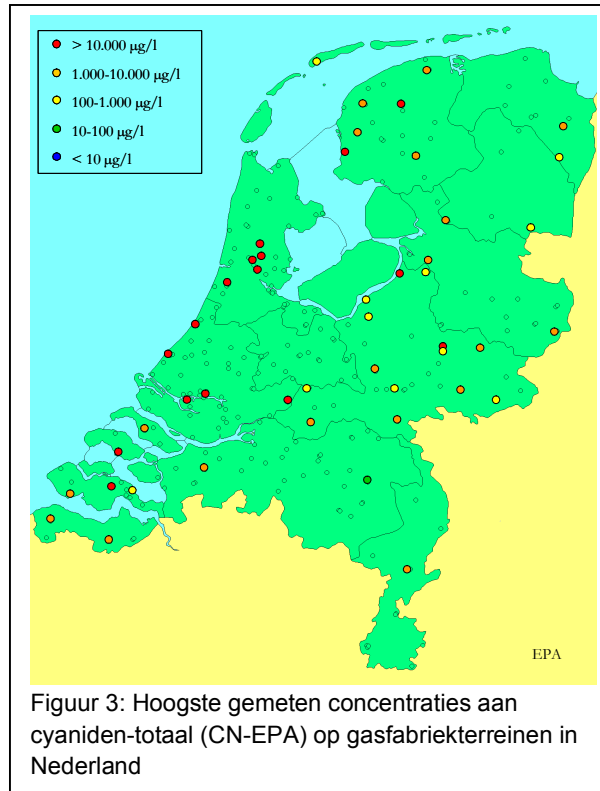


Er bestaat een correlatie tussen provincies waar thiocynaat meer is onderzocht en provincies waar thiocynaat in hoge mate is aangetroffen. Vermoedelijk is het ontbreken van een beeld van thiocynaat in provincies waar thiocynaat tot dusverre niet belangrijk is gebleken, (beleidsmatig) minder opgevallen of is, indien dit ontbreken wel werd geconstateerd, vaker volstaan met slechts één of enkele indicatieve metingen. Indien deze indicatieve metingen dan, bij gebrek aan kennis over het gedrag en de herkomst van thiocynaat, niet op de juiste plek zijn uitgevoerd, kan gemakkelijk zijn geconcludeerd dat thiocynaat geen rol van betekenis speelt.

Om aan deze onzekerheid enigszins tegemoet te komen is in Figuur 0 ook een overzicht gepresenteerd van hoogste gemeten concentraties aan CN-EPA. De EPA-waarden in Figuur 0 geven een beeld van de gecombineerde aanwezigheid van (echte) cyaniden en thiocynaat. De concentraties aan (echte) cyaniden zijn hoofdzakelijk ijzercyaniden waarvan de hoogste waarden meestal gelimiteerd worden door de oplosbaarheid van neerslagen. De EPA-waarden zijn daardoor mede afhankelijk van milieufactoren zoals pH, redoxpotentiaal, zoutgehalte en calciumconcentratie.

Vanwege deze limitatie komen de zeer hoge EPA-concentraties in Figuur 0 (rode punten) in grote lijnen overeen met plekken waar de concentraties aan thiocyanaat domineren over de concentraties aan (echte) cyaniden. Thiocyanaat is op deze locaties waarschijnlijk maatgevend.

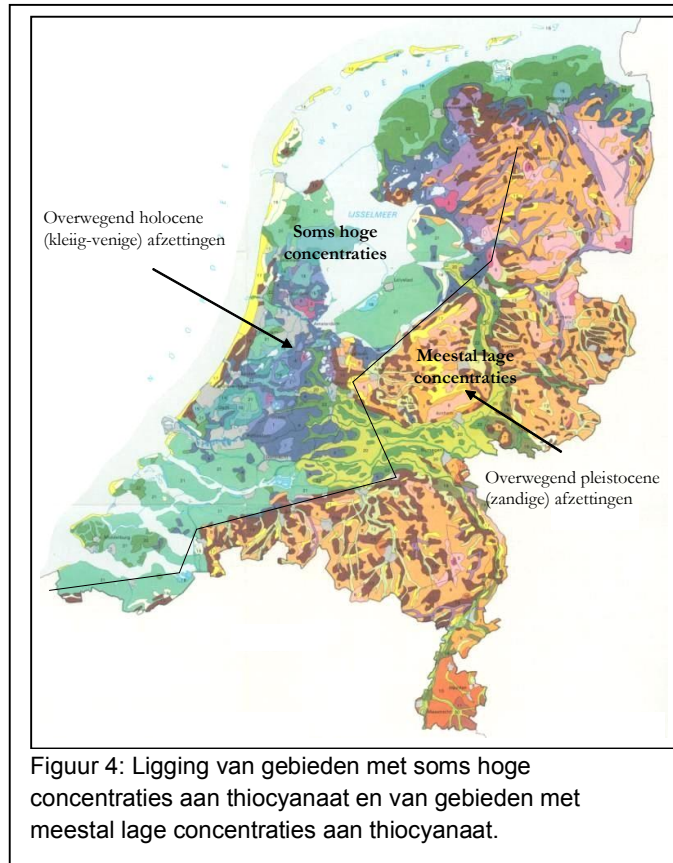
Op de locaties met minder hoge EPA-waarden (oranje punten) liggen de concentraties aan thiocyanaat en (echte) cyaniden vermoedelijk in dezelfde orde grootte en is thiocyanaat waarschijnlijk mede maatgevend. Op de locaties met lage EPA-waarden (gele, groene en blauwe punten) is (mede) maatgevendheid van thiocyanaat zeer onwaarschijnlijk.



Ook uit Figuur 0 blijkt de regionale differentiatie. Sterker dan in Figuur 0 lijkt deze vooral samen te hangen met bodemkundige verschillen waarbij de hoge concentraties zich vooral voordoen in het holocene deel van Nederland en lage concentraties vooral in het pleistocene deel. De scheiding in een holoceen deel met soms hoge concentraties en een pleistoceen deel met meestal lage concentraties is weergegeven in Figuur 0. De ligging van deze scheiding in het noorden van het land is onduidelijk. Het betreft dan met name de situatie in veenontginningsgebieden en in gebieden waar holocene en pleistocene afzettingen minder scherp begrensd zijn.

Het verschil tussen het holocene en het pleistocene deel van Nederland uit zich in het gemiddelde van de hoogste gemeten concentratie per gasfabriekterrein. Deze bedraagt in het holocene deel ruim 26.000 µg/l tegen ruim 1.000 µg/l in het pleistocene deel.

Daarnaast lijkt een tweede tendens zichtbaar. Van de dertien locaties in het holocene deel waar thiocyanaat zowel in het ondiepe als in het diepere grondwater (soms in het watervoerende pakket) is gemeten, komen op tien gasfabriekterreinen de hoogste concentraties voor in het diepere water. Dat is op 77% van de locaties. Op drie locaties, dat is 23%, zijn de concentraties aan thiocyanaat in het ondiepe grondwater hoger. Bovendien is in het holocene deel van Nederland het gemiddelde van de hoogste gemeten concentratie per gasfabriekterrein in het diepe grondwater veel hoger dan in het ondiepe grondwater. Deze gemiddelden bedragen ruim 33.000 µg/l voor het diepere grondwater en ruim 7.500 µg/l voor het ondiepe grondwater.



In het pleistocene deel van Nederland zijn dergelijke verschillen niet waarneembaar. Van de zeven locaties waar thiocynaat zowel in het ondiepe als in het diepere grondwater is gemeten, komen de hoogste concentraties op vier gasfabriekterreinen voor in het diepere grondwater en op drie terreinen in het ondiepe grondwater, dus beide circa 50%. Ook de gemiddelden van de hoogste concentratie per gasfabriekterrein laten hier geen verschillen zien tussen het diepere en het ondiepe grondwater. In het diepere grondwater bedraagt dit gemiddelde circa 590 $\mu\text{g/l}$ en in het ondiepe grondwater circa 730 $\mu\text{g/l}$.

3 Hypothesen

De beschikbare informatie over het voorkomen en het gedrag van thiocynaat was bij aanvang van het project erg fragmentarisch. Het enige duidelijke feit was de constatering dat de thiocynaatproblematiek zich vooral in het westelijke deel van Nederland voordeed. Het achterhalen van de oorzaak van deze regionale differentiatie is daarom als beginpunt genomen om het vóórkomen en het gedrag van thiocynaat beter te begrijpen. Er zijn daarbij zes hypothesen geformuleerd:

- 1 De hogere concentraties houden verband met een andere wijze van gaswaterverwerking op de (gemiddeld) grotere en (gemiddeld) dichter bij centrale afnemers gelegen gasfabrieken 'in het Westen van het land'.
- 2 De hogere concentraties houden verband met het grotere verbruik van zwavelrijke Engelse kolen die 'in het Westen van het land' gemakkelijk per schip konden worden aangevoerd dan van zwavelarme Duitse kolen die 'in het Oosten van het land' gemakkelijk over het spoor konden worden aangevoerd.
- 3 Thiocynaat kan worden gevormd onder reductieve redoxomstandigheden en komt daarom in de vaak gereduceerde bodems 'in het Westen van het land' in hogere concentraties voor dan in de minder gereduceerde bodems 'in het Oosten van het land'.
- 4 Thiocynaat wordt in gebieden met meer oxidatieve redoxomstandigheden 'in het Oosten van het land' goed afgebroken en is daar dus minder aanwezig dan in gebieden met meer reductieve redoxomstandigheden 'in het Westen van het land'.
- 5 Thiocynaat bindt sterk aan organische stof en de grotere nalevering daaruit zorgt voor hogere concentraties in organische stofrijke bodems 'in het Westen van het land'.
- 6 Thiocynaat heeft zich in gebieden met sterke (horizontale) grondwaterstroming al tot buiten het aandachtsgebied verplaatst en is daardoor op veel plaatsen niet opgemerkt terwijl het (verderop) wel aanwezig is. Thiocynaat lijkt daardoor in bodems met grote horizontale grondwaterstroming 'in het Oosten van het land' minder aanwezig te zijn dan in bodems met geringe horizontale grondwaterstroming 'in het Westen van het land'.

In Deel B wordt nader ingegaan op waarnemingen uit veld of laboratorium die de aangegeven hypothesen ondersteunen dan wel verwerpen.

Daartoe wordt in Hoofdstuk 4 eerst ingegaan op de wijze waarop thiocynaat wordt gemeten en op de chemisch-analytische relaties die er bestaan met de metingen op ijzercyaniden en vrij cyanide. In Hoofdstuk 5 wordt beschreven wáár en hoe thiocynaat tijdens de gasfabricage is ontstaan en in welke vormen het op gasfabriekterreinen in de bodem terecht kan zijn gekomen.

De beide eerste hypothesen hangen samen met de bedrijfsvoering van de gasfabriek ten tijde van de gasfabricage. Hierop wordt ingegaan in Hoofdstuk 6.

De vier laatste hypothesen gaan over het gedrag van thiocynaat in de bodem. Dit betreft vorming in de bodem in de derde, afbraak in de vierde, sorptie in de vijfde en (de afwezigheid van) sorptie in de zesde hypothese. Omdat vorming, afbraak en sorptie zeker in het veld, maar vaak ook in laboratoriumexperimenten naast elkaar optreden, worden de effecten ervan meestal gezamenlijk waargenomen. De mate waarin zij naar één van deze processen kunnen worden toegerekend, is beschreven in Hoofdstuk 9. De daarvoor behulpzame achtergrondinformatie is voor vorming van thiocynaat in de bodem beschreven in Hoofdstuk 7 en voor afbraak in Hoofdstuk 8.

De eindgebruikers en de klankbordgroep hebben aangegeven het belangrijk te vinden dat ook wordt ingegaan op onzekerheden in de normstelling van thiocynaat (Hoofdstuk 10). Aanvullend op de zes hypothesen is in het project daarom ook aandacht besteed aan de toxiciteit van thiocynaat. Dit is beschreven in Hoofdstuk 11.

DEEL B: VERZAMELDE INFORMATIE

4 Analyses thiocynaat en nauwkeurigheid metingen

4.1 Analysemethoden

Er zijn verschillende methoden om thiocynaat te bepalen. De meest gangbare in Nederland is de zogenaamde EPA-verschilmethode (SCN-v). Daarnaast zijn er 'directe' methoden waarbij thiocynaat 'rechtstreeks' door middel van ionchromatografie of colorimetrisch wordt bepaald (SCN-d).

De EPA-verschilmethode berust op de destillatie van vrij cyanide (CN-) in een gebufferde oplossing met pH=4 en de reactie daarvan met achtereenvolgens een oplossing van chlooramine-T en een gebufferde oplossing van pyridine-4-carbonzuur (isonicotinezuur) en barbituurzuur. Afhankelijk van de oorspronkelijk in het monster aanwezige concentratie aan vrij cyanide ontstaat hierbij een (licht)blauwe kleur in de oplossing waarvan de intensiteit fotometrisch wordt bepaald.

De hoeveelheid vrij cyanide dat aan de kleurreactie deelneemt, hangt af van de ontsluiting van het monster. Dit gebeurt door het monster bij pH=3,8 bloot te stellen aan een UV-B-lamp. Indien hierbij UV-licht met een golflengte kleiner dan 290 nm wordt weggefilterd, worden alleen aanwezige ijzercyaniden in vrij cyanide omgezet maar wordt de omzetting van thiocynaat in vrij cyanide voorkomen. De concentratie aan thiocynaat kan zodoende worden bepaald door de analyse tweemaal uit te voeren waarbij de ontsluiting eenmaal zónder het wegfilteren van UV-licht met een golflengte kleiner dan 290 nm plaatsvindt en eenmaal mét wegfilteren. De eerste methode staat bekend als de EPA335.3-methode, de tweede als de NEN6655-methode. Uit het verschil tussen beide bepalingen kan de concentratie aan thiocynaat worden berekend.

Bij de 'directe' bepaling vindt evenals bij de NEN6655-methode een ontsluiting plaats door het monster bij pH=3,8 bloot te stellen aan een UV-B-lamp waarbij de golflengten kleiner dan 290 nm worden weggefilterd. De vrije cyaniden die oorspronkelijk in het monster aanwezige waren of tijdens de ontsluiting door dissociatie van ijzercyaniden zijn ontstaan, worden in de meetoplossing gebonden met formaldehyde waardoor deze niet in de verdere reacties meedoen. Thiocynaat wordt door toevoeging van chlooramine-T omgezet in cyanogeenchloride waarna het met isonicotinezuur en barbituurzuur opnieuw het lichtblauwe complex vormt waarvan de concentratie fotometrisch kan worden vastgesteld.

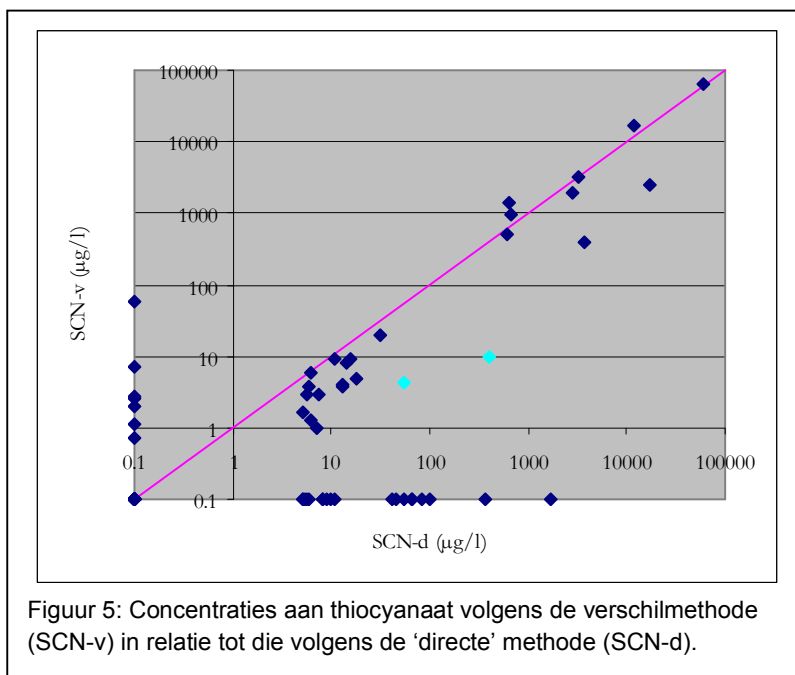
Ook de 'directe' methode berust dus feitelijk op (de aanname) dat thiocynaat bij blootstelling aan UV-licht met golflengten kleiner dan 290 nm niet ontleedt, terwijl ijzercyaniden dat wel doen. Bij de verschilmethode worden de beide 'ontlede' fracties geanalyseerd. Bij de 'directe' methode wordt de 'niet-ontlede' fractie geanalyseerd. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de verschilmethode onnauwkeurig is indien de concentraties aan ijzercyaniden (en vrije cyaniden) hoog zijn en die aan thiocynaat klein. Het verschil tussen de EPA- en de NEN-methode is dan immers al snel in dezelfde ordegróote of kleiner dan de foutenmarges van beide methoden. Indien de concentraties aan thiocynaat hoog zijn of de concentraties aan ijzercyaniden (en vrije cyaniden) óók laag zijn, is de verschilmethode in theorie niet minder nauwkeurig of zijn de verschillen tussen beide methoden feitelijk niet-relevant.

4.2 Vergelijking van verschilmethode en directe methode

Door Deltares zijn in het kader van het project Binckhorstlaan (voormalige gasfabriek Trekvliet te Den Haag) 76 grondwatermonsters volgens beide methoden geanalyseerd. De analyseresultaten zijn opgenomen in Bijlage B en gepresenteerd in Figuur 0. In Tabel 3 zijn de aantallen grondwatermonsters vermeld waarvan de concentraties volgens één of beide methoden onder en boven de detectiegrens lagen.

Tabel 3: Aantallen beschouwde grondwatermonsters onder en boven de detectiegrens (d) volgens de directe (SCN-d) en de verschilmethode (SCN-v).

| | | SCN-v | | | Totaal |
|-------|--------|---------|-------------|----|--------|
| | | <d | | >d | |
| | | EPA < d | EPA-NEN < 0 | | |
| SCN-d | < d | 17 | 13 | 7 | 37 |
| | > d | 6 | 8 | 25 | 39 |
| | Totaal | 23 | 21 | 32 | 76 |



In Figuur 0 is tevens de lijn weergegeven waarop de punten zouden liggen indien de resultaten volgens beide methoden exact gelijk zijn. Uit de ligging van de punten ten opzichte van deze lijn volgt dat van de 32 monsters waarvoor de concentraties volgens beide methoden groter zijn dan de detectiegrens, de concentratie volgens de verschilmethode in 25 gevallen lager is dan de concentratie volgens de directe methode. In vier gevallen levert de verschilmethode een hogere concentratie. De verschillen tussen beide methoden zijn daarmee, voor monsters met beide concentraties boven de detectiegrens, significant bij een betrouwbaarheid van meer dan 99% (tekentests).

SCN-v én SCN-d beide boven de detectiegrens

Voor de monsters waarin is SCN-v gróter is dan SCN-d, bedraagt het verschil in geen van de gevallen meer dan een factor $\sqrt{10}$ (=3,16). Voor de monsters waarin SCN-v kleiner is dan SCN-d bedraagt het verschil in elf gevallen minder dan een factor $\sqrt{10}$, in acht gevallen tussen een factor $\sqrt{10}$ en een factor 10 kleiner en in twee gevallen meer dan een factor 10 kleiner dan SCN-d.

Voor het merendeel van de monsters waarbij dus SCN-v en SCN-d beide groter zijn dan de detectiegrens geldt dus dat SCN-v in het bereik ligt van $0,1 * SCN-d$ tot $\sqrt{10} * SCN-d$.

SCN-v kleiner dan de detectiegrens

SCN-v kan om twee redenen kleiner dan detectiegrens zijn:

- 1 omdat CN-EPA < d (van 5,0 µg/l)
- 2 omdat CN-EPA – CN-NEN < 0 µg/l

De eerste situatie komt voor in 23 gevallen (zie ook Tabel 3). Van deze gevallen is CN-NEN in dertien gevallen óók kleiner dan de detectiegrens (van 1,0 µg/l). Voor deze gevallen geldt dan dat ook SCN-v < d (van 5,0 µg/l). Van de overige tien gevallen zijn alle gemeten waarden aan CN-NEN lager dan de detectiegrens voor CN-EPA van 5,0 µg/l. Ook voor deze gevallen geldt dus dat SCN-v < d (van 5,0

µg/l). Voor de beschouwde grondwatermonsters geldt daarom dat indien CN-EPA kleiner is dan de detectiegrens ook SCN-v kleiner is dan de detectiegrens en dat deze laatste gelijk is aan 5,0 µg/l.

Van de eerste serie van 23 gevallen waarin SCN-v kleiner is dan de detectiegrens, geldt dit in zeventien gevallen óók voor SCN-d. De analyseresultaten stemmen hiermee dus overeen. In vijf van de zes overige gevallen is de gemeten waarde aan SCN-d < 8,9 µg/l. Voor deze monsters ligt het verschil tussen beide bepalingsmethoden dus ruim binnen de marge (< factor 10) zoals die is vastgesteld voor de monsters waarbij SCN-v en SCN-d beide groter zijn dan de detectiegrens. Voor één geval is de beoordeling duidelijk verschillend. Hier geldt SCN-v < d terwijl SCN-d = 1.700 µg/l.

De tweede situatie komt voor in 21 gevallen (zie ook Tabel 3). Van deze gevallen is SCN-d in acht gevallen kleiner dan de detectiegrens en worden de monsters dus identiek beoordeeld. In zeven van de dertien overige gevallen is de gemeten waarde aan SCN-d < 50 µg/l en ligt het verschil tussen beide bepalingsmethoden dus binnen de marge (< factor 10) zoals die is vastgesteld voor de monsters waarbij SCN-v en SCN-d beide groter zijn dan de detectiegrens (van 5,0 µg/l). In zes van de dertien overige gevallen ligt de gemeten waarde aan SCN-d tussen 50 en 360 µg/l en is het verschil tussen beide bepalingsmethoden groter dan de marge (> factor 10) zoals die is vastgesteld voor de monsters waarbij SCN-v en SCN-d beide groter zijn dan de detectiegrens van 5,0 µg/l).

Tenslotte is SCN-d in zeven gevallen kleiner dan de detectiegrens terwijl SCN-v dat niet is. Voor zes van deze monsters is de gemeten waarde aan SCN-v < 6,9 en ligt het verschil tussen beide bepalingsmethoden dus binnen de marge (< factor $\sqrt{10}$) zoals die is vastgesteld voor de monsters waarbij SCN-v en SCN-d beide groter zijn dan de detectiegrens (van 5,0 µg/l). Voor één geval is de beoordeling duidelijk verschillend. Hier geldt SCN-v = 60 µg/l terwijl SCN-d < d.

4.3 Conclusies

Voor tien van de 76 monsters wordt door beide bepalingsmethoden een beoordeling gegeven die afwijkt van de vastgestelde algemene relatie tussen beide methoden. In alle overige gevallen is de beoordeling in grote lijnen dezelfde maar liggen de concentraties voor SCN-v in het algemeen lager dan de concentraties aan SCN-d. Dit verschil kan tot een factor 10 oplopen. Sporadisch kan SCN-v ook groter zijn dan SCN-d. Dit verschil kan tot een factor $\sqrt{10}$ (= 3,16) oplopen.

Concentraties aan thiocynaat in grondwater variëren van 5 tot 500.000 µg/l. Dat zijn dus vijf orden van grootte. De nauwkeurigheid van de analysemethode beslaat doorgaans een halve (factor $\sqrt{10}$) tot één orde van grootte (factor 10). Voor het beoordelen van de situatie met betrekking tot thiocynaat in Nederland als geheel, zoals in dit rapport, is de onnauwkeurigheid in de analysemethode daarom niet van wezenlijke invloed. Conclusies over waar veel thiocynaat voorkomt en waar weinig, worden er niet door beïnvloed.

Op lokale schaal kan de onnauwkeurigheid in de analyse wel belangrijk zijn. Dit geldt in het bijzonder bij het vaststellen van interventiewaardecontouren. Indien thiocynaat is bepaald via de EPA-verschilmethode geldt immers dat op de plek waar een interventiewaarde van 1.500 µg/l wordt aangegeven, de concentratie volgens de directe methode ($1.500/\sqrt{10} =$) 500 µg/l zou kunnen zijn maar ook ($1.500*10 =$) 15.000 µg/l. Evenzo kan, indien de concentratie via de directe methode is bepaald, de concentratie via de EPA-verschilmethode slechts ($1.500/10 =$) 150 µg/l zijn maar ook ($1.500*\sqrt{10} =$) 4.500 µg/l.

In beleidsmatige zin is vooral de onzekerheid aan de onderzijde van het interventiewaarde relevant. Deze ligt bij metingen via de EPA-verschilmethode tussen 500 en 1.500 µg/l en bij metingen via de directe methode tussen 150 en 1.500 µg/l. Vanwege het kleinere relevante onzekerheidstraject zijn metingen via de EPA-verschilmethode veiliger.

5 Bronnen thiocynaat op gasfabriekterreinen

5.1 Aard van de bronmaterialen

De oorspronkelijke bronnen van thiocynaat op gasfabriekterreinen zijn afgewerkte ijzeraarde, gaswater en slib van de ammoniumwinning (sulfaatfabrieken).

Afgewerkte ijzeraarde

De thiocynaatgehalten van afgewerkte ijzeraarde konden oplopen tot 14% (als NH_4SCN) indien het gas nog ammoniak bevatte tijdens de zuivering in de zuiverkisten (Strache, 1913). Dit komt overeen met gehalten tot circa 48.000 mg CN/kg. In het algemeen was het thiocynaatgehalte echter lager dan 4% (Brückner, 1939). Köhler (1914) noemt waarden van 0,09 – 0,27%. Dit komt overeen met gehalten tussen 300 en 900 mg CN/kg afgewerkte ijzeraarde.

Analyse van grondmonsters op thiocynaat heeft nog sporadischer plaatsgevonden dan de analyse van grondwatermonsters. Er zijn dan ook maar een beperkt aantal gegevens voorhanden inzake (huidige) gehalten aan thiocynaat in afgewerkte ijzeraarde zoals die nu nog op voormalige gasfabriekterreinen wordt aangetroffen. De beschikbare gegevens zijn vermeld in Tabel 4.

Tabel 4: Gemeten gehalten aan cyaniden en thiocynaat in monsters van afgewerkte (blauwe) ijzeraarde en in een secundair gevormd blauwgroene neerslag (Axel).

| Locatie | Droge stof (% w/w) | Gloeiverlies* (% w/w) | Kalk (% w/w) | pH-H ₂ O** (-) | CN-NEN (mg/kg) | Thiocynaat (mg/kg) |
|------------------|--------------------|-----------------------|--------------|---------------------------|----------------|--------------------|
| Oostburg | 64,8 | 50,6 | 0,0 | 2,6 | 29.160 | 1.810 |
| Oude Pekela | 69,2 | 69,2 | 0,0 | 2,6 | 39.550 | 3.170 |
| Rotterdam Pernis | | | | | 52.000 | 2.460 |
| Wormer | 60,1 | 40,3 | 0,0 | 5,9 | 5.370 | 100 |
| Zaandam | 81,0 | 13,7 | 0,5 | 7,3 | 5.780 | 366 |
| Zierikzee | 66,3 | 5,5 | 0,4 | 7,2 | 3.070 | 8,0 |
| Axel | 80,3 | 1,3 | 0,5 | 7,9 | 533 | 13 |

* Gloeiverlies: percentage ten opzichte van het droge stof gehalte dat verdwijnt uit het bodemonmonster bij verhitting tot 600 °C, bijvoorbeeld als gevolg van verdwijnen/verbranden van ijzerverbindingen en organisch stof.

** pH-H₂O: zuurgraad van de bodemmatrix, gemeten in een waterige oplossing.

De gehalten in Tabel 4 sluiten goed aan bij de genoemde waarden in de 'oude' literatuur. Zij zijn in een aantal gevallen hoger dan de 'algemene' waarden van Köhler maar in alle gevallen lager dan 4% zoals ook Brückner noemt. Het hoogste gemeten huidige gehalte komt overeen met een thiocynaatgehalte van bijna 1% (als NH_4SCN).

De hoge waarden voor het gloeiverlies hebben geen betrekking op een hoog 'organische stofgehalte' van de afgewerkte ijzeraarde maar worden veroorzaakt door de ontleding van zwavelverbindingen en ijzercyanideneerslagen (Berlijns blauw) tijdens de verhitting. De aanwezigheid of afwezigheid van kalk houdt verband met het al dan niet gelijktijdige gebruik van kalk met ijzeraarde in de zuiverkisten. Het gebruik van kalk heeft een pH-bufferende werking gehad waardoor de pH neutraal is gebleven en er relatief weinig ijzercyaniden in oplossing zijn gegaan. De ijzeraardemonsters met lage pH hebben dan ook meer van hun ijzercyaniden (CN-NEN) behouden in vergelijking tot de ijzeraardemonsters met een neutrale pH.

Gaswater

Het ruwe kolengas bevatte 3 - 4 g HCN/m³. Deze hoeveelheid kwam niet volledig in de ijzeraarde terecht maar deels ook in het gaswater. Köhler (1914) noemt waarden van 50 - 70% in ijzeraarde; Bertelsmann and Schuster (1931) geven waarden van 15 - 20% in gaswater. Een overzicht van de samenstelling van gaswater is gegeven in Tabel 5.

Uit Tabel 5 blijkt dat de thiocynaatconcentraties in het gaswater konden variëren van 0,6 tot 6,9 g/l. Met de huidige wijze van rapporteren komt dat overeen met concentraties van 20.000 tot 240.000 µg CN/l.

Tabel 5: *Samenstelling gaswater in g/l.*

| | Dyson | Linder** | Lindner* | Brender à Brandis | Mezger* | Hollings | Linder** after 1,5 year | Gemiddeld |
|--|-------|----------|----------|-------------------|---------|----------|-------------------------|-----------|
| | 1887 | 1905 | 1912 | 1916 | 1927 | 1953 | 1905 | |
| S (totaal) | 3,92 | | | | | | | 3,92 |
| NH ₃ | 20,45 | 27,52 | | 21,00 | 17,00 | 4,20 | 29,80 | 20,00 |
| (NH ₄) ₂ CO ₃ | 39,16 | 40,82 | | 21,50 | | | 33,95 | 33,86 |
| NH ₄ Cl | 14,23 | | | | | 12,06 | | 13,14 |
| NH ₄ SH | 3,03 | 9,92 | | 3,65 | | | 3,08 | 4,92 |
| (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O | 2,80 | 0,57 | | 1,00 | | 0,43 | 3,19 | 1,60 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,19 | 0,08 | | 0,90 | | | 0,56 | 0,43 |
| NH ₄ SCN | 1,80 | 2,62 | 1,22 | | 0,60 | 1,97 | 6,92 | 2,52 |
| (NH ₄) ₄ Fe(CN) ₆ | 0,41 | | 0,12 | | 0,02 | | | 0,18 |
| NH ₄ CN | | 1,27 | 0,68 | | 0,02 | | 0,00 | 0,49 |
| fenol | | | | | | 1,20 | | 1,20 |
| cresolen | | | | | | 2,60 | | 2,60 |
| catechol | | | | | | 1,00 | | 1,00 |
| resorcinol | | | | | | 1,20 | | 1,20 |
| carboxylzuren | | | | | | 0,70 | | 0,70 |

* zie Brückner (1939)

** zie Bertelmann and Schuster (1931)

Ammoniakverwerking

Op de grotere gasfabrieken werd gaswater, vaak samen met het ammoniakwater van de ammoniawasser, soms verwerkt tot ammoniumsulfaat (zwavelzure ammoniak). In dit proces werd een kalkhoudend slib geproduceerd dat CaCO₃, CaS en Ca(SCN)₂ bevatte (Bertelmann and Schuster, 1931). De thiocynaatgehalten van het slib zijn niet bekend maar elk van de twintig kalkmonsters van de gasfabriek aan de Oudeweg in Haarlem bevatte verhoogde gehalten aan cyanide-totaal tussen 96 en 640 mg CN/kg.

5.2 Hoeveelheid van de bronmaterialen

Kentallen voor de ijzeraarde- en gaswaterproductie voor kolengasfabrieken in Nederland bedragen circa 350 m³ gas, circa 120 l gaswater en circa 15 kg afgewerkte ijzeraarde per ton verbruikte steenkool. Bij een concentratie aan cyanide in het ruwe gas van 0,5 tot 1,0 g/m³, een gehalte aan Berlijns blauw tot 4% en een concentratie aan cyanide in het gaswater van circa 0,1 g/l, geldt dan dat circa 90 tot 95% van de cyanide in de afgewerkte ijzeraarde en circa 5 tot 10% in het gaswater terecht kwam. Gaswater lijkt daarmee in eerste instantie als bron van cyanide ondergeschikt aan afgewerkte ijzeraarde.

Behalve van de totale hoeveelheden aan afgewerkte ijzeraarde en gaswater die zijn geproduceerd, hangt de mate waarin deze beide materialen voor bodemverontreiniging hebben gezorgd, echter vooral ook af van de hoeveelheid die op het gasfabriekterrein, of in de directe omgeving daarvan, zijn gestort en geloosd. Indien afgewerkte ijzeraarde veel is verkocht maar gaswater vooral is geloosd, kan gaswater toch een relatief belangrijke bron zijn geweest of zelfs dominant over afgewerkte ijzeraarde.

Met name voor kleine gasfabrieken wogen de transportkosten van gaswater vaak niet op tegen de verkoopwaarde van het gaswater en is de kans groot dat gaswater is geloosd. Voor een zeer kleine gasfabriek, met een totale gasproductie gedurende de gehele bedrijfsperiode van circa 10 miljoen m³, kan de totaal geproduceerde hoeveelheid gaswater worden berekend op circa 3.400 m³ waarin naar schatting circa 300 kg cyaniden aanwezig zijn geweest. Ook bij zeer kleine gasfabrieken is de totaal geproduceerde hoeveelheid gaswater daarmee in ieder geval groot genoeg geweest om een

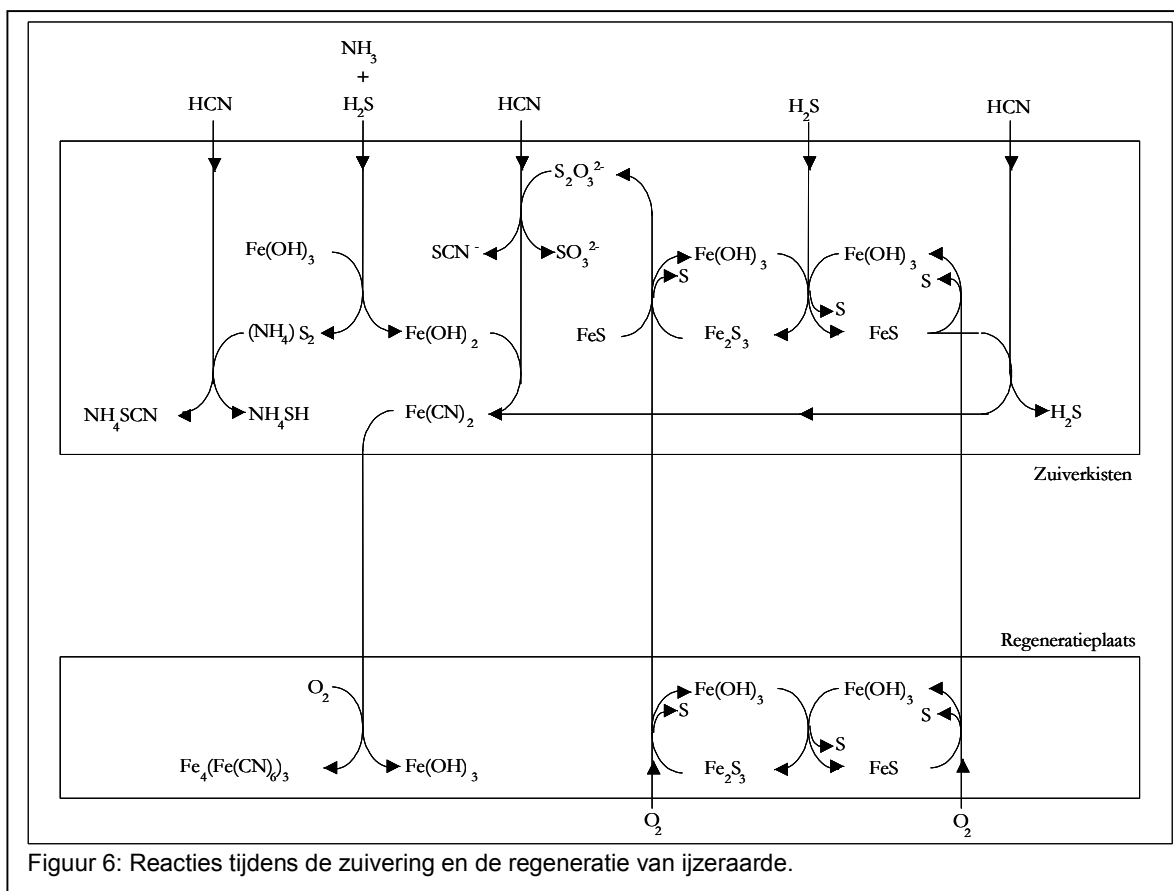
aanzienlijke grondwaterverontreiniging te kunnen hebben veroorzaakt. Met gaswater als bron dient daarom zeker rekening te worden gehouden.

5.3 Vorming tijdens de regeneratie van ijzeraarde

De vorming van thiocynaat op gasfabriekterreinen is bekend van de regeneratie van ijzeraarde. IJzeraarde werd gebruikt om het ruwe gas te zuiveren van zwavelwaterstof (H_2S) en blauwzuurgas (HCN). De werkzame bestanddelen van de ijzeraarde bestonden uit ijzerhydroxiden ($Fe(OH)_3$) die tijdens de gaszuivering werden gereduceerd en dan met sulfiden die afkomstig waren van de zwavelwaterstof uit het ruwe gas neersloegen als ijzersulfiden (FeS en Fe_2S_3). Blauwzuurgas werd in dit sterk gereduceerde milieu in eerste instantie omgezet in ferrocyanide ($Fe(CN)_2$). Zodra de werkzaamheid van de ijzeraarde begon af te nemen vanwege de afname van de hoeveelheid ijzerhydroxide, moest de ijzeraarde worden vervangen óf worden geregenereerd. Deze regeneratie kon zowel ex situ als in situ gebeuren.

Bij de ex situ regeneratie werd de ijzeraarde uit de zuiverkisten gehaald en uitgespreid op de regeneratieplaats. Daar werd deze bevochtigd en belucht waarbij de gevormde ijzersulfiden onder afgifte van zwavel oxideerden tot opnieuw bruikbare ijzerhydroxiden. De eerder gevormde ferrocyaniden werden tijdens dit proces omgezet in Berlijns blauw ($Fe_4(Fe(CN)_6)_3$). Regeneratie kon steeds opnieuw worden uitgevoerd totdat de ijzeraarde 40-50% zwavel bevatte. Het Berlijns blauwgehalte kon dan zijn opgelopen tot 15%.

Regeneratie kon ook in situ gebeuren. Dit was in de latere periode op de meeste gasfabrieken het geval omdat daarmee het arbeidintensieve en onaangename uitscheppen van de zuiverkisten kon worden beperkt. De regeneratie gebeurde dan door tijdens de gaszuivering vanuit tegengestelde richting lucht aan de zuiverkisten toe te voeren.

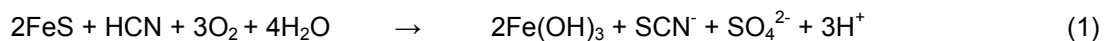


Figuur 6: Reacties tijdens de zuivering en de regeneratie van ijzeraarde.

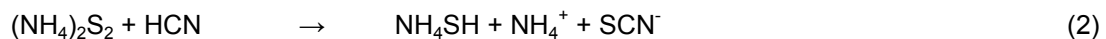
Gaszuivering en regeneratie vonden dan dus min of meer gelijktijdig plaats. Van deze in situ regeneratie is bekend dat daarbij minder Berlijns blauw en meer thiocyanaten (NH_4SCN) werden gevormd. Genoemd worden Berlijns blauwgehalten tot 8%. De indruk is dat in de latere periode zelden meer dan een Berlijns blauwgehalte van 4% werd bereikt. Dit kan echter verschillende oorzaken hebben en behoeft niet te betekenen dat het verschil (met 15%) als thiocyanaten aanwezig is geweest.

De reacties die tijdens de gaszuivering en de regeneratie in de ijzeraarde optraden, zijn schematisch weergegeven in Figuur 0. De onderste balk geeft daarbij de reacties tijdens de regeneratie ex situ. In de bovenste balk zijn zowel de reacties tijdens de gaszuivering als tijdens de regeneratie in situ weergegeven.

De meest relevante vormingsreactie van thiocynaat tijdens de in situ regeneratie van ijzeraarde kan worden voorgesteld als:



Deze reactie is in Figuur 6 weergegeven in het midden van de bovenste balk. Een tweede reactie staat aan de linkerzijde van de bovenste balk. Het gaat daar om een reactie zoals die tijdens de gaszuivering, ook zónder in situ regeneratie, plaatsvindt:



Reactie (2) kan alleen optreden indien de aanwezige zwavelverbinding niet volledig gereduceerd is. Bij afwezigheid van een andere elektronenacceptor (zoals zuurstof tijdens de regeneratie) moet zwavel immers nog in staat zijn om een elektron op te nemen om daarmee de vorming van thiocynaat, waarin zwavel een nulwaardige valentie heeft, mogelijk te maken. De reactie kan dus niet optreden met bijvoorbeeld $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ of FeS .

De in de praktijk van de gasfabriek gerapporteerde, veel grotere vorming van thiocynaat volgens reactie (1) in vergelijking tot reactie (2) duidt erop dat vorming van thiocynaat bij aanwezigheid van uitsluitend zwavelverbindingen veel kleiner is dan indien naast de zwavelverbindingen ook een krachtiger elektronenacceptor aanwezig is als zuurstof of nitraat. Dit speelt mogelijk een onderscheidende rol ten aanzien van vorming van thiocynaat in de bodem. Hierop wordt nader ingegaan in Hoofdstuk 7.

5.4 Beschouwing

Op basis van de verschillende aard van de bronnen van thiocynaat op gasfabriekterreinen zouden ook verschillende typen (grondwater)verontreiniging met thiocynaat kunnen zijn ontstaan. Het belangrijkste verschil betreft de oorspronkelijke aanwezigheid van thiocynaat in een vaste fase zoals ijzeraarde en kalk enerzijds, en in uitsluitend een opgeloste fase zoals in gaswater anderzijds.

Bij lozing van gaswater is thiocynaat direct gaan 'lopen' en is vervolgens verplaatst zonder nalevering uit de bron. Na stopzetting van de lozingen is echter ook geen 'nieuwe' thiocynaat meer vrijgekomen. Indien weinig of geen sortie van thiocynaat is opgetreden, kan de huidige pluim bij voortgaande infiltratie van regenwater zijn 'losgekomen' van het oorspronkelijke brongebied (de plek van de lozing). Indien thiocynaat daarbij tot voorbij de grenzen van het gasfabriekterrein is verplaatst, is de kans groot dat het tijdens onderzoek niet als relevante component is onderkend. Bijvoorbeeld omdat het helemaal niet, of in een laat stadium van uitkarteren is aangetroffen (hypothese 6).

Bij aanwezigheid van thiocynaat in vast bronmateriaal, zoals afgewerkte ijzeraarde of kalkslib, treedt wel nalevering op nadat het feitelijke storten is opgehouden. Grondwaterverontreiniging met thiocynaat dat uit vaste materialen afkomstig is, is daardoor niet, of in mindere mate losgekomen van het oorspronkelijke brongebied en is daardoor ook vaker in onderzoek aangetroffen.

Afgewerkte ijzeraarde en gaswater zijn op alle gasfabrieken geproduceerd. Alleen op de enkele oliegasfabrieken is hiervan geen relevante verontreiniging met cyaniden inclusief thiocynaat te

verwachten. Kalkslib is alleen geproduceerd op fabrieken waar ammoniakwaterverwerking heeft plaatsgevonden.

Omdat ijzeraarde en gaswater op alle gasfabrieken zijn geproduceerd, verklaart het verschil in de vorm waarin thiocynaat in beide materialen aanwezig was, niet waarom het verontreinigingsbeeld bij gasfabrieken in holocene gebieden anders is dan in pleistocene gebieden. De oorzaak ligt dus niet in de aard van de bron maar mogelijk wel in de aard van de bodem waarin de verontreiniging terecht is gekomen. In pleistocene gebieden is de grondwaterstroming meestal veel groter waardoor de al opgeloste thiocynaat in gaswater, en de goed oplosbare thiocynaat in ijzeraarde en kalk, veel verder is verplaatst dan in holocene gebieden met geringe stroomsnelheden en met vaak ook betere mogelijkheden voor sorptie in deze holocene pakketten.

6 Bedrijfsvoering van gasfabrieken

6.1 Gegevens

Van de 33 voormalige gasfabriekterreinen uit de inventarisatie waarvoor concentraties thiocynaat bekend zijn, is in Tabel 6 een aantal bedrijfskarakteristieken gegeven aan de hand waarvan de hypothesen met betrekking tot de bedrijfsvoering kunnen worden getoetst. De locaties in Tabel 6 zijn daarbij vermeld in volgorde van afnemende hoogste gemeten concentratie.

Tabel 6: Gegevens omtrent bedrijfskarakteristieken van de geïnventariseerde gasfabriekterreinen.

| Gasfabriek | Hoogste SCN-conc. (µg/l) | Gas-productie (milj. m ³) | Productie-duur (jaar) | Gaswater-verwerking | Aandeel Engelse kolen (%) | | | |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|--------|--------|--------|
| | | | | | 1911 | 1919 | 1928 | 1946 |
| De Rijp | 199.000 | 14 | 92 | verkoop | 100 | onb. | onb. | onb. |
| Den Haag Trekvliet ¹ | 100.000 | 2.870 | 56 | sulf.fabriek | 17 | 54 | 33 | 0 |
| Leerdam | 91.000 | 75 | 60 | verkoop | 43 | 0 | 75 | 46 |
| Wormer | 37.500 | 3 | 18 | (lozing) | n.i.b. | 37 | n.i.b. | n.i.b. |
| Haarlem Oudeweg | 22.400 | 1.205 | 60 | sulf.fabriek | 51 | 16 | 29 | 0 |
| Zaandam | 21.400 | 332 | 92 | sulf.fabriek | 100 | 5 | 52 | 0 |
| Wormerveer* | 19.400 | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| Goes | 15.500 | 101 | 94 | verkoop | 100 | 11 | 0 | 0 |
| Leeuwarden Ho. ² | 13.230 | 385 | 114 | verkoop | 50 | 9 | 58 | 0 |
| Workum | 11.000 | 20 | 88 | verkoop | 100 | 0 | 100 | 0 |
| Vlissingen W. ³ | 6.500 | 88 | 74 | verkoop | onb. | onb. | onb. | n.i.b. |
| Zwolle | 4.900 | 370 | 121 | sulf.fabriek | 100 | 49 | 6 | 0 |
| Oudenbosch | 3.880 | 17 | 91 | verkoop | 100 | 0 | 100 | 0 |
| Oude Pekela | 2.700 | 20 | 47 | lozing | onb. | onb. | onb. | 0 |
| Rotterdam O.zeedijk ⁴ | 2.300 | onb. | 74 | sulf.fabriek | 0 | 24 | n.i.b. | n.i.b. |
| Pernis | 2.200 | 17 | 37 | (sulf.fabriek) | n.i.b. | 25 | 49 | 0 |
| Bolsward | 1.130 | 49 | 92 | sulf.fabriek | 33 | 9 | 65 | 0 |
| Roermond* | 500 | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| Ede | 480 | 99 | 54 | verkoop | 80 | 0 | 22 | 0 |
| Yerseke | 370 | 14 | 44 | lozing | n.i.b. | onb. | onb. | 0 |
| Heerenveen | 340 | 54 | 96 | verkoop | 92 | onb. | 61 | 0 |
| Zierikzee | 190 | 49 | 96 | sulf.fabriek | 96 | 5 | 12 | 0 |
| Coevorden | 140 | 17 | 86 | lozing | n.i.b. | onb. | onb. | 0 |
| Zutphen B. ⁵ | 100 | 137 | 50 | sulf.fabriek | 0 | 9 | 79 | 0 |
| Waalwijk | 39 | 48 | 105 | verkoop | 54 | onb. | 100 | 0 |
| West-Terschelling | 35 | 13 | 51 | lozing | 82 | onb. | onb. | onb. |
| Meppel | 26 | 85 | 93 | sulf.fabriek | 100 | 19 | 16 | 0 |
| Enschede L. ⁶ | 20 | 401 | 60 | sulf.fabriek | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hertogenbosch V. ⁷ | 13 | 83 | onb. | verkoop | 0 | 0 | onb. | onb. |
| Tholen | 5,7 | 17 | 102 | lozing | n.i.b. | 62 | 100 | 0 |
| Lochem | 4,0 | 42 | 90 | verkoop | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Axel | <5 | 22 | 44 | lozing | n.i.b. | onb. | onb. | 0 |
| Nijmegen St. ⁸ | <5 | 511 | 83 | verkoop | 100 | 10 | 48 | 0 |
| Oostburg | <5 | 11 | 45 | (lozing) | n.i.b. | 0 | onb. | onb. |
| Zaltbommel | <3 | 28 | 104 | verkoop | 61 | 0 | 37 | 0 |

*: kleurstoffenfabriek met ijzeraardeverwerking

n.i.b.: niet in bedrijf

n.v.t.: niet van toepassing

onb.: onbekend

1 Trekvliet = locatie Binckhorstlaan

2 Hoeksterend

3 Wijnbergsekade

4 Oostzeedijk = locatie Kralingen

5 Bolwerkskade

6 Lippinkshofweg = locatie Zuiderval

7 Vugtheruitgang

8 Stieltjesstraat

De gasproductiecijfers hebben betrekking op de totale kolengasproductie. Voor de terreinen waar ook (gecarbureerd) watergas of oliegas is geproduceerd, zijn deze hoeveelheden niet meegenomen. Bij

de productie van watergas en oliegas werden namelijk geen noemenswaardige hoeveelheden cyaniden geproduceerd. De totale gasproductie is berekend op basis van de gegevens uit jaarverslagen en exploitatierekeningen. Deze zijn niet voor elke gasfabriek in gelijke mate aanwezig en vaak niet volledig. In dergelijke gevallen is de gasproductie in tussenliggende jaren via interpolatie geschat.

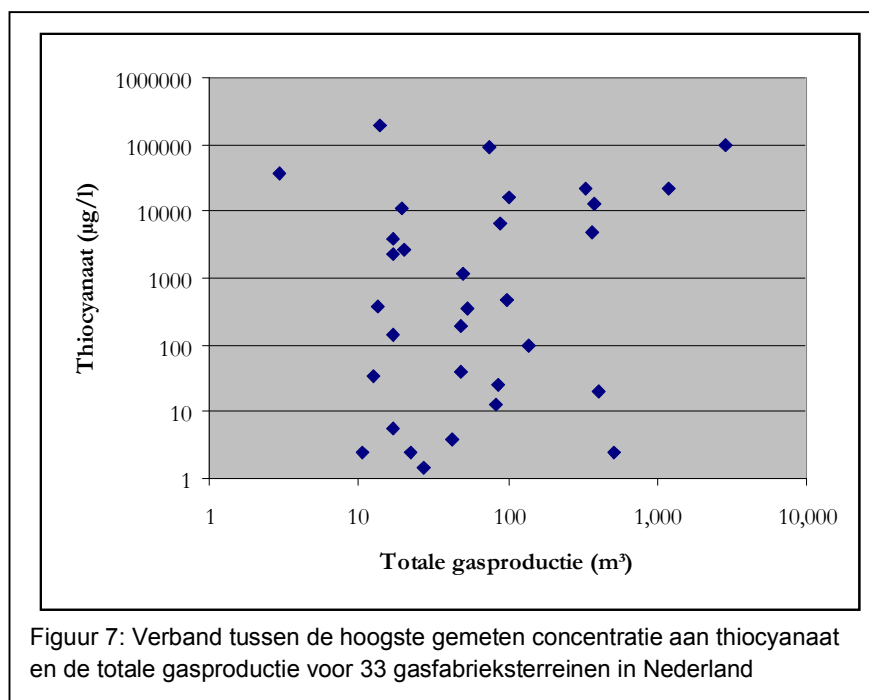
De productieduur is berekend als het verschil tussen opheffings- en stichtingsjaar. Voor de meeste gasfabrieken zijn deze bekend, voor enkele niet. Voor de gasfabrieken in Tabel 6 betreft dit alleen de gasfabriek aan de Vugtheruitgang te 's Hertogenbosch.

Met betrekking tot gaswater als potentiële bron van thiocynaatverontreiniging zijn de gasfabrieken op basis van vermoedelijke wijze van gaswaterverwerking ingedeeld in drie categorieën. De categorieën worden gevormd door gasfabrieken die hun gaswater voornamelijk loosden, gasfabrieken die hun gaswater verkochten aan sulfaatfabrieken en gasfabrieken die zelf hun gaswater tot zwavelzure ammoniak (ammoniumsulfaat) verwerkten. De indeling is niet scherp. Gasfabrieken kunnen tijdelijk gaswater hebben geloosd, tijdelijk hebben verkocht en tijdelijk zelf hebben verwerkt.

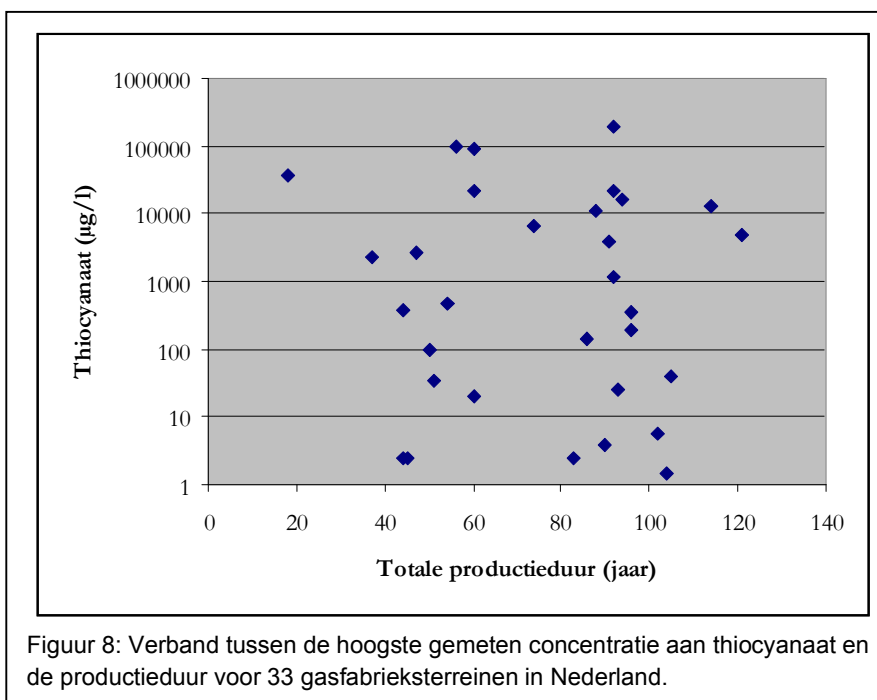
Tenslotte is voor een aantal jaren het aandeel Engelse kolen gegeven als indicatie voor het gebruik van zwavelrijke kolen. Het overige deel van de kolen kwam, zeker in het begin, vooral uit Duitsland. Later, vanaf de twintiger jaren van de vorige eeuw, werden steeds vaker ook kolen uit Nederland, België en de Verenigde Staten gebruikt. Deze hadden alle een lager zwavelgehalte en zouden om die reden mogelijk minder thiocynaat kunnen hebben gegeven.

6.2 Gasproductie en productieduur

In Figuur 0 zijn de hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat van de gasfabrieksterreinen uit de inventarisatie uitgezet tegen de totale gasproductie. Uit de figuur blijkt dat er tussen deze beide grootheden geen correlatie bestaat.



In Figuur 0 zijn de hoogste concentraties aan thiocynaat die op de gasfabrieksterreinen uit de inventarisatie zijn gemeten, uitgezet tegen de totale productieduur. Uit de figuur blijkt dat er evenmin een correlatie bestaat tussen de hoogste gemeten concentratie aan thiocynaat en de duur van de productie.



Er is dus geen reden te veronderstellen dat de grootte van de gasproductie of de duur daarvan van invloed is geweest op de verontreiniging met thiocynaat.

6.3 Gaswaterverwerking

De gegevens met betrekking tot de gaswaterverwerking uit Tabel 6 zijn samengevat in Tabel 7. Uit de laatste tabel blijkt dat de hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat niet structureel vaker voorkomen op gasfabrieksterreinen die hun gaswater loosden, verkochten of verwerkten.

Tabel 7: Verdeling van hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat over drie categorieën van gaswaterverwerking voor 33 gasfabrieken in Nederland.

| Hoogste gemeten SCN-concentratie (µg/l) | Gaswaterverwerking (aantal locaties) | | |
|---|--------------------------------------|---------|----------------------|
| | Lozing | Verkoop | Eigen sulfaatfabriek |
| < 10 | 2 | 3 | 2 |
| 10-100 | 2 | 2 | 2 |
| 100-1.000 | 2 | 2 | 3 |
| 1.000-10.000 | 1 | 2 | 3 |
| 10.000-100.000 | 1 | 4 | 1 |
| > 100.000 | 0 | 1 | 0 |
| Totaal | 8 | 14 | 11 |

6.4 Herkomst kolen

De gegevens voor de getoonde jaren laten zien dat het aandeel Engelse kolen ook voor eenzelfde gasfabriek van jaar tot jaar zeer sterk varieerde zonder dat daarin een duidelijk patroon te herkennen is. De gasfabrieken betrokken hun kolen blijkbaar van een breed scala aan leveranciers. Eventuele effecten van meer en minder zwavelrijke kolen zullen daardoor zijn uitgemiddeld en kunnen geen verklaring zijn voor het huidige verschil in het patroon van verontreiniging tussen de gasfabrieken.

6.5 Conclusies

Hoewel de bedrijfsvoering ongetwijfeld van invloed zal zijn geweest op de mate en de aard van de verontreiniging op de afzonderlijke gasfabriekterreinen, heeft dit niet geleid tot structurele verschillen in verontreinigingssituatie tussen verschillende categorieën gasfabrieken zoals die zouden kunnen worden onderscheiden naar productiegrootte, productieduur, gaswaterverwerking of het gebruik van meer of minder zwavelrijke kolen. Verschillen in bedrijfsvoering kunnen dus niet als oorzaak worden aangewezen voor de geconstateerde verschillen in thiocynaatverontreiniging tussen gasfabriekterreinen in Nederland. De beide eerste hypothesen zijn hiermee verworpen.

7 Vorming van thiocynaat in de bodem

7.1 Inleiding

Vorming van thiocynaat, zoals die tijdens de zuivering met ijzeraarde en de daaropvolgende regeneratie heeft plaatsgevonden, zou mogelijk ook in de bodem kunnen optreden. Deze mogelijkheid is daarom nader beschouwd naar analogie met de vormingsreacties zoals die in paragraaf 5.3 zijn gegeven.

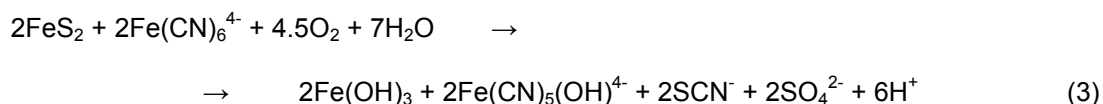
De situatie in de bodem verschilt van die in de ijzeraarde ten tijde van de regeneratie doordat ijzersulfiden in de bodem eerder in de vorm van pyriet (FeS_2) dan in de vorm van ijzermonosulfide (FeS) voorkomen, en doordat cyaniden in de bodem eerder aanwezig zijn in de vorm van ijzercyaniden ($\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$) dan in de vorm van blauwzuurgas (HCN).

De aanwezigheid van zwavel in de vorm van pyriet in plaats van ijzermonosulfide zou de vorming van thiocynaat moeten bespoedigen. In tegenstelling tot ijzermonosulfide is pyriet immers een niet-volledig gereduceerde zwavelverbinding zodat thiocynaat ook zonder aanwezigheid van zuurstof of nitraat zou moeten kunnen worden gevormd.

Vermoedelijk is daarom de aanwezigheid van cyanide in de vorm van ijzercyaniden in plaats van blauwzuurgas beperkend voor de vorming van thiocynaat in de bodem. Blauwzuur, of het daarvan afgeleide cyanide-ion, moet immers eerst vrijkomen door dissociatie van ijzercyaniden. Dit is een traag proces dat echter wordt bespoedigd onder omstandigheden van lage pH en lage redoxpotentiaal.

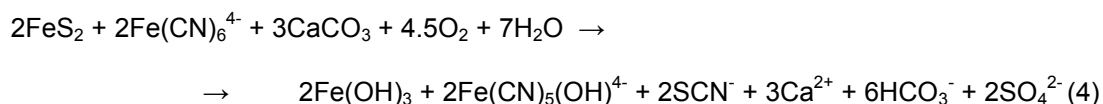
7.2 Mogelijke vorming van thiocynaat tijdens pyrietoxidatie

Een overeenkomstige vormingsreactie van thiocynaat als welke voor de in situ regeneratie van ijzeraarde is beschreven, kan worden voorgesteld als:

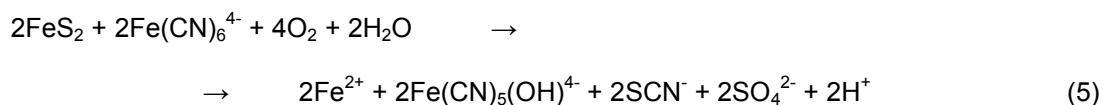


De reactie geeft aan dat thiocynaat kan worden gevormd bij oxidatie van pyriet in aanwezigheid van ijzercyaniden. Behalve thiocynaat worden dan ook ijzerhydroxide, sulfaat en zuur gevormd. De zuurproductie behoeft zich niet te uiten in een pH-verlaging indien de bodem voldoende is gebufferd door kalk.

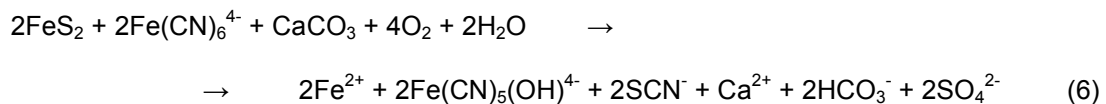
In dat geval treedt een toename van de concentraties aan calcium (en/of magnesium) en bicarbonaat op:



Zolang de bodem gereduceerd is, kan de pyrietoxidatie ook zonder de vorming van ijzerhydroxide verlopen. IJzer blijft dan in oplossing:



Evenzo geldt bij aanwezigheid van voldoende kalk:



Uit de reacties (3) t/m (6) volgt dat de vorming van thiocynaat gepaard kan gaan met en zonder zuurproductie en met en zonder toename van de concentraties aan ijzer, calcium en bicarbonaat. Aan de verbruikzijde van de reacties kan in plaats van zuurstof ook nitraat worden gebruikt. Dit kan zich uiten in een verlaging van de nitraatconcentratie.

Voor alle reacties geldt, dat de mate waarin de veranderingen in het grondwater meetbaar zijn, afhangt van de hoeveelheden van de reactanten die aanvankelijk aanwezig zijn, hun eventuele aan- en afvoersnelheid, en het moment van de meting in relatie tot de vordering van het proces. Er wordt dus sulfaat gevormd maar aan het begin van het proces hoeft de gevormde concentratie (nog) niet hoog te zijn. Er wordt zuurstof verbruikt maar indien de aanvoersnelheid van aerob grondwater groot is, hoeft de zuurstofconcentratie (nog) niet laag te zijn.

Tenslotte is ook de redoxpotentiaal een moeilijk te interpreteren grootheid. Op macroschaal zal een gereduceerd pyrietsysteem een hogere redoxpotentiaal krijgen vanwege de toetreding van zuurstof of nitraat. De meetwaarde van de redoxpotentiaal weerspiegelt echter op zijn best de elektronenactiviteit in grondwater waarin op dat moment reacties van verschillende redoxkoppels plaatsvinden en geeft daarmee slechts een momentopname van een verlopend proces.

Pyrietoxidatie creëert slechts de omstandigheden waarbij vorming van thiocynaat zou kunnen optreden. Het draagt zorg voor de aanwezigheid van niet-volledig gereduceerde zwavelverbindingen als thiosulfaat ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) e.d. Naast deze verbindingen moeten ook vrije cyaniden aanwezig zijn. In de (verontreinigde) bodem moeten deze geleverd worden door de dissociatie van ijzercyaniden. Pyrietoxidatie speelt mogelijk ook hierin een rol doordat het een pH-verlaging kan bewerkstelligen die op zijn beurt de dissociatie van ijzercyaniden kan versnellen.

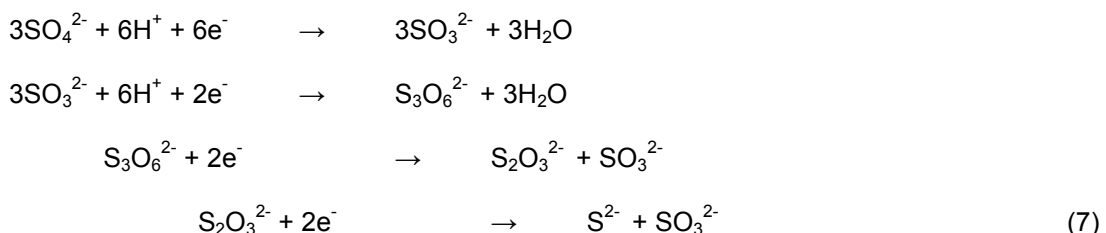
Conclusies

Het optreden van pyrietoxidatie onder omstandigheden waarin ook (ijzer)cyaniden in de bodem aanwezig zijn, creëert omstandigheden die grote overeenkomsten vertonen met die tijdens de in situ regeneratie van ijzeraarde ten tijde van de gasfabricage en waarvan bekend is dat daarbij grote hoeveelheden thiocynaat werden gevormd.

7.3 Mogelijke vorming van thiocynaat tijdens sulfaatreductie

Behalve bij pyrietoxidatie komen ook onder 'gewone' sulfaatreducerende omstandigheden niet-volledig gereduceerde zwavelverbindingen voor. De toestroom van (ijzer)cyaniden in sulfaatreducerende pakketten zou dus ook daar omstandigheden kunnen creëren die gunstig zijn voor de vorming van thiocynaat.

(Dissimilatorische) sulfaatreductie gebeurt in tegenstelling tot de assimilatorische sulfaatreductie door vier verschillende enzym(system)en:



Dit betekent dat de intermediären als afzonderlijke tussenproducten vrijkomen en dat zij dus ook beschikbaar zijn voor alternatieve reacties, waaronder de vorming van thiocynaat na dissociatie van

ijzercyaniden. Een dergelijke reactie kan microbiologisch plaatsvinden onder invloed van het enzym thiosulfaat-cyanide-zwaveltransferase (Ahmed, 2003; zie ook paragraaf 8.2):



Evenals voor pyrietoxidatie geldt ook voor sulfaatreductie dat het slechts de omstandigheden creëert waaronder vorming van thiocyanaat mogelijk is. Naast de niet-volledig gereduceerde zwavelverbindingen die tijdens de sulfaatreductie worden gevormd, moeten ook cyaniden aanwezig zijn. Evenals bij pyrietoxidatie moeten deze in de bodem vooral geleverd worden door de dissociatie van ijzercyaniden.

In tegenstelling tot pyrietoxidatie verlaagt sulfaatreductie de pH echter niet, maar verhoogt het deze juist. De dissociatie van ijzercyaniden en het vrijkomen van vrij cyanide vertraagt daardoor zodat thiocyanaat onder omstandigheden van sulfaatreductie mogelijk minder wordt gevormd dan onder omstandigheden van pyrietoxidatie. Hiervan bestaan echter geen waarnemingen.

Conclusies

Het optreden van sulfaatreductie onder omstandigheden waarin ook (ijzer)cyaniden in de bodem aanwezig zijn, creëert omstandigheden die overeenkomsten vertonen met die tijdens de in situ regeneratie van ijzeraarde ten tijde van de gasfabricage en waarvan bekend is dat daarbij grote hoeveelheden thiocyanaat werden gevormd. De overeenkomsten zijn echter minder groot dan bij pyrietoxidatie omdat de pH mogelijk te hoog is om grote hoeveelheden blauwzuurgas uit de aanwezige ijzercyaniden vrij te maken.

8 Biologische afbraak

8.1 Afbraakroutes van thiocynaat in de literatuur

In de literatuur (zie Hoofdstuk 19) zijn verschillende organismen beschreven die in staat zijn te groeien op thiocynaat. In Tabel 8 is hiervan een overzicht gegeven. Het betreft de organismen die in staat zijn op thiocynaat te groeien of thiocynaat om te zetten en de processen die daarbij aan de orde zijn.

Hoewel van veel verschillende organismen bekend is dat zij in staat zijn thiocynaat onder aerobe condities af te breken, is nog steeds weinig bekend over organismen die dit anaeroob kunnen. In Nederland bevindt grondwaterverontreiniging met thiocynaat zich in de meeste gevallen in een anaeroob bodem- of grondwaterpakket. Vandaar dat afbraak onder juist anaerobe condities van belang is. In Tabel 8 zijn de anaerobe thiocynaatafbrekers opgenomen.

Tabel 8: Overzicht organismen.

| Naam organisme | Bijzonderheden proces | literatuur |
|---|---|------------|
| <i>Thiokalivibrio thiocyanodenitrificans</i> sp. nov. | Thiocynaat wordt gebruikt als electrondonor (zowel aerob als anaeroob) met NO_3^- of NO_2^- als electronacceptor; CNO^- wordt als intermediair gevormd; eindproducten zijn SO_4^{2-} , NH_4^+ en N_2 ; pH-optimum = 9,9 | 18, 19 |
| Gramnegatieve bodem bacterie (soort onbekend) | Bij toediening van glucose als koolstof- en energiebron wordt thiocynaat gebruikt als stikstofbron. Waarschijnlijk vindt hydrolyse van thiocynaat plaats waarbij CNO^- en S^{2-} worden gevormd. CNO^- wordt verder gehydrolyseerd in NH_4^+ en CO_2 . | 9 |
| Hydrolase uit <i>Thiobacillus thioparus</i> | $\text{SCN}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{COS} + \text{NH}_3 + \text{OH}^-$ Aanwijzingen dat het enzym in vele verschillende soorten aquatische en terrestrische micro-organismen aanwezig is. | 21, 22 |
| <i>Thiobacillus thioparus</i> | In aanwezigheid van thiocynaat wordt NO_3^- omgezet in NO_2^- . | 39 |
| <i>Acremonium strictum</i> | SO_4^{2-} en NH_4^+ worden gevormd uit thiocynaat. Proces sterk afhankelijk van pH; pH-optimum = 6. | 23 |
| <i>Thiobacillus denitrificans</i> | Onder aerobe en anaerobe condities met NO_3^- als electronacceptor. NO_3^- wordt omgezet in N_2 . | 39 |
| <i>Methylobacterium thiocyanatum</i> sp. nov. | Thiocynaat is gebruikt als stikstofbron voor groei. In de afwezigheid van andere zwavelbronnen wordt thiocynaat ook gebruikt als zwavelbron. | 1 |

Uit de literatuur is bekend dat er micro-organismen zijn die thiocynaat kunnen gebruiken als bron voor koolstof, stikstof, zwavel of energie. Wanneer thiocynaat gebruikt wordt als stikstofbron is het vaak wel noodzakelijk een koolstofbron zoals glucose en acetaat toe te dienen, als deze of een andere koolstofbron niet van nature voorhanden is.

In de literatuur worden verschillende afbraakroutes beschreven. Het is niet altijd duidelijk onder welke condities deze afbraakroutes optreden. De verschillende routes zijn weergegeven in de reactievergelijkingen van paragraaf 8.2.

De randvoorwaarden waaronder de processen ook onder anaerobe - vaak nitraatreducerende - condities kunnen plaatsvinden, zijn (nog) niet bekend. Uit verschillende onderzoeken is wel duidelijk dat de pH een kritische factor kan zijn (Kwon et al, 2002). Dit is echter organisme-afhankelijk. Sommige organismen werken optimaal bij circa pH = 10 (Sorokin et al, 2004) en (Sorokin et al, 2001) en anderen bij circa pH = 6 (Kwon et al, 2002).

8.2 Microbiologische achtergrond afbraak en vorming

Afbraak

Bij de afbraak van thiocynaat ontstaat uiteindelijk, zowel in de aerobe als anaerobe route sulfaat, ammonium en kooldioxide. Afbraak van thiocynaat vindt plaats via twee tot nu toe veronderstelde en onderzochte afbraakroutes: de route via cyanaat (CNO) en de route via carbonylsulfide (COS).

De afbraak via cyanaat (CNO) is beschreven door (Ebbs, 2004). De reactie verloopt via het enzym cyanase en kan worden voorgesteld als:



waarna



en



De reactie is in beginsel een aerobe afbraakroute waarvan de eerste stap bij aanwezigheid van nitraat echter ook anaeroob kan plaatsvinden. Er wordt dan cyanaat gevormd dat op zijn beurt verder kan worden afgebroken onder invloed van bicarbonaat. Dit is beschreven door (Sorokin et al, 2001) en Sorokin et al, 2004):



waarna



of rechtstreeks:



In de alternatieve route wordt thiocynaat omgezet in carbonylsulfide, dat verder wordt omgezet in sulfide en kooldioxide. Ook deze reactie is beschreven door (Ebbs, 2004). De reactie verloopt via het enzym thiocynaathydrolase en kan worden voorgesteld als:



Er zijn veel verschillende soorten bacteriën geïdentificeerd die deze afbraakroutes kunnen bewerkstelligen (zie tevens tabel 9). *Thiobacillus thioparus* is een chemolithoautotrofe bacterie die thiocynaat zowel als koolstofbron als als energiebron kan gebruiken. *Pseudomonas fluorescens* en *Acinetobacter junii* gebruiken beiden thiocynaat juist alleen als stikstof- of zwavelbron.

Het hangt blijkbaar af van de omstandigheden in de bodem (rijk aan koolstofverbindingen, of juist rijk aan nutriënten) welke soorten bacteriën zich kunnen ontwikkelen in aanwezigheid van thiocynaat.

Ook betekent dit dat de manier van stimuleren van de biologische afbraak bij deze organismen verschillend is: Als bacteriën thiocynaat als koolstofbron gebruiken is additie van nutriënten mogelijk nodig, terwijl juist bij gebruik van thiocynaat als stikstof- en zwavelbron toevoeging van eenvoudige koolstofbronnen (zoals glucose) een stimulerende werking voor afbraak van thiocynaat zou kunnen hebben.

Meerdere bacteriestammen die thiocynaat kunnen degraderen, zijn geïsoleerd van locaties met hoge pH of hebben hun groeioptimum bij hogere pH-waarden. Onder basische condities (pH = 10) zijn deze bacteriën in staat om thiocynaat af te breken tot cyanaat, waarbij thiocynaat als stikstofbron wordt gebruikt.

In Tabel 88.1 is tevens een bacterie vermeld die het groeioptimum heeft bij pH = 6. De optimale pH waarden van de meeste in de literatuur beschreven geïsoleerde bacteriën komt niet overeen met de pH waarden die merendeels op verontreinigde locaties worden aangetroffen en die meestal pH neutraal of iets daaronder zijn. Door de niches en micro-omgeving in de bodem kunnen op kleine afstandsschaal ook in de bodem omgevingsparameters, zoals pH, verschillen en daarmee

mogelijkheden scheppen voor afbraak, ook als die onder hogere pH-waarden optimaal zou plaatsvinden. Verschillen of verschuivingen in pH kunnen zowel op micro- als macroschaal optreden als gevolg van carbonaatvorming.

Anaerobe afbraak is vooralsnog slechts zeer sporadisch onderzocht. Sorokin et al. (2004) noemt het chemolithoautotrofe organisme *Thi alkalivibrio thiocyanodenitrificans* dat in staat is om onder denitrificerende omstandigheden met thiocynaat als electrondonor en nitraat als electronacceptor te groeien.

Vorming

Microbiologische vorming van thiocynaat is ook bekend. Bij aanwezigheid van het enzym thiosulfaat-cyanide-zwaveltransferase kan thiocynaat in vivo (in de organismen zelf) worden geproduceerd uit vrij cyanide en thiosulfaat (Ahmed, F. et al; 2003):



9 Aanwijzingen voor vorming, afbraak of sorptie

9.1 Veldwaarnemingen thiocynaat in relatie redoxtoestand

Van 22 bodemlagen op vijftien gasfabriekterreinen zijn naast de concentraties aan cyaniden en thiocynaat ook een groot aantal macrochemische parameters bepaald aan de hand waarvan een inschatting kan worden gegeven van de redoxtoestand. Deze gegevens zijn opgenomen in Bijlage C. Daarnaast is de redoxtoestand kwalitatief beschreven van bodemlagen op zeven aanvullende gasfabriekterreinen waar grondwatermonsters eveneens op thiocynaat zijn onderzocht. Een overzicht van de locaties, de beschouwde bodemlagen, de redoxtoestand en de hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat zijn vermeld in Tabel 9.

Tabel 9: Redoxtoestand en hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat in 29 bodemlagen van 22 gasfabriekterreinen in Nederland.

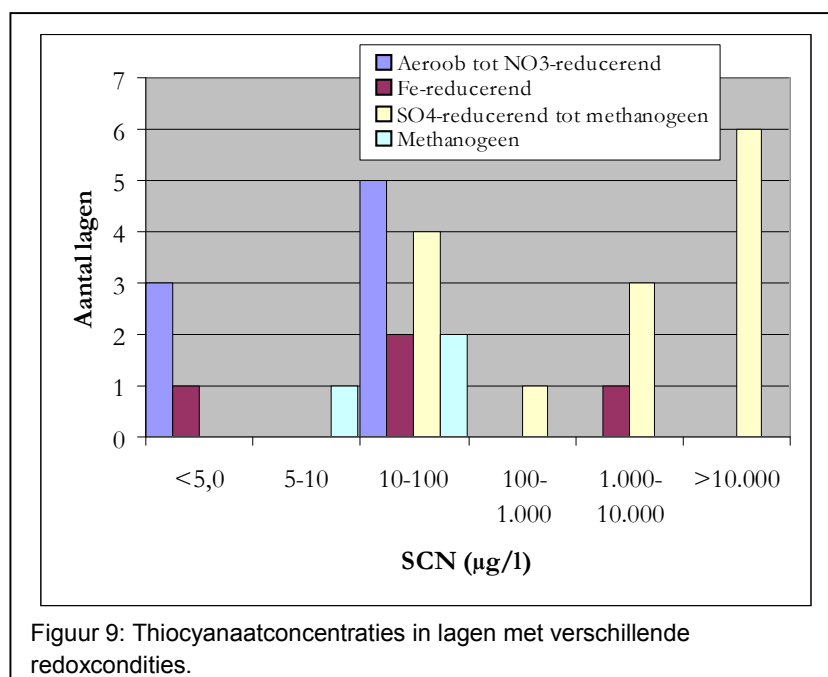
| Locatie | Laag | Redoxtoestand (in de pluim) | Hoogste gemeten concentratie thiocynaat (µg/l) |
|-------------------|--------|---|--|
| Axel | Ondiep | Aerobe tot NO ₃ -reducerend | <5,0 |
| Enschede L. | Ondiep | NO ₃ -reducerend | 12 |
| Enschede L. | Diep | NO ₃ -reducerend | 20 |
| Goes | Diep | SO ₄ -reducerend | 15.540 |
| Heerenveen | Diep | SO ₄ -reducerend tot methanogeen | 340 |
| Meppel | Ondiep | SO ₄ -reducerend tot methanogeen | 21 |
| Meppel | Diep | SO ₄ -reducerend tot methanogeen | 26 |
| Nijmegen | Diep | Aerobe tot NO ₃ -reducerend | <5,0 |
| Oostburg | Ondiep | Aerobe tot NO ₃ -reducerend | <5,0 |
| Oude Pekela | Ondiep | SO ₄ -reducerend | 2.700 |
| Oude Pekela | Diep | Methanogeen | 15 |
| Oudenbosch | Ondiep | SO ₄ -reducerend | 3.880 |
| Tholen | Ondiep | Methanogeen | 5,7 |
| Waalwijk | Ondiep | SO ₄ -reducerend | 39 |
| Waalwijk | Diep | Fe-reducerend | 18 |
| Wormer | Ondiep | SO ₄ -reducerend | 13.020 |
| Wormer | Diep | SO ₄ -reducerend | 37.510 |
| Zaandam | Ondiep | SO ₄ -reducerend | 21.400 |
| Zaandam | Diep | Methanogeen | 11 |
| Zierikzee | Ondiep | Fe-reducerend | 40 |
| Zwolle | Ondiep | Fe-reducerend | <5,0 |
| Zwolle | Diep | Fe-reducerend | 4.890 |
| Den Haag T. | Ondiep | SO ₄ -reducerend tot methanogeen | 10.000 |
| Ede | | NO ₃ - tot Fe-reducerend | 80 |
| Gemert | | NO ₃ -reducerend | 19 |
| 's-Hertogenbosch | | NO ₃ -reducerend | 30 |
| Vlissingen | | SO ₄ -reducerend tot methanogeen | 6.500 |
| West-Terschelling | | SO ₄ -reducerend tot methanogeen | 35 |
| Workum | | SO ₄ -reducerend tot methanogeen | 11.000 |

Voorzover binnen de betreffende gasfabriekterreinen grote verschillen aanwezig waren, zijn de redoxcondities zoveel mogelijk gekwalificeerd op basis van de gegevens in de grondwaterpluim. De hoogste gemeten concentraties hebben betrekking op de hele locatie. De meetwaarden in de grondwatermonsters waarop de kwalificatie van de redoxtoestand betrekking heeft, wijken daar in veel gevallen van af.

De kwalificatie van de redoxtoestand in Tabel 9.1 is in alle gevallen indicatief. Eénduidige criteria voor een indeling zijn niet voorhanden. De indeling is, voorzover de betreffende gegevens voorhanden

zijn, gebaseerd op een gecombineerde beschouwing van redoxpotentiaal, de aanwezigheid van nitraat, ammonium, ijzer-totaal, tweewaardig ijzer, sulfaat, sulfide en methaan en de verhoudingen tussen nitraat en ammonium en die tussen sulfaat en sulfide. De concentraties aan ijzer-totaal en sulfide kunnen daarbij sterk beïnvloed zijn door neerslagvorming.

De gegevens van Tabel 9.9.1 zijn samengevat in Figuur 0. In de figuur is de verdeling aangegeven van de hoogste gemeten concentraties aan thiocynaat over lagen van vier verschillende redoxcategorieën. De hoogste concentraties aan thiocynaat blijken voor te komen onder sulfaatreducerende tot methanogene omstandigheden. In een enkel geval (Zwolle) is de redoxstoestand gekwalificeerd als (sterk) ijzerreducerend. Onder aerobe tot nitraatreducerende omstandigheden aan de ene kant van het redoxpectrum en onder strikt methanogene omstandigheden aan de andere zijde van het redoxpectrum zijn geen (sterk) verhoogde concentraties aan thiocynaat vastgesteld. Dit ondersteunt het beschreven vormingsmechanisme waarbij niet-volledig gereduceerde zwavelverbindingen aanwezig moeten zijn. In een aerob tot nitraatreducerend milieu zijn deze omgezet in de volledig geoxideerde vorm (sulfaat), in een strikt methanogeen milieu in de volledig gereduceerde vorm (sulfide). Beide vormen zijn ongeschikt voor de omzetting in thiocynaat.



De kwalificatie van de redoxstoestand als sulfaatreducerend geeft aan dat in het betreffende bodemmilieu zowel gereduceerde als geoxideerde zwavelverbindingen aanwezig zijn waartussen omzettingen verlopen. Het geeft niet aan in welke richting deze omzettingen verlopen. Er kan dus zowel sprake van echte reductie van sulfaat ($\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}^{2-}$) maar ook van pyrietoxidatie ($2\text{S}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$).

Conclusies

Thiocynaat komt vooral voor onder reducerende omstandigheden waarbij (nog) niet volledig geoxideerde én niet volledig gereduceerde zwavelverbindingen aanwezig zijn. Dit is vaak het geval onder sulfaatreducerende condities waarbij sprake kan zijn van echte sulfaatreductie maar ook van pyrietoxidatie.

De positieve correlatie tussen thiocynaatconcentraties en sulfaatreducerende omstandigheden sluiten aan bij de theorie over vorming van thiocynaat in de bodem. Zij vormen ervan echter geen exclusief bewijs: er kunnen andere oorzaken voor de correlatie zijn.

De hoge concentraties aan thiocynaat in het lage redoxtraject kunnen ook worden verklaard uit een slechter of trager verlopende afbraak. De relatief lage concentraties onder methanogene

omstandigheden zijn dan opvallend maar zouden kunnen samenhangen met onnauwkeurigheden in de redoxypering en met het geringe aantal waarnemingen (drie).

De waarnemingen staan niet in een duidelijke relatie tot sorptie.

9.2 Veldwaarnemingen van thiocynaat in relatie tot ijzercyaniden

Van 29 gasfabriekterreinen en twee kleurstoffenfabrieken zijn in totaal 556 grondwatermonsters op zowel ijzercyaniden als thiocynaat onderzocht. Een overzicht van de aantallen monsters waarin concentraties onder en boven de detectiegrens zijn gemeten, is gegeven in Tabel 10.

Tabel 10: Aantal grondwatermonsters met concentraties aan ijzercyaniden en thiocynaat onder en boven de detectiegrens (van 5,0 µg/l).

| | CN-NEN<5,0 | | CN-NEN>5,0 | |
|-----------------------------|------------|---------|------------|---------|
| | SCN<5,0 | SCN>5,0 | SCN<5,0 | SCN>5,0 |
| Axel | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Bolsward | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Coevorden | 3 | 1 | 2 | 9 |
| De Rijp | 3 | 4 | 23 | 27 |
| Ede | 7 | 0 | 0 | 14 |
| Enschede Lippinkhofweg | 0 | 0 | 19 | 7 |
| Goes | 11 | 6 | 16 | 37 |
| Haarlem Oudeweg | 0 | 0 | 1 | 5 |
| Heerenveen | 1 | 0 | 5 | 4 |
| Leerdam Plein 1902 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Leeuwarden Hoeksterend | 7 | 0 | 20 | 11 |
| Lochem | 6 | 0 | 8 | 0 |
| Meppel | 8 | 0 | 15 | 12 |
| Nijmegen Stieltjesstraat | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Oostburg | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Oude Pekela | 3 | 1 | 6 | 3 |
| Oudenbosch | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Roermond 'Akcross** | 1 | 0 | 7 | 5 |
| Tholen | 10 | 0 | 2 | 1 |
| Viissingen Wijnbergsekade | 3 | 0 | 2 | 4 |
| Waalwijk | 2 | 0 | 1 | 5 |
| West-Terschelling | 1 | 0 | 6 | 3 |
| Workum | 0 | 0 | 5 | 7 |
| Wormer | 8 | 9 | 7 | 14 |
| Wormerveer 'Noord-Holland** | 39 | 6 | 10 | 35 |
| Zaandam | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Zierikzee | 0 | 1 | 1 | 5 |
| Zutphen Bolwerkswerk | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Zwolle | 9 | 0 | 13 | 7 |
| Totaal | 124 | 28 | 177 | 227 |
| Percentage van totaal | 22% | 5% | 32% | 41% |

*: kleurstoffenfabriek

Van de 245 monsters waar thiocynaat boven de detectiegrens is gemeten, komen in 28 monsters geen ijzercyaniden (CN-NEN) voor. Dit betreft 11% van deze monsters. Voor het merendeel van de monsters geldt dus dat thiocynaat alleen aanwezig is op plekken waar ook ijzercyaniden aanwezig zijn. Andersom geldt dit niet. Van de 404 monsters waar ijzercyaniden boven de detectiegrens zijn gemeten, komt in 177 monsters geen thiocynaat voor. Dit betreft 44% van deze monsters. Thiocynaat is dus beduidend minder vaak aanwezig dan ijzercyaniden.

De 28 monsters waar geen ijzercyaniden boven de detectiegrens zijn gemeten maar wel thiocynaat, zijn afkomstig van een beperkt aantal locaties. Het betreft de gasfabriekterreinen in Coevorden (1), De

Rijp (4), Goes (6), Oude Pekela (1), Wormer (9) en Zierikzee (1) en de kleurstoffenfabriek 'Noord-Holland' in Wormerveer (6).

De metingen op deze locaties zijn niet op relatief grotere afstanden van de aannemelijke brongebieden gedaan dan de metingen op locaties waar thiocynaat samen met ijzercyanide voorkomt. Er lijkt dus geen sprake te zijn van een verspreidingseffect doordat thiocynaat alleen op deze locaties sterker zou adsorberen dan ijzercyaniden. De locaties vallen wel op doordat er steeds relatief hoge thiocynaatconcentraties voorkomen. Mogelijk is de aanwezigheid van ijzercyaniden als verschil tussen de EPA- en de NEN-bepaling daardoor chemisch-analytisch gemaskeerd en de waarnemingen daardoor minder betrouwbaar.

Conclusies

De waarnemingen duiden erop dat de aanwezigheid van thiocynaat gerelateerd is aan de aanwezigheid van ijzercyaniden maar dat niet overal waar ijzercyaniden aanwezig zijn, ook thiocynaat aanwezig is.

De (blijkbaar) noodzakelijke aanwezigheid van ijzercyaniden voor de aanwezigheid van thiocynaat sluit aan bij de theorie over vorming van thiocynaat in de bodem. Zij vormt daarvan echter geen exclusief bewijs: er kunnen andere oorzaken voor de correlatie zijn.

De minder frequente aanwezigheid van thiocynaat kan ook worden verklaard doordat thiocynaat (biologisch) afbreekbaar is en ijzercyaniden alleen door een zeer traag verlopend dissociatieproces wordt omgezet.

De waarnemingen staan niet in duidelijke relatie tot sorptie.

9.3 Batchexperimenten

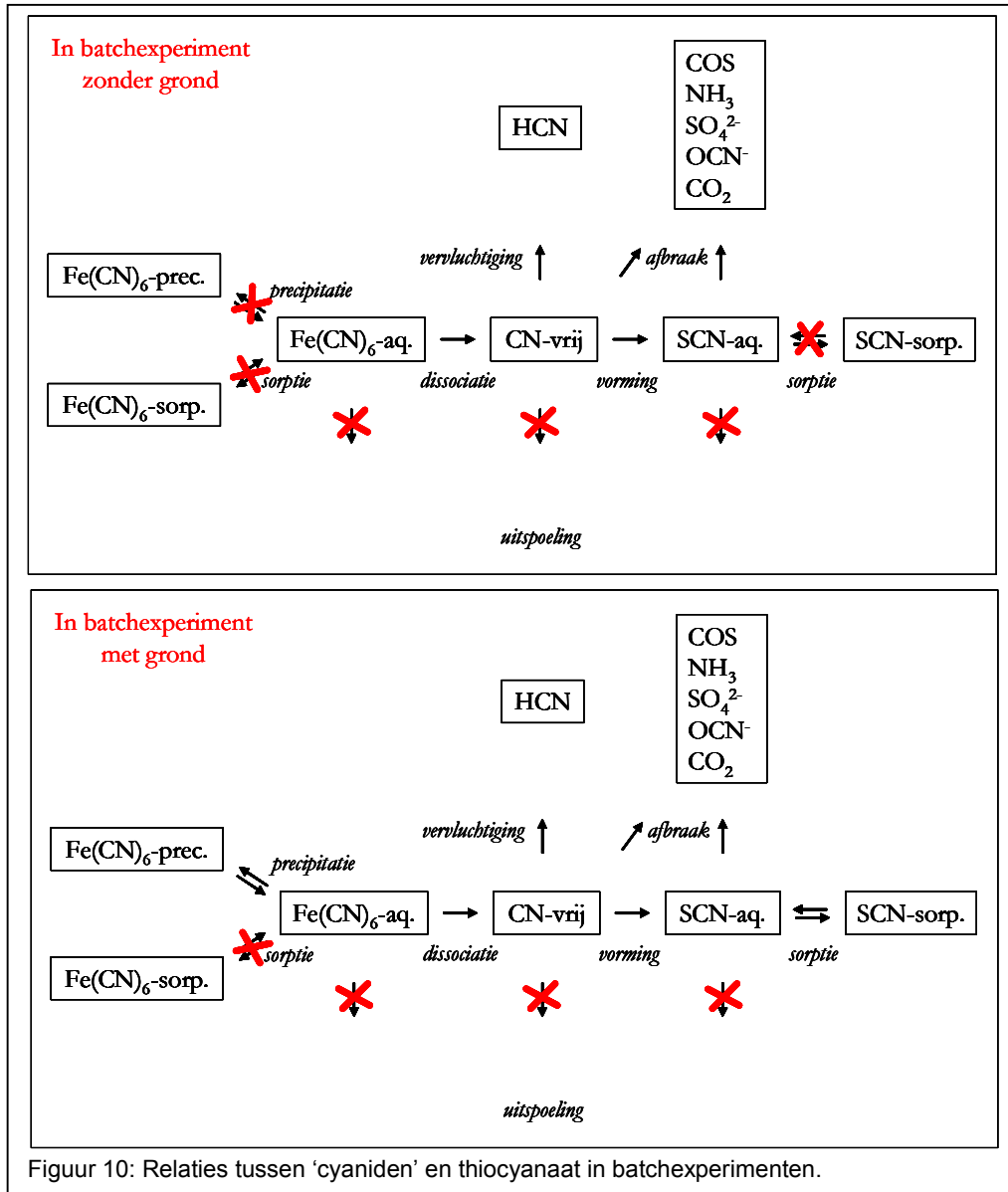
9.3.1 Beschouwde processen

Door Bioclear zijn voor een aantal gasfabriekterreinen in totaal twaalf batchexperimenten uitgevoerd. In deze batchexperimenten is het verloop van de thiocynaatconcentratie gevolgd in de tijd met als doel eventuele biologische afbraak aan te tonen. Behalve met een intrinsieke batch, waarin geen gestuurde wijzigingen in milieucondities zijn aangebracht, zijn alle experimenten steeds óók uitgevoerd met een abiotische controlebatch, waarin eventuele biologische activiteit door sterilisatie is uitgeschakeld. In sommige gevallen is bovendien gekeken in hoeverre de toevoeging van stoffen een eventuele afbraak kon stimuleren.

Behalve thiocynaat zijn in de batchexperimenten ook ijzercyaniden en vrij cyanide gemeten. Omdat deze drie vormen van 'cyanide' in elkaar kunnen overgaan, is hun concentratieverloop in onderlinge samenhang beoordeeld. In Figuur 0 zijn de (beschouwde) onderlinge relaties weergegeven. Zuurgraad en redoxpotentialen of andere indicatoren van de milieucondities zijn niet gemeten en dus niet mede in beschouwing genomen.

Biologische afbraak is niet het enige proces dat in batchexperimenten kan optreden. Indien ook grond aanwezig is in de batches, kan ook (de)sorptie van thiocynaat een rol spelen. Daarnaast kan de concentratie (massa) aan thiocynaat beïnvloed worden door omzettingen naar en vanuit ijzercyaniden en vrije cyaniden. De beoordeling van batchexperimenten vraagt daarom een samenhangende beschouwing van al deze processen.

In twee experimenten bestonden de batches alleen uit grondwater. In de overige batches was ook grond aanwezig. Voor deze laatste groep experimenten moeten dus meer processen in beschouwing worden genomen dan voor de eerste groep.



9.3.2 Uitvoering batchexperimenten

De batchexperimenten zijn uitgevoerd met grond en/of grondwater van de locatie waarbij geen cyaniden of thiocyaanaat zijn toegevoegd (geen spiking). De concentraties aan thiocyaanaat bedroegen daardoor nooit meer dan enkele duizenden microgrammen per liter en waren daarom onvoldoende hoog om bijvoorbeeld een meetbare toename in de concentratie aan afbraakproducten (NH₄⁺, SO₄²⁻ e.d.) of tussenproducten in de afbraak (COS, OCN⁻ e.d.) te kunnen veroorzaken. De beoordeling van het optreden van de verschillende processen heeft daarom steeds uitsluitend plaatsgevonden op basis van het concentratieverloop van thiocyaanaat in samenhang met die van vrije cyaniden en ijzercyaniden.

Een overzicht van de twaalf uitgevoerde batchexperimenten is gegeven in Tabel 11. De tabel geeft aan dat twee experimenten uitsluitend zijn uitgevoerd met grondwater. Daarnaast zijn tien experimenten uitgevoerd waarbij in de batches ook grond aanwezig was. Bij vier van deze batches zijn de analyses alleen in grond uitgevoerd, in één batch in zowel grond als grondwater en in vijf batches alleen in grondwater. De concentratieverlopen voor ijzercyaniden, vrije cyaniden en thiocyaanaat tijdens de batchexperimenten zijn gegeven in Bijlage D.

Tabel 11: *Uitgevoerde batchexperimenten.*

| Locatie | Batch | Analyse | Sterilisatie | Bijzonderheden | Toevoeging |
|-------------------|---------------------|----------------------------|---|--------------------------|----------------------|
| Ede | Grondwater | Waterfase | HgCl ₂ | | |
| Goes | Grondwater | Waterfase | HgCl ₂ | | |
| Heerenveen | Grond en grondwater | Vaste fase | HgCl ₂ | | - |
| Pernis (klei) | Grond en grondwater | Vaste fase | HgCl ₂ | | - |
| Pernis (veen) | Grond en grondwater | Vaste fase | HgCl ₂ | | - |
| Wormer | Grond en grondwater | Vaste fase | HgCl ₂ | | C-bron |
| Den Haag | Grond en grondwater | Vaste fase en waterfase | HgCl ₂ + Na-azide + thermisch | | - |
| Oude Pekela | Grond en grondwater | Waterfase | HgCl ₂ | Geen S ²⁻ | C-bron Nutriënten |
| Workum | Grond en grondwater | Waterfase | HgCl ₂ | Geen S ²⁻ | C-bron Sulfaat |
| Oostburg | Grond en grondwater | Waterfase | HgCl ₂ | S ²⁻ aanwezig | - |
| Vlissingen | Grond en grondwater | Waterfase | HgCl ₂ | S ²⁻ aanwezig | Nitraat |
| West-Terschelling | Grond en grondwater | Waterfase | HgCl ₂ | S ²⁻ aanwezig | Nitraat |

In 1999 is door Bioclear het SKB-project 'Gasfabrieksterreinen' uitgevoerd waarbij de batchexperimenten voor de locaties Oude Pekela, Workum, Oostburg, Vlissingen en West-Terschelling zijn verricht. De uitvoering van deze experimenten is dan ook op vergelijkbare wijze gedaan. De analyses op thiocynaat zijn daarbij uitgevoerd volgens de directe methode.

Watermonsters waarin geen sulfide aanwezig was, zijn daarbij met loog geconserveerd. Dit betrof de monsters van de experimenten voor Oude Pekela en Workum. De monsters waar wel sulfide aanwezig was, zijn niet geconserveerd. Dit betrof dus de monsters van de experimenten voor Oostburg, Vlissingen en West-Terschelling. Omdat de aanwezigheid van sulfide mogelijk een rol speelt bij de eventuele vorming van thiocynaat uit vrije cyaniden, is bij de beoordeling van het concentratieverloop aan cyaniden en thiocynaat gelet op eventuele verschillen tussen Oude Pekela en Workum enerzijds, en Oostburg, Vlissingen en West-Terschelling anderzijds.

De experimenten voor de locaties Heerenveen en Wormer zijn eerder en eveneens op vergelijkbare wijze uitgevoerd. Zij verschillen van de 'SKB-serie' doordat de metingen in de vaste fase van de batches zijn uitgevoerd en niet in de waterfase. Ede, Goes, Pernis en Den Haag zijn later uitgevoerd. De experimenten voor Ede en Goes verschillen van de 'SKB-serie' doordat de batches alleen uit grondwater bestonden. Den Haag verschilt hiervan doordat de sterilisatie niet alleen met kwikchloride (chemische sterilisatie) is uitgevoerd maar tevens met natriumazide en door verhitting (thermisch). Van deze batches zijn bovendien zowel grondmonsters als watermonsters onderzocht.

9.3.3 Resultaten batchexperimenten

De resultaten van de batchexperimenten en een gedetailleerde beoordeling is opgenomen in Bijlage D. Een overzicht van de belangrijkste processen zoals die ten aanzien van thiocynaat in de experimenten waarneembaar lijken te zijn, is gegeven in Tabel 12.

Tabel 12: *Overzicht van de beoordeling van batchexperimenten (zie tevens Bijlage D).*

| Locatie | Redoxsysteem | Begin- gehalte SCN | Indicaties | | | |
|-----------------------|---|--------------------------|---------------------|------------------|---------|--|
| | | | Abiot. omzetting | Biol. afbraak | Vorming | Opmerking |
| Ede Goes | NO ₃ /N ₂ SO ₄ /S | 340 µg/l 4.500 µg/l | + | - | - | Onverklaarde massatoename Veel CN-v in abiotische batch |
| Heerenveen | SO ₄ /S - CH ₄ /CO ₂ | 2,8 mg/kg | - | + | - | |
| Pernis (klei) | Sterk gereduceerd | 8,6 mg/kg | - | 0 | 0 | Netto afbraak gevolgd door netto vorming |
| Pernis (veen) | Sterk gereduceerd | 61 mg/kg | - | 0 | + | Netto vorming gevolgd door netto afbraak |
| Wormer | SO ₄ /S - CH ₄ /CO ₂ | 12 mg/kg | - | + | - | Afbraak bij toedienen C-bron |
| Den Haag | Onbekend | 1.400 µg/l | - | + | 0 | |
| Oude Pekela | SO ₄ /S - CH ₄ /CO ₂ | 9,5 µg/l | - | - | - | Veel CN-v in abiotische batch |
| Workum | SO ₄ /S - CH ₄ /CO ₂ | 4.900 µg/l | - | 0 | - | Instabiele abiotische batch |
| Oostburg | Licht gereduceerd | 5,2 µg/l | - | - | - | |
| Vlissingen | SO ₄ /S - CH ₄ /CO ₂ | 1.400 µg/l | + | - | - | Veel CN-v in abiotische batch |
| West- Terschelling | SO ₄ /S - CH ₄ /CO ₂ | 61 µg/l | + | - | - | |

+: proces lijkt op te treden redox: NO₃/N₂ = nitraatreducerend
 0: proces treedt mogelijk op SO₄/S = sulfaatreducerend
 -: proces niet waargenomen CH₄/CO₂ = methanogeen
 blanco: geen uitspraak mogelijk

Uit Tabel 12 volgt dat behalve voor de locaties in Ede en Oostburg de redoxomstandigheden steeds sterk gereduceerd zijn. In Ede en Oostburg is sprake van licht gereduceerde redoxomstandigheden. Voor de locatie in Den Haag zijn de redoxomstandigheden niet gedocumenteerd.

In de batches van twee locaties (Oude Pekela en Oostburg) zijn geen veranderingen waargenomen waardoor de concentraties aan thiocynaat tijdens de experimenten substantieel zijn beïnvloed. De oorzaak hiervan ligt in de geringe aanwezigheid van thiocynaat. De concentraties in de waterfase zijn in ieder geval vanaf het begin van het experiment al laag en het ontbreken van indicaties voor biologische afbraak of vorming hoeft daarom niet te betekenen dat de beschouwde processen niet zouden kunnen optreden bij hogere concentraties.

Evenmin kan zo een oordeel worden gevormd over het optreden van de beschouwde processen op de locatie in Ede. In dit experiment is namelijk een onverklaarde massatoename in de batches vastgesteld waardoor elke verdere beschouwing bij voorbaat ondeugdelijk is.

Biologische afbraak

Van de resterende negen experimenten zijn in drie batches duidelijke aanwijzingen voor biologische afbraak aanwezig. Dit betreft de locaties Heerenveen, Wormer en Den Haag. Voor de locaties Heerenveen en Den Haag vertoont de intrinsieke batch (batch zonder toevoegingen of gestuurde verandering van milieucondities) een duidelijke afname terwijl de concentraties in de abiotische batch constant blijven. Voor Wormer geldt de afname niet voor de intrinsieke batch maar alleen voor de batch waaraan een extra koolstofbron is toegediend.

Op drie locaties is eveneens sprake van een duidelijke afname in thiocynaatconcentratie maar treedt eenzelfde afname ook op in de abiotische batch. Dit betreft de locaties Goes, Vlissingen en West-Terschelling. De afname in zowel de abiotische als de intrinsieke batches duidt op een abiotische omzetting van thiocynaat of op een ander verwijderingsproces voor thiocynaat dat wel in de abiotische en niet in de intrinsieke en/of gestimuleerde batches optreedt. Dit proces zou dan geïnduceerd moeten zijn door de toediening van kwikchloride aan de batches, bijvoorbeeld door een toename van de sorptie. Zowel abiotische omzettingen als toename van sorptie ten gevolge van de

aanwezigheid van kwikchloride zijn onbekend en derhalve niet aannemelijk. Als enig overgebleven optie blijft dan over dat de sterilisatie is mislukt en ook in de 'abiotische' batch dus biologische afbraak heeft kunnen plaatsvinden.

Tenslotte zijn er dan nog drie experimenten waarbij biologische afbraak niet kan worden uitgesloten. Het betreft de batch met de kleigrond uit Pernis, de batch met de veengrond uit Pernis en de batch voor de locatie in Workum. In het experiment met de kleigrond uit Pernis treedt in de intrinsieke batch aanvankelijk een afname van het gehalte aan thiocyanaat op waarna weer een stijging optreedt. De significantie van de afname en daaropvolgende toename kan niet worden vastgesteld. Indien deze echter als relevant wordt beschouwd, kan het verloop alleen worden verklaard door het gelijktijdig optreden van biologische afbraak en vorming waarbij in het eerste deel van het experiment de afbraak heeft overheerst en in het tweede deel de vorming. De vorming moet dan hebben plaatsgevonden uit vrije cyaniden die zijn gevormd door de dissociatie van ijzercyaniden en die op hun beurt weer zijn gevormd door het oplossen van in de vaste fase aanwezige ijzercyanideneerslagen.

In het experiment met de veengrond uit Pernis treedt in de intrinsieke batch aanvankelijk een toename van het gehalte aan thiocyanaat op waarna weer een daling optreedt. Ook hier kan de significantie van de veranderingen niet worden vastgesteld maar kunnen de waarnemingen alleen worden verklaard indien opnieuw wordt aangenomen dat biologische afbraak en vorming gelijktijdig optreden waarbij in dit geval de vorming in het eerste deel overheerst en biologische afbraak gedurende het tweede deel van het experiment.

In het experiment voor de locatie in Workum vertonen de intrinsieke en de gestimuleerde batches het karakteristieke verloop voor het optreden van biologische afbraak. Doordat het verloop in de abiotische batch echter instabiel is, kan het biologische karakter van de afname niet worden vastgesteld.

Vorming

De resultaten van de batchexperimenten duiden erop dat in drie van de negen relevante experimenten er indicaties zijn voor het optreden van vorming van thiocyanaat. Het duidelijkste treedt dit op in het experiment met de veengrond van de locatie in Pernis. Op elk van de drie locaties waar deze vorming aan de orde is, zijn sulfaatreducerende omstandigheden aanwezig. Het is daarbij niet onwaarschijnlijk dat tijdens de uitvoering van de experimenten zuurstof toetreedt en er een gedeeltelijke oxidatie van gereduceerd zwavel plaatsvindt. Daarmee ontstaan dan de omstandigheden waarbij vrij cyanide kan worden omgezet in thiocyanaat. Uitgezonderd de locatie in Oostburg waar slechts licht gereduceerde omstandigheden heersen en mogelijk de locatie in Den Haag waar de redoxomstandigheden onbekend zijn, geven de batchexperimenten geen aanwijzing waarom in de overige batches geen vorming van thiocyanaat waarneembaar is.

9.3.4 Conclusies batchexperimenten

Beschouwing van de gezamenlijke resultaten geeft aan dat biologische afbraak weliswaar in geen van de experimenten expliciet is aangetoond maar óók dat veel waarnemingen zonder biologische afbraak niet verklaarbaar zijn. Het betreft locaties die alle sterk gereduceerd zijn.

De batchexperimenten duiden er dus op dat biologische afbraak van thiocyanaat ook onder sterk gereduceerde omstandigheden kan optreden. Dit betekent dat de grote verschillen in aanwezigheid van thiocyanaat, zoals die tussen locaties zijn vastgesteld, niet verklaard worden door het ontbreken van biologische afbraak op een deel van de locaties (met sterk gereduceerde omstandigheden). Indien biologische afbraak hierin toch een rol speelt, moet de oorzaak worden gezocht in verschillen in afbraaksnelheid.

Vorming van thiocyanaat is in de batchexperimenten evenmin expliciet aangetoond. Ook hiervoor geldt echter dat een klein deel van de experimenten zonder vorming evenmin verklaarbaar is. Dit betreft alle batches waarbij sulfaatreducerende omstandigheden heersen. Er zijn echter ook batches met sulfaatreducerende omstandigheden waarbij geen aanwijzingen voor vorming van thiocyanaat zijn gevonden. Mogelijke oorzaken hiervan zijn:

- 1 De karakterisering van de redoxcondities in de bemonsterde lagen is onnauwkeurig;

- 2 De redoxomstandigheden in de batches kunnen afwijken van die in bemonsterde lagen;
 3 De karakterisering van de redoxcondities kan geen onderscheid maken tussen omstandigheden van pyrietoxidatie en sulfaatreductie.

9.4 Kolomproeven

9.4.1 Uitvoering

Door Gemeentewerken Rotterdam zijn in 1999 kolomproeven uitgevoerd bij Bioclear B.V. met grond die afkomstig was van de gasfabriek aan de Tuinlaan in Pernis. De experimenten zijn uitgevoerd door een kolom waarin cyanide- en thiocynaathoudende grond was ingebracht, te doorspoelen met water en de concentraties aan cyaniden en thiocynaat in het uitspoelwater te monitoren. Daarnaast zijn aan het begin en aan het einde van de experimenten de gehalten aan cyaniden en thiocynaat in de grond bepaald. Het gehalte aan het begin is bepaald aan de hand van een mengmonster van de ingebrachte grond. Het gehalte aan het einde is bepaald door de kolom in een aantal opeenvolgende deelmonsters te verdelen en deze in hun geheel te analyseren. Na afloop van het experiment kon zodoende ook inzicht worden verkregen in de verdeling van de restconcentraties over de kolom. Zuurgraad en redoxpotentialen of andere indicatoren van de milieumcondities zijn niet gemeten en dus niet mede in beschouwing genomen.

Tabel 13: Dimensionering experimenten en samenstelling grond bij kolomproeven Pernis.

| | Karakteristiek | Eenheid | Kolom | | | |
|-------------------|--------------------|-----------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | Klei-1 | Klei-2 | Veen-1 | Veen-2 |
| Kolom | Lengte | cm | 19 | 22 | 35 | 25 |
| | Diameter | cm | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 |
| | Oppervlak | cm ² | 35,26 | 35,26 | 35,26 | 35,26 |
| | Volume | cm ³ | 670 | 776 | 1234 | 881 |
| | Org.stof | g/kg | 22 | 66 | 480 | 826 |
| | Bulkdichtheid* | kg/l | 1,481 | 1,211 | 0,446 | 0,292 |
| | Massa grond | g | 992 | 939 | 550 | 257 |
| | Porositeit** | - | 0,43 | 0,52 | 0,77 | 0,82 |
| | Watergevuld volume | ml | 289 | 402 | 946 | 720 |
| | Doorspoeling | Periode | | 12/04/'99 - 20/09/'01 | 08/04/'99 - 16/09/'99 | 06/04/'99 - 26/04/'99 |
| Duur | | dagen | 891 | 161 | 20 | 111 |
| Spoelvolume water | | ml | 2.555 | 2.044 | 56 | 70 |
| Doorspoelingen | | aantal | 5,83 | 5,41 | 0,67 | 1,65 |
| Beginwaarden | SCN | mg/kg | 890 | 2,0 | | 400 |
| | CN | mg/kg | 4,8 | 0,5 | | 3,2 |
| | FeCN | mg/kg | 34 | 1,1 | | 30 |
| | SCN in kolom*** | mg | 883 | 1,9 | | 103 |
| | CN in kolom | mg | 4,8 | 0,5 | | 0,8 |
| | FeCN in kolom | mg | 33,7 | 1,0 | | 8,0 |
| Eindwaarden | SCN-gem | mg/kg | 7,2 | 1,5 | 21 | 24 |
| | CN-gem | mg/kg | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,8 |
| | FeCN-gem | mg/kg | 2,4 | 0,5 | 0,58 | 0,7 |
| | SCN in kolom*** | mg | 7,1 | 1,4 | 11,6 | 6,1 |
| | CN in kolom | mg | 0,84 | 0,47 | 0,28 | 0,20 |
| | FeCN in kolom | mg | 2,4 | 0,50 | 0,32 | 0,17 |

*: berekend volgens $1/bulkdichtheid = 0,60 + 3,42 \cdot H$, met H = organische stofgehalte in g/kg (Van Wijk en Beuving, 1984)

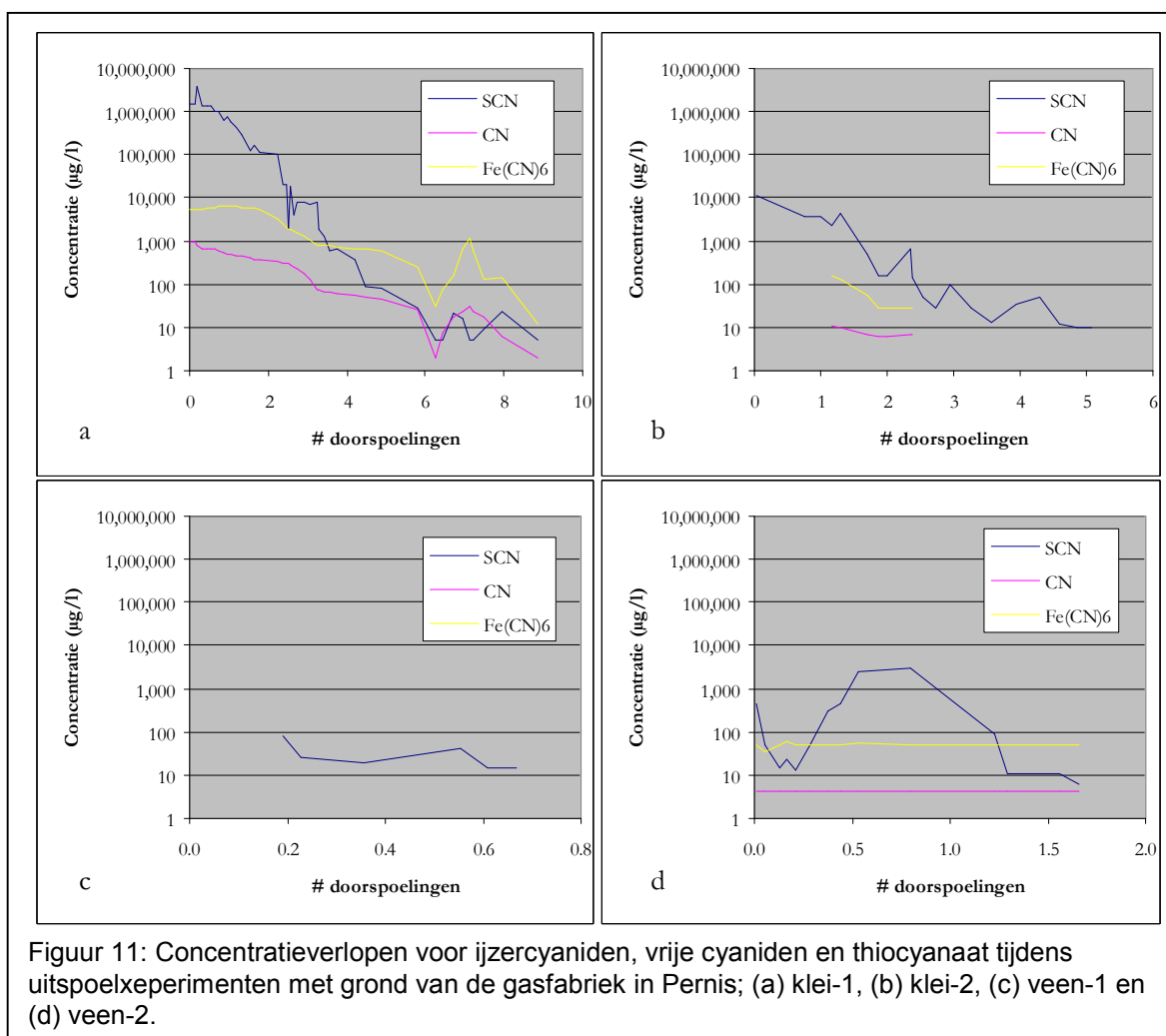
** : berekend op basis van s.g.(minerale fractie) = 2.650 kg/m³ en s.g.(organische fractie) = 1.470 kg/m³

***: totale massa van de betreffende component in de kolom (concentratie x massa grond in kolom)

De experimenten zijn uitgevoerd met twee kleimonsters en twee veenmonsters. De dimensionering van de experimenten en de karakteristieken van de gebruikte grond aan het begin en einde van de proeven is gegeven in Tabel 13.

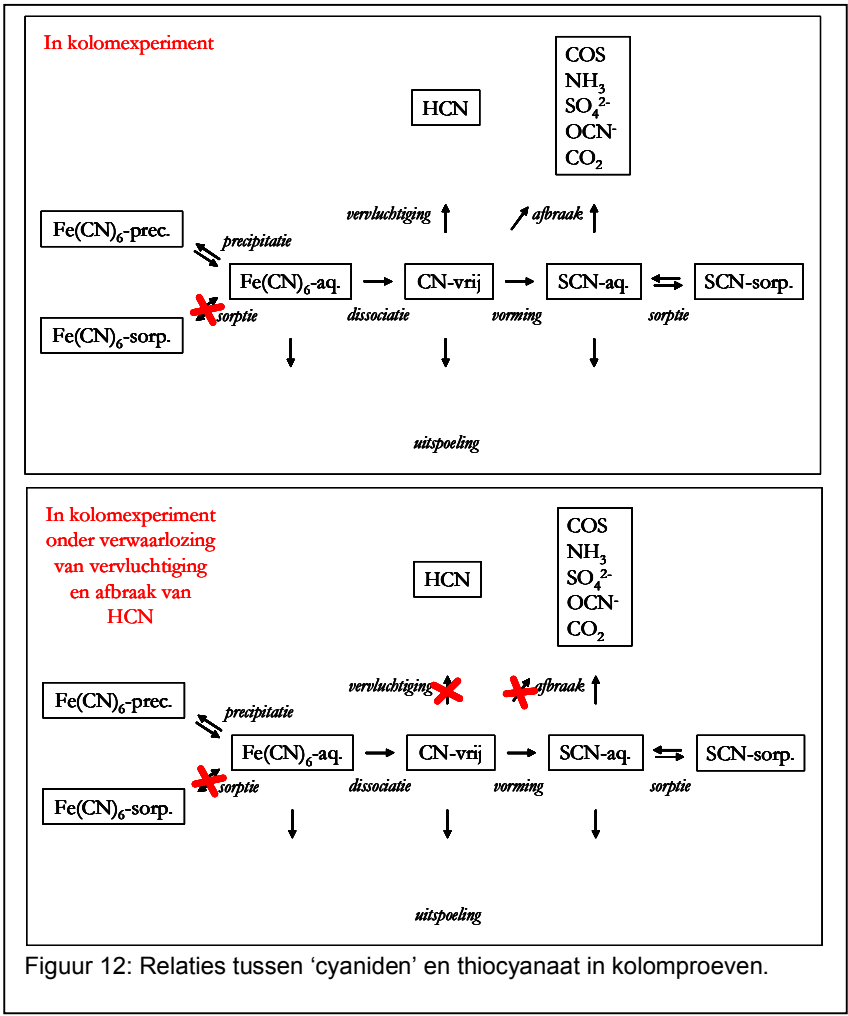
9.4.2 Resultaten en beschouwde processen

De concentratieverlopen voor ijzercyaniden, vrije cyaniden en thiocynaat tijdens de kolomproeven zijn gegeven in Bijlage E en samengevat in de grafieken van Figuur 0. Uit de figuur blijkt dat de concentraties aan thiocynaat in de kolomproeven met kleigrond een duidelijk afnemende tendens vertonen. Voor de beide veengronden is dit minder duidelijk.



De processen die tijdens de kolomproeven kunnen optreden, zijn schematisch weergegeven in Figuur 0. Bij de uitwerking van de resultaten is verondersteld dat in de waterverzadigde kolommen de verfluchtiging van cyaniden in de vorm van blauwzuurgas (HCN) verwaarloosbaar is. Tevens is aangenomen dat er geen noemenswaardige afbraak van vrije cyaniden optreedt. Dit is niet verder getoetst. Nalevering van ijzercyaniden is verondersteld plaats te vinden door het oplossen vanuit ijzercyanideneerslagen.

De resultaten van de kolomproeven zijn uitgewerkt in massabalansen. Hierbij zijn de processen in beschouwing genomen zoals die in het onderste schema van Figuur 0 zijn aangegeven. De elementen van de massabalansen zijn samengevat in Tabel 14 en schematisch gepresenteerd in Figuur 0. Het experiment met grond veen-1 is na twintig dagen beëindigd vanwege lage effluentconcentraties. Er zijn daardoor onvoldoende meetgegevens voorhanden om een zinvolle beschouwing van de massabalansen te kunnen geven.

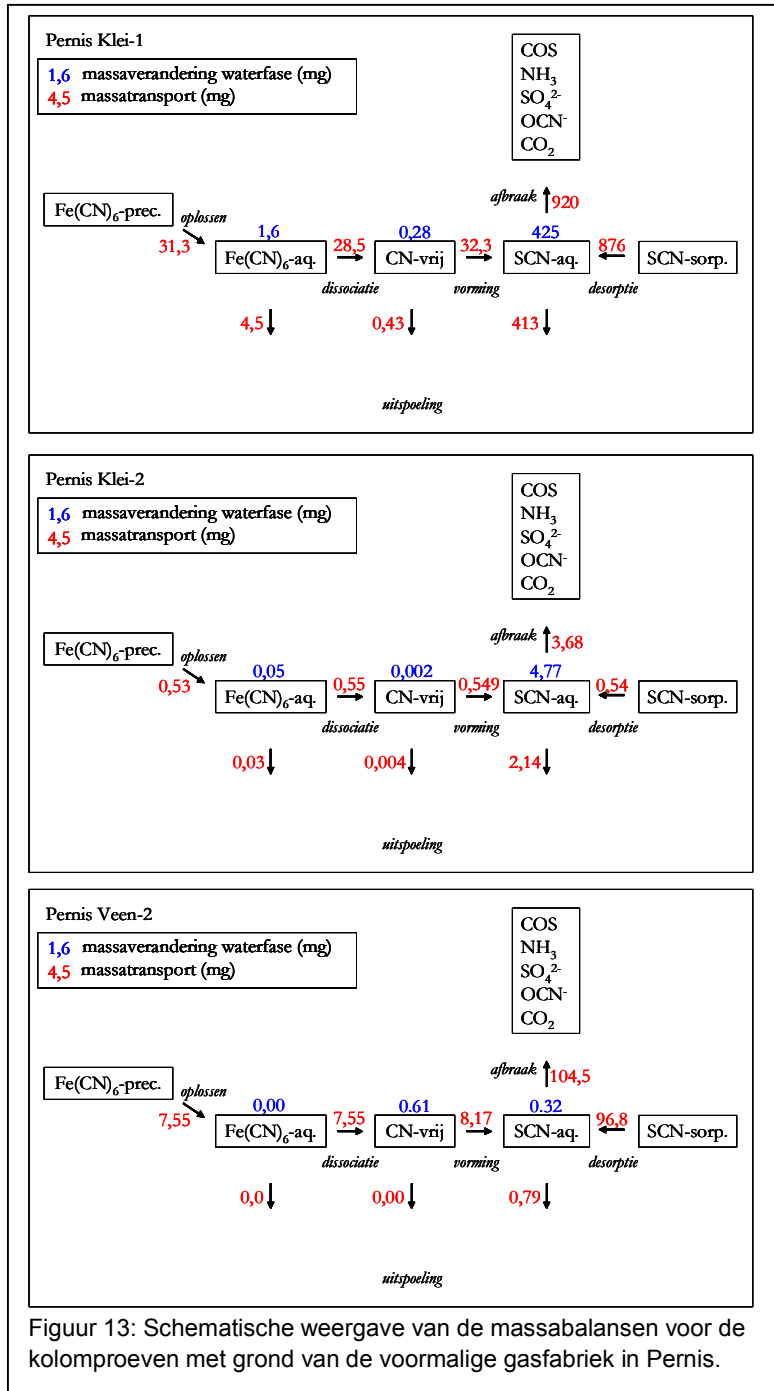


Figuur 12: Relaties tussen 'cyaniden' en thiocynaat in kolomproeven.

Tabel 14: Resultaten kolomproeven gasfabriekterrein Tuinlaan Pernis.

| Kolom | Component | Massa (in mg) | | | | | | |
|--------|------------|---------------|-------|--------|-------------|-------------|----------|------------|
| | | Begin | Eind | Afname | Uitgespoeld | Dissociatie | Gevormd* | Afgebroken |
| Klei-1 | FeCN-prec. | 33,7 | 2,4 | 31,3 | | | | |
| | FeCN-aq | 1,6 | 0,000 | 1,6 | | | | |
| | FeCN-tot | 35,3 | 2,4 | 33,0 | 4,5 | 28,5 | | |
| | CN-sorp. | 4,8 | 0,84 | 3,9 | | | | |
| | CN-aq | 0,28 | 0,000 | 0,28 | | | | |
| | CN-tot | 5,0 | 0,84 | 4,2 | 0,43 | | 28,5 | 32,3 |
| | SCN-sorp. | 883 | 7,1 | 876 | | | | |
| | SCN-aq | 425 | 0,000 | 425 | | | | |
| | SCN-tot | 1.308 | 7,1 | 1.300 | 413 | | 32,3 | 920 |
| Klei-2 | FeCN-prec. | 1,03 | 0,50 | 0,53 | | | | |
| | FeCN-aq | 0,06 | 0,011 | 0,05 | | | | |
| | FeCN-tot | 1,10 | 0,51 | 0,59 | 0,03 | 0,551 | | |
| | CN-sorp. | 0,470 | 0,470 | 0,000 | | | | |
| | CN-aq | 0,004 | 0,003 | 0,002 | | | | |
| | CN-tot | 0,474 | 0,472 | 0,002 | 0,004 | | 0,551 | 0,549 |
| | SCN-sorp. | 1,88 | 1,38 | 0,50 | | | | |
| | SCN-aq | 4,83 | 0,06 | 4,77 | | | | |
| | SCN-tot | 6,71 | 1,43 | 5,27 | 2,14 | | 0,549 | 3,68 |
| Veen-2 | FeCN-prec. | 7,72 | 0,17 | 7,55 | | | | |
| | FeCN-aq | 0,04 | 0,04 | 0,00 | | | | |
| | FeCN-tot | 7,76 | 0,21 | 7,55 | 0,000 | 7,546 | | |
| | CN-sorp. | 0,824 | 0,201 | 0,623 | | | | |
| | CN-aq | 0,003 | 0,003 | 0,000 | | | | |
| | CN-tot | 0,826 | 0,204 | 0,623 | 0,000 | | 7,546 | 8,168 |
| | SCN-sorp. | 102,9 | 6,12 | 96,8 | | | | |
| | SCN-aq | 0,32 | 0,004 | 0,32 | | | | |
| | SCN-tot | 103,3 | 6,13 | 97,1 | 0,79 | | 8,168 | 104,5 |

*: CN⁻ door dissociatie van Fe(CN)₆; thiocynaat uit CN⁻



Figuur 13: Schematische weergave van de massabalansen voor de kolomproeven met grond van de voormalige gasfabriek in Pernis.

De uitgespoelde hoeveelheden aan ijzercyanide, vrij cyanide en thiocynaat zijn in de experimenten gemeten als concentraties in de cumulatieve effluentfracties. Voor ijzercyanide is het verschil tussen de totale afname tijdens het experiment en de uitgespoelde hoeveelheid verondersteld te zijn omgezet in vrij cyanide (dissociatie van ijzercyaniden). Deze hoeveelheid is vervolgens, vermeerderd met de totale afname aan vrij cyanide en verminderd met de uitgespoelde hoeveelheid, verondersteld te zijn omgezet in thiocynaat. Vervluchtiging van HCN en afbraak is daarmee verwaarloosd zodat de werkelijke bijdrage van vorming aan de massabalansen mogelijk kleiner is dan is aangegeven.

Het verschil tussen enerzijds de vanuit de vaste fase vrijgekomen hoeveelheid thiocynaat vermeerderd met de (uit vrije cyaniden) gevormde hoeveelheid en anderzijds de uitgespoelde hoeveelheid aan thiocynaat is ten slotte verondersteld te zijn veroorzaakt door afbraak van thiocynaat.

De nauwkeurigheid van de massabalansen wordt bepaald door de meetfouten in de afzonderlijke chemische analyses en door de heterogeniteit van de 'cyanideverdeling' in de monsters, d.i. de monsternemingsfout. De laatste is onbekend maar vermoedelijk ten minste zo groot als de meetfout in de chemische analyse. Rekening houdend met alleen de meetfouten in de analyse zijn de hoeveelheden in de massabalansen nauwkeurig tot op twee significante cijfers. Dit blijkt niet uit *Tabel 14* 9.6 (en *Figuur 0*) omdat hierin omwille van het inzichtelijk maken van alle balansposten, ook stofstromen zijn weergegeven die feitelijk binnen de foutenmarge vallen van de grootste balansposten. Op basis van twee (werkelijk) significante cijfers in de chemische analyse bedraagt de onnauwkeurigheid in de totale afname 40 mg voor de kolom met klei-1, 0,6 mg voor de kolom met klei-2 en 20 mg voor de kolom met veen-2. Dit betekent dat alle kleinere hoeveelheden in de opgemaakte massabalansen niet significant zijn.

Op basis van de ordegrrootte van de verschillende balansposten, wordt geconcludeerd dat uitspoeling slechts voor een deel verantwoordelijk is voor de massa-afname in de kolommen. In de beide kolommen met klei bedroeg dit aandeel 30 tot 40 % en zijn de hoeveelheden door uitspoeling groter dan de fout in de totale afname. In de kolom met veen is uitspoeling verwaarloosbaar (< 1%) en (veel) kleiner dan de fout in de totale afname.

Het belangrijkste verwijderingsproces in alle drie experimenten is biologische afbraak. Deze afbraak neemt in de beide kolommen met klei circa 60 tot 70% van de totale massa-afname voor zijn rekening en vrijwel de gehele verwijdering in de kolom met veen. In elk van de kolommen is de bijdrage door afbraak groter dan de fout in de totale afname. Omdat deze verwijdering plaatsvindt in anaerobe, sterker gereduceerde bodemkolommen kan ook uit deze kolomexperimenten worden geconcludeerd dat er sterke aanwijzingen zijn dat onder deze gereduceerde condities afbraak van thiocynaat mogelijk is.

In de laatste kolom (veen-2) bedraagt de thiocynaat-afbraak méér dan de totale netto afname (108%). Dit is alleen mogelijk indien ook vorming van thiocynaat heeft plaatsgevonden. De gevormde hoeveelheid is berekend op 8,4% maar valt daarmee binnen de meetfout in de totale afname. In mindere mate geldt dit ook voor de vorming die wordt berekend voor de kolommen met klei. Vorming van thiocynaat is in alle experimenten van ondergeschikt belang. De aandelen zijn kleiner of liggen in dezelfde ordegrrootte als de foutenmarges in de berekeningen. Zij zijn bovendien mogelijk overschat omdat vervluchtiging en afbraak van HCN niet in de berekeningen zijn meegenomen.

De desorptie van thiocynaat verschilt zeer sterk tussen de kolommen. In de kolom met veen wordt vrijwel de gehele massa-afname veroorzaakt door desorptie van thiocynaat vanaf de vaste fase (>99%). In de kolom met klei-1 is dit circa 67% en in de kolom met klei-2 circa 10%.

9.4.3 Sorptie

Na afloop van het experiment zijn de kolommen verdeeld in een aantal opeenvolgende deelmonsters die afzonderlijk en in hun geheel zijn geanalyseerd. De resultaten zijn vermeld in *Tabel 15*.

Uit *Tabel 15* blijkt dat na afloop van de kolomproeven, waarbij nog slechts zeer lage concentraties aan thiocynaat uitspoelden (< 10 µg/l), de thiocynaatgehalten binnen elk van de drie kolommen tamelijk gelijkmatig verdeeld waren. Er hebben zich tijdens de experimenten dus geen ophopingen voorgedaan in delen van de kolom. Tussen de kolommen bestaan wel duidelijke verschillen waarbij de hoogste (rest)gehalten aanwezig waren in de kolom met het hoogste organische stofgehalte en de laagste (rest)gehalten in de kolom met het laagste organische stofgehalte. Indien de gehalten aan thiocynaat worden berekend op basis van de fractie aan organische stof blijkt een sterke stabilisatie van de variatie op te treden. De verschillen in gehalten die op basis van droge stof variëren van 1,4 tot 32 mg/kg (d.i. een factor van 20), variëren op basis van organische stof van 23 tot 78 mg/kg o.s. (d.i. een factor van 3) met een gemiddelde van 35 mg/kg o.s. Opvallend daarbij is dat de correlatie tussen het gehalte aan thiocynaat en de fractie aan organische stof zich niet voordoet tussen monsters binnen een kolom.

Tabel 15: Verdeling van gehalten aan organische stof en thiocynaat in de grondkolommen na afloop van de experimenten.

| Kolom | Monster | Droge stof | Organische stof | Thiocynaat | |
|------------|---------|------------|-----------------|-------------|--------------|
| | | % (w/w) | % (w/w) | mg/kg d.s.* | mg/kg o.s.** |
| Klei-1 | 1a | 58.4 | 9.1 | 7.1 | 78 |
| | 1b | 53.1 | 14.2 | 5.1 | 36 |
| | 1c | 42.6 | 25.8 | 8.2 | 32 |
| | 1d | 40.1 | 28.0 | 8.4 | 30 |
| Klei-2 | 3a | 62.5 | 4.7 | 1.5 | 32 |
| | 3b | 63.4 | 4.9 | 1.4 | 29 |
| | 3c | 64.0 | 4.8 | 1.5 | 31 |
| Veen-1 | | 40,6 | 48,0 | 21 | 44 |
| Veen-2 | 8a | 19.3 | 83.7 | 19 | 23 |
| | 8b | 21.0 | 76.9 | 18 | 23 |
| | 8c | 20.4 | 86.0 | 20 | 23 |
| | 8d | 20.3 | 89.3 | 32 | 36 |
| | 8e | 20.3 | 88.3 | 30 | 34 |
| Gemiddelde | | | | | 35 |

*: gehalte in milligram per kilogram droge stof

** : gehalte in milligram per kilogram organische stof

Uit de experimenten kan niet worden opgemaakt in hoeverre de gehalten in de grond ook de ultieme achterblijvende hoeveelheid vertegenwoordigd in de vorm van een (irreversibel) gebonden fractie. Hiervan is alleen sprake indien de lage concentraties aan het einde van het experiment ook daadwerkelijke evenwichtconcentraties zijn. Dit is twijfelachtig gezien de zeer hoge perkolatiesnelheden tijdens de experimenten. Deze bedroegen 5 tot 25 m/jaar en zijn uitzonderlijk hoog voor kolommen met klei en (veraard) veen. De kans is dus groot dat de stroming vooral via voorkeursbanen is opgetreden waardoor een substantieel deel van het perkolatiewater niet in contact is geweest met de nog aanwezige thiocynaat.

Thiocynaat wordt in het algemeen beschouwd als een component die niet of nauwelijks adsorbeert. Het zou in gedrag vergelijkbaar zijn met chloride (of jood). (Schenk en Wilke, 1984) noemen een potentiële bindingsmogelijkheid tussen het stikstofatoom van de (S)CN-groep en quinongroepen van humuszuren (een aromatische -C=O-groep). Quinongroepen zijn oxidatieproducten van fenolen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (Stevenson, 1994) en kunnen, behalve van nature in organische stof of humuszuren, ook door de afbraak van teercomponenten in de bodem van gasfabrieken aanwezig zijn. De vorming van quinongroepen treedt vooral op in neutrale en basische bodems. Sorptie zou daarom mogelijk toch aan de orde kunnen zijn in organische stofrijke bodems met neutrale tot hoge pH. Dit wordt ook gemeld door (Rennert en Mansfeldt, 2002).

9.4.4 Conclusies kolomexperimenten

De kolomproeven duiden op de relevantie van afbraak, (de)sorptie en uitspoeling als concentratiebepalende mechanismen voor thiocynaat in de bodem. De kolomproeven duiden niet op een substantiële bijdrage van vormingsreacties hieraan.

Thiocynaat lijkt te worden gebonden aan organische stof. In de onderzochte klei- en veenmonsters was het daarin aanwezig in gehalten van 23 tot 78 mg/kg o.s. met een gemiddelde van 35 mg/kg o.s.

10 Beschouwing

Doel van dit onderdeel van het project is de kennis over thiocynaat op een voor de praktijk bruikbaar niveau te krijgen. Kennis die, daar waar nodig, sturing kan geven aan maatschappelijke processen en de afwegingen die gemaakt moeten worden. Hiervoor is in de voorgaande hoofdstukken informatie aangereikt binnen verschillende thema's: Waar komt thiocynaat vandaan? Wat is de bron? Hoe mobiel is thiocynaat? Is het schadelijk, en zo ja, waar liggen kritische grenzen? Is thiocynaat afbreekbaar, en zo ja, onder welke condities?

Voorgaande hoofdstukken lezende kan worden geconstateerd dat het nog niet eenvoudig is om wetenschappelijk verantwoorde, met harde feiten onderbouwde conclusies te trekken. Soms kan de reden daarvoor zijn dat er domweg te weinig data zijn op een bepaald gebied om algeheel geldende conclusies te mogen trekken. Of omdat data, bijvoorbeeld het gehalte aan thiocynaat, op verschillende wijzen zijn bepaald en daardoor niet per definitie als gelijkwaardig mogen worden gebruikt. Dan weer omdat testen, door voortschrijdend inzicht, in de loop van de tijd op telkens iets andere wijze zijn uitgevoerd. Mogen resultaten dan één-op-één met elkaar worden vergeleken en worden geïnterpreteerd? Wetenschappelijk en onderzoekstechnisch gezien vaak niet en dat maakt het trekken van harde conclusies dan ook moeilijk.

Desondanks kan toch worden geconstateerd dat, als naar het totaal aan informatie wordt gekeken, er een aantal interessante trends en gegevens uit voorgaande hoofdstukken kunnen worden gedestilleerd. Een beeld dat ontstaat als meerdere aspecten en de verschillende datastromen – zoals velddata, redoxcondities en afbraaktesten (batch en kolom) - in samenhang worden bekeken:

10.1 Anaerobe afbraak en vorming

Is onomstotelijk bewezen dat anaerobe afbraak optreedt? Wetenschappelijk gezien: Nee. Maar aan de andere kant kan niet worden ontkend dat er een aantal testen zijn uitgevoerd, zowel batchtesten als kolomtesten, waarin toch wel behoorlijk veel aanwijzingen zitten die de anaerobe afbraak onder sulfaatreducerende condities bevestigen. Helaas is dat niet in alle testen zo. Maar lag dat nu aan de test of aan de condities?

Treedt vorming van thiocynaat op? Wetenschappelijk gezien: Opnieuw nee. Maar ook hiervoor geldt voor dat vorming een heel logisch, en vanuit chemische en biologische processen in de bodem, te verklaren mechanisme is, dat ook hier weer een verklaring kan geven voor een aantal waargenomen trends.

10.2 Spreiding over Nederland

En hoe zit het nu met het verschil tussen de in het “Oosten van het land” en het “Westen van het land” aangetroffen situatie? Alles resumerend kan hier het volgende beeld op worden geprojecteerd van optredende processen:

Het oosten van Nederland kennen met name ijzerreducerende, nitraatreducerende of zelfs oxische (met zuurstof) omstandigheden. Omstandigheden waaronder thiocynaat die als oorspronkelijke verontreiniging (bijvoorbeeld via gaswater) in de bodem terecht is gekomen, relatief snel kan worden afgebroken. Daarbij komt dat de bovengenoemde condities juist niet gunstig zijn voor vorming. Anders gezegd: De oorspronkelijke als thiocynaat geloosde verontreiniging is allang afgebroken en er is in de loop van de tijd niets gevormd.

Dit in tegenstelling tot het westen van Nederland, met sterker gereduceerde bodempakketten. Geeft sterke reductie daar de doorslag? Blijkbaar ook niet, want onder de meest sterk gereduceerde condities – de methanogene condities – wordt amper thiocynaat aangetroffen. Is op deze “westelijke” locaties van oorspronkelijk meer thiocynaat vanuit het productieproces geloosd? Dit is niet aannemelijk. De manier van bedrijven van gasfabrieken hing af van andere factoren dan de geografische ligging in Nederland. We mogen er dus van uitgaan dat thiocynaat overal in dezelfde mate is geloosd. Op locaties met sterk methanogene condities is hiervan blijkbaar niets terug te

vinden, evenals op de “oostelijke” locaties. Afbraak? Dat is niet te zeggen omdat onder methanogene condities nagenoeg geen testen zijn gedaan. Aannemelijk is wel dat onder deze zeer sterk reducerende condities weinig tot geen vorming kan plaatsvinden.

Mag de conclusie op basis hiervan dan wellicht zijn dat de oorspronkelijke hoeveelheid thiocynaat, die als bron is geloosd op gasfabriekterreinen gering is geweest? Ertoe leidend dat in het “oosten”, op de oxische/denitrificerende locaties, en op de sterk methanogene locaties, nagenoeg geen thiocynaat (meer) wordt aangetroffen? Als dit zo is dan zou de conclusie ook kunnen zijn dat vorming van thiocynaat een veel belangrijkere rol speelt, en de hoofdreden voor het aantreffen van thiocynaat is, in plaats van de oorspronkelijke lozing via de gasfabriek als primaire bron. Deze laatste is dan wellicht van ondergeschikt belang.

Dat zou betekenen dat thiocynaat met name een wat je zou kunnen noemen secundaire bron is. Thiocynaat dat ontstaat als gevolg van een combinatie van “gunstige” condities voor deze vorming: Pyrietoxiderende tot sulfaatreducerende condities in de bodemzone waarin de ijzercyanide-complexen aanwezig zijn.

Thiocynaatverontreiniging op “westelijke” locaties – meer genuanceerd de sulfaatreducerende en/of pyrietoxiderende locaties met cyanidecomplexen - zouden dan twee processen kunnen herbergen: vorming aan de ene kant (onder matig, niet-volledig gereduceerde condities) en afbraak (onder iets sterker gereduceerde condities). De pluimontwikkeling zal dan afhankelijk zijn van de balans tussen vorming en afbraak. Processen die lastiger onafhankelijk van elkaar vast te stellen zijn, maar waar bestaande tools – bodemanalyses, redoxbepalingen, afbraaktesten – enig houvast kunnen bieden en toch indicaties van deze processen kunnen opleveren. Daar moet dan wel specifiek met bovenstaande redenen naar worden gekeken en als zodanig worden onderzocht.

Zoals gesteld in voorgaande hoofdstukken is de vorming van thiocynaat aannemelijk te maken. Dit heeft effect op hoe thiocynaat saneringstechnisch zou moeten worden benaderd. Wat zorgt voor de thiocynaat? Hoe kan verdere vorming worden voorkomen of worden verminderd?

In deze context wellicht ook ter overweging: Kan door een menselijke actie – te denken valt aan onttrekkingen ten behoeve van sanering of ten behoeve van stedelijk grondwaterpeilregulering, maar ook ontgraving van hot spots – verandering van de natuurlijke situatie optreden? Kan bijvoorbeeld daardoor een gunstig klimaat ontstaan voor thiocynaat-vorming, bijvoorbeeld door introductie van pyrietoxidatie, daar waar eerst sterk methanogene condities overheersten. Aspecten die wellicht de moeite waard zijn om mee te nemen of af te wegen in de aanpak. Vorming en afbraak zijn relevante processen.

11 Toxiciteit van thiocynaat

11.1 Effecten van thiocynaat

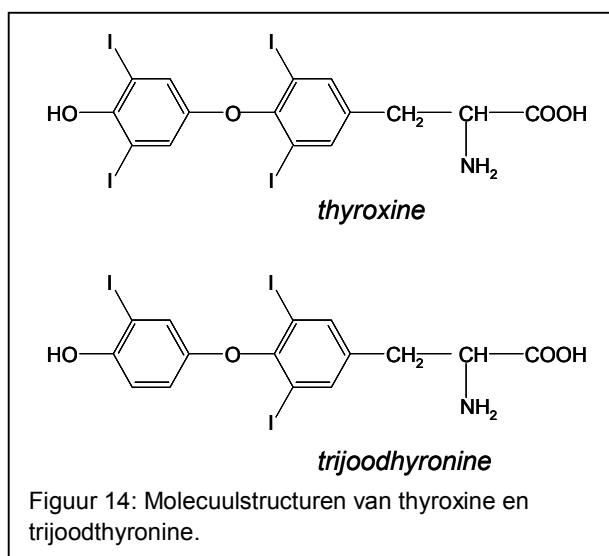
Thiocynaat grijpt in op de werking van de schildklier. De schildklier heeft een functie in de regulering van de groei en de ontwikkeling van het onvolwassen lichaam, en in het herstel van het volwassen lichaam. De schildklier produceert daarvoor thyroxine en groeihormoon (TSH) en geeft dit in de benodigde hoeveelheden af aan de bloedbaan. De rol van thyroxine daarin ligt in het verhogen van de stofwisseling om daarmee de aanmaak van bouwstenen en energie op het juiste moment te realiseren (Schwarz, 1975).

Bij kinderen leidt een structureel en ernstig tekort aan thyroxine tot achterblijvende groei in combinatie met een achterblijvende (leeftijd)ontwikkeling. Bij volwassenen zijn de effecten minder uitgesproken maar manifesteert het kleinere vermogen tot energieproductie zich in traagheid, lusteloosheid, rillerigheid, een grotere gevoeligheid voor overgewicht (obesitas), een verlaagde bloeddruk, een geringere darmactiviteit met grotere gevoeligheid voor verstopping (constipatie) en in een verlaagde vruchtbaarheid.

Thyroxine bevat jood. De werking van thiocynaat berust op de gelijkenis in grootte en lading met jood. Bij aanwezigheid van (veel) thiocynaat kan daardoor de beschikbaarheid van jood afnemen met een tekort aan de noodzakelijke schildklierhormonen als gevolg.

11.2 Interactie met jood

Jood is een essentiële component van het hormoon thyroxine. De concentratie aan jood in het bloed is laag maar de schildklier is in staat jood actief op te nemen en circa 500-voudig te concentreren in follikels waarin zich eiwitachtig materiaal bevindt (Griffiths, 1981). Hierin worden twee moleculen jood aan het aminozuur tyrosine worden gekoppeld. Twee moleculen dijoodtyrosine condenseren vervolgens onder verlies van een alaninegroep tot thyroxine en, in mindere mate, tot trijoodthyronine. Zie Figuur 0 14. Beide stoffen zijn op dat moment nog gebonden aan het eiwitachtige materiaal in de follikels en vormen daarmee thyroglobuline. Dit is de voorraadform van het hormoon thyroxine. Thyroxine, en trijoodthyronine, komen vrij in de bloedbaan nadat thyroglobuline onder invloed van TSH door een protease is afgebroken (Schwarz, 1975).



Bij aanwezigheid van thiocynaat kan te weinig ophoping plaatsvinden van jood in de schildklier. Dit kan zich uiten in een verlaagde thyroxine- en trijoodthyronine-activiteit. De mate waarin hiervan sprake

is, hangt niet alleen af van de concentratie aan thiocynaat maar vooral ook van de concentratie aan jood en de mate waarin thiocynaat en jood aan eiwitten in het bloed zijn gebonden.

11.3 Dosis-effectstudies bij toediening van thiocynaat

Er zijn een aantal studies uitgevoerd naar de aanwezigheid van thiocynaat in het lichaam, soms in samenhang met de productie van schildklierhormoon TSH, thyroxine en trijoodthyronine (zie ook tabel 12.1). Deze studies geven vrij overtuigend aan dat blootstelling aan thiocynaat weliswaar een verhoging geeft van de concentraties aan thiocynaat in bloedplasma, bloedserum, speeksel en/of urine maar dat de bloedwaarden voor TSH, thyroxine en trijoodthyronine er niet significant door worden beïnvloed. In het onderzoek van (Dahlberg et al, 1984) is hiervan bijvoorbeeld nog geen sprake bij een toegediende dosis van $130 \mu\text{g}$ thiocynaat $\text{kg}^{-1} \text{dag}^{-1}$ in concentraties van 20 mg/l in melk. De aantoonbare verhoging van de thiocynaatconcentraties in bloed en andere lichaamsvloeistoffen lijkt dus geen meetbaar fysiologisch effect te hebben.

Chronische effecten zijn gerapporteerd bij doses van $2\text{-}12 \text{ mg kg}^{-1} \text{dag}^{-1}$ terwijl doses van $50\text{-}80 \text{ mg kg}^{-1} \text{dag}^{-1}$ fataal zouden zijn (Katayama et al, 1992). Er zijn geen gegevens bekend van opname van thiocynaat in planten of dieren.

In Nederland geldt momenteel een Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) van $11 \mu\text{g kg}^{-1} \text{dag}^{-1}$. Deze waarde ligt dus ruim een factor 10 lager dan de dosis waarbij in het onderzoek van Dahlberg nog geen effect werd waargenomen op de schildklierfunctie (maar dus wèl op de thiocynaatconcentratie in bloed).

11.4 Thiocynaat als omzettingsproduct van cyanide

Thiocynaat kan als zodanig door het lichaam worden opgenomen maar ook in het lichaam worden gevormd als metaboliet van vrij cyanide. Deze omzetting gebeurt vooral in lever en nieren (Okafor, 2004) en is gebaseerd op de reactie van vrij cyanide met thiosulfaat onder katalisatie van het enzym rhodanese. Langs deze route wordt circa 80% van de vrije cyanide uit het lichaam verwijderd (IPCS, 2004). Het gevormde thiocynaat wordt vervolgens via de nieren uitgescheiden in de urine.

Bij mensen die veel cassaveproducten eten en rokers is de hoeveelheid thiocynaat die in het lichaam wordt gevormd groter dan de hoeveelheid thiocynaat die als zodanig wordt ingenomen. Dit uit zich in verdelingen van thiocynaatconcentraties in bloedplasma, urine en speeksel zoals aangegeven in Tabel 16.

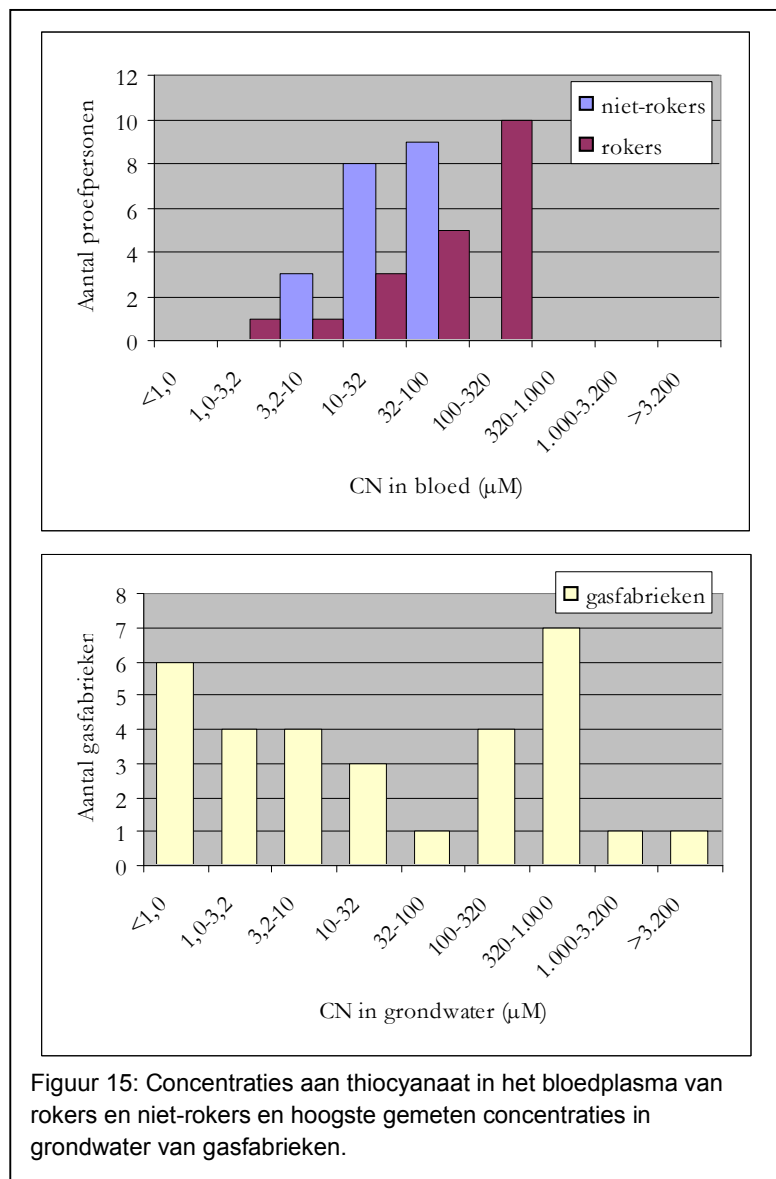
Tabel 16: Concentraties aan thiocynaat in bloed, urine en speeksel van rokers en niet-rokers.

| | Eenheid | Niet-rokers | Rokers | Cassave-eters | Referentie |
|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------------------|
| Bloedplasma | mgCN/l | 0.90 - 1.3 | 4.0 - 5.4 | | (Maliszewski et al, 1955) |
| | | 1.8 ± 0.2 | 3.8 ± 0.8 | | (Dahlberg et al., 1984) |
| | | 0.87 ± 0.66 | 2.9 ± 2.4 | | (Tsuge et al., 2000) |
| Urine | mgCN/g creatinine | 7.2 ± 0.4 | 8.6 ± 2.2 | | (Dahlberg et al., 1984) |
| | mgCN/l | | 6.3 ± 6.2 | 1.6 ± 0.03 | (Okafor, 2004) |
| Speeksel | mgCN/l | 14.1 ± 10.6 | 43.0 ± 21.9 | | (Tsuge et al., 2000) |

(Okafor, 2004) maakt melding van verschijnselen van duizeligheid, hoofdpijn, andere 'pijntjes', misselijkheid en regelmatig ziekteverzuim bij (voornamelijk vrouwelijke) werknemers in cassave-verwerkende bedrijven in Nigeria (gari-productie). Hij schrijft dit toe aan het vrijkomen van blauwzuur (HCN). De aard van de klachten lijken echter ook sterk op die van een verstoorde thyroxinespiegel en kunnen in dat geval ook aan een secundair thiocynaateffect worden gekoppeld. Dit zou dan de enige bekende beschrijving van een effect van thiocynaat op de gezondheid van de mens zijn.

Met betrekking tot de risico-evaluatie voor gasfabriekterreinen is alleen van belang in hoeverre de risico's worden veroorzaakt door de aanwezigheid van bodemverontreiniging. Het gaat daarbij in principe om zowel de directe inname van thiocynaat als om de vorming van thiocynaat in het lichaam na inname van vrije cyaniden en/of ijzercyaniden. Andere oorzaken van de aanwezigheid van

thiocyanaat, zoals het eten van cassaveproducten en roken, houden geen verband met de risico's van de bodemverontreiniging en spelen hooguit een rol als achtergrondbelasting. Een indruk van de verhouding tussen achtergrondbelasting en de bijdrage van directe inname van thiocyanaat via grondwater kan worden afgelezen uit Figuur 0.



Figuur 15: Concentraties aan thiocyanaat in het bloedplasma van rokers en niet-rokers en hoogste gemeten concentraties in grondwater van gasfabrieken.

In Figuur 0 zijn de concentraties aan thiocyanaat in bloedplasma van rokers en niet-rokers vergeleken met de hoogste concentraties zoals die in het grondwater van gasfabriekterreinen zijn gemeten (Tsuge et al, 2000). Uit de figuur volgt dat de concentraties in het grondwater van de meeste gasfabriekterreinen niet hoger zijn dan welke in het bloedplasma van rokers worden gemeten. Op een aantal terreinen, en dan vooral in de kern, kunnen de concentraties echter oplopen tot concentraties die tot 100 maal hoger zijn. In vergelijking met de concentraties in het bloed van niet-rokers kunnen de concentraties in grondwater van gasfabriekterreinen tot 1.000 maal hoger zijn. In het bijzonder voor deze terreinen is relevant in hoeverre blootstelling aan thiocyanaat kan optreden.

11.5 Inname van thiocyanaat volgens blootstellingsmodellen

In blootstellingmodellen (bijvoorbeeld CSOIL) wordt voor de dagelijkse inname van drinkwater een maximale hoeveelheid aangehouden van 2 l/dag. Dit betekent dat in geval drinkwater volledig via verontreinigd grondwater zou worden ingenomen en dit grondwater een gemiddelde concentratie zou bevatten van 10.000 µg/l, zoals in de kern van de sterkst verontreinigde gasfabriekterreinen, de

inname 20 mg/dag zou bedragen of circa $0,28 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ voor een volwassene. Deze extreme inname ligt ruim een factor 2 hoger dan de dosis waarbij nog geen effecten waarneembaar waren (Dahlberg, 1984) maar een factor 7 lager dan de dosis waarbij chronische effecten zijn gerapporteerd (Katayama et al., 1992). De inname van thiocynaat via verontreinigd grondwater lijkt derhalve onder gangbare omstandigheden op gasfabriekterreinen geen waarneembare effecten op de gezondheid van de mens te kunnen veroorzaken.

Desalniettemin is de inname wel circa een factor 25 hoger dan de MTR. Dit wordt veroorzaakt door de (normale) veiligheidsfactoren die bij de afleiding van de MTR worden gebruikt om te compenseren voor onzekerheden in toxicologische informatie. Op basis van de MTR zou dus moeten worden geconcludeerd dat bij (dagelijkse) consumptie van grondwater risico's niet zijn uit te sluiten bij concentraties in dat grondwater die hoger zijn dan circa $(10.000/25 =) 400 \mu\text{g/l}$.

De inname van grond via ingestie wordt doorgaans gekwantificeerd als 50 mg/dag door een volwassene en 150 mg/dag door een kind. Dit betekent dat overschrijding van de dosis waarbij chronische effecten zijn waargenomen, optreden indien over een langere periode het gemiddelde gehalte aan thiocynaat in de ingenomen grond 200.000 mg/kg bedraagt. De hoogste gemeten gehalten op gasfabriekterreinen liggen tenminste een factor 10 lager en hebben dan betrekking op achtergebleven, blauwe ijzeraarde. De inname van thiocynaat door ingestie van verontreinigde grond lijkt daardoor onder de gangbare omstandigheden op gasfabriekterreinen geen waarneembare effecten op de gezondheid van de mens te kunnen veroorzaken.

Voor de opname van thiocynaat in planten zijn geen gegevens bekend. Op basis van de gelijkenis van thiocynaat met jood kan de veronderstelling worden geuit dat gewassen geen onderscheid maken tussen beide stoffen en dat de opname daarom wordt gereguleerd door de verhouding waarin thiocynaat en jood in het grondwater voorkomen.

Normale gehalten aan jood in groenten bedragen 3-10 mg/kg drooggewicht, dat is 24-80 $\mu\text{mol jood/kg}$ drooggewicht. Dergelijke gehalten kunnen verondersteld worden in relatie te staan met normale concentraties in grondwater. Hierover bestaan weinig gegevens. Rivierwater bevat 2-18 $\mu\text{g/l}$ aan jood, zeewater tot 50 $\mu\text{g/l}$ (Schuiling et al, 2003). Indien deze concentraties de ordegrrootte aangeven waarin jood in grondwater voorkomt, dan zijn thiocynaatconcentraties op gasfabriekterreinen regelmatig vele malen hoger en moet onder de aanname dat de plant geen specifieke voorkeur voor jood of thiocynaat heeft, worden aangenomen dat de plant voornamelijk thiocynaat zal opnemen. In hoeverre het gehalte aan thiocynaat in de plant daarbij gelimiteerd wordt door de equivalente hoeveelheid jood die onder niet-verontreinigde omstandigheden zou zijn opgenomen, is onbekend. In dat geval zou het maximale gehalte aan thiocynaat in planten ook 24 - 80 $\mu\text{mol/kg}$ drooggewicht bedragen, dat is 0,6 - 2 mg CN/kg drooggewicht.

De gemiddelde groenteconsumptie wordt in blootstellingmodellen geschat op circa 300 g versgewicht door een volwassene en op circa 150 g versgewicht voor een kind. Op basis van drooggewicht komt dit overeen met circa 45 g voor een volwassene en circa 22,5 g voor een kind.

Bij een thiocynaatgehalte van 2 mg/kg drooggewicht in de plant kan de inname via de consumptie van groenten dan worden berekend op $0,003 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ voor een kind en op $0,0013 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ voor een volwassene. Deze innamen liggen een factor 500 tot 1.500 beneden het niveau waarbij chronische effecten mogelijk optreden en circa een factor 3 tot 10 onder de MTR. Bij een gelimiteerde opname van (jood en) thiocynaat in de plant lijkt de inname van thiocynaat door consumptie van groenten die op verontreinigde grond zijn geteeld, dus geen waarneembare effecten op de gezondheid van de mens te kunnen veroorzaken.

Indien echter geen limitatie bestaat voor de opname van (jood en) thiocynaat, kunnen de gehalten in planten mogelijk ook veel hoger worden. Als 'worst case' wordt de opname in gewassen in CSOIL daarom berekend onder de aannamen, dat:

- * cyaniden in de plant aanwezig zijn in (al) het plantenvocht;
- * de concentratie in het plantenvocht gelijk is aan de concentratie in het bodemvocht.

Bij concentraties in het grondwater van 10.000 $\mu\text{g/l}$ zoals op de sterkst vervuilde gasfabriekterreinen, leiden deze aannamen tot berekende gehalten in gewassen van 8 à 9 mg/kg en berekende doses van

0,014 mg kg⁻¹ dag⁻¹ voor een kind en van 0,0058 mg kg⁻¹ dag⁻¹ voor een volwassene. De inname ligt daarmee circa een factor 10 - 20 beneden het niveau waarbij geen effecten van thiocynaat zijn waargenomen. Met inachtneming van de veiligheidsfactoren zoals die bij de afleiding van de MTR gebruikelijk zijn, komt de inname dan echter voor kinderen iets boven en voor volwassenen iets onder de MTR (van 0,011 mg kg⁻¹ dag⁻¹) uit.

Bij regelmatige gewasconsumptie uit eigen tuin zouden daarom geen concentraties in (grond)water aanwezig moeten zijn die hoger zijn dan circa 5.000 µg/l. CSOIL (Sanscriet, versie 1.11) berekent voor standaardomstandigheden met inachtneming van alle blootstellingroutes tegelijkertijd voor 'wonen met moestuin' een kritische concentratie in grondwater van circa 3.600 µg/l waarboven een risico van een te hoog geachte inname aanwezig is.

11.6 Conclusies

Thiocynaat kan de functie van de schildklier ontregelen. Dit leidt niet tot een eenduidig effect waardoor de symptomen ervan in het algemeen niet herkenbaar zijn. Dat wil niet zeggen dat er geen effecten zijn. Zij hangen echter af van de leeftijd van de blootgestelde persoon en van de plek waar ten tijde van de verminderde schildklierwerking thyroxine of groeihormoon in het lichaam nodig is.

Thiocynaat is geen lichaamsvreemde verbinding en de concentraties ervan in het lichaam worden in belangrijker mate door andere factoren bepaald dan door opname vanuit bodemverontreiniging. Vooral het eten van cassaveproducten en roken leveren een grotere bijdrage.

Berekeningen in CSOIL geven aan dat op gasfabriekterreinen verhoogde risico's alleen aanwezig zijn onder tamelijk uitzonderlijke situaties van een (dagelijkse) consumptie van ongezuiverd grondwater als drinkwater en bij consumptie van veel groenten die op sterk vervuilde gedeelten van het gasfabriekterrein zijn geteeld. Risico's treden dan op bij concentraties in grondwater (bodemvocht) die hoger zijn dan circa 400 µg/l bij inname van grondwater tot circa 3.600 µg/l bij moestuingebruik.

DEEL C: CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

12 Conclusies

12.1 Aanwezigheid in de bodem

Op circa 36% van de voormalige gasfabriekterreinen in Nederland is geen onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van thiocynaat. Op circa 43% van de terreinen is een beperkt aantal metingen gedaan (≤ 20 grondwateranalyses) waaruit alleen een indicatief beeld over de aanwezigheid van thiocynaat kan volgen. Op circa 21% van de terreinen zijn zodanig veel metingen gedaan (> 20 grondwateranalyses) dat naar verwachting een betrouwbaar beeld van de aanwezigheid van thiocynaat is ontstaan.

De aanwezigheid van thiocynaat op voormalige gasfabriekterreinen in Nederland kent een regionale differentiatie waarbij thiocynaat vaker en in hogere concentraties aanwezig is in gebieden met relatief slecht doorlatende bodems. Deze liggen vooral in West-Nederland.

De hoogste concentraties aan thiocynaat komen vaak voor op enige afstand van de oorspronkelijke bronnen en in sterk gereduceerde pakketten.

12.2 Chemische analyse

De concentratie aan thiocynaat zoals bepaald volgens de EPA-verschilmethode is doorgaans lager dan de concentratie zoals bepaald volgens de directe methode. Voor individuele monsters zijn de concentraties volgens de EPA-verschilmethode tussen een factor 10 kleiner tot een factor $\sqrt{10}$ (=3,16) groter dan de concentratie aan thiocynaat volgens de directe methode.

Concentraties aan thiocynaat in grondwater op gasfabriekterreinen variëren van 5 tot 500.000 $\mu\text{g/l}$. Dat zijn dus vijf orden van grootte. De nauwkeurigheid van de analysemethode beslaat doorgaans een halve tot één orde van grootte. Voor het beoordelen van de situatie met betrekking tot thiocynaat in Nederland als geheel, zoals in dit rapport, is de onnauwkeurigheid in de analysemethode daarom niet van wezenlijke invloed.

Op lokale schaal kan de onnauwkeurigheid in de analyse wel belangrijk zijn. Dit geldt in het bijzonder bij het vaststellen van de contouren van de interventiewaarde. Indien thiocynaat is bepaald via de EPA-verschilmethode geldt immers dat op de plek waar een interventiewaarde van 1.500 $\mu\text{g/l}$ wordt aangegeven, de concentratie volgens de directe methode 500 $\mu\text{g/l}$ zou kunnen zijn maar ook 15.000 $\mu\text{g/l}$. Evenzo kan, indien de concentratie via de directe methode is bepaald, de concentratie via de EPA-verschilmethode slechts 150 $\mu\text{g/l}$ zijn maar ook 4.500 $\mu\text{g/l}$.

12.3 Bronnen en bedrijfsprocessen

De regionale verschillen kunnen niet worden verklaard uit (herleidbare) verschillen in bedrijfsvoering waaronder de omvang en de duur van de gasproductie, de wijze van gaswaterverwerking en het gebruik van meer of minder zwavelhoudende kolen.

12.4 Vorming

Het optreden van pyrietoxidatie, en in mindere mate van sulfaatreductie, onder omstandigheden waarin ook (ijzer)cyaniden in de bodem aanwezig zijn, creëert omstandigheden die grote overeenkomsten vertonen met die tijdens de in situ regeneratie van ijzeraarde ten tijde van de gasfabricage, waarvan vanuit de gasfabricageliteratuur bekend is dat daarbij grote hoeveelheden thiocynaat werden gevormd. Vorming van thiocynaat is bovendien bekend vanuit de microbiologische literatuur.

Thiocyanaat komt in het veld vooral voor onder sulfaatreducerende omstandigheden waarbij zowel sprake kan zijn van echte sulfaatreductie als van pyrietoxidatie. Thiocyanaat komt ook vrijwel altijd voor samen met ijzercyaniden. De sulfaatreducerende redoxcondities in combinatie met de aanwezigheid van ijzercyanide-complexen scheppen de omstandigheden waaronder vorming van thiocyanaat kan optreden.

De resultaten van drie uit negen beschouwde batchexperimenten duiden erop dat vorming van thiocyanaat tijdens de experimenten is opgetreden. In de overige zes experimenten speelde vorming geen rol van betekenis of werd het effect ervan gemaskeerd door andere processen. In elk van de drie experimenten waarin sprake was van vorming, voldeden de omstandigheden aan de 'eisen' die voor vorming noodzakelijk zijn, te weten sulfaatreducerende omstandigheden waarbij niet alle zwavel in de vorm van volledig gereduceerd sulfide aanwezig is. Van de zes experimenten waarin geen sprake was van vorming, waren de omstandigheden in één experiment niet volledig bekend. In één experiment voldeden de omstandigheden duidelijk niet aan de 'eisen' zoals die volgens de theorie voor vorming worden gesteld en waren de resultaten dus ook in overeenstemming met de 'theorie'. Voor de vier overige experimenten kon geen verklaring worden gegeven waarom geen vorming was opgetreden.

Uit de massabalansen van drie kolomexperimenten zijn geen duidelijke aanwijzingen gevonden dat vorming van thiocyanaat daarin een rol van betekenis speelde. Mogelijk zijn de omstandigheden tijdens de uitvoering niet gunstig daarvoor geweest.

12.5 Afbraak

In de microbiologische literatuur is afbraak van thiocyanaat onder aerobe en nitraatreducerende omstandigheden voor verschillende soorten bacteriën beschreven. Over de afbraak onder sterker gereduceerde omstandigheden is weinig geschreven maar aannemelijk lijkt dat deze trager verloopt dan onder aerobe of nitraatreducerende omstandigheden.

In het veld worden hoge thiocyanaatconcentraties weinig aangetroffen in aerob of nitraatreducerend grondwater. Dit kan aansluiten bij de geringere afbraakmogelijkheden onder sterker reducerende condities.

De resultaten van zes uit negen beschouwde batchexperimenten duiden erop dat afbraak van thiocyanaat tijdens de experimenten is opgetreden. In vijf van de zes experimenten was sprake van sulfaatreducerende omstandigheden. In één experiment waren de omstandigheden onbekend. In de overige drie experimenten speelde afbraak geen rol van betekenis of werd het effect ervan gemaskeerd door andere processen.

Uit de massabalansen van drie kolomexperimenten bleek afbraak het belangrijkste verwijderingsproces te zijn in klei (60 tot 70%) en veen (>99%).

Op basis van batch- en kolomexperimenten lijkt afbraak van thiocyanaat (ook) mogelijk te zijn onder sterk gereduceerde (sulfaatreducerende) omstandigheden. De regionale verschillen lijken derhalve niet te zijn veroorzaakt door de afwezigheid van afbraak in gebieden met slecht doorlatende, meer gereduceerde bodems. Mogelijk dat de balans tussen vorming en afbraak van thiocyanaat, onder dezelfde bodem- en redoxcondities, wel een rol speelt in deze regionale verschillen.

12.6 Sorptie

Uit beschouwing van de massabalansen voor drie kolomproeven blijkt dat de massa-afname gedurende de experimenten alleen kan worden verklaard door desorptie van thiocyanaat vanaf de vaste fase naar de waterfase.

Bij gasfabriekterrein Pernis lijkt de aanwezigheid van thiocyanaat vooral te zijn gecorreleerd aan de aanwezigheid van organische stof. Dit zou kunnen duiden op de sorptie van thiocyanaat aan

organische stof. De 'sorptiecapaciteit' bedroeg dan gemiddeld 35 mg/kg organische stof met afzonderlijke waarden van 20 tot 80 mg/kg o.s.

12.7 Toxiciteit

Thiocyanaat kan de functie van de schildklier ontregelen. De effecten hangen daarom af van de plek waar ten tijde van de blootstelling schildklierhormonen in het lichaam nodig zijn. De effecten zijn daardoor niet éénduidig en de symptomen slecht herkenbaar.

Thiocyanaat komt ook van nature, of via andere weg dan door bodemverontreiniging in het lichaam voor. Vooral het eten van cassaveproducten en roken leveren een grotere bijdrage. Berekeningen in CSOIL geven aan dat op gasfabriekterreinen verhoogde risico's alleen aanwezig zijn onder tamelijk uitzonderlijke situaties van een (dagelijkse) consumptie van ongezuiverd grondwater als drinkwater en bij consumptie van veel groenten die op sterk vervuilde gedeelten van het gasfabriekterrein zijn geteeld. Risico's treden dan op bij concentraties in grondwater (bodemvocht) die hoger zijn dan circa 400 µg/l bij inname van grondwater tot circa 3.600 µg/l bij moestuingebruik.

12.8 Hypothesen

In Hoofdstuk 3 zijn zes hypothesen geformuleerd die mogelijke verklaringen vormen voor de in deel A geconstateerde regionale verschillen in voorkomen van thiocyanaat. Door confrontatie van deze hypothesen met de voorgaande conclusies kan de aannemelijkheid van de hypothesen nader worden aangegeven:

Hypothese 1:

De hogere concentraties houden verband met een andere wijze van gaswaterverwerking op de (gemiddeld) grotere en (gemiddeld) dichter bij centrale afnemers gelegen gasfabrieken 'in het Westen van het land'.

De invloed van de gaswaterverwerking kan op individuele gasfabriekterreinen zeker een bijdrage hebben geleverd aan de verontreinigingssituatie maar vormt geen verklaring voor de geconstateerde regionale diversiteit. Het is daarmee geen dominante oorzaak. De hypothese wordt verworpen.

Hypothese 2:

De hogere concentraties houden verband met het grotere verbruik van zwavelrijke Engelse kolen die 'in het Westen van het land' gemakkelijk per schip konden worden aangevoerd dan van zwavelarme Duitse kolen die 'in het Oosten van het land' gemakkelijk over het spoor konden worden aangevoerd.

Het gebruik van meer en minder zwavelhoudende kolen vormt geen verklaring voor de geconstateerde regionale diversiteit. Het is daarmee geen dominante oorzaak. De hypothese wordt verworpen.

Hypothese 3:

Thiocyanaat kan worden gevormd onder reductieve redoxomstandigheden en komt daarom in de vaak gereduceerde bodems 'in het Westen van het land' in hogere concentraties voor dan in de minder gereduceerde bodems 'in het Oosten van het land'.

Op basis van de theorie is vorming van thiocyanaat in de bodem aannemelijk onder sulfaatreducerende omstandigheden waarbij tamelijk lage pH-waarden optreden. Dit is vooral het geval bij pyrietoxidatie. Situaties waarin hoge concentraties aan thiocyanaat voorkomen, lijken vaak dergelijke omstandigheden te kennen, zonder dat dit echter overtuigend is aangetoond. De hypothese is in dit project vooral theoretisch beter onderbouwd terwijl waarnemingen uit het veld of laboratorium niet strijdig zijn. De hypothese blijft daarom als mogelijke verklaring gehandhaafd.

Hypothese 4:

Thiocyanaat wordt in gebieden met meer oxidatieve redoxomstandigheden 'in het Oosten van het land' goed afgebroken en is daar dus minder aanwezig dan in gebieden met meer reductieve redoxomstandigheden 'in het Westen van het land'.

Aerobe afbraak van thiocyanaat treedt op en kan zeker 'in het Oosten van het land', of meer algemeen onder oxidatieve omstandigheden, ervoor zorgen dat geen of weinig thiocyanaat aanwezig

is. Ditzelfde geldt ook voor nitraatreducerende omstandigheden. Waarnemingen uit laboratoriumexperimenten duiden erop dat afbraak vermoedelijk ook onder meer gereduceerde omstandigheden optreedt. Waarnemingen vanuit het veld zijn hiermee niet strijdig. De hypothese blijft als mogelijke verklaring gehandhaafd met de aanvulling dat ook 'in het Westen van het land', of meer in het algemeen onder meer reducerende omstandigheden afbraak optreedt maar dat deze trager verloopt.

Hypothese 5:

Thiocyanaat bindt sterk aan organische stof en de grotere nalevering daaruit zorgt voor hogere concentraties in organische stofrijke bodems 'in het Westen van het land'.

Er zijn weinig waarnemingen gedaan die de hypothese ondersteunen. In veel gevallen kan sorptie (of desorptie) echter zijn gemaskeerd door het tegelijk optreden van vorming of afbraak. Sorptie is vermoedelijk geen dominant proces. De hypothese blijft als mogelijke verklaring gehandhaafd waarbij de kwalificatie 'sterk' komt te vervallen.

Hypothese 6:

Thiocyanaat heeft zich in gebieden met sterke (horizontale) grondwaterstroming al tot buiten het aandachtsgebied verplaatst en is daardoor op veel plaatsen niet opgemerkt terwijl het (verderop) wel aanwezig is. Thiocyanaat lijkt daardoor in bodems met grote horizontale grondwaterstroming 'in het Oosten van het land' minder aanwezig te zijn dan in bodems met geringe horizontale grondwaterstroming 'in het Westen van het land'.

De goede afbraakmogelijkheden in meer oxidatieve grondwaterpakketten maakt onwaarschijnlijk dat zich 'in het Oosten van het land' hoge concentraties aan thiocyanaat in het grondwater voordoen. Hiervoor zijn ook geen verdere aanwijzingen gevonden. Als oorzaak van de geconstateerde regionale verschillen wordt de hypothese dan ook verworpen.

13 Aanbevelingen

13.1 Algemeen

In Hoofdstuk 12 zijn de conclusies vermeld zoals die volgen uit de interpretatie en de evaluatie van de verzamelde en voorhanden zijnde gegevens. Deze conclusies en de in dit rapport weergegeven kennis kan worden gebruikt bij de invulling van onderzoek op gasfabriekterreinen, voor de totstandkoming van een saneringsaanpak en het procesmatig aansturen van projecten (zie tevens deel D).

Desondanks moet ook worden onderkend dat er nog hiaten in de kennis bestaan. Zoals op het gebied van de eventuele vorming van thiocynaat als gevolg van (biologische en chemische) processen in de bodem. Of de snelheid van biologische afbraak en de exacte condities waaronder afbraak plaatsvindt. Duidelijk is weliswaar dat afbraak mogelijk is, maar of afbraak optreedt, is niet direct uit de redoxcondities in de bodem af te leiden (zoals dit wel voor andere verbindingen vaak geldt).

Het huidige project biedt niet de gelegenheid om deze hiaten nog verder te verkennen en uit te zoeken. Vandaar dat getracht is deze hiaten door middel van aanbevelingen verder in te vullen, daarbij gebruik makend van de in dit project verzamelde kennis. Welke acties zijn relevant om de open einden op de actuele gasfabriekterreinen verder in kaart te brengen? Welke analyses of aanpak kan daarbij worden gevolgd? Voor deze aspecten zijn onderstaande aanbevelingen bedoeld.

13.2 Aanbeveling betreffende onderzoek thiocynaat op locaties

- Neem thiocynaat in het onderzoek mee als gewone, reguliere gasfabriekparameter (naast de andere parameters). In een aantal gevallen blijkt thiocynaat een (mede)omvangbepalende component te zijn;
- Meer van generieke aard: Om de keuze tussen de directe meting en verschilmeting als beste techniek beter te kunnen onderbouwen zou het wenselijk zijn op verschillende meetreeksen zowel de verschil als directe meting te verrichten en via ringonderzoek met laboratoria de beste methodiek te kiezen;
- Ten behoeve van conservering: aanloggen van bemonsterd grondwater zodat monsters basisch blijven.

13.3 Aanbeveling betreffende herkomst/bronnen thiocynaat

- Verrichten van specifieke metingen op ijzer, sulfaat, buffercapaciteit/calcium, nitraat en zuurstof om mogelijke vorming van thiocynaat te verifiëren cq. vast te stellen. Dit betekent dat onderzoek van de redoxcondities op locaties, op verschillende te onderscheiden bodemlagen nodig is. Doel hiervan is om de redoxtoestanden in beeld te brengen in relatie tot de mogelijkheden voor vorming en afbraak;
- Analyseer naast grondwater ook grondmonsters op thiocynaat, vooral in die lagen die zich in gereduceerde zones rondom en onder de feitelijke cyanidebronnen bevinden;
- Verifieer op basis van bodemkaarten waar eventueel pyriet voorkomt.

13.4 Aanbeveling betreffende biologische afbraak

- Indien er vanuit velddata, zoals verwachte versus actuele pluimomvang, redenen zijn om te veronderstellen dat biologische afbraak een rol speelt, deze afbraak verifiëren door middel van een maatwerk labonderzoek.

DEEL D: PROCESMATIG SPOOR

14 Inleiding

14.1 Aanleiding tot het processpoor

Thiocyanaat is een stof die pas enkele jaren geleden voor het eerst is geanalyseerd en aangetroffen in de ondergrond van voormalige gasfabriekterreinen. De stof is dan ook nog vrij onbekend. Inmiddels zijn de eerste ervaringen opgedaan aan de hand van waarnemingen in het veld, testen in het laboratorium en ervaringen tijdens sanering. Een dergelijke situatie, dat een vrij nieuwe stof meegenomen moet worden in de afwegingsmethodiek, is niet op zichzelf staand. Het komt vaker voor. Net als bodembeleid, dat zich vernieuwt. Daarom is specifiek gekeken naar de wijze waarop het proces verloopt om te komen tot besluitvorming over de aanpak.

In het consortium zitten vertegenwoordigers van bevoegde gezagen en opdrachtgevers. Allen zijn ze vanuit de problematiek op voormalige gasfabriekterreinen in aanraking gekomen met de stof thiocyanaat. Bij deze gasfabriekterreinen is de stof thiocyanaat op verschillende tijdstippen voor het eerst vastgesteld: in de onderzoeksfase, in de voorbereidingsfase of in de uitvoeringsfase. Eén ding hebben deze projecten gemeenschappelijk: er moet een keuze worden gemaakt op welke wijze de stof thiocyanaat bij de verdere afweging wordt meegenomen en hoe dit proces vorm te geven.

Tijdens een startbijeenkomst van het consortium is gerealiseerd dat er bij thiocyanaat niet alleen sprake is van een technisch (vakinhoudelijke) kant, maar dat er ook een proceskant is waarin plek is voor de introductie van nieuwe kennis, hoe die kennis kan worden verspreid en worden ingezet, om uiteindelijk een projectrealisatie te krijgen waarin de nieuwe kennis optimaal / integraal door de projectdeelnemers wordt gebruikt / benut. Bij de start van dit project is de proceskant van de bodemsanering van groot belang geacht voor het welslagen van bodemsaneringsprojecten.

Het doel van het Processpoor (en dus deel D) is *het verwerven van inzicht in de wijze waarop besluitvorming verloopt bij complexe gevallen van bodemverontreiniging bijvoorbeeld als er een nieuwe stof, zoals thiocyanaat, wordt gevonden.*

Daarnaast wordt inzicht gegeven hoever we met dit SKB-project zijn gekomen ten aanzien van sociale leerprocessen met elkaar (binnen het consortium) en in onze eigen werkomgeving. We delen door deze rapportage onze inzichten en komen met aanbevelingen voor een vervolg.

Voor dit doel zijn in eerste instantie door het kernteam interviews afgenomen bij de probleembezitters / bevoegde gezagen. Nadat het kernteam kennis had genomen van het SKB-rapport 'Optimalisatie van sociale leerprocessen (Haring 2005, SKB-P-05-10598) over sociale leerprocessen in (enkele) SKB-projecten, is besloten om deze kennis te benutten. Deze kennis sloot immers aan op het doel van het processpoor. Hiervoor is, naast de interviewronde, een extra sessie georganiseerd van het consortium. Eerst is een opzet gemaakt, met gebruikmaking van de kennis en ervaringen uit de scriptie. Uit het conceptueel model in het rapport konden onderzoeksvragen worden afgeleid, die in de opzet en de evaluatie van de extra sessie met het consortium zijn gebruikt.

14.2 Benadering en uitwerking

Om meer zicht te krijgen in de wijze waarop een stof als thiocyanaat bij de verdere afweging en uitwerking wordt meegenomen zijn interviews afgenomen. De interviews zijn afgenomen met de leden van het consortium die de rollen vervullen van opdrachtgever of bevoegd gezag. De gesprekken leverden materiaal op over de relatie tussen de omstandigheden enerzijds en anderzijds het bereiken van afstemming en overeenstemming over aanpak en uitvoering van de sanering. In § 15.2 wordt verder ingegaan op de opzet en bevindingen van de interviews.

Bij het nemen van een besluit over de aanpak van bodemverontreiniging, en dus ook met de aanwezigheid van een nieuwe stof als thiocyanaat, spelen meerdere aspecten een rol. Duidelijk is dat het vigerende bodembeleid en aanwezige technisch inhoudelijke kennis vaak sturend zijn. In de praktijk zullen regelmatig ook aspecten meespelen die verband houden met de proceskant. Hierbij kan

gedacht worden aan de bestuurlijke omgeving, procedures, ruimtelijke ontwikkelingen en aan persoonlijke drijfveren. De vraag 'waar liggen de prioriteiten?' worden soms bewust (expliciet gemaakt) maar ook onbewust (onbenoemd gelaten) doorlopen. Deze ontwikkelingen van de bodemsaneringpraktijk sluiten aan op bijvoorbeeld inzichten uit het zogenaamde 'derde generatie management' (Pas)¹.

In projecten / processen vindt afstemming en besluitvorming plaats. Soms stagneert dit juist. Het is belangrijk te herkennen in hoeverre bepaalde aspecten onderkend zijn en een rol hebben gespeeld of nog spelen bij deze stagnatie. Herkenning is noodzakelijk om stagnatie te ondervangen of om weer voortgang in het proces te krijgen. Stimuleren van deze herkenning is onderdeel van sociale leerprocessen. Sociale leerprocessen zijn daarom toepasbaar voor dit SKB-project, zie Hoofdstuk 14.

Voor het vergroten van het bewustzijn over deze aspecten binnen dit SKB-project is vervolgens gebruik gemaakt van interviews en is een workshop gehouden. In de workshop is gewerkt volgens de KEI-methodiek. De methodiek loopt langs drie peilers: Klantgerichtheid, Efficiënt en Integraal. Verschillende aspecten van het sociaal leren komen aan bod (Hoofdstuk 15).

In Hoofdstuk 16 is ingegaan op de interviews, de indrukken van deze gesprekken en de workshop gehouden in het kader van het processpoor. In Hoofdstuk 17 wordt nader ingegaan op de bevindingen. Tevens worden aanbevelingen geformuleerd betreffende het processpoor.

Hoofdstuk 18 bevat een nawoord en de verschillende verwijzingen naar literatuur en andere informatiebronnen staan opgenomen in Hoofdstuk 19.

¹ Derde generatiemanagement is participatief: Het is een managementstijl waarbij vertrouwen centraal staat. Men vertrouwt beslissingsbevoegdheid toe aan die mensen die het dichtst bij de werksituatie staan. Met ander woorden, de mensen aan de basis beslissen en het management zorgt voor de nodige omkadering en ondersteuning zodat al deze individuele verantwoordelijkheden harmonieus bij elkaar passen. Hierdoor ontstaat een effectieve en efficiënte organisatie.

15 Sociale leerprocessen

15.1 Inleiding

In projecten / processen vindt afstemming en besluitvorming plaats. Soms stagneert dit juist. Het is belangrijk te herkennen in hoeverre bepaalde aspecten onderkend zijn en een rol hebben gespeeld of nog spelen bij deze stagnatie. Het is belangrijk te herkennen in hoeverre niet-technische aspecten een rol spelen. Deze aspecten spelen vooral een rol in het sociaalorganisatorische proces (het processpoor) bij het project. Dit is aanvullend op de traditionele technische benadering bij bodemsanering. Deelnemers aan zulke projecten zullen dan een sociaal leerproces moeten doorlopen om succesvol te zijn.

Sociale leerprocessen is één van de thema's van de leerstoelgroep Communicatie en Innovatiestudies aan Wageningen Universiteit². Eén van de studenten van de leerstoelgroep heeft in opdracht van het SKB haar afstudeerscriptie gewijd aan het optimaliseren van sociale leerprocessen (Haring, 2005). De samenvatting van dit rapport is als Bijlage H toegevoegd aan dit rapport. In dit onderzoek zijn drie SKB-projecten onderzocht op aspecten van sociale leerprocessen.

In dit hoofdstuk maken we gebruik van de theorie, expertise en opgedane ervaringen.

15.2 Aanleiding scriptie

Vanaf de start van de bodemsaneringsoperatie (Lekkerkerk, 1979) is het overheidsbeleid rondom onderzoek en sanering verschillende malen gewijzigd. Sinds 1997 dient functiegericht te worden gesaneerd. Het beleid en de huidige kennis over bodemsanering biedt veel handvatten om op praktische, creatieve en innovatieve wijze de bodemsanering te benaderen en uit te voeren. In de praktijk worden deze handvatten (nog te) weinig gebruikt, waardoor projecten (onnodig) stagneren. Daarnaast wordt er nog te weinig functiegericht en kosteneffectief gesaneerd.

Haring maakt duidelijk dat naast technisch inhoudelijke innovaties ook procesinnovaties nodig zijn, willen we, met alle betrokkenen, op een effectievere manier de saneringsproblematiek aanpakken. Een sociaaltechnische innovatie wordt hiermee gecreëerd. Voor het creëren van een sociaaltechnische innovatie kan het instrument sociale leerprocessen worden toegepast. Het instrument sociale leerprocessen gaat namelijk in op sociaalorganisatorische problemen en oplossingen.

In het conceptuele model wordt gesteld dat sociaal leren kan leiden tot een andere, gemeenschappelijke, kijk op de problematiek (reframing); reframing kan leiden tot een sociaaltechnische innovatie.

15.3 Communicatie en reframing

Communicatie wordt gezien als de interactie tussen verschillende personen. Daarbij wordt in een gezamenlijke context specifieke kennis gecreëerd. Ofwel, de personen die met elkaar communiceren, creëren een gezamenlijke werkelijkheid.

Frames zijn cognitieve kaders die mensen helpen bij het toepasbaar maken van complexe informatie. Frames helpen ons om de wereld om ons heen te interpreteren en te representeren aan anderen. Als de actoren de eigen frames en de frames van anderen beter begrijpen, wordt dit '*reframing*' genoemd. Reframing vormt de kern van een succesvol sociaal leerproces. Men voelt zich hiertoe alleen genoodzaakt als men wederzijds van elkaar afhankelijk is. Er kan vanuit dit frame een gezamenlijke probleemdefinitie geformuleerd worden, van waaruit men op zoek gaat naar oplossingen.

² De genoemde leerstoelgroep staat onder leiding van prof. C. Van Woerkum.

De gezamenlijke probleemdefinitie wordt in dit SKB-project gezien als het 'hogere doel'. Door *reframing* treedt men uit de eigen (denk)kaders, waardoor meerdere en andere oplossingen in de saneringspraktijk mogelijk worden.

15.4 Vier aspecten van sociaal leren

De volgende vier aspecten van sociaal leren worden benoemd:

1 Substantieel leren

Substantieel leren betreft het leren over nieuwe *frames* en perspectieven. In kennisontwikkelingsprocessen zal substantieel leren vaak nodig zijn om tot doorbraken te komen ten behoeve van nieuwe, integratieve ontwerpen. Het sociale leren (het begrijpen van de achtergronden en motieven van de ideeën en opvattingen van actoren in het proces) gaat met dit substantiële leren samen. De inrichting van onze kennishuishouding heeft hier ook mee te maken.

2 De aandacht voor machtsrelaties

Er zijn verschillende actoren bij het bodemsaneringsproces betrokken. Als deze actoren verschillende belangen hebben, zal men ook aandacht moeten hebben voor deze belangen. De belangen spelen een grote rol in de zoektocht naar oplossingen. Door de complexiteit van de probleemsituatie is onderhandelen over oplossingen noodzakelijk, waarbij onderscheid wordt gemaakt in distributief onderhandelen (een ieder houdt vast aan de eigen perceptie en positie) en integratief onderhandelen (partijen ontwikkelen nieuwe of in ieder geval gedeelde probleemsituaties en cognities op basis van een creatief sociaal leerproces). Het laatste resulteert in de identificatie van een win-win situatie. Daar hoort een goed gemanaged onderhandelingsproces bij. Conflicten horen hierbij. Conflict kan leiden tot participatieve interventie of conflict ontstaat tijdens het innovatie proces en kan het proces zowel negatief als positief beïnvloeden.

3 Actiegerichtheid

Binnen sociale leerprocessen wil men van elkaar leren, leren door te doen, om vervolgens tot actie over te gaan. Dus naast van elkaar te leren, is ook van belang afspraken te maken over welke actie door wie wordt ondernomen. Iedere actor dient hierin zijn verantwoordelijkheid te nemen. Op het moment dat er vanuit een gezamenlijke probleemdefinitie naar oplossingen wordt gezocht en men gezamenlijke afspraken maakt over de te ondernemen acties, kan een sociaaltechnische innovatie tot stand komen. De verschillende actoren creëren een gezamenlijke probleemdefinitie en staan daardoor volledig achter de oplossingen, die samen bedacht zijn en zijn daardoor gemotiveerd de afgesproken acties uit te voeren.

4 Interdisciplinariteit

Als een probleemsituatie complex is, zijn meerdere disciplines en praktijken nodig om inzicht in de situatie en oplossingen te verkrijgen. Zo kan men de probleemstelling en de oplossing vanuit de verschillende invalshoeken van de verschillende actoren bekijken. Mensen uit de praktijk kunnen ervaringskennis inbrengen, wetenschappers kunnen theoretische kennis inbrengen. In een sociaal leerproces moeten verschillende soorten kennis (wetenschappelijk/ervaringskennis, expliciete en impliciete kennis) met elkaar verbonden worden. Een sociaal proces heeft dus een interdisciplinair karakter. Deze kennis kan het beste met elkaar verbonden worden als men leert over elkaars achtergronden en percepties, dus als men substantieel leert.

15.5 Community of Practice

Een Community of Practice (CoP) beoogt een veilige omgeving te bieden waarin mensen een gemeenschap kunnen vormen. (Bood en Coenders, 2004) definiëren een CoP als een groep mensen die hun kennis en ervaring rond een bepaald thema of vakgebied delen en met elkaar leren om beter met de problemen en uitdagingen in de praktijk om te gaan. Een CoP kan als instrument binnen organisaties ingezet worden. Maar een CoP kan ook bestaan uit mensen van verschillende organisaties.

(Wenger et al., 2002) definiëren een CoP als een groep mensen die een zorg, probleem of passie met betrekking tot een bepaald domein delen en hun kennis en vaardigheden willen verdiepen door een continue uitwisseling hierover. Wenger ziet sociaal leren niet alleen als een proces waarbij individuen van elkaar leren, maar juist ook wanneer als groep geleerd wordt. Participeren en leren zijn geen activiteiten die geïsoleerd plaatsvinden, maar vormen een inherent onderdeel van het leven

in een sociale gemeenschap. Daarmee zijn ze onderdeel van de identiteit van de leden en is leren geen vrijblijvende, neutrale activiteit meer. Het bepaalt niet alleen wat we doen, maar ook wie we zijn en welke betekenis we toekennen aan wat we doen.

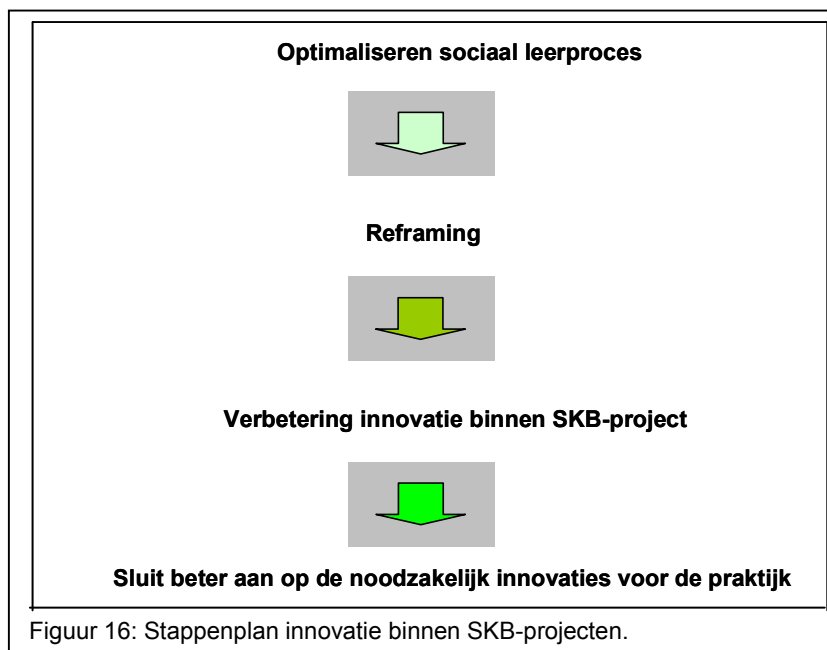
De meeste CoP's worden ingezet voor meerdere doelstellingen, maar één ervan is vaak dominant. De structuur, rollen en activiteiten van de CoP ontwikkelen zich dan rond die doelstelling. Het vaststellen van de doelstelling van de CoP helpt bij het omschrijven van de reikwijdte van de CoP en bij het bepalen van het soort kennis dat de CoP zal gaan delen. Duidelijkheid over de doelstelling concretiseert het abstracte begrip CoP. Dit komt de duidelijkheid voor de leden ten goede (Kolb, 1984). Men kan aan de hand van de vier verschillende doelstellingen vier typen CoP onderscheiden:

1. Ondersteunend (elkaar helpen bij het oplossen van problemen);
2. Best practices (inbrengen, verzamelen, valideren en uitwisselen van best practices);
3. Kennis beheren (verzamelen, organiseren en distribueren van kennis richting de dagelijkse praktijk);
4. Innovatie gericht (identificeren van kansrijke ideeën en innovaties en deze verder ontwikkelen).

Bij het identificeren van kansrijke ideeën en innovaties gaat het niet alleen om technische innovaties, maar ook om sociale innovaties of sociaaltechnische innovaties. Bij een sociale innovatie spreekt men ook wel van visievorming. Een CoP is een goed instrument voor het vormen van een visie over een specifiek onderwerp.

15.6 Koppeling praktijk aan theorie

De informatie en kennis over sociale leerprocessen wordt nu gebruikt om stappen te zetten om het doel van het procespoor te bereiken. Deze stappen zijn ontleend aan het SKB-rapport 'Optimalisatie sociale leerprocessen (Haring, 2005) (Figuur 0). Haring legt tevens de link naar het ervaringsleren van Kolb [69], waarbij leren in de praktijk als een continu proces wordt beschouwd.



Figuur 16: Stappenplan innovatie binnen SKB-projecten.

16 Interviews en workshop

16.1 Herkenning van het processpoor

Gedurende het project is een groeiend bewustzijn ontstaan dat bij het welslagen van een project het niet alleen gaat om vaktechnische kennis. In het technische spoor is de beschikbare kennis en ervaring op een rij gezet. Tijdens de eerste sessie van het consortium is beschikbare technische kennis gepresenteerd. In de discussie ging het, uitgelokt door de inbreng van de andere partijen (probleemhebbers, bevoegde gezagen), vooral over hoe je voortgang in de bodemsanering en een optimale saneringswijze kon bewerkstelligen in samenwerking met een adviesbureau. Echter, in een veranderende wereld, is er meer nodig dan nieuwe kennis en voortschrijdende inzichten. Het consortium vond dat ook het processpoor volwaardig moest worden ingestoken. Het gaat daarbij over een andere manier van omgaan met elkaar en een nieuwe manier van communiceren. Het doel van het processpoor luidde:

“Het verwerven van inzicht in de wijze waarop besluitvorming verloopt bij complexe gevallen van bodemverontreiniging, bijvoorbeeld als er een nieuwe stof, zoals Thiocyanaat, wordt gevonden.”

16.2 Interviewronde

Binnen het processpoor is begonnen met het afnemen van interviews van probleemhebbers en bevoegde gezagen. Voor het effectief laten verlopen van de gesprekken is een vragenlijst opgesteld. De vragenlijst, zie Bijlage F, vormt een leidraad bij de gesprekken.

Er zijn zes interviews afgenomen (Tabel 17). De vorm van de interviews varieerde. Sommige interviews verliepen letterlijk volgens de vragenlijst en in andere interviews was de vragenlijst de basis voor een gesprek.

Tabel 17: *Overzicht afgenomen interviews.*

| Organisatie | Contact | Rol |
|--|----------------------------------|---|
| Provincie Friesland | Barend Leest Yvo Muller | beschikking verlener toezichthouder / handhaving |
| Gemeente Enschede | Freddie Deurwaarder Bert Haer | techniek en advies vergunning verlener / beschikking |
| DCMR Milieudienst Rijnmond (Rotterdam) | Hub Meuffels Marc Groenenboom | Probleemhebber / (bevoegd gezag) |
| Gemeente Den Haag | Gert-Jan Lammers | Probleemhebber |
| Gemeente Den Haag | Albert de Vries | Bevoegd gezag |
| Provincie Zeeland | Peter Brand E.M. Janse | Probleemhebber en bevoegd gezag |

De verslagen van de gesprekken zijn als Bijlage G opgenomen. De bevindingen van de interviews zijn in vier aandachtsgebieden opgedeeld.

1. helderheid uitgangssituatie;
2. bereiken van overeenstemming als proces;
3. nieuwe stoffen zoals thiocyanaat;
4. onzekerheid.

16.3 Bevindingen uit de interviews

Tijdens de gesprekken zijn onder andere knelpunten ter sprake gekomen die de voortgang van het proces stagneren en bij de valkuilen die dit kunnen veroorzaken. Een aanzet is gegeven om die elementen aan te geven die wellicht behulpzaam kunnen zijn bij het soepel laten verlopen van het proces. De voorbeelden om een en ander te illustreren zijn ontleend aan de gesprekken en zijn als blokjes weergegeven.

Helderheid uitgangssituatie

Bij de aanpak van een sanering zijn verschillende partijen betrokken (dikwijls in een projectteam of planteam). Betrokken partijen dienen bij de start van het proces overeenstemming te bereiken over de verzameling uitgangspunten³ en randvoorwaarden⁴, en te komen tot besluitvorming over de saneringsaanpak. Uitgangspunten dienen als vertrekpunt en kunnen gaandeweg ter discussie komen te staan. Tijdens het proces kunnen ze eventueel worden aangepast. Een randvoorwaarde is een harder criterium dan een uitgangspunt. Randvoorwaarden staan (voor betrokkenen en daarmee voor het team) vast en dienen te allen tijde gerespecteerd te worden. Betrokkenen dienen zich bewust te zijn van bovenstaand onderscheid. Dit is essentieel voor het slagen van het project.

“In Rotterdam is de Randvoorwaarde het managen van de risico’s. Waarbij het begrip risico breder is dan het milieuhygiënische risico. Het omvat ook bestuurlijke risico’s; het risico dat voortgang in planvorming stagneert dan wel draagvlak ontbreekt. De streefwaarde wordt beschouwd als een academische discussie. In principe wordt gesaneerd tot de tussenwaarde (en als dat niet gehaald wordt, is onder de interventiewaarde ook acceptabel); risico gestuurd.”

“In Den Haag wordt het vinden van een nieuwe acceptabele doelstelling bemoeilijkt door de beschikking en de afspraken, die in het convenant zijn opgenomen. De opdrachtgever ervaart dat het bevoegd gezag de beschikking als een randvoorwaarde hanteert terwijl hij het als uitgangspunt neemt. Er is daardoor weinig speelruimte voor de opdrachtgever om te komen tot nieuwe, voor alle partijen acceptabele afspraken.”

Door het stellen van vragen en goed te luisteren wordt duidelijk wat ieders uitgangspunten en randvoorwaarden zijn. Als dit duidelijk is, is tevens duidelijk op welke punten overeenstemming is en op welke niet. De discussie die daarop volgt, heeft dan tot doel om met elkaar van gedachten te wisselen hoe waardevol een bepaald uitgangspunt of randvoorwaarde is. Tevens kan gerichter onderhandeld worden. Want als je erkent dat een uitgangspunt van één van de partijen eigenlijk een randvoorwaarde is (dus erg belangrijk is) dan erken je impliciet de rol van die

partij. Uiteraard kan het ook andersom; doorvragen kan je namelijk leren dat een randvoorwaarde eigenlijk meer een uitgangspunt is. Op dat moment wordt er geleerd van elkaar en is er sprake van substantieel leren. Het identificeren van een gedeeld hoger gelegen doel vergemakkelijkt het bereiken van overeenstemming. De uitgangspunten en randvoorwaarden zijn nu gezamenlijk vastgesteld. Het resultaat geeft de speelruimte weer van het projectteam of planteam om te komen tot de keuze van een saneringsaanpak. De praktijk leert dat hiermee verschillende saneringsoplossingen tot de mogelijkheden gaan behoren. Iedere saneringsaanpak dient aan te sluiten bij de uitgangspunten om de geformuleerde doelstelling te bereiken en moet

“Als stad hebben we maar beperkte middelen beschikbaar voor bodemsanering. Deze middelen moeten dan ook vooral effectief worden ingezet. Discussie over streef- en interventiewaarden is dan ook prima maar het gaat uiteindelijk om het bereiken van een geaccepteerd risico. Het begrip risico is breder dan alleen het milieuhygiënische risico. Net zo belangrijk is het bestuurlijke risico. Daar onder vallen aansprakelijkheid, imago, en kosten. Het verhaal naar de burgers moet uiteraard goed in elkaar steken want communicatie is belangrijk.”

³ Van Dale: Uitgangspunt is 'beginsel dat, veronderstelling die men aanneemt'.

⁴ Van Dale: Randvoorwaarde is 'bijkomstige voorwaarde die echter wel noodzakelijk is voor het te bereiken doel'.

vallen binnen de gestelde randvoorwaarden. Het projectteam heeft vervolgens de gelegenheid om de meest optimale te kiezen.

Als niet bewust wordt om gegaan met een discussie over uitgangspunten en randvoorwaarden bij de start van het overleg, dan is de kans groot dat gaande de rit discussie en zelfs een diepgaand verschil van mening hierover gaat ontstaan. Feitelijk kan er dan ook geen overeenstemming over het saneringsdoel bereikt worden. Het proces kenmerkt zich veelal door een steeds herhalende vraag om meer en gedetailleerder onderzoek en het zichtbaar worden van de spanning tussen één facet (bijvoorbeeld onderdeel van de ruimtelijke ordening) en een sectorale (zelfstandige) benadering van de bodemproblematiek. Van substantieel leren is geen sprake. Wat tot gevolg heeft dat het bodemsaneringsproces stagneert.

Bereiken van overeenstemming als proces

Daar waar geen stagnatie in het proces is opgetreden, constateren we dat er of een volledig, zelfstandige sectorale benadering van de problematiek mogelijk is, zoals in Zeeland het geval is, of dat er sprake is van een bovenliggend, hoger gelegen doel. Vanuit het hoger gelegen doel zijn dan duidelijk de randvoorwaarden, de uitgangspunten van het proces, de doelstellingen en de rollen en taken van de betrokkenen partijen af te leiden. Het lijkt er op dat een hoger gelegen doel een noodzakelijke voorwaarde is voor het bereiken van overeenstemming. Het proces kenmerkt zich over het algemeen door weinig spanning tussen de verschillende facetten en de sectorale benadering van de bodemproblematiek. De eigen sectorale doelen gaan dan onderdeel uitmaken van het grotere geheel en vormen een onderdeel van het hogere doel en kunnen vanuit het hogere doel begrijpelijk voor andere partijen worden afgeleid en beargumenteerd. Op deze wijze ontstaat vanuit de collectiviteit het speelveld zoals opgenomen in de BeleidsVernieuwing (BEVER, zoals in de beleidsnotitie 'Van Trechter naar Zeef').

“Belangrijk is om het einddoel in de gaten te houden: hoe eerder (plan)ontwikkeling of implementatie plaats kan vinden, hoe beter. Daarbij wordt dan ook het beleid meestal volgens de geest (en niet de letter) geïnterpreteerd en toegepast.”

Een succesfactor bij het bereiken van overeenstemming is de bereidheid tot het accepteren van het onderscheid tussen 'naar de geest van de wet' (de wet als uitgangspunt) en 'naar de letter van de wet' (de wet als dwingende randvoorwaarde). Een andere succesfactor in het bereiken van overeenstemming is het toekennen van een hogere prioriteit aan een 'verantwoord risico' en een 'kosteneffectieve oplossing' (argumenten af te leiden uit het "hogere" gemeenschappelijke doel), dan aan het letterlijk volgen van een protocol. Een protocol wordt dan gebruikt als een hulpmiddel om het doel te bereiken en vormt geen doel op zich. Dat geldt dan bijvoorbeeld ook voor beschikkingen en convenanten: Ze vormen dan als het ware de

“Als bevoegd gezag ervaar ik verschillen op het beleidsmatige vlak tussen onze afdeling en de opdrachtgever terwijl we onder één gemeente vallen. Op zich begrijpelijk want de diensten hebben ten slotte ook andere belangen te dienen.”

instrumenten om het doel te bereiken.

Nieuwe stoffen, zoals thiocyanat

Bodembeleid is voortdurend aan verandering onderhevig. Een natuurlijke reflex is dan vaak om deze veranderingen in eerste instantie 'letterlijk' door te voeren en voor zekerheden te kiezen, want praktische ervaring met het nieuwe beleid en de consequenties ervan is nog niet opgebouwd. Bij bodemverontreiniging met traditionele stoffen zoals koolwaterstoffen of zware metalen kan het dan al lastig genoeg zijn om overeenstemming te bereiken met betrokken partijen over uitgangspunten, randvoorwaarden en doelstelling.

“Bij het vinden van nieuwe stoffen zoals thiocyanat is het belangrijk voor onze gemeente om informatie over de stof te krijgen waarmee de vraag kan worden beantwoord hoe groot is mijn risico. Het gaat dan over het humane risico, de vorming en afbraak van SCN en de mobiliteit.”

“Er is onvoldoende technische kennis beschikbaar (over het gedrag van thiocyanat), daarom wordt deze stof 'voor de zekerheid' maar aangepakt; geen gedonder achteraf, afbreukrisico voor het bestuur.”

Als er een nieuwe stof in de ondergrond wordt gevonden, bijvoorbeeld thiocynaat, dan is een bijkomend aspect de onbekendheid met het gedrag en de risico's van deze nieuwe stof. Kritische factoren, die bepalen of er al dan niet overeenstemming wordt bereikt, zijn dan de bereidheid tot aanpassing op grond van ontwikkelingen op het vlak van beleid en van beschikbare technisch inhoudelijke kennis. Als voorbeeld kan genoemd worden de bereidheid tot het aanpassen van de eerder afgegeven beschikking of convenant.

Onzekerheid

Bij de uitwerking van saneringsmaatregelen speelt onzekerheid altijd een rol. Dat geldt voor de aanpak van een bekende stof, bijvoorbeeld aromaten, met een bekende techniek, bijvoorbeeld sparging. In de praktijk wordt deze onzekerheid vaak al impliciet meegenomen in de aanpak door een beperkte overdimensionering. Bij het toepassen van nieuwe technieken op een bekende stof of bestaande technieken op een onbekende stof is het verstandig om deze onzekerheid expliciet te maken. Deze onzekerheid kan dan vergeleken worden met de onzekerheid bij het toepassen van bekende technieken op een bekende stof. Als de onzekerheid bij het eerste geval groter is dan bij het tweede, dan kan dat worden ondervangen door het toepassen van intensievere monitoring en door te beschikken over een terugvalscenario. De monitoring levert metingen op waarmee kan worden vastgesteld of de praktijk uitpakt zoals verwacht. Is dit niet het geval dan wordt het terugvalscenario uitgevoerd.

“Aangaande onzekerheden in deze ‘nieuwe’ aanpak of nieuwe stoffen hebben we de opstelling: bij onzekerheden / hiaten in kennis of stoffen, meer op monitoring richten en evalueren of het werkt. Werkt het niet dan is er alsnog de optie om conventioneel te gaan. Er wordt veel waarde gehecht aan onderbouwing van een bepaald (nieuw) concept; dan wordt het makkelijker om plannen te accepteren. Kwalitatief goed onderzoek is noodzakelijk. Met dit als basis geven we ruimte aan nieuwe technieken. Het belangrijkste criterium is dat de eventuele risico's beheersbaar zijn en dat het proces is geborgd.”

16.4 Workshop

16.4.1 Overwegingen vooraf

Kennis over sociale leerprocessen was niet beschikbaar bij de start van het project. Het kernteam vond dat deze kennis beter benut moest worden. Daarom is de workshop gehouden met inbreng van alle partijen van het consortium.

In overleg met prof. Van Woerkum van de leerstoelgroep Communicatie en Innovatiestudies aan de WU is gekozen voor het vergroten van het bewustzijn over deze aspecten. Dit is gedaan door elementen uit sociaal leren (persoonlijke drijfveren, verwachtingen en rollen in het proces) te verbinden met een methodiek van Gemeentewerken Rotterdam (GWR). Deze methodiek bevat een drietal peilers: Klantgericht, Efficiency en Integraal. De naam is dan ook kortweg de KEI-methodiek. Bovengenoemde opzet is voorgelegd aan Van Woerkum en akkoord bevonden.

De KEI-methodiek is een vorm van mindmapping. Het omvat de volgende stappen:

- Beeldvorming,
- Oordeel / bevindingen,
- Besluit.

Bij het nemen van een besluit over de aanpak van bodemverontreiniging, en dus ook met de aanwezigheid van een nieuwe stof als thiocynaat, spelen meerdere aspecten een rol. Duidelijk is dat het vigerende bodembeleid en aanwezige technisch inhoudelijke kennis vaak sturend zijn. In de praktijk zullen regelmatig ook andere aspecten meespelen; bewust (expliciet gemaakt) of onbewust (onbenoemd gelaten). Hierbij kan gedacht worden aan de bestuurlijke omgeving, 'waar liggen de prioriteiten', en aan persoonlijke drijfveren. Vragen worden gesteld als "Waarom doe je het?", "Voor / met wie doe je het?" en "Hoe kun je het misschien handiger doen?".

Bij de vragen "Waarom vindt afstemming en besluitvorming wel plaats?" of "Waarom stagneert de voortgang hierin?" is het belangrijk te herkennen in hoeverre bepaalde aspecten een rol spelen. Deze herkenning is noodzakelijk om stagnatie in afstemming en besluitvorming in voorbereiding en uitvoering te doorbreken. Herkenning biedt een opening om gezamenlijk met anderen het hoger gelegen doel te benoemen. Het stimuleren van deze herkenning is onderdeel van sociale leerprocessen en vormen onderdeel van de workshop.

16.4.2 Uitvoering workshop

De workshop gaat in op de onderzoeksvragen, die gesteld worden bij sociale leerprocessen. Vooraf is de samenvatting van het SKB-rapport van Haring en de agenda van de middag aan de deelnemers gestuurd.

De deelnemers van de workshop is gevraagd aan te geven welke aspecten een rol spelen bij de afstemming en besluitvorming voor de aanpak van gasfabriekterreinen met thiocynaat als probleemstof. In de workshop kwamen de verschillende aspecten aan bod. Gestart is met de verwachtingen van de workshop: het delen van verwachtingen en ervaringen, en kijken wat haalbaar is, schept iets gezamenlijks. Vervolgens zijn de eigen drijfveren in beeld gebracht binnen projecten waar thiocynaat een rol speelt en bij deelname aan dit SKB-project. De KEI-methodiek (keuze van een casus, beeldvorming, bevindingen, aanpak vervolg) is toegepast. Na afloop is stilgestaan bij in hoeverre de verwachtingen van de workshop zijn waargemaakt.

16.4.3 Bevindingen workshop

De verwachtingen van de deelnemers over de workshop waren gericht op de koppeling van het technische spoor met het processpoor en op het verwerven van inzicht in het processpoor (wanneer is iets belangrijk); men was nieuwsgierig (willen leren van anderen). Het verslag van de workshop van het consortium is vermeld in Bijlage I.

"Ik hoop op handvatten om met nieuwe onzekerheden om te gaan. Aan de andere kant zijn mijn verwachtingen voor dit processpoor beperkt: aan een paar algemene dooddoeners hebben we weinig en ik geloof niet in een soort toverboek."

Ervaring van een adviseur in de samenwerking met het bevoegd gezag: "Pragmatisch en oplossingsgericht, pilot voor kennisvergaring leidt tot onderbouwing aanpak, deskundig opdrachtgever plus streven naar kwaliteit, onderzoek richten op risico's in het bijzonder bij de uitvoering, bodem creëren voor wederzijds vertrouwen."

"Uitgangspunt bij besluitvorming is het vigerende bodembeleid. Hierin worden verschillende stappen onderscheiden. Bij de aanpak van de Binckhorstlaan zijn stappen overgeslagen, ontbreekt het hoger gelegen doel en wordt er bestuurlijk geen druk uitgeoefend om de stagnatie te doorbreken. Terwijl het wel mijn persoonlijke drijfveer is om hier mee bezig te zijn."

De ervaringen van de deelnemers zijn divers. Bij samenloop van bodemverontreiniging met planontwikkeling wordt overeenstemming bereikt als er een hoger gelegen doel aanwezig is. Technische informatie over het gedrag van (nieuwe) stoffen is dan vaak niet dominant. Binnen het proces wordt gewerkt aan wederzijds vertrouwen, het leidt tot korte lijnen en een pragmatische aanpak. Bij de uitwerking van de saneringsaanpak staat het beheersen van risico's centraal.

Als bij een bodemsaneringsprobleem met een nieuwe stof een sectorale benadering mogelijk is, dan is de technische informatie dominant. De andere aspecten komen dan nauwelijks aan bod.

Daar waar geen overeenstemming is bereikt, blijkt het hoger gelegen doel te ontbreken. Vaak spelen in het proces ook aspecten een rol die van meer psychologische aard zijn.

Drijfveren genoemd om aan dit SKB-project mee te doen zijn: het is boeiend om met nieuwe

stoffen bezig te zijn, het verspreiden van aanwezige kennis en de uitvoering van het bodembeleid op een hoger plan brengen.

De KEI-methodiek is toegepast op een casus. Als casus is gekozen de aanpak van de bodemsanering van de voormalige gasfabriek op het terrein gelegen nabij de Binckhorstlaan in Den Haag. Verschillende partijen zijn in beeld gebracht. Het binnenterrein is inmiddels geïsoleerd. Het buitenterrein moet, conform de beschikking van 1996, multifunctioneel worden gesaneerd. Thiocynaat veroorzaakt op zich geen stagnatie. De stagnatie komt voort uit de tegenstelling dat het convenant spreekt over multifunctionele sanering van het buitenterrein en dat de realiteit is dat dit vermoedelijk niet haalbaar is. De planontwikkeling staat (nog) niet onder tijdsdruk. Daardoor ligt er geen tijdsdruk op de sanering.

De vertegenwoordiger van het bevoegd gezag van de gemeente Den Haag is zich bewuster geworden dat het doorlopen van de KEI-methodiek bijdraagt aan het ontwikkelen van nieuwe inzichten en het creëren van draagvlak binnen de gemeentelijke organisatie. Op dit moment wordt bekeken in hoeverre pilots een bijdrage

kunnen leveren om de haalbaarheid van multifunctionaliteit in de praktijk te toetsen. De groep stelt vast dat aan de voorkant van het proces er veel is gebeurd om de problematiek aan te scherpen en te komen tot een verantwoorde aanpak. Tevens stelt de groep vast dat het belangrijk is om te komen tot duidelijkheid en overeenstemming over uitgangspunten en randvoorwaarden. Ten aanzien van het 'proces / throughput' stelt de groep vast dat communicatie plaats dient te vinden bij verandering van inzicht en beleid en dat de resultaten van de pilots (en ook praktijkervaring van elders) bruikbaar zijn voor Den Haag. Bij het resultaat / output' stelt de groep vast dat op deze wijze het proces doorlopen vertrouwen en tevredenheid geeft.

“Door het volgen van het juiste processpoor kan tot een oplossing worden gekomen en kan er daadwerkelijk iets gaan gebeuren:

- inzicht en draagvlak bij betrokkenen voor een andere aanpak;
- nieuw gezamenlijk doel;
- resultaten van pilots gebruiken om een afweging van varianten te maken.

Dan wordt vertrouwen opgebouwd.”

17 Resumé processpoor

In dit afsluitende hoofdstuk wordt stil gestaan bij de ervaringen en bevindingen die opgedaan zijn bij het afwickelen van het processpoor. Het processpoor is het tweede spoor naast het technische spoor.

Bij de afwikkeling van het processpoor hebben we gemerkt dat voortdurend interactie plaatsvond tussen elementen uit het technische spoor, het processpoor en de eigen praktijkervaring. Kortom, het processpoor is niet los te zien van het technische spoor en de eigen praktijkervaring. De belangrijkste constatering is dat het doel van het processpoor zoals dat bij de start van het project is geformuleerd nog steeds overeind staat: het toepassen van nieuwe kennis en inzichten bij een complex geval van bodemsanering waar het in dit geval gaat om een voormalig gasfabriekterrein waar de ondergrond onder andere verontreinigd is met de stof thiocyanaat.

Dit hoofdstuk wordt afgerond met een kort overzicht met aanbevelingen.

17.1 Bevindingen

In het consortium zijn verschillende rollen vertegenwoordigd: bevoegd gezag, opdrachtgever, probleemeigenaar en adviseur. Ervaringen konden worden uitgewisseld en actief zijn we aan de slag gegaan met het verwerven van inzicht in de meer sociale en persoonlijke aspecten die aan bod komen bij het komen tot overeenstemming over de saneringsaanpak. Het gaat daarbij over het verdiepen in de rol van anderen en het reflecteren op de eigen rol vanuit persoonlijke motieven.

Het processpoor is begeleid door Frans Mulder. Hij is er in geslaagd om van uit de achtergrond, en vaak blijvende op de achtergrond, op een inspirerende wijze ons bewust te maken van allerlei vooringenomen standpunten die impliciet een rol spelen bij de samenwerking tussen verschillende partijen.

Het processpoor is gestart met interviews. De interviews hebben ons verschillende inzichten opgeleverd. Allereerst is de bewustwording gegroeid dat een gedeeld hoger gelegen doel een noodzakelijke voorwaarde is om te komen tot een gezamenlijk gedragen saneringsoplossing. De eigen, sectorale, doelen worden dan onderdeel van het hoger gelegen doel. Ten tweede is het belangrijk om onderscheid te maken tussen randvoorwaarden en uitgangspunten. Dit onderscheid moet aan het begin van het zoekproces zijn bereikt. Als dit niet het geval is dan ontstaat gaande het proces verwarring. Wat de ene partij als uitgangspunt hanteert, en dus ter discussie wil stellen, wordt door de ander als randvoorwaarde beleefd, en is dus een harde beperking waar niet van mag worden afgeweken. De praktijk laat dan vervolgens zien dat meer naar de 'geest' van de milieuwetgeving wordt gekeken dan naar de 'letter'. Beide zaken kunnen alleen op een goede manier doorlopen worden, als er gewerkt wordt aan een sfeer van vertrouwen. Vervolgens ontstaat het 'maximale speelveld' waarbinnen een oplossing van het geval van bodemverontreiniging gevonden kan gaan worden.

Een middel om helderheid te krijgen over randvoorwaarden en uitgangspunten en aanwezige hoger gelegen doelen vormt de KEI-methodiek. De methodiek vormt tevens een middel om te werken aan het verruimen van de percepties en het bouwen aan het wederzijdse vertrouwen. Een voorwaarde is wel dat het geleid wordt door een persoon die rust uitstraalt, ruimte geeft aan betrokkenen en vooral op de achtergrond aanwezig is. Het gevolg is dan dat dingen in beweging worden gebracht.

Bij het verwerven van overeenstemming over de aanpak van een complex geval van bodemverontreiniging spelen ook de meer sociale aspecten een belangrijke rol. Het is bijvoorbeeld belangrijk om aandacht te besteden aan de invloed van perceptie bij het aankijken tegen iemands rol. Bewustzijn van perceptie leidt in veel gevallen tot reflectie, welke vervolgens kan leiden tot het anders gaan kijken ('reframen'). Het open staan voor elkaar betekent automatisch het delen van kennis en informatie: het proces wordt transparant en gezamenlijk wordt gekomen tot een gedeelde aanpak die vervolgens ook eerder wordt bereikt (actiegerichtheid).

17.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gegeven.

Overleg bij het begin van het project over het doel dat bereikt moet worden: is het (hogere) doel gebiedsontwikkeling om het leefklimaat in de stad aantrekkelijker te maken en wordt het complexe geval van bodemverontreiniging op een milieuhygiënisch verantwoorde wijze meegenomen, of blijven de sectorale doelen apart staan: eerst de sanering en vervolgens gebiedsontwikkeling. Schenk aandacht aan de aspecten uitgangspunten en randvoorwaarden. Zorg dat daar overeenstemming over is bereikt, alvorens wordt verder gegaan.

Voor het bereiken van deze overeenstemming is het belangrijk dat betrokkenen uit hun eigen rol stappen, oog krijgen voor het grotere geheel (het hogere doel), inzicht verwerven in de verantwoordelijkheid, handelingsbevoegdheid en persoonlijke drijfveren van anderen. Kortom, de adviseur dient te adviseren over de techniek en over het proces. Daarnaast worden de probleemeigenaar en het bevoegde gezag uitgedaagd los te komen van hun primaire verantwoordelijkheid en ook sociale vaardigheden te ontwikkelen die nodig zijn om te komen tot overeenstemming over de saneringsaanpak. Hiervoor is inspanning nodig. De KEI-methodiek kan daar een hulpmiddel bij zijn.

De laatste aanbeveling is om de casus Binckhorstlaan verder uit te werken met de betrokkenen. In dit SKB-project is daartoe een aanzet gegeven als onderdeel van het toepassen van sociale leerprocessen.

18 Nawoord

Vanuit verschillende rollen kunnen we als betrokkenen terugkijken op de opgedane ervaringen.

Het consortium heeft de gelegenheid gekregen om duidelijk te reflecteren op de eigen insteek en houding bij het zoeken naar een verantwoorde saneringsaanpak. Informatie en vaardigheden uit het werkveld van sociaal leren is gebruikt om te komen tot een verbreding van het eigen inzicht ('reframen').

Het kernteam heeft intensief met elkaar het processpoor leren ontdekken. De onderlinge gesprekken zijn intensief geweest: wat verstaan we precies onder het processpoor, welke elementen spelen er een rol, hoe stimuleren we elkaar om open te staan voor andermans perspectief en hoe reflecteren we op onze eigen rol, zijn enkele van de vragen die aan bod kwamen. We hebben ook gemerkt dat het belangrijk is om kennis expliciet en toegankelijk te maken voor alle partijen die betrokken zijn bij het besluitvormingsproces.

De projectleider is achteraf blij dat hij de ruimte van het SKB heeft gekregen om het processpoor een volwaardig onderdeel te laten zijn van de opzet van het project. Het leverde levendige en stimulerende discussies op. Allereerst vanuit SKB samen met Else-Lia Visser en Frans Mulder, een aansluitend op verschillende momenten met Kees van Woerkum. Dank daarvoor.

19 Overzicht gebruikte literatuur

Literatuur bronnen thiocynaat:

1. Bertelsmann, W., and F. Schuster, 1931. Leuchtgas. Enzyklopädie der technischen Chemie, 2e edition 1940. Part VII, p 314-353. Urban & Schwarzenberg Berlin.
2. Brender à Brandis, G.A., 1916. De Scheikunde van het gasbedrijf en de meest gebruikelijke methoden van onderzoek. J.B. Wolters Groningen.
3. Brückner, H., 1939. Handbuch der Gasindustrie, Band 3. Gasreinigung und Nebenproduktengewinnung. Verlag von R. Oldenbourg München und Berlin. Dyson, 1887.
4. Dyson. S. 1887. Zeitschrift für analytischen Chemie, p 256.
5. Hollings, H., 1953. De verwijdering van het ammoniakwater in Groot-Brittanië (Evacuation des eaux ammoniacales en Grande-Bretagne). Revue Générale du Gaz 74, 85 (Mei-Juni) 1952. Het Gas, 1953(4), 103.
6. Kohler, H., 1914. Die Industrie der Cyanverbindungen. Ihre Entwicklung und gegenwärtiger Stand. Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig
7. Linder, 1905. Original in Journ. Of Gaslight, 1905, p 223. In: Enzyklopädie der technischen Chemie, Teil I (Ammoniak). 2e edition. Urban & Schwarzenberg, Berlin, 1931.
8. Lindner, 1912. In: Enzyklopädie der technischen Chemie, Teil I (Ammoniak). 2e edition. Urban & Schwarzenberg, Berlin, 1931.
9. Mezger, 1927. In: Enzyklopädie der technischen Chemie, Teil I (Ammoniak). 2e edition. Urban & Schwarzenberg, Berlin, 1931.
10. Strache, H., 1913. Gasbeleuchtung und Gasindustrie. Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig 1161 pp.

Literatuur afbraak thiocynaat:

11. Wood A.P., D.P. Kelly, I.R. McDonald, S.L. Jordan, T.D. Morgan, S. Kahn, J.C. Murrel, E. Borodina, A novel pink-pigmented facultative methylotroph, *Methylobacterium thiocyanatum* sp. nov., capable of growth on thiocyanate or cyanate as sole nitrogen sources, *Archives of Microbiology* (1998) 196: 148-158
12. Hung C.-H., S.G. Pavlostathis, Fate and transformation of thiocyanate and cyanate under methanogenic conditions, *Applied Microbiology and Biotechnology* (1998) 49: 112-116.
13. Chapatwala K.D., G.V.R. Babu, O.K. Vijaya, K.P. Kumar, J.H. Wolfram, Biodegradation of cyanides, cyanates and thiocyanates to ammonia and carbon dioxide by immobilized cells of *Pseudomonas putida*, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* (1998) 20: 28-33.
14. Kuenen G., D. Y. Sorokin, T.P. Tourova, A. M. Lysenko. Microbial thiocyanate utilization under highly alkaline conditions, *Applied Environmental Microbiology* (2001) 67(2): 528-538.
15. Köster H.W., Risk assessment of historical soil contamination with cyanides; origin, potential human exposure and evaluation of intervention values, RIVM 711701019, 2001.
16. Souza-Fagundes E.M., L.H.Rosa, N.C.M. Gomes, M.H. Santos, P.F. Pimentel, Thiocyanate degradation by pure and mixed cultures of micro organisms, *Brazilian journal of Microbiology* (2004), 35 (4): 333-336.
17. Metacyc pathway: thiocyanate degradation II, <http://biocyc.org>
18. Karavaiko G.I., T.F. Kondrat'eva, E.E. Savari, N.V. Grigor'eva, Z.A. Avakian. Microbial destruction of cyanide and thiocyanate, *Mikrobiologiya* (2000) 69(2): 209-216.
19. Stratford J., A.E. Dias, C.J. Knowles. The utilization of thiocyanate as a nitrogen source by a heterotrophic bacterium: the degradative pathway involves formation of ammonia and tetrathionate. *Microbiology* (1994) 140(10): 2657-2662.
20. Lee C., J. Kim, J. Chang, S. Hwang. Isolation and identification of thiocyanate utilizing chemolithotrophs from gold mine soils, *Biodegradation* (2003) 14(3): 183-188.
21. Paruchuri Y.L., N. Shivaraman, P. Kumaran. Microbial transformation of thiocyanate, *Environmental pollution* (1990) 68 (1-2): 15-28.
22. Hung C.H., S.G. Pavlostathis. Kinetics and modelling of autotrophic thiocyanate biodegradation, *Biotechnology* (1999) 62(1): 1-11.
23. Brazeau B., J. Ouyang, Thiocyanate pathway map. http://umbbd.ahc.umn.edu/thc/thc_map.html
24. Werf van der A.W., J.B.M. van Bommel, A.J.J. van der Veen, In situ aanpak van de mobiele grondwaterverontreiniging van voormalige gasfabrieksterreinen, SKB SV-311, 2003.

25. Dijkhuis J.E., N.J.P. van Ras. Afbreekbaarheidsonderzoek naar het natuurlijke afbraakpotentieel op het voormalig gasfabrieksterrein Binckhorst in Den Haag, Bioclear 2004.2342, 2004.
26. Leeuwen van J.M., A.W. van der Werf, Afbreekbaarheidsonderzoek met cyanide verontreinigde grond afkomstig van de locatie Binckhorstlaan te Den Haag, Bioclear 2002.1827, 2003.
27. Appeldoorn P., Evaluatie proefsanering gasfabrieksterrein Goes, Bioclear 2002.1809, 2003.
28. Sorokin D.Y., T.P. Tourova, A.N. Antipov, G. Muyzer, J.G. Kuenen, Anaerobic growth of the haloalkaliphilic denitrifying sulfur-oxidizing bacterium *Thiobacillus thiooxidans* sp. nov. with thiocyanate. *Microbiology* (2004) 150: 2435-2442.
29. Sorokin D.Y., T.P. Tourova, A.M. Lysenko, J.G. Kuenen. Microbial thiocyanate utilization under highly alkaline conditions, *Applied and Environmental Microbiology* (2001) 67(2):528-538.
30. Ebbs S., Biological degradation of cyanide compounds. *Current opinion in Biotechnology* (2004) 15:231-236.
31. Yamasaki M., Y. Matsushita, M. Namura, H. Nyonoya, Y. Katayama. Genetic and immunochemical characterization of thiocyanate degrading bacteria in lake water. *Applied environmental Microbiology* (2002) 68(2):942-946.
32. Katayama Y., Y. Narahara, Y. Inoue, F. Amano, T. Kanagawa, H. Kuraishi. A thiocyanate hydrolase of *Thiobacillus thioparus*. A novel enzyme catalysing the formation of carbonyl sulfide from thiocyanate. *Journal of Biology and chemistry* (1992),267(13):9170-9175.
33. Kwon H.K., S.H. Woo, J.M. Park. Thiocyanate reduction by *Acremonium strictum* and inhibition by secondary toxicants, *Biotechnology Letters* (2002) 24:1347-1351.
34. Karakterisatie intrinsiek biodegradatiepotentieel op de locatie voormalig gasfabrieksterrein te Heerenveen, Bioclear 98.946, 2000.
35. Ras, van, N.J.P. , Anaërobe afbraak en nalevering van thiocyaanaat: onderzoek voormalig GFT terrein te Pernis. Bioclear 99.1121, 2001.
36. Ras, van, N.J.P., Aërobe en anaërobe biologische afbraak van thiocyaanaat op een voormalig gasfabrieksterrein in Wormer, Bioclear 99.1244, 2000.
37. Ras, van, N.J.P., Anaërobe afbraak en nalevering van thiocyaanaat: onderzoek voormalig GFT-terrein te Pernis, Bioclear 99.1121, 2001
38. Appeldoorn P., . A.W. van der Werf, Monitoring van de biologische processen bij de elektro-reclamatie deelsanering op het voormalig gasfabrieksterrein te Oostburg (1^e monitoringsronde), Bioclear 2000.1294, 2001.
39. Appeldoorn P., Monitoringsonderzoek saneringsvoortgang op het voormalig gasfabrieksterrein te Gemert, Bioclear 2000.1313, 2002.
40. Appeldoorn P., Bepaling van het biodegradatiepotentieel op de locatie van het voormalig gasfabrieksterrein te Ede, 2000.1497, 2001.
41. Dijkhuis J.E., N.J.P. van Ras, P. Appeldoorn, Karakterisering intrinsiek afbraakpotentieel op het voormalige gasfabrieksterrein te Waalwijk, Bioclear 2001.1544, 2001
42. Appeldoorn, P., Karakterisering intrinsiek afbraakpotentieel op het voormalig gasfabrieksterrein 'Vughterpoot' te 's Hertogenbosch, Bioclear 2001.1589, 2001.
43. Veen van der A. J.J., Actualisatie grondwaterverontreiniging en karakterisatie biodegradatiepotentieel op voormalig viszilver- en gasfabrieksterrein te Tholen, Bioclear 2001.1604, 2002.
44. Appeldoorn P., Evaluatie proefsanering gasfabrieksterrein Goes, Bioclear 2002.1809, 2003
45. Appeldoorn, P., Geactualiseerd saneringsonderzoek voor het voormalig gasfabrieksterrein te Meppel, Bioclear 2003.2079, 2003.
46. Leeuwen van J.M., Afbreekbaarheidsonderzoek met cyanide verontreinigde grond afkomstig van de locatie Binckhorstlaan te Den Haag, Bioclear 2002.1827, 2003.
47. Wagelmans M., J.E.Dijkhuis, Haalbaarheid toepassing biologische afbraak voor verwijdering verontreinigingen op het voormalig gasfabrieksterrein "Nieuwe Markt" te Nijmegen, Bioclear 2005.2559, 2005.
48. Roosma A., J.E. Dijkhuis, Haalbaarheid toepassing biologische afbraak voor verwijdering verontreiniging op het voormalig gasfabrieksterrein te Oudenbosch, Bioclear 2005.2690, 2005.
49. deKruif, C.D., J.I. van der Walt, H.M. Schwartz, The utilization of thiocyanate and nitrate by thiobacilli. *Antonie van Leeuwenhoek* 23, 305-316.
50. Ontwikkeling van een norm voor de bepaling van thiocyaanaat in bodem, waterbodem en grondwater, IWACO projectcode 40137, 1999.

51. Ahmed, F, Characterization of two novel proteins containing the rhodanes homology domain: YgaP and YbbB of *Echerichia coli*, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute, 2003

Literatuur sorptie:

52. Rennert, T. en T. Mansfeldt, 2002. Sorption of iron-cyanide complexes in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 437-444.
53. Schenk, B. en B.M. Wilke, 1984. Cyanidabsorption an Sesquioxiden, Tonmineralen und Huminstoffen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 147, 669-679.
54. Stevenson, F.J., 1994. *Humus Chemistry*, 2nd edition. John Wiley & Sons. New York.
55. Wijk, A.L.M van, en J. Beuving 1984. Relative density: a characterization of the degree of compaction of soils, *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 7, 90-94.

Literatuur toxiciteit thiocynaat:

56. Dahlberg, P.-A., Bergmark, A., Björck, L., Bruce, A., Hambreus, L. en Claesson, O., 1984. Intake of thiocyanate by way of milk and its possible effect on thyroid function. *Am. J. of Clinical Nutrition*, 39, 416-420.
57. Griffiths, M., 1981. *Introduction to human physiology*, second edition. Macmillan Publishing Co., Inc. New York, 524 pp.
58. IPCS, 2004. Hydrogen cyanide and cyanides: human health aspects. International Programme on Chemical Safety. First Draft Report by F.P. Simeonova and L.Fishbein. Geneva 2004.
59. Katayama, et al., 1992. A thiocyanate hydrolase of thiobacillus thioparus. A novel enzyme catalyzing the formation of carbonyl sulphide from thiocyanate. *J. Biol. Chem.*, 267 (13), 9170-9175.
60. Maliszewski, P.M. en H.E. Bass, 1955. Geciteerd in Dahlberg et al., 1984.
61. Okafor, P.N., 2004. Assessment of cyanide overload in cassava consuming populations of Nigeria and the cyanide content of some cassava based foods. *Afr. J. of Biotechnology*, 3(7), 358-361.
62. Schuiling, R.D., R.J. van Enk en H.L.T. Bergsma, 2003. Natuurlijk voorkomen, mobiliteit en industrieel gebruik van "exoten" voorkomend in de Nederlandse bodem. Rapport Geochem Research b.v. Utrecht in opdracht van Service Centrum Grond Houten, 9 december 2003.
63. Schwarz, F., 1975. Thyreomimetica en thyreostatica. In: Lammers, Nelemans en Siderius (eds.). *Algemene farmacologie – het geneesmiddel in theorie en praktijk*. Hoofdstuk 44, p 735-742. Stafleu's Wetenschappelijke Uitgeversmaatschappij B.V. Leiden.
64. Tsuge, K., M. Kataoka en Y. Seto, 2000. Cyanide and thiocyanate levels in blood and saliva of healthy adult volunteers. *J. of Health Sci.*, 46(5), 343-350.

Literatuur processpoor

65. Pas, J., Derde generatie Maatschappij, <http://www.jenspas.be/id156.htm>.
66. Haring, S., 2005, Optimalisatie sociale leerprocessen, SKB-P-05-10598, SKB, Gouda.
67. Bood, R. en M. Coenders, 2004, *Communities of Practice*. Bronnen van inspiratie. Uitgeverij Lemma BV, Utrecht.
68. Wenger, E., R. McDermott en W.M. Snyder, 2002, *Cultivating Communities of Practice – a guide to managing knowledge*. Harvard Business School Press, Boston.
69. Kolb, D.A., 1984, *Experiential Learning: Experience As the Source of Learning and Development*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Bijlage A: Geïventariseerde gegevens

Tabel 18: Aantallen geïventariseerde grondwatermonsters, gemiddelde pH-waarden en hoogste gemeten concentraties aan verontreinigende stoffen in grondwater van freatisch (ondiep) en eerste watervoerende laag (diep) op gasfabriekterreinen in Nederland.

| Locatie | Karakteristiek | pH* | CN-EPA | CN-NEN | Thiocyanaat | CN-vrij | Benzeen | Tolueen | Ethylb. | Xylenen | Naftaleen | Fenolen | Min.olie |
|------------------------------|----------------|-----|---------|--------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|
| Aalten | # f | 17 | 28 | 0 | 0 | 0 | 14 | 14 | 18 | 17 | 15 | 5 | 0 |
| | #w | 7 | 11 | 0 | 0 | 0 | 7 | 2 | 7 | 5 | 5 | 2 | 0 |
| | max f | 5,9 | 970 | | | | 11.000 | 770 | 5.100 | 3.900 | 9.800 | 185 | |
| | max w | 6,9 | 75 | | | | 23 | 1,6 | 58 | 132 | 160 | 36 | |
| Axel | # f | 2 | 0 | 12 | 1 | 2 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 0 |
| | #w | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | 7,4 | | 2.250 | <5,0 | 25 | 120 | 3,0 | 2,0 | 5,0 | <0,05 | 4,0 | |
| | max w | | | | | 2,0 | | | | | | | |
| Bolsward | # f | 18 | 25 | 0 | 0 | 0 | 36 | 35 | 26 | 34 | 18 | 23 | 5 |
| | #w | 15 | 23 | 3 | 3 | 3 | 20 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 |
| | max f | 6,9 | 2.600 | | | | 83 | 293 | 13 | 14 | 117 | 203 | 370 |
| | max w | 7,2 | 2.900 | 170 | 1.130 | 1,5 | 1.075 | 860 | 130 | 820 | 1.250 | 20.800 | |
| Coevorden | # f | 5 | 6 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | #w | 7 | 7 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | 7,3 | 430 | 400 | 30 | | | | | | | | |
| | max w | 7,1 | 570 | 430 | 140 | | | | | | | | |
| Culemborg Lange Havendijk | # f | 13 | 8 | 10 | 0 | 0 | 18 | 18 | 18 | 18 | 20 | 2 | 0 |
| | #w | 10 | 0 | 13 | 0 | 0 | 14 | 14 | 14 | 14 | 20 | 2 | 0 |
| | max f | 7,2 | 780 | 170 | | | 11.000 | 9.100 | 450 | 9.000 | 3.900 | 616 | |
| | max w | 7,2 | | 19 | | | 0,6 | 2,0 | 0,5 | 1,1 | 0,6 | 35 | |
| De Rijp | # f | 0 | 22 | 28 | 28 | 25 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 0 | 0 |
| | #w | 0 | 36 | 47 | 47 | 41 | 47 | 47 | 47 | 47 | 45 | 0 | 0 |
| | max f | | 640 | 42 | 638 | 6,0 | 0,3 | 1,2 | 0,8 | 1,6 | 23 | | |
| | max w | | 200.000 | 810 | 199.340 | 9,3 | 1.400 | 52 | 11 | 20 | 120 | | |
| Dieren | # f | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | 7,3 | | 23 | | | | | | | | | |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Dirksland | # f | 0 | 0 | 15 | 0 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | #w | 0 | 22 | 120 | 0 | 43 | 43 | 43 | 41 | 41 | 0 | 0 | 0 |

| Locatie | Karakteristiek | pH* | CN-EPA | CN-NEN | Thiocyanaat | CN-vrij | Benzeen | Tolueen | Ethylb. | Xylenen | Naftaleen | Fenolen | Min.olie |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| | max f max w | | 6.800 | 630 17.000 | | <5,0 2.200 | <0,2 220 | 0,8 38 | <0,1 35 | <0,5 4,6 | | | |
| Doetinchem | # f #w max f max w | 5 0 7,1 | 5 0 | 11 2 5.700 1,9 | 0 0 | 0 0 | 8 2 720 0,1 | 5 2 1.100 5,8 | 6 2 57 <0,25 | 6 2 810 0,93 | 0 2 <0,2 | 0 0 | 0 0 |
| Dokkum Westerbolwerk | # f #w max f max w | 18 4 7,0 6,9 | 28 4 2.700 2.700 | 5 5 3.550 4.050 | 0 0 | 0 0 | 13 4 1,0 3,0 | 13 4 50 14 | 13 4 1,0 1,3 | 13 4 6,0 6,2 | 10 4 2,1 1,7 | 30 6 60 36 | 0 0 |
| Ede | # f #w max f max w | 13 10 7,4 8,0 | 5 7 570 1.350 | 21 15 4.400 1.300 | 5 7 480 210 | 5 7 24 48 | 16 13 1.800 46 | 16 13 1.400 4,4 | 16 13 280 1,3 | 16 13 4.800 13 | 16 13 8.700 1.000 | 0 0 | 1 3 3.500 290 |
| Elburg | # f #w max f max w | 37 2 7,2 7,4 | 13 0 29.000 | 6 0 330 | 0 0 | 1 0 5,5 | 28 2 2.400 <0,2 | 28 2 24 <0,2 | 28 2 16 <0,2 | 28 2 89 <0,3 | 25 2 51 <0,2 | 4 0 175 | 2 0 500 |
| Enschede Lippinkhofweg | # f #w max f max w | 14 14 5,9 6,4 | 13 13 1.300 250 | 93 38 1.300 310 | 13 13 12 20 | 13 13 2,6 2,6 | 39 19 1.500 71 | 50 32 2.500 450 | 30 21 2.900 13 | 53 28 24.500 53 | 34 20 1.900 790 | 28 14 260 34 | 0 0 |
| Enschede Zuiderhagen | # f #w max f max w | 3 4 8,4 6,5 | 0 0 | 3 4 61 190 | 0 0 | 0 0 | 3 4 <0,2 650 | 3 4 <0,2 30 | 3 4 <0,2 11 | 3 4 <0,2 220 | 3 4 <0,5 790 | 3 4 <5,0 96 | 3 0 <50 |
| Franeker | # f #w max f max w | 19 1 7,6 8,0 | 46 11 3.700 3.500 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 23 3 3.100 210 | 25 3 880 96 | 0 0 | 23 3 400 44 | 4 1 0,4 0,28 | 43 13 51.000 720 | 1 0 39 |
| Gemert | # f #w max f max w | 0 0 | 4 0 19 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 19 0 59 | 15 0 240 | 15 0 2.600 | 15 0 2.300 | 19 0 7.900 | 0 0 | 1 0 530 |
| Goes | # f #w | 6 31 | 4 52 | 24 94 | 8 60 | 6 23 | 3 11 | 3 9 | 3 9 | 3 9 | 4 15 | 3 8 | 0 0 |

| Locatie | Karakteristiek | pH* | CN-EPA | CN-NEN | Thiocyanaat | CN-vrij | Benzeen | Tolueen | Ethylb. | Xylenen | Naftaleen | Fenolen | Min.olie |
|---------------------------|----------------|-----|---------|--------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|
| | max f | 7,3 | 1.500 | 2.200 | 20 | 270 | 0,2 | 1,1 | <0,5 | 0,5 | <0,5 | 12 | |
| | max w | 7,3 | 40.000 | 11.000 | 15.540 | 1.150 | 90 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 1.900 | 161 | |
| Haarlem Oudeweg | # f | 36 | 54 | 9 | 0 | 2 | 77 | 76 | 76 | 77 | 33 | 50 | 66 |
| | #w | 28 | 54 | 10 | 6 | 6 | 64 | 64 | 64 | 64 | 47 | 36 | 48 |
| | max f | 7,6 | 3.100 | 170 | | 5,3 | 2.300 | 5.400 | 2.800 | 1.900 | 3.400 | 460 | 9.470 |
| | max w | 7,2 | 41.000 | 1.200 | 22.400 | <5,0 | 5.300 | 1.400 | 1.200 | 32.000 | 32.000 | 4.400 | 560.000 |
| Harderwijk | # f | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | 700 | | | | 0,2 | 0,2 | <0,2 | <0,2 | | | |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Hattem | # f | 10 | 25 | 0 | 0 | 0 | 19 | 19 | 19 | 19 | 22 | 6 | 0 |
| | #w | 9 | 18 | 0 | 0 | 0 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 2 | 0 |
| | max f | 6,8 | 550 | | | | 21 | 0,8 | 2,3 | 4,6 | 200 | 147 | |
| | max w | 7,1 | 90 | | | | 63 | 0,7 | <0,5 | 0,5 | <0,2 | 0,5 | |
| Heerenveen | # f | 4 | 26 | 4 | 2 | 9 | 19 | 17 | 6 | 18 | 12 | 31 | 0 |
| | #w | 7 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 0 | 0 |
| | max f | 6,4 | 4.300 | 55 | 3,2 | 160 | 4.400 | 300 | 40 | 1.900 | 2.000 | 20.000 | |
| | max w | 6,2 | 80 | 60 | 340 | <5,0 | 1.200 | 1,4 | 120 | 7,6 | 54 | | |
| Hilversum Kleine Drift | # f | 9 | 0 | 9 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 0 | 9 |
| | #w | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | max f | 6,8 | | 430 | | | 420 | 10.000 | 1.300 | 7.100 | 5.500 | | 38.000 |
| | max w | 6,7 | | 100 | | | 140 | 350 | 110 | 1.030 | 2.300 | | 5.400 |
| Katwijk | # f | 14 | 16 | 19 | 0 | 5 | 39 | 38 | 35 | 45 | 49 | 21 | 31 |
| | #w | 5 | 4 | 8 | 0 | 3 | 21 | 20 | 18 | 24 | 28 | 7 | 14 |
| | max f | 6,9 | 14.000 | 750 | | <5,0 | 260 | 62.000 | 400 | 1.570 | 4.900 | 24.000 | 4.700 |
| | max w | 6,9 | 2.000 | 17 | | <5,0 | 320 | 780 | 8,7 | 540 | 1.300 | 120 | 2.100 |
| Leerdam | # f | 0 | 37 | 2 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 3 | 0 |
| | #w | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | max f | | 100.000 | 1.100 | 91.900 | 18 | 3.700 | 1.500 | 760 | 2.500 | 12.000 | 2.100 | |
| | max w | | 4.900 | | | | 0,3 | <1,0 | | 1,8 | 4,5 | 7,4 | 100 |
| Leeuwarden Hoeksterend | # f | 0 | 19 | 10 | 10 | 10 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | #w | 0 | 52 | 30 | 27 | 20 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | 660 | 550 | 15 | 11 | 170 | | | | | | |
| | max w | | 47.850 | 630 | 13.230 | 6,0 | 2.400 | | | | | | |
| Lochem | # f | 25 | 39 | 6 | 6 | 13 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 0 | 1 |
| | #w | 33 | 34 | 8 | 8 | 6 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 11 | 1 |

| Locatie | Karakteristiek | pH* | CN-EPA | CN-NEN | Thiocyanaat | CN-vrij | Benzeen | Tolueen | Ethylb. | Xylenen | Naftaleen | Fenolen | Min.olie |
|-----------------------------|----------------|-----|--------|--------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|
| | max f | 6,9 | 4.900 | 43 | 2,0 | 12 | 2.400 | 1.200 | 105 | 690 | 370 | | 50 |
| | max w | 6,8 | 110 | 7,0 | 4,0 | 4,0 | 890 | 470 | 10 | 292 | 3.300 | 26 | 50 |
| Meppel | # f | 11 | 9 | 9 | 9 | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 3 | 7 |
| | #w | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 3 | 4 |
| | max f | 6,6 | 1.200 | 1.200 | 21 | 47 | 4.700 | 750 | 97 | 1.700 | 610 | 120 | 200.000 |
| | max w | 7,0 | 610 | 640 | 26 | 9,5 | 4.200 | 10 | 45 | 57 | 32 | <0,5 | 5.100 |
| Nijkerk | # f | 7 | 0 | 25 | 0 | 0 | 57 | 57 | 54 | 8 | 42 | 7 | 0 |
| | #w | 7 | 0 | 9 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 | 7 | 9 | 7 | 0 |
| | max f | 7,1 | | 8.000 | | | 250 | 810 | 1.200 | 290 | 3.600 | 665 | |
| | max w | 7,1 | | 310 | | | 2,0 | 9,0 | 0,7 | 3,8 | 6,9 | 24 | |
| Nijmegen Stieltjesstraat | # f | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | #w | 32 | 28 | 0 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 8 | 11 |
| | max f | | | | | | | | | | | | |
| | max w | 7,6 | 2.400 | | <5,0 | 61 | 380 | 47 | 300 | 1.400 | 570 | 1.700 | 20.000 |
| Oostburg | # f | 23 | 19 | 5 | 2 | 2 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 0 |
| | #w | 9 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 |
| | max f | 7,2 | 1.300 | 820 | <5,0 | 1,0 | 83 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2,8 | |
| | max w | 7,6 | 35 | | | | 1,1 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,2 | <1,0 | |
| Oosterbeek | # f | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | 6,0 | 500 | | | | 18 | 20 | 20 | 56 | 1.700 | 56 | |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Oude Pekela | # f | 58 | 54 | 7 | 7 | 7 | 46 | 46 | 46 | 46 | 35 | 47 | 0 |
| | #w | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | max f | 5,9 | 6.000 | 3.300 | 2.700 | 2.300 | 740 | 110 | 67 | 300 | 1.300 | 160 | |
| | max w | 6,6 | 580 | 580 | 15 | 6,7 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <1,0 | |
| Oudenbosch | # f | 69 | 57 | 36 | 7 | 10 | 64 | 56 | 56 | 55 | 54 | 1 | 0 |
| | #w | 31 | 33 | 17 | 0 | 8 | 32 | 32 | 32 | 32 | 34 | 1 | 0 |
| | max f | 7,4 | 10.000 | 780 | 3.880 | 71 | 5.500 | 64 | 390 | 560 | 1.900 | 13,5 | |
| | max w | 7,5 | 6.600 | 450 | | <1,0 | 7.500 | 1.700 | 600 | 1.600 | 4.400 | 14,2 | |
| Putten | # f | 3 | 3 | 31 | 0 | 0 | 33 | 24 | 6 | 24 | 2 | 11 | 0 |
| | #w | 1 | 0 | 19 | 0 | 0 | 18 | 14 | 10 | 14 | 0 | 4 | 0 |
| | max f | 4,8 | 330 | 6.600 | | | 800 | 43 | <0,1 | 82 | 8,0 | 678 | |
| | max w | 6,9 | | 44 | | | 0,8 | 7,6 | <0,1 | 0,6 | | 2,6 | |
| Rotterdam Feijenoord | # f | 0 | 184 | 306 | 0 | 171 | 306 | 310 | 302 | 311 | 565 | 274 | 253 |
| | #w | 0 | 25 | 37 | 0 | 29 | 36 | 36 | 36 | 36 | 95 | 35 | 31 |

| Locatie | Karakteristiek | pH* | CN-EPA | CN-NEN | Thiocynaat | CN-vrij | Benzeen | Tolueen | Ethylb. | Xylenen | Naftaleen | Fenolen | Min.olie |
|---|----------------|-----|---------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|
| | max f | | 68.000 | 66.000 | | 4.000 | 13.000 | 7.800 | 12.000 | 17.000 | 627.000 | 67.000 | 920.000 |
| | max w | | 850 | 1.100 | | 580 | 3.500 | 360 | 1.800 | 2.800 | 12.000 | 30 | 450 |
| Rotterdam Havenstraat | # f | 0 | 4 | 4 | 0 | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 18 | 4 | 6 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | 26 | 27 | | 5,0 | 0,4 | 3,7 | 5,0 | 19 | 30 | 5,0 | 110 |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Rotterdam Hoek van Holland (Berghaven) | # f | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 29 | 29 | 29 | 21 | 35 | 29 | 25 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | | 5,0 | | | 420 | 140 | 30 | 49 | 54 | 1,3 | 2.500 |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Rotterdam Keilehaven | # f | 0 | 46 | 21 | 0 | 11 | 99 | 99 | 99 | 99 | 124 | 76 | 86 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | 3.500 | 490 | | 170 | 9.200 | 7.100 | 960 | 4.400 | 11.000 | 91.000 | 210.000 |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Rotterdam Noordsingel | # f | 0 | 2 | 15 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 85 | 137 | 27 | 87 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | 180 | 390 | | | 47.000 | 19.000 | 3.400 | 6.000 | 44.000 | 16 | 83.000 |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Rotterdam Oostkousdijk | # f | 0 | 13 | 45 | 13 | 14 | 74 | 74 | 74 | 74 | 105 | 30 | 69 |
| | #w | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| | max f | | 160 | 2.600 | 170 | 7,9 | 290 | 1,7 | 1,8 | 8,2 | 1.200 | 5,0 | 1,100 |
| | max w | | | 3,0 | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 5,0 | |
| Rotterdam Oostzeedijk (Kralingen) | # f | 0 | 226 | 649 | 0 | 58 | 998 | 998 | 998 | 854 | 1209 | 475 | 738 |
| | #w | 0 | 0 | 64 | 0 | 13 | 89 | 89 | 89 | 76 | 102 | 61 | 67 |
| | max f | | 100.000 | 110.000 | | 750 | 18.370 | 15.000 | 2.000 | 8.000 | 18.000 | 6.500 | 44.000 |
| | max w | | | 1.200 | | 47 | 9.400 | 12.100 | 3.400 | 7.900 | 11.000 | 530 | 51.000 |
| Rotterdam Overschie (Zestienhovense- kade) | # f | 0 | 31 | 34 | 0 | 21 | 60 | 60 | 60 | 60 | 113 | 59 | 60 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | 450 | 44 | | 5,0 | 6.200 | 13.000 | 2.700 | 13.000 | 12.000 | 450 | 180.000 |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Rotterdam Statenweg | # f | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 36 | 36 | 36 | 36 | 52 | 27 | 36 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | | 5,3 | | | 360 | 140 | 2.600 | 2.400 | 4.300 | 53 | 17.000 |
| | max w | | | | | | | | | | | | |
| Rotterdam Pernis | # f | 19 | 97 | 119 | 79 | 114 | 166 | 166 | 166 | 166 | 310 | 47 | 146 |
| | #w | 0 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 0 | 5 |

| Locatie | Karakteristiek | pH* | CN-EPA | CN-NEN | Thiocyanaat | CN-vrij | Benzeen | Tolueen | Ethylb. | Xylenen | Naftaleen | Fenolen | Min.olie |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | max f max w | 6,7 | 11.000 10 | 200.000 5,0 | 200.000 | 160 5,0 | 320 0,2 | 45 0,2 | 66 0,2 | 82 0,5 | 1.600 0,4 | 40 | 3.600 50 |
| Rotterdam Zalmhaven | # f #w max f max w | 0 0 | 62 13 1.300 | 43 8 270 100 | 33 7 1.100 69 | 41 8 9,0 6,9 | 90 15 21.000 3.400 | 90 15 4.200 700 | 90 15 760 1.600 | 68 10 3.100 3.600 | 144 27 13.000 58.000 | 64 13 24.000 360 | 67 12 1.900 5.500 |
| Stadskanaal | # f #w max f max w | 0 0 | 30 38 700 410 | 10 18 1.400 710 | 0 0 | 0 0 | 39 68 9.00 760 | 21 30 2.200 410 | 21 30 660 250 | 20 30 1.400 730 | 23 33 8.000 3.600 | 20 3 36.000 14 | 2 0 400.000 |
| Vlissingen Wijnbergsekade | # f #w max f max w | 19 9 7,7 7,5 | 3 6 140 6.630 | 19 10 7.500 1.300 | 3 6 3,7 6.500 | 15 10 780 8,4 | 18 32 5.900 29.000 | 18 32 1.100 190 | 18 32 100 540 | 18 32 500 480 | 18 32 6.200 3.500 | 8 0 9.910 | 0 0 |
| Waalwijk | # f #w max f max w | 80 25 6,9 6,8 | 0 0 | 96 25 3.580 18.500 | 6 2 39 18 | 6 2 4,4 4,2 | 61 22 6.800 740 | 61 22 8.900 530 | 61 22 490 17 | 61 22 6.200 240 | 23 11 5.700 260 | 72 18 11.500 43.000 | 41 1 940 130 |
| Wageningen | # f #w max f max w | 9 7 6,6 6,5 | 0 0 | 12 7 4.600 1,7 | 0 0 | 12 7 84 <1,0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| West-Terschelling | # f #w max f max w | 0 0 | 9 1 270 220 | 9 1 240 220 | 9 1 35 6,5 | 9 1 4,3 3,5 | 7 0 100 | 7 0 3,4 | 7 0 6,6 | 7 0 21 | 7 0 290 | 0 0 | 0 0 |
| Workum | # f #w max f max w | 4 6 7,4 7,1 | 12 22 120.000 11.000 | 3 9 56 84 | 3 9 5.500 11.000 | 3 6 2,6 3,3 | 13 22 4.300 830 | 3 6 240 0,7 | 3 6 39 0,9 | 3 6 320 2,4 | 13 22 3.300 34 | 0 0 | 0 0 |
| Wormer | # f #w max f max w | 10 27 7,0 6,9 | 8 28 13.500 38.000 | 10 228 480 2.900 | 10 28 13.020 37.510 | 10 28 4,6 37 | 8 28 540 60 | 8 28 <5,0 0,9 | 8 28 38 3,3 | 8 28 33 11 | 8 28 45 8,5 | 0 0 | 0 0 |
| Yerseke | # f #w | 25 4 | 24 6 | 10 2 | 3 1 | 2 1 | 3 0 | 3 0 | 3 0 | 3 0 | 0 0 | 3 0 | 0 0 |

| Locatie | Karakteristiek | pH* | CN-EPA | CN-NEN | Thiocyanaat | CN-vrij | Benzeen | Tolueen | Ethylb. | Xylenen | Naftaleen | Fenolen | Min.olie |
|------------------------|----------------|-----|--------|--------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|
| | max f | 7,9 | 830 | 100 | 50 | <5,0 | 2,5 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | | <1,0 | |
| | max w | 7,3 | 830 | 80 | 370 | 6,0 | | | | | | | |
| Zaandam | # f | 26 | 20 | 55 | 3 | 23 | 61 | 61 | 35 | 61 | 39 | 61 | 0 |
| | #w | 9 | 7 | 7 | 1 | 1 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 6 | 0 |
| | max f | 8,1 | 26.000 | 5.800 | 21.400 | 800 | 4.700 | 1.500 | 2.500 | 5.400 | 30.400 | 38.000 | |
| | max w | 7,8 | 26.000 | 760 | 11 | 1,0 | 11.000 | 5.200 | 2.000 | 2.400 | 1.100 | 240 | |
| Zaltbommel | # f | 0 | 9 | 26 | 3 | 2 | 1 | 6 | 2 | 3 | 6 | 8 | 3 |
| | #w | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| | max f | | 3.100 | 5.400 | 1,5 | 13 | 1.895 | 390 | 50 | 310 | 2.700 | 9,9 | 2.800 |
| | max w | | | | | | | 0,4 | | | 13 | | |
| Zierikzee | # f | 20 | 18 | 17 | 5 | 6 | 28 | 28 | 28 | 28 | 33 | 9 | 0 |
| | #w | 11 | 14 | 16 | 2 | 2 | 33 | 32 | 32 | 32 | 35 | 14 | 0 |
| | max f | 7,4 | 9.300 | 4.900 | 40 | 14 | 11.000 | 7.700 | 560 | 3.800 | 7.700 | 690 | |
| | max w | 7,3 | 23.000 | 3.700 | 190 | <5,0 | 4.500 | 1.100 | 130 | 440 | 250 | 2.400 | |
| Zutphen Bolwerksweg | # f | 0 | 16 | 2 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 7 | 1 |
| | #w | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | max f | | 480 | 380 | 100 | 27 | 1,0 | 1,3 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 18 | 50 |
| | max w | | 320 | | | | | | | | | | |
| Zutphen Ijsselkade | # f | 22 | 26 | 2 | 0 | 11 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 14 | 1 |
| | #w | 7 | 15 | 0 | 0 | 0 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 2 | 0 |
| | max f | 7,1 | 11.000 | 370 | | 700 | 7,1 | 8,7 | <0,5 | 2,3 | 0,7 | 17 | 50 |
| | max w | 7,0 | 15 | | | | 0,4 | 1,4 | <0,5 | 0,9 | 0,1 | 2,3 | |
| Zwolle | # f | 56 | 2 | 59 | 0 | 5 | 39 | 41 | 35 | 41 | 36 | 0 | 0 |
| | #w | 117 | 27 | 129 | 14 | 13 | 95 | 79 | 81 | 76 | 88 | 0 | 0 |
| | max f | 7,1 | 4.400 | 34.500 | | 400 | 99.000 | 38.000 | 10.900 | 14.000 | 13.000 | | |
| | max w | 7,2 | 5.000 | 4.600 | 4.890 | 8,3 | 12.000 | 32.000 | 8.500 | 24.000 | 32.000 | | |

*: gemiddelde waarden i.p.v. maximale waarden

Bijlage B: Gemeten concentraties volgens verschillende bepalingmethoden

Tabel 19: Gemeten concentraties aan thiocynaat via verschilmethode en directe methode.

| Monster | Meetwaarden | | | | |
|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| | CN-EPA | CN-NEN | SCN-v | SCN-v* | SCN-d |
| 20A-1-1 | 790 | 950 | -160 | <0,5 | 8,0 |
| 20B-1-1 | 26 | 20 | 6,0 | 6,0 | 6,1 |
| 21A-1-1 | 53 | 44 | 9,0 | 9,0 | 11 |
| 21B-1-1 | 27 | 23 | 4,0 | 4,0 | 13 |
| 21C-1-1 | < 5,0 | 1,6 | < 5,0 | <0,5 | 8,9 |
| 21C-1-2 | < 5,0 | 1,8 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 22A-1-1 | 1.700 | 1.800 | -100 | <0,5 | 54 |
| 22B-1-1 | 360 | 340 | 20 | 20 | 32 |
| 23A-1-1 | 91 | 110 | -19 | <0,5 | 9,7 |
| 23B-1-1 | 39 | 31 | 8,0 | 8,0 | 14 |
| 23C-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | 5,1 |
| 24A-1-1 | 3.200 | 1.300 | 1.900 | 1.900 | 2.800 |
| 24B1-1- | 94 | 140 | -46 | <0,5 | <0,5 |
| 25A-1-1 | 93 | 130 | -37 | <0,5 | <0,5 |
| 26A-1-1 | 440 | 49 | 391 | 391 | 3.700 |
| 27A-1-1 | < 5,0 | 2,6 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 27B-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 28A-1-1 | 45 | 40 | 5,0 | 5,0 | 18 |
| 28B-1-1 | 11 | 8,2 | 2,8 | 2,8 | <0,5 |
| 28C-1-1 | < 5,0 | 1,7 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 29A-1-1 | 9,4 | 8,1 | 1,3 | 1,3 | 6,3 |
| 29B-1-1 | 12 | 9,0 | 3,0 | 3,0 | 7,3 |
| 30A-1-1 | 280 | 270 | 10 | 10 | 410 |
| 30B-1-1 | < 5,0 | 1,4 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 31A-1-1 | 150 | 220 | -70 | <0,5 | <0,5 |
| 32A-1-1 | 1.300 | 1400 | -100 | <0,5 | <0,5 |
| 32B-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | 1700 |
| 32C-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 33A-1-1 | 70 | 83 | -13 | <0,5 | 85 |
| 33B-1-1 | 7,7 | 6,6 | 1,1 | 1,1 | <0,5 |
| 33C-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 34A-1-1 | 65.000 | 2.000 | 63.000 | 63.000 | 60.000 |
| 34B-1-1 | 690 | 170 | 520 | 520 | 620 |
| 34C-1-1 | 63 | 3,3 | 60 | 60 | <0,5 |
| 35A-1-1 | 51 | 49 | 2 | 2,0 | <0,5 |
| 35B-1-1 | 15 | 8,1 | 6,9 | 6,9 | <0,5 |
| 35C-1-1 | < 5,0 | 1,2 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 36A-1-1 | 27 | 28 | -1 | <0,5 | <0,5 |
| 36B-1-1 | < 5,0 | 1,1 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 37A-1-1 | 150 | 160 | -10 | <0,5 | 360 |
| 37B-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 38A-1-1 | 68 | 82 | -14 | <0,5 | 41 |
| 38B-1-1 | 13 | 17 | -4 | <0,5 | <0,5 |
| 38C-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 39A-1-1 | 100 | 110 | -10 | <0,5 | 46 |
| 39B-1-1 | < 5,0 | 3,9 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 40A-1-1 | 7.400 | 6.000 | 1.400 | 1.400 | 630 |
| 40B-1-1 | 12 | 8,2 | 3,8 | 3,8 | 5,8 |
| 41A-1-1 | 1.800 | 860 | 940 | 940 | 670 |
| 41B-1-1 | 11 | 6,6 | 4,4 | 4,4 | 54 |

| Monster | Meetwaarden | | | | |
|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| | CN-EPA | CN-NEN | SCN-v | SCN-v* | SCN-d |
| 42-2-1 | 6,1 | 3,6 | 2,5 | 2,5 | <0,5 |
| 42A-1-1 | 250 | 280 | -30 | <0,5 | 100 |
| 43A-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | 5,8 |
| 45A-1-1 | 9,3 | 5,6 | 3,7 | 3,7 | 13 |
| 45B-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | 5,1 |
| 46A-1-1 | < 5,0 | 1,8 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 46B-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 46C-1-1 | < 5,0 | 1,5 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| 47-1-1 | 330 | 390 | -60 | <0,5 | 11 |
| 47A-1-1 | 370 | 390 | -20 | <0,5 | 66 |
| 121A-1-1 | 26 | 23 | 3,0 | 3,0 | 5,6 |
| 121B-1-1 | 27 | 28 | -1 | <0,5 | 5,7 |
| F1755-o | 110 | 130 | -20 | <0,5 | <0,5 |
| F1755-1-1 | 260 | 310 | -50 | <0,5 | 66 |
| F1778-1-1 | 370 | 460 | -90 | <0,5 | <0,5 |
| H2107-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| H2133-1-1 | 4.300 | 1.800 | 2.500 | 2.500 | 17.000 |
| H2153-1-1 | 11.000 | 7.800 | 3.200 | 3.200 | 3.300 |
| H2158-1-1 | 5,4 | 4,7 | 0,7 | 0,7 | <0,5 |
| K07-1-1 | 7,3 | 5,7 | 1,6 | 1,6 | 5,2 |
| 3002-1-1 | 18 | 17 | 1,0 | 1,0 | 7,0 |
| 3006-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | 5,4 |
| 3015-1-1 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 | <0,5 | <0,5 |
| A228-1-1 | 53 | 44 | 9,0 | 9,0 | 16 |
| A254-1-1 | 91 | 110 | -19 | <0,5 | 8,2 |
| A294-1-1 | 17.000 | 470 | 16.530 | 16.530 | 12.000 |

SCN-v: thiocyanaatconcentratie berekend als CN-EPA – CN-NEN

SCN-v*: gecorrigeerd voor negatieve waarden

SCN-d: concentratie volgens directe methode

Bijlage C: Redoxstoestand locaties

Tabel 20: Redox omstandigheden gemeten op verschillende locaties.

| Locatie | Laag | Hoogste gemeten concentratie | | | Gemiddelde waarde | | | | | | | | | |
|--------------|--------|------------------------------|------------------|---------------|-------------------|------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | | CN-EPA (µg/l) | CN-NEN (µg/l) | SCN (µg/l) | pH | Eh (mv) | O2 (mg/l) | NO3 (mg/l) | NH4 (mg/l) | Fe-t (mg/l) | Fe2+ (mg/l) | SO4 (mg/l) | S2- (mg/l) | CH4 (mg/l) |
| Axel | Ondiep | | 2.250 | <5,0 | 7,2 | 15 | | 2,9 | <0,03 | 0,04 | | 87 | | |
| Enschede L. | Ondiep | 1.300 | 1.300 | 12 | 5,9 | 111 | | 14 | 6,3 | 17 | | 89 | | |
| | Diep | 250 | 310 | 20 | 6,4 | 59 | | 3,2 | 12 | 11 | | 97 | | |
| Goes | Diep | 40.000 | 11.000 | 15.540 | 7,3 | -115 | 0,11 | <1,0 | 90 | 1,1 | | 323 | 3,8 | 1,1 |
| Heerenveen | Diep | 80 | 60 | 340 | 6,2 | -53 | 0,25 | 0,94 | 13 | 46 | 12 | 18 | 0,42 | 3.269 |
| Meppel | Ondiep | 1.200 | 1.200 | 21 | 7,0 | | | 1,2 | 2,4 | | | 46 | 0,10 | 2,0 |
| | Diep | 610 | 640 | 26 | 6,9 | | | 1,3 | 4,2 | | | 23 | 0,09 | 6,0 |
| Nijmegen St. | Diep | 2.400 | | <5,0 | 7,6 | 348 | | 65 | 0,65 | 0,041 | | 89 | <0,1 | <0,1 |
| Oostburg | Ondiep | 1.300 | 820 | <5,0 | 7,2 | 203 | | 5,5 | <0,03 | 0,068 | | 113 | | |
| Oudenbosch | Ondiep | 10.000 | 780 | 3.880 | 7,3 | -45 | | <1,0 | 48 | 0,7 | | 103 | 2,2 | 7,0 |
| Oude Pekela | Ondiep | 6.000 | 3.300 | 2.700 | 6,9 | -57 | | 1,8 | 0,40 | 5,2 | | 243 | | |
| | Diep | 580 | 580 | 15 | 5,1 | -203 | | <0,05 | 12 | 3,2 | | 112 | | |
| Tholen | Ondiep | | 130 | 5,7 | 7,2 | | 0,41 | 0,41 | 13 | 15 | | 317 | 0,08 | 6,3 |
| Waalwijk | Ondiep | | 3.580 | 39 | 6,9 | 43 | 0,15 | <1,0 | 56 | 4,8 | | 26 | 3,8 | 2,3 |
| | Diep | | 18.500 | 18 | 6,8 | 139 | 0,23 | <1,0 | 3,6 | 9,5 | | 76 | 0,65 | 0,65 |
| Wormer | Ondiep | 13.500 | 480 | 13.020 | 7,2 | -164 | 0,17 | 0,71 | 39 | 3,0 | | 81 | | |
| | Diep | 38.000 | 2.900 | 37.510 | 7,0 | -110 | 0,31 | <0,2 | 70 | 3,9 | | 45 | | |
| Zaandam | Ondiep | 26.000 | 5.800 | 21.400 | 8,8 | -150 | | 0,09 | <0,03 | 0,52 | | 154 | | |
| | Diep | 26.000 | 760 | 11 | 8,1 | -55 | | <0,05 | 15 | 5,5 | | 10 | | |
| Zierikzee | Ondiep | 9.300 | 4.890 | 40 | 7,0 | -125 | | <0,05 | 21 | 0,15 | | 227 | | |
| Zwolle | Ondiep | 4.400 | 34.500 | <5,0 | 7,2 | -139 | 0,64 | 0,22 | 20 | 2,1 | | 316 | | |
| | Diep | 5.000 | 4.600 | 4.890 | 7,3 | -129 | 0,27 | 0,30 | 12 | 11 | | 46 | | |

Bijlage D: Detailbespreking batchexperimenten

Afbraaktesten hebben tot doel om de biologische activiteit en mogelijke biologische afbraak aan te tonen. Daartoe worden naast de biotische testen ook gesteriliseerde, abiotische testen als referentie uitgevoerd. Resultaten uit deze abiotische testen worden gebruikt om de resultaten van de biologisch actieve batches te corrigeren en goed te kunnen interpreteren.

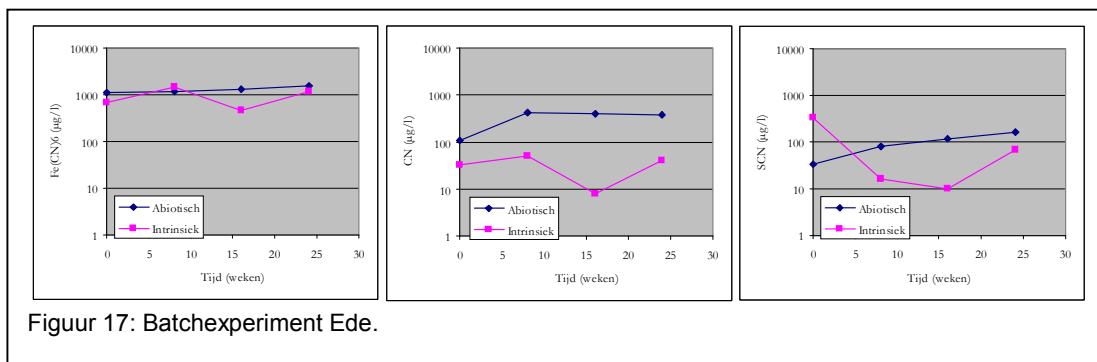
Afbraaktesten worden uitgevoerd met grond en grondwater van de betreffende locatie, waarbij de van nature voorkomende cyanide/thiocyanaat concentraties ook de concentraties vormen die in de test voorkomen. Er wordt geen spiking (kunstmatige toevoeging van cyaniden / thiocyanaat) bij deze batches uitgevoerd. Analyses worden verricht op cyanide vrij, cyanide complex en thiocyanaat.

De meeste batches zijn uitgevoerd met natuurlijke beginconcentraties aan cyaniden vrij en complex tussen 10 en enkele honderden $\mu\text{g/l}$ (waterfase). De thiocyanaat concentraties bedroeg meestal enkele honderden tot circa 1.000 $\mu\text{g/l}$. Dit zijn nog relatief lage concentraties om bijvoorbeeld een toename in de concentratie van eindproducten (ammonia/ammonium en sulfaat) te bepalen.

Bij de afbraak van thiocyanaat ontstaat – een en ander afhankelijk van de redoxomstandigheden en van de soort organismen die aanwezig zijn – als tussenproduct carbonyl sulfide (COS) of cyanaat (CNO). Monitoring op deze componenten gedurende de test is niet mogelijk, vanwege de te lage intermediair concentraties cq. snelheid van verdere omzetting van deze componenten. Thiocyanaat wordt dus (vooralsnog) niet omgezet in een van de andere cyanidevormen (zoals vrij cyanide). Wel kan uit andere cyanidevormen – zoals vrij cyanide – thiocyanaat worden gevormd: in aanwezigheid van cyanide en thiosulfaat kan door microbiologische activiteit thiocyanaat worden geproduceerd. Onder specifieke omstandigheden zou ook in een afbraaktest de concentratie vrij cyanide door dit proces kunnen afnemen en de concentratie thiocyanaat kunnen toenemen.

Het belangrijkste aanknopingspunt voor biologische activiteit vormt derhalve de monitoring van het verloop van de thiocyanaat concentraties in vergelijking met de steriele abiotische referenties.

Locatie Ede



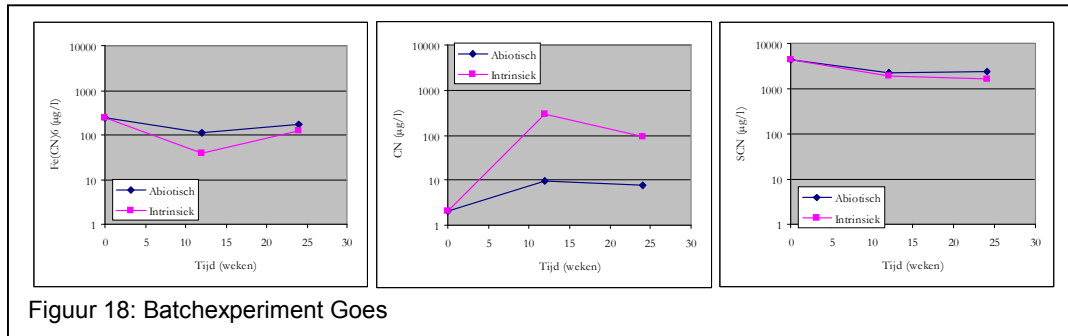
Figuur 17: Batchexperiment Ede.

In de batches is geen grond (vaste fase) aanwezig geweest. Daardoor is aanvulling van de cyanidemassa in de waterfase door het oplossen van ijzercyanideneerslagen of door desorptie van thiocyanaat uitgesloten. Het experiment laat daardoor een tot nu toe onverklaarbare toename van de cyanidemassa in de waterfase zien die nog moeilijker interpreteerbaar wordt indien afbraak van thiocyanaat zou optreden.

De sterke afname van de concentratie aan thiocyanaat (van 340 naar 16 $\mu\text{g/l}$) in de eerste periode van 8 weken lijkt vooral een toename van de concentratie aan ijzercyanide te hebben veroorzaakt (van 690 naar 1.400 $\mu\text{g/l}$). Een dergelijk proces is niet bekend vanuit de theorie.

Voor deze eventuele reactie zou thiocynaat zijn omgezet naar vrij cyanide dat weer verder gecomplexed wordt met bijvoorbeeld aanwezige ijzerionen. Dit blijft echter gissen want in de abiotische batch treden deze effecten dan blijkbaar niet op, ondanks dat ook hier dezelfde ijzerionen aanwezig zijn. Het experiment is daarmee moeilijk interpreteerbaar. Het vormt daardoor geen onderbouwing voor het optreden van afbraak van thiocynaat maar sluit dit ook niet uit.

Locatie Goes



De zeer hoge beginconcentratie aan thiocynaat (4.500 µg/l) neemt zowel in de intrinsieke als in de abiotische batch af. De afname in de abiotische batch lijkt daarbij iets groter (65%) dan in de biologische batch (47%). Op logaritmische schaal is dit verschil niet overtuigend. Vergelijkbaar met de Ede testen is in deze test alleen gebruik gemaakt van grondwater, een vaste bodemfase van waaruit desorptie of waaraan hechting kan optreden is dus niet aanwezig. Geconcludeerd kan worden dat er ten opzichte van de referentie dus geen significante biologische afname kan worden vastgesteld.

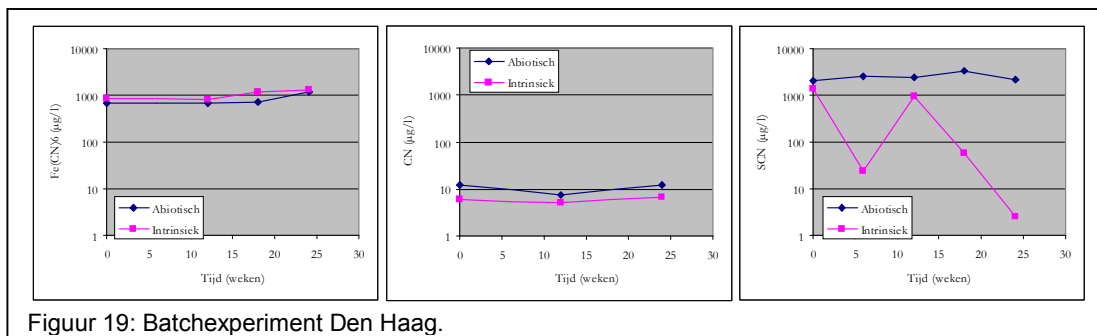
Opvallend in deze batch is wel dat het vrije cyanide gehalte in de abiotische batch significant hoger is dan in de biologische batch. De mogelijke oorzaak hiervan is niet bekend.

De mogelijke hypothesen bij dit experiment zijn:

- 1 Geen noemenswaardige effecten van afbraak en vorming waarneembaar;
- 2 Eventuele afbraak in de biologische batch wordt mogelijk gecompenseerd door vorming, waardoor ook het cyanidegehalte in de biotische batch lager is / blijft dan in de abiotische referentie;
- 3 Mislukken van de sterilisatie, waardoor ook in de abiotische test afbraak optreedt.

Vooralsnog lijkt de eerste hypothese het beste te verenigen met alle waargenomen trends in de gemeten parameters.

Locatie Den Haag



De zeer hoge thiocynaatconcentratie neemt over de totale periode van 24 weken in de intrinsieke batch sterk af terwijl deze in de abiotisch batch gelijk blijft. De afname wordt niet veroorzaakt door een éénmalige hoge beginconcentratie en er zijn geen aanwijzingen voor

interacties met andere cyanidevormen. Sterilisatie is uitgevoerd met natriumazide en kwikchloride en daarnaast thermisch gesteriliseerd.

De afwezigheid van eenzelfde afname in de abiotische batch duidt erop dat de afname niet wordt veroorzaakt door sorptie en afbraak is dus aannemelijk.

Er treedt een duidelijke fluctuatie op in de biotische batch tussen t=0 en t=12 weken. Eerst wordt een duidelijke afname waargenomen, waarna weer een stijging zichtbaar is. Opgemerkt moet worden dat de eerste drie metingen zijn uitgevoerd met de directe thiocynaat analysemethode (doorstroommeting) van IWACO en dat de laatste twee metingen een berekening van verschil tussen EPA 335.3 en NEN 6655 betreffen. Ondanks de onnauwkeurigheid die bij de verschilmeting kan ontstaan blijkt de abiotische referentie, ondanks deze overgang van analyse (onvermijdelijk gezien de verhuizing van IWACO naar Alcontrol tijdens deze proef), wel zeer mooi stabiel te blijven.

Een eerste mogelijke verklaring voor de fluctuatie kan spreiding in de analyse zijn. Een tweede verklaring zou kunnen zijn dat afbraak en vorming parallel in de biotische batch optreden. Daarvoor zou wel de snelheid van afbraak en vorming gedurende de incubatieperiode moeten variëren: in de eerste periode met name afbraak, in de tussenperiode meer vorming en dan weer meer afbraak. Een veronderstelde vorming uit vrij cyanide of uit omzetting van complex cyanide naar vrij cyanide en verdere omzetting naar thiocynaat wordt echter niet bevestigd uit de analyses op vrij cyanide en complex cyanide. Wel kan mogelijk door aanwezigheid van meer gereduceerde zwavelverbindingen ($S_2O_3^{2-}$) de vorming van thiocynaat in de loop van het experiment op gang zijn gekomen.

Het experiment vormt een duidelijke aanwijzing voor het optreden van (biologische) afbraak waarbij mogelijk ook parallel vorming van thiocynaat is opgetreden. Aangezien de concentratie thiocynaat uiteindelijk duidelijk daalt, maakt dit de conclusie omtrent biologische afbraak sterker. De overheersende conditie op de locatie te Den Haag is sulfaatreducerend (tot methanogeen) zodat deze afbraak een anaerobe afbraak is, waaarschijnlijk met sulfaat als electronacceptor.

SKB-project Gasfabriekterreinen

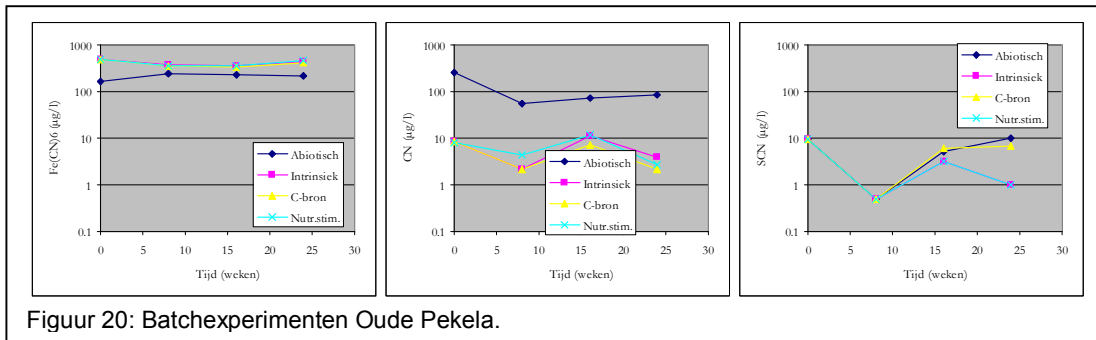
In 1999 is door Bioclear binnen SKB-verband het SKB-project Gasfabriekterreinen uitgevoerd. In het kader hiervan zijn van de locaties Oude Pekela, Workum, West-Terschelling, Vlissingen en Oostburg afbraaktesten verricht. Uitvoering van de bijbehorende afbraaktesten is dan ook op vergelijkbare wijze gedaan. Alle batches zijn, dit geldt voor alle Bioclear-testen, in het donker uitgevoerd.

De sterilisatie van deze batches is uitgevoerd door toevoeging van alleen kwikchloride (chemische sterilisatie), en geen thermische sterilisatie.

Analyses zijn gedaan op alleen watermonsters, waarbij analyses op complex cyanide, vrij cyanide en thiocynaat zijn uitgevoerd. Analyses op thiocynaat zijn met de doorstroommethode van IWACO uitgevoerd. Watermonsters die geen sulfide bevatten zijn wel met loog geconserveerd, andere monsters niet. De monsters die geen sulfide bevatten waren Oude-Pekela (en dus met loog zijn geconserveerd) en Workum. Vlissingen, Oostburg en West-Terschelling bevatten wel sulfide en is dus geen conservering toegepast.

Er zijn dus duidelijke verschillen waar te nemen tussen deze batches en de later uitgevoerde batches (Goes, Ede, Den Haag). Bij deze laatste batches is telkens de gehele inhoud van de batch geanalyseerd (water bij Ede en Goes, grond en water bij Den Haag) en is tevens (bij Den Haag) een uitgebreidere sterilisatie (kwikchloride, natriumazide en thermische sterilisatie) toegepast.

Locatie Oude Pekela



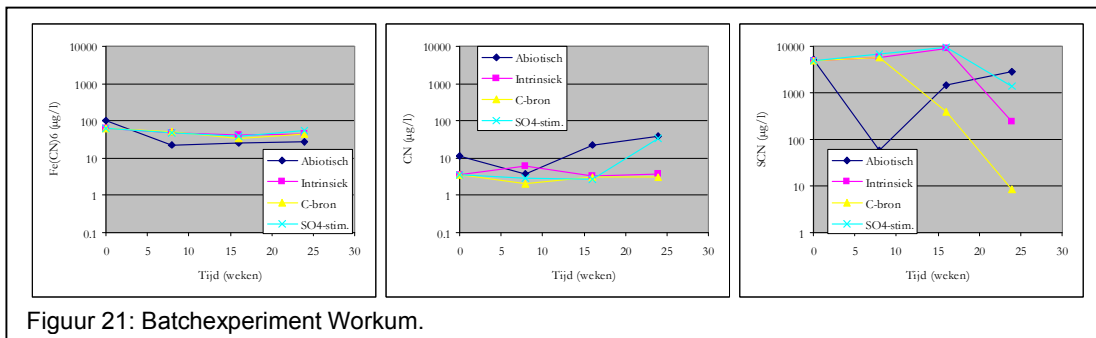
Figuur 20: Batchexperimenten Oude Pekela.

De concentraties aan thiocynaat zijn laag waardoor het verloop tijdens het experiment weinig relevant is en relatief sterk wordt beïnvloed door de meetfout in het lage concentratiebereik. Opvallend is de veel hogere concentraties aan vrij cyanide in de abiotisch batch. Daar tegenover staat dat de concentratie aan complexe cyaniden in de abiotische batch weer wat lager is dan in de overige batches. Dit effect van hogere vrije cyanide en lagere complexe cyanide concentraties is ook waargenomen in de batches van Goes. Het vermoeden is dat door de sterilisatieprocedure de speciatie in cyanidevormen veranderd door sterilisatie, maar dat het totaal gehalte aan cyaniden daarbij gelijk blijft. Het totale gehalte aan cyanideverbindingen blijft wel constant in alle batches.

Gezien het feit dat hier alleen op de watermonsters is geanalyseerd, kunnen tussentijdse toenames, bijvoorbeeld in thiocynaat, veroorzaakt zijn door het vrijkomen van gebonden cyanidevormen (thiocynaat zelf maar ook uit vrijgekomen complexe cyanide). Bij vrij momentane reactie wordt dan deze vorming of vrijkomen niet gemeten in de waterfase, bijvoorbeeld in de verschuiving van vrij of complex cyanide.

Uit deze batches volgt geen aanwijzing van biologische afbraak.

Locatie Workum



Figuur 21: Batchexperiment Workum.

Het concentratieverloop in de abiotische batch is moeilijk verklaarbaar. De concentratie aan ijzercyanide kan nog als min of meer constant kunnen worden beschouwd en 'in evenwicht' met het oplosbaarheidproduct van ijzercyaniden. De concentratie aan vrij cyanide lijkt enigszins hoger te worden aan het einde van het experiment. Hiervoor is geen logische verklaring. De thiocynaatconcentratie zou wel op deze (onverklaarde) stijging kunnen reageren: de hogere concentratie aan vrij cyanide veroorzaakt dan een grotere vorming van thiocynaat. Groter probleem is echter de (sterke) daling van de concentratie aan thiocynaat in de eerste zes weken. Bij afwezigheid van biologische afbraak (abiotisch) zou dit dus niet-biologische afbraak moeten zijn of sorptie. Sorptie is niet logisch omdat deze dan ook zou worden verwacht in de niet-abiotische batches. Voor niet-biologische afbraak bestaan geen bekende (dissociatie)processen.

Het concentratieverloop in de niet-abiotische batches vertonen grotendeels eenzelfde patroon:

De concentratie aan vrij cyanide in de sulfaat-gestimuleerde batch lijkt aan het einde van de periode hoger te zijn dan in de overige batches; dit is wellicht de oorzaak van de hogere eindconcentratie aan thiocynaat. Deze zou dan kunnen worden verklaard uit een grotere vorming vanuit vrij cyanide.

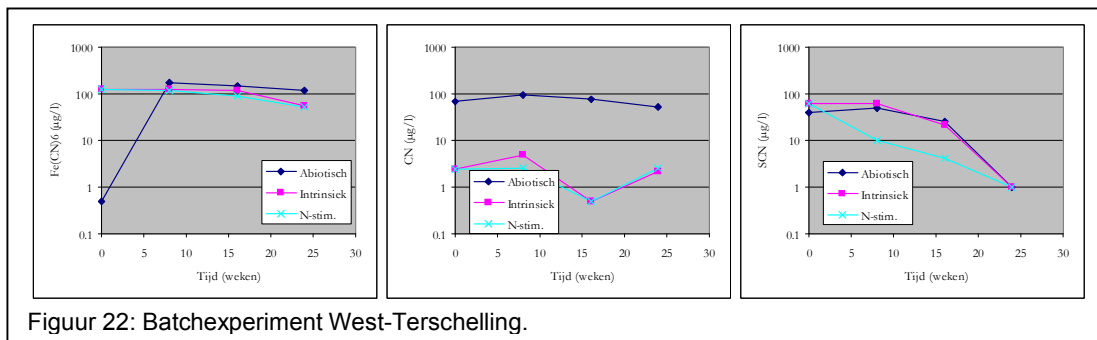
De concentratie aan thiocynaat lijkt in de koolstof-gestimuleerde batch eerder te gaan dalen dan in de overige batches. Mogelijk zijn de aanvankelijk gunstige omstandigheden voor de vorming van thiocynaat hier eerder veranderd dan in de beide overige niet-abiotische batches en heeft biologische afbraak sneller de overhand gekregen.

In deze batches is, vergelijkbaar met de Oude Pekela batch, alleen de waterfase gemeten. Verschuivingen in de cyaniden, waaronder vrijkomen van de vaste matrix, is dus mogelijk en kan tot toename in de waterfase van thiocynaat leiden.

Er lijkt wederom in de abiotische batch een effect van de sterilisatie op de hoeveelheid vrij cyanide waarneembaar te zijn.

Het experiment duidt op het optreden van (biologische) afbraak van thiocynaat waarbij het effect daarvan op de concentratie aanvankelijk teniet wordt gedaan door vorming. De resultaten van de abiotische batch zijn echter niet logisch interpreteerbaar en doen enigszins afbreuk aan de betrouwbaarheid van de interpretatie.

Locatie West-Terschelling



Figuur 22: Batchexperiment West-Terschelling.

De beide biotische batches vertonen grotendeels eenzelfde verloop. De concentratie aan ijzercyaniden wordt in beide gevallen bepaald door het oplosbaarheidsproduct van een ijzercyanideneerslag. De dissociatie van opgeloste ijzercyaniden resulteert in een tamelijk constante, lage concentratie aan vrij cyanide en een eventuele omzetting daarvan in thiocynaat. Deze eventuele omzetting is over de gehele periode van het experiment in ieder geval veel kleiner dan de afbraak van thiocynaat.

In de nutriënten-gestimuleerde batch komt deze afbraak sneller op gang of is de vorming vanuit vrij cyanide ook in de beginperiode al veel kleiner dan de afbraak.

De sterke toename van de concentratie aan ijzercyanide in de beginperiode van de abiotische batch berust vermoedelijk op een meetfout op $t=0$ in de abiotische batch of op afwezigheid van evenwicht met aanwezige neerslagen direct na het samenstellen van de batch. Dit evenwicht heeft zich in de eerste periode van acht weken hersteld en de concentraties blijven gedurende de rest van het experiment min of meer constant.

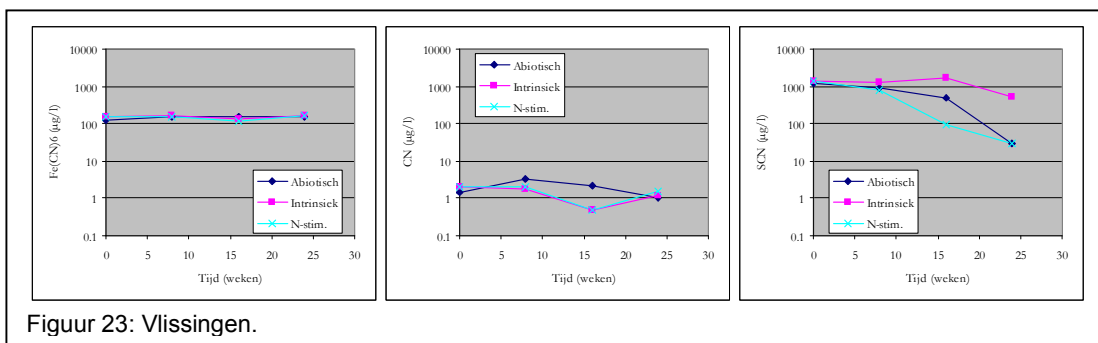
De concentratie aan vrij cyanide is in de abiotische batch veel hoger dan in de beide biotische batches. Mogelijk is dit veroorzaakt door de vorming van $Hg(CN)_2$ dat dan als 'vrij cyanide' wordt gemeten. Of dit proces optreedt en analytisch inderdaad correct is, is (nog) niet bekend.

De even sterke afname van de concentratie aan thiocynaat in de abiotische batch als in de biotische batches zou erop duiden dat de afbraak van thiocynaat niet biologisch is of dat de sterilisatie van de abiotische batch mislukt is (zie ook Vlissingen!). Vooralsnog bestaat er een kans dat inderdaad de sterilisatie van deze batches, waaronder ook de andere batches in dit project, niet volledig genoeg is geweest.

Er zijn uit de verschillende batches indicaties dat er een verschuiving van de vorm van cyaniden van complexe cyaniden naar vrij cyanide wordt gestimuleerd door uitvoering van de sterilisatie. Indien een soort complexering van de kwikatoemen plaatsvindt door cyanide-aanwezigheid kan dit tevens betekenen dat de steriliserende werking van kwikchloride wordt verminderd. Daarmee zouden tevens biologische processen kunnen optreden in de naar verwachting abiotische batches.

Het experiment duidt op het optreden van afbraak van thiocynaat waarbij het effect daarvan op de concentratie in de intrinsieke batch aanvankelijk teniet wordt gedaan door vorming maar in de nitraat-gestimuleerde batch al vanaf het begin merkbaar is. Overeenkomstige resultaten van de abiotische batch zouden erop duiden dat de afbraak niet-biologisch is maar kunnen mogelijk ook veroorzaakt zijn door het mislukken van de sterilisatie. De resultaten van de 'abiotische' batch doen enigszins afbreuk aan de betrouwbaarheid van de interpretatie.

Locatie Vlissingen



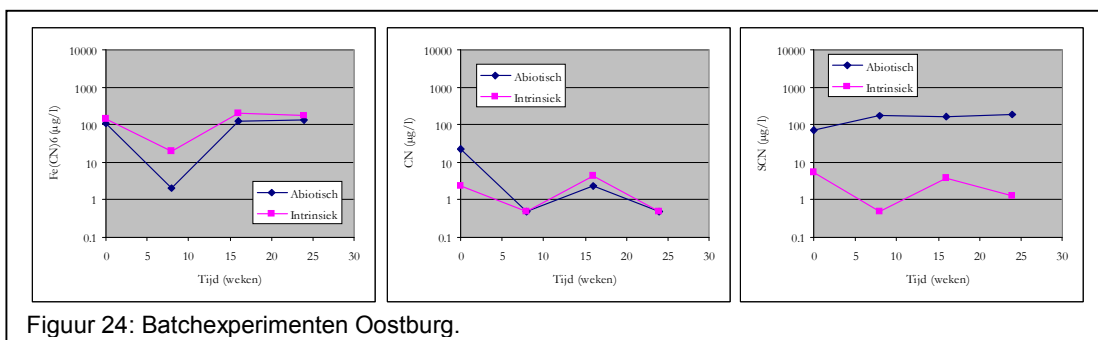
Figuur 23: Vlissingen.

De geringe variatie in de concentratie aan ijzercyaniden duidt erop dat deze in alle batches bepaald wordt door oplos-evenwicht met een ijzercyanideneerslag. De mate waarin ijzercyaniden dissociëren is vermoedelijk ook klein gezien de lage concentraties aan vrij cyanide en de afwezigheid van een duidelijk vormingseffect in het concentratieverloop van thiocynaat.

Het grootste verschil tussen de drie batches doet zich voor in de concentratie aan thiocynaat. Deze lijkt in de abiotische en nitraat-gestimuleerde batch aan het einde van het experiment kleiner te zijn dan in de intrinsieke batch. Dit duidt dan op een grotere afbraak in de beide eerste batches en op een proces dat niet noodzakelijkerwijs biologisch hoeft te zijn. Mogelijk is de sterilisatie van de abiotische batch mislukt (zie ook beschrijving West-Terschelling).

Het experiment duidt op het optreden van afbraak van thiocynaat. Overeenkomstige resultaten van de abiotische batch zouden erop duiden dat de afbraak niet-biologisch is maar kunnen mogelijk ook veroorzaakt zijn door het mislukken van de sterilisatie. De resultaten van de 'abiotische' batch doen enigszins afbreuk aan de betrouwbaarheid van de interpretatie.

Locatie Oostburg



Figuur 24: Batchexperimenten Oostburg.

De sterke schommelingen in de concentraties aan ijzercyaniden en de verschillen in de beginconcentraties aan vrij cyanide en thiocynaat duiden erop dat de batches in de beginperiode niet in evenwicht verkeren. Zij stabiliseren zich ergens in de periode tussen 8 en 16 weken.

Het concentratieverloop van thiocynaat geeft geen aanleiding structurele veranderingen tijdens de looptijd van het experiment te veronderstellen. Opvallend is wel het verschil in het concentratieniveau tussen de intrinsieke en de abiotische batch. Omdat dit verschil er echter al vanaf het begin van het experiment is, kan dit niet aan afbraak worden toegeschreven. De resultaten geven evenmin aanleiding vorming van thiocynaat te veronderstellen.

Het experiment geeft geen aanleiding (biologische) afbraak of vorming van thiocynaat te veronderstellen.

Bijlage E: Effluentgegevens kolomproeven: grond voormalige gasfabriek Tuinlaan te Pernis

Tabel 21: Resultaten kolomproef met klei-1.

| Datum | Effluent cumulatief (ml) | Aantal doorspoelingen | Concentratie (µg/l) | | |
|------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------|--------|
| | | | Thiocyanaat | CN-v | CN-NEN |
| 12-4-1999 | 4 | 0,01 | 1.470.000 | 960 | 5.600 |
| 23-4-1999 | 38 | 0,13 | 1.420.000 | 960 | 5.600 |
| 26-4-1999 | 47 | 0,16 | 3.740.000 | 779 | 5.487 |
| 7-5-1999 | 91 | 0,31 | 1.290.000 | 640 | 5.400 |
| 12-5-1999 | 126 | 0,44 | 1.300.000 | 653 | 5.666 |
| 21-5-1999 | 161 | 0,56 | 1.370.000 | 670 | 6.000 |
| 27-5-1999 | 186 | 0,64 | 1.030.000 | 648 | 6.133 |
| 3-6-1999 | 214 | 0,74 | 970.000 | 620 | 6.300 |
| 10-6-1999 | 246 | 0,85 | 620.000 | 555 | 6.354 |
| 17-6-1999 | 279 | 0,97 | 790.000 | 500 | 6.400 |
| 24-6-1999 | 310 | 1,07 | 580.000 | 481 | 6.292 |
| 7-7-1999 | 345 | 1,19 | 410.000 | 461 | 6.170 |
| 22-7-1999 | 384 | 1,33 | 280.000 | 437 | 6.034 |
| 5-8-1999 | 445 | 4 | 120.000 | 401 | 5.822 |
| 13-8-1999 | 480 | 38 | 160.000 | 380 | 5.700 |
| 18-8-1999 | 511 | 47 | 110.000 | 370 | 5.221 |
| 2-9-1999 | 642 | 91 | 100.000 | 327 | 3.198 |
| 16-9-1999 | 682 | 126 | 20.000 | 314 | 2.580 |
| 30-9-1999 | 713 | 161 | 20.000 | 304 | 2.101 |
| 8-10-1999 | 726 | 186 | 1.900 | 300 | 1.900 |
| 14-10-1999 | 739 | 214 | 19.000 | 286 | 1.834 |
| 28-10-1999 | 767 | 246 | 3.900 | 257 | 1.691 |
| 11-11-1999 | 797 | 279 | 7.800 | 225 | 1.538 |
| 25-11-1999 | 847 | 310 | 7.500 | 172 | 1.284 |
| 13-12-1999 | 889 | 345 | 7.400 | 127 | 1.070 |
| 7-1-2000 | 942 | 384 | 7.800 | 71 | 800 |
| 13-1-2000 | 953 | 445 | 1.800 | 70 | 795 |
| 2-2-2000 | 984 | 480 | 1.300 | 69 | 781 |
| 25-2-2000 | 1.028 | 511 | 580 | 66 | 761 |
| 16-3-2000 | 1.081 | 642 | 630 | 63 | 737 |
| 20-4-2000 | 1.212 | 682 | 380 | 55 | 678 |
| 15-5-2000 | 1.288 | 713 | 88 | 51 | 643 |
| 26-6-2000 | 1.406 | 726 | 77 | 44 | 590 |
| 29-9-2000 | 1.679 | 739 | 29 | 26 | 260 |
| 22-3-2001 | 1.807 | 767 | 5,0 | 2,0 | 30 |
| 5-4-2001 | 1.865 | 797 | 5,0 | 7,3 | 76 |
| 20-4-2001 | 1.934 | 847 | 22 | 17 | 160 |
| 4-5-2001 | 1.999 | 889 | 16 | 24 | 648 |
| 16-5-2001 | 2.060 | 942 | 5,0 | 32 | 1.200 |
| 31-5-2001 | 2.088 | 953 | 5,0 | 24 | 610 |
| 21-6-2001 | 2.163 | 984 | 9,0 | 17 | 130 |
| 19-7-2001 | 2.298 | 1.028 | 24 | 6,0 | 140 |
| 20-9-2001 | 2.555 | 1.081 | 5,0 | 2,0 | 12 |

Tabel 22: Resultaten kolomproef met klei-2.

| Datum | Effluent cumulatief (ml) | Aantal doorspoelingen | Concentratie (µg/l) | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------|--------|
| | | | Thiocyanaat | CN-v | CN-NEN |
| 8-4-1999 | 10 | 0,02 | 12.000 | | |
| 16-4-1999 | 300 | 0,75 | 3.500 | | |
| 20-4-1999 | 406 | 1,01 | 3.600 | | |
| 23-4-1999 | 468 | 1,16 | 2.200 | 11 | 160 |
| 26-4-1999 | 527 | 1,31 | 4.600 | 10 | 132 |
| 3-5-1999 | 687 | 1,71 | 480 | 7 | 56 |
| 7-5-1999 | 745 | 1,85 | 150 | 6 | 29 |
| 10-5-1999 | 809 | 2,01 | 160 | 6 | 29 |
| 18-5-1999 | 941 | 2,34 | 630 | 7 | 28 |
| 21-5-1999 | 955 | 2,37 | 140 | 7 | 28 |
| 26-5-1999 | 1.026 | 2,55 | 52 | | |
| 8-6-1999 | 1.102 | 2,74 | 29 | | |
| 1-6-1999 | 1.186 | 2,95 | 94 | | |
| 22-6-1999 | 1.319 | 3,28 | 27 | | |
| 7-7-1999 | 1.436 | 3,57 | 13 | | |
| 21-7-1999 | 1.587 | 3,94 | 35 | | |
| 4-8-1999 | 1.724 | 4,28 | 51 | | |
| 18-8-1999 | 1.852 | 4,60 | 12 | | |
| 1-9-1999 | 1.957 | 4,86 | 10 | | |
| 16-9-1999 | 2.044 | 5,08 | 10 | | |

Tabel 23: Resultaten kolomproef met veen-1.

| Datum | Effluent cumulatief (ml) | Aantal doorspoelingen | Concentratie (µg/l) | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------|--------|
| | | | Thiocyanaat | CN-v | CN-NEN |
| 6-4-1999 | 181 | 0,19 | 84 | | |
| 7-4-1999 | 216 | 0,23 | 25 | | |
| 9-4-1999 | 337 | 0,36 | 20 | 2 | 6 |
| 16-4-1999 | 524 | 0,55 | 40 | | |
| 20-4-1999 | 577 | 0,61 | 14 | | |
| 26-4-1999 | 633 | 0,67 | 14 | | |

Tabel 24: Resultaten kolomproef met veen-2.

| Datum | Effluent cumulatief (ml) | Aantal doorspoelingen | Concentratie (µg/l) | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------|--------|
| | | | Thiocyanaat | CN-v | CN-NEN |
| 28-5-1999 | 7 | 0,01 | 450 | < 8 | < 5 |
| 1-6-1999 | 37 | 0,05 | 48 | < 8 | 35 |
| 8-6-1999 | 94 | 0,13 | 15 | < 8 | < 5 |
| 11-6-1999 | 120 | 0,17 | 24 | < 8 | 58 |
| 15-6-1999 | 151 | 0,21 | 13 | < 8 | < 5 |
| 22-6-1999 | 206 | 0,29 | 50 | < 8 | < 5 |
| 30-6-1999 | 268 | 0,37 | 310 | < 8 | < 5 |
| 7-7-1999 | 317 | 0,44 | 440 | < 8 | < 5 |
| 15-7-1999 | 384 | 0,53 | 2.400 | < 8 | 57 |
| 21-7-1999 | 573 | 0,80 | 2.900 | < 8 | < 5 |
| 5-8-1999 | 884 | 1,23 | 87 | < 8 | < 5 |
| 17-8-1999 | 934 | 1,30 | 11 | < 8 | < 5 |
| 1-9-1999 | 1.123 | 1,56 | 11 | < 8 | < 5 |
| 16-9-1999 | 1.193 | 1,66 | 6 | < 8 | < 5 |

Bijlage F: Vragenlijst voor interviews

1. Inleiding

Op basis van de verschillende gesprekken en overleggen is de volgende probleemstelling gedefinieerd binnen het procespoor:

Het ter discussie stellen van gemaakte afspraken als gevolg van het aantreffen van "nieuwe" stoffen in een lopend traject en het komen tot nieuwe afspraken.

In dit project wordt hierbij als case de reële situatie op verschillende gasfabriekterreinen genomen, waarbij thiocynaat als nieuwe component kan worden gezien die in de loop van de tijd steeds meer aandacht heeft gekregen. Dit mede gezien het feit dat deze cyanideverbinding op verschillende locaties – door voortschrijdend inzicht en verbeterde analysemogelijkheden - als component wordt aangetroffen. Soms blijkt thiocynaat zelfs hoofdcomponent te zijn. Hoe wordt met deze situatie omgegaan? Wat zijn de uitgangspunten van de verschillende actoren hierin? Welke belangen spelen een rol en wat is belangrijk om tot een besluit te komen?

Inzicht in de beweegredenen, de belangen en de risico's van de verschillende actoren is van belang om te achterhalen waar knelpunten liggen, welke aard van knelpunten dit zijn om op basis daarvan gezamenlijk een werkwijze te presenteren waarmee mogelijke oplossingen kunnen worden verkregen in dit soort complexe projecten.

2. De vragen

Bij de behandeling van de bevindingen van de interviews zijn een viertal aandachtsgebieden vastgesteld.

1. helderheid uitgangssituatie;
2. bereiken van overeenstemming als proces;
3. nieuwe stoffen zoals thiocynaat;
4. onzekerheid.

De vragen zijn in verschillende categorieën onderverdeeld. Achter iedere categorie staat het aandachtsgebied aangegeven:

- A. Algemene vragen betreffende het project (1);
- B. De rol en taak van betrokkene als actor (2);
- C. De relatie van met andere actoren (2);
- D. De risico's verbonden aan het project (3);
- E. Ontbrekende en gewenste kennis (4).

Ad A. Algemeen betreffende het project

Bij de eerste vragen gaat om het een concreet bodemsaneringsgeval van een gasfabriekterrein, waar u zelf mee heeft te maken en waar de stof thiocynaat is aangetroffen.

1. Wat is in uw eigen bewoordingen het gemeenschappelijke einddoel van het project? Zijn alle betrokkenen het daarover eens?
2. Wat is eventueel daarbinnen het (onderliggende) einddoel dat door uzelf wordt nagestreefd? Wanneer vindt u het een succes? Wanneer bent u tevreden en wanneer ontevreden?
3. Welke criteria hanteert u zelf bij het behalen van het einddoel? Waaraan zal zeker voor u voldaan moeten worden en waarom? Wat is maximaal haalbaar vanuit uw standpunt? Wat zijn belangrijke factoren die uw succes (mede) bepalen?
4. Wat zijn volgens u de gevolgen van het aantreffen van de nieuwe stof thiocynaat op de gasfabrieklocatie voor het proces (inhoudelijke, organisatorisch en besluitvorming)? Wat vormt de problematiek daarbij nu precies? Hoe gaat u om met de problematiek?

5. Wanneer (op welk moment in het proces tijdens de gedachtevorming of al in de besluitvorming) bent u op de hoogte gebracht van het bestaan van de stof thiocynaat op de betreffende gasfabrieklocatie?
6. Hoe (op welke wijze) is dit aan u gecommuniceerd?
7. Welke informatie is daarbij over de nieuwe ontstane situatie en over de stof thiocynaat aan u geleverd? Was de informatie voldoende helder en toegesneden op uw situatie, met andere woorden kon u er iets mee?
8. Zijn volgens u alle actoren die nu en eventueel in de toekomst op enigerlei wijze met de nieuwe ontstane situatie te maken kunnen krijgen ook nu al betrokken bij het proces? Ontbreken er actoren? Wanneer zouden deze eventueel betrokken moeten gaan worden? Heeft het ontbreken van bepaalde actoren invloed op het proces en de tot nu toe gevoerde communicatie?
9. Wat zijn de belangrijkste partijen / personen binnen het proces (inhoudelijk, besluitvorming en organisatorisch)? Waarom vindt u dit belangrijke spelers. Denk daarbij zowel aan personen als ook aan partijen.

Ad B. Rol en Taak

Iedere actor heeft zijn eigen beweegredenen, taken en verantwoordelijkheden in het proces. Een ieder vervult dan ook zijn eigen takenpakket, met de daarbij behorende procedures, werkwijzen, beleidskaders etc. In de volgende vragen wordt ingegaan op deze rol en in hoeverre deze impact heeft op de besluitvorming.

10. Welke formele taak / functie heeft u in dit project? Welke bevoegdheden horen daarbij? Wat is uw rol in het project? Verschilt de rol van de formele taak? Zo, ja op welke wijze?
11. Welke formele procedures spelen vanuit uw formele taak een rol bij het aantreffen/identificeren van de nieuwe stof thiocynaat op de gasfabrieklocatie? Is er dan een bepaalde procedure die gevolgd moet worden?
12. Biedt het huidige bodembeleid volgens u voldoende ruimte binnen uw eigen rol en taak om tot een goede afweging en keuze te komen en knelpunten op te lossen?

Ad C. Relatie met andere actoren

Naast de eigen inbreng spelen ook andere partijen een rol binnen het proces. Ook de anderen hebben allen hun eigen beweegredenen, taken en verantwoordelijkheden in het proces. In de volgende vragen wordt ingegaan op de rol van andere actoren en in hoeverre deze impact hebben op de besluitvorming:

13. Wat is uw perceptie over de manier waarop de andere actoren zich opstellen in deze problematiek? Wat zijn belangrijke partijen, personen? Waarom zijn deze belangrijk.? Wordt uw rol door de andere actoren geaccepteerd?
14. Hoe omschrijft u de sfeer binnen het project? Wordt er geredeneerd van uit de problemen / risico's of vanuit de mogelijkheden die het project en in het bijzonder de thiocynaat problematiek biedt?
15. Voelt u zich gebonden door bijvoorbeeld (interne) protocollen en wetgeving / beleid in de omgang met deze problematiek (belemmerend)? Of voelt u zich juist ondersteund door de wetgeving en protocollen bij deze situatie (sturend)?
16. Hebben andere actoren volgens u voldoende ruimte (bijvoorbeeld beleidsmatig) om van hun kant problemen op te lossen? Wordt deze ruimte volgens u benut?

Ad D. Risico's

Bij de afwikkeling van projecten spelen risico's een rol. Een projectrisico kan uiteraard vanuit verschillende invalshoeken worden bekeken: inhoud, budget, kwaliteit, organisatorisch, bestuurlijk e.d. De volgende vragen gaan daar op in.

17. Hoe verloopt het proces (inhoudelijk, organisatorisch en de besluitvorming) van het project? Waar liggen volgens u de risico's? Zijn de risico's anders geworden als gevolg van het vinden van een nieuwe stof als thiocynaat?
18. Welke risico's van milieuhygiënische, van technische, van financiële en / of van bestuurlijk-juridische aard verwacht u? Kunt u deze risico's voor dit geval waar

thiocyanaat is gevonden in de ondergrond van een voormalig gasfabriekterrein individueel benoemen en aangeven welke van deze elementen van groot belang zijn en waarom?

19. Welke van deze elementen is mogelijk van het grootste / doorslaggevende belang volgens u? denk daarbij aan doelstellingen, organisatie, besluitvorming en betrokken partijen en personen.
20. Hebt u het gevoel dat de andere actoren waar u mee te maken heeft bij dit project uw risico-inschatting en doelstelling kennen en respecteren? Voorziet en / of kent u verschillen in deze risicoperceptie en / of doelstelling bij de verschillende actoren?
21. Op welke manier beïnvloedt uw risico-inschatting uw handelen en opstellen in deze problematiek? Hoe uit zich dit? Welke procedure / strategie volgt u daarvoor?

Ad E. Kennis

Thiocyanaat is voor veel mensen een nieuwe stof in bodemland. Op het vlak van de technische kennis is op dit moment al veel beschikbaar maar niet altijd even toegankelijk. De volgende vragen gaan meer in op de kennis.

22. Hoe maakt u gebruik van de kennis over thiocyanaat? Welke kennisbronnen heeft u? Welke eigenschap(pen) van deze stof is / zijn voor u vanuit uw risico-inschatting (in de meest brede zin van het woord) van groot belang?
23. Hoe ervaart u het zelf om met een nieuwe stof om te gaan, zoals thiocyanaat? Als dit lastig is, waarom is dit lastig?
24. De doelstelling van het technische spoor is om de beschikbare kennis (nu veelal nog in hoofden van mensen) toegankelijk te maken. Wat moet het technische spoor opleveren om u behulpzaam te zijn?
25. Welke kennis op het vlak van beleid en normstelling dient volgens u beschikbaar te komen?
26. Welke aanvullende kennis is nodig om adequaat om te gaan met stoffen als thiocyanaat?

Bijlage G: Verslagen van interviews

Samenvatting interview Provincie Friesland

Aanwezig: Barend Leest (beschikking verlener)
Yvo Muller (toezichthouder / handhaving)
Maurice Henssen (interviewer)

Datum: gesprek 7 april 2006

De benodigde kennis omtrent thiocynaat heeft met name betrekking op de volgende aspecten: wijkt de stof af in gedrag en zijn er andere cq. hogere risico's ten opzichte van de nu bekende verontreinigingen op de betreffende locatie. Deze kennis is het belangrijkste om verantwoorde keuzes te kunnen maken. Het technische spoor (wat weten we van thiocynaat heeft daarmee dan ook de meeste belangstelling.

Wat doel, rol, taak betreft: Friesland ziet hier geen problemen. Rol / taken zijn gesplitst, maar er is veel overleg met het gehele team. Daarin zitten meerdere projectleiders (die beschikking opstellen) en toezichthouders, zodat eventuele meningsverschillen, bottlenecks en / of inzichten goed worden uitgewisseld. Met deze werkwijze is het goed mogelijk consensus te bereiken. Er zijn verder goede contacten en overleg met de RO afdeling. Er zijn volgens Barend en Yvo geen procedures die belemmerend werken.

Friesland heeft wel (informeel) besloten dat SPs ouder dan circa 2 jaar opnieuw bekeken moet worden op actualiteit en voortschrijdend inzicht. Met andere woorden: actualisatie en eventuele herbeschikking bij (te) oude plannen. Dit geldt ook voor lopende saneringen. Hierin wordt ook gebruik gemaakt van nieuwe kennis, (beleids) ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht. Er ligt nu een concept omtrent hoe om te gaan met saneringen waarbij (bijv.) afgesproken S-waarde niet wordt bereikt. Via beoordeling van cq beschikking op het evaluatierapport kan integratie van nieuw beleid en nieuwe kennis plaatsvinden. Monitoring van restverontreiniging kan dan via een (verplicht) nazorgplan worden geregeld.

Belangrijk is om het einddoel in de gaten te houden: hoe eerder ontwikkeling of implementatie plaats kan vinden, hoe beter. Daarbij wordt dan ook het beleid meestal volgens geest (en niet de letter) geïnterpreteerd en toegepast.

Vaak wordt gebruik gemaakt van de omgekeerde bewijslast bij nieuwe technieken: laat maar zien dat het werkt of kan werken. De oplossing voor eventuele onzekerheden in het traject: een scherpere monitoring en scherp geformuleerde fall-back (met andere woorden: geef het – verantwoord - een kans). Sta open voor voortschrijdend inzicht. Het maatschappelijk denken verandert ook en dat betekent dat ook de uitvoering van saneringen – mits nodig – moet meegaan in de dan geldende denkwijze.

Ervaring leert wel dat hoe soepel of juist stroef projecten lopen wel persoonsafhankelijk kan zijn, maar eventuele complicaties of stagnaties wordt door middel van het structurele overleg bij Friesland zoveel mogelijk voorkomen.

Voor zover te overzien zijn actoren betrokken. Handhaving / toezichthouders hebben daarin in een vroeg stadium ook een belangrijke rol → handhaafbaarheidstoets (ook bij "nieuwe" aanpak). Als je ook bij een andere cq nieuwe aanpak toch goede afspraken kunt maken, dan zijn daarmee eventuele risico's en onzekerheden / hiaten in kennis af te dekken.

Wat saneringsplannen en doelstellingen betreft: de overheid is strikt / streng voor zichzelf.

Wat nieuwe stoffen betreft in een lopend traject: Indien de nieuwe verontreiniging van een ander geval afkomstig is → een nieuw geval definiëren. Indien de nieuwe verontreiniging van hetzelfde geval afkomstig is → met name de financiële gevolgen daarvan in kaart brengen. De

overheid zal dan in het bijzonder in stoffeigenschappen van deze nieuwe stof geïnteresseerd zijn: wat zijn de risico's (humaan en verspreiding)? Dus ook hiervoor geldt: technische kennis is belangrijk om de juiste keuzes te kunnen maken.

Als een traject al loopt (formele go) en er komt een nieuwe stof in de picture, dan is het gewoon om direct de betrokken actoren (opdrachtgever, probleemhebber, bevoegd gezag, handhaving) bij elkaar te brengen en de nieuwe situatie te bespreken. De vraag die daarbij dan van belang is: welke impact heeft nieuw gevonden stof op de sanering en het afgesproken eindresultaat. De verantwoordelijkheid ligt bij de initiatiefnemer: kom met een plan (bijvoorbeeld een nazorgplan / monitoring), dat wordt vastgelegd in een handhaafbaar (nazorg)plan. Beschikking wordt uiteindelijk toch afgegeven op het evaluatierapport en nazorgplan. Daarmee ligt het initiatief bij de opdrachtgever / probleemhebber en vindt toetsing door het bevoegd gezag plaats, die de risico's via monitoring en fall-back kan beperken.

Samenvatting gesprek Enschede

Aanwezig: Freddie Deurwaarder (techniek en advies)
Bert Haer (vergunning verlener / beschikking)
Maurice Henssen (interviewer)

Datum: gesprek 25 april 2006

Algemeen betreffende het project / risico's / rol

Doel is de herontwikkeling van locaties, waarbij met verontreiniging voornamelijk gefocust wordt op het wegnemen van risico's, met name humane risico's. Het aantreffen van nieuwe verontreinigende stoffen die voorheen niet in beeld waren, hoeft niet problematisch te zijn. Belangrijkste daarbij is: wat zijn risico's van de nieuwe stof.

Rondom bodemproblematiek heerst tussen de verantwoordelijke afdelingen binnen de gemeente Enschede een open communicatie-structuur, waarbij doel van een bodemsanering en de weg ernaartoe met elkaar worden besproken met behoud van ieders verantwoordelijkheid.

Enschede hecht belang aan saneringsplannen waarin vooral het te behalen eindresultaat wordt vastgelegd (saneringsdoelstelling). De manier waarop dit wordt bereikt is daarbij minder relevant hoewel er natuurlijk altijd sprake moet zijn van een goede handhaafbaarheid. Een saneringsplan krijgt daardoor een grotere flexibiliteit waardoor ook voortschrijdend inzicht/kennisontwikkeling wordt meegenomen cq toegepast in lopende trajecten, zonder dat daarvoor een herbeschikking nodig is. Alleen indien de saneringsdoelstelling verandert, zal over het algemeen een herbeschikking nodig zijn.

In-situ technieken krijgen binnen de gemeente Enschede een kans aangezien men verwacht dat dit op verschillende locaties in Enschede (gezien het bodemtype en de ervaring met conventionele technieken zoals ontgraven) minstens hetzelfde rendement als conventionele technieken kan bieden. Aangaande onzekerheden in deze "nieuwe" aanpak of nieuwe stoffen heeft men de opstelling: bij onzekerheden / hiaten in kennis of stoffen, meer op monitoring richten en evalueren of het werkt. Werkt het niet dan is er alsnog de optie om conventioneel te gaan.

Er wordt wel veel waarde gehecht aan onderbouwing van een bepaald (nieuw) concept: toon aan dat een bepaald saneringsproces optreedt, dan wordt het makkelijker om plannen te accepteren. Als onderbouwing niet kan of moeilijk is, dan heb je altijd nog de gelegenheid om processen door monitoring aan te tonen. Kwalitatief goed onderzoek, dus ook goed gefundeerde plannen zijn noodzakelijk. Met dit als basis wil men wel ruimte geven aan nieuwe technieken. Handhaving geschiedt met name op het eindresultaat. Belangrijk is dat voortschrijdend inzicht gebruikt moet kunnen worden. Het belangrijkste criterium is dat de eventuele risico's beheersbaar zijn en dat het proces is geborgd en daarnaast dat de totale vracht op een verontreinigde locatie kleiner wordt waardoor er sprake is van een goed milieurendement.

Kennis thiocynaat en risico's daarvan: Enschede heeft zelf tot op heden weinig tot geen specifieke kennis betreffende en ervaring met thiocynaat. Bij een nieuwe stof → belangrijkste is of deze nieuwe stof humane risico's met zich meebrengt. Kennis / ervaring daaromtrent is dus voor Enschede belangrijk en Enschede zou graag zien dat dit soort informatie uit het huidige project komt, om met deze data risico's te kunnen schatten. Het technische spoor is voor hen dan ook belangrijkste spoor. Belangrijk is of de nieuwe stof kritischer is dan de "oude" componenten (denk aan VC bij PER) of juist niet?

Rol + taak

Rol- en taaksplitsing tussen de verantwoordelijke afdelingen binnen de gemeente Enschede levert geen problemen op. Er wordt veel overleg gevoerd. Gezien het teamwerk en overleg is er weinig kans dat een issue lang blijft liggen en men er niet uitkomt. Eventueel kan als men er toch niet uitkomt, het hogere (bestuurlijke) niveau worden ingeschakeld. Er zijn geen formele

procedures die het volgens Enschede lastig maken in het omgaan met nieuwe stoffen. Men ziet hier geen potentiële belemmering in.

De gemeente heeft zelf een voorbeeldrol dus is men zelf vrij kritisch op eigen saneringen. Gelijke monniken, gelijke kappen.

Actoren

Naar verwachting en op basis van ervaring blijken in trajecten de verschillende actoren betrokken te zijn / worden. Er treedt veel teamwerk op, waarbij weliswaar ieder zijn eigen rol / verantwoordelijkheden heeft, maar wel met het gemeenschappelijke doel voor ogen.

Samenvattend: Technische kennis over thiocynaat zoals mobiliteit, toxiciteit en afbraak / vorming vormt het belangrijkste onderdeel voor Enschede omdat deze een belangrijk onderdeel vormen in het kader van risicobeheersing. Graag zou men handvatten ontvangen over hoe om te gaan met (verspreidende) thiocynaat.

Samenvatting gesprek DCMR

Aanwezig: Hub Meuffels en Marc Groenenboom (DCMR)
Gerard van Meurs en Jacco Booster (interviewers)

Locatie: DCMR

Datum: gesprek 21 april 2006

A. Algemeen betreffende het project

- Thiocynaat werd onder de aandacht gebracht door Victor Brettschneider (Ingenieursbureau Rotterdam) naar aanleiding van een lopende sanering.
- Besloten werd in de volgende meetronde ook thiocynaat te analyseren.
- Uit de analyses bleek dat thiocynaat inderdaad in grote hoeveelheden aanwezig is.
- Vragen die vervolgens opkomen:
 - Is dat een probleem?
 - Wat zijn de (humane) risico's? (op veel locaties wordt woningbouw gepland)
 - Wat kost me dat dan? (met beperkt rijksbudget heeft dit invloed op voortgang overige projecten)
- Er is onvoldoende technische kennis beschikbaar om bovenstaande vragen te beantwoorden.
- Daarom wordt het "voor de zekerheid" maar aangepakt. ("geen gedonder achteraf", "afbreukrisico voor het bestuur")
- Voor gasfabriek Kralingen kwam deze informatie pas tijdens de afronding van de grondsanering beschikbaar; de overige locaties bevinden zich nog in de onderzoeksfase.
- Er is weinig vertrouwen in de interventiewaarde, die is opgesteld door het RIVM.
- De streefwaarde wordt beschouwd als een academische discussie. In principe wordt gesaneerd tot de tussenwaarde (en als dat niet gehaald wordt is onder de interventie waarde ook acceptabel); risico gestuurd.
- Dit komt uiteraard voort uit de beperkte beschikbare middelen voor sanering. Er is een bepaald bedrag beschikbaar en daar moet een heel saneringsprogramma voor uitgevoerd worden. Een duurdere sanering aan de ene kant heeft consequenties voor de overige onderzoeken en saneringen.
- Er wordt daarom gekozen om vanuit een risicobenadering te werken (wat kan ik maximaal doen met het beschikbare budget).
- Daar hoort wel een goed verhaal bij, dat naar toekomstige bewoners gecommuniceerd kan worden en dat tevens bestuurlijk wordt gedragen.
- Voor de beoordeling van gezondheidsrisico's wordt in de regel in Rotterdam gebruik gemaakt van de GGD.

B. Rol en taak

- In Rotterdam zijn meerdere voormalige gasfabriekterreinen (11).
- Het gaat om veel geld. In totaal ca. 500 miljoen euro. Een deel is al gesaneerd. Rest nog circa 275 miljoen. De 3 grootste hieruit kosten circa 80 miljoen per stuk.
- Marc Groenenboom is betrokken bij de gasfabrieklocaties Kralingen en Feijenoord (opdrachtadvisering aan Gemeentewerken Rotterdam, beoordeling van adviezen en rapporten).
- Hub Meuffels houdt zich bezig met de overkoepelende planning, afstemming en financiën van alle gasfabriekterreinen.
- Ze zijn beide geen bevoegd gezag; de rol is formeel adviserend naar de afdeling Coördinatie Milieutaken Rotterdam (vallend onder de directeur Gemeentewerken Rotterdam, gemandateerd voor de milieutaken) die nog bij Gemeentewerken zit (club Cor Verhoeckx). Formeel wordt daarvandaan het bestuur geadviseerd.
- CMR verstrekt aan de hand van de adviezen van de DCMR opdracht voor onderzoek of sanering aan het Ingenieursbureau van GW.
- Nadat Hub en Marc (en collega's) akkoord zijn met de geleverde rapporten, worden de rapporten definitief gemaakt en formeel getoetst. De toetsing van rapporten en verslagen

vindt binnen een ander bureau binnen de DCMR plaats. Ook hier geldt dat directeur GW namens B&W de beschikking tekent.

- Het beleid biedt voldoende ruimte om risicogestuurd te werken. Gebrek aan technische kennis om de eerder benoemde vragen in relatie tot thiocyanaat te beantwoorden is de bottleneck.

C. Relatie met andere actoren

- Andere actoren zijn meestal onvoldoende deskundig op het gebied van thiocyanaat of verontreinigingen in het algemeen (of het om thiocyanaat of lood gaat maakt voor hen geen verschil). Men heeft een probleem dat voor hun moet worden opgelost.
- Er wordt niet meegedacht door bijvoorbeeld projectontwikkelaars. Zij beschouwen het in eerste instantie niet als "hun" probleem. ("zorg maar dat je het weghaalt")
- De sfeer in de dienst overschrijdende projecten is goed, ieder vanuit zijn eigen deskundigheid. Er wordt een gezamenlijk belang gediend: dat wat goed is voor Rotterdam.
- Protocollen worden niet als belemmerend ervaren. Het zijn richtlijnen waar je gemotiveerd van mag afwijken. Uiteraard wel binnen de ruimte van de wet.
- Uiteindelijk wordt alles bepaald door de beschikbare financiële middelen.
- In Rotterdam is in de afgelopen bestuurlijke periode niet de wethouder Milieu maar de wethouder Woningbouw verantwoordelijk voor de sanering van voormalige gasfabriekterreinen. Daardoor vallen sanering en planontwikkeling voor wat betreft de gasfabriekterreinen onder 1 verantwoordelijke en dat wordt als positief ervaren. Hoe hier met het nieuwe bestuur invulling aan wordt gegeven is nog niet duidelijk.

D. Risico's

- Het voornaamste risico is afbreukrisico voor het bestuur. Daaronder vallen:
 - Aansprakelijkheid;
 - Imago;
 - Financieel.
- De risico-benadering bepaalt vrijwel volledig het handelen en de opstelling in dit project.
- Het verhaal naar de bewoners moet goed zijn. Communicatie is dus zeer belangrijk.

E. Kennis

- Hub Meuffels en Marc Groenenboom hebben geen goed beeld wat er nu eigenlijk daadwerkelijk beschikbaar is aan technische kennis op het gebied van thiocyanaat.
- Er kan geen antwoord gegeven worden op de vraag: Hoe groot is nu mijn risico?
- Uiteraard is er sterke behoefte aan beantwoording van deze vraag.
- Daarbij gaat het om humane risico's, mobiliteit en natuurlijke afbraak.
- Ecologisch risico wordt in de stad niet echt relevant gevonden.

Samenvatting gesprek met DSO gemeente Den Haag

Aanwezig: Gert-Jan Lammers (DSO gemeente Den Haag)
Jos Verheul en Frans Mulder (interviewers)
Datum: gesprek 18 april 2006
Definitief: 2 oktober 2006

Wat is het gemeenschappelijk einddoel?

Bij het bepalen van het gemeenschappelijke einddoel is volgens de heer Lammers het huidige plankader het uitgangspunt. Volgens hem wordt als gemeenschappelijk einddoel beschouwd de uitvoering van de beschikking en het eraan gerelateerde convenant. Hierbij geldt dat de locatie na afloop van de sanering bruikbaar moet zijn voor herontwikkeling, waarbij het convenant de uitvoeringskosten dekt en het geheel de milieuhygiënische risico's van de locatie zal moeten beheersen. Bij het uitwerken van het plan van aanpak zou de heer Lammers graag aansluiten bij de nieuwe beleidsdoelstellingen.

Historie van het project

In het verleden heeft DSO een poging ondernomen om te komen tot een andere beschikking. De aanleiding daartoe lag niet in het vinden van thiocyanaat. Thiocyanaat wordt al meegenomen in de van kracht zijnde beschikking. De aanleiding van de aanvraag voor een herbeschikking lag op een ander vlak. Binnen de huidige van kracht zijnde beschikking wordt gestreefd naar een multifunctionele situatie in de gebieden buiten de damwand. Het bereiken van de multifunctionele situatie voor deze 'buitengebieden' lijkt, op basis van de huidige kennis van de verontreinigingssituatie, een utopie, maar minder vergaande doelstellingen zijn moeilijk te concretiseren in termen van terugsaneerwaarden. Dit belemmert het toepassen van de saneringsladder om een alternatieve saneringsvariant af te wegen. Daarom is er voor de strategie gekozen om binnen de huidige beschikking procesafspraken te maken (conform A5).

Uiteindelijk is het herbeschikken van de locatie niet gelukt. De belangrijkste inhoudelijke reden hiervoor is dat de verantwoording (voor de keuze van de saneringsvariant) moet plaatsvinden op afrekenbare waarden en handhaafbare grootheden. Eisen aan een uitvoerings- en saneringsproces zijn moeilijk in harde en handhaafbare waarden te benoemen.

Procesmatig liep de aanvraag van de herbeschikking niet geheel vlekkeloos. De heer Lammers noemde het achteraf tactisch onhandig om zonder veel vooroverleg een andere saneringsvariant te introduceren, waarbij het multifunctionaliteitprincipe werd vervangen door flexibele emissie beheersing. Iets dat verkeerd gevallen is bij het bevoegde gezag. E.e.a heeft geleid tot voor zijn gevoel risicomijdend gedrag bij het bevoegde gezag.

De doelstellingen (het wat) liggen vast in de beschikking en deze is moeilijk (nog een keer) ter discussie te stellen, daarom wordt er voornamelijk gesproken over hoe de werkzaamheden volgens een plan van aanpak uit te voeren. De huidige discussies gaan dan ook voornamelijk over het 'hoe'.

Naar het inzien van de heer Lammers zou bij de vormgeving van het 'hoe' meer gestuurd moeten worden op de risicobeheersing en minder op het halen van absolute waarden. Over de inschatting van de risico's bestaan er verschillen van inzicht tussen de beide diensten. Om deze verschillen te overbruggen zijn er meerdere bemiddelingspogingen geweest.

Zijn alle partijen betrokken?

De heer Lammers heeft de indruk dat de belangrijkste spelers betrokken zijn bij het project. De politiek is evenals projectontwikkelaars niet direct betrokken omdat het vooral een ondergrondprobleem is. Hierbij speelt dat voor de ondergrond zelden een functie is benoemd, zo is de functie van het 1ste watervoerende pakket onduidelijk en daardoor ook de risico's van

het al dan niet uitvoeren van maatregelen en de kosteneffectiviteit ervan. Bij de ontwikkeling van het gebied is bodem geen beperkende factor.

Wat is de huidige strategie?

De huidige strategie is om procesafspraken te maken over hoe de projectdoelstellingen worden gehaald en deze afspraken te maken in kleine afgebakende stappen en voor kleine gebieden. Doel van deze afspraken is om al doende inzicht te verkrijgen in de haalbaarheid van de saneringsdoelstelling uit de beschikking. Op basis van deze ervaringen kan dan voldoende onderbouwing worden gevonden voor een eventuele herbeschikking.

Rol van Thiocyanaat?

Thiocyanaat is het project langzaam binnen getreden. Het werd op een bepaald moment meegenomen omdat het gemeten kon worden. Er heeft dan ook geen bewuste communicatie overplaats gevonden. De aanwezigheid van thiocyanaat maakt de berekeningen over de te halen eindwaardes onduidelijker, en voegt een extra dimensie toe aan de risicobenadering van het gehele geval (met name de mobiliteit van deze stof).

Samenvatting gesprek met DSB gemeente Den Haag

Aanwezig: Albert de Vries (DSB gemeente Den Haag)
Jos Verheul en Frans Mulder (interviewers)

Datum: gesprek 18 april 2006

Wat is het gemeenschappelijke einddoel?

Het gezamenlijke einddoel is vastgelegd in de beschikking en het er aan gerelateerde convenant. Binnen de beschikking is gekozen voor een multifunctionele sanering voor het gebied buiten de damwanden. Er wordt thans gewerkt aan een traject om te komen tot een voor allen betrokken acceptabele uitvoering, waarbij afgeweken wordt (kan worden) van de niet realistische multifunctionaliteitdoelstelling. Er loopt een traject waarbij samen met anderen gezocht wordt vanuit o.a kostenoverwegingen naar een andere minder vergaande saneringsdoelstelling. Deze kosteneffectieve variant moet nog worden uitgewerkt en zal volgens de heer de Vries moeten voldoen aan het beleid zoals dat is geformuleerd in BOBEL3, het bodembeleid zoals dat is uitgewerkt door de gezamenlijke Zuid-Hollandse bevoegde overheden WBB.

Historie van het project

In het verleden is er een andere uitwerking van de doelstelling, zoals die is vastgelegd in de beschikking, voorgesteld door DSO (en de adviesbureaus) voor de mobiele verontreinigingen buiten de damwanden. Deze uitwerking was sterk gebaseerd op de gedachten achter flexibel emissie beheer (FEB). Bij de uitwerking hiervan waren er - naar de indruk van de heer de Vries - een aantal essentiële (proces)stappen overgeslagen.

Door de heer de Vries wordt onderkend dat het vinden van een nieuwe acceptabele doelstelling voor het buitengebied bemoeilijkt wordt door de in de beschikking en het er aan gerelateerde convenant vastgelegde afspraken met onder o.a. het ministerie van VROM . Er is daardoor weinig speelruimte voor DSO om te komen tot nieuwe voor allen acceptabele afspraken. Vooral vanuit de juridische hoek wordt hier op gewezen.

Door de heer de Vries wordt gewerkt volgens de strategie dat men eerst met DSO tot een gemeenschappelijk visie en doel moet komen voordat er andere partijen bij betrokken worden, zoals bijvoorbeeld de SBNS of het ministerie.

De heer de Vries ervaart dat er verschillen zijn op beleidsmatig vlak tussen DSO en zijn dienst. De diensten hebben per slotte ook andere belangen te dienen. Binnen het beleid zijn de randvoorwaarden vastgelegd en minder het proces hoe te komen tot een gemeenschappelijk beleid en uitwerkingen bij concrete projecten.

De criteria waaraan het afwegings- en besluitvormingsproces moeten voldoen zijn helder beschreven in BOBEL3. Alleen is het afwegingsproces van BOBEL nog nooit volledig doorlopen en is er weinig praktijk ervaring mee. Voor het huidige project zijn verschillende varianten uitgewerkt en in een 'Boardroomsessie' tussen de diensten besproken en is de gemeenschappelijke voorkeur vastgelegd. Alleen is de besluitvorming in de 'Boardroom' niet bindend en is ook niet vastgelegd in een beschikking. Uiteindelijk is ook de gemeenschappelijke voorkeur weer ter discussie gekomen, omdat het adviesbureau vond dat de voorkeurskeuze nog met te veel onzekerheden omgeven was en moeilijk zou leiden tot handhaafbare afspraken over bijvoorbeeld wanneer is de sanering afgerond. Het adviesbureau was niet in staat om de eindwaarde van de saneringsmaatregelen te geven; de chemische processen waren te complex.

Thiocyanaat binnen het project.

Thiocyanaat is in een vroeg stadium bij het zoeken naar een nieuwe oplossing voor de buitengebieden meegenomen. Daarnaast maakt thiocyanaat reeds onderdeel uit van het

saneringsonderzoek en was daarbij niet de bepalende factor voor de concrete uitwerking van de saneringsmaatregelen als het aantal malen dat de bodem doorgespoeld moet worden. Later zijn toch zo hoge concentraties gevonden dat thiocynaat wel een bepalende factor is en een probleem werd.

Rol en taak.

Om zijn rol en taak goed te kunnen vervullen, ondervindt de heer de Vries geen belemmeringen vanuit het beleid. Ook is er zijn inziens voldoende ruimte binnen het proces en de bestaande afspraken om te komen tot een oplossing. Wel ervaart hij verschillen tussen de partijen, maar geen onoverkomelijke verschillen. Wel vindt de heer de Vries dat de in de beschikking genoemde streefwaarde een belemmering vormt om te komen tot een haalbare uitwerking. Zijn voorkeur is om aan te sturen op een nieuwe beschikking en deze te baseren op het nieuwe beleid zoals vastgelegd in BOBEL3. Hij realiseert zich wel dat wanneer er afgeweken wordt van de doelstelling van multifunctioneel buiten de damwand, de afspraken met VROM opnieuw moeten worden geformuleerd en een nieuw convenant worden opgesteld, waarbij dan ook de andere partijen / bedrijven uit het gebied moeten worden betrokken

Een nieuwe variant kan, mits onderbouwd. De criteria hiervoor liggen o.a vast in het BOBEL3 en zijn bij de betrokkenen bekend. De variant kent een zekere fasering en zal niet alleen gebaseerd kunnen zijn op biologische afbraak. Daarnaast zal er binnen de variant een manier moeten worden gevonden om te gaan met onzekerheden zowel in milieuhygiënisch oogpunt als binnen het proces. Deze twee typen van onzekerheden zijn niet los van elkaar te zien en lopen door elkaar heen gedurende het project.

Een andere oplossing zou kunnen zijn dat een deel van het project als testfase wordt benoemd en het totale project in fasen op te knippen. In de testfase kan dan worden gezien welke eindwaarden er haalbaar zijn en of deze waarde acceptabel zijn voor alle partijen.

De werkwijze van uit de dienst van de heer de Vries is het best te omschrijven als de uitvoering van de toetsing van de verschillende rapporten, tot op zekere hoogte meedenken en het faciliteren van het proces.

Zijn alle partijen betrokken

Politiek speelt het project op dit moment niet. Wanneer er sprake zou zijn van grote plannen binnen het gebied dan zou dit misschien wel kunnen, maar over het algemeen geldt dat bodem slechts een van de vele facetten is dat in het algemeen in voldoende mate wordt mee genomen.

De rol van thiocynaat

De kennis over thiocynaat zal worden meegenomen bij het vinden van een integrale oplossing.

De heer de Vries noemt als missende kennis:

1. Heeft thiocynaat afbraakproducten?
2. Men vindt thiocynaat in onverwacht hoge concentratie op onverwachte plaatsen binnen het gebied. Wat is hiervan de oorzaak?
3. Laboratorium testen zijn over het algemeen niet extrapoleerbaar naar de omstandigheden in het veld. Hoe kan dit worden verbeterd? Het probleem hierbij is dat de laboratoriumtesten veelal wel leiden tot discussie over de waarde van de verstrekte informatie.

Samenvatting gesprek met Provincie Zeeland

Aanwezig: P. Brand en E.M. Janse (Provincie Zeeland
V. Brettschneider en G. de Graaf (interviewers)
Datum: gesprek 24 april 2006

Op 24 april 2006 heeft een telefonisch interview plaatsgevonden met het bevoegd gezag van Zeeland in het kader van het aantreffen van nieuwe stoffen bij de sanering van gasfabriekterreinen.

Als voorbeeld werd tijdens dit interview gekozen voor de stof thiocynaat. Dit interview is afgenomen in het kader van het processpoor van het SKB-project over thiocynaat bij gasfabriekterreinen.

In het navolgende is het verslag weergegeven van een 26-tal vragen die zijn gesteld met daarop het antwoord van de Provincie Zeeland.

A Algemeen betreffende het project

1 Wat is in uw eigen bewoordingen het gemeenschappelijke einddoel van het project?

Het einddoel is de verwijdering van thiocynaat zolang dit nog technisch en financieel verantwoord is.

2 Wat is eventueel daarbinnen het onderliggende einddoel dat door uzelf wordt nagestreefd? Wanneer vindt u het een succes? Wanneer bent u tevreden en wanneer ontevreden?

Er wordt hier aangegeven, dat er net zolang gesaneerd moet worden tot dat het gehalte aan thiocynaat (in grond en grondwater) zich onder de interventiewaarde bevindt of als de asymptoot is bereikt. Als dit bereikt is, kan gesproken worden van een succesvolle sanering van thiocynaat. In het andere geval wordt aangegeven, dat er gesaneerd moet worden tot op het moment dat het geen zin meer heeft.

3 Welke criteria hanteert u zelf bij het behalen van het einddoel? Waaraan zal zeker voor u voldaan moeten worden en waarom? Wat is maximaal haalbaar vanuit uw standpunt? Wat zijn belangrijke factoren die uw succes (mede) bepalen?

De Provincie Zeeland geeft aan dat de volgende criteria van belang zijn bij de sanering op thiocynaat:

- Er moet worden gesaneerd tot het gehalte aan thiocynaat voor zowel grond als grondwater zich onder de interventiewaarde bevindt;
- Alle onaanvaardbare risico's moeten worden weggenomen.

Over de haalbaarheid voor de sanering van thiocynaat is bij de Provincie Zeeland nog weinig bekend door gebrek aan technische informatie.

Belangrijke factoren die succes bepalen zijn:

- Er moet voldoende geld beschikbaar komen;
- De medewerking van andere partijen.

4 Wat zijn volgens u de gevolgen van het aantreffen van de nieuwe stof thiocynaat op de gasfabrieklocatie voor het proces (inhoudelijke, organisatorische en besluitvorming)? Wat vormt de problematiek daarbij nu precies? Hoe gaat u om met de problematiek?

Er wordt aangegeven dat de problematiek over thiocynaat niet nieuw is. Bij de Provincie Zeeland was het voorkomen van thiocynaat ter plaatse van gasfabrieklocaties al bekend sinds 1994. Door een andere analysemethode, in het bijzonder de behandeling van de monsternamempotjes (door aanzuren wordt thiocynaat omgezet in niet meetbare stoffen), kwam men erachter de verontreiniging aan thiocynaat veel groter bleek te zijn dan men aanvankelijk dacht. Vooral op de locatie Goes bleek dit het geval. Dit had tot gevolg dat er meer geld nodig was voor de sanering.

5 Wanneer (op welk moment in het proces tijdens de gedachtevorming of al in de besluitvorming) bent u op de hoogte gebracht van het bestaan van de stof thiocynaat op de betreffende gasfabrieklocatie?

Zie antwoord bij vraag 4.

Een bewoner wees op het bestaan van het promotie onderzoek van Meeussen.

6 Hoe (op welke wijze) is dit aan u gecommuniceerd ?

Zie antwoord bij vraag 5

7 Welke informatie is daarbij over de nieuwe ontstane situatie en over de stof thiocynaat aan u geleverd? Was de informatie voldoende helder en toegesneden op uw situatie, met andere woorden kon u er iets mee ?

Er wordt aangegeven dat er geen informatie over de stof thiocynaat is geleverd.

8 Zijn volgens u alle actoren die nu en eventueel in de toekomst op enigerlei wijze met de nieuwe ontstane situatie te maken kunnen krijgen ook nu al betrokken bij het proces? Ontbreken er actoren? Wanneer zouden deze eventueel betrokken moet gaan worden ? Heeft het ontbreken van bepaalde actoren invloed op het proces en de tot nu gevoerde communicatie?

Voor de locatie Goes waren de juiste actoren aanwezig. Voor andere locaties speelt thiocynaat niet. Bij de locatie Goes waren de volgende partijen aanwezig:

- Delta (energiebedrijf; opdrachtgever)
- Provincie Zeeland (Bevoegd Gezag; opdrachtgever);
- Tauw ingenieursbureau;
- Gemeente Goes (rioolbeheerder lozingsvergunning);
- Het waterschap Zeeuwse eilanden (RWZI; lozingsvergunning);
- Eigenaren.

Wegens zwavel in het effluent is een aparte persbeluchting aangeleverd.

9 Wat zijn de belangrijkste partijen / personen binnen het proces (inhoudelijk, besluitvorming (inhoudelijk, besluitvorming en organisatorisch)? Waarom vindt u dit belangrijke spelers. Denk daarbij zowel aan personen als ook aan partijen?

Zie vraag 8.

B Rol en taak

10 Welke formele taak / functie heeft u in dit project? Welke bevoegdheden horen daarbij? Wat is uw rol in het project? Verschilt de rol van de formele taak? Zo ja op welke wijze?

De geïnterviewden zijn gezamenlijk opdrachtgever / projectleider.

11 Welke formele procedures spelen vanuit uw formele taak een rol bij het aantreffen identificeren van de nieuwe stof thiocynaat op het gasfabriekterrein? Is er dan een bepaalde procedure die gevolgd moet worden?

Er wordt hier aangegeven dat de normale protocollen voor onderzoek en sanering worden gehanteerd inclusief de bijbehorende beschikkingen. Verder wordt gekeken naar een betaalbare oplossing en procedures rondom de lozingsvergunning.

12 Biedt het huidige bodembeleid volgens u voldoende ruimte binnen u eigen rol en taak om tot een goede afweging en keuze te komen en knelpunten op te lossen?

Voor het grondwater is geen vastgelegde streef, tussen en interventiewaarde; hiervoor wordt zelf het beleid bepaald.

C Relatie met andere actoren

13 Wat is uw perceptie over de manier waarop de andere actoren zich opstellen in deze problematiek? Wat zijn de belangrijke partijen en / of personen? Waarom zijn deze belangrijk? Wordt uw rol door de andere actoren geaccepteerd?

De partijen denken positief mee. Globaal wordt de problematiek aangepakt vanuit het oogpunt risicobeheersing. Dus onaanvaardbare risico's worden het eerst aangepakt.

14 Hoe omschrijft u de sfeer binnen het project? Wordt er geredeneerd van uit de problemen / risico's of vanuit de mogelijkheden die het project en in het bijzonder de thiocynaatproblematiek biedt?

Er wordt geredeneerd vanuit risicobenadering en vanuit financiële haalbaarheid, wat lastig blijkt te zijn.

15 Voelt u zich gebonden door bijvoorbeeld (interne) protocollen en wetgeving / beleid in de omgang met deze problematiek (belemmerd)? Of voelt u zich juist ondersteund door de wetgeving en protocollen bij deze situatie (sturend)?

De bestaande protocollen en wetgeving vormen voor de Provincie Zeeland geen belemmering voor de aanpak van thiocynaat.

16 Hebben andere actoren volgens u voldoende ruimte (bijvoorbeeld beleidsmatig) om van hun kant problemen op te lossen? Wordt deze ruimte volgens u benut?

Er wordt aangegeven, dat bijvoorbeeld met het waterschap overleg heeft plaats gevonden over de mogelijkheden om onttrokken thiocynaat verontreinigd grondwater op het riool te lozen. Het was/is niet duidelijk bij het waterschap of thiocynaat problemen oplevert voor de RWZI. Hans Paardekooper van Delta is naar voren geschoven om technisch te ondersteunen.

D Risico's

17 Hoe verloopt het proces (inhoudelijk, organisatorisch en de besluitvorming) van het project? Waar liggen volgens u de risico's ? Zijn de risico's anders geworden als gevolg van het vinden als een nieuwe stof als thiocynaat?

De risico's op gebied van thiocynaat zijn bij de Provincie Zeeland nog niet bekend. Onder risico's wordt hier verstaan humane gezondheids risico's, milieuhygiënische risico's of ecotoxicologisch gevaar.

Inmiddels is bekend hoe thiocynaat is te analyseren, waaruit grotere vlekken zichtbaar worden.

18 Welke risico's van milieuhygiënische, van technische, van financiële en / of van bestuurlijk juridische aard verwacht u? Kunt u deze risico's voor dit geval waar thiocynaat is gevonden in de ondergrond van een voormalig gasfabriekterrein individueel benoemen en aangeven welke van deze elementen van groot belang zijn en waarom?

De risico's op deze gebieden (inclusief milieurisico's) zijn niet bekend.

19 Welke van deze elementen is mogelijk van het grootste / doorslaggevende belang volgens u? Denk daarbij aan doelstelling kennen en respecteren? Voorziet en / of kent u verschillen in deze risicoperceptie en / of doelstelling bij de verschillende actoren?

Het belangrijk te weten of het RWZI thiocynaat aan kan. Anders moet er worden voorgezuiverd, wat veel duurder is.

20 Hebt u het gevoel dat de andere actoren waar u mee te maken heeft bij dit project uw risico-inschatting en doelstelling kennen en respecteren? Voorziet en / of kent u verschillen in deze risicoperceptie en / of doelstelling bij de verschillende actoren?

Er wordt aangegeven, dat andere actoren in dezelfde richting denken op gebied van thiocynaat. 'Collega's' bieden hun hulp aan.

21 Op welke manier beïnvloedt uw risico-inschatting uw handelen en opstellen in deze problematiek? Hoe uit zich dit? Welke procedure strategie volgt u daarvoor?

Door zoveel mogelijk met thiocynaat verontreinigd water weg te pompen en daarmee de risico's te beperken / weg te nemen. De afweging werd gemaakt, dat als op het oppervlaktewater zou moeten worden geloosd en als dat zou schadelijk zijn, dat je dan thiocynaatverontreiniging beter kunnen laten zitten.

E Kennis

22 Hoe maakt u gebruik van de kennis over thiocynaat? Welke kennisbronnen heeft u? Welke eigenschap(en) van deze stof is / zijn voor u vanuit uw risico-inschatting (in de meest brede zin van het woord) van groot belang?

Hans Paardekooper (van Delta) heeft de kennis met betrekking tot thiocynaat. De vragen die nog leven zijn:

- Hoe gedraagt thiocynaat zich kruipruimtes (met lucht en licht)?
- Wat is de invloed van thiocynaat op het bodemleven?
- Wat is de invloed van thiocynaat in grondwater op bomen?

23 Hoe ervaart u het zelf om met een nieuwe stof om te gaan, zoals thiocynaat? Als dit lastig is, waarom is dit lastig?

Onbekend maakt onbemind.

24 De doelstelling van het technische spoor is om de beschikbare kennis (nu veelal nog in hoofden van mensen) toegankelijk te maken. Wat moet het technische spoor opleveren om u behulpzaam te zijn ?

Informatie over de gevaren van thiocynaat, de milieutechnische aspecten van de stof.

Bijvoorbeeld goedkope behandelmethoden en saneringstechnieken.

25 Welke kennis op het vlak van beleid en normstelling dient volgens u beschikbaar te komen?

Zie antwoorden voorgaande antwoorden.

26 Welke aanvullende kennis is nodig om adequaat om te gaan met stoffen als thiocynaat?

Zie antwoorden voorgaande vragen.

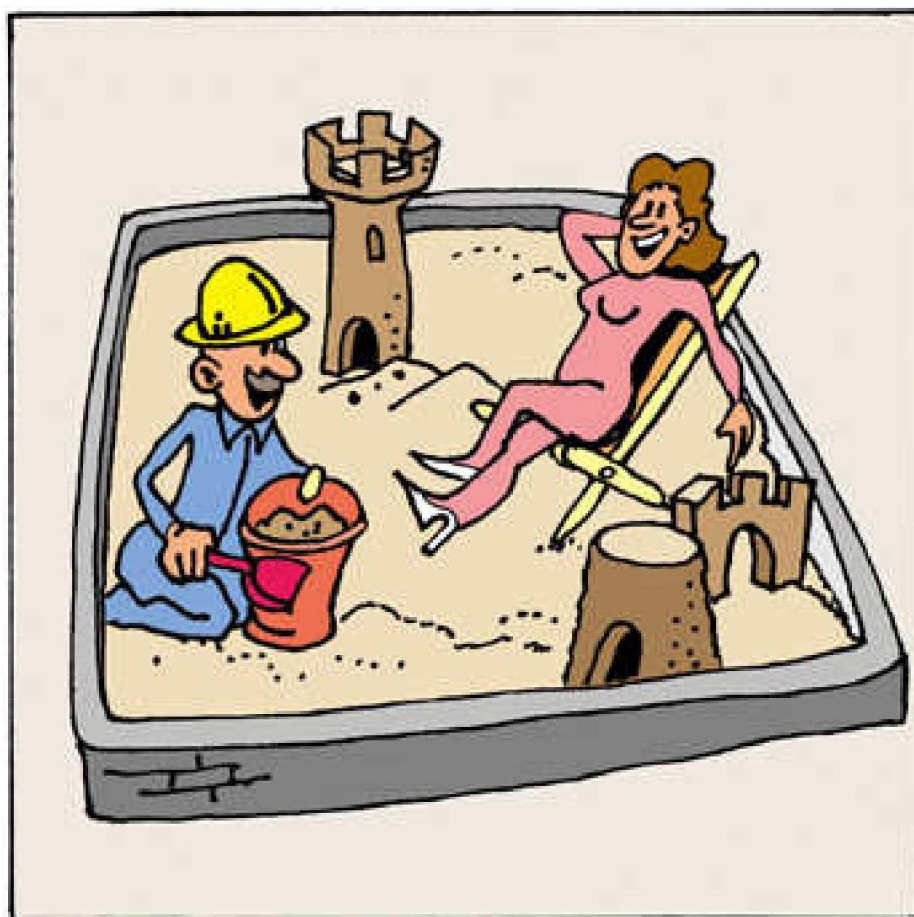
Bijlage H: "Optimalisatie Sociale Leerprocessen"

Samenvatting

OPTIMALISATIE SOCIALE LEERPROCESSEN

Met als uitgangspunt de wijze waarop deelnemers van SKB-projecten tegen nieuwe bodemsaneringstechnologieën aankijken

Selma Haring



Beeldleveranciers Amsterdam

SKB_P_05_10598

Samenvatting

Inleiding

In de jaren zeventig en tachtig dacht men dat de bodem op een aantal plaatsen vervuild zou zijn. De overheid heeft inmiddels geconstateerd dat de bodem op veel grotere schaal verontreinigd is. Het blijkt niet mogelijk om alle locaties op de traditionele wijze te saneren, waardoor de rijksoverheid een beleid heeft uitgezet waarbij een locatie functiegericht gesaneerd moet worden.

Deze stageopdracht is uitgevoerd voor de Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem (SKB). De missie van SKB is zorg dragen voor de kennisontwikkeling en kennisoverdracht die actoren nodig hebben om op een kosteneffectieve wijze een maatschappelijk gewenste afstemming van functioneel bodemgebruik en bodemkwaliteit te kunnen realiseren. Om op een andere manier de saneringsproblematiek aan te pakken, van een multifunctionele sanering naar een functiegerichte en kosteneffectieve sanering, moet er verandering in het bodemsaneringsproces optreden. Men moet op een nieuwe manier de problemen rondom bodemvervuiling oplossen, daarvoor moet men innoveren.

Sociaal-technische innovatie

Er zijn actoren met verschillende belangen betrokken bij het bodemsaneringsproces. Naast technische problemen dienen er sociaal-organisatorische problemen opgelost te worden. Er zal dan ook een sociaal-technische innovatie gecreëerd moeten worden om tot kosteneffectief en functiegericht saneren te komen. De sociale context moet in het ontwerp van de technologie worden meegenomen. Voor het creëren van een sociaal-technische innovatie kan men het instrument sociale processen toepassen. Het instrument sociale leerprocessen gaat namelijk in op sociaal-organisatorische problemen en oplossingen.

Dit onderzoek heeft tot doel inzicht te verkrijgen in hoeverre het instrument sociale leerprocessen binnen SKB-projecten geoptimaliseerd kan worden voor nieuwe situaties aan de hand van bestaande experimenten (3 SKB-projecten vormen de casestudies voor dit onderzoek). Met als uitgangspunt de wijze waarop deelnemers van SKB-projecten tegen nieuwe bodemsaneringstechnologieën aankijken.

Reframing

In het conceptueel model wordt gesteld dat sociaal leren kan leiden tot reframing en reframing kan leiden tot een sociaal-technische innovatie. Reframing is een belangrijk begrip in de communicatie en zal hier kort worden toegelicht. Communicatie wordt tegenwoordig gezien als de interactie tussen verschillende personen, waarbij een gezamenlijke constructie van context specifieke kennis wordt gecreëerd. (Van Woerkum 1997, Van Woerkum 1999). Men zou kunnen zeggen dat de personen die met elkaar communiceren een gezamenlijke werkelijkheid creëren.

Frames zijn cognitieve kaders die mensen helpen bij het gebruikelijk maken van complexe informatie. Frames helpen ons om de wereld om ons heen te interpreteren en te presenteren aan anderen. Als de actoren de eigen frames en de frames van de ander beter begrijpen noemt men dit *reframing*. Er kan vanuit dit frame een gezamenlijke probleemdefinitie geformuleerd worden, van waaruit men op zoek gaat naar oplossingen.

Sociaal leerproces

Er is gesteld dat sociaal leren kan leiden tot reframing, dat kan leiden tot een sociaal-technische innovatie. Dit onderzoek heeft zich met name gericht op sociaal leren. Binnen sociale leerprocessen is leren geen doel op zichzelf, het is vaak vrijwillig, en is direct verbonden met diverse belangen en veranderingen in professionele praktijken. Er zijn in dit onderzoek vier aspecten van sociaal leerproces benoemd:

- Substantieel leren.
Substantieel leren betreft het leren over nieuwe *frames* en perspectieven. In

kennisontwikkelingsprocessen zal substantieel leren vaak nodig zijn om tot doorbraken te komen ten behoeve van nieuwe, integratieve ontwerpen.

- De aandacht voor machtsrelaties.
Er zijn verschillende actoren bij het bodemsaneringsproces betrokken. Als deze actoren verschillende belangen hebben, zal men ook aandacht moeten hebben voor deze belangen. De belangen spelen een grote rol in de zoektocht naar oplossingen. Door de complexiteit van de probleemsituatie is onderhandelen over oplossingen noodzakelijk.
- Actiegerichtheid
Binnen sociale leerprocessen wil men van elkaar leren, leren door te doen, om vervolgens tot actie over te gaan. Dus naast van elkaar te leren, is ook van belang afspraken te maken over welke actie door wie wordt ondernomen.
- Interdisciplinariteit.
In een sociaal leerproces moeten verschillende soorten kennis (wetenschappelijke / ervaringskennis, expliciete en impliciete kennis) met elkaar verbonden worden. Een sociaal proces heeft dus een interdisciplinair karakter.

Casestudies

Zoals net gesteld vormen drie SKB-projecten de casestudies voor dit onderzoek. Twee van de drie projecten hebben de inzet van nieuwe technieken voor kosteneffectief saneren tot doel. Het derde project heeft tot doel om bodembeheer meer te laten integreren in ruimtelijke ordeningsprocessen met als organisatievorm de Community of Practice. Ondanks dat het doel van het project buiten het domein van mijn onderzoek valt is er toch voor dit project gekozen omdat men een Community of Practice als een sociaal leerproces zou kunnen beschouwen en dus methodisch interessant is.

Voor de eerste twee casestudies zijn onderzoeksvragen opgesteld. Daarnaast zijn er voor de derde casestudies ook twee onderzoeksvragen opgesteld. Deze verschillen van de eerste twee casestudies, omdat dit project in een ander domein valt.

Conclusies Casestudies I en II

Substantieel leren en het expliciteren van belangen is noodzakelijk binnen een sociaal leerproces. De stappen zijn ook belangrijk voor de twee overige aspecten van sociaal leren, namelijk actiegerichtheid en interdisciplinariteit. Binnen de twee casestudies heeft minimaal substantieel leren plaatsgevonden en belangen zijn niet geëxpliciteerd, waardoor de twee andere aspecten actiegerichtheid en interdisciplinariteit ook niet goed uit de verf komen.

In het conceptueel model is gesteld dat sociaal leren kan leiden tot reframing en dat reframing kan leiden tot een sociaal-technische innovatie. Omdat er minimaal substantieel leren plaatsvindt en omdat belangen niet worden geëxpliciteerd, vindt er geen reframing plaats en zal er volgens mijn aannames geen sociaal-technische innovatie ontstaan.

De respondenten hebben aangegeven positief te staan tegenover nieuwe bodemtechnologieën, zolang deze techniek voordelen oplevert ten opzichte van andere technieken. De nadelen hebben voornamelijk te maken met onzekerheid. De meeste respondenten geven aan deze onzekerheid en de bijbehorende risico's niet alleen te willen dragen.

Conclusies casestudie III

De Community of Practice onderscheidt zich ten opzichte van andere organisatievormen die SKB toepast. Ten eerste omdat de deelnemers de persoonlijke ambitie hebben om bodemkundige kennis een prominentere plaats in het ruimtelijke ordeningsproces te geven. De deelnemers inspireren en motiveren elkaar door hun persoonlijke ambitie. Ten tweede omdat de CoP vrijblijvender is dan een projectgroep, er is geen einddatum gesteld, wat meer ruimte geeft om te experimenteren. Ten derde is er een intrinsieke vraag gecreëerd door de deelnemers zelf, deze vraag inspireert de deelnemers en geeft ook richting aan de bijeenkomsten.

Er is een gezamenlijke definitie gecreëerd, maar deze komt wel voornamelijk uit de hoek van de bodemdeskundigen. Wel is er in de laatste bijeenkomst een begin gemaakt met het proces van substantieel leren, maar het is nog minimaal.

Aanbevelingen

De aanbevelingen zijn aan de hand van de conclusies geformuleerd. De eerste aanbeveling luidt: geef binnen SKB-projecten waarin men aan een sociaal-technische innovatie wil werken aandacht aan de vier aspecten van sociaal leren. Substantieel leren binnen een project kan worden bevorderd met behulp van een facilitator. Daarnaast moet er via een integratief onderhandelingsproces over de belangen van de verschillende actoren gesproken worden. Als deze twee aspecten van het sociale leerproces beter verlopen, komen de andere twee aspecten van het sociale leerproces, te weten actiegerichtheid en interdisciplinariteit ook beter uit de verf. Hierdoor leveren ze een bijdrage aan sociaal leren.

De tweede aanbeveling is het opstarten van een project over de onzekerheden bij het gebruik van nieuwe bodemtechnologieën. Als laatste zou het interessant zijn actoren rondom een gestagneerd bodem proces bij elkaar te krijgen in een project waarin ook weer aandacht wordt besteed aan de vier aspecten van sociaal leren.

Bijlage I: Workshop Consortium Processpoor

Aanwezig:

Paul van Straaten (gemeente Den Haag, Dienst StadsBeheer)
Peter Brand (provincie Zeeland)
Marc Groenenboom (DCMR)
Peter de Vries (TTE)
Maurice Henssen (BioClear)
Victor Brettschneider (Gemeentewerken Rotterdam)
Fons Maas (Gemeentewerken Rotterdam; begeleider KEI-methodiek)
Gerard van Meurs (Deltares; projectleider)
Frans Mulder (3B Bureau Bodem & milieuBeleid; procesbeleider)

Locatie:

SKB-Gouda

Datum:

workshop 24 april 2007

1. Opening

Gerard van Meurs heet iedereen van harte welkom en geeft aan dat Gert Jan Lammers (gemeente Den Haag, Dienst Stedelijke Ontwikkeling) en Freddie Deurwaarder (gemeente Enschede) zich op het laatste moment helaas hebben moeten afmelden.

2. Voorstelronde

In een korte ronde stelt iedereen zich aan elkaar voor.

Van de eindgebruikers zijn aanwezig: Paul van Straaten, Peter Brand en Marc Groenenboom, van het Kernteam: Maurice Henssen, Peter de Vries, Victor Brettschneider en Gerard van Meurs. Frans Mulder is begeleider vanuit SKB en Fons Maas is op uitnodiging aanwezig om ons te ondersteunen bij onderdelen van het proces.

3. Terugblik / Doel

Technisch Spoor: lezersgroep samengesteld, inhoudsopgave is becommentarieerd en de teksten zijn goeddeels ingevuld. De afronding van Deelresultaat 4 bestaat uit het afronden van de tekst en de rapportage voorleggen aan de lezersgroep en de technische klankbordgroep. Ten slotte wordt het commentaar verwerkt.

Het doel van het Processpoor is

“Het verwerven van inzicht in de wijze waarop besluitvorming verloopt bij complexe gevallen van bodemverontreiniging bijvoorbeeld als er een nieuwe stof, zoals thiocynaat, wordt gevonden”.

Vervolgens is er met elkaar bediscussieerd of dat doel een verdere opfrissing behoeft. Dat bleek niet het geval.

4. Verwachtingen

Individueel zijn de verwachtingen omtrent deze sessie ingebracht. Ze zijn vervolgens gerubriceerd. Het bleek dat ze onder te verdelen zijn in een drietal categorieën. Één bijdrage paste daar niet in (diversen).

1. koppeling techniek met proces;
2. inzicht verwerving, wanneer is iets belangrijk;
3. nieuwsgierigheid, leren van andere
4. diversen (één bijdrage).

| | |
|---|---|
| 1 | Koppeling techniek met proces |
| | <ul style="list-style-type: none">• Zicht op belang van techniek / kennis moet leiden tot waardevolle kennis ontwikkelen (market-pull).• Snel knelpunten herkennen en vaststellen hoe deze opgelost kunnen worden.• Ik hoop op een soort handvatten om met nieuwe onzekerheden om te gaan. Aan de andere kant |

| | |
|----------|--|
| | <p>zijn mijn verwachtingen voor dit processpoor beperkt: aan een paar algemene doodoeners hebben we weinig en ik geloof niet in een soort toverboek.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zelf nieuwe inzichten krijgen om beter kennis te gebruiken / te delen. • Koppeling van resultaten van het procesmatige onderzoeksdeel aan de doelstelling van het project. <p>Welke conclusies levert het op. Eventueel brainstormen over consequenties van deze conclusies.</p> |
| 2 | Inzicht verwerving, wanneer is iets belangrijk |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Verwerven van inzicht in welke aspecten van doorslaggevend belang zijn in besluitvorming. • Inzicht in belangrijke factoren bij het besluitvormingsproces en wanneer is een aspect belangrijk. • Benoemen van verschillende aspecten die een rol spelen bij besluitvorming. • Inzicht in bevorderende en weerstandzaken bij het verkrijgen / verspreiden / gebruiken van kennis. • Inzicht in het herkennen van het “vastzitten” van het proces en hoe het is los te maken. • Bij stagnatie handvatten vinden voor het verwoorden en verwezenlijken van een dan te benoemen gezamenlijk doel. • Verhelderen / vereenvoudigen van besluitvorming. |
| 3 | Nieuwsgierigheid, leren van anderen |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Ben nieuwsgierig naar ervaringen hiermee van de anderen. • Eigen drijfveer / belang. Betere advisering en betere dosering technisch. • Dwarsverbanden leggen tussen de verschillende aspecten. |
| 4 | Diversen (één bijdrage) |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Doel / zin van saneren van thiocynaat; of wel is het de kosten waard? Zijn er risico's bij bepaalde functies bij restverontreiniging? Kun je wonen op een saneringslocatie (waar nog restverontreiniging aanwezig is) vergelijken met wonen op een stortplaats? Psychologisch effect. |

5. Besluitvorming w.o. bestuurlijke omgeving

Bij dit onderwerp zijn we in verschillende groepjes uiteengegaan. Dat zijn achtereenvolgens:

- Victor en Paul;
- Marc, Maurice en Frans;
- Peter Brand, Peter de Vries en Gerard.

Victor en Paul hebben het individueel uitgewerkt.

| Victor (GWR) |
|--|
| <p>Besluitvorming: Bestuurlijk zijn er korte lijnen met opdrachtgever (GW) én het bevoegde gezag (BG) (DCMR)</p> <p>→ GW + IR CMR DCMR opdrachtgever</p> <p>→ BG → pragmatisch + oplossingsgericht → stimulatie BOSAN operatie → pilot voor kennisvergaring leidt tot onderbouwing SO / SP → deskundige opdrachtgever + streven naar kwaliteit → onderzoek richten op risico's in het bijzonder bij de uitvoering → verantwoorde risicobepaling → bodem creëren voor wederzijds vertrouwen</p> |
| <p>Drijfveren zijn: → kwaliteit op basis van het nemen van een verantwoord risico → verspreiden van kennis, ook buiten Rotterdam</p> |
| Paul (Den Haag, DSB) |
| <p>Besluitvorming:</p> |

| |
|--|
| <p>→ uitgangspunt: vigerende wetgeving + Bobel 3 (opgesteld door provincie ZH, Rotterdam en Den Haag)</p> <p>→ bevat circa 9 stappen, dit is belangrijk</p> <p>→ in verleden, bij gasfabriek Binckhorstlaan zijn stappen overgeslagen</p> <p>→ stagnatie ontstaan wegens ontbreken hoger doel (Den Haag conformeert aan beleid).</p> <p>→ bestuurlijke omgeving oefent geen druk uit, elders: druk helpt wel!</p> |
| <p>Drijfveren zijn:</p> <p>→ het beleid is hanteerbaar, sta er achter</p> <p>→ technisch spoor is interessant ook thiocynaat</p> <p>→ boeiend om met nieuwe stoffen bezig zijn</p> <p style="padding-left: 40px;">je verdiept je</p> <p style="padding-left: 40px;">hoe naar hoger doel te tillen met die kennis, juist ook binnen Bobel 3</p> <p style="padding-left: 40px;">onderbouwing krijgen</p> |
| Maurice, Frans, Marc |
| <p>Verschillende aspecten spelen een rol:</p> <p>Risico's</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. milieuhygiënisch / gezondheid → normen en gemaakte afspraken 2. financieel / bestuurlijk 3. organisatorisch <p>Uitgangspunt: standaard komt 'milieu' op de eerste plaats.</p> <p>Er kunnen redenen zijn waarom dat niet het geval is!</p> <p>Door:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 financieel / bestuurlijk 2 organisatorisch: gemaakte afspraken 3 andere doelen 'overrulen' <p>→ vervolgens is kennis nodig over wat maximaal te bereiken is (milieu) en wat minimaal 'nodig' is.</p> |
| Peter Brand, Peter de Vries en Gerard |
| <p>De interviews laten zien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • daar waar een sectorale aanpak mogelijk is, is behoefte aan meer technisch inhoudelijke informatie; • daar waar geen sectorale aanpak mogelijk is, is technisch inhoudelijke informatie niet dominant. <p>Ervaring leert dat bij besluitvorming daarnaast aspecten een rol spelen die van meer psychologische aard zijn.</p> |

6. Inleiding in de KEI-methodiek

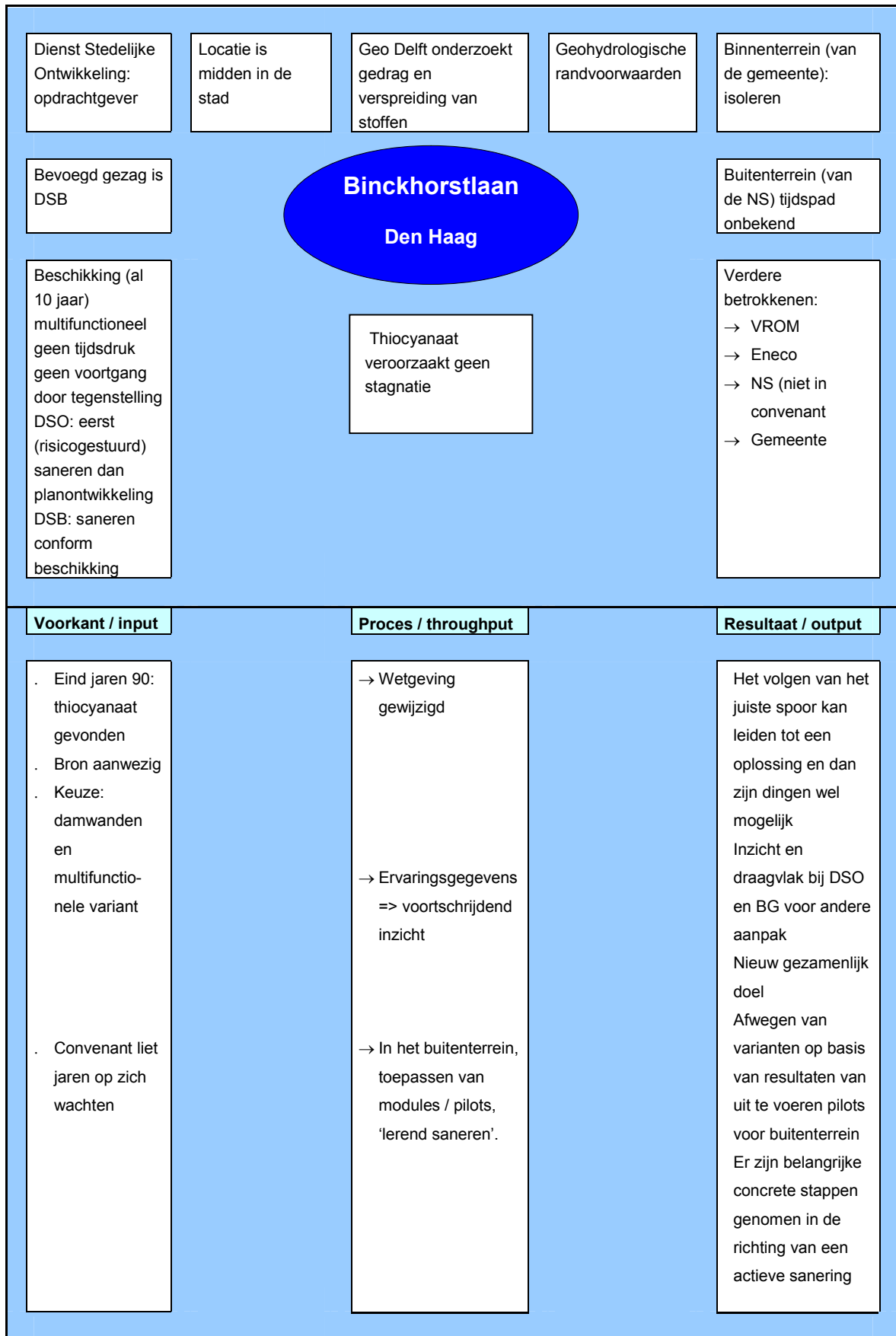
KEI staat voor Klantgericht, Efficiënt en Integraal. Het is een methodiek die veel wordt gebruikt bij Gemeentewerken Rotterdam om projectbetrokkenheid te bevorderen. De methodiek is voorgelegd aan en doorgesproken met Cees van Woerkum⁵ (WU). Deze aanpak is door hem aanbevolen om toe te passen.

7. KEI-methodiek aan de hand van de case Binckhorstlaan

Vervolgens is de KEI-methodiek behandeld aan de hand van het voormalig gasfabriekterrein "De Binckhorst".

⁵ Cees van Woerkum is hoogleraar van de leerstoelgroep Communicatie en Innovatiestudies aan Wageningen Universiteit te Wageningen.

Beeldvorming



De klant is volgens de groep:

- DSO => belanghebbende en opdrachtgever;
- Convenant => belanghebbende;
- Bevoegd gezag;
- De burger.

Oordelen en besluiten

| Doorlopen van KEI | | | |
|--------------------------|---|---|---|
| | Voorkant / input | Proces / throughput | Resultaat / output |
| Klantgericht | <ul style="list-style-type: none"> - Scopeverbreding - Oplossingen aansluiten op eerdere oplossingen? - Doel helder - Signaleren aan DSO om snel te beginnen - Afspraken maken over resultaten | <ul style="list-style-type: none"> - Communicatie bij inzicht- en beleidsverandering - Reflectie adviseur met BG | <ul style="list-style-type: none"> - Vertrouwen - Tevredenheid klant |
| Efficiency | <ul style="list-style-type: none"> - Beschikking aanpassen op basis van SO-2 - Pilot met injectie van reactieve stof b.v. ijzer - Inbrengen kennis over thiocynaat - Scenario's doornemen | <ul style="list-style-type: none"> - ervaringen delen over pilot sanering | <ul style="list-style-type: none"> - Inzicht in haalbaarheid |
| Integraal | <ul style="list-style-type: none"> - Randvoorwaarden helder - Uitgangspunten van andere partijen helder => geen nieuw vergunningstraject - Delen van kennis - M.a.w.: speelveld helder | <ul style="list-style-type: none"> - Aansluiten bij andere pilots - Delen van inzichten binnen afdelingen - Communicatie | <ul style="list-style-type: none"> - M.a.w.: gehaalde sanering (met nieuwe convenant; met draagvlak) |

8. Gezamenlijk terugblikken

Individueel is een terugblik gegeven op de middag (Tabel 25):

- Hoe vond je het gaan (A1)? Sluit het aan bij je verwachtingen (A2)?
- Is er iets veranderd in je eigen inzicht / invulling?
- Is ons doel nog hetzelfde?

Ten slotte is nog een losse reactie gegeven.

Tabel 25: Terugblik op de middag.

| A1 | A2 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Erg goed én nodig. Het blijkt moeilijk het technisch spoor apart te zien van het processpoor. Oké. Gevoel dat er nu onderschatting is van belang van technisch inhoudelijke deel. Boeiend (proces) en lastig om techniek als middel te zien en af en toe 'los te laten'. KEI te veel gericht op case Binckhorstlaan. KEI is goed voor procesevaluatie en om een doorstart te maken. | <ul style="list-style-type: none"> Had het eenvoudiger verwacht. Ja, hoewel ik bewust niet te veel details had in de verwachting. Het slaat redelijk tot goed aan op de verwachting. Het terrein is breed en dat kwam bij de discussie goed naar voren. Leerzaam, niet verwacht dat specifiek op een Haags geval zou worden ingegaan. Conform (sceptische) verwachting: interessante uitwisseling van ideeën, maar geen concrete resultaten → geen vervolg (m.u.v. kort rapporteren) |
| B | C |
| <ul style="list-style-type: none"> Technologie & Proces kun je niet los zien van elkaar Nee. Meer doordrongen van "samen doen". Verder met het technische spoor. Technische kennis, o.a. over toxicologie toepassen in de praktijk. Ja, er spelen meer facetten dan technische. Inzicht in moeilijkheid in procesdenken. Belang ondervonden om in de groep / het team inzicht te delen wat randvoorwaarden zijn en wat uitgangspunten zijn. | <ul style="list-style-type: none"> Ja. Ja. Ik zou graag een onderwerp als wonen en werken op een dergelijke locatie met psychologische consequenties behandeld willen zien. Ja, doel hetzelfde. Doel is nog hetzelfde. Ja. Het doel is gelijk gebleven. De conclusie blijft dat er een gedeeld gezamenlijk doel moet zijn. |
| Losse reactie | |
| <ul style="list-style-type: none"> Resultaat: detailleren van standpunten zoals verwoord in enquête; sluit <u>niet</u> aan bij verwachting, maar dat is niet erg. | |

8. Conclusies

De tijd ontbrak om met elkaar conclusies te trekken. Daarom hebben Victor en Gerard een kort en bondig overzicht opgesteld van de belangrijkste elementen:

- Het doel van het processpoor is onveranderd gebleven: *"Het verwerven van inzicht in de wijze waarop besluitvorming verloopt bij complexe gevallen van bodemverontreiniging bijvoorbeeld als er een nieuwe stof, zoals thiocynaat, wordt gevonden."*;
- De activiteiten die zijn uitgevoerd in het kader van het processpoor hebben een bijdrage geleverd om dat doel dichterbij te brengen. In ieder geval is het inzicht gevormd dat naast technische inhoudelijke kennis nog vele andere aspecten van invloed zijn op de besluitvorming;
- KEI is een prima hulpmiddel om te analyseren waarom stagnatie optreedt bij complexe projecten van bodemsanering: het maakt drijfveren / belangen bespreekbaar en inzichtelijk;
- KEI is een prima hulpmiddel om individueel inzicht te verwerven over het belang van de verschillende niet-technische aspecten bij besluitvorming;
- KEI kan een hulpmiddel vormen om, een hoger gelegen doel moet aanwezig zijn, overeenstemming te bereiken bij de besluitvorming over de aanpak van een complex geval van bodemsanering.