

## **HANDLEIDING FLEXIBELE EMISSIE BEHEERSING (FEB)**

Behorend bij NOBIS-rapport 98-1-02 'Monitoring in FEB'

## INHOUD

	LEESWIJZER	1
	FLEXIBELE EMISSIE BEHEERSING (FEB) IN KORT BESTEK	4
	SAMENVATTING VAN DE STAPPEN	14
A	STAP A: GEVALSBESCHRIJVING	16
	A.1 Informatie over de lokale situatie	16
	A.2 Bodemopbouw en geohydrologische situatie	17
	A.3 Verontreinigingssituatie	19
	A.4 Verspreidingsrisico's en onzekerheden	19
	A.5 Beoordeling van de voortzetting van de uitwerking van een FEB-aanpak	20
B	STAP B: TOEPASSING VAN DE FEB-AANPAK	22
	B.1 Vaststellen van de limietgrens en andere randvoorwaarden	23
	B.1.1 Vaststellen van randvoorwaarden aan de toepassing van FEB	23
	B.1.2 Vaststellen van de positie en randvoorwaarden op de limietgrens	25
	B.2 Uitwerken van interventiescenario's en vaststellen van de interventiegrens	27
	B.3 Voorlopig ontwerp van het monitoringsmeetnet	29
C	STAP C: BEOORDELING VAN DE TOEPASSING VAN FEB	31
	C.1 Vaststellen van de te beschouwen varianten	31
	C.2 Beoordelen van de te beschouwen varianten	32
D	STAP D: ONTWERP VAN HET MONITORINGSSYSTEEM	34
	D.1 Vaststellen van technische uitgangspunten van het monitoringsmeetnet	36
	D.1.1 Keuze van gidsparementen	36
	D.1.2 Keuze van monitoringsinstrumenten	37
	D.1.3 Vaststellen van de monitoringsfrequentie	38
	D.1.4 Vaststellen van 'verliezen' in de tijd (factor T)	39
	D.1.5 Bepalen van de interventietijd	40
	D.1.6 Berekenen van de breedte van de interventiezone	41
	D.2 Hypothese van de verspreiding	43
	D.2.1 Opstellen van de hypothese van de verspreiding (ondergrondmodellen)	43
	D.2.2 Toets de opgestelde hypothese aan de actuele situatie	44
	D.3 Ontwerp en optimalisatie van het monitoringsmeetnet	44
	D.3.1 Ontwerp van het monitoringsmeetnet	45
	D.3.2 Bereken de trefkans van het monitoringssysteem	47
	D.3.3 Vaststellen van de potentiële omvang van een verontreinigingspluim bij niet-detecteren	48
	D.3.4 Bereken de potentiële kosten van schade bij een falend monitoringssysteem	48
	D.3.5 Bereken de kosten van het monitoringssysteem	50
	D.3.6 Sommeer de kosten van schade en monitoring	51
	D.3.7 Optimaliseer	51

D.4	Installatie van het monitoringssysteem	52
D.4.1	Maak bestek	52
D.4.2	Opstellen van procedures voor de installatie van het monitorings- meetnet	53
D.4.3	Beschrijven van de procedure voor meten	54
D.4.4	Beschrijven van de procedure voor evalueren	55
D.4.5	Beschrijven van de procedure voor communicatie	56
D.5	Uitvoering van de monitoring	56
D.5.1	Uitvoeren van het meetprogramma	56
D.5.2	Uitvoeren van het controleprogramma	57
D.5.3	Informeel verantwoordelijken over interventie maatregelen	58
D.6	Verifiërend meten	58
FEB TOEGEPAST OP VEELVOORKOMENDE GEVALLEN		59
BEGRIPPENKADER/DEFINITIES		64
TREFWOORDENREGISTER		67

## LEESWIJZER

### Inleiding

In het kader van de NOBIS-studie 98-1-02 is het FEB-concept ontwikkeld. Om de toepassing van FEB te vereenvoudigen en voor de dagelijkse praktijk van een adviseur bodemsanering, bevoegd gezag en/of probleembezitter toegankelijk te maken, is in het kader van de NOBIS-studie de voorliggende handleiding opgesteld.

### Doel van de handleiding

Deze handleiding beschrijft stapsgewijs de manier waarop FEB in de praktijk kan worden toegepast en is bedoeld als leidraad zonder normen op te leggen.

Door middel van vuistregels wordt de toepassing van FEB voor enkele veelvoorkomende gevallen vereenvoudigd.

### Opbouw van de handleiding

De handleiding bestaat uit de volgende onderdelen:

- Flexibele Emissie Beheersing (FEB) in kort bestek.
- Samenvatting van de stappen (checklist).
- FEB-stappenplan: stap A, B, C en D (de eigenlijke FEB-handleiding).
- FEB toegepast op veelvoorkomende gevallen.
- Begrippenkader/definities.
- Trefwoordenregister.

Het FEB-stappenplan bestaat uit vier stappen. In tabel 1 en figuur 1 zijn deze stappen aangegeven.

Tabel 1. Indeling van het FEB-stappenplan.

Stap	Titel	Korte omschrijving	Niveau van uitwerking
A	Gevalsbeschrijving	Benodigde gegevens om de FEB-aanpak globaal te kunnen uitwerken	NO
B	Toepassing van de FEB-aanpak	Globaal uitwerken van de FEB-aanpak	SO
C	Beoordeling van de toepassing van FEB	Beoordelen van varianten	SO
D	Ontwerp van het monitoringssysteem	Uitwerking van het monitoringssysteem op detailniveau	SP

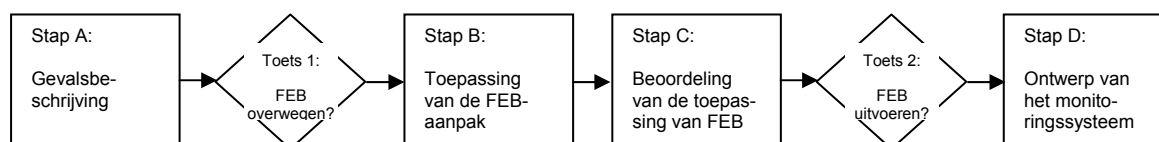


Fig. 1. FEB-stappenplan.

In de handleiding worden de stappen achtereenvolgens uitgewerkt. Deze uitwerking volgt de vaste opzet en lay-out, zoals die in de onderstaande box is aangegeven:

### **Toelichting**

In het eerste deel van de beschrijving van de stappen wordt een toelichting op de doelstelling, inhoud en achtergronden van de stap gegeven. De toelichting is met name geschikt om op hoofdlijnen de inhoud van de desbetreffende stap te kunnen nalezen.

### **Beschrijving van activiteiten van de individuele stappen**

#### **Stapnr.    BESCHRIJVING VAN DE STAP**

##### **Wat**

Omschrijving van wat de stap inhoudt.

##### **Hoe**

Omschrijving hoe de stap concreet moet worden uitgevoerd.

##### **Toelichting**

Een toelichting op de stap met eventuele achtergronden of een alternatieve aanpak.

##### **Doorverwijzing/referenties**

(Literatuur)verwijzingen:

- doorverwijzing naar kader;
- rapportages opgesteld in het kader van de FEB-studie;
- andere literatuurbronnen.

### *Kader*

#### **Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden**

Te gebruiken voor verdere verdieping.

### **Hoe de handleiding te gebruiken**

De handleiding is op verschillende wijzen door verschillende typen gebruikers te gebruiken. In tabel 2 is dit aangegeven.

Tabel 2. Wijze van gebruik van de FEB-handleiding.

Doelgroep	Reden van het gebruik van de handleiding
Bevoegd gezag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toetsen van plannen</li> <li>• inlezen: wat is FEB</li> <li>• verdieping op onderdelen</li> <li>• naslagwerk</li> <li>• 'quick scan' haalbaarheid FEB</li> </ul>
Probleembezitter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oriëntatie op FEB-aanpak</li> <li>• offerte-aanvragen formuleren en beoordelen</li> <li>• 'quick scan' haalbaarheid FEB</li> </ul>
Adviseur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hulpmiddel/leidraad bij opzetten FEB-aanpak</li> <li>• uitdiepen/uitwerken FEB-aanpak</li> <li>• 'quick scan' haalbaarheid FEB</li> </ul>

Voor de concrete toepassing van de handleiding kan worden volstaan met de onderdelen 'Beschrijving van activiteiten van de individuele stappen'.

De begrippen zijn snel toegankelijk gemaakt door het trefwoordenregister en doordat deze zijn onderstreept op plaatsen waar nader wordt ingegaan op hun inhoud en de achtergronden.

### **Achtergrondinformatie**

In deze handleiding wordt regelmatig verwezen naar het rapport 'Monitoring in FEB' (zie '98-1-02 rap1' op de cd-rom) en 'andere bronnen' als achtergrondinformatie voor verdere verdieping en andere literatuur. Als wordt verwezen naar bijlagen en appendices (zie '98-1-02 bijlagen' en '98-1-02 appendices' op de cd-rom), dan worden de bijlagen en appendices bedoeld die bij het bovengenoemde rapport horen.

Onderstaand is een overzicht gegeven van FEB-rapportages die zijn opgesteld onder NOBIS:

- Flexibele Emissie Beheersing (FEB) Handleiding, Deel I: Algemeen Deel. FEB in de praktijk. CUR/NOBIS-opdrachtnr. N112, conceptrapportage.
- Flexibele Emissie Beheersing (FEB), Deel II: Voorlopige Handleiding. FEB in de praktijk. CUR/NOBIS-opdrachtnr. N112, conceptrapportage.
- Flexibele Emissie Beheersing (FEB), Deel III: Beschrijving geval 1. FEB in de praktijk. CUR/NOBIS-opdrachtnr. N112, conceptrapportage.
- Flexibele Emissie Beheersing (FEB), Deel III: Beschrijving geval 2. FEB in de praktijk. CUR/NOBIS-opdrachtnr. N112, conceptrapportage.

Deze rapporten zijn gebruikt als basis voor het NOBIS-rapport 98-1-02 'Monitoring in FEB'.



in de praktijk worden gebracht. De beschikbare ruimte wordt 'veilig' gebruikt (de bodem als reactorvat, verifiëren van bodemprocessen), omdat toetsbare grenzen worden gesteld en bewaakt. De bodemkwaliteit voldoet aan de *actuele gebruikseisen*. Op *ijkmomenten* wordt de stand van zaken herbeoordeeld en wordt vastgesteld in hoeverre een *stabiele eindsituatie* met *minimale nazorg* haalbaar is.

FEB biedt verder *goede toetsingsmogelijkheden* voor het bevoegd gezag en is een helder kader voor communicatie tussen alle betrokken partijen die gezamenlijk de randvoorwaarden vaststellen waarbinnen FEB wordt toegepast. FEB draagt dus bij aan het draagvlak.

## 2. Hoe wordt FEB toegepast: Onderverdeling in grenzen

In de planfase maken de betrokken partijen afspraken over de ligging van de *limietgrens* en de maximaal aanvaardbare concentratie op de limietgrens. Dit biedt transparantie en duidelijk toetsbare randvoorwaarden aan de FEB-aanpak. De limietgrens kan worden gerelateerd aan het bereiken van de terreingrens of het verontreinigen van een voorraad schoon grondwater. De initiatiefnemer geeft vervolgens aan welke interventiemaatregelen achter de hand worden gehouden om, als dat nodig blijkt, toch in te grijpen. Om deze ook feitelijk te kunnen uitvoeren wordt een ruimte vóór de limietgrens gereserveerd, de *interventiezone*, die wordt begrensd door de *interventiegrens*. Tussen de interventiezone en de actuele verontreiniging (het *systeemgebied*) vindt *monitoring* plaats met als doel tijdig te signaleren dat de interventiemaatregelen moeten worden uitgevoerd.

In een FEB-aanpak wordt de ruimte tussen de verontreiniging en de kwetsbare objecten in verschillende deelgebieden verdeeld (zie fig. 2):

- de limietgrens (afhankelijk van de locatie van het kwetsbare object);
- de interventiegrens, een beschermingszone waarin verontreinigde stoffen zich nog kunnen verspreiden in de periode waarin interventiemaatregelen effectief worden; het monitoringssysteem moet waarschuwen dat verontreinigingen deze zone betreden;
- de zone waarin verspreiding door een monitoringssysteem wordt gecontroleerd (het meetgebied)
- de zone waarin de verontreiniging zich bevindt en waar direct (brongerichte) maatregelen kunnen worden getroffen (het systeemgebied).

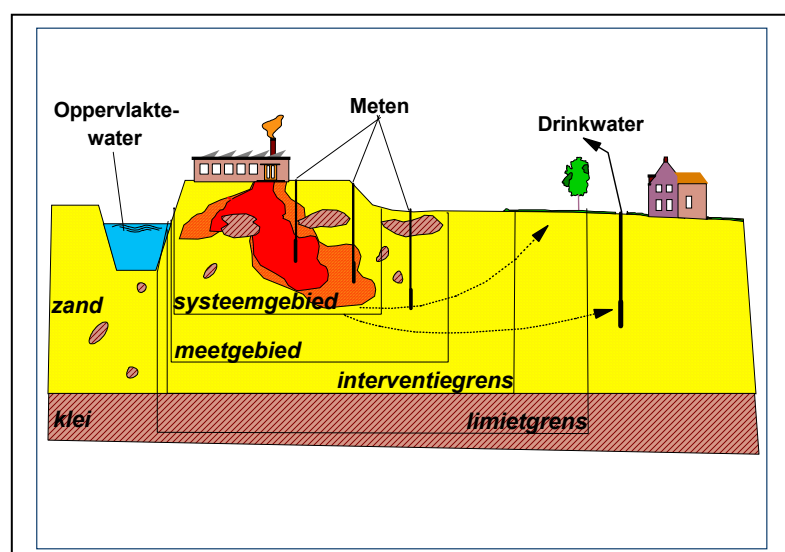


Fig. 2. FEB: Onderverdeling van de ruimte in deelgebieden en grenzen.



De combinatie van een *interventiescenario* en een *monitoringssysteem* voorkomt dat een onaanvaardbare verspreiding van verontreiniging optreedt. Bij FEB vindt *monitoring* plaats met twee doelen:

- *Controlerende monitoring* in het meetgebied; hiermee kan worden voorkomen dat de maximaal aanvaardbare concentratie op de limietgrens onopgemerkt wordt overschreden. Het monitoringssysteem signaleert dit tijdig, zodat er nog interventiemaatregelen kunnen worden uitgevoerd.
- *Verifiërende monitoring* in de stroombaan van de verontreiniging vindt plaats om de verspreidingsprognose te toetsen teneinde de saneringsaanpak te kunnen optimaliseren.

Zowel de indeling van de beschikbare ruimte als de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem zijn onderdeel van een optimalisatie waarbij de kosten worden afgewogen tegen de baten. De gemaakte afspraken worden daarbij uiteraard gerespecteerd. Dit kan betekenen dat de interventiezone groter kan worden gemaakt om extensieve en goedkopere interventiemaatregelen te kunnen uitvoeren.

### 3. Voordelen van het benutten van de ruimte

Naarmate er meer ruimte, en vaak dus tijd, beschikbaar is, zijn er meer mogelijkheden voor het toepassen van extensieve maatregelen, waardoor een grotere kostenbesparing mogelijk is. De tijd is beschikbaar als aan de *actuele gebruikseisen* wordt voldaan en er een redelijke kans is dat een *stabiele eindsituatie* ontstaat. Is dat het geval, dan kan de bodem als reactorvat worden gebruikt en kunnen onzekerheden in bodemprocessen met monitoring worden verkleind. Dit laatste kan nodig zijn om voldoende vertrouwen op te bouwen in de effectiviteit van reeds getroffen maatregelen en de rol van de bodem als reactorvat. Een maat voor de ruimte is de afstand tussen de verontreiniging en kwetsbare objecten enerzijds en de snelheid van verspreidingsprocessen anderzijds. Figuur 3 geeft aan dat gebruik maken van de ruimte kan leiden tot toepassing van goedkopere technieken. Indien er weinig ruimte en tijd beschikbaar is, zijn directe saneringsmaatregelen nodig, die snel tot het gewenste resultaat leiden. FEB kan dan bijdragen aan een kosteneffectieve monitoring van het bereikte resultaat. FEB toepassen kan ook voordelig zijn als de opdrachtgever maatregelen tijdelijk wenst uit te stellen in verband met de samenloop van toekomstige herontwikkeling van een gebied, de resultaten van techniekontwikkeling wil afwachten, of anderszins de kosten in de tijd wil spreiden.

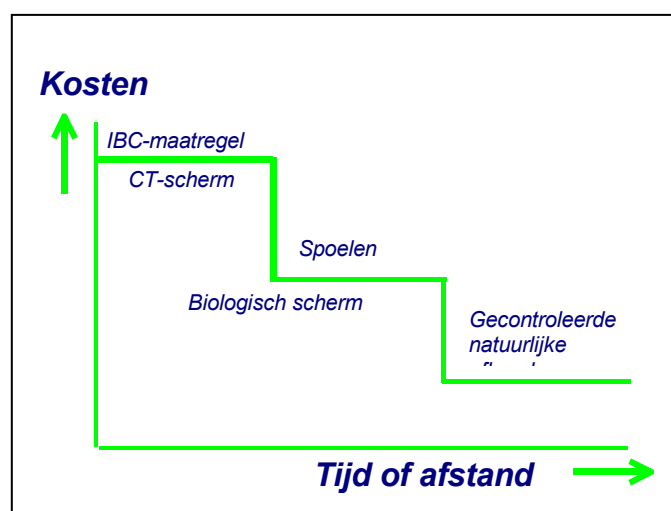


Fig. 3. Saneringskosten uitgezet tegen de beschikbare ruimte en tijd (toenemende ruimte = toenemende bruikbaarheid van FEB).

#### 4. FEB als onderdeel van een procesmatige aanpak van bodemverontreiniging

Bij de aanpak van bodemverontreiniging spelen drie factoren een overheersende rol: de effectiviteit van de maatregelen, de kosten ervan en de resterende risico's. In veel situaties is de kennis van het bodemsysteem ontoereikend voor een definitieve keuze van de beste aanpak. Een procesmatige aanpak kan dan voordelen bieden. Allereerst worden de hoogstnoodzakelijke maatregelen getroffen; bijvoorbeeld *het verwijderen van de bron*. Vervolgens worden de gevolgen van de maatregelen in het veld in de pluim gemeten door middel van monitoring. De meetresultaten worden geëvalueerd om hypothesen te toetsen. Op *ijkmomenten* vindt evaluatie plaats. Als toch verwacht wordt dat kwetsbare objecten op termijn bedreigd worden, kunnen de maatregelen worden uitgebreid. Op deze wijze ontstaat een gefaseerd en cyclisch proces van '(bijstellen) ontwerp maatregelen', 'uitvoeren maatregelen', 'meten effecten' en 'evalueren' (zie fig. 4).

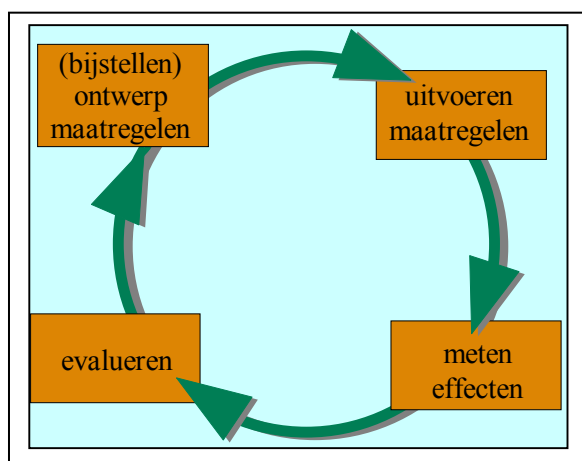


Fig. 4. Procesmatige aanpak van bodemverontreiniging.

Uiteindelijk worden de maatregelen optimaal afgestemd op de lokale omstandigheden. Uiteraard kan ook worden besloten om het controlerend monitoringssysteem aan te passen of maatregelen juist te extensiveren als blijkt dat de bodem als reactorvat zelf een voldoende reinigend vermogen heeft.

#### FEB in de praktijk: Een voorbeeld

##### Probleembeschrijving

Stel we hebben te maken met een mobiele verontreiniging op een fabrieksterrein in een omgeving waarin verspreiding op korte termijn geen gevoelige objecten bedreigt. Natuurlijke afbraak als saneringsvariant is een optie, maar tot nu toe onzeker door gebrek aan meetgegevens. Over 10 jaar kan de bron worden verwijderd in combinatie met het beëindigen van bedrijfsmatige activiteiten. Fasering en natuurlijke afbraak lijken logische ingrediënten voor een kosteneffectieve aanpak, meer controle van verspreidingsprocessen is essentieel.

##### Wat te doen: FEB mogelijk?

In een dergelijke situatie met veel onzekerheden lijkt een gefaseerde aanpak aantrekkelijk: eerst monitoring van het verspreidingsproces en op een gunstig tijdstip een goed gefundeerde beslissing over de saneringsaanpak. Indien mogelijk en gewenst kan worden gekozen voor een combinatie van herinrichting met eventuele saneringsmaatregelen. Aangezien op de korte termijn geen kwetsbare objecten worden bedreigd, zou een aanpak volgens de FEB-methodiek voordelen kunnen bieden. Indien de initiatiefnemer kiest voor een FEB-aanpak, zal hij dit besluit aan het bevoegd gezag voorleggen. Hij zal moeten onderbouwen dat een FEB-aanpak, waarin verspreiding (voorlopig) wordt aanvaard, een gunstige aanpak is (als kosten en effecten worden vergeleken) en tevens dat afdoende wordt gecontroleerd dat gevoelige objecten niet worden bedreigd.

##### Vervolgens....

In het beschouwde geval is het noodzakelijk om te starten met controlerende *monitoring*. Hiermee kan worden voorkomen dat kwetsbare objecten worden bedreigd. Tevens kan met verifiërende monitoring het natuurlijke afbraakproces worden gekarakteriseerd, zodat kan worden beoordeeld of *de bodem als reactorvat* in staat is de pluim te saneren tot een *stabiele eindsituatie*. Als alles naar wens verloopt, kan over tien jaar de bron worden gesaneerd in combinatie met de sloop van fabrieksinstallaties. Het resultaat van deze bronverwijdering kan weer

met monitoring worden gecontroleerd. Het afbraakproces is inmiddels goed bekend. Met een minimale monitoringsinspanning wordt het ontstaan van een stabiele eindsituatie gevolgd. Op *ijkmomenten* vindt evaluatie plaats. Het is uiteraard altijd mogelijk om alsnog het saneringsproces in de pluim te versnellen als blijkt dat natuurlijke afbraak alléén onvoldoende effect heeft. Uiteraard kan in iedere fase een monitoringssysteem worden gekozen dat optimaal is in termen van kosten en beoogde betrouwbaarheid.

## 5. FEB toepassen met de handleiding

In de handleiding wordt de gebruiker via vier afzonderlijk stappen naar een in de praktijk uitvoerbaar plan geleid. De handleiding is opgesteld door gebruik te maken van de kennis die is opgedaan bij de toepassing van FEB in de praktijk. De handleiding kan worden gebruikt door adviseurs bij het opstellen van plannen en door medewerkers van het bevoegd gezag bij een toetsing van plannen. Hiermee wordt FEB ingebed in de gangbare besluitvormingsstructuur. In figuur 5 worden de verschillende stappen van de handleiding weergegeven alsmede de beide beslismomenten. Na stap A wordt beoordeeld of het uitwerken van de FEB-methode zinvol is. Belangrijke criteria hierbij zijn of er voldoende ruimte beschikbaar is en het de moeite loont deze te benutten. In stap C wordt beoordeeld of de aanpak, waarin de beschikbare ruimte wordt benut, wel de voorkeursvariant is. Is dat het geval, dan wordt de aanpak verder geconcretiseerd in een plan. Stap D gaat in op het ontwerp van het monitoringssysteem.

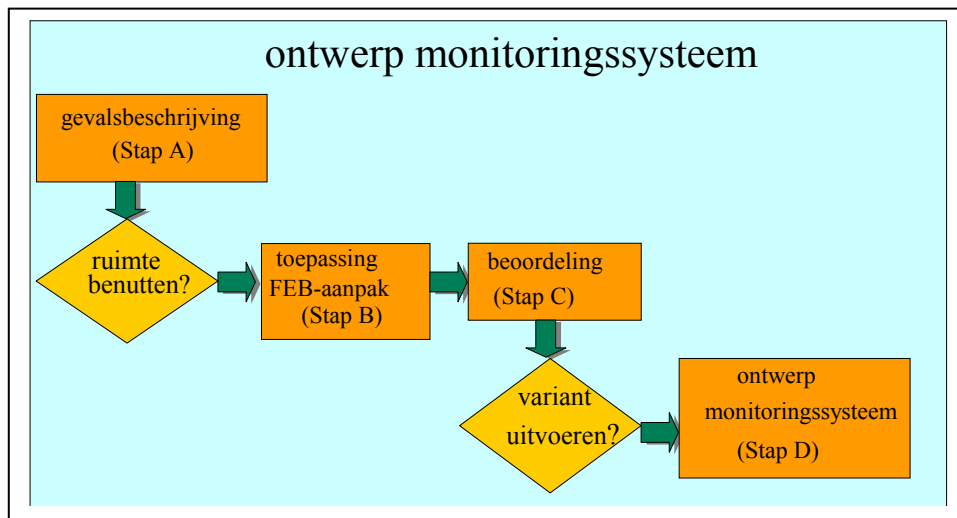


Fig. 5. Verschillende stappen bij het uitwerken van een FEB-aanpak.

### Stap A: Gevalsbeschrijving

In stap A worden de mogelijkheden geïnterpreteerd van een aanpak waarbij eventueel beschikbare 'ruimte' wordt benut voor een kosteneffectieve aanpak. Er wordt een overzicht gegeven van de gegevens die beschikbaar moeten zijn om te kunnen beslissen of deze aanpak zinvol is. Deze stap sluit af met een globale beschrijving van een gefaseerde aanpak (noodzaak tot saneringsmaatregelen, ligging van de 'grenzen', interventiescenario en monitoringsinspanning). Als in een eerste toets een dergelijke aanpak kansrijk wordt geacht, wordt verder gegaan naar stap B. Uiteraard moet worden getoetst of aan de randvoorwaarden van het bodembeleid wordt voldaan.

### Stap B: Toepassing van de FEB-aanpak

Het doel van stap B is het uitwerken van de instrumenten waarmee verspreidingsprocessen kunnen worden gecontroleerd en beheerst, naast de reeds getroffen of parallel uit te voeren mitigerende maatregelen. Interventiescenario en monitoringssysteem worden op het niveau van saneringsonderzoek uitgewerkt, zodat in stap C de variant kan worden beoordeeld en vergeleken met alternatieven.

In stap B wordt aandacht besteed aan de (beleidsmatige) randvoorwaarden waaronder verspreiding aanvaardbaar is. Deze worden in overleg met alle betrokkenen vastgesteld, waarbij rekening wordt gehouden met het beleidskader (*stabiele eindsituatie, minimaliseren van zorg, kosten-effectiviteit*). Naast randvoorwaarden van milieuhygiënische aard kunnen ook juridische aspecten een rol spelen (geen verontreiniging buiten de eigendomsgrens). De randvoorwaarden worden vervolgens vertaald in een harde grens, waarop een norm wordt gesteld: de limietgrens. In de handleiding worden voor veelvoorkomende situaties suggesties gegeven voor de aard van de limietgrens (een lijn of een vlak, horizontaal of verticaal) en de aard van de norm (een concentratie of een flux).

Om te voorkomen dat door verspreiding de limietgrens toch wordt bedreigd moet een interventiescenario beschikbaar zijn. Een interventiescenario is het geheel aan activiteiten die moeten worden uitgevoerd om een verwachte bedreiging van de limietgrens te voorkomen. Hiertoe kunnen worden gerekend het inlichten van betrokkenen, het aanvragen van vergunningen, het maken van een bestek en het uitvoeren van sanerings- en/of beheersmaatregelen. Deze saneringsmaatregelen kunnen het karakter van een noodmaatregel hebben, maar ook een logische vervolgstap in de saneringsaanpak, een voorziene stap die de voorkeur geniet als de aanvankelijk gekozen aanpak niet afdoende blijkt te zijn. Tevens wordt nagegaan wat de kosten van de uitvoering van een interventiescenario zijn en wat de kans is dat dit scenario daadwerkelijk moet worden uitgevoerd. Met name deze aspecten zijn van belang in de beoordeling van de variant. De tijd die nodig is om een interventiescenario effectief te laten zijn wordt berekend. Deze tijd wordt uitgedrukt in een afstand waarover verontreinigende stoffen zich nog mogen verspreiden voordat dit tot bedreiging van de limietgrens leidt. Het gebied vóór de limietgrens wordt het interventiegebied genoemd.

Voor wat betreft de fasering in aanpak (aard en tijdstip van uitvoering van feitelijke sanerings- en beheersmaatregelen) wordt de adviseur veel vrijheid geboden. Enkel het kader met de randvoorwaarden ligt vast. Het is denkbaar dat een limietgrens die dichterbij de bron ligt dan maximaal aanvaardbaar (gezien de bescherming van kwetsbare objecten) tot een goedkopere oplossing leidt, omdat minder schoon grondwater wordt verontreinigd. Een brede interventiezone biedt de mogelijkheid voor tijdrovender maar minder dure interventiemaatregelen (extensieve in situ sanering versus beheersen met damwanden of pump & treat). Kortom: de adviseur is hier aan zet en wordt in de gelegenheid gesteld maatwerk te leveren.

#### *Stap C: Beoordeling van de toepassing van FEB*

Om te beoordelen of de aanpak doelmatig is, wordt in stap C de variant samen met de overige uitgewerkte varianten beoordeeld. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van bestaande afwegingsmethodieken, zoals die van RMK (Risicoreductie, Milieuverdiensite en Kosten). Uiteraard moet ook de FEB-variant voldoen aan de uitgangspunten van BeVer (BeleidsVernieuwing). Na deze beoordeling vindt een vergelijking plaats met de overige varianten waaruit een voorkeursvariant volgt.

Bij de beoordeling van FEB-varianten moet rekening worden gehouden met een tweetal zaken die een traditionele beoordeling lastig maken. In de eerste plaats is de verontreiniging van schoon grondwater (ook al is dit tijdelijk) een negatieve milieuverdiensite die moet worden afgewogen tegen positieve milieuverdiensiten.

Door de kostenbesparing kunnen mogelijk andere gevallen worden gesaneerd die anders pas later aan de beurt zouden komen. Hiermee moet met de keuze van gewichten aan dit milieuaspect rekening worden gehouden.

Daarnaast moet worden bedacht dat het vaak onzeker is of het interventiescenario moet worden uitgevoerd en wanneer. Dit heeft natuurlijk aanmerkelijke consequenties voor de kosten. Deze onzekerheid beïnvloedt ook de beoordeling van bovengenoemd volume schoon grondwater dat tijdelijk in bodemprocessen wordt verontreinigd. De beoordeling van de aanpak wordt dus altijd uitgevoerd op een scenario dat is samengesteld door de effecten van verschillende scenario's te vermenigvuldigen met de kans dat deze ook werkelijk zullen optreden. De eerder genoemde werkwijze van probabilistisch ontwerpen kan hierbij van dienst zijn. In de handleiding wordt voorgesteld hiermee pragmatisch om te gaan door bijvoorbeeld een beoordeling uit te voeren op twee mogelijke scenario's: één waarbij interventie op termijn noodzakelijk is en één waarbij interventie niet noodzakelijk is.

#### *Stap D: Ontwerp van het monitoringssysteem*

Bij een positief besluit over de aanpak zal deze in een saneringsplan worden uitgewerkt. Een wezenlijk onderdeel van het plan is het ontwerp van het monitoringssysteem. De in stap B geformuleerde randvoorwaarden worden gebruikt bij de vaststelling van het doel van deze vorm van monitoring. Dit doel is het zodanig tijdig signaleren van optredende verspreiding dat het voorgenomen interventiescenario operationeel kan zijn voordat feitelijke bedreiging van de limietgrens optreedt.

Er wordt veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van een betrouwbaar monitoringssysteem. Voor het ontwikkelen van en het werken met een betrouwbaar monitoringssysteem is een processchema opgesteld, waarmee de gebruiker in zes achtereenvolgende stappen vertrouwd raakt met het begrip monitoring. De nadruk ligt op het opzetten van een monitoringssysteem met een controlerende functie. Alhoewel het uitvoeren van metingen ten behoeve van verificatie van de verspreidingshypothese essentieel is om de monitoring/nazorg eindig te kunnen maken, wordt hieraan in de handleiding slechts zijdelings aandacht besteed.

In eerste instantie wordt een inschatting gemaakt van de mate waarin incidentele gebeurtenissen in monitoring kunnen leiden tot een te late signalering van de noodzaak een interventiescenario uit te voeren. Deze gebeurtenissen kunnen een oorsprong hebben in gebrekkige kwaliteitscontrole, een te lage monitoringsfrequentie enzovoorts. De interventiezone wordt (zo mogelijk) verruimd om niet-gewenste gevolgen (bedreiging van de limietgrens) te voorkomen.

In de tweede stap wordt een hypothese van het verspreidingsproces opgesteld. Er wordt vastgesteld op welke wijze (snelheid, vorm van de pluim enz.) verontreinigende stoffen de interventiegrens zullen bereiken. In feite is dat de gebeurtenis die met het monitoringssysteem moet worden signaleerd. In veel gevallen zijn de parameters, op basis waarvan verspreidingsbescherming wordt uitgevoerd, onzeker. Zelfs de positie van de bron is niet eenduidig vastgesteld. In een dergelijk geval kan gebruik worden gemaakt van een *probabilistische aanpak*, waarbij de hypothesen betreffende de bodemopbouw in verschillende ondergrondmodellen worden vertaald. Ieder 'ondergrondmodel' heeft een bepaalde kans dat het overeenkomt met de werkelijkheid en is daarmee representatief voor de gevolgen van het verspreidingsproces. Een besluit over de noodzaak en de aard van maatregelen wordt dan niet genomen op grond van één scenario (veelal de 'worst-case'), maar op basis van de verschillende modellen voor het verspreidingsproces. Deze wijze van probabilistisch benaderen van onzekerheden wordt overigens in de civiele techniek al jaren gebruikt om kosteneconomische oplossingen te kunnen kiezen. Door verantwoord om te gaan met deze onzekerheden kan de monitoringsinspanning optimaal worden afgestemd op de risico's van de verspreiding die niet tijdig worden opgemerkt.

In dit onderzoek is een programma ontwikkeld, waarmee de vorm van de pluim kan worden berekend bij een groot aantal trekkingen uit verzamelingen invoerparameters die uit een stochastische verzameling worden getrokken. Ook kan het effect van mitigerende maatregelen op het ver-

spreidingsproces (en ontstaan van stabiele contouren) worden bepaald. Deze maatregelen kunnen worden gestuurd teneinde tegen acceptabele kosten een gewenste eindsituatie te bereiken met minimale nazorg. Er worden dus veel pluimen berekend, ieder met een kans op voorkomen. Het programma is in staat om bij een opgegeven netwerk de trefkans en de kans op vals alarm te berekenen en te berekenen welk volume grondwater achter de limietgrens verontreinigd kan raken bij een niet 100 % betrouwbaar netwerk (zie fig. 6). Van het genoemde model (DG>Plume genaamd) is een werkversie beschikbaar. Het betreft een door GeoDelft aangekocht model dat in dit project (met 75 % financiering door GeoDelft) is uitgebreid.

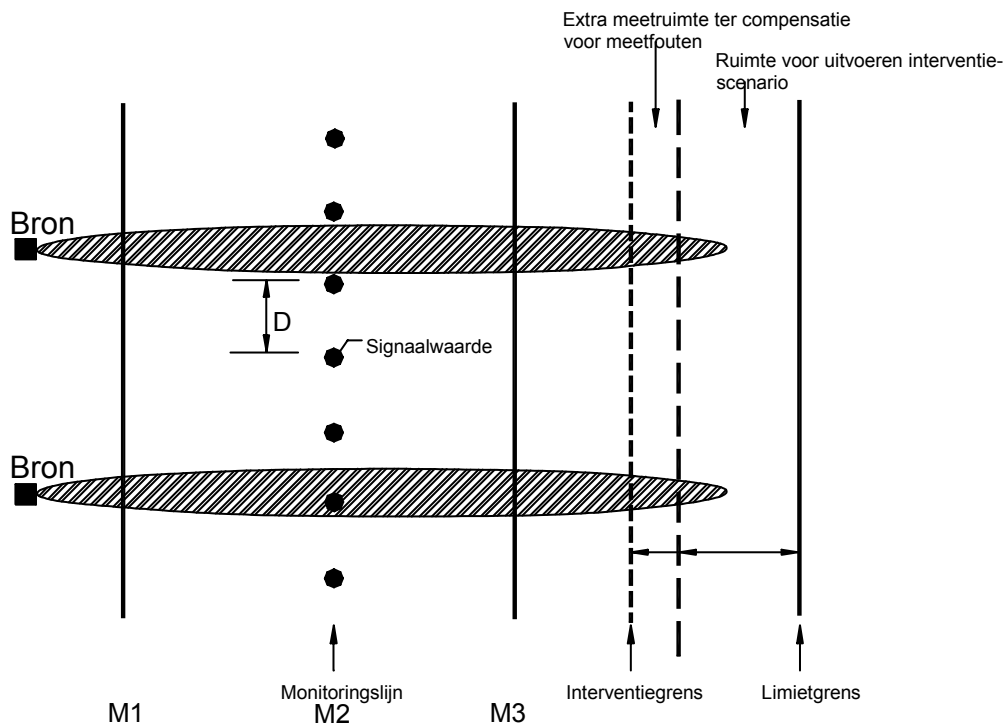


Fig. 6. Opzet van het monitoringssysteem.

In de derde stap wordt het optimale monitoringssysteem vastgesteld. Optimaal door kosten en baten met elkaar in evenwicht te brengen. Aan de kostenkant bevinden zich de monitoringskosten, aan de batenkant de schade die met het monitoringssysteem wordt voorkomen. Een optimaal monitoringssysteem heeft een zo gunstig mogelijke kosten-batenverhouding binnen randvoorwaarden (minimale betrouwbaarheid) die kunnen worden opgelegd indien bijvoorbeeld humane risico's in het geding zijn. Een optimalisatie vindt plaats door de positie van de monitoringslijn, de netwerkdichtheid en de hoogte van de signaalwaarde te variëren. Voor iedere situatie kunnen de totale kosten worden berekend, waarbij de te verwachten schade wordt vermenigvuldigd met de kans dat deze ook werkelijk optreedt (de faalkans van het netwerk). Ook is het mogelijk om met het programma vast te stellen of met brongerichte maatregelen of een beter vooronderzoek een goedkoper monitoringssysteem kan worden bereikt (lagere bronsterkte of meer zekerheid omtrent de bronsterkte en de positie van de bron).

Voor systematische fouten in de uitvoering van monitoring kan worden gecompenseerd door de signaalwaarde van het monitoringssysteem te verlagen. Zo mogelijk moet uiteindelijk worden getracht het optreden van deze fouten te voorkomen.

In de vierde tot en met de zesde stap wordt nagedacht over de noodzaak van het uitvoeren van verifiërende metingen en worden beide metingen daadwerkelijk uitgevoerd. Op *ijkmomenten*

vindt evaluatie plaats, waarbij wordt beoordeeld of controlerende monitoring in de uitgevoerde vorm nog noodzakelijk is (optimalisatie). Uiteraard wordt continu nagegaan of de signaalwaarde wordt overschreden en interventie noodzakelijk is.

De handleiding wordt besloten met enkele pragmatisch toepasbare oplossingen voor standaardgevallen.

## 6. Wetenswaardigheden over FEB

In het FEB-onderzoek zijn nuttige hulpmiddelen beschikbaar gekomen die de adviseur ten dienste staan. Enkele voorbeelden hiervan zijn in deze paragraaf beschreven.

Voor de *optimalisatie* van een monitoringsnetwerk is het programma DG>Plume ontwikkeld. Met dit programma wordt de trefkans berekend, uitgaande van invoerparameters die niet als een vast getal worden ingevoerd (in de praktijk zijn we nooit zeker van de waarde in die parameters), maar als een kansverdeling. De trefkans wordt dus niet berekend op 'worst-case' scenario's, maar op een redelijke verwachting. Uiteraard heeft dit positieve gevolgen voor de kosten. Het programma wordt gebruikersvriendelijk gemaakt en op de markt gebracht.

Omdat in een *optimaal netwerk* kosten en baten in evenwicht moeten zijn, zijn rekenbladen opgesteld waarmee snel een indicatie van de kosten van monitoring en die van de schade bij een falend monitoringssysteem kunnen worden berekend (zie '98-1-02 rekenmodel' op de cd-rom). De som van deze kosten, uitgezet tegen bijvoorbeeld de netwerkdichtheid (zie fig. 7), is de basis van een beslissing over het meest effectieve monitoringsnetwerk.

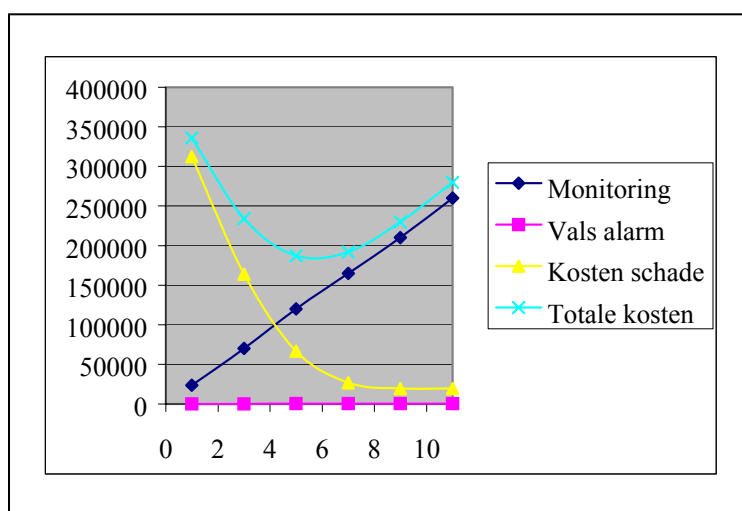


Fig. 7. Kostenoptimalisatie: de totale kosten uitgezet tegen de netwerkdichtheid.

Met vertegenwoordigers uit de *verzekeringsbranche* zijn gesprekken gevoerd over de voorwaarden waaronder zij de risico's van een saneringsaanpak met FEB zouden willen verzekeren. Er is gebleken dat zij FEB een helder concept vinden dat het mogelijk maakt om goede (dus toetsbare) afspraken te maken en dat kwantitatief inzicht wordt verschaft over de grootte van de risico's. Dit betekent dat nazorgorganisaties in hun eigen praktijk in staat zijn om risico's van een FEB-aanpak te kwantificeren en door fondsvorming tegenslagen kunnen overbruggen.

Voor het *actieve beheer van grondwaterverontreiniging* is een werkwijze voorgesteld, waarmee beschikbare budgetten over een groot aantal gevallen in een beheersgebied (een provincie, een

waterschap) zo kunnen worden verdeeld dat de inspanningen van monitoring opwegen tegen de geboden bescherming.

## **7. Kwaliteitsborging**

Toepassing van FEB kan alleen plaatsvinden onder goede kwaliteitsborging. De handleiding voor de toepassing van FEB draagt hier in belangrijke mate aan bij. Om vragen te kunnen beantwoorden over FEB is een helpdesk ingesteld die iedereen kan raadplegen. Een reviewteam is beschikbaar voor assistentie van het bevoegd gezag bij de beoordeling van plannen van derden. Beiden zijn bereikbaar via dr.ir. G.A.M. van Meurs, tel: 015-2693540, e-mail: [feb@geodelft.nl](mailto:feb@geodelft.nl)). Zowel de helpdesk als het reviewteam worden ondersteund door een klankbordgroep bestaande uit medewerkers van VROM, SKB en IPO.

## **8. Track record van FEB en het toepassingsgebied**

FEB is reeds in verschillende projecten met succes toegepast. Voorbeelden zijn het project Rids in Haarlem en de stortplaatsen Emminkhuizerberg en Put van Kraal. Tevens wordt een FEB-aanpak steeds meer in plannen uitgewerkt (b.v. terrein van Joh. Enschedé te Haarlem, Hollandsche IJssel, Schoteroog).

Het gebruik maken van de beschikbare ruimte heeft met name voordelen als de volgende situaties zich voordoen:

- er is sprake van een mobiele verontreiniging die niet op korte termijn gevoelige objecten bedreigt;
- natuurlijke afbraak is een kansrijke saneringsvariant, maar de potentie van de bodem hiervoor is nog niet aangetoond;
- door uitstel en fasering van kostbare maatregelen kan de sanering mogelijk worden gecombineerd met toekomstige herinrichtingswerkzaamheden, wat tot een kostenbesparing kan leiden;
- een voldoende betrouwbaar inzicht in het verspreidingsproces ontbreekt, zodat nog geen beslissing kan worden genomen over risico's, urgentie en monitoring.

FEB is bij voorkeur toepasbaar als er veel ruimte beschikbaar is tussen de actuele verontreiniging en kwetsbare objecten. Bij weinig ruimte zijn er wel toepassingsmogelijkheden, mits eerst noodzakelijke maatregelen worden uitgevoerd. Als snelle maatregelen gewenst zijn om een terrein geschikt te maken voor een nieuwe bestemming is een dergelijke aanpak ook minder geschikt. In de meest gevallen is het echter aanbevelenswaardig een aanpak volgens de FEB-methodiek uit te werken en deze op rationele gronden af te wegen tegen alternatieven.



## SAMENVATTING VAN DE STAPPEN

### Samenvatting van stap A: Gevalsbeschrijving

#### A.1 Informatie over de lokale situatie

- Inventariseer of de vereiste algemene informatie beschikbaar is en bepaal of aanvullende gegevens nodig zijn.

#### A.2 Bodemopbouw en geohydrologische situatie

- Stel een model op van de bodemopbouw en geohydrologie.

#### A.3 Verontreinigingssituatie

- Inventariseer of de vereiste informatie omtrent de lokale verontreinigingssituatie beschikbaar, relevant en toepasbaar is en bepaal of aanvullende gegevens vereist zijn.

#### A.4 Verspreidingsrisico's en onzekerheden

- Kwantificeer risico's, inclusief de onzekerheden daaromtrent.

#### A.5 Beoordeling van de voortzetting van de uitwerking van een FEB-aanpak

- Stel vast of het zinvol is met een verdere uitwerking van een FEB-aanpak door te gaan.

### Samenvatting van stap B: Toepassing van de FEB-aanpak

#### B.1 Vaststellen van de limietgrens en andere randvoorwaarden

- Stel de randvoorwaarden vast met betrekking tot de verspreiding van verontreinigingen. De positie van de limietgrens en de randvoorwaarden op de limietgrens dienen in dit stadium te worden vastgelegd. Het betreffen de fysieke ligging van de grenzen en kwaliteitsnorm (maximaal aanvaardbare concentratie) die op de grens wordt gesteld.

#### B.2 Uitwerken van interventiescenario's en vaststellen van de interventiegrens

- Stel een interventiescenario op, bepaal de interventietijd, bereken de grootte van de interventiezone en stel vervolgens de ligging van de interventiegrens vast. Aangezien deze uitwerking is bedoeld voor het afwegen van alternatieven in stap C, en in stap D bij het detailleren van het monitoringsmeetnet definitief wordt uitgewerkt, kan in deze stap de uitwerking globaal worden uitgevoerd.

#### B.3 Voorlopig ontwerp van het monitoringsmeetnet

- Maak een voorlopig ontwerp van een monitoringsmeetnet waarmee de beoogde bescherming van de limietgrens kan worden geboden.

### Samenvatting van stap C: Beoordeling van de toepassing van FEB

#### C.1 Vaststellen van de te beschouwen varianten

Stel vast:

- welke variant(en) ten opzichte van elkaar dienen te worden beoordeeld (dit valt buiten het bestek van deze handleiding);
- welke emissiescenario's, optredend binnen de FEB-aanpak, dienen te worden vergeleken met variant(en) waarbij geen emissies zijn toegestaan;
- hoe groot is de kans dat er een noodzaak ontstaat dat de hierop te nemen interventiescenario's dienen te worden uitgevoerd.

#### C.2 Beoordelen van de te beschouwen varianten

- Voer de feitelijke beoordeling van de te beschouwen varianten inclusief de FEB-aanpak uit.

## **Samenvatting van stap D: Ontwerp van het monitoringssysteem**

### **D.1 Vaststellen van technische uitgangspunten van het monitoringsmeetnet**

- Kies een met betrekking tot de verspreiding maatgevende stof/groep van stoffen of een fysische parameter (b.v. elektrische weerstand, CZV) die kan/kunnen worden gebruikt om metingen te verrichten, zodat een ontoelaatbare verspreiding van verontreinigingen tijdig kan worden geconstateerd en de limietgrens wordt beschermd.
- Kies het instrument (peilbuis, scanner enz.) waarmee de monitoring wordt uitgevoerd.
- Stel vast met welke frequentie de monitoring dient te worden uitgevoerd.
- Bepaal hoeveel tijd verloren kan gaan als gevolg van incidentele fouten die veroorzaken dat een overschrijding van de signaalwaarde niet direct wordt waargenomen. Deze factor wordt de factor T genoemd.
- Bepaal op basis van de factor T in welke mate de interventiezone moet worden verbreed om de gevolgen van deze incidentele fouten te compenseren.
- Bepaal de tijd die nodig is om, na de eerste constatering van een overschrijding van de signaalwaarde, deze te controleren (herbemonstering), te toetsen aan de actiewaarde en interventie maatregelen effectief te doen zijn.
- Bereken de breedte van de interventiezone.

### **D.2 Hypothese van de verspreiding**

- Stel een hypothese op van de verspreiding van de verontreinigingen en stel deze zo nodig bij (valideer) op basis van aanvullende verzamelde gegevens.
- Toets op basis van de actuele verontreinigingssituatie of de eerder opgestelde hypothese van verspreiding juist is.

### **D.3 Ontwerp en optimalisatie van het monitoringsmeetnet**

- Maak een eerste ontwerp van het monitoringsmeetnet (liefst drie meetnetten) of pas het eerder opgestelde monitoringsmeetnet aan.
- Bereken de trefkans van het monitoringssysteem.
- Bereken de potentiële schade bij een falend monitoringssysteem.
- Bereken de kosten die kunnen ontstaan als gevolg van een falend monitoringssysteem.
- Stel vast wat de kosten zijn van het monitoringssysteem.
- Sommeer de kosten voor de potentiële schade en de kosten voor monitoring (deze zijn met de voorgaande twee activiteiten bepaald).
- Beoordeel of het ontworpen monitoringssysteem voldoende betrouwbaar is. Is dit niet het geval, verhoog dan de dichtheid van het netwerk (of verplaats de monitoringslijn) en ga terug naar het begin van stap D.3.
- Als het netwerk voldoende betrouwbaar is, ga dan na of een verlaging van de betrouwbaarheid tot lagere totale kosten leidt. In de kostenafweging moet wel in beschouwing worden genomen dat een lagere betrouwbaarheid (dus lagere trefkans) de kans op interventie alsmede de omvang van deze interventie doet toenemen, wat ook geld kost. Ga hiermee terug naar het begin van stap D.3.

### **D.4 Installatie van het monitoringssysteem**

- Stel het bestek voor het aan te brengen monitoringsmeetnet op.
- Stel procedures op met betrekking tot kwaliteitscontroles aan het monitoringsmeetnet, waarin staat beschreven hoe moet worden omgegaan met afwijkingen ten opzichte van het bestek bij de installatie en leg alle gegevens van het monitoringsmeetnet vast in een 'basisdocument'.
- Leg door middel van een procedure vast hoe gemeten dient te worden. Werken conform deze procedure zal de effectiviteit en betrouwbaarheid van metingen en te verkrijgen gegevens vergroten.
- Leg door middel van een procedure vast hoe de evaluatie en interpretatie van meetgegevens dient plaats te vinden.
- Leg door middel van een procedure vast hoe, door wie en wanneer communicatie tussen de betrokken partijen plaatsvindt.

### **D.5 Uitvoering van de monitoring**

- Voer de procedure uit van meten en evalueren.
- Voer in geval van overschrijding van de signaalwaarde het controleprogramma uit.
- Informeer verantwoordelijken in geval van overschrijding van de signaalwaarde. Bij overschrijding van de actiewaarde dienen verantwoordelijken te worden geïnformeerd over de te nemen interventie maatregelen.

### **D.6 Verifiërend meten**

- Verkrijg door middel van verifiërende metingen meer informatie over stoftransportprocessen.

## A STAP A: GEVALSBESCHRIJVING

### Doelstelling

De handleiding voor stap A beschrijft het inventariseren van de algemene gegevens van een geval van bodemverontreiniging die nodig zijn voor het uitwerken van een FEB-aanpak als saneringsoplossing. De stap wordt afgesloten met een toets waarmee wordt beoordeeld of de FEB-aanpak voor het betreffende geval kansrijk is en zinvol is verder uit te werken.

### Inhoud

In stap A komt het volgende aan bod:

- Beschrijving van de gegevens die minimaal noodzakelijk zijn voor het besluiten tot het nader uitwerken van een FEB-aanpak en de uitwerking van de FEB-instrumenten (limietgrens, interventiescenario, monitoringsnetwerk) in stap B.  
Naast de gegevens die in het nader onderzoek worden verzameld, wordt aangegeven hoe kan worden omgegaan met onzekerheden in de bodemopbouw en de verspreiding van verontreinigingen.
- Een FEB-aanpak leidt niet altijd tot een meer doelmatige saneringsaanpak. Om deze reden is een eerste toets ingebouwd, waarmee de haalbaarheid en doelmatigheid van een FEB-aanpak op hoofdlijnen kan worden bepaald.

In het stappenplan (zie fig. 8) is een overzicht weergegeven van de activiteiten die vallen onder stap A.

### Achtergrond en toelichting

In figuur 8 is de positie van stap A in het FEB-stappenplan aangegeven.

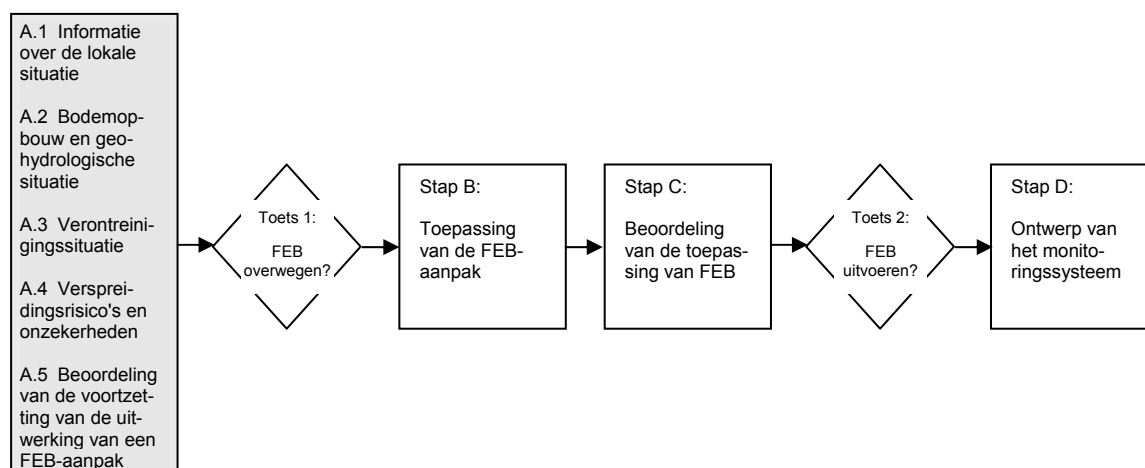


Fig. 8. FEB-stappenplan en opzet van stap A.

### Beschrijving van activiteiten van stap A

#### A.1 Informatie over de lokale situatie

Voordat FEB kan worden gebruikt, dient bepaalde algemene informatie van het geval en zijn omgeving beschikbaar te zijn. Het gaat hierbij om informatie omtrent de activiteiten op het terrein, juridische gegevens, het gebruik van de omgeving en de aanwezigheid van kwetsbare objecten: de waarde van de directe omgeving.

## Beschrijving van activiteiten van stap A.1

### A.1 INFORMATIE OVER DE LOKALE SITUATIE

#### Wat

Inventariseer of de vereiste algemene informatie beschikbaar is en bepaal of aanvullende gegevens nodig zijn.

#### Hoe

Verzamel informatie over het huidige en toekomstig gebruik van het terrein en de eigendomsverhoudingen in het terrein, alsmede de directe omgeving. Bepaal aan de hand van de bodemopbouw en geohydrologische situatie de mogelijke verspreiding en kijk of de bodem als 'reactorvat' geschikt is voor (natuurlijke) afbraak. Het nader onderzoek bevat het merendeel van de vereiste informatie. Vul ontbrekende informatie aan in overleg met de opdrachtgever.

#### Toelichting

Zie tabel 3.

Tabel 3. Informatie over de lokale situatie.

Aard van de gegevens	Vereiste algemene gegevens	Voorbeelden van te raadplegen bronnen
Terreingebruik	<ul style="list-style-type: none"><li>• huidig gebruik (met name activiteiten die kunnen leiden tot blootstelling aan verontreinigende stoffen) van het terrein en de omgeving</li><li>• toekomstig terreingebruik</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• terreineigenaar/gebruiker</li><li>• vergunning</li><li>• kadaster</li></ul>
Omgeving	<ul style="list-style-type: none"><li>• bedreigde objecten in de directe omgeving</li><li>• het gebruik van de omgeving</li><li>• de waarde van de bodem in de omgeving van de locatie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• bestemmingsplan</li><li>• grondwaterkwaliteitsbeheerder</li><li>• provinciaal grondwaterkwaliteitsplan (invulling van actief grondwaterbeheer)</li></ul>
Eigendomsverhoudingen	<ul style="list-style-type: none"><li>• in het verontreinigde gebied</li><li>• in de directe (bedreigde) omgeving</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• kadaster</li></ul>
Bodemmilieu	<ul style="list-style-type: none"><li>• indicatie van de geschiktheid van het bodemmilieu voor afbraak</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• gegevens uit NO of aanvullende verzamelde gegevens</li></ul>

#### Doorverwijzing/referenties

Andere bronnen:

- NOBIS (97-1-02 en 97-1-21): Ontwikkeling van een beslismodel ten behoeve van de afweging van natuurlijke afbraak als saneringsvariant;
- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 1 (het Rids-terrein);
- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 2 (Emminkhuizerberg).

### A.2 Bodemopbouw en geohydrologische situatie

Bodemopbouw en geohydrologische situatie zijn bij de toepassing van FEB van belang bij het beoordelen van het verspreidingsproces.

De aard en de vereiste diepgang van de gegevens betreffende bodemopbouw en geohydrologische situatie zijn afhankelijk van de vraagstelling.

In FEB wordt een gefaseerde aanpak van onderzoek voorgestaan waarbij pas wordt besloten tot meer bodemonderzoek indien met de beschikbare gegevens onvoldoende nauwkeurige antwoorden kunnen worden gegeven op de gestelde vragen. Het uitvoeren van bodemonderzoek en het uitvoeren van analyses met de resultaten van dit onderzoek is een cyclisch proces, waarbij de kans op falen van het 'ontwerp' de noodzaak tot aanvullend bodemonderzoek bepaald. Op verschillende momenten in de uitwerking en de toepassing van FEB kan worden teruggegrepen op aanvullend bodemonderzoek. Deze momenten worden in de handleiding weergegeven.

## Beschrijving van activiteiten van stap A.2

### A.2 BODEMOPBOUW EN GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE

#### Wat

Stel een model op van de bodemopbouw en geohydrologie.

#### Hoe

Maak op basis van alle beschikbare gegevens van de bodemopbouw een model van de bodemopbouw en geohydrologie. In sommige gevallen kan worden volstaan met de informatie of het model uit het nader onderzoek.

Beoordeel of als gevolg van heterogeniteiten in de ondergrond er aanleiding is de betrouwbaarheid van het model nader te beschouwen. Gebruik in complexe situaties de techniek van probabilistisch ontwerpen om de onzekerheden in de bodemopbouw als volgt hanteerbaar te maken:

1. Voer de schematisering van het complexe systeem, dat de bodem in de meeste gevallen vormt, niet te ver door. Sta stil bij de hoofdkenmerken: bijvoorbeeld doorlatendheden, laagdikten, laagovergangen en het al dan niet aanwezig zijn van insnijdingen.
2. Stem de mate van detaillering binnen de ondergrondmodellen af met de doelstelling verbonden aan de modelberekeningen naar het gedrag en transport van de verontreiniging.
3. Als er meerdere onzekerheden aanwezig zijn, en het aantal harde gegevens (meetresultaten) is beperkt of er is onvoldoende zachte informatie (subjectieve interpretatie meetresultaten) beschikbaar om de onzekerheid weg te nemen, breng dan prioritering aan in de onzekerheden. Deze onzekerheden kunnen dan worden meegenomen bij de verspreidingsberekeningen door te werken met een 'best-case', 'best-guess' en een 'worst-case' variant.
4. Indien harde informatie nog verzameld gaat worden, stel dan eerst een conceptueel model samen van de ondergrond op basis van de beschikbare zachte informatie. De uit te voeren metingen dienen dan om de belangrijkste onzekerheden weg te nemen.

#### Toelichting

Van de ondergrond kan geen foto worden genomen die een exacte weergave is van de werkelijkheid. We moeten het doen met een interpretatie van de werkelijkheid. Dit beeld wordt ook wel het ondergrondmodel genoemd. De betrouwbaarheid van berekeningen, die met het model gedaan dienen te worden, bepalen de vereiste nauwkeurigheid waarmee lokale omstandigheden en processen beschreven moeten worden.

Met het model worden berekeningen uitgevoerd. De resultaten van de berekeningen kunnen worden getoetst door deze te vergelijken met meetresultaten van reeds opgetreden verspreiding. De betrouwbaarheid van de uitkomsten van de berekeningen is afhankelijk van de betrouwbaarheid van de aannamen waarop de berekeningen zijn gebaseerd die samenhangen met de kwantiteit en de kwaliteit van de informatie.

#### Doorverwijzing/referenties

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap A.2:*

- Kader: Toelichting op de totstandkoming van bodemmodellen.

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Bijlage 6: Omgaan met bodemheterogeniteit;
- Appendix 5: Geologie, ondergrondmodellen en verspreidingsberekeningen (case A).

*Andere bronnen:*

- Bijlage 4 van deelrapport I (probabilistisch ontwerpen);
- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 1 (het Rids-terrein);
- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 2 (Emminkhuizerberg).

#### Toelichting op de totstandkoming van bodemmodellen

Het model van de ondergrond bestaat uit de verschillende bodemlagen met de respectievelijke laagdikten en de verdeling van eigenschappen binnen de bodemlagen. Het model komt tot stand door gebruik te maken van harde informatie (boringen en sonderingen) en zachte informatie (b.v. de interpretatie van meetgegevens en de ontstaansgeschiedenis van de betreffende laag). De inbreng van zachte informatie bij de constructie van het ondergrondmodel is een subjectief proces. Van het begin af aan worden meerdere ondergrondmodellen geselecteerd. Aan ieder ondergrondmodel wordt een waarschijnlijkheid toegekend. Sommige modellen worden waarschijnlijker geacht dan andere modellen op grond van geologisch inzicht/kennis van en ervaring met het gebied. Theoretisch kunnen er oneindig veel ondergrondmodellen worden geselecteerd.

Het toevoegen van een extra ondergrondmodel is immers interessant als:

- het overeenstemt met de harde gegevens en past binnen de 'zachte' informatie;
- het gedrag en transport van verontreinigingen in dit model significant af kunnen wijken van het gedrag en transport binnen de andere geselecteerde ondergrondmodellen.

Het aantal geselecteerde ondergrondmodellen wordt hierdoor beperkt gehouden. De som van de waarschijnlijkheden van de verschillende ondergrondmodellen wordt gelijkgesteld aan 100 %. Door het meenemen van meerdere ondergrondmodellen wordt ruimte gegeven aan het onderkennen van de invloed van onzekerheid op het gedrag en de verspreiding van verontreinigingen.

### A.3 Verontreinigingssituatie

Voordat FEB kan worden toegepast, dient bepaalde informatie betreffende de verontreinigingssituatie beschikbaar te zijn. Het gaat hierbij onder andere om informatie omtrent de situering van de verontreinigingsbron, de omvang van het verontreinigde gebied en de daarin aanwezige stoffen en hun afbraakproducten.

#### Beschrijving van activiteiten van stap A.3

#### A.3 VERONTREINIGINGSSITUATIE

##### Wat

Inventariseer of de vereiste informatie omtrent de lokale verontreinigingssituatie beschikbaar, relevant en toepasbaar is en bepaal of aanvullende gegevens vereist zijn.

##### Hoe

Bepaal de ligging van de (verontreinigings)bronnen in het brongebied en beschrijf de omvang van het verontreinigde gebied aan de hand van S- en I-contouren. Inventariseer welke verontreinigende stoffen in het gebied aanwezig zijn en kijk welke afbraakproducten gevormd (kunnen) zijn. Het nader onderzoek bevat het merendeel van de vereiste informatie. Vul ontbrekende informatie aan in overleg met de opdrachtgever.

##### Toelichting

Zie tabel 4 voor een nadere toelichting.

Tabel 4. Informatie over de verontreinigingssituatie.

Aard van de gegevens	Minimaal vereiste gegevens over de verontreinigingssituatie
<u>Brongebied</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ligging van de bronnen</li><li>• naleverkarakteristiek</li></ul>
Verontreinigd gebied	<ul style="list-style-type: none"><li>• contour van de interventie- en streefwaarde</li></ul>
Aard van de stoffen	<ul style="list-style-type: none"><li>• type primaire stoffen</li><li>• afbraakproducten</li></ul>

##### Doorverwijzing/referenties

-

### A.4 Verspreidingsrisico's en onzekerheden

Voordat afspraken over de invulling van de FEB-aanpak (zie stap B) kunnen worden gemaakt, moet de verwachte optredende verspreiding van stoffen (verspreidingsprocessen) worden beoordeeld. Hiervoor zijn gegevens nodig omtrent:

- de mate waarin de verontreiniging in omvang toeneemt (en schoon grondwater verontreinigd raakt);
- de mate waarin en het tijdstip waarop gevoelige objecten (of andere aspecten die de limietgrens bepalen) in de omgeving door verspreiding worden bedreigd.

Uiteindelijk zal moeten worden beoordeeld in hoeverre binnen de beleidsmatige randvoorwaarden een stabiele eindsituatie zal ontstaan. Randvoorwaarden zijn:

- er ontstaat een stabiele eindsituatie;
- tijdens de zorgperiode veroorzaakt de restverontreiniging geen risico's voor de omgeving;
- het bodemgebruik hindert een sanering niet.

Centraal daarbij staat het omgaan met onzekerheden in de inzichten van het verspreidingsproces.

Voorkomen moet worden dat:

- onzekerheden in de uitkomsten van de verspreidingsberekeningen leiden tot onnodige of overgedimensioneerde maatregelen (omdat veiligheidshalve van een 'worst-case' risico wordt uitgegaan);
- onnodig bodemonderzoek wordt uitgevoerd.

#### **Beschrijving van activiteiten van stap A.4**

---

#### **A.4 VERSPREIDINGSRISICO'S EN ONZEKERHEDEN**

---

##### **Wat**

Kwantificeer risico's, inclusief de onzekerheden daaromtrent.

##### **Hoe**

1. Verkrijg inzicht in de onzekerheden in de uitkomsten van de verspreidingsberekeningen door het uitvoeren van bijvoorbeeld een gevoeligheidsanalyse. Bij de toepassing van FEB kunnen verspreidingsberekeningen worden uitgevoerd voor die ondergrondmodellen welke (redelijkerwijs) de werkelijke situatie zouden kunnen representeren en tot wezenlijk andere verspreidingsscenario's leiden. Hierdoor ontstaat inzicht in de onzekerheid in verspreidingsprognoses als gevolg van onzekerheid in de kennis van de ondergrond.
2. Stel vast of deze onzekerheden tot een onaanvaardbaar risico leiden. Dit is het geval als de kans op een van het meest waarschijnlijke model afwijkende bodemopbouw toch reëel aanwezig is en van de mate waarin de daarbij behorende verspreidingsprognoses afwijken van die in het meest waarschijnlijke model.
3. Stel vast of het zinvol is om de onzekerheid terug te dringen door kennisleemten te dichten, bijvoorbeeld met bodemonderzoek.

##### **Toelichting**

Voor de beoordeling van optredende verspreiding staan een groot aantal berekeningsmethoden en berekeningsmodellen ter beschikking waarop in deze handleiding niet verder wordt ingegaan.

##### **Doorverwijzing/referenties**

*Andere bronnen:*

- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 1 (het Rids-terrein);
  - FEB, deelrapport III: beschrijving geval 2 (Emminkhuizerberg).
- 

#### **A.5 Beoordeling van de voortzetting van de uitwerking van een FEB-aanpak**

Op basis van de tot A.4 verzamelde gegevens kan een eerste beslissing worden genomen of een FEB-aanpak kansrijk is en dus zinvol is om verder uit te werken.

#### **Beschrijving van activiteiten van stap A.5**

---

#### **A.5 BEOORDELING VAN DE VOORTZETTING VAN DE UITWERKING VAN EEN FEB-AANPAK**

---

##### **Wat**

Stel vast of het zinvol is met een verdere uitwerking van een FEB-aanpak door te gaan.

##### **Hoe**

1. Stel vast of het voorkómen van verdere verspreiding met bevredigende saneringsvarianten kan worden bereikt.
2. Beoordeel of er redenen zijn om emissies (gecontroleerd) toe te staan.
3. Beoordeel of gecontroleerde emissies aanvaardbaar zijn (met andere woorden: worden gevoelige objecten binnen de gewenste tijdspanne bedreigd).

##### **Toelichting**

Indien emissiebeheersing een onderdeel vormt van een gefaseerde saneringsaanpak dient te worden aangegeven voor welke periode de instrumenten van emissiebeheersing worden ontworpen. Tevens moet worden aangegeven welke sanerings- en/of beheersmaatregelen in een volgende fase worden overwogen en wanneer er op basis daarvan een besluit wordt genomen.

In de uitvoering van emissiebeheersing kan in de volgende twee situaties worden besloten om de saneringsaanpak te heroverwegen en de uitvoering van een volgende fase te versnellen:

1. De limietgrens wordt nog niet onaanvaardbaar bedreigd, maar uit de metingen blijkt dat de optredende verspreiding groter is dan verwacht. Een heroverweging is zinvol om te voorkomen dat de kosten van een betere aanpak te snel toenemen.
2. De limietgrens wordt onaanvaardbaar belast en tijdelijke interventiemaatregelen zijn in de ontstane situatie niet effectief. Er valt te overwegen direct voor een andere aanpak te kiezen.

### Doorverwijzing/referenties

Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap A.5:

- Kader: Voorbeeldsituaties waarin het toestaan van gecontroleerde emissies mogelijk een bevredigende oplossing oplevert.

Andere bronnen:

- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 1 (het Rids-terrein);
- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 2 (Emminkhuizerberg).

Voorbeeldsituaties waarin het toestaan van gecontroleerde emissies mogelijk een bevredigende oplossing oplevert

Op de aanpak van verontreinigde bodems kan geld worden bespaard zonder dat dit ten koste gaat van risico's. In flexibele emissiebeheersing worden emissies toegestaan mits deze controlebaar en beheersbaar zijn en niet van tevoren vastgestelde normen overschrijden.

Tijdelijke emissies kunnen bijvoorbeeld toelaatbaar zijn in situaties waarin een definitief besluit over een aanpak om uiteenlopende redenen nog niet kan worden gemaakt. In een dergelijk geval is sprake van een gefaseerde aanpak, waarbij op diverse van tevoren vast te leggen momenten een heroverweging van de besluitvorming plaatsvindt. Een model voor een gefaseerde besluitvorming dient voortijdig te worden opgesteld.

Tabel 5 geeft als voorbeeld enkele denkbare situaties aan waar het gecontroleerd toestaan van emissies (toepassen FEB) mogelijk een bevredigende saneringsoplossing oplevert. Naast de reden waarom de FEB-aanpak voor de verschillende situaties kan worden ingezet, is aangegeven welke aanvullende maatregelen nodig zijn op de monitoring van de verspreiding.

Tabel 5. Voorbeelden van denkbare situaties waar het gecontroleerd toestaan van emissies mogelijk een bevredigende saneringsoplossing oplevert.

Situatie	Reden voor toepassing van de FEB-aanpak	Maatregelen (naast controle van verspreiding)
<b>Tijdelijke emissies toestaan:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• grote onzekerheid of de mate van verspreiding zoals berekend wel optreedt</li><li>• in de toekomst een combinatie van sanering en herontwikkeling mogelijk</li><li>• potentieel geschikt geachte technieken zijn nog niet operationeel</li><li>• noodzaak tot vervangen van delen van een sanerings-/beheerssysteem is niet zeker</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• fysieke maatregelen zijn mogelijk niet noodzakelijk</li><li>• door integratie kan op totale kosten (saneren + bouwen) worden bespaard</li><li>• toepassing van goedkopere technieken</li><li>• niet vervangen van fysieke maatregelen bespaart geld</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• verificatie berekeningsresultaat met optredende verspreiding/vergroten inzicht in bodemsysteem</li><li>• fasering</li><li>• afwachten van en/of bijdragen aan techniekontwikkeling</li><li>• het functioneren van bestaande voorzieningen volgen</li></ul>
<b>Gedeeltelijke emissies toestaan:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• na aanvankelijke uitbreiding zal een stabiele situatie ontstaan waarin geen onaanvaardbare risico's optreden</li><li>• emissies vinden plaats in een pakket dat geen bescherming behoeft</li><li>• maatregelen in het (toekomstige) pad of op het object (extra zuivering van opgepompt water) zijn kosteneffectief</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• fysieke maatregelen zijn niet noodzakelijk</li><li>• fysieke maatregelen zijn niet noodzakelijk</li><li>• fysieke maatregelen kunnen worden uitgesteld en kosten ervan nemen niet toe</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• geen</li><li>• geen</li><li>• curatieve maatregelen in pad of bij object</li></ul>



## B STAP B: TOEPASSING VAN DE FEB-AANPAK

### Doelstelling

De doelstelling van stap B is de FEB-aanpak op het niveau van saneringsonderzoek uit te werken, zodat in stap C een beargumenteerde keuze kan worden gemaakt voor de toepassing van de FEB-aanpak dan wel een aanpak waarbij geen emissies zijn toegestaan.

### Inhoud

Emissies worden geaccepteerd onder de voorwaarde dat deze beheersbaar zijn.

Een situatie is beheersbaar indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Er zijn toetsbare afspraken gemaakt over de mate waarin optredende verspreiding acceptabel is (vaststellen van limietgrenzen).
- Indien de optredende verspreiding onaanvaardbaar dreigt te worden, moet met 'maatregelen achter de hand' (interventiescenario) een onaanvaardbare situatie alsnog kunnen worden voorkomen (vaststellen van interventiescenario).
- Het verspreidingsproces kan op betrouwbare wijze worden gevolgd, terwijl tijdig een signaal kan worden verkregen dat onaanvaardbare gevolgen dreigen (ontwerpen van monitoringsmeetnet). Met het bevoegd gezag zijn 'ijkmomenten' afgesproken.

De limietgrens, het interventiescenario en het monitoringsmeetnet worden als de 'instrumenten' voor emissiebeheersing beschouwd. In stap B worden deze instrumenten uitgewerkt.

### Achtergrond en toelichting

In figuur 9 is de positie van stap B in het FEB-stappenplan aangegeven.

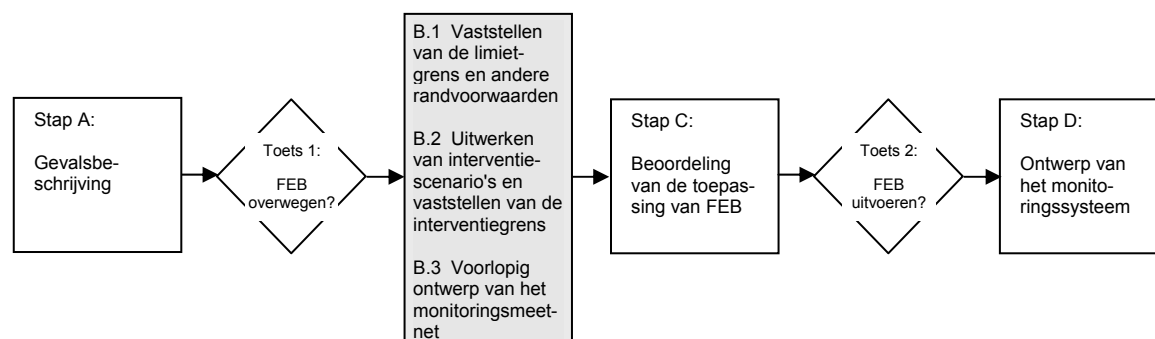


Fig. 9. FEB-stappenplan en opzet van stap B.

## Beschrijving van activiteiten van stap B

### B.1 Vaststellen van de limietgrens en andere randvoorwaarden

#### Beschrijving van activiteiten van stap B.1

---

##### B.1.1 VASTSTELLEN VAN RANDVOORWAARDEN AAN DE TOEPASSING VAN FEB

---

###### **Wat**

Stel de randvoorwaarden vast met betrekking tot de verspreiding van verontreinigingen. De volgende randvoorwaarden zijn onderscheiden:

- *Beleidsmatige randvoorwaarden:*
  - Humane risico's: Stel vast of er in verband met de verontreinigingssituatie, het (beoogde) bodemgebruik, de mogelijke blootstellingsroutes en optredende verspreidingsprocessen randvoorwaarden aan de verspreiding moeten worden gesteld om (toekomstige) humane risico's in de zorgperiode te voorkomen (*risicoreductie*).
  - Verspreiding: Stel vast hoe de verontreinigingssituatie zich moet ontwikkelen, zodat op ijkmomenten kan worden vastgesteld dat binnen 30 jaar een stabiele eindsituatie zal zijn ontstaan.
- *Juridische randvoorwaarden:*
  - Stel vast welke randvoorwaarden vanuit publiekrecht en privaatrecht zijn geformuleerd en maak hierover in onderling overleg afspraken.
  - Leg tevens vast welke vergunningen en voorschriften relevant kunnen zijn bij de toepassing van FEB.

###### **Hoe**

- *Beleidsmatige randvoorwaarden:*
  - Humane risico's: Stel vast in welke mate (in een 'worst-case') de I-contour zich verplaatst en of het optreden van humane blootstellingsrisico's in die extreme situatie niet kan worden uitgesloten gezien het actuele terreingebruik. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het kader 'Vaststelling van humane risico's'.  
Beoordeel met behulp van bijvoorbeeld het kader 'Randvoorwaarden aan de verspreiding' in welke mate nog niet beïnvloed schoon grondwater door verspreiding verontreinigd mag worden:
    - toets of zich binnen het gebied dat verontreinigd kan raken gevoelige objecten bevinden en stel vast of de voor dit object geldende normen in een 'worst-case' kunnen worden overschreden;
    - stel vast welke milieuverdienste met de toepassing van FEB kan worden behaald ten opzichte van varianten met nulmissie als doel en stel vast bij welke verspreidingssnelheid het nadeel van de volumetoename door het aanvaarden van emissies niet meer opweegt tegen de voordelen van het toestaan van emissies;
    - stel in overleg met het bevoegd gezag het vereiste beschermingsniveau vast. Denk hierbij aan Wvo- en Wbb-vergunningen en voorschriften van de arbeidsinspectie.
  - Verspreiding: Om te kunnen beoordelen of een stabiele eindsituatie ontstaat, zijn veelal modelstudies noodzakelijk.
- *Juridische randvoorwaarden:*
  - Stel vast in hoeverre de initiatiefnemer bereid is met andere rechtspartijen juridische afspraken te maken over het toestaan van verontreinigingen in het gebied waarin deze partij rechten heeft of aanspraken op kan maken. Aspecten als 'publieke opinie' of het proces volledig onder eigen controle te hebben kunnen hierbij een rol spelen.
  - Maak afspraken met de betrokken rechtspartijen over:
    - de aard en omvang van de toegestane verspreiding;
    - de interventiemaatregelen;
    - het mogen betreden van de percelen van derden om bijvoorbeeld interventiemaatregelen te kunnen treffen of de bodem te kunnen onderzoeken/monitoren;
    - communicatie (b.v. over de wijze waarop besluiten worden genomen op basis van de resultaten van de monitoring, beslissingen op grond van de monitoringsgegevens en eventuele interventiescenario's).

###### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap B.1.1:*

- Kader: Randvoorwaarden aan de verspreiding;
- Kader: Vaststelling van humane risico's.

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Bijlage 10: Evaluatie: Het volgen van contouren.

*Andere bronnen:*

- Provinciaal beleid met betrekking tot actief grondwaterbeheer;
  - Beleidsstukken met betrekking tot grondwaterkwaliteitsnormen.
-

### Randvoorwaarden aan de verspreiding

Met monitoring wordt gecontroleerd of kwetsbare objecten in de zorgperiode worden bedreigd. Bovendien moet worden voorkomen dat na 30 jaar een onaanvaardbare restverontreiniging achterblijft. Er zijn situaties denkbaar waarin het verstandig is de saneringsaanpak tijdig te herzien en te kiezen voor meer actieve maatregelen mede om te voorkomen dat die actieve maatregelen steeds duurder worden door de steeds omvangrijkere verontreiniging (zie tabel 6).

Tabel 6. Situaties waarin door onverwacht grote verspreiding de kosten van een variant, waarbij geen emissies zijn toegestaan, onevenredig gaan toenemen.

Variant zonder emissies	Oorzaken van onevenredig toenemende sanerings-/beheerskosten (met name debieten en zuiveringskosten)
Grondwater-sanering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• meer kostbare putten vereist</li> <li>• een dieper gelegen watervoerend pakket raakt verontreinigd</li> <li>• een langere grondwatersanering</li> </ul>
Geohydrologische isolatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• meer kostbare putten vereist</li> <li>• een dieper gelegen watervoerend pakket raakt verontreinigd</li> <li>• een groter te beheersen gebied</li> </ul>
Civieltechnische isolatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• er moet een damwand onder een gebouw worden aangelegd, omdat de verontreiniging zich tot hieronder heeft verspreid</li> <li>• een dieper gelegen watervoerend pakket raakt verontreinigd</li> <li>• de omvang van het te isoleren gebied is toegenomen</li> </ul>

### Vaststelling van humane risico's

Het opheffen/voorkomen van actuele humane risico's is essentieel, ook wanneer emissies worden toegelaten. De besluitvorming omtrent het al dan niet stellen van eisen met betrekking tot beperking van blootstellingsrisico's is in figuur 10 weergegeven. Indien humane risico's niet kunnen worden uitgesloten, bepaalt het MTR de maximale toelaatbare concentratie op het gevoelige en te beschermen object in de zorgperiode.

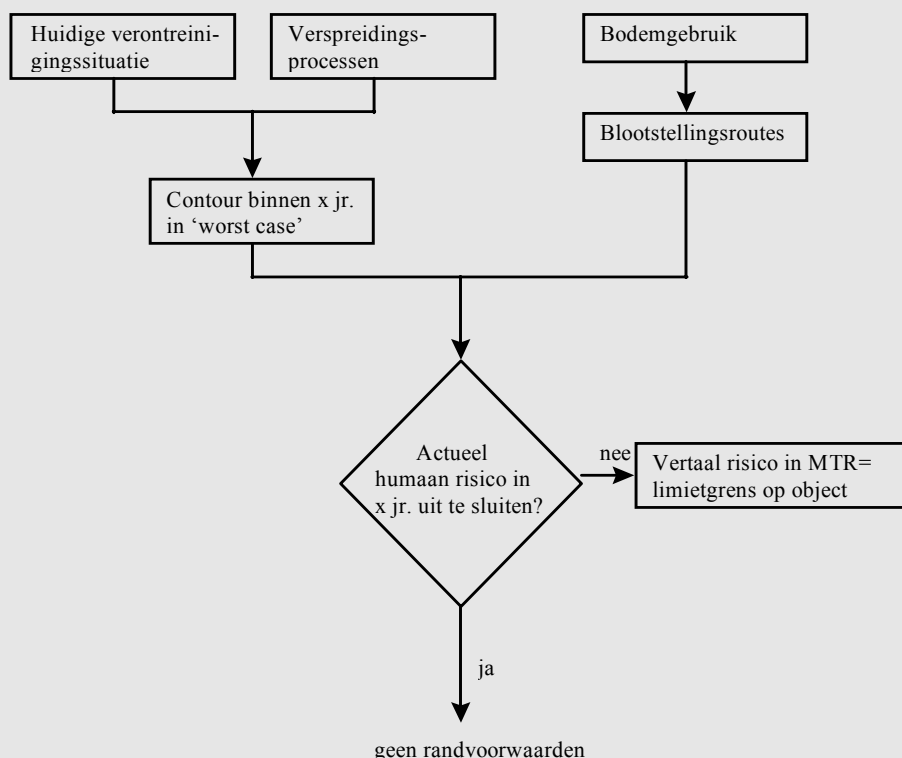


Fig. 10. Afspraken over randvoorwaarden FEB: actuele humane risico's.

---

## B.1.2 VASTSTELLEN VAN DE POSITIE EN RANDVOORWAARDEN OP DE LIMIETGRENS

---

### Wat

De positie van de limietgrens en de randvoorwaarden op de limietgrens dienen in dit stadium te worden vastgelegd. Het betreffen de fysieke ligging van de grenzen en kwaliteitsnorm (maximaal aanvaardbare concentratie) die op de grens wordt gesteld.

### Hoe

Vertaal de in B.1.1 opgestelde randvoorwaarden naar:

- *Positie van de limietgrens*: Leg (in overleg met het bevoegd gezag, gebruikers enz.) vast wat de positie is van de limietgrens. Limietgrenzen liggen over het algemeen buiten de bron en kunnen bestaan uit horizontale, verticale en/of hellende vlakken. De positie van de limietgrens wordt bepaald door de te beschermen kwetsbare objecten:

- terreingrenzen;
- gebruiksfunctie (humaan/ecologisch);
- terreininrichting (kruipruimten).

Daarnaast is het mogelijk de limietgrens te definiëren als een maximale verplaatsing (m/jr) van de contour I-waarde.

Dit is vooral zinvol om te kunnen beoordelen of de stabiele eindsituatie wel ontstaat binnen de stabiele randvoorwaarden.

- *Randvoorwaarden op de limietgrens*: Formuleer de randvoorwaarden die zijn verbonden aan de limietgrenzen. De criteria op de limietgrens hebben verschillende achtergronden. Enkele voorbeelden zijn:

- geen overschrijding van MTR (geen humane risico's);
- gebruiksgesichte normen (b.v. drinkwaterkwaliteit);
- ecotoxicologische eisen;
- norm aan de emissieflux;
- maximaal toegestane verplaatsing van een contour per tijdseenheid.

Bij het vaststellen van de normen op de limietgrens moet rekening worden gehouden met:

- detectielimieten;
- achtergrondgehalten;
- bandbreedten in de analyseresultaten (zie ook stap D).

### Toelichting

In B.1.1 zijn randvoorwaarden opgesteld. Deze zijn niet specifiek gebonden aan een geografisch gebonden grens. In B.1.2 worden deze randvoorwaarden vertaald naar een dergelijke grens, waarbij er tevens een norm aan wordt gekoppeld met betrekking tot de maximale concentratie die is toegestaan op de grens.

### Doorverwijzing/referenties

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap B.1.2:*

- Kader: Vereist beschermingsniveau;
- Kader: Databanken voor achtergrondwaarden;
- Kader: Positie van limietgrenzen;
- Kader: Vertaling van randvoorwaarden op limietgrenzen.

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Bijlage 10: Evaluatie: Het volgen van contouren.

*Andere bronnen:*

- Nederlandse Richtlijn, Monitoring Bodemkwaliteit bedrijfsmatige activiteiten, Hoofdstuk 2: Afbakening toepassingsgebied, 1998;
  - FEB, deelrapport III: beschrijving geval 1 (het Rids-terrein);
  - FEB, deelrapport III: beschrijving geval 2 (Emminkhuizerberg).
-

### Vereist beschermingsniveau

Het vereiste beschermingsniveau van een monitoringssysteem is de keuze die voorafgaand aan het ontwerp van het systeem kan worden gemaakt. De kosten van een monitoringssysteem zijn afhankelijk van de betrouwbaarheid van het systeem. Bij de keuze met betrekking tot de vereiste betrouwbaarheid van een monitoringssysteem kunnen de volgende twee (mogelijk gelijktijdig voorkomende) situaties worden onderscheiden:

- *Humane blootstelling*: Om te voorkomen dat er humane blootstelling zou kunnen optreden als gevolg van de verspreiding van verontreinigingen wordt in dergelijke gevallen uitgegaan van een maximale betrouwbaarheid. Ongeacht het gekozen type van monitoring wordt een betrouwbaarheid van 100 % in de praktijk niet mogelijk geacht door het voorkomen van heterogeniteiten in de bodem.
- *Geen humane blootstelling*: In gevallen dat er geen humane blootstelling in het geding is, kan worden overwogen geen directe maatregelen te treffen, maar een kostenoptimalisatie te zoeken in de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem en mogelijk optredende economische schade in geval van falen van het systeem. Hierbij worden de monitoringskosten afgezet tegen:
  - de waarde van het grondwater (afspraken met het bevoegd gezag);
  - saneringskosten van de niet-toegestane verspreiding van verontreinigingen in het grondwater.

### Databanken voor achtergrondwaarden

Tabel 7. Databanken voor achtergrondwaarden.

Bron	Reikwijdte/buikbaarheid
Bodemkwaliteitskaarten	Kwaliteit grond, per gemeente, nog niet voor alle gemeenten opgesteld, in 2005 landelijk dekkend
Grondwaterkaarten van Nederland	Zoutgehalte diepere grondwater
Regionale grondwaterkwaliteitsmeetnetten	Beheerd door verschillende instanties
Provinciale notities	Per provincie uitgegeven, bijvoorbeeld de notitie 'Kentallen chemische kwaliteit bodem en freatisch grondwater' (Provincie Zuid-Holland, maart 1993)
Gebiedsgerichte meetnetten	Toepasbaar voor afgebakende gebieden als een industriegebied. De gegevens zijn vaak beperkt toegankelijk doordat deze worden beheerd door de (particuliere) initiatiefnemers

### Positie van limietgrenzen

In figuur 11 zijn met onderbroken lijnen verschillende posities van limietgrenzen aangegeven.

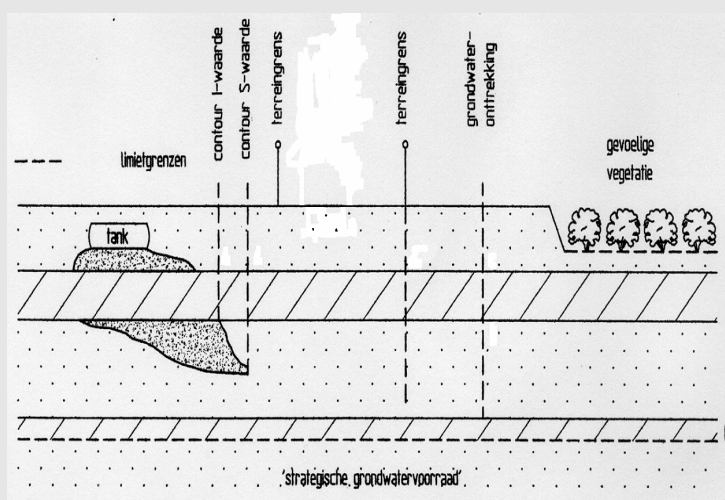


Fig. 11. Positie van limietgrenzen.

Er zijn situaties denkbaar dat de limietgrens komt te liggen in een gebied waar de bodemkwaliteit al is beïnvloed door de bodemverontreiniging, maar waarin de randvoorwaarden op de limietgrens (nog) niet worden overschreden. In het kader 'Technische mogelijkheden tot interventie' (zie stap B.2) wordt voor verschillende typen limietgrenzen ingegaan op de technische mogelijkheden die denkbaar zijn om de interventie in te vullen.

## Vertaling van randvoorwaarden op limietgrenzen

Tabel 8. Randvoorwaarden op limietgrenzen.

Uitgangspunten	Ligging op de limietgrens	Aard van criterium op limietgrens
<b>Gebruiksrendement (*1)/publiekrechtelijk:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geen risico voor humane blootstelling</li> <li>• aan gebruiksgerichte eisen blijven voldoen</li> <li>• geen risico voor blootstelling aan het ecosysteem</li> <li>• algemene functie van het grondwater in stand houden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• een horizontaal vlak aan het maaiveld bij plaatsen waar blootstelling kan optreden</li> <li>• de grens van een grondwaterbeschermingsgebied</li> <li>• een horizontaal vlak ter plaatse van gevoelige natuur</li> <li>• de huidige contour van de interventiewaarde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geen overschrijding van MTR (concentratie)</li> <li>• gebruiksgerichte eisen (concentratie)</li> <li>• ecotoxicologische eisen (concentratie)</li> <li>• flux</li> </ul>
<b>Milieurendement (*2)/publiekrechtelijk:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• streven naar een oplossing met een optimale milieuprobengst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gevalsspecifiek te definiëren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toelaatbare flux afhankelijk van verwachte milieuwinst FEB</li> </ul>
<b>Juridische aspecten/privaatrechtelijk:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geen verdere beïnvloeding van de bodemkwaliteit bij bureu</li> <li>• geen overschrijding van de I-waarde op nieuwe terreinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• terreingrens</li> <li>• terreingrens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geen toename van concentraties</li> <li>• contour van de interventiewaarde</li> </ul>
<p>*1 Onder gebruiksrendement wordt verstaan de opbrengst in termen van extra gebruiksmogelijkheden van een maatregel. Het huidige en het voorgenomen gebruik staan daarbij voorop. Een maatregel met een gunstige verhouding tussen extra te realiseren gebruiksmogelijkheden en extra kosten heeft een hoog gebruiksrendement.</p> <p>*2 Onder milieurendement wordt de opbrengst voor het milieu verstaan. De in de 'RMK-systematiek' gehanteerde definitie voor 'environmental merit' luidt: het resultaat van een integrale afweging van milieugevolgen van een maatregel én de nieuwe situatie tegen die in de situatie vóór saneren.</p>		

## B.2 Uitwerken van interventiescenario's en vaststellen van de interventiegrens

De ligging van de interventiegrens wordt bepaald de door breedte van de interventiezone. De ruimte tussen de limietgrens en de interventiegrens wordt de interventiezone genoemd. In de praktijk wordt met het monitoringsnetwerk vastgesteld wanneer verontreinigingen de interventiezone bereiken en dus (als het interventiescenario niet wordt uitgevoerd) de limietgrens kunnen bereiken. De breedte van de interventiezone wordt dus bepaald door de hoeveelheid tijd die nodig is om het interventiescenario operationeel/effctief te doen zijn. De interventiezone kan worden verbreed door ook rekening te houden met de gevolgen van incidentele fouten van het monitoringssysteem (b.v. door het vergeten van een monitoringsronde). Er wordt dan een extra veiligheid ingebouwd. Een interventiemaatregel kan zowel een tijdsige noodmaatregel zijn (om acute restryisico's te vermijden) als een maatregel waarmee uiteindelijk de stabiele eindsituatie wél kan worden bereikt.

### Beschrijving van activiteiten van stap B.2

#### B.2 UITWERKEN VAN INTERVENTIESCENARIO'S EN VASTSTELLEN VAN DE INTERVENTIEGREN

##### Wat

Stel een interventiescenario op, bepaal de interventietijd, bereken de grootte van de interventiezone en stel vervolgens de ligging van de interventiegrens vast. Aangezien deze uitwerking is bedoeld voor het afwegen van alternatieven in stap C, en dit in stap D bij het detailleren van het monitoringsmeetnet definitief wordt uitgewerkt, kan in deze stap de uitwerking globaal worden uitgevoerd.

##### Hoe

1. Bepaal welke saneringstechnieken inzetbaar zijn voor interventie (interventiemaatregelen). Doe dit aan de hand van het eerder vastgestelde type limietgrens en aard van de verontreiniging. Maak hierbij onderscheid in noodmaatregelen, tijdelijke en permanente maatregelen. Een voorlopige beslissing omtrent de technische interventie maatregelen kan worden genomen na een globale uitwerking van alternatieven en een toetsing van deze alternatieven op eerder geformuleerde randvoorwaarden. Dit vindt in feite plaats in het stadium van het saneringsonderzoek.
2. Maak aan de hand van het interventiescenario een 'worst-case' inschatting van de tijd die nodig is om met maatregelen het gewenste effect te bereiken, de interventietijd. Deze tijd bepaalt in samenhang met de ligging van de limietgrenzen en de verspreidingsnelheid van de verontreiniging de mogelijk-

heid om tijdelijke emissies toe te staan. Het is essentieel om in het saneringsplan dit goed te omschrijven en de beschikking hierop ook van toepassing te laten zijn. Houd rekening met de eventuele gevolgen die incidentele fouten kunnen hebben.

3. Bereken met behulp van onderstaande formule de breedte van de interventiezone. De ligging van de interventiegrens is de limietgrens minus de breedte van de interventiezone.

$$\text{Breedte interventiezone (m)} = \text{benodigde tijd voor bereiken gewenst effect (dag)} \cdot \text{verspreidingssnelheid (m/dag)}$$

### Toelichting

Randvoorwaarden aan interventiescenario's zijn:

- er moeten betrouwbare/bewezen technieken toegepast zijn;
- er moet snelle besluitvorming rond de realisatie mogelijk zijn;
- er moet bij voorbaat een draagvlak bij alle betrokkenen zijn verzekerd;
- het moet uitvoerbaar zijn zonder dat technische risico's ontstaan;
- er moet worden gestreefd naar maatregelen met een positieve RMK-toets.

In stap D wordt de ligging van de interventiegrens gelijktijdig met het ontwerp van het monitoringsmeetnet definitief vastgesteld op meer gedetailleerde informatie.

### Doorverwijzing/referenties

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap B.2:*

- Kader: Belangrijke aspecten bij het vaststellen van het interventiescenario en de interventietijd;
- Kader: Interventiescenario's;
- Kader: Technische mogelijkheden tot interventie.

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Bijlage 5: Basisgebeurtenissen in meten en evalueren.

*Andere bronnen:*

- Handboek Bodemsaneringstechnieken.

### Belangrijke aspecten bij het vaststellen van het interventiescenario en de interventietijd

Tabel 9. Belangrijke aspecten bij het vaststellen van het interventiescenario en de interventietijd.

Technische aspecten	Organisatorische aspecten	Financiële aspecten
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opgave van de te gebruiken technieken en benodigde hulpmiddelen</li> <li>• Hoeveelheden te lozen grondwater alsmede benodigde vergunningen, meldingen en toestemmingen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direct betrokkenen die moeten worden geïnformeerd</li> <li>• Benodigde vergunningen, personen bij wie voornemen moet worden gemeld en eigendomsrechten</li> <li>• Organisator en beheerder van de interventie maatregelen</li> <li>• Vereiste toestemmingen voor het treffen van maatregelen en het betreden van het terrein van derden</li> <li>• Te verwachten hinder en overlast</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie stelt geld beschikbaar</li> <li>• Procedure die voor financiering moet worden gevolgd</li> <li>• Garanties met betrekking tot de beschikbaarheid van middelen</li> <li>• Personen en instanties aan wie schadevergoeding moet worden uitgekeerd</li> <li>• Hoeveelheid geld dat noodzakelijk is</li> </ul>

### Interventiescenario's

Een interventiescenario is een draaiboek waarin alle te nemen acties staan vermeld die dienen te worden uitgevoerd nadat met het monitoringssysteem het signaal is ontvangen dat bij verdergaande verspreiding en het uitblijven van tegenmaatregelen niet meer aan de gemaakte afspraken wordt voldaan. Het scenario kan bestaan uit zowel technische, financiële als organisatorische aspecten.

### Interventiezone

De interventiezone wordt beschouwd als de fictieve zone waarin verontreinigende stoffen zich nog mogen bevinden tussen het tijdstip dat het monitoringssysteem het signaal geeft dat moet worden ingegrepen en het tijdstip dat de ingreep effectief is en de dreigende onaantvaardbare belasting van de limietgrens is afgewend. De snelheid waarmee interventie maatregelen kunnen worden geïmplementeerd en effectief zijn alsmede de snelheid waarmee verontreinigende stoffen zich verspreiden bepalen de grootte van de zogenaamde interventiezone.

### Interventiemaatregelen

Interventiemaatregelen kunnen variëren tussen 'noodverbanden' en actieve saneringsmaatregelen waarmee de stabiele eindsituatie kan worden gerealiseerd. Noodverbanden kunnen bijvoorbeeld zijn het tijdelijk uit productie nemen van een waterinput, het tijdelijk opleggen van gebruiksbeperkingen, het aanbrengen van een dampremmende folie onder de vloer van een bedreigde woning. De noodzaak tot het uitvoeren van noodmaatregelen is echter het gevolg van een verspreiding die groter is dan de verspreidingsprognose. Dit kan zijn geconstateerd

op basis van de controlerende metingen (de limietgrens wordt bedreigd), maar ook door evaluatie van de verifiërende metingen als die bijvoorbeeld zijn gericht op het volgen van het afbraakproces van de zich verspreidende verontreinigingen. Een heroverweging van de aanpak van het geval kan daarom zinvol zijn als blijkt dat de stabiele eindsituatie niet zonder actieve maatregelen zal ontstaan.

#### *Technische mogelijkheden tot interventie*

In dit kader worden voorbeelden van technische mogelijkheden gegeven die denkbaar zijn om de interventie in te vullen. Deze mogelijkheden zijn afhankelijk van:

- het type limietgrens (zie ook het kader 'Positie van limietgrenzen' bij stap B.1.2);
- de aard van de limietgrens;
- de plaatselijke situatie.

Er is een onderscheid aangebracht tussen maatregelen aan de bron, maatregelen in het verspreidingspad en maatregelen op het bedreigde object of limietgrens (zie tabel 10). Afhankelijk van de situatie kan het zinvol zijn om een combinatie van de aangegeven mogelijkheden toe te passen.

Tabel 10. Technische mogelijkheden tot interventie.

Type limietgrens	Technische mogelijkheden tot interventie
<i>Verticaal vlak parallel aan de contour van de interventiewaarde</i>	
Voorkom belasting in schoon grondwater	<p>Aan de bron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bronsanering tot aanvaardbare restemissies</li> </ul> <p>In het verspreidingspad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grondwaterbeheersing (onttrekken/infiltreren)</li> <li>• verticale wand</li> <li>• combinatie</li> </ul> <p>Op het bedreigde object of limietgrens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geohydrologisch scherm</li> </ul>
<i>Lijn over gevoelige objecten</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voorkom normoverschrijding bij onttrekkingsputten</li> <li>• Voorkom overschrijding van de I-waarde buiten de terreingrens</li> </ul>	<p>Aan de bron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• snelle bronsanering niet zinvol</li> </ul> <p>In het verspreidingspad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grondwaterbeheersing (onttrekken/infiltreren)</li> <li>• verticale wand</li> <li>• combinatie</li> </ul> <p>Op het bedreigde object of limietgrens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• waterzuivering</li> <li>• alternatieve watervoorziening</li> </ul>
<i>Horizontaal vlak ter plaatse van een gevoelig ecosysteem</i>	
Voorkom onaanvaardbare blootstelling van het ecosysteem	<p>Aan de bron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• snelle bronsanering niet zinvol</li> </ul> <p>In het verspreidingspad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grondwaterbeheersing (onttrekken/infiltreren)</li> <li>• verticale wand</li> <li>• combinatie</li> </ul> <p>Op het bedreigde object of limietgrens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geen maatregelen denkbaar met betrekking tot het aanwezige ecosysteem</li> </ul>
<i>Horizontaal vlak aan de basis van de scheidende laag</i>	
Voorkom infiltratie in het schone watervoerende pakket	<p>Aan de bron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grondwateronttrekking</li> </ul> <p>In het verspreidingspad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grondwateronttrekking</li> <li>• onderafdichting aanbrengen</li> </ul> <p>Op het bedreigde object of limietgrens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• infiltreren ten behoeve van het creëren van een kwelsituatie</li> <li>• onttrekking boven in het watervoerende pakket</li> </ul>

### **B.3 Voorlopig ontwerp van het monitoringsmeetnet**

Monitoring vormt een wezenlijk onderdeel van een FEB-aanpak. Wezenlijk voor de in stap C te maken keuze (wel of niet doorgaan met de uitwerking van een FEB-aanpak) is het antwoord op de vraag of met monitoring de beoogde bescherming van de limietgrens kan worden geboden.



Punten die van belang zijn voor de uitwerking van de monitoring in stap B.3 zijn:

- Is er een mogelijkheid om het monitoringsmeetnet binnen de gestelde randvoorwaarden voor toepassing van FEB toe te passen?
- Is er fysieke ruimte om het monitoringsmeetnet te installeren?
- Wat zijn globaal de kosten van een geschikt monitoringsmeetnet?

### **Beschrijving van activiteiten van stap B.3**

---

#### **B.3 VOORLOPIG ONTWERP VAN HET MONITORINGSMEETNET**

---

##### **Wat**

Maak een voorlopig ontwerp van een monitoringsmeetnet waarmee de beoogde bescherming van de limietgrens kan worden geboden.

##### **Hoe**

1. Maak een inschatting van de monitoringsfrequentie. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de uitwerking van een aantal veelvoorkomende gevallen in het hoofdstuk 'FEB toegepast op veelvoorkomende gevallen' van deze handleiding en de uitwerking van de praktijkgevallen (FEB, deelrapport III).
2. Bepaal met het kostenmodel uit de rapportage 'Monitoring in FEB' (zie bijlage 7) de kosten voor de monitoring. De volgende kostenposten dienen te worden vastgesteld:
  - investeringskosten (aanbrengen van het monitoringssysteem);
  - exploitatiekosten (monitoring, evaluatie en rapportage);
  - herinvesteringskosten (vervanging en onderhoud van niet-buikbare monitoringspunten).

N.B.: Houd er rekening mee dat een nagenoeg onfeilbaar monitoringssysteem zeer kostbaar is en dat er waarschijnlijk toch een zekere mate van onbetrouwbaarheid zal worden geaccepteerd. Dit betekent dat ook rekening moet worden gehouden met kosten die moeten worden gemaakt om eventuele verontreiniging op of achter de limietgrens ongedaan te maken. Dit moet in de beoordeling van een FEB-aanpak in de beschouwing worden meegenomen.

##### **Toelichting**

Het voorlopig ontwerp van het monitoringsmeetnet wordt enkel gebruikt om in stap C te kunnen beoordelen in hoeverre een FEB-aanpak haalbaar is. Een detailuitwerking van het monitoringsmeetnet zal over het algemeen een meer intensievere inspanning vragen. Deze inspanning wordt pas zinvol geacht indien is aangetoond dat een FEB-aanpak haalbaar is en besloten wordt tot uitvoering van een FEB-aanpak. In stap D van deze handleiding is in detail beschreven hoe een monitoringsmeetnet, dat geschikt is voor een FEB-aanpak, kan worden ontworpen.

##### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap B.3:*

- Hoofdstuk 'FEB toegepast op veelvoorkomende gevallen' van deze handleiding.

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Johan Enschedé;
- Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg te Geldermalsen;
- Bijlage 7: Kosten van monitoring en schade door falen.

*Andere bronnen:*

- FEB, deelrapport III: beschrijving geval 1 (het Rids-terrein);
  - FEB, deelrapport III: beschrijving geval 2 (Emminkhuizerberg).
-

## C STAP C: BEOORDELING VAN DE TOEPASSING VAN FEB

### Doelstelling

In de stappen A en B van de handleiding is beschreven op welke wijze een aanpak van de sanering volgens de FEB-systematiek kan worden uitgevoerd. Op basis van deze uitwerking kan worden beoordeeld of toepassing van FEB kansrijk is. Hiertoe dient in stap C de toepassing van FEB te worden vergeleken met overige varianten.

### Inhoud

In stap C komt het volgende aan bod:

- selectie van alternatieven die worden beoordeeld;
- uitvoering van de beoordeling (verwijzing naar beschikbare methoden) met een overzicht van specifieke aspecten die kenmerkend zijn voor de FEB-aanpak, waarmee bij de beoordeling en de keuze van de voorkeursaanpak speciaal rekening moet worden gehouden.

### Achtergrond en toelichting

De ter beschikking staande beoordelingsmethoden van saneringsalternatieven zijn ontworpen voor het onderling vergelijken van MF- en IBC-varianten (nulemissie), passend binnen het beoordelingskader van vóór BeVer (BeleidsVernieuwing).

Specifieke kenmerken van een FEB-aanpak, zoals het tijdelijk toestaan van emissies om de bodem als reactorvat te kunnen gebruiken en de onzekerheid omtrent de noodzaak het interventiescenario uit te moeten voeren, vereisen een specifieke wijze van beoordelen van saneringsalternatieven. In deze stap van de FEB-handleiding wordt aangegeven met welke specifieke aspecten bij de beoordeling rekening moet worden gehouden.

In stap C wordt aangegeven hoe de onzekerheden en de mogelijke gevolgen hiervan worden meegewogen bij de beoordeling van alternatieven.

De opbouw van stap C van de handleiding, alsmede de positie van stap C in het FEB-stappenplan, is weergegeven in figuur 12.

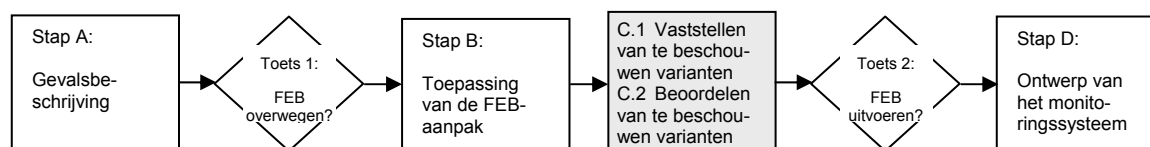


Fig. 12. FEB-stappenplan en opzet van stap C.

### Beschrijving van activiteiten van stap C

#### C.1 Vaststellen van de te beschouwen varianten

##### Beschrijving van activiteiten van stap C.1

#### C.1 VASTSTELLEN VAN DE TE BESCHOUWEN VARIANTEN

##### Wat

Stel vast:

- welke variant(en) ten opzichte van elkaar dienen te worden beoordeeld (valt buiten het bestek van deze handleiding);
- welke emissiescenario's, optredend binnen de FEB-aanpak, dienen te worden vergeleken met de variant(en) waarbij geen emissies zijn toegestaan;
- hoe groot is de kans dat er een noodzaak ontstaat dat de hierop te nemen interventiescenario's dienen te worden uitgevoerd.

**Hoe**

Schat op basis van de bandbreedte in de uitkomsten van de verspreidingsberekeningen in hoe groot de kans is dat de limietgrens wordt bedreigd en interventie maatregelen van een bepaalde omvang dienen te worden uitgevoerd. Een gevoeligheidsanalyse van het stoftransportmodel kan helpen inzicht te krijgen in de bandbreedte.

**Toelichting**

Het kan zinvol zijn om een FEB-aanpak voor verschillende verspreidingsscenario's (kans op voorkomen van een verspreiding met een bepaalde omvang) uit te werken met bijbehorende interventie maatregelen. Dit kunnen bijvoorbeeld een 'worst-case', 'best-guess' en 'best-case' verspreidingsscenario zijn voor wat betreft de omvang en het tijdstip van een dreigende onaanvaardbare limietgrensbelasting.

Ten behoeve van een beoordeling van de FEB-aanpak moet dan het volgende worden vastgesteld:

- hoe groot is de kans dat de limietgrens wordt bedreigd (zijn interventie maatregelen noodzakelijk);
- op welke termijn kan de limietgrens worden bedreigd (van belang in verband met de berekening van de netto-contante waarde voor eventuele toekomstige kosten voor interventie).

Hiermee kan inzicht worden verkregen in het risico (kans x gevolg) van het (tijdelijk) toestaan van verspreiding.

**Doorverwijzing/referenties**

-

---

## C.2 Beoordelen van de te beschouwen varianten

### Beschrijving van activiteiten van stap C.2

---

#### C.2 BEOORDELEN VAN DE TE BESCHOUWEN VARIANTEN

---

**Wat**

Voer de feitelijke beoordeling van de te beschouwen varianten inclusief de FEB-aanpak uit.

**Hoe**

Er zijn verschillende methoden ontwikkeld voor de beoordeling van alternatieven. In het kader 'Voorbeelden van beoordelingsmethoden' is een overzicht van beschikbare methoden gegeven. Het 'hoe' van deze methoden valt buiten het bestek van deze handleiding.

**Toelichting**

Een FEB-aanpak wordt als zeer negatief beoordeeld indien in de gebruikte beoordelingsmethodiek als uitgangspunt een zwaar (negatief) gewicht wordt gegeven aan de verontreiniging van (schoon) grondwater (b.v. bij de RMK-methodiek). Het gewicht, dat aan dit aspect moet worden toegekend, is echter sterk locatieafhankelijk. Een aantal aandachtspunten en vraagstellingen, die bij de beoordeling van een FEB-aanpak in beraad moeten worden genomen, zijn:

- *Verspreiding toestaan:* Het gewicht voor het aspect 'toestaan van verspreiding' dient in overeenstemming te zijn met de functie en waarde van het grondwater waar de verspreiding in plaatsvindt.
- *Te beoordelen aspecten:* Bij de beoordeling van het toestaan van verspreiding van verontreinigingen dient niet alleen naar het lokale effect maar ook naar het 'overall'-effect te worden gekeken. Effecten als opheffen van de RO-stagnatie kunnen een zwaarwegend argument zijn en worden uitgeruild met het (tijdelijk) toestaan van verspreiding. Belangen die de sanering overstijgen dienen derhalve bij de beoordeling te worden meegewogen.
- *Actuele blootstellingsrisico's:* Aangezien actuele blootstellingsrisico's bij een FEB-aanpak net als bij een andere aanpak direct worden opgeheven, is de risicoreductie enkel in de uitvoeringsfase (de fase voor de (na)zorgfase) onderscheidend. Het risiconiveau in de uitvoeringsperiode blijkt in de praktijk echter moeilijk vast te stellen.
- *Periode van beoordeling:* Niet alle methodieken gaan uit van een tijdspanne van de sanering als van een FEB-sanering. Geadviseerd wordt de (na)zorgfase alsmede de periode waarbinnen de saneringsdoelstelling wordt gehaald mee te wegen.
- *Milieuverdiensite en ligging van de limietgrens:* Voor de bepaling van de milieuverdiensite is van belang de mate waarin beslag wordt gelegd op grondstoffen als (schoon) grondwater. In de praktijk zal FEB veelal worden toegepast juist om ingrijpende saneringsmaatregelen te voorkomen, wat per saldo ook een gunstig milieueffect heeft. Een nadelig aspect van een FEB-aanpak is echter dat verontreinigingen zich enigszins blijven verspreiden en de gebruikswaarde van een zekere hoeveelheid (aanvankelijk) schoon grondwater verminderd. Dit moet in de beoordeling van de milieuverdiensite in rekening worden gebracht. Om de milieuverdiensite te maximaliseren kan uiteraard worden besloten de limietgrens niet zo ver weg te leggen als maximaal aanvaardbaar is om andere gevoelige objecten als het schone grondwater te beschermen. In de praktijk zal hiermee 'met verstand' moeten worden omgegaan, waarbij naar voor alle partijen/belangen aanvaardbare oplossingen worden gezocht. In het BeVer-project A3 (Stabiele eindsituatie) wordt nader ingegaan op de milieuverdiensite.

- *Gebruiksbeperkingen:*
  - in hoeverre levert het (tijdelijk) toestaan van verspreiding van verontreinigingen ertoe dat de gebruiksbeperkingen toenemen en hoe zwaar wegen deze in de totale beoordeling;
  - in hoeverre worden (mogelijke) toekomstige ontwikkelingen belemmerd door deze verspreiding.

#### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap C.2:*

- Kader: Voorbeelden van beoordelingsmethoden.
- 

#### *Voorbeelden van beoordelingsmethoden*

De volgende beoordelingsmethoden worden veel in de praktijk toegepast:

- Umweltbilanz von Altlastensanierungsverfahren (DECHEMA, 1997);
  - Methodiek Rendementsverbetering Gasfabrieksterreinen (MRB) (IWACO, 1996);
  - Integrale afwegingsmethodiek voor bodemsaneringsvarianten, 'Utrecht-model' (Provincie Utrecht, 1995);
  - RESTRISK (CUR/NOBIS-rapport 95-2-11, fase 1 en 2, 1997 resp. 1999);
  - Rendementsverbetering bodemsanering, 'Welschen' (Werkgroep Bodemsanering, 1993);
  - RMK-model (CUR/NOBIS-rapport 95-1-03, 2001);
  - Beoordelingsmethodiek saneringsvarianten met multicriteria-analyse (Grontmij, 1994).
- Zie ook: Gezamenlijk Bodemsaneringsbeleid (Provincie Zuid-Holland, Gemeente Rotterdam en Gemeente Den Haag, 1997).

## D STAP D: ONTWERP VAN HET MONITORINGSSYSTEEM

### Doelstelling

De handleiding voor stap D heeft betrekking op het ontwerp van een controlerend monitoringsysteem.

### Inhoud

In stap D komt het volgende aan bod:

- vaststellen van technische uitgangspunten van het monitoringsmeetnet;
- opstellen van de hypothese van de verspreiding;
- ontwerp en optimalisatie van het monitoringsmeetnet;
- installatie van het monitoringssysteem;
- uitvoering van de monitoring.

### Achtergrond en toelichting

De opbouw van stap D van de handleiding alsmede de positie van stap D in het FEB-stappenplan is weergegeven in figuur 13.

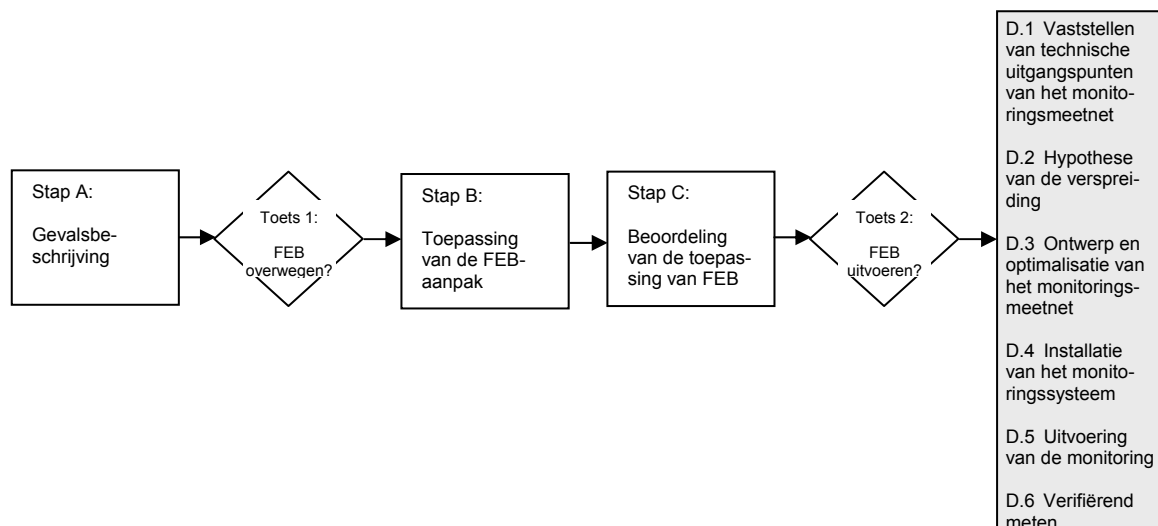


Fig. 13. FEB-stappenplan en opzet van stap D.

In de handleiding wordt regelmatig verwezen naar het rapport 'Monitoring in FEB'. Hierin worden verdergaande achtergrondinformatie en een technische verdieping op enkele onderdelen gegeven. Ook is stap D van de handleiding op een tweetal cases toegepast.

In het processchema (zie fig. 14) is een overzicht gegeven van de activiteiten die vallen onder stap D.

In dit schema is de rol van verifiërende metingen aangegeven. De verdere uitwerking van dergelijke metingen valt buiten het bestek van deze handleiding.

# Processchema monitoring in FEB

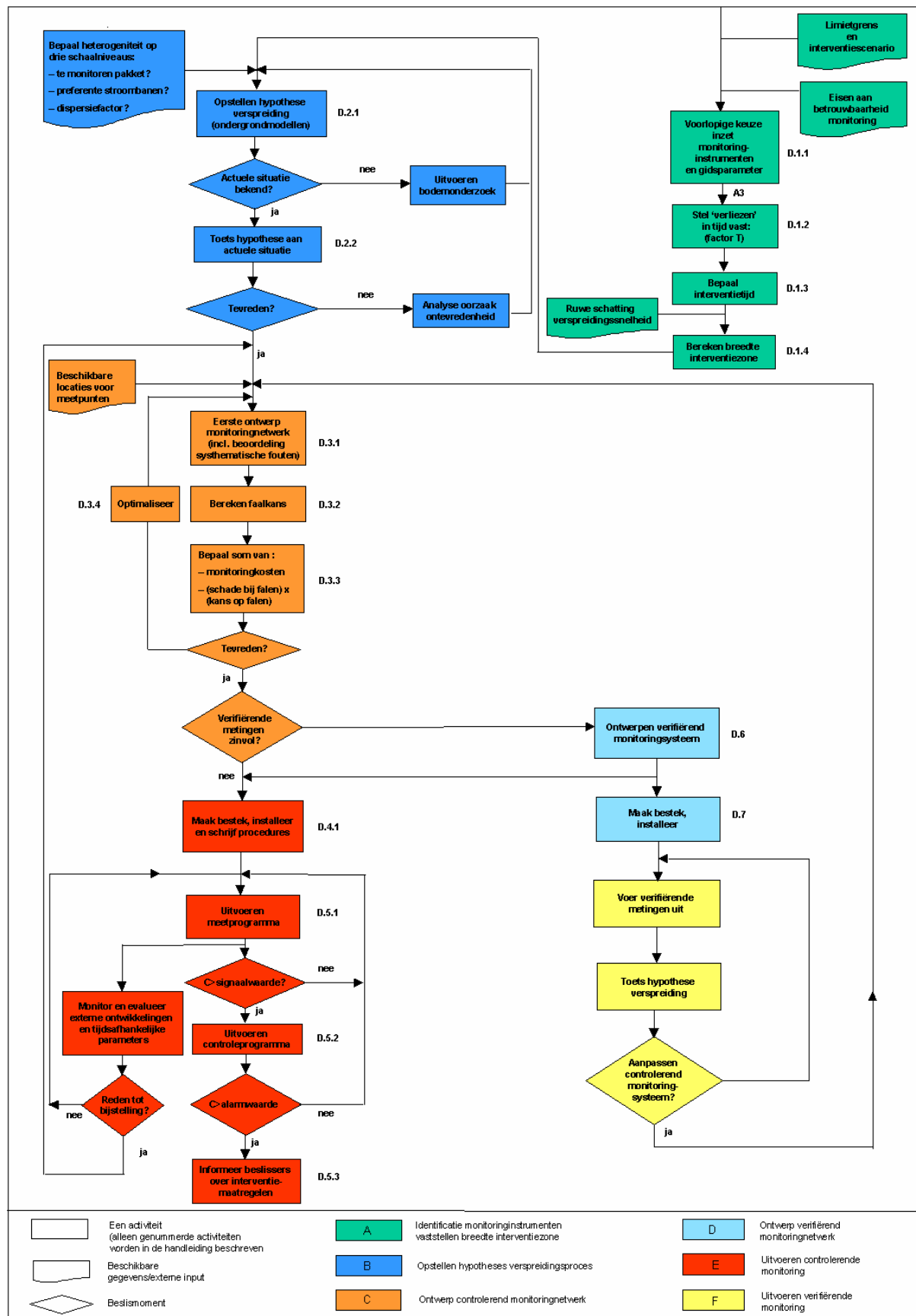


Fig. 14. Processchema van monitoring in FEB.

## Beschrijving van activiteiten van stap D

### D.1 Vaststellen van technische uitgangspunten van het monitoringsmeetnet

Voordat het monitoringsmeetnet kan worden ontworpen, dienen de technische uitgangspunten die van directe invloed zijn op het ontwerp te worden vastgesteld.

Deze uitgangspunten betreffen:

- keuze van gidsparemeter(s)
- keuze van monitoringsinstrumenten;
- vaststellen van de monitoringsfrequentie;
- vaststellen van verliezen in de tijd (factor T);
- bepalen van de interventietijd;
- berekenen van de breedte van de interventiezone.

#### Beschrijving van activiteiten stap D.1

---

##### D.1.1 KEUZE VAN GIDSPARAMETERS

---

###### **Wat**

Kies een met betrekking tot de verspreiding maatgevende stof/groep van stoffen of een fysische parameter (b.v. elektrische weerstand, CZV) die kan/kunnen worden gebruikt om metingen te verrichten, zodat een ontoelaatbare verspreiding van verontreinigingen tijdig kan worden geconstateerd en de limietgrens wordt beschermd.

###### **Hoe**

Beoordeel de bron op emissie-eigenschappen:

- welke stoffen emitteert de bron;
- wat is de mobiliteit van deze stoffen;
- wat zijn afbraakproducten van deze stoffen;
- wat zijn fysische eigenschappen van de bodem die door de emissie veranderen;
- in welke mate worden fysische eigenschappen van de bodem beïnvloed.

Wat is de concentratie van deze stoffen ten opzichte van de achtergrondwaarde (rekening houdend met fluctuaties van deze waarde).

Kies de meest mobiele stof(fen) of snelst veranderende fysische parameter van de bodem als gidsparameter die bovendien goed te onderscheiden is van zijn achtergrondwaarde.

###### **Toelichting**

De keuze voor het meten van een gidsparemeter wordt vaak gemaakt vanuit kostentechnische overwegingen. Dit is verantwoord mits de gekozen gidsparemeter voldoende representatief is voor de verspreiding van de verontreinigingen in totaliteit.

Ter controle kan met een lagere frequentie met een breder analysepakket worden gemeten. Laboratoria hebben vaak een breed pakket met meerdere stoffen voor een vergelijkbare prijs. Als de keuze van de gidsparemeter hier op aansluit, kan een dergelijk pakket voor de controle van de gidsparemeter worden gebruikt.

###### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.1.1:*

- Kader: Veelgebruikte gidsparemers voor typische verontreinigingsbronnen.
-

### Veelgebruikte gidsparameters voor typische verontreinigingsbronnen

Tabel 11 geeft een aantal voorbeelden van gidsparameters die gebruikt worden bij een aantal specifieke praktijkgevallen. Tevens is een aantal voorbeelden gegeven van meetinstrumenten die geschikt zijn om deze parameters te meten.

Tabel 11. Voorbeelden van gidsparameters en meetinstrumenten voor verschillende verontreinigingsbronnen.

Type verontreinigingsbron	Gidsparameter	Toepasbaar meetinstrument
Stortplaats (huisvuil)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chloride, ammonium, CZV, sulfaat, nitraat, natrium, calcium, mangaan, barium (afhankelijk van lokale situatie)</li> <li>Benzeen of - afhankelijk van de inhoud van de stort - andere mobiele microparameters</li> <li>Galvanisch weerstand van bodem/grondwater</li> </ul>	Peilbuis, drainage  Peilbuis, geo-elektrisch onderzoek (ND of met sonderingen)
Baggerspeciedepots (rijks-wateren)	TCB/DCB	Peilbuis, drainage
Industriële stortplaatsen	PAK, PCB's	Peilbuis, drainage
Chemische wasserijen	PER, TRI, cis 1,2-dichlooretheen, vinylchloride	Peilbuis
(Voormalige) tankstations	Minerale olie, korte keten alkanen, BTEX, naftaleen, afbraakproducten	Peilbuis, oliesonde
Gasfabrieksterreinen	Cyanide, minerale olie, BTEX, naftaleen	Peilbuis, oliesonde
Baggerspeciedepots	TCB/DCB, nutriënten, zware metalen	Peilbuis, drainage
Bedrijventerreinen	Afhankelijk van activiteiten op bedrijventerrein.	

## D.1.2 KEUZE VAN MONITORINGSINSTRUMENTEN

### Wat

Kies het instrument (peilbuis, scanner enz.) waarmee de monitoring wordt uitgevoerd.

### Hoe

Maak op basis van de geformuleerde randvoorwaarden, de gekozen limietgrens en de gekozen gidsparameter een keuze voor de inzet van monitoringsinstrumenten.

Baseer de keuze op een vergelijking van de prestaties van de monitoringsinstrumenten met de eisen die aan de monitoring in de onderhavige situatie worden gesteld. Let hierbij op de volgende punten:

- De aard van de te meten stoffen (gassen of grondwater) en het medium waarin de stoffen worden gemeten.
- Betrouwbaarheid/detectielimiet en achtergrondconcentraties: de vereiste betrouwbaarheid/detectielimiet van de metingen is van directe invloed op de toepasbaarheid van een instrument. Daarnaast mag de detectielimiet niet boven de achtergrondconcentratie liggen.
- De diepte waarop gemeten wordt: kies een instrument met een geschikt dieptebereik.
- Het traject waar de monsters uit worden genomen (filterlengte).
- De omgeving: kies een instrument dat praktisch kan worden toegepast in zijn omgeving. Bijvoorbeeld een meetsonde, die bij iedere meetronde met een sondeerwagen wordt aangebracht, is ongeschikt bij metingen onder bebouwing.

Kies op grond van deze vergelijking voor het monitoringsinstrument die aan de belangrijkste eisen voldoet.

### Doorverwijzing/referenties

Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.1.2:

- Kader: Voorbeelden van monitoringsinstrumenten.

Rapportage 'Monitoring in FEB':

- Bijlage 13: Lengte en diepte van bemonsteringsfilters.

Andere bronnen:

- Ontwerpprocedure Grondwatermonitoring Stortplaatsen;
- FEB-II, 1998, Document peilbuisgebruik (zie 'document peilbuisgebruik GD en GM' op de cd-rom);
- Monitoring Bodemkwaliteit bedrijfsmatige activiteiten (bijlage 1: overzicht van operationele monitoringsinstrumenten).



### Voorbeelden van monitoringsinstrumenten

Tabel 12 geeft een aantal voorbeelden van instrumenten die kunnen worden gebruikt voor de uitvoering van de monitoring.

Opgemerkt wordt dat de monitoringsinstrumenten momenteel sterk in ontwikkeling zijn: er wordt niet alleen gewerkt aan de verbetering van de bestaande instrumenten, ook worden er nieuwe instrumenten ontwikkeld. De tabel geeft dan ook een momentopname.

Tabel 12. Voorbeelden van monitoringsinstrumenten.

Instrument	Te monitoren medium	Globale indicatie:		
		• Betrouwbaarheid (B)	• Nauwkeurigheid (N)	• Gangbaarheid (G)
Peilbuizen	Grondwater	B: o	N: o	G: +
Drainagebuizen	Verzadigde zone	B: o	N: o	G: +
Gassensoren	Lucht in bijvoorbeeld kruipruimten	B: o	N: o	G: +
Drains met onderdruk	Gasfase in bodem (vluchtige verontreinigingen)	B: o	N: o	G: o
Geo-elektrisch onderzoek (ND)	Drijfslag, galvanische bodemweerstand	B: -	N: -	G: -
Geo-elektrisch onderzoek (in situ)	Drijfslag, galvanische bodemweerstand	B: +	N: +	G: -
Elektromagnetisch onderzoek (ND)	Galvanische bodemweerstand	B: -	N: o	G: -
Grondradar	Oliedrijfslagen, ionen in oplossing	B: -	N: o	G: -
Oliesonde	Gasolie, diesel, huisbrandolie, motorolie, teer	B: +	N: o	G: -
Begemanscanner	Pure koolwaterstoffen	B: +	N: o	G: -
<i>ND 'non destructive', metingen vanaf het maaiveld uitgevoerd</i> <i>+ meer dan gemiddeld</i> <i>o gemiddeld</i> <i>- minder dan gemiddeld</i>				

### D.1.3 VASTSTELLEN VAN DE MONITORINGSFREQUENTIE

#### Wat

Stel vast met welke frequentie de monitoring dient te worden uitgevoerd.

#### Hoe

Als vuistregel kan worden aangehouden dat de monitoringsfrequentie zal variëren tussen tweemaal per jaar (hoge frequentie) en eenmaal in de vijf jaar (lage frequentie). Om praktische redenen (kosten, continuïteit, handhaafbaarheid) wordt geadviseerd geen lagere frequentie te kiezen.

Het uitgangspunt bij het bepalen van de frequentie is dat de gidsparameter in ieder geval moet worden gedetecteerd voordat ongewenste verontreinigende stoffen de interventiegrens bereiken. Omdat monitoringskosten met toenemende frequentie ook toenemen, zal naar een optimale situatie moeten worden gezocht. Een lagere monitoringsfrequentie is verdedigbaar als ter compensatie de interventiezone wat wordt vergroot. Gezien de beperkte snelheid waarmee verontreinigende stoffen zich in de bodem verspreiden, zal een te lage frequentie niet zo snel leiden tot een onbetrouwbaar monitoringssysteem. Het is verstandig met de keuze van de frequentie rekening te houden met de gevolgen van niet-tijdig detecteren van de verspreiding. Wat zijn de extra kosten die moeten worden gemaakt om opgetreden verspreiding teniet te doen. Ook kan worden overwogen om de frequentie in de tijd te laten toenemen naarmate het (op basis van modelberekeningen) waarschijnlijker wordt dat de pluim het monitorings-systeem bereikt.

Tabel 18 uit het hoofdstuk 'FEB toegepast op veelvoorkomende gevallen' van de handleiding kan als leidraad worden gehanteerd bij het vaststellen van de monitoringsfrequentie.

#### Toelichting

- De monitoringsfrequentie wordt bepaald door de verplaatsingssnelheid van de gidsparameter enerzijds en de voorwaarde dat de gidsparameter moet worden gedetecteerd bij het bereiken van de interventiegrens anderzijds. Hiermee wordt de frequentie bepaald door de relatie tussen de verplaatsingssnelheid en de breedte van de monitoringszone.
- De frequentie dient al in deze stap te worden vastgesteld gezien het feit dat deze bepalend is voor de mogelijke tijdsverliezen als gevolg van optredende incidentele fouten bij de monitoring. Wanneer bijvoorbeeld jaarlijks wordt gemonitord en er een verkeerde meting wordt uitgevoerd, betekent dit een vertraging in de detectie en zal deze zodoende pas een jaar later aan het licht komen. In deze periode kan de verontreiniging zich verder richting limietgrens verplaatsen. Incidentele fouten staan in principe los van de monitoringsfrequentie en worden in stap D.1.6 verdisconteerd in de breedte van de interventiezone.
- De monitoringsfrequentie heeft een beperkte invloed op de betrouwbaarheid van het systeem zolang de monitoringslijn niet al te dicht bij de interventiegrens ligt. De frequentie bepaalt wel de kosten van schade in het geval van falen van de monitoring, omdat een pluim bij detectie verder over de limietgrens heen kan zijn verspreid.

- De breedte van de interventiezone kan wat worden vergroot als compensatie van een wat lagere frequentie. Dit kan tot een kostenreductie leiden.
- Bij de voorgestelde methode voor de bepaling van de monitoringsfrequentie is geen rekening gehouden met 'politieke en maatschappelijke factoren'. Deze kunnen nopen tot een hogere frequentie dan op basis van risico's noodzakelijk is.
- Bepaalde parameters, zoals de geleidbaarheid (Ec) en de zuurgraad (pH), zijn technisch eenvoudig semi-continu te monitoren. De kosten hiervoor kunnen in bepaalde gevallen dusdanig laag zijn dat het een aantrekkelijke optie kan zijn.

#### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.1.3:*

- Kader: Veelgebruikte gidsparameters voor typische verontreinigingsbronnen (zie stap D.1.1);
- Tabel 18 uit het hoofdstuk 'FEB toegepast op veelvoorkomende gevallen' van deze handleiding.

*Andere bronnen:*

- Ontwerprocedure Grondwatermonitoring Stortplaatsen;
- FEB-II, 1998, Document peilbuisgebruik (zie 'document peilbuisgebruik GD en GM' op de cd-rom).

### **D.1.4 VASTSTELLEN VAN 'VERLIEZEN' IN DE TIJD (FACTOR T)**

#### **Wat**

1. Bepaal hoeveel tijd verloren kan gaan als gevolg van incidentele fouten die veroorzaken dat een overschrijding van de signaalwaarde niet direct wordt waargenomen. Deze factor wordt de factor T genoemd.
2. Bepaal op basis van de factor T in welke mate de interventiezone moet worden verbreed om de gevolgen van deze incidentele fouten te compenseren.

#### **Hoe**

Bepaal van de volgende meest voorkomende incidentele fouten in welke mate deze leiden tot een tijdsvertraging in het waarnemen van een optredende overschrijding van de signaalwaarde:

- detectielimiet tijdelijk te hoog;
- verkeerde keuze van de gidsparameter;
- verwisseling van monsters;
- gebeurtenissen bij de analyse;
- een overschrijding van de signaalwaarde wordt niet opgemerkt;
- het ongemerkt overslaan van een peilbuis;
- trage communicatie tussen uitvoerenden en besluitvormers.

Tot de factor T wordt ook de periode tussen twee monitoringsronden gerekend.

#### **Toelichting**

Het effect van incidentele fouten kan niet in algemene zin worden beoordeeld maar is sterk gevalsafhankelijk.

De meest relevante fouten leiden tot een 'te late waarneming' van een dreigende limietgrensoverschrijding.

#### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.1.4:*

- Kader: Overzicht van incidentele en systematische fouten.

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Bijlage 3: Faalkansanalyse van een monitoringssysteem;
- Bijlage 5: Basisgebeurtenissen in meten en evalueren;
- Appendix 2: Verslag van de workshop 'Betrouwbaarheid van monitoring';
- Appendix 3: Resultaten van de enquête over 'Betrouwbaarheid van monitoring'.

### Overzicht van incidentele en systematische fouten

Monitoring bestaat uit drie hoofdgroepen van activiteiten: het ontwerpen van het meetnetwerk, het installeren van het netwerk en uitvoeren van metingen, en de communicatie/interpretatie over de meetresultaten. In dit kader wordt ingegaan op gebeurtenissen in de twee laatstgenoemde hoofdgroepen die kunnen leiden tot een verlaging van de betrouwbaarheid van monitoring.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen gebeurtenissen die incidenteel (één of hooguit enkele keren achter elkaar) en gebeurtenissen die systematisch (steeds weer) voorkomen. De ernst van deze gebeurtenissen hangt af van de kans dat deze optreden en de gevolgen daarvan. In de bijlagen 3 en 5 van het rapport 'Monitoring in FEB' wordt hierop in meer detail ingegaan.

Hieronder volgt een samenvatting van de meest relevante gebeurtenissen en de wijze waarop hiermee in de praktijk kan worden omgegaan.

#### Incidentele gebeurtenissen

Incidentele gebeurtenissen leiden ertoe dat de resultaten van één of enkele meetronden niet of onvoldoende bruikbaar zijn. Zolang er voldoende ruimte is tussen de limietgrens en de actuele contour van de verontreiniging kan de interventiezone worden verruimd en het monitoringssysteem meer naar de bron toe worden verplaatst. De verontreinigende stoffen kunnen zich dan binnen het gebied, dat door de limietgrens wordt omgrensd, verspreiden zonder dat dit tot onaanvaardbare gevolgen leidt. Het is uiteraard aanbevelenswaardig de oorzaken weg te nemen.

Hieronder volgen enkele suggesties:

- *Detectielimieten* kunnen tijdelijk sterk worden verhoogd door storingen in het monster. Beoordeel samen met het laboratorium of dit probleem zich kan voordoen. Houd hiermee rekening bij de keuze van de gidsparameter en de hoogte van de signaalwaarde.
- Besteed bij de *keuze van gidsparameters* aandacht aan de mobiliteit en afbraak van verontreinigende stoffen.
- Gebruik barcodes op monsterflessen en formulieren om te voorkomen dat *monsters worden verwisseld*.
- Zorg voor een helder en eenduidig beoordelingskader van de meetresultaten en zorg ervoor dat dit bij de hand is. Maak afspraken over de wijze waarop gerapporteerd wordt en besluiten worden genomen;
- Maak een helder en eenduidig bestek voor de uitvoering van de metingen, zodat wordt voorkomen dat meetpunten worden overgeslagen. Kies de meetpunten zo dat deze altijd bereikbaar zijn.

#### Systematische fouten

De gevolgen van systematisch 'falen' vertalen zich naar een meetresultaat dat (systematisch) lager ligt dan de feitelijke concentratie in de bodem. In veel gevallen is het mogelijk hiervoor met een monitoringsnetwerk met een hogere trefkans te corrigeren. Dit kan betekenen dat het netwerk dichter moet worden en/of de signaalwaarde moet worden verlaagd. Het is uiteraard aanbevelenswaardig de oorzaken van fouten weg te nemen.

Hieronder volgen enkele suggesties:

- Beoordeel bij de materiaalkeuze van de stijgbuis en bemonsteringslang of *adsorptie* van verontreinigende stoffen kan optreden. Probeer dit te voorkomen.
- stel vast hoe je met de keuze van de monsternamewerk (bij grondwaterbemonstering) en pompdebiet *vervluchting* bij de monsternamewerk (en dus verlies van vluchtige verbindingen) kunt voorkomen. Beoordeel ook of het zinvol is om van te voren vast te stellen hoeveel water moet worden voorgepompt voordat het feitelijke monster kan worden genomen.
- Probeer de omzetting van de verontreinigende stoffen in de bodem als gevolg van *de verstoring van het bodemmilieu* met de monsternamewerk-apparatuur te beperken (keuze van monsternamewerktechniek, snelheid van monsternamewerk van het grondwater, voorkomen van introductie van zuurstof in anaëroob systeem enz.).
- Voorkom met een goed bestek (en kwaliteitscontrole in de uitvoering) dat de meetpunten niet op de verkeerde plaats worden geïnstalleerd. Stel van te voren vast welke plaatsen voor monsternamewerk geschikt zijn.

## D.1.5 BEPALEN VAN DE INTERVENTIETIJD

### Wat

Bepaal de tijd die nodig is, om na de eerste constatering van een overschrijding van de signaalwaarde, deze te controleren (herbemonstering), te toetsen aan de actiewaarde en eventuele interventiemaatregelen te treffen.

### Hoe

De interventietijd is afhankelijk van een aantal acties met een vertragend effect. Bepaal de interventietijd door bijvoorbeeld de volgende werkwijze te hanteren, waarbij de tijd wordt gesommeerd van een aantal te nemen acties of processen:

- Na de eerste toetsing aan de signaalwaarde en de overschrijding daarvan:
  - het analyseren van de oorzaak van de overschrijding ('fout' in bemonstering of een 'echte' overschrijding);
  - het uitvoeren van de 1<sup>e</sup> herbemonstering, zo mogelijk rekening houdend met gemaakte fouten of met toepassing van blanco's, duplo's enzovoorts;
  - het uitvoeren van de analyse van de 1<sup>e</sup> herbemonstering;

- het toetsen van de resultaten van de 1<sup>e</sup> herbemonstering na de 1<sup>e</sup> overschrijding van de signaalwaarde.
- Na de tweede toetsing aan signaalwaarde en overschrijding daarvan:
  - het analyseren van de oorzaak van de overschrijding ('fout' in bemonstering of een 'echte' overschrijding);
  - het uitvoeren van de 2<sup>e</sup> herbemonstering, zo mogelijk rekening houdend met gemaakte fouten;
  - het uitvoeren van de analyse van de 2<sup>e</sup> herbemonstering;
  - het toetsen van de resultaten van de 2<sup>e</sup> herbemonstering na de 2<sup>e</sup> overschrijding van de signaalwaarde.
- Na de derde toetsing aan de signaalwaarde zijn er drie conclusies mogelijk op basis van de drie analyseronden. Bepaal de tijd die nodig is om tot de derde conclusie, inclusief de aangegeven bijkomende acties, te komen:
  1. Er is geen sprake van een feitelijke overschrijding van de signaalwaarde en het oorspronkelijk monitoringsprogramma kan weer worden opgepakt.
  2. Er is sprake van een feitelijke overschrijding van de signaalwaarde maar niet van de actiewaarde. Overweeg het oorspronkelijke monitoringsprogramma weer op te pakken maar dan met een verhoogde monitoringsfrequentie.
  3. Er is sprake van een feitelijke overschrijding van de actiewaarde.

Maak een keuze uit de in stap B reeds uitgewerkte interventiemaatregelen. De keuze dient te worden afgestemd op de feitelijk opgetreden verspreiding.

Bepaal de tijd die nodig is om de interventiemaatregelen het beoogde effect te laten hebben.

Wanneer de oorzaak van de overschrijding van de actiewaarde is vastgesteld, kan al dan niet besloten worden om het interventiescenario in werking te laten treden. De interventietijd is de sommatie van de tijd die nodig is voor de bovengenoemde acties en processen.

#### **Toelichting**

- Uiteraard is het bij iedere overschrijding van de signaalwaarde zinvol na te gaan of er geen 'fouten' in het spel zijn. Een herbemonstering geeft echter het enige 'harde' gegeven op basis waarvan kan worden besloten of de limietgrens inderdaad door verontreinigende stoffen zal worden bereikt.
- In het voorbeeld onder 'hoe' wordt uitgegaan van twee herbemonsteringen, alvorens definitief een overschrijding van de actiewaarde kan worden vastgesteld. Het aangegeven aantal herbemonsteringen is niet zo zeer van belang, maar wel de benodigde tijd om hiermee vast te stellen of er werkelijk sprake is van een bedreiging van de limietgrens.

#### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.1.5:*

- Kader: Voorbeeld van een beslisschema voor de vaststelling van de overschrijding van de actiewaarde (zie kader na stap D.1.6).

### **D.1.6 BEREKENEN VAN DE BREEDTE VAN DE INTERVENTIEZONE**

#### **Wat**

Bereken de breedte van de interventiezone.

#### **Hoe**

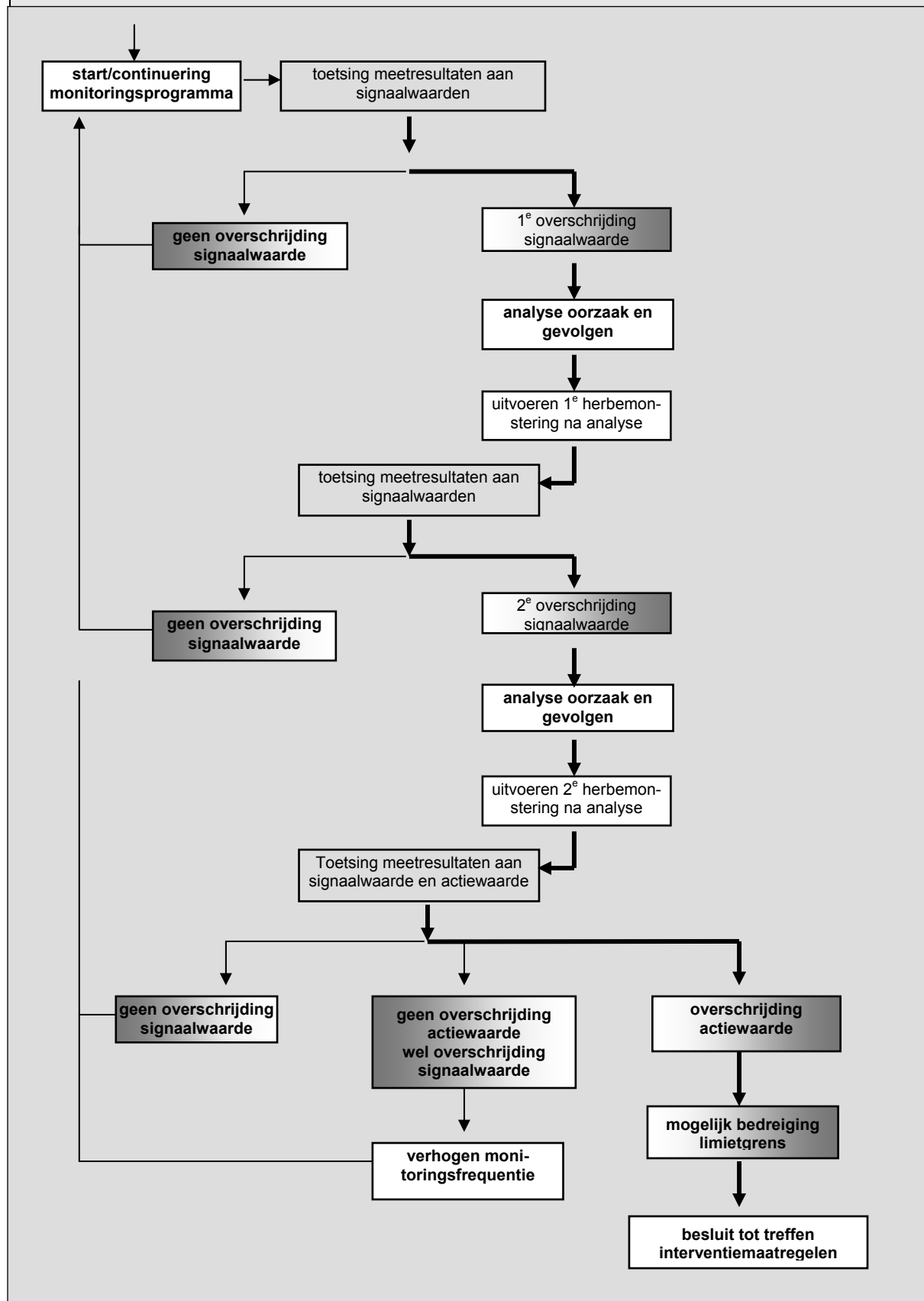
1. Sommeer de volgende tijden:
  - interventietijd (zie stap D.1.5: Bepalen van de interventietijd);
  - tijdsfactor T (zie stap D.1.4: Vaststellen van 'verliezen' in de tijd (factor T)).
2. Bereken de breedte van de interventiezone (m) door de bovengenoemde sommatie van tijden (s) te vermenigvuldigen met de verplaatsingssnelheid van de verontreiniging (m/s).  
N.B.: Het betreft deels een actualisatie van de in stap B.2 uitgevoerde berekening.
3. Indien van toepassing, kan op grond van politieke of maatschappelijke redenen de interventiezone worden verbreed.

#### **Doorverwijzing/referenties**

-

*Voorbeeld van een beslisschema voor de vaststelling van de overschrijding van de actiewaarde*

Hieronder is een voorbeeld van een beslisschema gegeven om te kunnen vaststellen of feitelijk sprake is van een overschrijding van de actiewaarde. De tijd, die hiervoor nodig is, is de tijd die in beslag wordt genomen om het met 'vette pijlen' aangegeven pad te doorlopen.



## D.2 Hypothese van de verspreiding

Voordat het monitoringsmeetnet wordt ontworpen, dient eerst een hypothese van de verspreiding van verontreinigingen te worden opgesteld. In de praktijk komt dit vaak neer op het opstellen van een verspreidingsmodel. Dit model wordt geijkt met metingen van de feitelijke situatie en zo nodig op basis hiervan periodiek bijgesteld. De ijkmomenten zijn hiervoor uiteraard zeer geschikt. Een belangrijk onderdeel van het model vormt het omgaan met heterogeniteiten in de ondergrond: het opstellen van het ondergrondmodel.

Een centrale rol bij het opstellen van de hypothese speelt:

- de mate waarin de verontreiniging in omvang toeneemt dan wel afneemt en de verwachting ten aanzien van het ontstaan van een stabiele eindsituatie;
- de mate waarin en het tijdstip waarop gevoelige objecten in de omgeving door verspreiding worden bedreigd, met het oog op de positie en breedte van de monitoringslijn en de dichtheid van het monitoringsmeetnet.

### Beschrijving van activiteiten van stap D.2

---

#### D.2.1 OPSTELLEN VAN DE HYPOTHESE VAN DE VERSPREIDING (ONDERGRONDMODELLEN)

---

##### **Wat**

Stel een hypothese op van de verspreiding van de verontreinigingen en stel deze zo nodig bij (valideer) op basis van aanvullende verzamelde gegevens.

##### **Hoe**

1. Stel op basis van eerdere onderzoeken de omvang en aard van de bron van de verontreiniging vast (om welke verontreiniging(en) gaat het, is er sprake van één of meerdere bronnen, wat is de verticale en horizontale omvang van de verontreiniging).
2. Stel de basisparameters van de verspreiding vast:
  - initiële concentratieverdeling;
  - chemische eigenschappen (adsorptiekenarakteristiek, biologische afbraak, oplosbaarheid, dichtheidsstroming, chemische omzetting en complexatie);
  - grondwaterstroming en bodemopbouw (bodemopbouw, doorlatendheid, doorlatendheidsverdeling, stromingspatroon (b.v. seizoensvariatie/voorkeursstromen) en stroomsnelheid);
  - transportmechanismen (advectie, dispersie en diffusie);
  - de ruimtelijke variabiliteit in bodemopbouw, de zogenaamde bodemheterogeniteit, is van grote invloed op de verspreiding van verontreinigende stoffen. In bijlage 6 van het rapport 'Monitoring in FEB' is verder uitgewerkt hoe kan worden omgegaan met bodemheterogeniteit.
3. Stel een hypothese op van de verspreiding.
4. Druk de hypothese van de verspreiding uit in één of meerdere ondergrondmodellen. Een dergelijk ondergrondmodel beschrijft de bodemopbouw (geohydrologisch schematisatie) en andere parameters die van belang zijn voor verspreiding.
5. Bereken voor de verschillende ondergrondmodellen op basis van een numerieke modelberekening het gedrag en de verspreiding van de verontreiniging als functie van de tijd. Hierbij kan onder andere gebruik worden gemaakt van de volgende modellen:
  - analytische modellen, zoals DG>Plume en VERA;
  - numerieke modellen, zoals MODFLOW/MT3D.

##### **Toelichting**

In de meeste gevallen komt het opstellen van de hypothese neer op het opstellen van een 'klassiek' transportmodel. Wat betreft de handelingen die hiervoor nodig zijn is deze handleiding beknopt.

Om in het kader van de FEB-aanpak de betrouwbaarheid van het model te vergroten, is het omgaan met en in acht nemen van heterogeniteiten van belang. In deze handleiding wordt daarom met name op dit laatste onderdeel ingegaan.

Indien de actuele situatie niet of niet voldoende bekend is om de hypothese van verspreiding te kunnen toetsen, kan worden overwogen om een bodemonderzoek uit te voeren. Dit bodemonderzoek kan, afhankelijk van de reeds beschikbare informatie, bestaan uit de volgende onderdelen:

- vaststellen van de bodemopbouw;
- in kaart brengen van de geohydrologische situatie (modellering);
- vaststellen van de aard van de verontreiniging;
- vaststellen van de omvang van de verontreiniging.

Op grond hiervan wordt naar stap A.2 teruggegaan.

Ad 5.

De aard en omvang van het probleem is bepalend voor de keuze van het model.

Met de modelberekeningen kunnen prognoses worden gemaakt van:

- de ontwikkeling van de pluim van de verontreiniging in de tijd in horizontale en verticale richting (breedte van de pluim op de monitoringslijn);
- de concentratie van de verontreiniging op geselecteerde locaties: bijvoorbeeld kwetsbare objecten (terreingrens, overgang tussen grondwater en oppervlaktewater);
- de vracht (massa per tijdseenheid) die een bepaald vlak passeert;
- de ligging en ontwikkeling van de I-contour (zie bijlage 10 van het rapport 'Monitoring in FEB').

#### **Doorverwijzing/referenties**

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Bijlage 6: Omgaan met bodemheterogeniteit;
- Bijlage 10: Evaluatie: Het volgen van contouren.

*Andere bronnen:*

- NOBIS-project 97-1-02: Beslissingsondersteunend model natuurlijke afbraak.
- 

### **D.2.2 TOETS DE OPGESTELDE HYPOTHESE AAN DE ACTUELE SITUATIE**

---

#### **Wat**

Toets op basis van de actuele verontreinigingssituatie of de eerder opgestelde hypothese van verspreiding juist is.

#### **Hoe**

Toets of de onzekerheden (vereenvoudigingen) in de verspreidingsberekeningen niet onnodig leiden tot 'worst-case' scenario's. Dit leidt wellicht tot onnodige of overgedimensioneerde maatregelen.

#### **Toelichting**

Indien uit de toetsing blijkt dat met de hypothese van de verspreiding de actuele situatie niet kan worden beschreven, dient een analyse naar de oorzaken te worden uitgevoerd. Deze analyse bestaat uit de volgende onderdelen:

- is de aard en omvang van de verontreiniging goed vastgesteld (stap A.3);
- zijn de basisparameters juist ingeschat (stap A.2);
- is de werkelijkheid goed geschematiseerd.

#### **Doorverwijzing/referenties**

-

---

### **D.3 Ontwerp en optimalisatie van het monitoringsmeetnet**

In stap D.3 vinden met een gekozen configuratie van het FEB-systeem (ligging van grenzen, meetpunten enz.) de feitelijke berekeningen plaats ten behoeve van het ontwerp van het controlerend monitoringsmeetnet. Er wordt een werkwijze voorgesteld waarmee een optimalisatie van de betrouwbaarheid van het monitoringsmeetnet kan worden uitgevoerd door te zoeken naar een minimum aan monitoringskosten en bij een falend monitoringsmeetnet.

Het ontwerp van een monitoringssysteem is in feite een cyclisch proces bestaande uit 3 onderdelen:

1. keuze/bijstelling van de parameters en opstellen van het ontwerp;
2. berekenen van de betrouwbaarheid van het systeem;
3. evaluatie en desgewenst optimalisatie.

Indien het ontwerp van het monitoringssysteem niet voldoet aan de gestelde eisen dient het ontwerp geoptimaliseerd te worden. Deze optimalisatie kan bestaan uit:

- verlagen van onzekerheden door een uitgebreider vooronderzoek;
- verhogen van de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem door het verschuiven van de monitoringslijn of het verhogen van de dichtheid van het netwerk.

Tevens moet worden overwogen om gebruik te maken van een verifiërend monitoringssysteem. Hiermee kan de hypothese aan het verspreidingsproces worden getoetst. De rol van het veri-

fiërend monitoringsmeetnet is binnen het processchema aangegeven (zie fig. 14 in 'Achtergrond en toelichting' van stap D).

Met meer inzicht in het verspreidingsproces kan de monitoringsinspanning op termijn worden geminimaliseerd. Een nadere uitwerking van het verifiërend monitoringsmeetnet valt buiten de scope van deze handleiding.

### **Beschrijving van activiteiten van stap D.3**

#### **D.3.1 ONTWERP VAN HET MONITORINGSMEEETNET**

##### **Wat**

Maak een eerste ontwerp van het monitoringsmeetnet of pas het eerder opgestelde monitoringsmeetnet aan (zie toelichting).

N.B.: In stap D.3.7 wordt beoordeeld of het zin heeft het meetnet te optimaliseren. Deze beoordeling kan alleen worden uitgevoerd indien er minimaal drie meetnetten zijn doorgerekend. Overweeg daarom in stap D.3.1 meteen met meer dan één meetnet (liefst 3) aan de slag te gaan.

##### **Hoe**

1. Maak een keuze voor de ligging van de monitoringslijn.
2. Maak een keuze voor de dichtheid van het monitoringsmeetnet.
3. Toets of de geselecteerde locaties op basis van toegankelijkheid, mogelijke beïnvloeding door gebruik en eventuele (toekomstige) veranderingen in het terreingebruik geschikt zijn. Pas het ontwerp eventueel aan.
4. Stel de diepte en lengte van het filter van de peilbuizen vast.
5. Stel vast welke signaalwaarde nog hanteerbaar is.
6. Vertaal de maximaal aanvaardbare concentratie op de limietgrens naar een 'actiewaarde' op de interventiegrens. Bij overschrijding van de actiewaarde moet het interventiescenario (zie stap B) in werking treden. De actiewaarde is afhankelijk van de breedte van de interventiezone, de faalkans die wordt toegestaan en mogelijk optredende systematische fouten (zie kader 'Interventiescenario's' bij stap B.2).

##### **Toelichting**

In de volgende stappen wordt het monitoringsmeetnet 'doorgerekend' op betrouwbaarheid en kostenconsequenties. Stap D.3.7 wordt afgesloten met een evaluatie en voorstel voor optimalisatie van het monitoringsmeetnet (cyclisch ontwerpen).

Het kan nodig blijken om de aanvankelijk ontworpen monitoringsfrequentie aan te passen op grond van:

- *politieke en maatschappelijke gevoeligheid*: gevoelige situaties leiden vaak tot een consensus voor een hogere monitoringsfrequentie dan strikt noodzakelijk is vanuit het oogpunt van risico's.

##### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.3.1:*

- Kader: Monitoringslijn;
- Kader: Dichtheid van het monitoringsmeetnet;
- Kader: Signaalwaarde;
- Kader: Actiewaarde;
- Kader: Systematische fouten verdisconteren in de signaalwaarde.

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Joh. Enschedé;
- Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg te Geldermalsen.

#### **Monitoringslijn**

De meest wenselijke ligging van de monitoringslijn wordt bepaald door:

- de kans dat de verontreiniging door natuurlijke afbraak uitdooft voor deze de limietgrens bereikt (is deze kans groot dan ligt een monitoringslijn dichtbij de limietgrens voor de hand);
- de grootte van eventuele schade bij bedreiging van de limietgrens (is deze groot dan is een zo vroeg mogelijke signalering gewenst, dus een monitoringslijn dichtbij de bron);
- het voorkomen van bodemheterogeniteiten en voorkeurstromingen.

Als gevolg van het laatste dient een minimale afstand tussen de bron en de monitoringslijn te worden aangehouden van 10 m (Ontwerpprocedure grondwatermonitring stortplaatsen [VVAV, 1995]).



### Dichtheid van het monitoringsmeetnet

Bij het vaststellen van de dichtheid van het monitoringsmeetnet moet rekening worden gehouden met de grilligheid van de pluim, het verspreidingspatroon en de beschikbare locaties voor het plaatsen en de te gebruiken monitoringsinstrumenten. Daarnaast moet rekening worden gehouden met systematische fouten, waarvan de effecten kunnen worden verwerkt door de netwerkdichtheid te vergroten.

De dichtheid van het monitoringsmeetnet is afhankelijk van:

- de eisen aan betrouwbaarheid;
- de positie van de monitoringslijn (meetpunten dichtbij de bron of juist dichtbij de limietgrens; zie tabel 13);
- de onzekerheden in de prognoses betreffende het verspreidingsproces (bodemp heterogeniteit, onzekerheden in de verspreidingsrichting, bekendheid met de positie van de bron).

De gewenste betrouwbaarheid is afhankelijk van de schade bij falen van het monitoringssysteem. Als falen humane risico's tot gevolg heeft, dienen hoge eisen aan het monitoringssysteem te worden gesteld (zeer hoge betrouwbaarheid). In andere gevallen kan het meest optimale monitoringssysteem worden ontworpen door een optimum te zoeken tussen kosten (van monitoring) en baten (voorkomen van kosten van sanering bij bedreiging van de limietgrens).

Tabel 13. Dichtheid van het monitoringsmeetnet in relatie tot de afstand van de bron tot het monitoringsmeetnet.

Afstand tot de bron	Onderlinge afstand van de monitoringspunten (m)
22,5	9
40	15
75	25
150	33

Tabel 13 is opgesteld op basis van praktijkgevallen.

### Signaalwaarde

Bij de bepaling van de te hanteren signaalwaarde dient rekening te worden gehouden met detectielimieten, hoogte van achtergrondconcentraties en de variatie die optreedt in analyseresultaten als gevolg van de variatie in bemonstering en analyse (zie ook stap A.4).

Een nadere toelichting hierop is als volgt:

- De analyseresultaten zijn te beschrijven met een normaalverdeling. Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur 15. In deze figuur zijn tevens twee verschillende achtergrondgehalten aangegeven. Uit figuur 15 blijkt dat de spreiding in de resultaten van het laboratoriumonderzoek en de ligging van de achtergrondwaarde ten opzichte van de signaalwaarde bepalend zijn voor de betrouwbaarheid waarmee een feitelijke optredende overschrijding van de signaalwaarde kan worden onderkend (zie ook het toelichtingskader in bijlage 5.4 van het rapport 'Monitoring in FEB').
- Bij een lage signaalwaarde bestaat een betrekkelijk grote kans op vals alarm; de trefkans van het monitoringssysteem neemt echter toe met een lage signaalwaarde. Indien de gemeten concentraties aanmerkelijk lager liggen dan de werkelijke concentraties in de bodem, is een lagere signaalwaarde aan te bevelen.

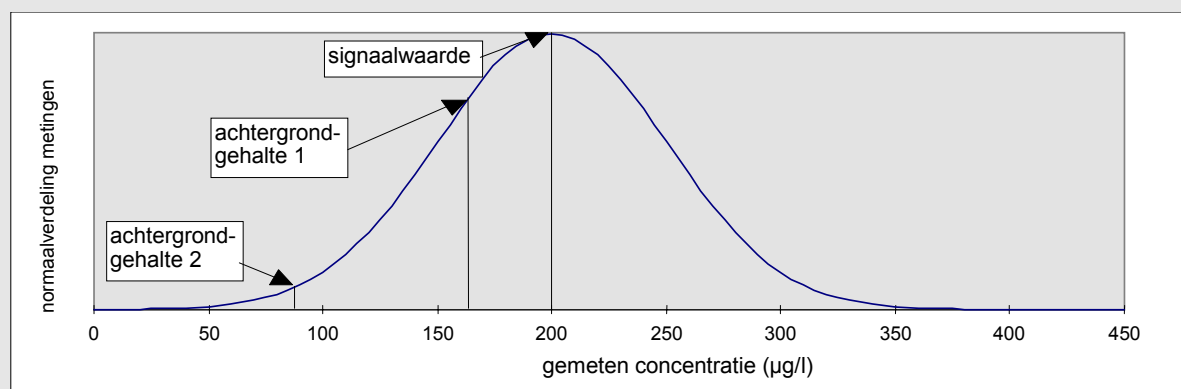


Fig. 15. Relatie tussen de signaalwaarde en de achtergrondwaarden (de normaalverdeling van de analyses is gebaseerd op specificaties in het laboratorium).

### Actiewaarde

De keuze van de hoogte van de actiewaarde wordt bepaald door een aantal factoren:

- Systematische fouten: zie kader 'Systematische fouten verdisconteren in de signaalwaarde'.
- Vereiste trefkans van het monitoringsmeetnet: De keuze van de actiewaarde (ten opzichte van de signaalwaarde) is bepalend voor het aantal keer dat tot actie dient te worden overgegaan. Dit wordt geïllustreerd in figuur 16. Bij een lage actiewaarde is de kans op falen klein. Bij een hoge actiewaarde daarentegen wordt lang gewacht met het in werking stellen van het interventiescenario en is de kans op falen relatief groot.

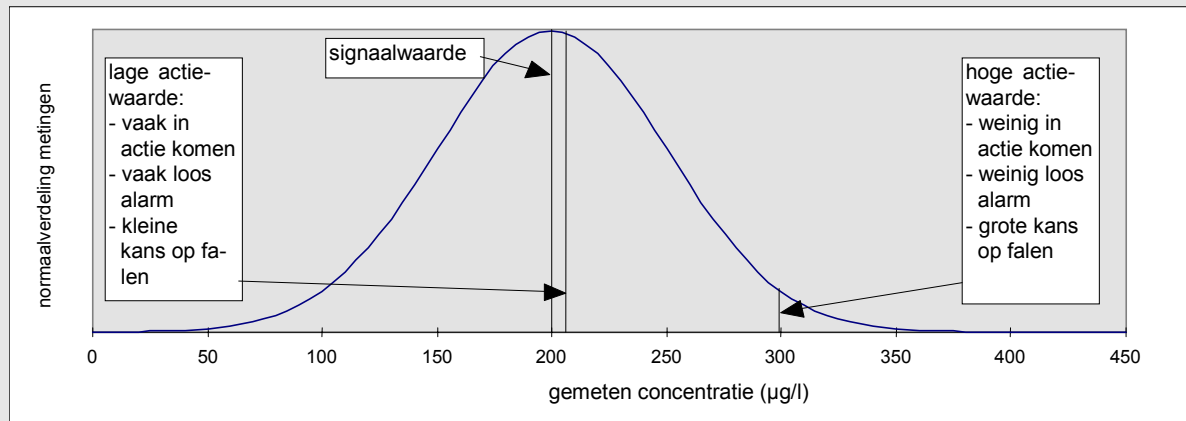


Fig. 16. Actiewaarde en signaalwaarde (de normaalverdeling van de analyses is gebaseerd op specificaties in het laboratorium).

### Systematische fouten verdisconteren in de signaalwaarde

#### Wat

Corrigeer de signaalwaarde voor het mogelijk optreden van systematische fouten.

## D.3.2 BEREKEN DE TREFKANS VAN HET MONITORINGSSYSTEEM

### Wat

Bereken de trefkans van het bij stap D.1 ontworpen monitoringssysteem.

### Hoe

Deze trefkans kan worden vastgesteld met behulp van rekenprogramma's. Een voorbeeld van een dergelijk programma is DG>Plume.

### Toelichting

- De trefkans is de kans dat verontreinigingen, die potentieel in onaanvaardbare concentraties de limietgrens zouden kunnen bereiken, tijdig worden opgemerkt.
- Indien er een eis is gesteld aan de minimale betrouwbaarheid van het meetnet kan de berekende trefkans hieraan worden getoetst. Indien noodzakelijk kan het ontwerp van het meetnet direct worden bijgesteld (zie stap D.3.1).

### Doorverwijzing/referenties

Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.3.2:

- Kader: Toelichting op het programma DG>Plume.

Rapportage 'Monitoring in FEB':

- Hoofdstuk 5: Ontwerpen van een monitoringsnetwerk;
- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Joh. Enschedé;
- Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg te Geldermalsen;
- Bijlage 4: Netwerkontwerp met het programma DG>Plume.

### *Toelichting op het programma DG>Plume*

Het programma DG>Plume is geschreven op basis van het bestaande programma AT123D [IGWMC, 1996]. DG>Plume lost de vergelijkingen voor stoftransport voor 1-, 2- en 3-dimensionale problemen analytisch op. Het programma kan zowel punt-, lijn-, vlak- als volumebronnen aan. De bronsterkte hoeft niet constant in de tijd te zijn. De grondwaterstroming dient echter wel uniform te zijn en alle parameters in ruimte en tijd constant. DG>Plume is ontwikkeld om in een homogeen stromingsveld de breedte van de verontreinigingspluim en de trefkans van monitoringssystemen te kunnen bepalen. Specifieke eigenschappen van DG>Plume zijn:

- de waarde van diverse parameters kunnen als trekkingen uit kansverdelingen worden ingevoerd;
- het programma berekent de breedte van de pluimen in scenario's die worden berekend door veel trekkingen te doen uit de set van parameters (Monte Carlo-methode). De berekende pluimbreedte kan worden gecorreleerd met de trekkingen (realisaties) van de parameters. Op deze wijze kunnen de meest waarschijnlijke pluimbreedten ter plaatse van de monitoringsslijn worden berekend.

Het programma berekent bij een gegeven monitoringssmeetnet en limietgrens de kans op:

- het ontstaan van pluimen die de afgesproken norm op de limiet nooit zullen overschrijden, maar ook nooit tot een overschrijding van de signaalwaarde aanleiding zullen geven;
- het ontstaan van pluimen waarbij de norm op de limietgrens zal worden overschreden en voortijdig de signaalwaarde in het monitoringspunt wordt overschreden (monitoringssmeetnet werkt, geval +1);
- pluimen die aanleiding geven tot overschrijding van de signaalwaarde in het monitoringspunt, maar nooit tot normoverschrijding op de limietgrens (geval -1);
- het ontstaan van pluimen waarbij de norm op de limietgrens zal worden overschreden en niet voortijdig de signaalwaarde in het monitoringspunt wordt overschreden (monitoringssmeetnet faalt, geval -2). In dit geval wordt het verontreinigde volume achter de meetgrens bepaald, zodat hieruit de schade is te berekenen.

Op basis van de berekende pluimbreedten kan een eerste inschatting worden gemaakt voor het ontwerp van het monitoringssmeetnet. In een tweede stap evalueert het programma het ontworpen monitoringssmeetnet. De locatie van de waarnemingspunten en de meest kritische modelparameters zijn op een eenvoudige wijze te veranderen, waardoor een optimaal systeem wordt ontwikkeld. Het hier beschreven programma is specifiek voor FEB ontwikkeld. Om de trefkans van monitoringssystemen te bepalen kan uiteraard ook gebruik worden gemaakt van andere programma's.

### **D.3.3 VASTSTELLEN VAN DE POTENTIËLE OMVANG VAN EEN VERONTREINIGINGSPLUIM BIJ NIET-DETECTEREN**

#### **Wat**

Bereken de potentiële schade bij een falend monitoringssysteem.

#### **Hoe**

Bereken het volume verontreinigde grondwater (het volume voordat interventie maatregelen worden getroffen) achter de limietgrens als de verontreiniging zich ongemerkt tussen de meetnetpunten in over de limietgrens heeft verspreid. Dit kan worden berekend met diverse programma's, waaronder DG>Plume.

#### **Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.3.3:*

- Kader: Toelichting op het programma DG>Plume (zie kader bij stap D.3.2).

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Hoofdstuk 5: Ontwerpen van een monitoringssnetwerk;
- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Joh. Enschedé;
- Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg in Geldermalsen;
- Bijlage 4: Netwerkontwerp met het programma DG>Plume.

### **D.3.4 BEREKEN DE POTENTIËLE KOSTEN VAN SCHADE BIJ EEN FALEND MONITORINGSSYSTEEM**

#### **Wat**

Bereken de kosten van schade bij een falend monitoringssysteem.

#### **Hoe**

Er bestaat geen eenduidig kader om de waarde van het grondwater dan wel de schade aan het grondwater door verspreiding van verontreinigingen vast te stellen. In dit kader worden hiervoor de volgende methoden voorgesteld (in het kader 'Waarde van het grondwater/schade aan het grondwater door verspreiding' worden deze methoden nader toegelicht):

1. Bepaal de saneringskosten die moeten worden gemaakt om het volume verontreinigde grondwater te reinigen tot de terugsaneerwaarde. Voor het bepalen van de saneringskosten in een aantal standaardsituaties is een rekenmodel opgesteld (zie 'Doorverwijzing/referenties').

2. Bepaal de kosten die moeten worden gemaakt om van het verontreinigde grondwater drinkwater te produceren.
3. Bereken daarnaast de eventuele afkoopwaarde die het verontreinigde grondwater heeft of kan hebben. De schade kan worden afgekocht door bijvoorbeeld een - het liefst vooraf afgesproken - afkoopwaarde per kubieke meter verontreinigd grondwater vast te stellen.

Bereken eventuele bijkomende schadeposten. Gedacht kan worden aan:

- waardedaling van de grond;
- schade door blootstelling aan de verontreiniging;
- sloop van gebouwen (noodzakelijk voor de sanering);
- contractbreuk.

#### Doorverwijzing/referenties

Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.3.4:

- Kader: Waarde van het grondwater/schade aan het grondwater door verspreiding;
- Kader: Optimalisatie van monitoringskosten en faalkosten.

Rapportage 'Monitoring in FEB':

- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Joh. Enschedé;
- Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg te Geldermalsen;
- Bijlage 7: Kosten van monitoring en schade door falen;
- Rekenmodel (zie '98-1-02 rekenmodel' op de cd-rom).

#### Waarde van het grondwater/schade aan het grondwater door verspreiding

##### Methode 1: Saneringskosten

Door verspreiding van verontreinigingen treedt er in principe een waardedaling op van oorspronkelijk schoon grondwater. Door deze verontreiniging te saneren, wordt de kwaliteit van het grondwater weer hersteld. De schade aan het grondwater door de opgetreden verspreiding is dan gelijk aan de saneringskosten van het grondwater. Een aandachtspunt is hierbij dat een grondwatersanering niet altijd resulteert in een grondwaterkwaliteit gelijk aan die voorafgaand aan de verspreiding van de verontreinigingen. In bijlage 7 van het rapport 'Monitoring in FEB' is een rekenmodel (zie ook '98-1-02 rekenmodel' op de cd-rom) gepresenteerd om snel een indicatie te krijgen van de saneringskosten van verschillende verontreinigingspluimen.

##### Methode 2: Kosten voor productie van drinkwater

De schade aan grondwater is gelijk aan extra kosten die gemaakt moeten worden om drinkwater te bereiden uit de nieuw verontreinigde grondwatervoorraad ('end of pipe' kosten).

##### Methode 3: Afkoopbedrag

Er kan een afkoopbedrag worden overeengekomen met de partij die wordt 'gedupeerd' door het optreden van de verspreiding. Het afkoopbedrag kan afhankelijk zijn van een aantal factoren:

- huidige gebruiksfunctie van het grondwater;
- toekomstige gebruiksfunctie van het grondwater;
- initiële kwaliteit van het grondwater (zoet/zout, verhoogde achtergrondwaarde);
- politieke besluitvorming omtrent aspecten als de intrinsieke waarde van het grondwater.

In tabel 14 is een voorstel gegeven voor de waarde van het grondwater als functie van het bodemgebruik en de initiële kwaliteit van het grondwater. Hierbij is geen rekening gehouden met actuele blootstellingsrisico's of het verspreiden (b.v. kwel) naar gebieden met een andere gebruiksfunctie. Tabel 14 is opgesteld voor 'standaard-situaties'. Er kunnen altijd situaties zijn waarvoor maatwerk nodig is.

Tabel 14. Waarde van het grondwater.

Gebruiksfunctie (huidig/toekomstig)	Waarde van het grondwater (NLG/m <sup>3</sup> )	
	Brak grondwater	Zoet grondwater
Industrie	2	6
Landbouw	10	80
Stedelijk gebied	10	15
Recreatie	50	50
Drinkwaterbereiding	n.v.t.	100
Natuur	100	100

Tabel 14 is opgesteld op grond van:

- resultaten van een workshop waaraan zowel de overheid, probleembezitters als gebruikers hebben deelgenomen;
- ervaringscijfers.

Het uitgangspunt bij de keuze van de toe te passen methode is dat alle betrokken partijen inclusief het bevoegd gezag het met elkaar eens zijn over de wijze waarop de waarde wordt vastgesteld.

Zie ook:

- bijlage 7 van het rapport 'Monitoring in FEB': Kosten van monitoring en schade door falen;
- tabel 8.2 uit bijlage 8 (Eisen aan betrouwbaarheid van een monitoringssysteem) van het rapport 'Monitoring in FEB'.

#### Optimalisatie van monitoringskosten en faalkosten

Met betrekking tot de kosten voor falen geldt dat naarmate de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem groter is (en dus ook de monitoringskosten), de kosten van falen lager zijn. Dit is weergegeven in figuur 17. Op de verticale as zijn de kosten weergegeven. Op de horizontale as is de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem weergegeven.

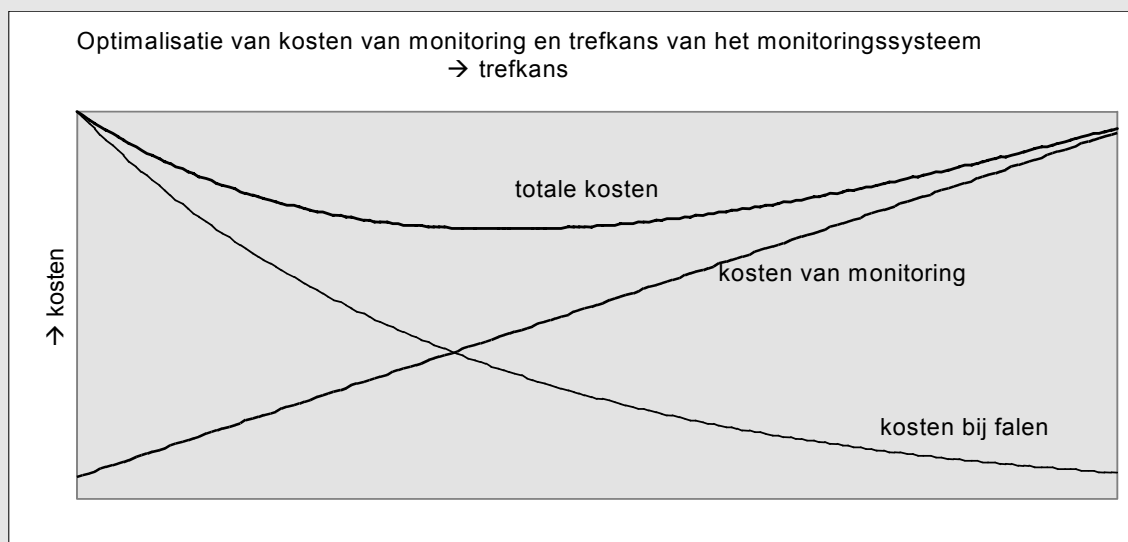


Fig. 17. (Gesommeerde) kosten van monitoring en falen van het monitoringssysteem als functie van de trefkans van het monitoringssysteem.

### D.3.5 BEREKEN DE KOSTEN VAN HET MONITORINGSSYSTEEM

#### Wat

Stel vast wat de kosten zijn van het bij stap D.1 ontworpen monitoringssysteem.

#### Hoe

Denk bij het vaststellen van de kosten aan:

- het ontwerp van het monitoringsmeetnet;
- de aanleg van het monitoringssysteem;
- de exploitatie van het monitoringssysteem (monitoringsfrequentie, monsternamen, analyse en interpretatie);
- het onderhoud van het monitoringssysteem;
- de rente en inflatie;
- de afschrijftermijn van het monitoringsmeetnet;
- het startmoment van de monitoring: indien in een monitoringsmeetnet niet eerder dan over bijvoorbeeld 25 jaar de eerste verontreiniging is te verwachten, is het niet doelmatig de eerste jaren een intensieve controlerende monitoring uit te voeren. N.B.: Met een verifiërende monitoring kan het globale startmoment van de controlerende monitoring beter worden ingeschat;
- de verzekering.

Voor het bepalen van de monitoringskosten is een rekenmodel opgesteld (zie 'Doorverwijzing/referenties').

#### Toelichting

Met betrekking tot de kosten voor monitoring geldt dat naarmate de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem groter is, de kosten voor monitoring over het algemeen toenemen (zie kader 'Optimalisatie van monitoringskosten en faalkosten' bij stap D.3.4). De 'verzekeringwereld' is gepolst met betrekking tot de verzekering van saneringen volgens het FEB-concept. De resultaten zijn te vinden in bijlage 9 van het rapport 'Monitoring in FEB'.

**Doorverwijzing/referenties**

*Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.3.5:*

- Kader : Optimalisatie van monitoringskosten en faalkosten (zie kader bij stap D.3.4).

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Joh. Enschedé;
  - Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg te Geldermalsen;
  - Bijlage 7: Kosten van monitoring en schade door falen;
  - Bijlage 9: Verzekerbbaarheid van risico's van een falend monitoringssysteem;
  - Rekenmodel (zie '98-1-02 rekenmodel' op de cd-rom).
- 

---

**D.3.6 SOMMEER DE KOSTEN VAN SCHADE EN MONITORING**

---

**Wat**

Sommeer de kosten voor de potentiële schade en de kosten voor monitoring (deze zijn met de voorgaande twee activiteiten bepaald).

**Hoe**

De kosten worden bepaald door de potentiële schade te vermenigvuldigen met de kans op falen. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de kosten van vals alarm vermenigvuldigd met de kans dat vals alarm optreedt.

**Toelichting**

In de bepaling van de schade bij falen van het monitoringssysteem is de waarde van het grondwater dan wel zijn de kosten voor herstel van de kwaliteit van het oorspronkelijk schone grondwater meegenomen. Doordat dit in het optimalisatieproces wordt meegenomen, wordt voorkomen dat de kosten van bescherming van een grondwatervoorraad de waarde van die voorraad te boven gaat.

**Doorverwijzing/referenties**

*Rapportage 'Monitoring in FEB':*

- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Joh. Enschedé;
  - Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg te Geldermalsen.
- 

---

**D.3.7 OPTIMALISEER**

---

**Wat**

1. Beoordeel of het ontworpen monitoringssysteem voldoende betrouwbaar is. Is dit niet het geval, verhoog dan de dichtheid van het netwerk (of verplaats de monitoringslijn).
2. Als het netwerk voldoende betrouwbaar is, ga dan na of een verlaging van de betrouwbaarheid tot lagere totale kosten leidt. In de kostenafweging moet wel in beschouwing worden genomen dat een lagere betrouwbaarheid (dus lagere trefkans) de kans op interventie alsmede de omvang van deze interventie doet toenemen, wat ook geld kost.

**Hoe**

- Stel de betrouwbaarheid van het meetnet vast door bijvoorbeeld gebruik te maken van daarvoor ontwikkelde programmatuur, zoals het programma DG>Plume.
- Bereken de monitoringskosten met bijvoorbeeld het rekenmodel uit appendix 7 van de rapportage 'Monitoring in FEB'.
- De kosten van 'schade' kunnen worden berekend door te beoordelen in welke mate verontreinigende stoffen ongemerkt de limietgrens zouden kunnen passeren (bij het voorgenomen monitorings-systeem) en vast te stellen tegen welke kosten dit kan worden gesaneerd. Deze kosten moeten worden vermenigvuldigd met de kans dat dit ook werkelijk optreedt.
- Door de kosten van monitoring (worden zeker gemaakt) op te tellen bij die van de interventie (kans x kosten) worden de totale kosten berekend. Door dit enkele keren te herhalen voor verschillende monitoringsnetwerken wordt een indruk verkregen van het meest optimale netwerk.

**Toelichting**

In het kader 'Optimalisatie van monitoringskosten en faalkosten' (zie stap D.3.4) is een grafiek weergegeven, waarin de totale kosten (kosten van monitoring + kosten bij falen) zijn uitgezet tegen de betrouwbaarheid van de monitoring. Door de verschillende uitgewerkte monitoringssystemen in een dergelijke grafiek uit te zetten kan visueel worden beoordeeld in hoeverre een monitoringssysteem met een hogere dan wel lagere betrouwbaarheid leidt tot optimalisatie van de kosten.

### Doorverwijzing/referenties

Achtergrondinformatie en/of rekenvoorbeelden stap D.3.7:

- Kader: Optimalisatie van monitoringskosten en faalkosten (zie kader bij stap D.3.4).

Rapportage 'Monitoring in FEB':

- Hoofdstuk 7: Toepassing op case A: het geval Joh. Enschedé;
  - Hoofdstuk 8: Toepassing op case B: De Meersteeg te Geldermalsen;
  - Appendix 7: Rekenprogramma's voor kosten van monitoring en saneringskosten bij falen monitoringssysteem; berekening van de netto-contante waarde.
- 

## D.4 Installatie van het monitoringssysteem

In stap D.4 wordt beschreven welke specifieke activiteiten nodig zijn in de fasen van het opstellen van het bestek voor het monitoringsmeetnet tot en met de voorbereidingen voor de uitvoering van de monitoring.

Voor de aanlegfase worden protocollen met betrekking tot de installatie van het systeem opgesteld. Hierin staan procedures beschreven met betrekking tot kwaliteitscontroles aan het monitoringsmeetnet, hoe moet worden omgegaan met afwijkingen ten opzichte van het bestek bij installatie en worden alle gegevens van het monitoringsmeetnet vastgelegd in een 'basisdocument'.

Voordat kan worden overgegaan tot de operationele fase wordt vastgelegd hoe er gemeten en geëvalueerd dient te worden.

In de meet- en evaluatieprocedure moeten verschillende activiteiten worden beschreven, die hieronder zijn samengevat:

- meten: aansturing, bemonstering, analyse en rapportage;
- evalueren: beoordeling van metingen, toetsing van metingen aan de signaalwaarde en het trekken van conclusies.

De procedure bevordert een uniforme en reproduceerbare meting en verhoogt de representativiteit en nauwkeurigheid. Het niet goed volgen van de meetprocedure leidt tot een onvoldoende representatieve meting en dus tot foutieve monitoringsgegevens. Uiteraard worden de 'ijkmomenten' vastgelegd.

### Beschrijving van activiteiten van stap D.4

---

#### D.4.1 MAAK BESTEK

---

##### Wat

Stel het bestek voor het aan te brengen monitoringsmeetnet op.

##### Hoe

Het uitgangspunt bij het opstellen van het bestek is dat iedereen toegang heeft tot de informatie op basis waarvan de juiste (materiaal)specificaties kunnen worden opgesteld. Het bestek geeft een omschrijving van het uit te voeren werk.

Het bestek dient in ieder geval de volgende zaken te bevatten:

- Opzet en doel van het monitoringsmeetnet.
- Beschikbare informatie over specifieke gevallen (rapporten, resultaten van modelberekeningen).
- Ligging van en randvoorwaarden op de limietgrens (zie stap B.1).
- Interventiescenario (zie stap B.2).
- Exacte positionering (XYZ-coördinaten, welk stelsel of nulpunt) van monitoringsinstrumenten. Denk hierbij aan:
  - afwerking van het monitoringsmeetnet: stel de locatie en de afwerking van de meetpunten zo op dat vernieling wordt voorkomen. Vervanging van de peilbuizen leidt tot onzekerheden in de beoordeling van de meetresultaten;
  - diepte en lengte van filters (eventueel op basis van piëzoconussondering);
  - maximale tolerantie waar de meetpunten moeten worden gepositioneerd.

- Specificaties ten aanzien van de te gebruiken materialen. Denk hierbij aan:
  - permeatie: kies voor peilbuizen van een materiaal dat permeatie van verontreinigende stoffen niet toelaat;
  - dit is vooral essentieel in het geval van aanwezigheid van puur product (peilbuizen in de bron);
  - dichtslibben: besteed aandacht aan de kwaliteit en de uitvoering van het filter, zodat dichtslibben wordt voorkomen.
- Specificaties ten aanzien van de plaatsing van de monitoringsinstrumenten. Denk hierbij aan:
  - bodemmilieu: stel van te voren vast of het bodemmilieu door de plaatsing van het meetpunt kan worden beïnvloed en probeer deze te minimaliseren;
  - kruisverontreiniging: stel van te voren vast hoe kruisverontreiniging kan worden voorkomen (meetpunten buiten de bron, vertoeren enz.).
- Vereiste normen ten aanzien van de uitvoering van werkzaamheden (ISO-9001; SIKB).
- Gewenste veiligheidseisen.
- Communicatieplan, zodat trage communicatie tussen uitvoerder en besluitvormers wordt voorkomen.
- Procedure bij calamiteiten.
- Periode van de werkzaamheden.
- Kosten.

#### **Toelichting**

Houd bij de aanbesteding rekening met de expertise van bedrijven. Niet alle aannemers zijn bijvoorbeeld, in tegenstelling tot adviesbureaus, gewend peilbuizen voor milieumetingen te plaatsen en te monstern. Het uitgangspunt dient te zijn een te allen tijde zo optimaal en constant mogelijke kwaliteit.

#### **Doorverwijzing/referenties**

*Andere bronnen:*

- FEB-II, 1998, Document peilbuizengebruik, (zie 'document peilbuizengebruikt GD en GM' op de cd-rom).

### **D.4.2 OPSTELLEN VAN PROCEDURES VOOR DE INSTALLATIE VAN HET MONITORINGSMEETNET**

#### **Wat**

Stel procedures op met betrekking tot kwaliteitscontroles aan het monitoringsmeetnet, waarin staat beschreven hoe moet worden omgegaan met afwijkingen ten opzichte van het bestek bij de installatie en leg alle gegevens van het monitoringsmeetnet vast in een 'basisdocument'.

#### **Hoe**

- *Kwaliteitscontrole*: Schrijf voor op welke onderdelen er minimaal een kwaliteitscontrole moet plaatsvinden opdat achteraf kan worden gecontroleerd dat volgens de ontwerprichtlijnen is gewerkt.
- *Afwijkingen ten opzichte van het bestek*: Beschrijf in een procedure hoe met afwijkingen ten opzichte van het bestek dient te worden omgegaan. Het doel is:
  - vastleggen van afwijkingen van het bestek;
  - controle achteraf op de gerealiseerde werken.
- *Rapportage*: Het 'basisdocument' dient in ieder geval de volgende onderdelen te bevatten:
  - exacte ligging van de meetpunten (inmetingen, locatiekaart, foto's met de situatie);
  - het bij de plaatsing waargenomen bodemprofiel;
  - wijze van plaatsen en gebruikte materialen;
  - maten (hoogten/diepten t.o.v. NAP en het maaiveld);
  - data van plaatsing en metingen;
  - bijzonderheden bij plaatsing.

#### **Toelichting**

Houd bij de opzet van de rapportage rekening dat revisies aan het monitoringsmeetnet in het document kunnen worden verwerkt.

#### **Doorverwijzing/referenties**

-



---

#### D.4.3 BESCHRIJVEN VAN DE PROCEDURE VOOR METEN

---

##### **Wat**

Leg door middel van een procedure vast hoe gemeten dient te worden. Werken conform deze procedure zal de effectiviteit en betrouwbaarheid van metingen en te verkrijgen gegevens vergroten.

##### **Hoe**

De volgende zaken dienen te worden vastgelegd:

- hoe de aansturing van de opdracht voor de bemonstering en analyse van de monsters plaats dient te vinden en welke partijen daarbij betrokken zijn;
- de wijze van bemonstering en aandachtspunten in relatie tot de aanwezige verontreinigingen;
- gegevens omtrent de analyse, zoals kwaliteitsnormen, detectiegrenzen en betrouwbaarheid;
- de wijze van rapportage en/of presentatie van meetgegevens;
- de verantwoordelijke voor het beheer van de monitoringsdata.

##### **Toelichting**

- *Aansturing:* Dit onderdeel bestaat uit het verlenen van een opdracht voor het bemonsteren van het monitoringssysteem. Zorg ervoor dat de uitvoerende partij voldoet aan alle kwaliteitscriteria.
- *Bemonstering:*
  - Adsorptie aan de bemonsteringsslang: Beperk mogelijke adsorptie van verontreinigende stoffen aan de bemonsteringsslang door een goede materiaalkeuze en een effectieve pompomptijd.
  - Voorpompen: Stel vast in hoeverre de in de norm voorgeschreven voorpompcriteria voldoen. Beoordeel in hoeverre een locatiespecifieke duurproef zinvol is om vast te stellen bij welk voorpompregime (volume, snelheid) een constant monster wordt verkregen.
  - Vervluchting: Schrijf een zodanige pompprocedure voor dat vervluchting van verontreinigende stoffen uit het monster minimaal is.
  - Monster(voor)behandeling: Beschrijf stapsgewijs hoe het monster moet worden behandeld teneinde fouten te voorkomen. Denk aan: chemische omzetting, vervluchting uit de fles, verwisseling van monsters enzovoorts.
  - Monsteropslag: Beschrijf hoe de monsters moeten worden opgeslagen. Het kan hier ook duplo's of blanco's betreffen die alleen worden geanalyseerd indien uit de evaluatie blijkt dat de signaalwaarde wordt overschreden of als er onverwachte resultaten worden gevonden.
  - Biochemische omzetting: Beoordeel of het nodig is om extra aandacht te besteden aan de wijze van monsternamen teneinde biochemische omzetting van verontreinigende stoffen als gevolg van 'beroering van de bodem' te voorkomen. Zo kan door beroering van de bodem zuurstof worden geïntroduceerd in een zuurstofarme bodem, waardoor plaatselijk ontsmetting/oxidatie van de verontreiniging optreedt.
- *Analyse:*
  - Kwaliteitscontrole: Stel vast of de analyses zijn/worden uitgevoerd volgens de vastgestelde normen (zie stap D.4.2).
  - Verhoogde detectiegrens: Stel vast of het denkbaar is dat door locatiespecifieke omstandigheden de detectiegrens zodanig is verhoogd dat deze boven de signaalwaarden ligt.
  - Betrouwbaarheid van een meting: Stel vast wat de betrouwbaarheid van een meting is. De analyseresultaten zijn in principe te beschrijven met een normaalverdeling (zie fig. 15). Wat is de kans dat een analyseresultaat de werkelijke situatie overschat/onderschat en wat zijn daarvan de gevolgen.
- *Rapportage:* Format: Stel een format op voor de wijze waarop wordt gerapporteerd. Gedacht kan worden aan de volgende inhoudelijke aspecten:
  - Monitoringsnetwerk en monitoringsprogramma op hoofdlijnen.
  - Monitoringsresultaten.
  - Overzicht van eventueel gesignaleerde verontreinigingen.
  - Overzicht van de genomen curatieve acties.
  - Overzicht van voorgestelde wijzigingen alsook een overzicht van geëffectueerde wijzigingen om het monitoringssysteem te optimaliseren.
  - Afwijkingen: Geef aan op welke punten afwijkingen ten opzichte van de procedure van meten en evalueren zijn opgetreden. Geef aan wat de oorzaak, gevolgen en aanbevelingen (noodzakelijke acties) zijn.

##### **Doorverwijzing/referenties**

###### *Andere bronnen:*

- Handboek bodemsaneringstechnieken - onderdeel J 'Nazorg IBC-saneringen en Beheer In-situ Bodemsaneringen' (concept), Grontmij/TNO-MEP, 1999.
-

---

#### D.4.4 BESCHRIJVEN VAN DE PROCEDURE VOOR EVALUAEREN

---

##### **Wat**

Leg door middel van een procedure vast hoe de evaluatie en interpretatie van meetgegevens dient plaats te vinden.

##### **Hoe**

Voor het vastleggen van de procedure voor evaluatie van meetgegevens dienen de volgende zaken te worden beschreven:

- de wijze en/of methodiek waarop interpretatie van meetgegevens zal plaatsvinden;
- vastleggen van het stappenplan in het geval van overschrijding van de signaalwaarde;
- wijze waarop terugkoppeling kan plaatsvinden, zoals bij fouten.

##### **Toelichting**

Enkele randvoorwaarden en/of voorbeelden voor een dergelijke procedure staan hieronder weergegeven:

- *Toetsing aan de signaalwaarde:* Stel vast of de signaalwaarde wordt overschreden. Bij overschrijding van de signaalwaarde treedt het stappenplan 'overschrijding van de signaalwaarde' in werking (zie punt 3). Indien geen sprake is van een overschrijding van de signaalwaarde kan een trendanalyse plaatsvinden (zie punt 2).
- *Trendanalyse:* Stel vast of de analyseresultaten een bepaalde trend vertonen. Hierbij kan worden gedacht aan:
  - toe- of afname van concentraties;
  - ontstaan of verdwijnen van tussenproducten.
- *Stappenplan bij overschrijding van de signaalwaarde:* Ontwerp een stappenplan voor de activiteiten die achtereenvolgens moeten worden uitgevoerd indien de signaalwaarde wordt overschreden op één of meerdere meetpunten. Een voorbeeld van een stappenplan is gegeven in het kader 'Voorbeeld van het beslisschema voor de vaststelling van de overschrijding van de actiewaarde' (zie stap D.1.5). Onderdelen die in het stappenplan kunnen terugkomen zijn bijvoorbeeld:
  - stel de aard en oorzaak van de overschrijding vast;
  - indien er een overschrijding van de signaalwaarde is opgetreden door een aantoonbare 'fout' in het traject van aansturing, bemonstering, analyse of rapportage dient een herbemonsteringsprocedure te worden ingezet of kunnen duplo's/blanco's van de betreffende bemonsteringsronde worden geanalyseerd. Het verdient aanbeveling duplo's en/of blanco's, ook indien geen overschrijding van de signaalwaarde wordt geconstateerd, steekproefsgewijs te laten analyseren om de betrouwbaarheid van de analyses te controleren.  
N.B.: Indien wordt geconcludeerd dat er inderdaad een overschrijding van de signaalwaarde is opgetreden, dient het controleprogramma te worden uitgevoerd.
- *Leer van fouten:* Indien uit de evaluatie blijkt dat een overschrijding van de signaalwaarde is opgetreden door een fout in het traject van aansturing, bemonstering, analyse, rapportage: pas dan de procedure voor meten en evalueren hierop aan (leer van gemaakte fouten).
- *Monitoringsfrequentie:* Stel op basis van nieuwe inzichten in verspreidingsprocessen een nieuwe monitoringsfrequentie vast. Maak hierbij gebruik van de bij het ontwerp van het monitoringsmeetnet toegepaste methodieken. Leg dit eenduidig vast.
- *Toetsingskader:* Er moet op basis van een helder kader getoetst kunnen worden. Dit kader dient te worden vastgelegd in het nazorgplan/beheersplan. De afspraken die gemaakt worden dienen te voldoen aan het SMART-principe:
  - Specifiek;
  - Meetbaar;
  - Acceptabel;
  - Realistisch;
  - Tijdgebonden.

N.B.: Het niet goed uitvoeren van de evaluatieprocedure kan leiden tot het trekken van verkeerde conclusies, waardoor het interventiescenario te vroeg dan wel te laat in werking treedt. Dit heeft onnodige kosten tot gevolg.

##### **Doorverwijzing/referenties**

*Andere bronnen:*

- Handboek bodemsaneringstechnieken - onderdeel J 'Nazorg IBC-saneringen en Beheer In-situ Bodemsaneringen' (concept), Grontmij/TNO-MEP, 1999.
-

---

#### **D.4.5 BESCHRIJVEN VAN DE PROCEDURE VOOR COMMUNICATIE**

---

##### **Wat**

Leg door middel van een procedure vast hoe, door wie en wanneer communicatie tussen de betrokken partijen plaatsvindt.

##### **Hoe**

Stel vast welke van de betrokken partijen geïnformeerd dienen te worden in geval van periodieke rapportage, overschrijding van de signaalwaarde, calamiteiten, wijziging van de monitoringsfrequentie enzovoorts. Hiervoor kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van tabel J1.B3:1 uit het Handboek bodemsaneringstechnieken - onderdeel J.

##### **Toelichting**

-

##### **Doorverwijzing/referenties**

*Andere bronnen:*

- Handboek bodemsaneringstechnieken - onderdeel J 'Nazorg IBC-saneringen en Beheer In-situ Bodemsaneringen' (concept), Grontmij/TNO-MEP, 1999.
- 

#### **D.5 Uitvoering van de monitoring**

In stap D.5 wordt de uitvoering van de monitoring inclusief evaluatie, rapportage en besluitvorming beschreven.

De feitelijke monitoring vindt plaats op basis van de procedures die zijn opgesteld voor het meten en evalueren. De meetwaarden worden geïnterpreteerd en getoetst aan de signaalwaarde.

Wanneer de signaalwaarde wordt overschreden, wordt het controleprogramma uitgevoerd. Een controleprogramma heeft als voordeel dat wordt voorkomen dat onnodig tot kostbare interventie-maatregelen wordt overgegaan.

##### **Beschrijving van activiteiten van stap D.5**

---

#### **D.5.1 UITVOEREN VAN HET MEETPROGRAMMA**

---

##### **Wat**

Voer de procedure uit van meten en evalueren.

##### **Hoe**

Doe dit aan de hand van de procedures zoals beschreven in stap D.4.3 en D.4.4.

##### **Toelichting**

Indien de signaalwaarde wordt overschreden, dient tot actie te worden overgegaan. Als in een meetronde de signaalwaarde wordt overschreden wil dat niet zeggen dat er als over kop interventie-maatregelen dienen te worden getroffen.

Bedacht moet worden dat de procedures aan verandering onderhevig kunnen zijn. Bij de interpretatie en evaluatie is het belangrijk wijzigingen te onderkennen en rekening te houden met de invloed op detectiegrenzen, nauwkeurigheden, niet meer te vergelijken resultaten (oud/nieuw), enzovoorts.

Ook kunnen procedures aangepast worden op basis van gemaakte fouten en van hetgeen is geleerd bij de toepassing van de procedure (zelf lerend mechanisme).

##### **Doorverwijzing/referenties**

*Andere bronnen:*

- Handboek bodemsaneringstechnieken - onderdeel J 'Nazorg IBC-saneringen en Beheer In-situ Bodemsaneringen' (concept), Grontmij/TNO-MEP, 1999.
-

---

## D.5.2 UITVOEREN VAN HET CONTROLEPROGRAMMA

---

### **Wat**

Voer in het geval van overschrijding van de signaalwaarde het controleprogramma uit.

### **Hoe**

- Neem niet direct interventie maatregelen, maar controleer of de overschrijding:
  - feitelijk is: de overschrijding is niet veroorzaakt door een fout in het meettraject (aansturing, bemonstering, analyse, rapportage);
  - structureel van aard is;
- Voer controlemetingen uit om te kunnen beoordelen wat de aard van de eerder geconstateerde overschrijding van de signaalwaarde is.
- Stel vast op basis van welke criteria kan worden aangenomen dat sprake is van een overschrijding van de *actiewaarde*: interventie is noodzakelijk.

### **Toelichting**

Door het uitvoeren van het controleprogramma wordt voorkomen dat onnodig tot kostbare interventie maatregelen wordt overgegaan.

Er zijn verschillende oorzaken aan te wijzen waardoor een overschrijding van de signaalwaarde is aangetoond:

- *Controlemetingen*: Er kunnen verschillende controlemetingen worden uitgevoerd:
  - Voer een herbemonstering uit. Houd hierbij rekening met mogelijke oorzaken van de eerder geconstateerde overschrijding: indien de vermoedelijke oorzaak ligt in het verwisselen van monsterflessen dient het bemonsteringsprotocol of de aansturing van de bemonsteraar te worden aangepast. De herbemonstering kan plaatsvinden in:
    - de meetpunten waar eerder de overschrijding is opgetreden;
    - het gehele monitoringsmeetnet.
  - Overweeg metingen uit te voeren op een locatie waar nog niet eerder is gemeten. Hiertoe dient al dan niet een nieuw waarnemingspunt te worden toegevoegd aan het bestaande monitoringsmeetnet. Het gebruik van nieuwe meetpunten kan noodzakelijk zijn indien deze door invloeden van buitenaf, bijvoorbeeld door vernieling, onbruikbaar zijn geworden.
  - Overweeg om aanvullende parameters te meten. Hiermee kan worden getoetst of enkel de gidsparameter of ook andere parameters tot overschrijding van de signaalwaarde leiden. Gebruik de op deze wijze verkregen informatie om de keuze van de gidsparameter te evalueren.
- *Controle van externe factoren en tijdsafhankelijke gebeurtenissen*: Externe gebeurtenissen kunnen leiden tot het falen van het monitoringssysteem indien deze niet worden waargenomen en/of niet de adequate maatregelen (bijvoorbeeld aanpassing van het monitoringssysteem) worden getroffen. De volgende activiteiten dienen hiertoe te worden uitgevoerd:
  - Communicatie tussen uitvoerder en opdrachtgever: Een goede communicatie is essentieel voor het goed functioneren van een monitoringssysteem. Stel hiervoor een communicatieplan op waarin is vastgelegd wie, op welke momenten, voor welke informatiestroom zorg draagt.
  - Veranderend terreingebruik: Leg vast hoe veranderend terreingebruik aan de nazorgorganisatie moet worden gemeld, zodat kan worden beoordeeld of de limietgrenzen moeten worden aangepast.
  - Grondwateronttrekkingen: Beoordeel hoe kan worden voorkomen dat grondwateronttrekkingen worden geïnitieerd die een zodanige invloed op het verspreidingspatroon hebben dat het netwerk of de signaalwaarden moeten worden aangepast. Een koppeling met informatie-uitwisseling met vergunningverleners (gemeente, provincie) kan worden gemaakt.
  - Andere gevallen: Stel vast hoe de nazorgorganisatie wordt geïnformeerd indien andere gevallen van bodemverontreiniging in de directe omgeving worden ontdekt.
- *Evaluatie*: Toepasbare methoden voor evaluatie van controlemetingen zijn:
  - Trendanalyse van de waarnemingen op het meetpunt waar aanvankelijk de overschrijding is waargenomen. Hierbij moet rekening worden gehouden met:
    - de uitvoerings- en besluitvormingswijzen (welke statistische techniek);
    - de hoeveelheid benodigde waarnemingen.
  - Beoordeling van de resultaten van metingen op meerdere punten: Worden de metingen op andere punten meegenomen bij de evaluatie en hoe vindt dit dan plaats.
  - Stel het aantal keren vast dat binnen een bepaalde periode achtereenvolgens een overschrijding van de signaalwaarde moet plaatsvinden voordat tot ingrijpen wordt overgegaan.
  - Leg een koppeling met de verifiërende metingen en herijk de hypothese van de verspreiding van de verontreinigingen.

### **Doorverwijzing/referenties**

-

---

---

**D.5.3    INFORMEER VERANTWOORDELIJKEN OVER INTERVENTIEMAATREGELEN**

---

**Wat**

Informeert verantwoordelijken in het geval van overschrijding van de signaalwaarde. Bij overschrijding van de actiewaarde dienen verantwoordelijken te worden geïnformeerd over de te nemen interventie-maatregelen.

**Hoe**

Stel in overleg met verantwoordelijken een standaardformat van rapportage op, waarin de boodschap eenduidig overkomt.

**Toelichting**

In het geval de signaalwaarde is overschreden dient het advies ten aanzien van vervolgstappen in de rapportage te worden betrokken. Te denken valt aan:

- het uitvoeren van het interventiescenario voor wat betreft noodmaatregelen;
- de eventuele resultaten van verifiërende metingen en de conclusies daaruit ten aanzien van een wijziging in de saneringsaanpak;
- de personen die moeten worden geïnformeerd.

**Doorverwijzing/referenties**

-

---

**D.6        Verifiërend meten*****Beschrijving van activiteiten van stap D.6***

---

**D.6        VERIFIËREND METEN**

---

**Wat**

Verkrijg door middel van verifiërende metingen meer informatie over stoftransportprocessen.

**Hoe**

Het uitwerken van een verifiërend meetsysteem valt buiten de scope van deze handleiding.

---

## FEB TOEGEPAST OP VEELVOORKOMENDE GEVALLEN

### Algemeen

FEB wordt in de praktijk een complexe aanpak gevonden die met name toepasbaar is voor ingewikkelde en kostbare gevallen. In die gevallen loont het investeren in maatwerk. Om FEB ook toepasbaar te maken voor eenvoudige gevallen zijn enkele algemene vuistregels opgesteld voor veelvoorkomende gevallen (archetypen). Deze algemene vuistregels kunnen worden toegepast in het opstellen voor plannen met een FEB-aanpak.

Algemene regels zijn opgesteld voor:

- type limietgrens;
- interventiescenario;
- breedte van de interventiezone;
- monitoringsnetwerk:
  - positie van de monitoringslijn;
  - monitoringsfrequentie;
  - signaalwaarde.

De vuistregels zijn gebaseerd op ervaringen van de leden van het team dat in de afgelopen jaren aan het FEB-concept heeft gewerkt.

### Limietgrens en interventiescenario's

De keuze van het type limietgrens wordt primair bepaald door de aard van het te beschermen object en de ruimte die nog beschikbaar is tussen de contour van de actuele verontreiniging en het te beschermen object. Tabel 15 geeft enkele standaardoplossingen. De aard van de bron is niet onderscheidend voor de keuze van de limietgrens en het interventiescenario.

Tabel 15. Veelvoorkomende gevallen met bijbehorende type limietgrens en interventiescenario's.

	Object/ruimte	Type limietgrens (in overleg met bevoegd gezag vast te stellen)
A	Humane risico's aanwezig	Op enige afstand bovenstrooms van de bebouwing
B.1	Schoon grondwater is van belang wegens de nabijheid van het grondwaterbeschermingsgebied	De rand van het beschermingsgebied
B.2	Schoon grondwater is van belang als reserve voor de langere termijn	Een lijn/verticaal vlak op 15 meter van de huidige contour
C.1	De aanwezigheid van opstallen enzovoorts beperken de ruimte voor interventie	Op de rand van de zone waarin interventie maatregelen nog wel kunnen worden uitgevoerd
C.2	De nabijheid van een eigendomsgrens beperkt de mogelijkheid tot interventie	De eigendomsgrens
D	Overige situaties	Afhankelijk van het financiële voordeel van een FEB-aanpak; in overleg met het bevoegd gezag vaststellen

In de planfase van een FEB-aanpak kan veiligheidshalve voor de keuze van interventie maatregelen worden uitgegaan van een betrouwbare bewezen techniek als geohydrologische isolatie. Deze maatregelen worden in het uiterste geval uitgevoerd als onaanvaardbare verspreiding dreigt. In de praktijk kan altijd op basis van de actuele situatie worden gekozen voor andere maatregelen mits daarmee de vooraf afgesproken doelen kunnen worden bereikt. De aard van de maatregelen hangt nauw samen met de bodemopbouw: in het pakket, waarin verspreiding kan optreden, kan met een geohydrologisch interceptiesysteem snel en effectief een bedreiging van de limietgrens worden afgewend. Deze maatregelen in het verspreidingspad hebben de

voorkeur boven maatregelen aan het bedreigde object (bijvoorbeeld dampdichte vloeren aanbrengen, of water uit een drinkwaterput zuiveren voor gebruik). De nodige vergunningen moeten tijdig worden aangevraagd.

### Breedte van de interventiezone

De breedte van de interventiezone wordt bepaald door:

- de snelheid waarmee interventiemaatregelen operationeel en effectief zijn;
- de mate waarin faalkansen in het meten als gevolg van incidentele gebeurtenissen moeten worden verrekend om aan de randvoorwaarden van betrouwbaarheid te voldoen.

Het begrip 'interventiezone' wordt in figuur 18 toegelicht. De interventiezone (tussen de interventiegrens I en de limietgrens L gelegen) is de ruimte waarin verontreinigende stoffen zich nog mogen verspreiden tussen het moment van detectie met het monitoringssysteem en het bereiken van de limietgrens. De interventiegrens wordt zo gekozen dat het interventiescenario nog uitvoerbaar (tijd T) is en operationeel voordat verontreinigende stoffen de limietgrens hebben bereikt.

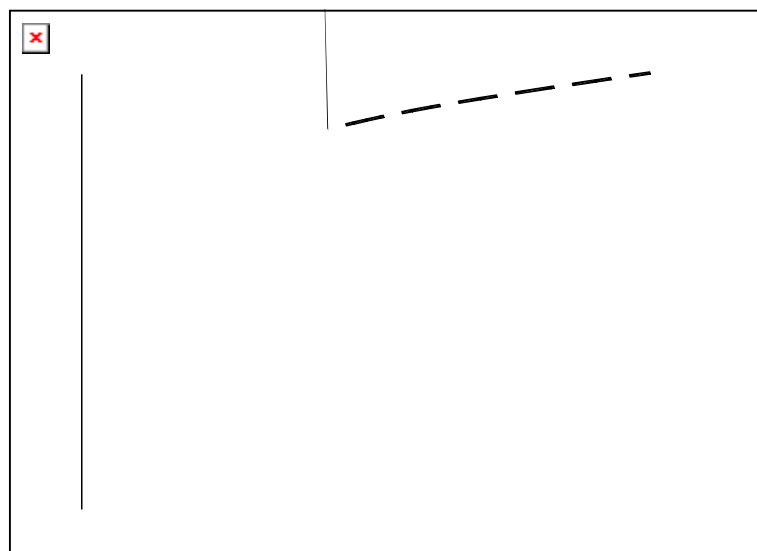


Fig. 18. Toelichting van het begrip interventiezone.

Als een ruime interventiezone gewenst is, moet rekening worden gehouden met zes maanden voor het operationaliseren van een interventiescenario en twaalf maanden voor het verrekenen van gevolgen van incidenteel falen bij het meten. In tabel 16 is weergegeven wat de breedte van de interventiezone wordt bij verschillende verspreidingssnelheden. Uiteraard moet in een bebouwde omgeving rekening worden gehouden met fysieke obstakels (gebouwen en wegen) die het uitvoeren van beheersmaatregelen onmogelijk maken.

Tabel 16. Breedte van de interventiezone bij verschillende verspreidingssnelheden van verontreinigende stoffen (uitgaande van 18 maanden interventietijd).

Poriewatersnelheid (m/jr)	Breedte van de interventiezone (m)		
	Voor R = 1	Voor R = 5	Voor R = 10
< 5	min. 15	min. 15	min. 15
5 - 50	75	15	min. 15
50 - 100	150	30	15

R is de retardatiefactor (afbraak is niet inbegrepen)

### Positie van de monitoringslijn

De monitoringslijn is de lijn waarop zich monitoringspunten bevinden. Gemakshalve wordt uitgegaan van een rechte lijn, evenwijdig aan een (rechte) limietgrens. Er zijn drie standaardsituaties denkbaar: monitoringslijn dichtbij de systeemgrens (M1: dus dichtbij de verontreinigingscontour), dichtbij de limietgrens (M3) en een positie tussen systeem- en limietgrens in (M2) (zie tabel 17).

Tabel 17. Aanbevelingen (✓) voor de positie van de monitoringslijn.

Plaatselijke situatie	Positie van de monitoringslijn		
	Systeemgrens M1	Tussen systeem- en limietgrens M2	Limietgrens M3
Positie van de bron/pluim en verspreidingsrichting bekend; potentie voor NA wel goed bekend	Op basis van kostenoptimalisatie		
Positie van de bron/pluim en verspreidingsrichting bekend; potentie voor NA niet goed bekend			✓
Positie van de bron/pluim onbekend; potentie voor NA wel goed bekend		✓	
Positie van de bron/pluim onbekend; potentie voor NA niet goed bekend			✓
Mogelijkheid van preferente stroombanen	Kies voor een dichter meetnet en/of een monitoringslijn M1		
Watervoerend pakket bevat ruimtelijke eenheden met aanmerkelijk lagere doorlatendheid	Verbreed de lijn met monitoringspunten		
Mogelijke vensters in de basis van het watervoerende pakket	Monitoring in een dieper watervoerend pakket; benedensrooms van het venster (bij onbekende positie van vensters is er een voorkeur voor M3)		
Weinig ruimte tussen de bron en limietgrens	Niet relevant		
Aanmerkelijke schade bij een te late uitvoering van het interventiescenario	✓		

### Monitoringsfrequentie

Als er voldoende ruimte is tussen de contour van de actuele verontreiniging en de limietgrens is de rol van de monitoringsfrequentie op de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem beperkt (mits de monitoringspunten niet te dicht bij de limietgrens staan).

Is die ruimte niet aanwezig, dan leidt een lage monitoringsfrequentie tot een te late signalering van de bedreiging van de limietgrens. De meest wenselijke frequentie is dan afhankelijk van de te verwachte schade in relatie tot de monitoringskosten.

In tabel 18 worden voor deze situatie enkele keuzemogelijkheden gegeven.



Tabel 18. Aanbevelingen (✓) voor de monitoringsfrequentie in FEB (situaties met onvoldoende ruimte om de interventiezone te verruimen).

Situaties	Monitoringsfrequentie		
	1 à 2 keer per jaar	1 keer per 2 jaar	1 keer per 5 jaar
Humane risico's potentieel aanwezig; maatschappelijke druk op controle	✓		
Geringe verspreidingssnelheid			✓
Hoge verspreidingssnelheid, geringe potentiële schade		✓	
Hoge verspreidingssnelheid, hoge potentiële schade	✓		
Grote afstand tussen monitoringslijn en limietgrens			✓
Sterke schommelingen in grondwaterstanden (als gevolg van neerslag, oppervlaktewaterpeilen)	✓		
Grote kans op incidentele fouten bij meten	✓		

### Hoogte van de signaalwaarde

De hoogte van de signaalwaarde bepaalt direct de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem, zowel de kans op tijdige detectie als de kans op vals alarm. De kans op vals alarm wordt mede bepaald door de mate waarin het verspreidingsproces (met name de rol van NA daarin) bekend is.

De signaalwaarde moet altijd voldoende boven de detectielimiet en de achtergrondwaarde liggen. Deze zijn specifiek voor het type stof en de locatie. Voor de getalswaarde kunnen geen vuistregels worden gegeven. Deze zijn te zeer afhankelijk van de positie van de monitoringslijn, de hoogte van de norm op de limietgrens en de mate van 'natural attenuation' (NA) tussen de bron en limietgrens. Een veilige signaalwaarde is de getalswaarde (concentratie) van de norm op de limietgrens.

Bij heterogene bodems (bijvoorbeeld stedelijke ophooglagen), waarin de kans op preferente stroombanen groot is, moeten de vuistregels met voorzichtigheid worden toegepast. In tabel 19 wordt de hoogte van de signaalwaarde in verschillende situaties gegeven.

Tabel 19. Hoogte van de signaalwaarde in verschillende situaties.

Situaties	Signaalwaarde
Monitoringsnetwerk op afstand van de limietgrens en aanmerkelijke rol van 'natural attenuation'	Hoger dan de norm op de limietgrens
Grote kans op systematische fouten	Verlagen ten opzichte van de norm op de limietgrens
Kosten van vals alarm zijn hoog	Niet verhogen ten opzichte van de norm op de limietgrens
Grote gevolgen bij falen	Norm op de limietgrens
Positie van de bron onbekend; mate van dispersie niet bekend; preferente stroombanen zijn mogelijk aanwezig	Norm op de limietgrens

**Dichtheid van de monitoringspunten op de monitoringslijn**

Voor de dichtheid van het monitoringsnetwerk kunnen geen algemeen toepasbare vuistregels worden gegeven. De netwerkdichtheid is in vrijwel alle gevallen van veel parameters afhankelijk, die in ieder situatie weer anders zijn. Een vuistregel zou dus een zeer beperkt toepassingsgebied hebben (er zijn geen veelvoorkomende gevallen te definiëren).

De optimale dichtheid kan worden berekend met gebruikmaking van verspreidingsmodellen (zoals het bij GeoDelft verkrijgbare DG>Plume) in samenhang met de modules die in dit project zijn opgesteld voor de berekening van kosten (van monitoring en saneringsschade).

GeoDelft beoogt het programma DG>Plume in een zodanige vorm beschikbaar te stellen dat gebruikers keuzes kunnen maken voor de meest relevante invoerparameters en de meest optimale netwerkdichtheid als berekeningsresultaat krijgen.

## BEGRIPPENKADER/DEFINITIES

### Aanvaardbaarheid van falen

Falen volledig uitsluiten is onhaalbaar, zowel technisch als economisch. Een aanvaardbare faalkans is een faalkans die voldoet aan eisen/normen die in een van te voren vastgesteld beoordelingskader zijn neergelegd. Dit kader is opgesteld door wensen ten aanzien van persoonlijke en maatschappelijke risico's (blootstelling) en die van het beschermen van schoon grondwater af te wegen tegen kosten van monitoring en schade als gevolg van falen.

### Beschermingsniveau

Betrouwbaarheid van een monitoringssysteem.

### Betrouwbaar (monitoringssysteem)

Monitoringssysteem met een aanvaardbare faalkans.

### Betrouwbaarheidsband

Ruimte (in meters) tussen de bovengrenscontour en de benedengrenscontour.

### Bovengrenscontour

Lijn die punten verbindt met concentraties met een waarde gelijk aan de 95 %-bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval rond de interventiewaarde van de betrokken verontreinigende stof (de ligging van de contour van deze stof wordt namelijk bepaald op basis van analyses waarvan het laboratorium statistische gegevens verstrekt).

### Betrouwbaarheidsinterval

Het betrouwbaarheidsinterval is afhankelijk van de verontreinigende stof, de gehanteerde analyse-methode en het laboratorium.

### Bodemsaneringsverzekering

Verzekering van de schade die het gevolg kan zijn van een falend monitoringssysteem dat de functie heeft tijdig te waarschuwen tegen ontoelaatbare verspreiding.

### Controleren van verspreiding

Beoordelen of de optredende verspreiding van verontreinigende stoffen in het grondwater binnen de vooraf afgesproken randvoorwaarden blijft.

### Dispersie

In dit rapport wordt onder dispersie verstaan de som van diffusie en effecten van het mengingsproces dat optreedt als grondwaterdeeltjes zich loodrecht op de stromingsrichting verplaatsen, als gevolg van de aanwezigheid van bodemdeeltjes.

### Diagenetische processen

Processen op en/of in de bodem met een zodanige invloed op de bodemdeeltjes dat het in staat is de eigenschappen daarvan te veranderen (voorbeeld: consolidatie, verkitting).

### Dynamisch monitoren

Vorm van monitoring waarbij het monitoringsmeetnetwerk zonder hoge kosten kan worden aangepast aan de resultaten van voorgaande metingen.

### Emissie

Hoeveelheid verontreinigende stof (kg) die zich per tijdseenheid (jaar) over een gedefinieerd vlak heen verplaatst.

### Falen (van het monitoringssysteem)

Er treedt ongemerkt een onaanvaardbare verspreiding op (op en over de limietgrens).

### Faalkans

Kans op falen, in de vorm van het niet tijdig signaleren van een dreigende onaanvaardbare verspreiding.

### Faalmechanisme

Wijze waarop een gebeurtenis in het monitoringsproces doorwerkt in de trefkans.

### Faalrisico

Product van de kans op falen en de gevolgen daarvan.

### Failure Mode Effect Analysis (FMEA-analyse)

Een analyse van een proces waarbij op systematische wijze afwijkingen worden geïdentificeerd alsmede de oorzaken ervan en de gevolgen in termen van falen van het systeem.

### Fout (incidenteel)

Basisgebeurtenis in de meet- en/of evaluatiefase die niet systematisch en continu verantwoordelijk is voor een deel van de faalkans van het gehele monitoringssysteem.

### Fout (systematisch)

Basisgebeurtenis die steeds en in vergelijkbare mate verantwoordelijk is voor een deel van de faalkans van het gehele monitoringssysteem.

### Foutenboom

Een foutenboom is een grafische presentatie waarin de mechanismen (en hun onderlinge samenhang) worden weergegeven die kunnen leiden tot het falen van een systeem.

**Gefaseerde aanpak van de sanering**

Saneringsmaatregelen worden niet ineens getroffen. Pas bij gebleken noodzaak (op basis van monitoringsgegevens) wordt besloten een volgende fase uit te voeren. Op deze wijze wordt voorkomen dat onnodig veel fysieke maatregelen worden getroffen (overdimensionering).

**Heterogeniteit van de bodem**

Mate waarin de bodemsamenstelling anisotroop is en het grondwater van een homogene stroming doet afwijken.

**Lithologische eenheid**

Ruimtelijke eenheid in de bodem bestaande uit herkenbare laagpakketten die door hun materiaalsamenstelling zijn gekarakteriseerd.

**Monitoringslijn**

Lijn die de punten verbindt die onderdeel vormen van het monitoringsnetwerk.

**Monitoringssysteem**

Systeem waarmee het verspreidingsproces wordt bewaakt. In een FEB-aanpak worden tot een monitoringssysteem gerekend alle fysieke en niet-fysieke middelen en maatregelen die nodig zijn om aan zijn functies te voldoen.

**Monte Carlo-methode**

Aanpak waarbij de kansverdeling van een berekeningsresultaat wordt vastgesteld door de berekeningen uit te voeren met invoerparameters die worden gegenereerd door trekkingen te doen uit verzamelingen.

**Normflux**

Stofflux die is gebaseerd (berekend) op de mate waarin een verontreinigingscontour zich mag verplaatsen.

**Ondergrondmodel**

Schematische weergave van de bodem waarin bodemlagen zijn geschematiseerd en onderscheiden op basis van eigenschappen die van invloed zijn op het verspreidingsgedrag. Het ondergrondmodel wordt opgesteld op basis van zachte (ervaringen van elders) en harde gegevens (bijvoorbeeld meetgegevens van de betrokken locatie). Ieder ondergrondmodel heeft een kans van optreden. De som van de kansen van de verschillende ondergrondmodellen voor een bepaalde locatie is 100 %.

**Pluimbreedte**

Breedte van een verontreiniging in het grondwater tussen de contour van een bepaalde concentratiewaarde.

**Reactorvat**

De bodem buiten de oorspronkelijke pluim waarin de natuurlijke processen worden benut voor het bereiken van het gewenste saneringsresultaat.

**Retardatie**

Processen in de bodem die ervoor verantwoordelijk zijn dat verontreinigende stoffen zich in de bodem minder snel verplaatsen dan het grondwater waarin ze opgelost zijn.

**Risico**

Mogelijkheid, met een zekere mate van waarschijnlijkheid, van schade aan de gezondheid, aan het milieu en aan goederen, in combinatie met aard en omvang van die schade.

**Ruimtelijke variabiliteit**

Afwisseling van eigenschappen van een bodem in x-, y- en z-richting.

**Schade**

Geheel aan negatieve gevolgen (uitgedrukt in monetaire waarden) van een falend monitoringssysteem. Voorbeelden zijn saneringskosten, schadevergoeding aan getroffen, kosten van contractbreuk, schadeclaims enzovoorts.

Indien op basis van een kosten-batenanalyse een niet 100 %-betrouwbaar monitoringssysteem wordt aanvaard, wordt daarmee impliciet een bepaalde schade geaccepteerd.

**Signaalwaarde**

Concentratie gemeten in een monitoringspunt die aangeeft dat de norm op de interventiegrens wordt overschreden. Bij overschrijding van de signaalwaarde dient het interventiescenario ten uitvoer te worden gebracht.

In voorkomende gevallen kan als signaalwaarde een getal worden gehanteerd dat ontstaat na een bewerking van op verschillende punten gemeten concentraties (bijvoorbeeld de signaalflux over een vlak).

**Stabiele eindsituatie**

Situatie waarin de nog noodzakelijke zorg minimaal is. Deze situatie dient binnen 30 jaar te zijn bereikt.

**Signaalflux**

Norm aan een flux die op een zodanig niveau is vastgesteld dat het bij overschrijding noodzakelijk wordt geacht van monitoring op stijghoogte over te gaan op monitoring op fluxen (waarbij naast stijghoogte eveneens concentraties worden gemeten).

**Stofflux**

Stofflux is de hoeveelheid (verontreinigende) stof die per tijdseenheid door een vlak stroomt en is een functie van concentratie en debiet.

Advectieve ~: flux veroorzaakt door grondwaterstroming.

Dispersieve ~: flux veroorzaakt door dispersie.

**Systematische gebeurtenis**

De gebeurtenis herhaalt zich stelselmatig.

**Vals alarm**

Situatie waarin op basis van een meetwaarde die de signaalwaarde overschrijdt de onterechte conclusie wordt getrokken dat dit betekent dat de limietgrens op onaanvaardbare wijze wordt bedreigd.

**Veiligheid**

Mate van bescherming tegen ongewenste gebeurtenissen.

**Verifiëren van verspreidingsproces**

Vaststellen in hoeverre de optredende verspreiding van verontreinigende stoffen in het grondwater overeenkomt met de verwachte verspreiding (de hypothese).

**Verspreiding**

Verplaatsing in de bodem van verontreinigende stoffen, vanuit de kern (de bron) naar het omringende niet-beïnvloede gebied. De mate van verspreiding kan worden uitgedrukt in snelheid (m/jaar) of in de vorm van een emissie ( $\text{m}^3/\text{jaar}$ ).

**Verspreidingsscenario**

In het algemeen wordt hiermee de ontwikkeling in de tijd van de pluim bedoeld waarbinnen de verontreinigende stoffen zich bevinden.

**Ijkmomenten**

Momenten waarop gedurende een sanering overleg plaatsvindt met het bevoegd gezag teneinde de voortgang van de sanering te evalueren en te beoordelen in hoeverre deze overeenstemt met de verwachting.

**Zorg**

Hieronder wordt verstaan het geheel aan activiteiten die worden uitgevoerd in het kader van het beheer van een restverontreiniging; registratie ('vastlegging'), monitoring ('meten') en nazorg ('actieve maatregelen').

## TREFWOORDENREGISTER

### A

actiewaarde ..... 15, 40, 41, 42, 45, 47, 55, 57, 58

### B

beschermingsniveau ..... 23, 26

betrouwbaarheid ..... 15, 18, 26, 37, 39, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 54, 55

betrouwbaarheidsinterval ..... 64

blootstellingsrisico ..... 23, 24, 32

bovengrenscontour ..... 64

breedte van de interventiezone ..... 27, 36, 41, 45

bron ..... 25, 29, 36, 43, 46, 52, 66

brongebied ..... 19

### C

controleprogramma ..... 15, 55, 56, 57

### D

DG>Plume ..... 47, 48, 51

dichtheidsstroming ..... 43

dispersie ..... 43, 64, 66

### E

emissiebeheersing ..... 20, 22

emissiescenario ..... 14, 31

### F

faalkans ..... 45, 47, 64

factor T ..... 15, 39

falen ..... 17, 26, 44, 47, 48, 50, 51, 57, 64

filterlengte ..... 37

FMEA-analyse ..... 64

foutenboom ..... 64

### G

gecontroleerde emissies ..... 21

gefaseerde saneringsaanpak ..... 20

gidsparements ..... 36, 37

### H

harde informatie ..... 18

hypothese van de verspreiding ..... 44

### I

incidentele fouten ..... 15, 27, 39

interventiegrens ..... 14, 27, 28, 45, 65

interventiemaatregelen ..... 15, 20, 23, 27, 28, 40, 56, 57, 58

interventiescenario ..... 16, 22, 23, 27, 28, 40, 45, 47, 52, 55, 58, 65

interventietijd ..... 14, 27, 36, 40

interventiezone ..... 14, 15, 27, 28, 39, 41

## **K**

kosten van monitoring .....	50
kosten van schade .....	30, 48, 51
kostenoptimalisatie .....	26

## **L**

limietgrens .....	14, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 36, 37, 45, 47, 48, 64, 66
-------------------	--

## **M**

monitoringsfrequentie .....	38
monitoringslijn .....	45
monitoringsmeetnet .....	14, 15, 22, 27, 28, 30, 44, 45, 52
monitoringsnetwerk .....	16, 27, 47, 48, 54, 65
monitoringssysteem .....	1, 15, 26, 28, 30, 34, 39, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 64, 65
MTR .....	24, 25, 27

## **O**

ondergrondmodellen .....	18, 20, 43, 65
--------------------------	----------------

## **P**

peilbuiengebruik .....	37, 39, 53
pluim .....	43, 46, 66
pluimbreedte .....	48
probabilistisch ontwerpen .....	18

## **R**

randvoorwaarden aan de verspreiding .....	23
randvoorwaarden op de limietgrens .....	14, 25, 52
risico .....	14, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 32, 64
risicoreductie .....	23, 32

## **S**

signaalflux .....	65
signaalwaarde .....	15, 39, 40, 45, 46, 47, 48, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 65, 66
systematische fouten .....	39, 40, 45, 47

## **T**

terugsaneerwaarde .....	48
transportmodel .....	43
trendanalyse .....	55

## **V**

verifiërende monitoring .....	50
verspreidingsberekeningen .....	18, 20, 44
verspreidingsproces .....	17, 19, 22, 65, 66
verspreidingsprognoses .....	20
verspreidingsscenario .....	32

## **Z**

zachte informatie .....	18
-------------------------	----