

**Bodemkundig Adviesbureau  
Edelman  
Koninklijke Nederlandsche  
Springstoffenfabrieken**

**terrein KNSF Muiden (fase 3):  
Nader onderzoek**

20 juni 1995  
633/WA95/3780/24968

# Inhoud

1	INLEIDING	6
1.1	Achtergrond	6
1.2	Doel van het onderzoek	6
1.3	Werkwijze en opzet rapport	6
2	INVENTARISATIE	8
2.1	Vooronderzoek	8
2.2	Bodemopbouw en grondwaterhuishouding	8
2.3	Verontreinigingssituatie	9
2.4	Terreininspectie	9
3	Opzet van het onderzoek	10
3.1	Veldwerk	10
3.1.1	Bepaling omvang van vastgestelde grondverontreiniging	10
3.1.2	Bepaling omvang van vastgestelde grondwaterverontreiniging	13
3.1.3	Vaststelling verontreiniging	13
3.2	Chemische analyses	13
3.2.1	Bepaling omvang van vastgestelde grondverontreiniging	14
3.2.2	Bepaling omvang van vastgestelde grondwaterverontreiniging	14
3.2.3	Vaststelling verontreiniging	14
4	RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK	16
4.1	Bodemopbouw en grondwaterhuishouding	16
4.2	Verontreinigingsonderzoek	16
4.2.1	Veldwaarnemingen	16
4.2.2	Laboratoriumanalyses en toetsing	18
5	BESPREKING VAN DE ONDERZOEKSRESULTATEN	20
5.1	Terminologie	20
5.2	Mate en omvang van de vastgestelde verontreinigingen	20
5.3	Overige verontreinigingen	22
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	24
6.1	Conclusies	24
6.2	Aanbevelingen	24

## Bijlagen:

1. Boorprofielen
2. Analyserapporten
3. Streef- en Interventiewaarden (S- en I-waarden)
4. Resultaten toetsing aan S- en I-waarden

**Figuren:**

1. Ligging van het onderzoeksgebied

**Tekeningen:**

- 2-1 Locatie boringen en peilbuizen
- 2-2 Locatie boringen en peilbuizen, detail 1, 2 en 3

**Tabellen:**

- 3.1 Overzicht veldwerk en analyses
- 4.1 Veldwaarnemingen aanvullend onderzoek
- 5.1 Resultaten verhardingen en sloten
- 5.2 Uitloging funderingsmateriaal

## Samenvatting

In opdracht van Bodemkundig Adviesbureau Edelman en de Koninklijke Nederlandsche Springstoffenfabrieken (KNSF) voert Heidemij Advies B.V. onderzoek uit om een globaal inzicht te verkrijgen in de te verwachten kosten van bodemsanering op het bedrijfsterrein te Muiden. Het terrein is ca. 40 ha groot, waarvan 30 ha onbebouwd. Sinds 1702 is het terrein in gebruik voor de productie van kruit.

Het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven betreft fase 3 van het onderzoek, namelijk het nader onderzoek naar de omvang van eerder vastgestelde verontreinigingen en aanvullend onderzoek om hiaten in eerder oriënterend onderzoek op te vullen. Op basis van dit onderzoek kan de hoeveelheid eventueel te saneren bodem worden ingeschat

Het zogenaamde brandeiland, waar in het verleden bedrijfsafval is verbrand, is niet in het onderzoek meegenomen. Hetzelfde geldt voor de grond onder de gebouwen.

Voor het onderzoek zijn in totaal 65 grondboringen verricht, 11 peilbuizen geplaatst en 10 slibmonsters genomen. Daarna zijn in het laboratorium 32 grond(meng)monsters, 10 slibmonsters en 12 grondwatermonsters geanalyseerd.

Uit het onderzoek blijkt het volgende:

- Ten gevolge van de aanwezigheid van verhardingsmateriaal in de vorm van vliegas, sintels en slakken, zijn de gehalten aan zware metalen matig tot sterk verhoogd. Doordat het verhardingsmateriaal ook naast de wegen terecht is gekomen, zijn ook hier de gehalten in de bovengrond licht tot sterk verhoogd. De sterk verhoogde gehalten komen voor in het bebouwde gebied. De uitloging van het verhardingsmateriaal is gering, zodat het milieuhygiënisch mogelijkheden biedt is dit materiaal in werken toe te passen.
- In het grondwater is rond peilbuis pb31 een sterke verontreiniging met vluchtige aromaten aangetroffen. De omvang beperkt zich tot 300 m<sup>2</sup>.
- Verder is het grondwater in 9 peilbuizen in de directe omgeving van gebouwen sterk verontreinigd met ftalaten. De omvang van deze verontreinigingen is niet vastgesteld. Gezien de bodemopbouw en grondwaterhuishouding zal de grondwaterverontreiniging zich slechts in beperkte mate hebben verspreid (maximaal 500 tot 2000 m<sup>2</sup> per vlek).
- Op basis van het nader onderzoek kan geconcludeerd worden dat het slib niet of nauwelijks verontreinigd is met PAK of zware metalen en slechts licht verontreinigd is met ftalaten.

Gezien de overschrijding van de interventiewaarde en de omvang van de verontreiniging met aromaten en ftalaten, adviseren wij het grondwater te saneren. Dit kan het beste gecombineerd worden met de sloop van gebouwen, door open bemaling toe te passen. Vanwege de geringe uitloogbaarheid van het toegepaste verhardingsmateriaal adviseren wij dit intact te laten dan wel zo veel mogelijk opnieuw te gebruiken bij de herinrichting van het terrein.

Wij adviseren verder om grond met bijmengingen van verhardingsmateriaal te verwijderen door ontgraving. Vanwege de geringe uitloogbaarheid komt ook hierbij hergebruik in aanmerking. Bij voortzetting van het huidig gebruik zijn alleen voor het grondwater saneringsmaatregelen nodig. Aanbevolen wordt om de aromatenverontreiniging te verwijderen. De ftalatenverontreiniging dient nader in beeld te worden gebracht. Monitoring lijkt vooralsnog voldoende.

# 1 INLEIDING

## 1.1 Achtergrond

In opdracht van Bodemkundig Adviesbureau Edelman en de Koninklijke Nederlandsche Springstoffenfabrieken (KNSF) voert Heidemij Advies B.V. onderzoek uit om een globaal inzicht te verkrijgen in de te verwachten kosten van bodemsanering op het bedrijfsterrein te Muiden. Het terrein is ca. 40 ha groot, waarvan 30 ha onbebouwd. Sinds 1702 in is het terrein in gebruik voor de produktie van kruit. Figuur 1 laat de ligging van het onderzoeksterrein zien.

In 1991 is op het terrein een oriënterend onderzoek uitgevoerd door Centrilab. Uit het vooronderzoek (fase 2 van het onderzoek naar saneringskosten) is gebleken dat op een aantal verdachte locaties het oriënterend onderzoek niet volledig is. Het oriënterend onderzoek beperkte zich met name tot een aantal veel voorkomende verontreinigingen. Een aantal verdachte stoffen is niet in het laboratoriumonderzoek betrokken. Verder zijn van een aantal verdachte sublocaties geen monsters genomen.

Het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven betreft fase 3 van het onderzoek, namelijk het nader onderzoek naar de omvang van eerder vastgestelde verontreinigingen en aanvullend onderzoek om hiaten in eerder oriënterend onderzoek op te vullen.

Het zogenaamde brandeiland, waar in het verleden bedrijfsafval is verbrand, is niet in het onderzoek meegenomen. Hetzelfde geldt voor de grond onder de gebouwen.

## 1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het nader bodemonderzoek is de aard, de mate en de omvang van de aangetroffen verontreinigingen vast te stellen, om de hoeveelheid eventueel te saneren bodem in te schatten. Tevens beoogt dit onderzoek vast te stellen of op een aantal verdachte sublocaties verontreinigingen aanwezig zijn en in welke mate dit het geval is. Indien verontreiniging aanwezig zijn in gehalten die de toetsingswaarde voor nader onderzoek overschrijden, dan zal zo mogelijk de omvang van deze verontreiniging worden vastgesteld.

## 1.3 Werkwijze en opzet rapport

In het kader van het onderzoek zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- inventarisatie van relevante gegevens en terreininspectie;
- veldonderzoek, waarbij de boor- en bemonsteringsstrategie is gebaseerd op de beschikbare informatie en de uitgevoerde terreininspectie;

- analytisch chemisch onderzoek, waarbij te analyseren parameters zijn gekozen op basis van resultaten van het oriënterend onderzoek en zintuiglijke waarnemingen.
- toetsing van resultaten van chemische analyses aan de Streef- en Interventiewaarden Bodemsanering.

Een samenvatting van de resultaten van het oriënterend onderzoek en de beschikbare achtergrondinformatie vindt u in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 beschrijft de opzet van het veld- en laboratoriumonderzoek. De resultaten van het onderzoek beschrijven we in hoofdstuk 4. Op basis van deze resultaten bepalen we in hoofdstuk 5 de mate en omvang van de aangetroffen bodemverontreiniging. Tenslotte volgen in hoofdstuk 6 de conclusies en de aanbevelingen.

## 2 INVENTARISATIE

### 2.1 Vooronderzoek

Het terrein is ca. 40 ha groot, waarvan 30 ha onbebouwd is. In het vooronderzoek (fase 2 van het onderzoek naar saneringskosten) is de historie van het terrein vastgesteld aan de hand van interviews en bestudering van beschikbare gegevens en rapportages. Op basis hiervan zijn hypothesen opgesteld met betrekking tot de verontreinigingssituatie en is een onderzoeksstrategie geformuleerd.

Het terrein is sinds 1702 in gebruik voor de produktie van kruit (1907-1970: zwart kruit; vanaf 1890: nitrocellulose en nitroglycerine kruit; van 1914-1918 ammoniumnitraat springstof; en vanaf 1948 trinitrotolueen springstof.

Tijdens de produktie van nitrocellulosekruit worden verschillende stoffen toegevoegd:

stabilisatoren:	difebylamine, diethyldifenylureum (centraliet)
weekmakers:	dinitrotolueen, ftalaat
oplosmiddelen:	alcohol, ether en aceton
impregnerende stoffen:	ftalaten, difenylamine, kamfer

Voor meer informatie over de geschiedenis van de kruitproduktie verwijzen we naar de rapportage van het vooronderzoek en de onderzoeksstrategie (rapport 651/CE95/1060/11901D). Bij de onderzoeksstrategie wordt aangenomen dat de grond onder de gebouwen niet verontreinigd is.

### 2.2 Bodemopbouw en grondwaterhuishouding

De bodemopbouw en grondwaterhuishouding zijn uitvoering beschreven door Bodemkundig Adviesbureau Edelman in de rapportage van fase 1: voorbereiding van het onderzoek naar de kostenindicatie van bodemsanering terrein KNSF Muiden.

De bodem bestaat uit een slecht doorlatende deklaag van 10-15 meter dikte en één groot watervoerend pakket met een dikte van 130 à 200 meter. De deklaag bestaat uit lichte tot zware kleien en veenafzettingen, met inschakeling van fijne slibhoudende zanden. In het watervoerend pakket komen incidenteel klei- of lemlagen voor. De slecht doorlatende basis wordt gevormd door de Formatie van Oosterhout.

Het freatisch niveau van het grondwater wordt beheerst door de aanwezige sloten op het terrein. De grondwaterstand is hoog: de gemiddeld laagste grondwaterstand ligt op 50 - 80 cm -m.v.(beneden maaiveld). De stromingsrichting van het oppervlakkige grondwater is in de richting van de aanwezige sloten.



## 2.3 Verontreinigingssituatie

Het terrein is al in 1991 oriënterend onderzocht door Centrilab. Hieruit is gebleken dat verontreinigingen op een aantal sublocaties aanwezig zijn. Het gaat hierbij ondermeer om verontreinigingen door het gebruik van sintels en vliegias voor verhardingen en door het op de kant zetten van slib uit sloten, die zorgen voor de afwatering van het terrein. Tevens is een grondwaterverontreiniging met vluchtige aromaten nabij gebouw 8a (Peilbuis 31 uit onderzoek Centrilab) vastgesteld, waar nader onderzoek noodzakelijk is.

Uit het vooronderzoek is gebleken dat op een aantal verdachte locaties het oriënterend onderzoek niet volledig is. Het oriënterend onderzoek beperkte zich met name tot een aantal veel voorkomende verontreinigingen. Een aantal verdachte stoffen is niet in het laboratoriumonderzoek betrokken. Verder zijn van een aantal verdachte sublocaties geen monsters genomen.

Het onderzoek valt daarom in drie onderdelen uiteen:

- bepaling van de omvang van vastgestelde verontreinigingen in de grond;
- bepaling van de omvang van vastgestelde verontreinigingen in het grondwater;
- vaststelling van de verontreiniging op verdachte sublocaties, die niet volledig zijn onderzocht.

## 2.4 Terreininspectie

Aan het veldwerk is op de verschillende sublocaties steeds een terreininspectie voorafgegaan. Hierbij zijn mogelijke bodembedreigende activiteiten en installaties geïnventariseerd. Ook hebben we gelet op zintuiglijk waar te nemen verontreinigingen aan het bodemoppervlak. In het terrein zijn enkele afstanden ingemeten om het kaartmateriaal dat beschikbaar was te controleren en aan te vullen.

Uit de terreininspectie zijn geen verdere bijzonderheden gebleken. Wel zijn tijdens het uitvoeren van de boringen zintuiglijk verontreinigingen aangetroffen. Deze hebben echter niet geleid tot bijstelling van de opzet van het onderzoek. De zintuiglijk aangetroffen verontreinigingen worden beschreven in 4.2.1.

### 3 Opzet van het onderzoek

Dit hoofdstuk beschrijft achtereenvolgens de opzet van het veldwerk en het uitgevoerde chemisch analytisch onderzoek.

#### 3.1 Veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd van 1 tot 16 mei 1995. Hieronder beschrijven we het verrichte veldwerk in hoofdlijnen.

Het terrein is voor het onderzoek opgedeeld in sublocaties. De werkzaamheden per sublocatie zijn in tabel 3.1 samengevat. De plaats van de boringen, peilbuizen en slibmonsters (zie figuur 2) is gekozen aan de hand van de resultaten van het vooronderzoek, het oriënterend onderzoek en de terreininspectie. Hieronder volgt een beschrijving van de uitgevoerde analyses voor de verschillende onderdelen van het onderzoek.

##### 3.1.1 Bepaling omvang van vastgestelde grondverontreiniging

In totaal zijn op 3 raaien 15 boringen (5/raai) uitgevoerd tot een diepte van ca 2 m-m.v. en zijn op 3 plaatsen (1/raai) monster genomen van het slib in de sloot. Één raai ligt in het bebouwde gebied, de andere twee in het onbebouwde gebied.

Voor bemonsteren van de verhardingslaag met sintels en vliegas zijn 3 kernboringen uitgevoerd. Per boring zijn steeds 2 monsters genomen, namelijk van de verdachte laag en van de ondergrond. Niet alle ondergrondmonsters zijn geanalyseerd. Alleen het ondergrondmonster onder de verhardingslaag is onderzocht.

Tevens hebben we de dikte en breedte van de verhardingslaag bepaald. Waar mogelijk hebben we een inschatting gemaakt van de breedte van de slootkant, die beïnvloed is door het slib dat op de kant is gebracht. De lengte van wegen en sloten zijn geschat op basis van kaartmateriaal.

De uitloging van het verhardingsmateriaal is onderzocht middels een kolomproef ( $L/S=0.1$  tot 10; 7 fracties). Hieruit kan de mogelijkheid van hergebruik van het materiaal worden bepaald.

Tabel 3.1 Overzicht veldwerk en analyses

Sublocatie	Aantal boringen (nummers)		Analyses			Opmerkingen
	grond	peilbuis	grond	water	slib	
<b>Vastgestelde verontreiniging</b>						
Verharding en slootkant: Raai I; Raai II; en Raai III.	15 (550 t/m 554) (555 t/m 559) (560 t/m 564)	-	3 (S8) (S9) (S10)	3 PAK 3 ZM		Van boring door verhardingslaag is zowel de verhardingslaag als de ondergrond onderzocht op PAK en zware metalen. Tevens is de verhardingslaag onderzocht op uitloging van zware metalen.
Gebouw 8, 8A, 86	3 (524 t/m 527)	3 (524 t/m 527)	1 (S1)	4 BTEXN 4 PFKN	1 ftal.	Per boring circa 4 monsters (elke 0,5 m of elke verdachte laag). Ook peilbuis 31 (vorig onderzoek) bemonsterd.
<b>Vast te stellen verontreiniging</b>						
Gebouw 16				1 olie		Bemonstering peilbuis pb 18 vorig onderzoek.
Gebouw 55A	4 (500 t/m 503)	1 (502)	1 (S5)	1 BTEXN 1 PFKN	1 ftal.	Per boring circa 4 monsters.
Gebouw 11, 12, 60	4 (528 t/m 531)	1 (528)	1 (S2)	1 BTEXN 1 PFKN	1 ftal.	
Gebouw 99	4 (534 t/m 537)	1 (535)	1 (S3)	1 BTEXN 1 PFKN	1 ftal.	
Gebouw 30, 31	4 (546 t/m 549)	1 (548)	1 (S7)	1 BTEXN 1 PFKN	1 ftal.	
Gebouw 19	4 (538 t/m 541)	1 (538)	1 (S4)	1 BTEXN 1 PFKN	1 ftal.	
Gebouw 23	4 (542 t/m 545)	1 (542)	1 (S6)	1 BTEXN 1 PFKN	1 ftal.	
Gebouw 54	1 (532)	1 (532)	-	1 BTEXN 1 fenol 1 TNT	-	I.v.v. morsen TNT.

Sublocatie	Aantal boringen (nummers)			Analyses			Opmerkingen
	grond	peilbuis	slib	grond	water	slib	
Gebouw 49	1 (533)	1 (533)	-	-	1 BTEXN 1 fenol 1 TNT	-	
2 brandplaatsen ten oosten van gebouw 72	8 (504 t/m 511)	2 (505 + 511)	-	2 NVNbg 2 NVNog	2 NVNbgw	-	Boringen beperken zich tot toplaag, m.u.v. boring t.b.v. peilbuis waar ook een monster van de ondergrond wordt genomen.
Krater bij gebouw 78 (voorheen 7)	4 (520 t/m 523)	-	-	1 NVNbg	-	-	Boringen zo mogelijk tot onderkant vulmateriaal.
Tunnel B	4 (516 t/m 519)	-	-	1 NVNbg	-	-	
Tunnel H	4 (512 t/m 515)	-	-	1 NVNbg	-	-	
Totaal	65	11	10	18 PAK 18 ZM 7 ftal. 5 NVNbg 2 NVNog	12 BTEXN 10 FKFN 2 fenol 2 TNT 2 NVNbgw	3 PAK 3 ZM 7 ftal	

## Legenda

- Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
- Zware Metalen (cadmium, chroom, koper, kwik, nikkel, lood, zink) en arseen
- ftalaten
- Benzene, Toluene, Ethylbenzeen, Xylenen en Naftaleen
- Ftalaten, Kamfer, Fenol, Nitroglycerine
- TriNitroToluene
- NVN-pakket bovengrond (zware metalen (8), PAK (10), Minerale olie en EOX (Extraheerbaar Organohalogeenvverbindingen)
- NVN-pakket ondergrond, exclusief vluchtige verbindingen (zware metalen (8), minerale olie, EOX)
- NVN-pakket grondwater (zware metalen(8), BTEXN, Vluchtige gechlorideerde koolwaterstoffen (9), fenolindex en EOX)

### 3.1.2 Bepaling omvang van vastgestelde grondwaterverontreiniging

Voor de afperking van de grondwaterverontreiniging in de omgeving van gebouw 8A zijn in totaal 3 peilbuizen geplaatst op een afstand van ca. 10 meter van de peilbuis (nr. 31) uit het oriënterend onderzoek. Het grondwater in elke peilbuis is bemonsterd, inclusief de bestaande peilbuis.

### 3.1.3 Vaststelling verontreiniging

Op 6 sublocaties is onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van een ftalaten, BTEXN, kamfer, fenol en nitroglycerine. Per sublocatie hebben we steeds 4 boringen uitgevoerd tot in het grondwater of onderkant verontreiniging (1 à 2 m). In één van deze boringen hebben we een peilfilter geplaatst. Tevens is het slib bemonsterd in de sloot, waarop lokaal wordt afgewaterd.

Bij 2 gebouwen (54 en 49) is alleen een peilbuis geplaatst om het grondwater te onderzoeken op het voorkomen van BTEXN, fenol en TNT.

De bovengrond, ondergrond en grondwater ter plaatse van de 2 brandplaatsen te oosten van gebouw 72 zijn verkennend onderzocht middels 4 boringen tot 0,5 m-m.v., waarvan 1 tot 2 m-m.v. of tot 1 meter beneden de grondwaterspiegel. In deze diepe boring van deze boringen is een peilfilter geplaatst.

Bij de krater bij gebouw 78 (voorheen gebouw 7) zijn 4 boringen uitgevoerd, tot de onderkant van het vulmateriaal (ca. 2,5 m-m.v.). Bij de 2 tunnels (B en H) hebben we 4 boringen per tunnel uitgevoerd tot een diepte van ca. 2 m-m.v.

De bodemkundige eigenschappen van de diverse bodemlagen zijn beoordeeld. De grond is zintuiglijk onderzocht op eventueel aanwezige verontreinigingen, onder andere met behulp van de door Heidemij ontwikkelde oliedetectiemethode, de zogenaamde oliepan.

De monsters zijn geselecteerd aan de hand van de waargenomen verontreinigingen en de resultaten van de eerdere onderzoeken.

## 3.2 Chemische analyses

De monsters die in het laboratorium zijn geanalyseerd en de parameters waarop is geanalyseerd zijn bepaald aan de hand van:

- de resultaten van het oriënterend onderzoek;
- de op het terrein te verwachten verontreinigingen;
- de waarnemingen tijdens de terreininspectie en het veldwerk.

Milieulaboratorium Pro Analyse (Sterlab-erkend) in Barneveld heeft de analyses verricht. In tabel 3.1 zijn de uitgevoerde analyses samengevat.

Hieronder volgt een beschrijving van de uitgevoerde analyses voor de verschillende onderdelen van het onderzoek.

### 3.2.1 Bepaling omvang van vastgestelde grondverontreiniging

In totaal zijn 18 grond- en 3 slibmonsters geanalyseerd op Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK, 10 VROM) en zware metalen (8: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn). Tevens is de kolomproef L/S=10 door het laboratorium uitgevoerd en is het eluaat van deze proef geanalyseerd op zware metalen.

### 3.2.2 Bepaling omvang van vastgestelde grondwaterverontreiniging

In totaal zijn 4 grondwatermonsters geanalyseerd op vluchtige aromaten (BTEXN=Benzeen, Tolueen, Ethylbenzeen, Xylenen en Naftaleen), ftalaten, kamfer, fenol en nitroglycerine. Tevens is 1 grond- en 1 slibmonster geanalyseerd op ftalaten.

### 3.2.3 Vaststelling verontreiniging

Op 6 sublocaties zijn in totaal 6 grond- en 6 slibmonsters onderzocht op ftalaten. 6 grondwatermonsters zijn onderzocht op ftalaten, vluchtige aromaten, kamfer, fenol en nitroglycerine.

Bij de gebouwen 54 en 49 zijn 2 grondwatermonsters onderzocht op het voorkomen van BTEXN, fenol en TNT.

De 2 bovengrondmonsters ter plaatse van de 2 brandplaatsen te oosten van gebouw 72 zijn geanalyseerd op het zogenaamde NVN-analysepakket bovengrond:

- droge stof;
- arseen en de zware metalen: cadmium, koper, chroom, nikkel, kwik, lood en zink;
- extraheerbare organohalogeenvverbindingen (EOX);
- polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK-VROM));
- minerale olie.

De 2 ondergrondmonsters zijn onderzocht op het NVN-pakket voor de ondergrond, exclusief vluchtige verbindingen:

- droge stof;
- arseen en de zware metalen: cadmium, koper, chroom, nikkel, kwik, lood en zink;
- EOX.

De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op het NVN-pakket voor grondwater:

- arseen en de zware metalen: cadmium, koper, chroom, nikkel, kwik, lood en zink;
- EOX;

- vluchtige aromatische koolwaterstoffen (benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen) en naftaleen;
- gechloreerde koolwaterstoffen (VOCL);
- fenolindex.

Één monster van het vulmateriaal afkomstig van de krater bij gebouw 78 (voorheen 7) is onderzocht op het NVN-pakket voor de bovengrond. Ook de twee grondmonsters die genomen zijn bij de tunnels zijn geanalyseerd op dit pakket.

## 4 RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van het onderzoek weer. Allereerst beschrijven we de bodemopbouw en grondwaterhuishouding op basis van veldwaarnemingen. Vervolgens volgt een beschrijving van de verontreinigingssituatie op basis van veldwaarnemingen en laboratoriumanalyses.

### 4.1 Bodemopbouw en grondwaterhuishouding

De lokale bodemopbouw op basis van de boringen is in bijlage 1 weergegeven in boorprofielen. Hieruit wordt de bodemopbouw, zoals beschreven in § 2.2 bevestigd. Lokaal komen zand, puin, sintels, slakken, vliegas en zand voor als ondergrond voor de aanwezige wegen (zie § 4.2.1).

Het gemiddelde lutumgehalte in de bovengrond bedraagt naar schatting 9%. Het gemiddelde humusgehalte bedraagt naar schatting 10%. In de ondergrond nemen de lutumgehalten en humusgehalten toe door de aanwezigheid van klei en veen.

De gemiddelde actuele grondwaterstand op het terrein bedroeg tijdens het veldonderzoek ongeveer 1 à 1,5 m-m.v.

### 4.2 Verontreinigingsonderzoek

#### 4.2.1 Veldwaarnemingen

In de bodem is zintuiglijk puin, slakken, sintels, kolenresten en vliegas aangetroffen. In tabel 4.1 zijn deze zintuiglijk waarnemingen samengevat. Ook de getekende boorprofielen in bijlage 1 geven de resultaten van de zintuiglijke waarnemingen globaal weer.



Tabel 4.1 Veldwaarnemingen aanvullend onderzoek

Boring- nummer	Traject (m -mv.)	Bijmengingen in %				
		puin	slakken	kolenresten	sintels	overig
500	1,25-2,0	1-5				
501	0,0-1,0	10-20	10-20			
	1,0-1,4	20-50	20-50			
	1,4-1,5	20-50	10-20			
502	0,0-0,65	10-20	20-20			
	0,65-0,95	50-100	50-100			
	0,95-1,25	1-5	1-5			
503	0,0-1,0	1-5	1-5	1-5		
504	0,3-0,9			1-5		
505	0,5-1,1	1-5				
506	0,0-1,05	1-5				
507	0,45-1,5	0-1				
509	0,6-1,85	1-5				
510	0,95-1,4	1-5				
512	0,55-1,0	1-5	1-5	1-5		
	1,0-1,45	1-5		1-5		
513	0,5-0,9	1-5				
515	0,4-0,8	5-10	5-10	1-5		
	0,8-1,4		1-5	1-5		
518	0,65-1,1	1-5		1-5		
526	0,5-0,95	1-5				
528	0,0-0,5	1-5	1-5	5-10		
	0,5-0,9	10-20	1-5			
532	0,45-1,0		1-5		1-5	
	1,0-1,5	1-5				
533	0,0-0,5	1-5	1-5			
	0,5-0,75	1-5				
538	0,0-0,45	1-5	1-5		5-10	
	0,45-1,05					vliegass
	1,05-1,50		1-5	1-5	5-10	
539	0,0-0,5	10-20	20-50	1-5		
	0,5-0,9	1-5	1-5			
540	0,0-0,45			1-5	10-20	
	0,45-1,0		5-10	1-5	5-10	
	1,0-1,45		5-10	1-5	1-5	
541	0,3-0,9	1-5		1-5	10-20	
	0,9-1,4	1-5		1-5		
	1,4-1,6	1-5				
542	0,0-0,5	10-20	1-5			
	0,5-0,7	1-5				
	0,7-1,1	1-5	1-5			
543	0,6-0,95	1-5				

Boring- nummer	Traject (m -mv.)	Bijmengingen in %				
		puin	slakken	kolenresten	sintels	overig
545	0,05-0,5	20-50	1-5	5-10		
	0,5-1,1	10-20	5-10	5-10		
	1,1-1,65		1-5	1-5		
546	0,0-0,4	1-5	1-5			
547	0,0-0,5	1-5				
	0,5-1,05	1-5		1-5		
548	0,0-0,55	1-5	1-5	10-20	10-20	
	0,55-0,8	1-5		5-10	1-5	
	0,8-1,2			1-5	1-5	
	1,2-1,6	1-5				
549	0,0-0,4		10-20	5-10	20-50	
	0,4-0,9		50-100		50-100	
550	0,07-1,0		10-20		10-20	vliegas
	1,0-1,4		10-20		10-20	vliegas
551	0,0-0,45	10-20	5-10	5-10		vliegas
	0,45-1,00	5-10	5-10			
557	0,0-0,4	1-5		1-5		
558	0,45-1,3	10-20	5-10	1-5	5-10	
559	0,0-0,6		10-20	10-20	10-20	
	0,6-1,1		1-5	10-20	10-20	
	1,1-1,45	1-5				
560	0,0-0,5	1-5	1-5		1-5	
561	0,0-0,6	1-5				
563	0,14-0,7	5-10	5-10	5-10	5-10	
	0,7-1,1	1-5	5-10	1-5	1-5	
	1,1-1,6	1-5				

De zuurgraad (pH) van het grondwater varieert in de meeste peilbuizen tussen 6.5 en 7.5. Alleen in peilbuis 31 werd een lagere zuurgraad (pH = 5.4) gevonden. Het geleidingsvermogen van het grondwater varieert in het algemeen tussen 700 en 2500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . De hoogste waarden werden gemeten in peilbuis 542 (2500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) en in peilbuis pb31 (2100  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ). Het water in peilbuis 505 had een afwijkende kleur (groen/geel). Bij het afpompen van het water uit peilbuis 532 en pb31 is schuimvorming waargenomen.

#### 4.2.2 Laboratoriumanalyses en toetsing

De resultaten van de chemische analyses staan in bijlage 2. De analyse-resultaten zijn getoetst aan de Streef en Interventiewaarden (S- en I-waarden). Deze toetsingswaarden voor grond zijn afhankelijk van het humus- en lutumpercentage. In bijlage 3 zijn de berekende streef- en interventiewaarden opgenomen die gelden voor de bodem op deze locatie. Hierin is ook de berekende N-waarde ( $=\frac{1}{2}(S+I)$ ) opgenomen. De aangetroffen gehalten zijn vergeleken met deze toetsingswaarden.

Voor EOX is geen streef- en interventiewaarde bepaald. Nader onderzoek naar individuele gehalogeneerde koolwaterstoffen is alleen noodzakelijk indien het EOX gehalte opvallend verhoogd is. De resultaten van de toetsing van grond, grondwater en slib zijn opgenomen in bijlage 4.

## 5 BESPREKING VAN DE ONDERZOEKSRESULTATEN

### 5.1 Terminologie

In dit hoofdstuk bespreken we voor de diverse verontreinigingskernen de mate en de omvang van de verontreiniging. Bij de bespreking van de mate van verontreiniging wordt de volgende terminologie gehanteerd:

- licht verontreinigd/verhoogd: gehalte tussen S en N;
- matig verontreinigd/verhoogd: gehalte tussen N en I;
- sterk verontreinigd/verhoogd: gehalte hoger dan I.

Indien de N-waarde en/of interventiewaarde wordt overschreden is er een aanleiding tot nader onderzoek.

### 5.2 Mate en omvang van de vastgestelde verontreinigingen

Allereerste beschrijven we de mate en omvang van de al eerder vast gestelde verontreinigingen. Daarna bespreken we de resultaten van het aanvullende onderzoek.

#### Verhardingen en sloten

De resultaten van de toetsing van grond en slibmonsters van de drie raaien zijn samengevat in tabel 5.1.

Raai III ligt in het bebouwde gebied. De gehalten in het funderingsmateriaal van de weg en de bovengrond in de naaste omgeving (tot 5 m uit de weg) zijn sterk verhoogd. De verontreiniging komt goed overeen met de zintuiglijk waargenomen bijmengingen (zie tabel 4.1): ter plaatse van de weg worden tot 1,6 m-m.v. bijmengingen gevonden; de bijmengingen in de grond naast de weg beperken zich tot de bovengrond (0,5 à 0,6 m-m.v).

De raaien I en II liggen in het onbebouwde gebied. Het funderingsmateriaal en de bovengrond in de directe omgeving is matig verontreinigd. Ook hier geldt dat de omvang overeenkomt met de zintuiglijk aangetroffen bijmengingen.

Voor raai III wordt in het funderingsmateriaal en in de bovengrond in de directe omgeving (tot 5 m uit de weg) van de verhardingen de interventiewaarde voor een aantal zware metalen overschreden. In bijna alle monsters is het gehalte aan PAK slechts licht verhoogd.

**Tabel 5.1 Resultaten verhardingen en sloten**

Raai	Omschrijving	Monstercode	Monstertraject (m -mv)	Toetsing
I-1	funderingsmateriaal	550-01+550-02+ 550-03	0,1-1,4	N-I
I-2	ondergrond funderingsmateriaal	550-04	1,5-2,1	S-N
I-3	0,2 m uit weg	551-01	0,0-0,45	N-I
I-4	2,7 m uit weg	552-01	0,0-0,5	S-N
I-5	18 m uit weg	553-01	0,0-0,5	S-N
I-6	23 m uit weg	554-01	0,0-0,5	S-N
I-7	slib	S8		< S
II-1	funderingsmateriaal	558-02+558-03	0,45-1,3	N-I
II-2	ondergrond funderingsmateriaal	558-04	1,3-1,6	S-N
II-3	0,2 m uit weg	557-01	0,0-0,4	S-N
II-4	2,0 m uit weg	556-01	0,0-0,55	S-N
II-5	3,5 m uit weg	555-01	0,0-0,45	S-N
II-6	slib	S10		< S
III-1	funderingsmateriaal	563-01+563-02	0,25-1,1	> I
III-2	ondergrond funderingsmateriaal	563-03	1,1-1,6	S-N
III-3	0,2 m uit weg	559-01	0,0-0,6	> I
III-4	2,7 m uit weg	560-01	0,0-0,5	> I
III-5	5,2 m uit weg	561-01	0,0-0,5	> I
III-6	7,7 m uit weg	562-01	0,0-0,5	S-N
III-7	slib	S9		< S

Het funderingsmateriaal voldoet voor de organische componenten (PAK) aan de samenstellingseis voor toepassing van secundaire grondstoffen anders dan grond<sup>1)</sup>. Het maximaal aangetroffen gehalte aan PAK-totaal in het funderingsmateriaal is gelijk aan 5 mg/kg, terwijl de grenswaarde 75 bedraagt.

Voor zware metalen is de uitloging onderzocht. Alleen de componenten chroom en arseen zijn in het eluaat aangetoond. In tabel 5.2 is de berekende uitloging vergeleken met de maximaal toelaatbare uitloogwaarden voor een toepassingshoogte van 1 m.

In het slib ter plaatse van de raaien konden geen verhoogde gehalten aan zware metalen en PAK worden aangetoond. Verder was het niet mogelijk om in het veld sliblagen te herkennen, die eerder op de kant zijn gezet. De bovengrond van de slootkant blijkt, net als de bovengrond elders, slechts matig verhoogde gehalten aan zware metalen en PAK te bevatten.

Werken met secundaire bouwstoffen, Interprovinciaalbeleid voor de milieuhygiënisch verantwoorde toepassing van secundaire grondstoffen in werken, IPO december 1994.

**Tabel 5.2** Uitloging funderingsmateriaal

Component	max. concentratie in eluaat (in µg/l)	L/S factor (in L/g ds)	uitloging (in mg/kg ds)	maximaal toegestane uitloging U1 bij h= 1m (in mg/kg ds)
Chroom	5,3	0,01	0,05	0,92
Arseen	17	0,01	0,17	0,87

Grondwaterverontreiniging

In peilbuis 31 zijn de gehalten aan aromaten matig (benzeen) tot sterk (naftaleen) verhoogd. In de peilbuizen 524 t/m 527 zijn de gehalten niet tot slechts licht verhoogd. De horizontale omvang van de vlek bedraagt naar schatting 300 m<sup>2</sup>. Gezien de bodemopbouw en grondwaterhuishouding van het terrein wordt aangenomen dat de laag verontreinigd grondwater 1 m bedraagt.

**5.3** Overige verontreinigingenGrond

In de grond zijn ftalaten in 4 monsters in licht verhoogde gehalten aangetoond. In 2 monsters zijn geen ftalaten aangetoond, terwijl in een monster de bepaling gestoord werd door matrixstoring.

De bovengrondmonsters en het ondergrondmonster te plaatse van de brandplaatsen zijn geanalyseerd op een breed pakket. Hieruit blijkt dat in de boven- en ondergrond de gehalten niet of slechts licht verhoogd (< N) zijn.

Ter plaatse van de krater, tunnel B en tunnel H is de grond eveneens onderzocht op het NVN-pakket voor de bovengrond. Alle gehalten zijn niet of licht verhoogd, met uitzondering van zink in de bovengrond van tunnel H. Hier is een matig verhoogd zinkgehalte gevonden.

Grondwater

In peilbuis pb18 uit het vorig onderzoek kon na herbemonstering geen minerale olie worden aangetoond.

In de omgeving van een aantal gebouwen zijn in totaal 10 grondwatermonsters geanalyseerd op vluchtige aromaten (BTEXN), ftalaten, kamfer, fenol, nitroglycerine. De gehalten aan aromaten zijn niet of slechts licht verhoogd, m.u.v. peilbuis pb31 (zie 5.1). In 9 monsters zijn sterk verhoogde gehalten aan ftalaten (veelal diethylftalaat) aangetoond. In een monster konden geen ftalaten worden aangetoond. De fenolindex blijkt in 9 monsters licht en in 1 monster matig verhoogd te zijn. In geen van de grondwatermonsters kon nitroglycerine en kampfer worden aangetoond in concentraties boven de detectielimieten (zie bijlage 2).

De omvang van de grondwaterverontreiniging is niet vastgesteld, maar hangt samen met het morsen van ftalaten in de omgeving van gebouwen.

Gezien de bodemopbouw en grondwaterhuishouding zal de grondwaterverontreiniging zich slechts in beperkte mate hebben verspreid (ca. 500 tot 2000 m<sup>2</sup> per vlek).

Twee grondwatermonsters zijn onderzocht op vluchtige aromaten, fenolindex en trinitrotolueen. Alleen het naftaleengehalte en de fenolindex zijn licht verhoogd. BTEX en trinitrotolueen konden niet worden aangetoond.

Twee grondwatermonsters zijn geanalyseerd op het brede NVN-pakket voor grondwater. In deze monsters konden alleen licht verhoogde gehalten aan arseen, enkele vluchtige aromatische en gechloreerde koolwaterstoffen en fenol(index) worden aangetoond.

De lage pH en hoge EC waarden komen voor ter plaatse van de aangetroffen verontreinigingen in het grondwater.

### Slib

Naast de slibmonsters die in het kader van het onderzoek van de raaien is uitgevoerd, zijn 7 slibmonsters geanalyseerd op ftalaten. In 6 monsters zijn de gehalten licht verhoogd. In 1 monster konden door matrixstoring geen ftalaten worden aangetoond.

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 Conclusies

Ten gevolge van de aanwezigheid van verhardingsmateriaal zijn de gehalten aan zware metalen matig tot sterk verhoogd. Doordat het verhardingsmateriaal ook naast de wegen terecht is gekomen, zijn ook hier de gehalten in de bovengrond licht tot sterk verhoogd. De sterk verhoogde gehalten komen voor in het bebouwde gebied. De uitloging van het verhardingsmateriaal is gering, zodat het milieuhygiënisch mogelijkheden biedt dit materiaal in werken toe te passen.

In het grondwater is rond peilbuis pb31 een sterke verontreiniging met vluchtige aromaten aangetroffen. De omvang beperkt zich tot 300 m<sup>2</sup>.

Verder is het grondwater op in 9 peilbuizen in de directe omgeving van gebouwen sterk verontreinigd met ftalaten. De omvang van deze verontreinigingen is niet vastgesteld. Gezien de bodemopbouw en grondwaterhuishouding zal de grondwaterverontreiniging zich slechts in beperkte mate hebben verspreid (tot maximaal ca. 500 tot 2000 m<sup>2</sup> per vlek).

Op basis van het nader onderzoek kan geconcludeerd worden dat het slib niet of nauwelijks verontreinigd is met PAK of zware metalen en slechts licht verontreinigd is met ftalaten.

### 6.2 Aanbevelingen

Op basis van bovenstaande conclusies zijn bij het huidige gebruik van het terrein alleen voor de grondwaterverontreiniging met aromaten en ftalaten saneringsmaatregelen nodig.

De aromatenverontreiniging rond peilbuis 31 is voldoende ingekaderd om hiervoor een saneringsplan op te stellen.

De aangetroffen verontreiniging met ftalaten is minder goed bekend en levert naar verwachting minder risico's op voor het milieu. Voorgesteld wordt om deze verontreiniging voorlopig te monitoren, om na te gaan of en in hoeverre een verdere verspreiding optreedt.

Overigens moet in ieder geval worden nagegaan of er voldoende preventieve voorzieningen aanwezig zijn om nieuwe bodemverontreiniging te voorkomen.

Bij een nieuwe bestemming van het terrein zullen zowel de aromaten als de ftalaten uit het grondwater moeten worden verwijderd. Dit kan het beste gecombineerd worden met de sloop van gebouwen, door open bemaling toe te passen.

Gezien de geringe uitloogbaarheid van het toegepaste verhardingsmateriaal adviseren wij dit zoveel mogelijk opnieuw te gebruiken bij de herinrichting van het terrein. Wij adviseren verder om grond, met bijmengingen van verhardingsmateriaal, te verwijderen door ontgraving.



Vanwege de geringe uitloogbaarheid komt ook hierbij hergebruik in aanmerking. Afhankelijk van de wijze van bouwrijp maken kan deze grond eventueel ook blijven zitten.

Samenvattend stellen wij de volgende maatregelen voor:

	Aromaten in water	Ftalaten in water	Zware metalen in grond
Voortzetting huidig gebruik	saneren	monitoren	niets doen
Wijziging bestemming	saneren	saneren	saneren/ hergebruiken