

**Deelsaneringsplan
Fase 2
Defensie-eiland Woerden**

Definitief

In opdracht van Sita Remediation B.V.
Opgesteld door MWH B.V.
Projectnummer M10A0434
Documentnaam S:\data\project\M10\M10A0434\20 Saneringsplan fase
2\m10a0434.r06.docx
Datum 22 september 2011

Postadres
Postbus 270
2600 AG DELFT
Nederland
T +31(0)15 7512300
F +31(0)15 2625365

Bezoekadres
Delftechpark 9
2628 XJ DELFT
Nederland
www.mwhglobal.nl

KVK Haaglanden 27 18 43 23
ING Bank Delft 65 93 74 331
IBAN NL 63 ING B 0659 374331/BIC INGBNL2A
MWH is ISO 9001:2008 en VCA* gecertificeerd

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Algemeen	5
1.2	Aanleiding en doel	5
1.3	Projectgegevens	6
1.4	Projectcontext	7
2	Beschikbare onderzoeksgegevens	13
2.1	Uitgevoerde bodemonderzoeken	13
2.2	Historische gegevens	14
2.3	Bodemopbouw en geohydrologie	16
2.4	Verontreinigingssituatie mobiele verontreinigingen	17
2.5	Definiëring probleemgebieden	19
2.6	Ernst en spoedeisendheid	19
2.7	Gevalsdefinitie	20
3	Saneringsdoelstelling en saneringsvarianten	21
3.1	Algemene saneringsdoelstelling gehele sanering	21
3.2	Fasering en verantwoordelijkheden sanering	22
3.3	Afgeleide terugsaneerwaarden sanering mobiele verontreiniging fase 2	23
3.4	Afbakening sanering fase 2	24
3.5	Geselecteerde saneringsvarianten	24
4	Pilot fase 2	27
4.1	Algemene informatie en opzet pilot	27
4.2	Conclusies en aanbevelingen pilot	28
5	Uitgangspunten en randvoorwaarden	31
6	Vorbereidende werkzaamheden sanering fase 2	35
6.1	Benodigde vergunningen, goedkeuringen en beschikkingen	35
6.2	Vorbereidende werkzaamheden	36
6.3	Verzekering	36
6.4	Voorlichting en start	36
7	Uitwerking sanering fase 2	37
7.1	Verwijderen van opslagtanks	37
7.2	Ontgravingen ter plaatse van de drie werkgebieden	37
7.3	In situ saneringen werkgebieden	43
8	Monitoring en sturing sanering	57
8.1	Ontgravingen	58
8.2	In situ saneringen	59
8.3	IJkmomenten	63

9	Organisatie en veiligheid	67
9.1	Directievoering	67
9.2	Milieukundige begeleiding	67
9.3	Veiligheidskundige aspecten	68
10	Terugvalsscenario en nazorg	71
10.1	Terugvalsscenario	71
10.2	Nazorg	76
11	Externe communicatie, procedures en planning	79
11.1	Externe communicatie	79
11.2	Procedures	79
11.3	Acties	80
11.4	Planning	82
12	Samenvatting	85

Bijlagen

Bijlage 1:	Overzichtskaart
Bijlage 1.2:	Kadastrale gegevens
Bijlage 2.1:	Situatietekening met ligging gebouwen
Bijlage 3:	Verontreinigingssituatie grond met minerale olie, aromaten en VOCL
Bijlage 4.1:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 0-5 m-mv
Bijlage 4.2:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 5-20 m-mv
Bijlage 4.3:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 20-37 m-mv
Bijlage 4.4:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 37-55 m-mv
Bijlage 5:	Werkgebieden sanering fase 2
Bijlage 6:	Overzicht te slopen gebouwen
Bijlage 7.1:	Situatietekening pilot werkgebied I
Bijlage 7.2:	Situatietekening pilot werkgebied U
Bijlage 8:	Locaties ontgravingen fase 2
Bijlage 9:	Bemalingsadvies
Bijlage 10:	Flowschema waterzuivering
Bijlage 11:	Effecten onttrekkingen op aanwezige verontreinigingen
Bijlage 12:	Monitoringsfilters verspreiding tijdens in situ sanering

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De Wasserij CV heeft Sita Remediation B.V. verzocht een deelsaneringsplan voor de locatie Defensie-eiland te Woerden op te stellen. MWH B.V. heeft deze werkzaamheden voor Sita Remediation uitgevoerd.

Op de locatie is sprake van meerdere immobiele en mobiele verontreinigingen. Voor de sanering van het gehele geval van bodemverontreiniging is onderscheid gemaakt in de volgende fasering:

- Fase 1: Bovengrond (immobiele verontreinigingen en oliespots);
- Fase 2: Mobiele brongebieden (VOCL) tot een diepte van maximaal 20 m-mv;
- Fase 3: Sanering diepere grondwater, pluim met VOCL en benzeen op en ten (noord)westen van het Defensie-eiland in het eerste watervoerende pakket;
- Fase 4: Sanering diepere grondwater, oostelijke pluim met VOCL in het eerste watervoerend pakket ter hoogte van NS-station Woerden.

De ontwikkeling en sanering van fase 1 en 2 wordt onder verantwoordelijkheid en voor risico van de ontwikkelaar gerealiseerd. De derde en vierde fase van de sanering worden onder verantwoordelijkheid en voor risico van de gemeente Woerden uitgevoerd.

De omschreven werkzaamheden in dit plan hebben betrekking op de uitvoering van de sanering van fase 2.

1.2 Aanleiding en doel

Ter plaatse van de locatie (zie bijlage 1 en 2) is sprake van zowel immobiele (zware metalen en PAK) als mobiele verontreinigingen (minerale olie, vluchtige aromaten en gechloreerde koolwaterstoffen). Deze verontreinigingen zijn ontstaan door activiteiten die in het verleden op de locatie hebben plaatsgevonden.

De gemeente Woerden is voornemens om de locatie te laten herontwikkelen tot een hoogwaardig deel van de binnenstad van Woerden met het hoofddoel op wonen. De herontwikkeling van de locatie is aanleiding om de locatie te saneren om deze geschikt te maken voor het toekomstige gebruik.

De ontwikkeling van de locatie zal gefaseerd plaatsvinden. Dit is ook de reden dat de sanering van de locatie gefaseerd uitgevoerd zal worden.

Het doel van dit deelsaneringsplan is meerledig:

- het vastleggen van de kaders waarbinnen de werkzaamheden van de sanering van fase 2 zullen plaatsvinden;
- het, op hoofdlijnen, uitwerken van de saneringswerkzaamheden voor fase 2;
- het waarborgen van de kwaliteit, doelgerichtheid en efficiëntie van de uit te voeren werkzaamheden;
- het weergeven van de planning van de werkzaamheden voor de sanering van fase 2;
- het aanvragen van een beschikking bij het bevoegd gezag op dit deelsaneringsplan.

1.3 Projectgegevens

In tabel 1 zijn de algemene gegevens van het project weergegeven. Er staat aangegeven welke partijen bij de sanering van fase 1 en 2 zijn betrokken, met hun rol binnen het project. Indien in de tekst wordt gesproken over de saneerder dan wordt bedoeld op de ontwikkelaar.

Tabel 1 Algemene projectgegevens

Projectnaam	Deelsaneringsplan fase 2 Defensie-eiland te Woerden	
Grondeigenaar	Gemeente Woerden	
WBB-code	UT0632/00048	
Locatie	Ligging:	Zie bijlage 1 en 2
	Oppervlakte:	33.135 m ²
	Aanwezige opstallen:	Ja, meerdere gebouwen waarvan een groot deel gesloopt gaat worden
	Kabels en leidingen:	Ja
	Grondwaterbeschermingsgebied:	Nee
Kadastrale gegevens	Adres:	Wilhelminaweg 146 te Woerden
	Kadastrale gemeente:	Gemeente Woerden
	Kadastrale sectie:	C
	Perceelnummers:	2919: grootste deel Defensie-eiland 2162: noordelijke punt Defensie-eiland
	Kadastrale kaart:	Zie bijlage 1.2
Coördinaten	Kaartblad:	31 B/G
	X:	120820
	Y:	455256
Bestemming	Huidige bestemming en gebruik:	Bestemming: bedrijfsterrein Gebruik: parkeren, en tijdelijk gebruik van gebouwen en terreinen
	Toekomstige bestemming:	Wonen met bijbehorende voorzieningen (o.a. parkeerruimte en groenvoorzieningen)
Betrokken partijen	Opdrachtgever sanering:	Gemeente Woerden
	Adviseur opdrachtgever sanering:	Milieudienst Noord-West Utrecht
	Bevoegd gezag:	Provincie Utrecht
	Ontwikkelaar en saneerder locatie:	De Wasserij CV ¹⁾
	Beschikkinghouder sanering fase 1 en 2:	De Wasserij CV ¹⁾
	Uitvoerend aannemer sanering locatie:	Sita Remediation B.V.
	Uitvoerend aannemer bouwrijp maken	Van Gelder B.V.
	Adviseur uitvoerend aannemer sanering:	MWH B.V.

¹⁾ De Wasserij CV is de commanditaire vennootschap waarin Blauwhoed B.V. en VORM Holding B.V. hun samenwerking voor de ontwikkeling van de locatie gestalte hebben gegeven.

De locatie Intendance Woerden is in de periode 1880-2001 als militair complex in gebruik geweest. In 1873 kreeg het kasteel in opdracht van het departement van Oorlog een nieuwe bestemming als Centraal Magazijn van kleding en uitrusting. Vanaf 1880 werd begonnen met de bouw van onder meer een wasserij met ketelhuis, diverse loodsen en een werkplaats voor het sorteren van textiel.

1.4 Projectcontext

De gemeente Woerden is op 13 december 2005 de eigenaar geworden van het perceel en de opstallen aan de Wilhelminaweg 146 te Woerden. De vorige eigenaar van de locatie was de Staat der Nederlanden (Dienst der Domeinen). Doel van de overname van de locatie was het perceel te laten herontwikkelen tot een hoogwaardig deel van de binnenstad met het hoofdaccent op wonen.

Bij de overname was bekend dat de bodem verontreinigd was door activiteiten uit het verleden. Dit is reden geweest voor de gemeente Woerden om plannen te ontwikkelen om de locatie gelijktijdig te laten ontwikkelen en saneren. Vele onderzoeken zijn op de locatie verricht, waarbij ten behoeve van de plannen voor sanering vooral de twee volgende bodemonderzoeksrapporten zijn gebruikt:

- Woerden, Defensie-eiland, Actualisatie-onderzoek en aanvullend onderzoek brongebieden, Tauw, projectnummer 4492634, 8 februari 2007;
- Actualisatie saneringsonderzoek Defensie-eiland Woerden, Grontmij, projectnummer 210859, 9 augustus 2007.

Deze twee rapporten dienen als uitgangspunt voor de beschrijving van de verontreinigingssituatie en de aanpak van de bodemsanering.

Zoals aangegeven in paragraaf 1.1 is de volgende fasering in de sanering gemaakt:

- Fase 1: Bovengrond (immobiele verontreinigingen en oliespots);
- Fase 2: Mobiele brongebieden (VOCL) tot een diepte van maximaal 20 m-mv;
- Fase 3: Sanering diepere grondwater, pluim met VOCL en benzeen op en ten (noord)westen van het Defensie-eiland in het eerste watervoerende pakket;
- Fase 4: Sanering diepere grondwater, oostelijke pluim met VOCL in het eerste watervoerend pakket ter hoogte van NS-station Woerden.

NB. Voor de sanering van fase 2 zijn drie werkgebieden benoemd waarbinnen de ontwikkelaar verantwoordelijk is voor de sanering.

Op 4 juni 2008 is door de provincie Utrecht de beschikking ernst en spoedeisendheid Defensie-eiland te Woerden (nummer: 2008TNT221167; code: UT0632/00048) aan de gemeente Woerden afgegeven. In de beschikking stellen de Gedeputeerde Staten het volgende vast:

- er is sprake van een ernstige bodemverontreiniging;
- dat spoedige sanering van de bodem noodzakelijk is;
- dat binnen 4 jaar (uiterlijk 4 juni 2012), na afgifte van de beschikking, met de sanering moet worden begonnen;
- voorafgaand aan de sanering dient een tijdelijke beveiligingsmaatregel te worden getroffen.

De gemeente Woerden heeft besloten om de ontwikkeling van de locatie en de sanering van de eerste en tweede fase van de sanering van de verontreiniging te laten plaatsvinden middels een Europese aanbestedingsprocedure. De ontwikkeling en sanering van fase 1 en 2 dient voor eigen rekening (verantwoordelijkheid) en risico van de ontwikkelaar te worden gerealiseerd. De derde en vierde fase van de sanering worden in opdracht, onder verantwoordelijkheid en voor risico van de gemeente uitgevoerd.

Voorafgaand aan de Europese aanbesteding is op 11 september 2007 tussen de gemeente Woerden en de Provincie Utrecht het "Convenant milieumaatregelen voormalig Defensie-eiland 'Intendance Woerden'" afgesloten (bron 6). Als basis voor dit convenant zijn de opgestelde bodemonderzoeken van de locatie gebruikt. In dit convenant zijn afspraken vastgelegd met betrekking tot de sanering en ontwikkeling van de locatie over o.a.;

- fasering en planning van de sanering;
- verantwoordelijkheden tijdens de sanering.

De aanbestedingsprocedure is in oktober 2007 gestart middels een prequalificatie. Uiteindelijk hebben een aantal geselecteerde partijen een planvisie en grondbieding ingediend. Blauwhoed B.V. en VORM B.V. hebben gezamenlijk ingeschreven. Bij de inschrijving zijn Sita Remediation en MWH als respectievelijk uitvoerend aannemer van de sanering en hun adviseur betrokken.

Onderdeel van de aanbesteding was het "Programma van eisen bodemsanering Defensie-eiland Woerden" (bron 7). In dit programma van eisen voor de bodemsanering wordt ingegaan op het onderdeel sanering uit het werk "Sanering en herontwikkeling van het Defensie-eiland". Hierin is opgenomen welk deel van de sanering deel uitmaakt van het werk. Tevens wordt hierin ingegaan op de doelstelling, aanpak, uitwerking, planning en de te hanteren randvoorwaarden voor de sanering. Blauwhoed en VORM hebben de prijsvraag gezamenlijk winnend afgesloten. Dit heeft ertoe geleid dat het project door de gemeente Woerden in december 2008 is gegund aan Blauwhoed en VORM. Blauwhoed en VORM hebben hun samenwerking gestalte gegeven in een commanditaire vennootschap onder de naam "De Wasserij CV".

Om invulling te kunnen geven aan de tijdelijke beveiligingsmaatregel is op 12 januari 2009 het "Monitoringsplan Defensie-eiland Woerden (bron 15)" opgesteld.

De tijdelijke beveiligingsmaatregel bestaat uit het periodiek monitoren van de grondwaterverontreiniging. De eerste monitoringsronde is in 2009 uitgevoerd. De resultaten van de eerste monitoringsronde zijn op 26 oktober 2009 gerapporteerd in "Resultaten monitoring Defensie-eiland Woerden (bron 16)".

De conclusies uit dit rapport zijn:

- in het ondiepe grondwater is de verontreinigingssituatie qua omvang ten opzichte van de situatie in 2006 nauwelijks gewijzigd. De concentraties VOCL en benzeen zijn in individuele peilbuizen in de bron toegenomen en in de pluim afgenomen of gelijk gebleven;
- er kan nog geen betrouwbare uitspraak worden gedaan over de horizontale en verticale grondwaterstroming.

De tweede monitoringsronde is in juli 2011 uitgevoerd. De resultaten van deze monitoringsronde waren ten tijde van het opstellen van dit deelsaneringsplan nog niet verwerkt in een definitief rapport.

De gemeente Woerden gaat op het Defensie-eiland Warmte- en koudeopslag (WKO) toepassen. De gemeente Woerden is op dit moment bezig om de plannen voor WKO op het Defensie-eiland verder in detail uit te (laten) werken

De periode tussen december 2008 en juni 2010 is door de partijen, gebruikt om de plannen voor de locatie verder te ontwikkelen. Als onderdeel hiervan is op 8 juli 2009 een workshop georganiseerd met alle betrokken partijen om een eerste aanzet te geven voor de optimalisatie van de bodemsanering van de locatie. Deze workshop heeft niet geleid tot een aanpassing in de aanpak of saneringsdoelstelling.

Voor de afstemming van de saneringswerkzaamheden is de werkgroep Sanering Defensie-eiland Woerden ingesteld. De partijen die deel uitmaken van deze werkgroep zijn: Gemeente Woerden, Provincie Utrecht, Milieudienst Noord-West Utrecht, De Wasserij, Sita Remediation en MWH. Binnen de werkgroep zijn afspraken gemaakt met betrekking tot het opstellen van deelsaneringsplannen. De volgende deelsaneringsplannen worden opgesteld:

- deelsaneringsplan fase 1;
- deelsaneringsplan pilot fase 2;
- deelsaneringsplan fase 2.

Het deelsaneringsplan voor fase 1 (2 september 2010; bron 13) en de pilot fase 2 (1 oktober 2010; bron 14) zijn eerder opgesteld en respectievelijk beschikt op 7 december 2010 en 5 november 2010. Dit onderliggende deelsaneringsplan heeft betrekking op de saneringswerkzaamheden van fase 2. Eerder (november 2010 – juli 2011) is een pilot uitgevoerd ter voorbereiding op de sanering. De resultaten van deze pilot zijn opgenomen in het evaluatierapport van de pilot (bron 20).

In het volgende kader is het processchema weergegeven hoe het huidige ontwerp voor de in situ saneringen in de drie werkgebieden tot stand is gekomen.

Toelichting proces voor aanpak in situ sanering fase 2

Toelichting proces voor aanpak in situ sanering fase 2

Deze toelichting heeft betrekking op het proces dat uiteindelijk heeft geleid tot de gekozen aanpak voor de in situ sanering van fase 2 binnen de drie gedefinieerde werkgebieden en welke stappen zijn ondernomen om tot deze aanpak te komen. Het proces van detaillering en optimalisatie van het saneringsontwerp zal nog verder (ijkmomenten) verlopen tijdens de aanleg van het saneringssysteem en de uitvoering van de in situ sanering.

Gekozen aanpak (inschrijving) sanering mobiele verontreinigingen in werkgebieden

De sanering van de mobiele verontreinigingen binnen de drie werkgebieden vindt in twee stappen plaats:

- Stap 1: Ontgraving in combinatie met bemaling;
- Stap 2: In situ sanering resterende verontreiniging middels chemische oxidatie.

Bovenstaande aanpak van de sanering van de mobiele verontreinigingen binnen de werkgebieden is opgenomen in het plan van aanpak bij de inschrijving. Dit plan van aanpak beschrijft op hoofdlijnen de sanering van fase 1 en 2. De gekozen saneringsaanpak sluit aan bij het eerder opgestelde saneringsonderzoek (bodemonderzoek 26).

Voorafgaand aan de in situ sanering is binnen de drie werkgebieden deels ontgraven. Belangrijkste doel van deze ontgravingen is de mobiele verontreiniging in de bovengrond te verwijderen tot aan de tussenwaarden. Deze ontgravingen worden gecombineerd uitgevoerd met grondwateronttrekkingen om in den droge te kunnen ontgraven. Deze stap zorgt voor de eerste verwijdering van verontreiniging binnen de drie werkgebieden.

Voor de in situ sanering van de resterende verontreiniging in de drie gedefinieerde werkgebieden na de ontgravingen is op voorhand bewust gekozen voor chemische oxidatie. De belangrijkste overwegingen voor deze keus zijn:

- de afgeleide terugsaneerwaarden voor grond en richtwaarden grondwater;
- de gestelde maximale tijdsduur voor de sanering van 4 jaar.

Deze bovenstaande combinatie leidt er toe dat chemische oxidatie de enige beschikbare efficiënte hoofdtechniek is om de verontreiniging in situ te saneren.

Procesmatige aanpak sanering fase 2

In het plan van aanpak was voorzien in meerdere stappen (o.a. pilot en uitwerking in één of meerdere (deel)saneringsplannen) om tot een meer gedetailleerd ontwerp voor de (in situ) bodemsanering van fase 2 te komen. De uitvoering van een pilot is een belangrijk onderdeel van het plan van aanpak. Het doel van de pilot is om voldoende gegevens te verzamelen om een beter ontwerp voor de sanering van fase 2 te kunnen maken.

In overleg met de betrokken partijen (werkgroep Sanering Defensie-eiland) is in 2010 afgesproken om achtereenvolgens de volgende stappen te doorlopen om de sanering van fase 2 meer in detail uit te werken:

- 1) Opstellen deelsaneringsplan fase 1; status: gereed (2 september 2010);
- 2) Beschikken deelsaneringsplan fase 1; status: gereed (7 december 2010);
- 3) Opstellen deelsaneringsplan pilot fase 2; status: gereed (1 oktober 2010);
- 4) Beschikken deelsaneringsplan pilot fase 2; status: gereed (5 november 2010);
- 5) Uitvoeren pilot fase 2 in de periode november 2010 – juli 2011; status: uitgevoerd;
- 6) Opstellen evaluatierapport pilot fase 2; status: gereed om in te dienen bij bevoegd gezag;
- 7) Opstellen deelsaneringsplan fase 2; status: gereed om in te dienen bij bevoegd gezag;
- 8) Beschikken deelsaneringsplan fase 2; status: maximaal 15 weken na indienen deelsaneringsplan.

Conclusies pilot

Tijdens de pilot zijn pompproeven, laboratoriumexperimenten en chemische oxidatieproeven uitgevoerd met verschillende oxidatiemiddelen.

De resultaten (zie ook hoofdstuk 4) van de pilot hebben geleid tot belangrijke inzichten voor de in situ sanering middels chemische oxidatie:

- er dient gebruik gemaakt te worden van gemodificeerd Fentons reagens in plaats van klassiek Fentons reagens;
- na injectie van Fentons reagens vindt rebound van verontreiniging plaats waardoor meerdere injectieronden uitgevoerd dienen te worden;
- gestimuleerde biologische afbraak is beter geschikt dan permanganaat om toe te passen als polishingstap;
- in voorkomende gevallen maken de aard (met name de aanwezigheid van afbraakproducten en de afwezigheid van PER, TRI en benzeen) en/of de gehalten aan verontreinigingen in het grondwater (laag t.o.v. kerngebied) het mogelijk om (naast chemische oxidatie middels gemodificeerd Fentons reagens als hoofdtechniek in kerngebied) op die locaties gebruik te maken van gestimuleerde biologische afbraak als ondersteunend techniek.

Uitwerking in situ sanering fase 2

Op basis van de resultaten van de pilot fase 2 (zie hoofdstuk 4) is het bij inschrijving ingediende plan van aanpak nader uitgewerkt. Hoofdstuk 7 van dit voorliggend rapport is het resultaat van deze uitwerking. Hieronder gaan we alvast kort in op de gekozen saneringsaanpak voor de in situ sanering.

De aanleg van het saneringssysteem en de sanering zal volgens het principe van cyclisch ontwerpen worden uitgevoerd. Op deze manier is de garantie op een zo optimaal mogelijke uitvoering van de sanering zo groot mogelijk. Daarnaast is gekozen voor een flexibel saneringssysteem dat geschikt is voor de toepassing van meerdere saneringstechnieken (o.a. geselecteerde saneringstechnieken uit terugvalsscenario).

Voor de in situ saneringen is in het saneringsonderzoek een keus gemaakt voor chemische oxidatie als saneringstechniek. Op basis van de huidige gegevens blijft deze keus overeind staan en zal gekozen worden voor de injectie van gemodificeerd Fentons reagens om het overgrote deel van de vracht aan verontreiniging te saneren.

Fentons reagens is vooral geschikt en efficiënt voor toepassing binnen de delen van de werkgebieden waar sprake is van verontreiniging geadsorbeerd aan de vaste fase, puur product en/of hoge gehalten VOCL (vooral PER en/of TRI) en/of benzeen in het grondwater. Indien deze aspecten niet van toepassing zijn is de inzet van andere technieken een optie.

Afhankelijk van het verloop van de sanering (resultaten processturing) en de specifieke verontreinigingssituatie binnen de werkgebieden kan en zal ook gebruik gemaakt gaan worden van ondersteunende saneringstechnieken.

Er is daarom gekozen voor een combinatie van verschillende technieken binnen de werkgebieden;

Stap 1: met chemische oxidatie (gemodificeerd Fentons reagens) wordt de bulk van de verontreiniging aangepakt;

Stap 2: het restant van de verontreiniging van de verontreiniging wordt aangepakt met een biologische saneringstechniek.

Stap 3: optioneel (zie terugvalsscenario) is voorzien in chemische oxidatie met geactiveerd persulfaat (terugvalsscenario voor Fentons reagens) of in chemische reductie (terugvalsscenario voor biologische afbraak).

Ijkmomenten

Tijdens de sanering zijn verschillende ijkmomenten ingebouwd die van belang zijn om beslissingen te nemen over de verdere voortgang van de sanering. Dit zijn momenten waarbij meer aanvullende informatie beschikbaar komt die relevant is voor de uitvoering van de in situ sanering van fase 2 (voor meer details zie hoofdstuk 8). Deze momenten leiden niet tot een wijziging van de saneringsaanpak maar kunnen wel leiden tot wijzigingen in het detailontwerp en de uitvoering van de in situ sanering.

Belangrijke ijkmomenten zijn o.a.:

- na sloop gebouwen: onderzoek ter plaatse van gesloopte gebouwen in de werkgebieden;
- tijdens aanleg in situ saneringssysteem (nulmeting); beslissing over benodigde aanpassingen saneringssysteem op basis van waarnemingen/gegevens tijdens aanleg saneringssysteem;
- voortgangsbemonsteringen tijdens in situ sanering;
- eindverificatie in situ sanering.

Resumé

Bovenstaand beschreven procesmatige aanpak voor de sanering van fase 2 leidt tot een steeds verdere detailuitwerking van de sanering van fase 2 waarbij:

- optimaal gebruik wordt gemaakt van de beschikbare en meest actuele onderzoeksgegevens;
 - de op voorhand gekozen saneringsaanpak voor fase 2 (chemische oxidatie) gehandhaafd blijft;
 - zo optimaal wordt voldaan aan de afgeleide saneringsdoelstelling en de gestelde termijn (4 jaar) voor sanering van fase 2;
- de kwaliteit, doelgerichtheid en efficiëntie van de uit te voeren werkzaamheden voor alle betrokken partijen wordt geborgd.

De planning voor de saneringswerkzaamheden van fase 1 en 2 en de ontwikkeling van de locatie en de onderlinge samenhang tussen deze werkzaamheden is verder uitgewerkt in hoofdstuk 11 en in bijlage 11.

De saneringswerkzaamheden van fase 1 en 2 en de ontwikkeling van de locatie worden onderling op elkaar afgestemd. Hierbij is de ontwikkeling van de locatie en de start van de bouw ondergeschikt aan de gestelde tijdstermijnen uit de beschikking ernst en spoedeisendheid

De sanering van fase 3 en 4 wordt onder verantwoordelijkheid van de gemeente Woerden uitgevoerd. Deze werkzaamheden zullen later van start gaan. Er zijn contractueel afspraken gemaakt tussen de ontwikkelaar en de gemeente Woerden over de afstemming tussen de sanering van fase 1 en 2 enerzijds en de sanering van fase 3 en 4 anderzijds.

Samenvatting

Dit deelsaneringsplan heeft betrekking op het Defensie-eiland Woerden. De locatie is verontreinigd met zowel immobiele als mobiele componenten.

In het saneringsonderzoek is de volgende fasering in de sanering gemaakt:

- *Fase 1: Bovengrond (immobiele verontreinigingen en oliespots);*
- *Fase 2: Mobiele brongebieden (VOCL) tot een diepte van maximaal 20 m-mv;*
- *Fase 3: Sanering diepere grondwater, pluim met VOCL en benzeen op en ten (noord)westen van het Defensie-eiland in het eerste watervoerende pakket;*
- *Fase 4: Sanering diepere grondwater, oostelijke pluim met VOCL in het eerste watervoerend pakket ter hoogte van NS-station Woerden.*

Er zijn meerdere betrokken partijen bij dit project van belang. De direct betrokkenen zijn:

- *Gemeente Woerden: grondeigenaar en opdrachtgever*
- *Provincie Utrecht: bevoegd gezag*
- *Milieudienst Noord-West Utrecht: adviseur gemeente Woerden*
- *De Wasserij: ontwikkelaar en saneerder*
- *Sita Remediation: uitvoerend aannemer sanering*
- *MWH: adviseur uitvoerend aannemer sanering*
- *Van Gelder: uitvoerend aannemer bouwrijp maken*

In dit deelsaneringsplan is de sanering van fase 2 beschreven, die onder verantwoordelijkheid van de projectontwikkelaar valt.

De onderlinge samenhang tussen de sanering van fase 1 en 2 en de ontwikkeling van de locatie is in het deelsaneringsplan fase 1 (bron 13) beschreven.

De sanering van fase 2 is onderdeel van de gehele sanering (fase 1 t/m 4) van de locatie.

Voor het project zijn zowel privaatrechterlijke (contractueel) als bestuursrechterlijke (beschikking) gemaakte afspraken tussen de betrokken partijen van belang voor de uitvoering van de sanering.

De gemaakte afspraken dienen mee genomen te worden in het deelsaneringsplan.

Naast de sanering en ontwikkeling van de locatie zijn ook ontwikkelingen gaande op het gebied van WKO. De gemeente Woerden is op dit moment bezig om de plannen hiervoor verder in detail uit te werken.

Voor de saneringswerkzaamheden is met de direct betrokkenen de werkgroep Sanering Defensie-eiland ingesteld. In de werkgroep is afgesproken dat voor meerdere deelactiviteiten deelsaneringsplannen worden opgesteld. Dit betreft deelsaneringsplannen voor:

- *Saneringswerkzaamheden fase 1;*
- *Pilot fase 2;*
- *Saneringswerkzaamheden fase 2.*

De beschikkingen voor het deelsaneringsplan fase 1 en de pilot fase 2 zijn op respectievelijk op 7 december 2010 en 5 november 2010 afgegeven.

2 Beschikbare onderzoeksgegevens

In dit hoofdstuk gaan we in op de beschikbare gegevens van de locatie. We beperken ons vooral tot de gegevens die van belang zijn voor het verder uitwerken van de sanering van fase 2 op de locatie. De mobiele verontreinigingen die tijdens fase 2 gesaneerd dienen te worden, bestaan vooral uit VOCL en benzeen.

Zoals opgemerkt in hoofdstuk 1 is eerder een deelsaneringsplan voor de saneringswerkzaamheden van fase 1 opgesteld (bron 13). Dit deelsaneringsplan voor fase 1 heeft betrekking op de sanering van de immobiele verontreinigingen en de aanwezige ondiepe mobiele verontreinigingen (totaal 5 spots) die vooral uit minerale olie en vluchtige aromaten bestaan. Voor een samenvatting van de verontreinigingssituatie van fase 1 verwijzen we naar het deelsaneringsplan voor fase 1 (bron 13).

De gegevens uit dit hoofdstuk zijn vooral gebaseerd op bodemonderzoeken 25 en 26 (zie tabel 2). Deze gegevens zijn voor alle partijen de basis voor de saneringswerkzaamheden van fase 1 en 2. In het convenant milieumaatregelen (bron 6) heeft de Provincie Utrecht ook aangegeven dat deze beide onderzoeken voldoen aan alle gestelde vereisten van de Wet bodembescherming. De daarin beschreven verontreiniging en bijbehorende terugsaneerwaarden bieden volgens de Provincie een actuele basis om de sanering (fase 1 en 2) nader te kunnen uitwerken in saneringsplannen. De beschreven onderzoeksgegevens zijn niet geïnterpreteerd door MWH.

De gegevens van de monitoring uit 2009 (bodemonderzoek 29) zijn bij onderstaande beschrijving niet meegenomen. De monitoring heeft zich vooral gericht op het diepere grondwater (> 20 m-mv). Deze verontreiniging is onderdeel van fase 3 en 4. Uit de monitoring is ook gebleken dat de verontreinigingssituatie in het ondiepere grondwater (< 20 m-mv) ten opzichte van 2006 nauwelijks (qua volume) is gewijzigd.

In de periode van oktober 2010 en juli 2011 is op de locatie een pilot uitgevoerd. In het kader van de pilot zijn ter plaatse van werkgebied I en U aanvullende grond- en grondwatermonsters geanalyseerd. De resultaten hiervan zijn opgenomen in het evaluatierapport van de pilot (bron 20). De aanvullende gegevens bevestigen de bekende onderzoeksgegevens. Op detailniveau blijkt dat er sprake is van afwijkingen ten opzichte van de eerder geschetste contouren in het grondwater. Omdat het deelonderzoeken betreft en geen volledige afperkingen zijn de verontreinigingsgegevens van de pilot niet mee genomen in dit hoofdstuk. De resultaten van de pilot (zie hoofdstuk 4) zijn uiteraard wel van belang voor de uitwerking van de sanering.

2.1 Uitgevoerde bodemonderzoeken

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de uitgevoerde bodemonderzoeken op de locatie. Uitgangspunt is dat de Milieudienst Noord-West Utrecht alle onderzoeksrapporten in haar bezit heeft en dat de rapporten daar ingezien kunnen worden.

Tabel 2 Overzicht uitgevoerde bodemonderzoeken

Nummer	Titel	Adviesbureau	Projectnummer/ kenmerk	Datum
1	Uitgebreid indicatief onderzoek	CSO	WOE.B05.10	30/8/1990
2	Nader onderzoek grond en grondwater zestal locaties	Tukkers	1863	26/5/1992
3	Nader onderzoek fase 1 in de Singel te Woerden	Grontmij	646	Maart 1993
4	Nader bodemonderzoek fase 1	Tauw	3315665	November 1994
5	Aanvullend historisch onderzoek	Tauw	3358216	Augustus 1995
6	Nader bodemonderzoek fase 2	Tauw	3397696	Juni 1995
7	Bodemonderzoek omgeving NS station	Tauw	3436039	1/10/1995
8	Nader bodemonderzoek, fase 3	Tauw	3504980	10/12/1996
9	Saneringsonderzoek	Tauw	3560007	Maart 1997
10	Nader bodemonderzoek, fase 4	Tauw	3557472	November 1998
11	Plan van aanpak	Tauw	3503410	November 1998
12	Aanvullend grondwateronderzoek nabij riolering	Tauw	3645452	11/6/1998
13	Kerk Bonaventura	Tauw	3696855	Oktober 1998
14	Monitoring 1998	Tauw	3636968	April/oktober 1998
15	Onderzoek onverdachte terreindelen	Tauw	3711447	April 1999
16	Onderzoek natuurlijke afbraak	Tauw	3711439	April/september 1999
17	Aanvullend onderzoek	Tauw	3755584	Juni 1999
18	Waterpassing	Tauw	3756068	Juni 1999
19	Alternatieve modellering stoftransport	Tauw	3766276	Oktober 1999
20	Natuurlijke afbraak Intendance Woerden	Tauw	3711439	Maart 2000
21	Geohydrologische monitoring	Tauw	363968	6/3/2000
22	Monitoring grondwater juli en december 2001	Tauw	3834670	26/9/2002
23	Verkennd bodemonderzoek (parkeerterrein)	Grondslag	7800	12/5/2003
24	Saneringsonderzoek	Grontmij	137120	Juni 2004
25	Woerden, Defensie-eiland; Actualisatieonderzoek en aanvullend onderzoek brongebieden	Tauw	4492634	8/2/2007
26	Actualisatie saneringsonderzoek Defensie-eiland Woerden	Grontmij	210859	9/8/2007
27	Monitoringsplan Defensie-eiland Woerden	TTE	C08060	12/1/2009
28	Voorlopig ontwerp Spoorzone Woerden	TTE	C08060	23/3/2009
29	Resultaten monitoring Defensie-eiland Woerden	TTE	C09056	26/10/2009

Van de uitgevoerde bodemonderzoeken is voor dit deelsaneringsplan vooral gebruik gemaakt van bodemonderzoek 25 en 26.

2.2 Historische gegevens

De locatie Intendance Woerden (Defensie-eiland) is in de periode van 1880-2001 als militair complex in gebruik geweest. In 1873 kreeg het kasteel in opdracht van het departement van Oorlog een nieuwe bestemming als Centraal Magazijn van kleding en uitrusting. In 1921 kocht het Ministerie van Oorlog het eiland van de gemeente Woerden.

De locatie is vooral in gebruik geweest voor het wassen, drogen, spoelen, repareren en opslaan van militaire goederen van textiel (uniformen, tenten etc.) door de afdeling Intendance van de Koninklijke Landmacht.

Het kasteel bleef tot 1980 in gebruik bij het Ministerie van Defensie. In 1980 werd het kasteel verkocht aan de Stichting Het Kasteel van Woerden. Het kasteel is in de periode van 1985 t/m 1998 gerestaureerd.

Tabel 3 geeft een overzicht wanneer de verschillende gebouwen op de locatie zijn geplaatst. In 1880 is gestart met het plaatsen van houten gebouwen. Later bouwde men in steen. De gebouwen zijn op tekening weergegeven in bijlage 2.1.

Tabel 3 Overzicht functie en bouwjaar gebouwen locatie

Gebouw	Functie	Start bouw
I'	Wasserij en schoorsteen	1916
U	Gebouw voor zeepopslag, wasserij en ontsmettingsruimte	Circa 1911
D en T	Loodsen	Circa 1921
C	Werkplaats voor sorteren van textiel	Circa 1931
F	Garage	1938
B	Tenten- en kleermakerij	1940
Q	Schilderwerkplaats/beitserij	?
I, J en U	Wasserijen	?
K	Ketelhuis	1975

Vanaf 1972 is de locatie aangesloten op de gemeentelijke riolering. Daarvoor werd het afvalwater, via ondergrondse rioolleidingen, geloosd op de Singelgracht.

Tussen 1916 en 1936 is de binnengracht langs de Prins Hendrikkade over een breedte van circa 15 m aan de Intendance-zijde gedempt. Gedeelten van gebouwen B, C en E zijn gebouwd op de gedempte binnengracht. Ook de strook, die grenst aan de zuidzijde van het kasteel, is een gedempte gracht. Dit deel is tussen 1943 tot 1956 gedempt.

Textielreiniging is een belangrijke voormalige activiteit geweest op de locatie. In de chemische wasserij werd textiel met behulp van trichlooretheen (TRI) en, vanaf 1980, gereinigd met tetrachlooretheen (PER). De wasserij is gedurende haar bestaan driemaal verplaatst (zie tabel 4).

Tabel 4 Overzicht locaties chemische wasserij (bron: bodemonderzoek 26)

Gebouw	Periode	Toelichting/opmerkingen
U	1949-1976	Wasserij met twee chemische wasmachines. Alleen gebruik van TRI via vaten. Kleine opslag van maximaal 2 vaten.
I	1976-1991	Wasserij met twee chemische wasmachines. In de periode van 1976 tot 1980 werd alleen met TRI gewerkt en in de periode van 1980 tot 1991 met PER. Aan de buitenkant van het gebouw (zuidoosthoek) was een bovengrondse opslagtank aanwezig. In 1982 heeft hier een calamiteit plaatsgevonden. Onbekend is of is gemorst bij de tank of dat sprake was van lekkage van de riolering. In 1982 heeft een grondsanering plaatsgevonden, waarvan de details onbekend zijn. Volgens de vergunningaanvraag (1984) werd jaarlijks 10.780 liter PER gebruikt.
J	1991-circa 2001	De geheel gemoderniseerde wasserij is verplaatst in 1991. De PER-tank is geplaatst tegen de buitengevel van gebouw I' (noordwesthoek).

Op de locatie zijn verschillende ondergrondse en bovengrondse opslagtanks in gebruik geweest. Deze tanks werden vooral gebruikt voor de opslag van olieproducten. Tabel 5 geeft een overzicht van deze tanks. De locaties zijn in bijlage 2.1 op kaart weergegeven.

Tabel 5 Overzicht ondergrondse en bovengrondse opslag tanks

Nr.	Locatie	Aantal tanks	Volume (m ³)	Status
1	Tussen gebouw U en V	1 x ondergrondse dieseltank	3	Mogelijk nog aanwezig
2	Tussen gebouw K en V	2 x ondergrondse stookolietanks	25	Mogelijk nog aanwezig
3	Westgevel gebouw Q	1 x ondergrondse HBO-tank 1 x bovengrondse tank	3 Onbekend	Verwijderd Verwijderd
4	Nabij gebouw G/H	1 x ondergrondse benzinetank 1 x ondergrondse benzinetank	Onbekend Onbekend	Aanwezig (vol met zand) Verwijderd
5	Tussen gebouwen E,G,H en I	2 x ondergrondse benzinetanks 2 x ondergrondse dieseltanks	12 12	Mogelijk nog aanwezig Mogelijk nog aanwezig
6	Zuidoosthoek I (tot 1991), noordwestgevel gebouw I'	1 x bovengrondse PER-tank	6	Mogelijk nog aanwezig

De locatie is thans buiten gebruik. Het middengedeelte is in gebruik als parkeerterrein. Gebouw U is recentelijk gesloopt.

2.3 Bodemopbouw en geohydrologie

Het maaiveld op de locatie varieert globaal van NAP + 0,3 tot NAP + 0,9 m. In tabel 6 is een overzicht gegeven van de geologische en hydrologische (bodem)opbouw van Woerden.

Tabel 6 Regionale geologische en hydrologische opbouw van Woerden

Geohydrologie	Lithologie	Stratigrafie	Diepte (m NAP)
Deklaag	Klei, fijn zand en veen	Formatie van Echteld (klei en zand) en Formatie van Nieuwkoop (veen)	0 tot -10
WVP 1	Matig fijn tot matig grof zand	Formatie van Boxtel, Formatie van Kreftenheye en Formatie van Sterksel	-10 tot -35
SDL 1c (lokaal aanwezig)	Klei	Formatie van Sterksel en Formatie van Stramproy	-35 tot -40
WVP1	Matig fijn tot matig grof zand	Formatie van Peize/Waalre Formatie van Maassluis	-40 tot -50
SDL1	Klei		-50 tot -60
WVP2	Matig fijn tot grof zand		-60 tot -165
Geohydrologische basis	Klei en fijn zand		Top -150 / -170

WVP = watervoerend pakket; SDL = scheidende laag

Op basis van de beschikbare gegevens uit de bodemonderzoeken is in tabel 7 de lokale bodemopbouw weergegeven.

Tabel 7 Lokale bodemopbouw Defensie-eiland

Diepte (m-mv)	Samenstelling	Geohydrologische eenheid
0-3	Zand, klei en zavel	Deklaag
3-10	Fijn tot matig grof zand, soms kleilaagje	Eerste watervoerend pakket
10-19	Afwisselende laagjes zand, klei en soms veen	
19-55	Matig grof tot grof zand, soms sterk grindig	

Voor de regionale grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket zijn regionaal drie elementen aanwezig die bepalend zijn. Dit zijn de Utrechtse Heuvelrug, de polders ten noordwesten van Woerden (polder Groot-Mijdrecht, polder Nieuwkoop, polder Vierambacht en Haarlemmermeer

polder) en de Lek. De invloed van de polders is bepalend. Er is sprake van een noordwestelijke stromingsrichting.

De freatische grondwaterstand op de locatie bevindt zich globaal op circa NAP – 1,5 m. De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket bevindt zich gemiddeld op circa NAP -1,6 m. Er is sprake van een infiltratiesituatie. De stromingsrichting van het eerste watervoerende pakket wordt beïnvloed door seizoensinvloeden. Over de Singel loopt een waterscheiding. Het grondwater op het Defensie-eiland zal in westelijke richting stromen. Ten oosten van de Singel heerst een zuidoostelijke stroming.

In het verleden zijn vier grondwateronttrekkingen maatgevend geweest voor de wijze waarop de verontreinigingen zich vanaf het Defensie-eiland hebben verspreid. De maatgevende onttekingen zijn:

- drinkwaterwinning Kamerik van Oasen (pompstation De Hooge Boom); periode 1949-nu;
- industriële onttrekking van LMF (Mona-fabriek); periode 1971-1998;
- bouwputbemaling aanleg parkeergarage Eilandenkade (in de wijk Snel en Polanen); periode 1999-2000;
- bouwputbemaling aanleg spoorviaduct nabij NS-station Woerden; periode 1992-1993.

2.4 Verontreinigingssituatie mobiele verontreinigingen

De beschrijving van de verontreinigingssituatie is gebaseerd op de bodemonderzoeken 25 en 26 uit tabel 2. We beperken ons vooral tot de mobiele verontreinigingen (voornamelijk benzeen en VOCL) die van belang zijn voor de sanering van fase 2. De immobiele verontreinigingen (aanwezig in de grond; sanering fase 1) worden in dit rapport volledig buiten beschouwing gelaten. Voor de mobiele verontreinigingen die tot fase 1 behoren geldt dat deze bij onderstaande beschrijving kort worden genoemd.

Voor een uitgebreide omschrijving van de verontreinigingssituatie verwijzen we naar bodemonderzoek 25 en de overige onderzoeksrapporten uit tabel 2.

De verontreinigingssituatie van de mobiele verontreinigingen, die onderdeel zijn van zowel fase 1 als 2, is in bijlage 3 (grond) en bijlage 4 (grondwater) weergegeven.

2.4.1 Mobiele verontreinigingen fase 1

De mobiele verontreinigingen die onderdeel zijn van fase 1 betreffen voornamelijk minerale olie en vluchtige aromaten.

Op 5 verschillende deellocaties zijn in de grond en/of het grondwater sterk verhoogde gehalten aangetoond:

- 1) D; Hobbyruimte en werkplaats (chemicaliënopslag): diepte 0,1-0,5 m-mv;
- 2) E, F, G/H en I:
 - Ondergrondse tanks ten noordwesten van gebouw E: diepte tot 3 á 3,5 m-mv
 - Gebouw G: opslagplaats voor oliën in flessen en vaten: diepte tot 4 á 5 m-mv

- Pompeiland voor brandstoffen ten oosten van gebouw I: diepte tot 4 á 5 m-mv
- 3) Q: Schilderwerkplaats/beitserij: t.p.v. ondergrondse HBO-tank: diepte tot 3,05 m-mv;
- 4) Ten noorden van gebouw Q: diepte 1,0-2,5 m-mv;
- 5) Fietsenstalling gebouw U: diepte 1,5 -3,0 m-mv.

Opgemerkt wordt dat deellocatie 2 onderdeel is van saneringsfase 2. Deze verontreiniging bevindt zich volledig binnen een brongebied dat onderdeel is van fase 2 (zie ook paragraaf 3.4).

2.4.2 Mobiele verontreinigingen fase 2

Op de locatie is sprake van drie brongebieden waar zowel de grond als het grondwater sterk zijn verontreinigd met VOCL:

- gebouw I;
- gebouw J;
- gebouw U.

In tabel 8 is per brongebied een samenvatting van de relevante informatie weergegeven. NB. Deze brongebieden zijn later (zie tabel 11) verder afgebakend in werkgebieden die gesaneerd dienen te worden.

Tabel 8 Samenvatting verontreinigingssituatie brongebieden met VOCL

Brongebied	Samenvatting verontreinigingssituatie
I	<p>In de zuidoosthoek van gebouw I (ter plaatse van de vmg. uitpandige PER-tank) zijn over een oppervlakte van 200 m² sterk verhoogde gehalten VOCL in de grond aangetoond. De hoogste gehalten in de grond (PER: 7.200 mg/kg ds) zijn aangetoond in het traject van 1,5-2,0 m-mv. De grondverontreiniging is tot minimaal 4,0 m-mv aanwezig.</p> <p>Het grondwater is ook sterk verontreinigd met VOCL. De grootste vracht aan verontreiniging is vooral aanwezig in de laag van 7-16 m-mv. In het traject van 10-15 m-mv zijn klei/leemlagen aanwezig. Op basis van de resultaten van de uitgevoerde MIP-sonderingen is de verwachting dat in het traject van 10-15 m-mv puur product aanwezig is. Vanuit de bronzone vindt vooral verspreiding van CIS en VC naar de diepte plaats.</p> <p>De verontreinigingen in het watervoerend pakket bestaan hoofdzakelijk uit de afbraakproducten CIS en VC. Door een menging met de aanwezige VOCL-verontreiniging heeft benzeen zich tot een diepte van meer dan 20 m-mv kunnen verspreiden.</p> <p>In de bron is de 10*interventiewaardecontour afgeperkt op circa 30 m-mv. Tot op de top van de scheidende laag (49 m-mv) zijn sterk verhoogde gehalten VC aangetoond. De verontreiniging heeft zich in westelijke richting tot over een afstand van minimaal 150 m verspreid.</p> <p>De omvang van de pluim is niet afgeperkt. De verontreiniging met benzeen heeft zich over een vergelijkbare afstand en volume verspreid.</p>
J	<p>Op de volgende twee plekken zijn sterk verhoogde gehalten VOCL aangetoond:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voormalige bovengrondse PER-tank (gevel gebouw I'); • Tussen gebouw A en J. <p>De grond ten zuidwesten van de voormalige PER-tank (traject 3,3-3,5 m-mv) is over een beperkt oppervlakte sterk verontreinigd met CIS.</p> <p>Tussen gebouw A en J is een sterke verontreiniging aanwezig over een geschat oppervlakte van maximaal 600 m². In de bronzone ten westen van gebouw J en noordelijk van de PER-tank is de grond sterk verontreinigd (traject 1,6-2,2 m-mv). De verwachting is dat in de diverse klei/leemlagen in de trajecten van 4-6 en 13-17 m-mv puur product aanwezig is. Er zijn geen aanwijzingen dat onder gebouw J of rond de voormalige PER-tank puur product aanwezig is.</p> <p>De verontreiniging heeft zich tot 35 m-mv in noordwestelijke richting verspreid. Er is sprake van een pluim met beperkte omvang. De pluimen (gehalten grondwater > interventiewaarde) van gebouwen I en J lijken niet met elkaar in verband te staan.</p>

Brongebied	Samenvatting verontreinigingssituatie
U	In de zuidoosthoek van gebouw U zijn in de grond tot 4,0 m-mv sterk verhoogde gehalten VOCL aangetoond (maximaal gehalte TRI 26.000 mg/kg ds; traject 1,8-2,0 m-mv). De geschatte omvang van de sterk verhoogde gehalten bedraagt circa 1.000 m ³ . Mogelijk is de grond langs het oude riool en het lozingspunt bij de Singel ook verontreinigd. De bron in het grondwater bevindt zich vooral in het traject van 4 tot 10 m-mv, bovenop een klei/leemlaag (9-10 m-mv). Er zijn hier geen aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van puur product. Vanaf gebouw U is een pluim van CIS en VC waarneembaar die zich over een afstand (onder invloed van de onttrekking van de LMF) van circa 500-600 m in oostelijke richting heeft verspreid.

2.5 Definiëring probleemgebieden

Op basis van de aangetoonde verontreiniging, in combinatie met de toekomstige functie van de locatie, kan de noodzaak voor de aanpak van de bodemverontreiniging als volgt worden onderverdeeld:

- blootstellingsrisico's;
- verspreidingsrisico's.

Op basis van de risico's is in tabel 9 een samenvatting gegeven van de verschillende probleemgebieden op de onderzoekslocatie.

Tabel 9 Definiëring probleemgebieden

Risico	Locatie	Verontreinigingen
Blootstelling	Bovengrond (contactlaag) over een groot deel van het Defensie-eiland.	Verontreinigingen in de grond met PAK, zware metalen, minerale olie, aromaten en VOCL.
Verspreiding	Zuidoosthoek gebouw I	Brongebied met VOCL in zowel grond als grondwater. Ook benzeen aanwezig tot op grote diepte. Bronlocatie met grootste vracht aan verontreiniging. Waarschijnlijk puur product aanwezig.
	Tussen gebouw A en J	Brongebied met VOCL in zowel grond als grondwater. Waarschijnlijk puur product aanwezig.
	Zuidoosthoek gebouw U	Brongebied met VOCL in zowel grond als grondwater.
	Gebouw D	Beperkte grondverontreiniging met minerale olie.
	Tussen gebouw E, F, G/H en I	Grond- en grondwaterverontreiniging met minerale olie en vluchtige aromaten
	Gebouw Q	Beperkte grondverontreiniging met minerale olie en VOCL.
	Gebouw U en gedempte gracht ten zuiden van het kasteel	Beperkte grondverontreiniging met minerale olie (ook immobiele verontreinigingen: zware metalen en PAK).
	Diep grondwater	Grondwaterverontreiniging met VOCL en in geringe mate benzeen.

2.6 Ernst en spoedeisendheid

Per beschikking (code UT0632/00048) is op 4 juni 2008 het volgende vastgesteld met betrekking tot de ernst en spoedeisendheid:

- **Ernst:** er is sprake van een geval van ernstige verontreiniging als bedoeld in artikel 1 en artikel 29 van de Wbb.
- **Spoedeisendheid:** Gelet op het huidige en het beoogde gebruik van deze ernstige verontreinigde bodem is sprake van zodanige risico's voor verspreiding van de verontreiniging dat spoedige sanering als bedoeld in artikel 37 van de Wbb noodzakelijk is. Met de sanering dient zo spoedig mogelijk, maar uiterlijk 4 jaar na de inwerkingtreding van deze beschikking, te worden begonnen.

Daarnaast is o.a. het volgende vastgelegd in de beschikking:

- met de sanering dient zo spoedig mogelijk, maar uiterlijk vier jaar (4 juni 2012) na de inwerking-treding van deze beschikking, te worden begonnen;
- voorafgaande aan de sanering dient een tijdelijke beveiligingsmaatregel te worden getroffen.

2.7 Gevalsdefinitie

Ter plaatse van de saneringslocatie (kadastrale percelen Woerden, sectie C, nummers 2919, 2162 en een gedeelte van nummer 2918) is sprake van één geval van ernstige bodemverontreiniging. Dit is bij beschikking van 4 juni 2008 (kenmerk 2008INT223604) door de Provincie Utrecht vastgesteld. Opgemerkt wordt dat de werkzaamheden die omschreven staan in dit deelsaneringsplan niet van toepassing zijn op perceel 2162 van de gemeente Woerden en perceel 2918 van de Stichting Het Kasteel Van Woerden.

In bijlage 1.2 is aangegeven op welke percelen dit deelsaneringsplan van toepassing is.

3 Saneringsdoelstelling en saneringsvarianten

In het saneringsonderzoek (bodemonderzoek 26) is de saneringsdoelstelling voor de locatie vastgelegd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de aanpak van de bovengrond en de ondergrond enerzijds en tussen immobiele en mobiele verontreiniging anderzijds.

In dit hoofdstuk gaan we eerst in op de algemene saneringsdoelstelling en de fasering en verantwoordelijkheden tijdens de sanering.

Voor fase 2 zijn de terugsaneerwaarden voor de sanering beschreven. De beschreven terugsaneerwaarden zijn tijdens een overleg op 30 januari 2007 tussen de Provincie Utrecht, de Milieudienst Noord-West Utrecht en de Grontmij vastgesteld (bodemonderzoek 26). De verantwoordelijkheid voor het behalen van de terugsaneerwaarden ligt bij de ontwikkelaar.

Dit hoofdstuk geeft tevens een overzicht van de geselecteerde saneringsvarianten voor de verschillende saneringsfasen.

3.1 Algemene saneringsdoelstelling gehele sanering

Conform het landelijke en provinciale saneringsbeleid zijn de volgende saneringsdoelstellingen voor de boven- en ondergrond op de locatie geformuleerd:

- het wegnemen van blootstellingsrisico's als gevolg van verontreinigingen (immobiel en mobiel) in de grond;
- het wegnemen van uitloogrisico's (nalevering) van mobiele verontreinigingen uit de grond en zones met puur product naar het grondwater;
- het kosteneffectief en milieuhygiënisch saneren van mobiele verontreinigingen in het diepe grondwater (ondergrond), waarbij binnen een periode van 30 jaar een stabiele eindsituatie wordt bereikt.

Concreet betekent de standaardaanpak voor de saneringslocatie dat:

- de immobiele verontreinigingen gesaneerd worden voor zover er contactrisico's voor de beoogde functie bestaan;
- de oliespots, waaronder wordt verstaan minerale olie en aromaten (exclusief benzeen) worden in de grond en het grondwater gesaneerd tot de tussenwaarde;
- de bron en de pluim van de mobiele verontreinigingen (VOCL en benzeen) zoveel mogelijk worden verwijderd, waarbij:
 - de gehalten aan VOCL en benzeen in de bovenste 2 meter van de grond tot beneden de tussenwaarde worden teruggebracht. Voor de zone daaronder gelden afgeleide terugsaneerwaarden voor de individuele componenten (zie tabel 12);
 - voor het diepe grondwater (pluim) binnen 30 jaar een stabiele eindsituatie wordt bereikt (voor het diepe grondwater zijn geen terugsaneerwaarden gehanteerd aangezien het doel van de sanering niet het bereiken is van een vaste terugsaneerwaarde, maar het bereiken van een gewenste situatie).

3.2 Fasering en verantwoordelijkheden sanering

Tijdens de sanering wordt de aanpak van de verontreiniging in de bovengrond (tot maximaal 20 m-mv; fase 1 en 2) en de ondergrond (diepe grondwater; fase 3 en 4) losgekoppeld. De sanering van de bovengrond en de ondergrond valt onder de verantwoordelijkheid van verschillende partijen. De fasering en verantwoordelijkheden tijdens de sanering zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 10 Fasering en verantwoordelijkheden sanering

Fase	Sanering van:	Verantwoordelijkheid
1	Bovengrond (immobiele verontreinigingen en oliespots).	Projectontwikkelaar
2	Mobiele brongebieden (VOCL en benzeen) tot een diepte van maximaal 20 m-mv. Hier-voor zijn drie werkgebieden (zie tabel 11) gedefinieerd.	
3	Sanering diepere grondwater pluim met VOCL en benzeen op en ten noordwesten van het Defensie-eiland in het eerste watervoerende pakket.	Gemeente Woerden
4	Sanering diepere grondwater oostelijke pluim met VOCL in het eerste watervoerende pakket ter hoogte van het NS-station Woerden.	

Ten behoeve van de sanering van de drie brongebieden met VOCL tijdens fase 2 zijn drie werkgebieden gedefinieerd (zie tabel 11). Het werkgebied geeft de horizontale en verticale saneringsgrens aan voor elk brongebied. In het werkgebied geldt de geformuleerde saneringsdoelstelling voor de ontwikkelaar. De gemeente Woerden is verantwoordelijk voor de verontreiniging die niet onder fase 1 of 2 valt. De werkgebieden zijn in bijlage 5 op kaart weergegeven.

Tabel 11 Afbakening drie werkgebieden

Werkgebied	Afmetingen	Diepte	X,Y-Coördinaten
Gebouw I	53 x 77 x 53 x 73	20 m-mv	120666,455157 120698,455199 120760,455161 120731,455116
Gebouw A en J	42 x 28 x 42 x 27	20 m-mv	120726,455245 120751,455279 120773,455263 120749,455229
Gebouw U	32 x 28	10 m-mv	120828,455271 120860,455277 120865,455249 120833,455243

3.3 Afgeleide terugsaneerwaarden sanering mobiele verontreiniging fase 2

In onderstaande tabel zijn de afgeleide terugsaneerwaarden ten aanzien van de mobiele verontreinigingen tijdens fase 2 weergegeven.

Tabel 12 Afgeleide terugsaneerwaarden sanering mobiele verontreiniging fase 2

Verontreiniging	Randvoorwaarden sanering		
VOCL en benzeen tot 2 m-mv	Terugsaneerwaarde grond: < tussenwaarde ¹⁾		
	Terugsaneerwaarde grondwater: < tussenwaarde ¹⁾		
VOCL en benzeen > 2 m-mv	Grond (mg/kgds)	Zandgrond ²⁾	Kleigrond ³⁾
	Tetrachlooretheen (PER):	1,12	3,36
	Trichlooretheen (TRI):	0,72	2,13
	Cis-1,2-dichlooretheen (CIS)	0,45	1,35
	Vinylchloride (VC):	0,06	0,21
	Benzeen:	0,57	1,68
	Grondwater (µg/l)		
	Tetrachlooretheen (PER):		200 ⁴⁾
	Trichlooretheen (TRI):		200 ⁴⁾
	Cis-1,2-dichlooretheen (CIS)		200 ⁴⁾
	Vinylchloride (VC):		200 ⁴⁾
Benzeen:		200 ⁴⁾	

Algemene toelichting tabel: Bovenstaande terugsaneerwaarden hebben betrekking op de mobiele verontreinigingen (de in grond en grondwater aange troffen VOCL en benzeenverontreinigingen) zoals beschreven ter plaatse van bladzijde 40 en in de bijlagen van 8 en 12 van het saneringsonderzoek aangegeven werkgebieden (hierna: de werkgebieden of het werkgebied)

¹⁾ De restverontreiniging (tot de tussenwaarde) wordt geïsoleerd met verharding/bebouwing of een leeflaag.

²⁾ Uitgaande van 2% organische stof. Correctie op basis van het daadwerkelijke bepaalde gehalte organische stof met een minimum van 2%.

³⁾ Uitgaande van 6% organisch stof. Correctie op basis van het daadwerkelijke bepaalde gehalte organische stof met een minimum van 62%.

⁴⁾ Voor VOCL en benzeen in het grondwater vanaf 2 m-mv zijn geen getalsmatige terugsaneerwaarden voor de individuele VOCL en benzeen geformuleerd. Voor de individuele componenten geldt een richtwaarde van 200 µg/l per component. Deze richtwaarde geldt tijdens de procesmonitoring van de sanering van fase 2 voor eventuele bijsturing.

Voor VOCL en benzeen in de grond dieper dan 2 m-mv zijn terugsaneerwaarden afgeleid.

Om in de toekomst enig risico uit te sluiten, geldt tot een diepte van 2 m-mv als terugsaneerwaarde voor VOCL en benzeen de tussenwaarde. Vanaf 2,0 m-mv gelden de afgeleide terugsaneerwaarden voor VOCL en benzeen. Een toelichting op de afgeleide terugsaneerwaarden is in onderstaand kader weergegeven.

Inmiddels zijn er uit de pilot gegevens verkregen over het toepassen van chemische oxidatie op de locatie. De pilot is beschreven in het evaluatierapport van de pilot. Een samenvatting is weergegeven in hoofdstuk 4..

Toelichting afgeleide terugsaneerwaarde voor VOCL en benzeen in de grond dieper dan 2 m-mv

Als terugsaneerwaarde wordt hierbij aangehouden een gehalte in de grond dat niet leidt tot een hogere concentratie in het grondwater dan 200 µg/l per individuele verontreinigende stof. Verwacht wordt dat bij een dergelijke concentratie de doelstelling voor het diepe grondwater (fase 3 en 4) in de pluim behaald wordt. Doelstelling voor het diepe grondwater in het eerste watervoerende pakket is zoveel mogelijk vrachtverwijdering en het bereiken van een stabiele eindsituatie binnen 30 jaar.

Zonder stoftransportmodel is het afleiden van terugsaneerwaarden in de grond niet eenduidig uit te voeren, aangezien het niet mogelijk is een berekening naar uitloging met voldoende zekerheid uit te voeren. Om die reden is voor een benaderingsmethode gekozen waarbij ervan wordt uitgegaan dat maximaal 1/3 van de evenwichtsconcentratie (tussen grond en grondwater) kan worden bereikt in het grondwater bij een organische stofgehalte van 2% voor zandgrond en 6% voor kleigrond. Derhalve zijn in de berekende evenwichtsconcentraties vermenigvuldigd met een factor om een terugsaneerwaarde af te leiden. In onderstaande tabel zijn de evenwichtsconcentraties en afgeleide terugsaneerwaarden voor VOCL en benzeen in zand- en kleigrond weergegeven.

Afgeleide terugsaneerwaarden voor VOCL en benzeen in grond

Stof	Zandgrond (2% organische stof)		Kleigrond (6% organische stof)	
	Evenwichtsconcentratie bij 200 µg/l mg/kg ds	Afgeleide terugsaneerwaarde mg/kg ds	Evenwichtsconcentratie bij 200 µg/l mg/kg ds	Afgeleide terugsaneerwaarde mg/kg ds
Tetrachlooretheen (PER):	0,37	1,12	1,12	3,36
Trichlooretheen (TRI):	0,24	0,72	0,71	2,13
Cis-1,2-dichlooretheen (CIS)	0,15	0,45	0,45	1,35
Vinylchloride (VC):	0,02	0,06	0,07	0,21
Benzeen:	0,19	0,57	0,56	1,68

3.4 Afbakening sanering fase 2

Dit deelsaneringsplan heeft betrekking op de volgende mobiele verontreinigingen:

- de verontreiniging binnen de werkgebieden zoals gedefinieerd in tabel 11;
- de verontreiniging van oliespot 2. Voor oliespot 2 geldt dat deze binnen dit deelsaneringsplan valt omdat deze verontreiniging volledig binnen de ontgravingscontour van werkgebied I valt.

Sanering van eventuele mobiele verontreinigingen buiten de eerder genoemde vijf oliespots (paragraaf 2.4.1) en de drie werkgebieden zijn voor eigen rekening (verantwoordelijkheid) en risico van de gemeente Woerden.

Indien tijdens werkzaamheden buiten bovengenoemde vijf oliespots en de drie werkgebieden mobiele verontreinigingen, in gehalten boven de terugsaneerwaarden, worden waargenomen geldt de volgende procedure:

- het bevoegd gezag en de gemeente Woerden worden direct op de hoogte gesteld;
- in overleg met de gemeente Woerden wordt bepaald welke acties door wie worden ondernomen;
- in overleg met het bevoegd gezag wordt de verdere voortgang bepaald.

3.5 Geselecteerde saneringsvarianten

In het saneringsonderzoek (bodemonderzoek 26) zijn voor de verschillende verontreinigingen die gesaneerd dienen te worden meerdere saneringsvarianten geselecteerd op basis van een afweging van meerdere varianten. Tabel 13 geeft een overzicht van de, volgens het saneringsonderzoek,

meest geschikte saneringsmaatregelen voor de verschillende aanwezige verontreinigingen.

Tabel 13 Meest geschikte saneringsmaatregelen per probleemgebied

Probleemgebied	Saneringsfase	Saneringstechniek/methode
Bovengrond met immobiele verontreinigingen	1	<ul style="list-style-type: none"> • Ontgraving • Isolatie
Diverse oliespots	1	<ul style="list-style-type: none"> • Ontgraven • Twee fasen extractie • Chemische oxidatie
Werkgebieden VOCL gebouw I, J en U	2	<ul style="list-style-type: none"> • Ontgraven • Grondwateronttrekking • Chemische oxidatie • Stoominjectie
Grondwaterverontreiniging ondergrond (dieper dan 20 m-mv)	3	<ul style="list-style-type: none"> • Grondwateronttrekking • Chemische oxidatie • Gestimuleerde aërobe biologische afbraak • Beheersing • Monitoring

Op basis van de genoemde saneringsmaatregelen in tabel 13 is een selectie gemaakt van de meest kansrijke saneringsmaatregelen die in het saneringsonderzoek nader zijn uitgewerkt en afgewogen.

De geselecteerde saneringsmaatregelen zijn afgewogen ten opzichte van elkaar. Voor fase 1 geldt dat op voorhand is gekozen voor de standaardaanpak (leeflaag en/of isolatie) voor de immobiele verontreinigingen en voor ontgraving van de diverse oliespots.

Voor fase 2 zijn ontgraven (in combinatie grondwateronttrekking) en chemische oxidatie verder uitgewerkt. Een belangrijk aspect bij de selectie van de uit te werken variant was de gestelde termijn voor de actieve sanering (maximaal 4 jaar). Dit is een reden dat een variant met biologische afbraak voor de bronaanpak niet is uitgewerkt. Uit een afweging is gebleken dat de hogere saneringskosten voor ontgraven (factor vier maal zo hoog) niet opwegen tot het beperkte hogere rendement (4 tot 8%) wat met ontgraven bereikt kan worden ten opzichte van chemische oxidatie. Om deze reden is gekozen voor toepassing van chemische oxidatie als saneringsvariant voor de drie werkgebieden in fase 2.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geselecteerde saneringsvarianten voor fase 1 en 2. Bij deze geselecteerde saneringsvarianten wordt verder aangesloten tijdens de sanering.

Tabel 14 Overzicht geselecteerde saneringsvarianten

Omschrijving	Geselecteerde saneringsvariant
Tanks	Verwijderen en verschroten.
PAK en zware metalen (fase 1)	De standaardaanpak voor de sanering van immobiele verontreiniging in de bovengrond bestaat uit het voorkomen van blootstelling door het aanbrengen van een leeflaag of isolatie. De dikte van de leeflaag is afhankelijk van het toekomstig gebruik. Volledig verwijderen van de immobiele verontreinigingen is niet doelmatig gezien de verhoogde achtergrondgehalten in de binnenstad van Woerden.
Asbest	De locatie is op dit moment niet verdacht voor de aanwezigheid van asbest. Na sloop van de gebouwen vindt een visuele inspectie naar asbest op maaiveld plaats. Afhankelijk van de resultaten van deze inspectie wordt besloten of en op welke wijze vervolgmaatregelen dienen plaats te vinden.
Vijf spots met olieverontreiniging (fase 1)	De 5 spots met olieverontreiniging (zie 2.4.1) worden zoveel mogelijk gesaneerd middels ontgraving.
Drie brongebieden met VOCL (fase 2)	Doel is het op een kosteneffectieve manier verwijderen van de brongebieden (= de drie werkgebieden) met puur product VOCL in de verzadigde zone ter plaatse van gebouwen I, J en U (zie tabel 8). Verontreiniging in de bovengrond wordt verwijderd middels ontgraving. Daarna worden de diepe bronnen verwijderd middels chemische oxidatie. Omdat oliespot 2 is gelegen binnen de contour van werkgebied I, is deze oliespot onderdeel van de sanering van fase 2.

4 Pilot fase 2

In dit hoofdstuk gaan we in op de uitgevoerde pilot en de consequenties voor de sanering van fase 2.

4.1 Algemene informatie en opzet pilot

Om aanvullende gegevens te verzamelen om een beter ontwerp te kunnen maken voor de sanering van fase 2, is een pilot uitgevoerd in de periode van november 2010 tot en met juli 2011. De pilot is uitgevoerd in werkgebieden I en U. In bijlage 7.1 en 7.2 zijn situatietekeningen opgenomen van de gebieden waar de pilot is uitgevoerd.

Voorafgaand aan de pilot is in oktober 2010 een deelsaneringsplan (bron 14) voor de pilot opgesteld. Dit deelsaneringsplan is opgesteld omdat de werkzaamheden van de pilot invloed kunnen hebben op de aanwezige verontreiniging. Voor de pilot is geen terugsaneerwaarde van toepassing, de doelstelling van de sanering is immers niet het saneren van de verontreiniging. Het doel van de pilot is het verzamelen van aanvullende informatie om de sanering van fase 2 beter te kunnen ontwerpen. De werkzaamheden van de pilot mogen niet leiden tot een ongewenste verspreiding van de verontreiniging.

Onder ongewenste verspreiding wordt verstaan het verspreiden van verontreiniging tot buiten de vastgestelde werkgebieden. Omdat binnen de werkgebieden later actief gesaneerd zal worden is eventuele mobilisatie van verontreiniging door werkzaamheden van de pilot binnen werkgebieden I en U wel toegestaan.

Op het deelsaneringsplan van de pilot is op 5 november 2010 goedkeurend beschikt (UT0632/00048).

In het deelsaneringsplan is de uitvoering van de pilot beschreven. Bij de pilot is onderscheid gemaakt in de volgende werkzaamheden:

- specifiek nulonderzoek;
- labexperimenten. Doel was o.a. het vaststellen van de buffercapaciteit, de matrixbehoefte (permanganaat en Fentons reagens) en de afbraakrendementen in het grondwater (permanganaat en Fentons reagens);
- pompproef (werkgebied I en U);
- ISCO-proef (werkgebied I en U). In werkgebied I is gemodificeerd Fentons reagens en in werkgebied U is natriumpermanganaat geïnjecteerd. In beide werkgebieden zijn twee injectierondes uitgevoerd.

Een uitwerking van de resultaten van de pilot is opgenomen in het evaluatieverslag van de pilot (bron 20). Voor meer details over de pilot verwijzen we naar dit rapport.

4.2 Conclusies en aanbevelingen pilot

Onderstaand beperken we ons tot de relevante conclusies en aanbevelingen van de pilot die effect hebben op de uitvoering van de fullscale in situ sanering. Dit is niet een volledig overzicht van alle conclusies van de pilot. Voor een compleet overzicht verwijzen we naar het evaluatierapport van de pilot (bron 20).

Saneringsresultaat

Aan de hand van de resultaten wordt geconstateerd dat het effect van de pilot ISCO op de grondwaterconcentraties redelijk beperkt is.

Dit is vermoedelijk te danken aan het effect van 'rebound'. Chemische oxidatie werkt vooral goed in de grondwaterfase. Direct na de chemische oxidatie zijn de concentraties in het grondwater sterk gedaald. De verontreiniging in de grondfase en puur product (DNAPL) is echter slechter 'bereikbaar' met de chemische oxidatie waardoor er nog hoge gehalten in de grondfase achterblijven. Na de chemische oxidatie stellen de evenwichten tussen puur product, grond- en grondwater zich opnieuw in. Door de restverontreiniging in de grond en indien er sprake is van puur product kunnen de concentraties in het grondwater na een paar weken weer ongeveer net zo hoog zijn als voor de chemische oxidatie ('rebound'). Om dit effect zoveel mogelijk tegen te gaan, moet de chemische oxidatie in meerdere ronden uitgevoerd worden. Echter, het effect van iedere volgende ronde is minder dan de vorige. Bij de pilot is sprake geweest van 2 ronden chemische oxidatie. Tijdens deze injectierondes is sprake geweest van onvoldoende reductie (in verhouding tot de richtwaarden) in de gehalten aan verontreiniging. Dit geeft enerzijds aan dat de geformuleerde richtwaarden niet makkelijk te behalen zijn en anderzijds dat meer oxidant nodig is om het gewenste saneringsresultaat te kunnen bereiken.

In het saneringsonderzoek is chemische oxidatie als meest geschikte saneringsmethode voor de brongebieden geselecteerd. Chemische oxidatie middels Fentons reagens is gezien de gestelde randvoorwaarden en de praktijkervaringen de meest efficiënte saneringstechniek voor de locatie.

ISCO Fentons reagens

Indien teveel oxidant wordt ingebracht dan kan de bodem te warm worden en loopt het proces 'uit-de-hand'. Bij 42 graden zal de waterstofperoxide gaan ontbinden met zeer veel gasvorming als gevolg. Ook daalt onder deze omstandigheden de effectiviteit van de maatregel naar (bijna) nul omdat de waterstofperiode niet wordt omgezet in radicalen, maar vrijwel direct uiteenvalt in water en zuurstof.

Uit de temperatuursmetingen blijkt dat dit punt tijdens de pilot bij lange na niet bereikt is. Uit de uitgevoerde labtesten blijkt daarnaast dat de buffercapaciteit van de bodem hoog is. Dit betekent dat het lastig is om de pH te verlagen. Daarom zal ook voor de fullscale in situ sanering gemodificeerd Fentons reagens worden gebruikt.

ISCO Permanganaat

Permanganaat is een matig sterke oxidator en daarom minder geschikt om, bij de aangetroffen hoge grondwaterconcentraties aan VOCL in een heterogene bodem, het gewenste resultaat op een efficiënte wijze te behalen. Daarnaast komen, ter plaatse van werkgebied I, hoge concentraties aan ben-

zeen voor waarvoor de inzet van permanganaat niet geschikt is.

Uit het bovenstaande blijkt dat permanganaat onder deze omstandigheden minder geschikt is voor vrachtverwijdering in de bronzone en de voorkeur wordt gegeven aan gemodificeerd Fentons reagens. Uit de analyseresultaten van de pilotsanering blijkt verder dat het grondwater in veel peilbuizen geen sterk verhoogde concentraties aan benzeen, PER en TRI zijn aangetroffen. Indien de concentraties van de afbraakproducten CIS en VC in deze peilbuizen niet al te hoog zijn, kunnen mede gezien de heersende bodemcondities, hier ter plaatse beter andere technieken (zoals gestimuleerde biologische afbraak) worden toegepast dan permanganaat. Hetzelfde geldt voor de saneringstechniek om als 'polishing' op de locatie in te zetten om de gehalten na chemische oxidatie met gemodificeerd Fentons reagens verder te verlagen.

Aanbevelingen full scale

- voer de vrachtverwijdering uit met gemodificeerd Fentons reagens. Vanwege de buffercapaciteit is klassieke Fentons reagens minder geschikt. Permanganaat is onder deze omstandigheden waarschijnlijk niet geschikt om grote hoeveelheden vracht te verwijderen;
- bijkomende voordeel van de toepassing van gemodificeerd Fentons reagens is dat de pH van de bodem niet te sterk wordt beïnvloed. Hierdoor is het mogelijk om op dezelfde plaats gestimuleerde biologische afbraak als vervolg saneringstechniek in te zetten en niet gebonden te zijn aan ISCO;
- de temperatuurstijgingen bevinden zich ruimschoots onder het punt dat de reactie 'uit-de-hand' loopt. Bij de full scale kunnen derhalve hogere concentraties waterstofperoxide worden gebruikt (8 tot 12%);
- in plaats van de inzet van permanganaat als ondersteunende techniek kan beter gebruik worden gemaakt van een efficiëntere techniek zoals gestimuleerde biodegradatie.

5 Uitgangspunten en randvoorwaarden

In deze paragraaf gaan we in op de gehanteerde uitgangspunten en randvoorwaarden die voor de uitvoering van de sanering van fase 2 van toepassing of van belang zijn.

Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- de sanering van het gehele geval van bodemverontreiniging op het Defensie-eiland te Woerden wordt uitgevoerd in vier fasen conform het programma van eisen (bron 7);
- de sanering van fase 1 en 2 dient voor eigen rekening, verantwoordelijkheid en risico van de ontwikkelaar te worden gerealiseerd;
- de werkzaamheden die in dit deelsaneringsplan staan omschreven hebben alleen betrekking op de saneringswerkzaamheden voor fase 2;
- voor de saneringswerkzaamheden van fase 2 geldt dat de projectontwikkelaar alleen verantwoordelijk is voor sanering van de organische verontreiniging (minerale olie, aromaten en/of VOCL) binnen de drie werkgebieden zoals omschreven in tabel 11 en oliespot 2 (geheel binnen werkgebied I);
- de saneringswerkzaamheden en/of beheersmaatregelen voor de overige verontreinigingen (alles wat niet tot fase 1 of 2 behoort) op en nabij de locatie zijn de verantwoordelijkheid van de gemeente Woerden;
- de beschikking ernst en spoedeisendheid dateert van 4 juni 2008. Volgens de beschikking dient uiterlijk binnen vier jaar na afgeven van de beschikking gestart te zijn met de saneringswerkzaamheden;
- het saneringsplan voor de derde saneringsfase (verantwoordelijkheid gemeente Woerden) dient uiterlijk een jaar na de instemming van de Provincie Utrecht met het evaluatieverslag van de fase 1 en 2 te worden ingediend bij het bevoegd gezag;
- de saneringsdoelstelling zoals omschreven in hoofdstuk 3;
- de uitvoering van de sanering van fase 2 mag niet leiden tot ongewenste verspreiding van verontreiniging;
- de aard en omvang van de verontreinigingen, zoals eerder beschreven in dit rapport. Voor de contouren en omvang is uitgaan van de gegevens uit hoofdstuk 2 en bijlagen 3, 4 en 5. Deze verontreinigingssituatie is gebaseerd op de bodemonderzoeken 25 en 26;
- het bevoegd gezag is van mening dat het nader onderzoek (bodemonderzoek 25) en het saneringsonderzoek (bodemonderzoek 26) voldoen aan alle daartoe bij of krachtens de Wet bodembescherming gestelde vereisten;
- voor de start van de sanering vindt sloop plaats van een aantal aanwezige gebouwen (zie bijlage 6);
- de werkzaamheden voor het verwijderen van ondergrondse infrastructuur ter plaatse van verontreinigde grond zijn onderdeel van de sanering;
- voorafgaand aan de sanering wordt een grondstromenplan opgesteld;
- na sloop van de gebouwen vindt, ten behoeve van de sanering van fase 2, een nader bodemonderzoek plaats op de verdachte terreindelen (onder de te slopen gebouwen) binnen de werkgebieden;
- de bodemopbouw en geohydrologie, zoals eerder beschreven in dit rapport;

- met de toepassing (o.a. ontwerp en dimensionering saneringssysteem) van de sanering (o.a. middels chemische oxidatie en stimulatie biologische afbraak) voor fase 2 wordt geen rekening gehouden met een eventueel op de locatie door de gemeente Woerden toe te passen WKO;
- het in situ saneringssysteem voor fase 2 is ontworpen op de verontreiniging die aanwezig is binnen de gedefinieerde werkgebieden;
- de toekomstige bestemming van de locatie is wonen;
- de contour van Defensie-eiland is aangemerkt als rijksmonument;
- gebouwen I', B en C blijven gehandhaafd. De overige gebouwen worden gesloopt;
- het onttrokken grondwater wordt, na (eventuele) zuivering, geloosd op het naastgelegen oppervlaktewater (Singelgracht);
- instandhouding monitoringsnetwerk peilbuizen. Bij verstoring van belangrijke peilbuizen dienen deze te worden herplaatst;
- het terrein is op dit moment niet asbestverdacht;
- voor het Defensie-eiland is de bodemfunctieklasse wonen vastgesteld;
- een bouwvergunning voor de locatie wordt verleend na instemming door het bevoegd gezag op het saneringsplan voor fase 1 en 2 en na goedkeuring door de gemeente Woerden van een, nog uit te voeren, bodemonderzoek op de niet verdachte terreindelen;
- indien op de locatie grond aanwezig is met kwaliteit van bodemfunctieklasse industrie kan deze worden hergeschikt onder toekomstige bebouwing;
- ontgraven verontreinigde grond die van locatie wordt afgevoerd, wordt conform de vigerende milieuwetgeving behandeld;
- voor grond (vaste m³) is de gehanteerde dichtheid 1,7 ton/m³;
- omrekeningsfactor voor grond: los/vast=1,2/1
- de veiligheid dient gewaarborgd te worden;
- de dagelijkse activiteiten op en rondom de locatie worden zoveel mogelijk gecontinueerd;
- de veiligheid dient gewaarborgd te worden;
- de saneringstechnieken dienen uitgevoerd te worden binnen de vigerende regelgeving.

Randvoorwaarden

Bij de uitwerking van de saneringswerkzaamheden voor fase 2 wordt rekening gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- bij de voorgenomen grond- en grondwatersanering zal schade aan funderingen van woningen op en rond de locatie en andere zettingsgevoelige infrastructuur voorkomen moeten worden. Eventueel toch veroorzaakte schade dient te worden hersteld;
- resultaten van elke fase van de sanering moeten leiden tot een door bevoegd gezag (de Provincie Utrecht) goedgekeurd evaluatierapport inclusief eventuele (na)zorgverplichtingen;
- toekomstige (tijdelijke) onttrekkingen op en nabij de locatie kunnen van invloed zijn op de genomen maatregelen ten aanzien van de sanering op de locatie;
- hinder en overlast voor bewoners in de omgeving van de locatie dient zo veel mogelijk voorkomen te worden. Eventuele overlast moet aanvaardbaar zijn en goed worden gecommuniceerd met omwonenden;
- droogteschade (stadsgroen) als gevolg van grondwateronttrekking mag niet optreden;
- archeologie: uit archeologisch onderzoek (bron 12) kan worden opgemaakt dat zich binnen het grootste deel van het Defensie-eiland (uitgezonderd het noordoostelijk deel van het eiland, dit betreft de gedempte kasteelgracht en het noordelijk gelegen bosje) geen archeologische vind-

plaatsen bevinden. Nader archeologisch onderzoek is nog wel nodig bevonden. Indien tijdens sloop of bodemsanering toch voorwerpen worden aangetroffen van cultuurhistorische waarden moet contact worden opgenomen met de provinciaal archeoloog en de gemeente Woerden.

Eventuele archeologische vondsten dienen ingepast te worden in de saneringswerkzaamheden. Op basis van bron 12 is het niet de verwachting dat dit het geval zal zijn. Het archeologisch programma van eisen wordt momenteel opgesteld in opdracht van de gemeentelijke archeoloog;

- eisen van de waterkwaliteitsbeheerder en -kwantiteitsbeheerder met betrekking tot het onttrekken van grondwater en lozen van het onttrokken grondwater;
- eisen voortkomend uit eventuele andere vergunningen (Wet milieubeheer etc.);
- de sanering dient onder de huidige regelgeving en met de bestaande technieken praktisch uitvoerbaar te zijn;
- de sanering dient sober en doelmatig te worden uitgevoerd, i.e. met een zo efficiënt mogelijke aanwending van middelen;
- het milieu-adviesbureau dat de milieukundige begeleiding van de sanering uitvoert, dient erkend en geregistreerd te zijn in het kader van de beoordelingsrichtlijn SIKB BRL 6000;
- de aannemer van de sanering dient erkend en geregistreerd te zijn in het kader van de beoordelingsrichtlijn SIKB BRL 7000;
- de toetsing van de eindwaarden (eindverificatie) van het saneringsresultaat vindt plaats door de milieukundig begeleider in opdracht van de geselecteerde partij. Verificatie vindt plaats door een onafhankelijk gecertificeerd bureau op kosten van de uitvoerende partij.

6 Voorbereidende werkzaamheden sanering fase 2

In dit hoofdstuk worden de voorbereidende werkzaamheden ten behoeve van de saneringswerkzaamheden van de sanering van fase 2 uiteengezet.

6.1 Benodigde vergunningen, goedkeuringen en beschikkingen

Om de saneringswerkzaamheden van de sanering van fase 2 te kunnen uitvoeren zijn, op dit moment, de volgende vergunningen, beschikkingen, meldingen en toestemmingen voorzien:

Tabel 15 Overzicht benodigde vergunningen, meldingen, goedkeuringen en beschikkingen voorafgaand aan de start van de sanering

Omschrijving	Melding doen bij	Termijn
Goedkeuring op het onderhavige deelsaneringsplan van het bevoegd gezag;	Provincie Utrecht	15 weken
Vergunning in het kader van de Waterwet voor de onttrekking en de lozing van grondwater ten behoeve van de bemalingen voor de ontgravingen	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	6 maanden
Melding start onttrekking grondwater ten behoeve van de in situ sanering	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	2 weken
Melding lozen onttrokken grondwater bij proefbemalingen en bodemsanering Besluit lozen buiten inrichtingen	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Minimaal 4 weken vantevoren
Melding start sanering Voor een overzicht van aanvullende meldingen die tijdens de in situ saneringen aan de Provincie Utrecht worden gedaan, zie tabel 16.	Provincie Utrecht	Minimaal 2 weken vantevoren
Bouwvergunning(en) voor het (tijdelijk) plaatsen van saneringsapparatuur.	Gemeente Woerden	Turbovergunning: 5 werkdagen Bouwvergunning licht: 6 weken Bouwvergunning regulier: 12 weken
Melding bij de Milieudienst Noord-West Utrecht voor het plaatsen en instandhouden van de saneringsapparatuur	Milieudienst Noord-West Utrecht	nader te bepalen
Toestemming nutsbedrijven i.v.m. aanwezigheid kabels en leidingen	Nutsbedrijven	Klic-melding: 5 dagen Overleg: 10 dagen

Tabel 16 Overzicht benodigde meldingen aan de Provincie Utrecht tijdens de sanering van fase 2

Omschrijving
Start bemaling per ontgraving
Stopzetten bemaling per ontgraving
Start ontgraving per deellocatie
Bereiken einddiepte ontgraving per deellocatie
Afronden tijdstip alle ontgravingen. Dit vindt eenmalig plaats.
Start injectieronde (chemische oxidatie en stimulatie biologie)
Afronden tijdstip alle in situ saneringen. Dit vindt eenmalig plaats

Voor de meldingen die in tabel 16 staan vermeld geldt dat deze minimaal een week voor start van de activiteiten per mail bij de afdeling handhaving van de Provincie Utrecht worden gemeld.

6.2 Voorbereidende werkzaamheden

Algemene werkzaamheden voorafgaand aan start van de sanering van fase 2. Dit zijn werkzaamheden die na afgeven van de beschikking plaatsvinden:

- het uitwerken van de sanering fase 2 in een uitvoeringsplan door de aannemer;
- het opstellen van een V&G-plan uitvoeringsfase door de saneringsaannemer;
- inrichten van het werkterrein.

6.3 Verzekering

Gezien de uit te voeren bodemsaneringswerkzaamheden wordt geadviseerd om de aannemer een bodemsaneringsverzekering af te laten sluiten. Uitgangspunt is dat het project is te verzekeren.

6.4 Voorlichting en start

Voorafgaand aan de uitvoering van werkzaamheden worden de betrokkenen ingelicht over de aard en het tijdstip van de uit te voeren werkzaamheden. De voorlichting wordt verzorgd door de ontwikkelaar in samenwerking met de opdrachtgever (zie hoofdstuk 11).

Daarnaast meldt de uitvoerende aannemer, voorafgaand aan de sanering, de geplande startdatum aan het bevoegd gezag.

Startoverleg

Voor een goede afstemming wordt voorafgaand aan saneringswerkzaamheden een startoverleg gehouden. De volgende partijen zijn hierbij in ieder geval betrokken:

- directie (opdrachtgever of gevolmachtigde van de opdrachtgever);
- milieukundig begeleider;
- aannemer;
- het bevoegd gezag;
- opdrachtgever;
- eventuele andere belanghebbenden.

7 Uitwerking sanering fase 2

De uitwerking van de saneringsvarianten heeft betrekking op de werkzaamheden voor fase 2.

In dit hoofdstuk gaan we verder in op:

- verwijderen van opslagtanks ter plaatse van de werkgebieden;
- ontgravingen gecombineerd met bemalingen ter plaatse van de werkgebieden;
- in situ saneringen ter plaatsen van de werkgebieden.

7.1 Verwijderen van opslagtanks

Uit de voorgaande onderzoeken blijkt dat op de gehele locatie totaal 12 opslagtanks aanwezig zijn (geweest). Één van de tanks was een bovengrondse opslagtank, de overige tanks betreffen allemaal ondergrondse opslagtanks. Een aantal van de tanks is gelegen ter plaatse van de geplande ontgraving in werkgebied I. Een overzicht van de aanwezige tanks ter plaatse van werkgebied I is in tabel 16 weergegeven. De verwachte ligging van de tanks is opgenomen in bijlage 2.1.

Onbekend is hoeveel tanks nu nog aanwezig zijn, zover bekend kunnen nog maximaal 6 tanks aanwezig zijn ter plaatse van werkgebied I. Voor zover bekend zijn ter plaatse van werkgebied J en U geen tanks aanwezig.

Ondergrondse tanks die aanwezig zijn in verontreinigde grond dienen tijdens de saneringswerkzaamheden verwijderd te worden. Voor dit deelsaneringsplan betreft dit de nog aanwezige tanks op locaties 4 t/m 6 (allemaal aanwezig ter plaatse van werkgebied I).

Tabel 17 Overzicht ondergrondse en bovengrondse opslagtanks ter plaatse van werkgebied I

Nr.	Locatie	Aantal tanks	Volume (m ³)	Status
4	Nabij gebouw G/H	1 x ondergrondse benzinetank	Onbekend	Aanwezig (vol met zand)
		1 x ondergrondse benzinetank	Onbekend	Verwijderd
5	Tussen gebouwen E,G,H en I	2 x ondergrondse benzinetanks	12	Mogelijk nog aanwezig
		2 x ondergrondse dieseltanks	12	Mogelijk nog aanwezig
6	Zuidoosthoek I (tot 1991), noordwestgevel gebouw I'	1 x bovengrondse PER-tank	6	Mogelijk nog aanwezig

Bij het onvoorzien aantreffen van een opslagtank dient dit te worden gemeld bij de afdeling handhaving van de Provincie Utrecht.

De tanksaneringen worden uitgevoerd volgens de BRL-K904/02 (bron 18) en BRL-K902/03 (bron 19). Van de uitgevoerde tanksaneringen worden certificaten opgesteld door het tanksaneringsbedrijf. Deze certificaten worden opgenomen in het saneringsverslag van fase 2.

7.2 Ontgravingen ter plaatse van de drie werkgebieden

Ontgravingen

De aanwezige mobiele verontreiniging (gehalten in de grond boven de tussenwaarde) in de boven-

grond ter plaatse van de drie werkgebieden worden verwijderd middels ontgraven. Omdat oliespots 2 binnen de ontgraven contour van werkgebied I ligt wordt de uitwerking van de sanering van deze spot verder mee genomen bij dit deelsaneringsplan.

In bijlage 8 is op tekening een overzicht gegeven van de locaties van de ontgravingen (inclusief ontgravingsdiepte) die uitgevoerd dienen te worden. Op deze tekening zijn ook de ontgravingen voor de werkgebieden weergegeven.

Tabel 18 geeft per werkgebied een overzicht van de verwachte hoeveelheid verontreiniging boven de terugsaneerwaarde en de maximale ontgravingsdiepte.

Tabel 18 Overzicht te verwachte ontgraven hoeveelheid grond per werkgebied

Werkgebied	Verontreinigd oppervlakte boven terugsaneerwaarde (m ²)	Dikte gemiddeld traject met gehalten boven de terugsaneerwaarde (m)	Volume te ontgraven met gehalten boven de terugsaneerwaarde (m ³) ¹⁾	Maximale ontgravingsdiepte (m)	Totaal te ontgraven (m ³)	Her te gebruiken op locatie (m ³)
I ³⁾	1.450	3	4.350	4,0	5.800 ⁴⁾	1450
J	200	2	400	2,7	720 ²⁾	320
U	600	4	2.400	5,0	3.000 ⁴⁾	600
TOTAAL	1.850		7.150		9.520	2.370

¹⁾ Is hoeveelheid grond af te voeren naar erkende verwerker

²⁾ Inclusief talud en schone bovengrond

³⁾ Wordt gecombineerd ontgraven met de ontgraving van oliespots 2. In de tabel is de totale hoeveelheid grond die in het werkgebied ontgraven dient te worden weergegeven

⁴⁾ Te ontgraven binnen damwand

De ontgraven grond bestaat uit zowel klei als zand.

Voor elke ontgraving geldt dat de ontgraven evident verontreinigde grond (gehalten organische verontreinigingen > terugsaneerwaarde) in principe direct wordt afgevoerd naar een verwerker. Indien gewenst kan deze grond ook eerst tijdelijk in depot (met minimaal onderafdichting) worden geplaatst. Indien deze grond eerst in depot wordt geplaatst vindt geen bemonstering plaats voor afvoer van de grond. Opgemerkt wordt dat deze depots alleen gebruikt worden voor toepassing van ontgraven grond verontreinigd met organische verontreinigingen. Grond die tijdens de herontwikkeling wordt ontgraven in het kader van andere doelstelling wordt eventueel in gescheiden depots opgeslagen. Voor meer details zie bron 14.

Hiernaast worden ook de volgende twee depots (met minimaal onderafdichting) geplaatst:

- schone grond depot: grond die naar verwachting voldoet aan de terugsaneerwaarde en op locatie (aanvulling ontgraving) kan worden hergebruikt (na bemonstering);
- twijfel depot: grond waaruit na bemonstering dient te blijken of deze kan worden hergebruikt op locatie of dient te worden afgevoerd naar een reiniger.

De diepere ontgravingen ter plaatse van werkgebied I en U worden binnen een damwand uitgevoerd. Dit zorgt meteen voor voldoende stabiliteit richting de aanwezige kade bij de ontgraving van werkgebied I. Ondiepere verontreiniging kan ook zonder damwand worden ontgraven.

Omvang ontgravingen (aanvullend bodemonderzoek)

De beschikbare gegevens waarop de contouren voor de ontgravingen ter plaatse van de werkgebieden zijn gebaseerd, zijn relatief beperkt. Tevens zijn de mogelijkheden om nu bodemonderzoek te kunnen doen ter plaatse van werkgebied I en J beperkt door de aanwezigheid van gebouwen. Dit is aanleiding om na de sloop van gebouwen I en J en voorafgaand aan de start van de sanering van fase 2 aanvullend bodemonderzoek uit te voeren ter plaatse van de werkgebieden.

Doel van dit aanvullend bodemonderzoek is het beter bepalen van de omvang van de ontgravingen. In eerste instantie zal een bodemgasonderzoek worden uitgevoerd om via een snelle screening informatie te verkrijgen over de omvang van de verontreiniging in de bovengrond. Op basis van de resultaten van dit bodemgasonderzoek en de reeds beschikbare onderzoeksgegevens wordt een boorplan opgesteld en aanvullend bodemonderzoek (plaatsing van boringen/peilbuizen tot maximaal 5 m-mv) uitgevoerd. Op basis van de resultaten van dit onderzoek vindt een afweging plaats of de geplande ontgravingscontouren aangepast dienen te worden.

Aanvullingen ontgravingen en kwaliteit toe te passen grond

Voor de kwaliteit van toe te passen grond sluiten we aan bij het deelsaneringsplan fase 1 (bron 13). Onderstaand is aangegeven hoe om wordt gegaan met de kwaliteit van de verschillende vrijkomende grondstromen bij de herontwikkeling en sanering van de locatie.

In principe worden de ontgravingen aangevuld tot het oorspronkelijke maaiveldniveau, tenzij dit in verband met de voorgenomen ruimtelijke ontwikkeling niet noodzakelijk is.

Tijdens de herontwikkeling en de sanering komen grondstromen met een verschillende kwaliteit vrij en dient grond voor verschillende functies toegepast te worden. De uiteindelijke functie is bepalend voor de kwaliteit van de toe te passen grond. Onderstaande tabel geeft uitgesplitst per toepassing weer wat de kwaliteit en mogelijke herkomst is van de toe te passen grond.

Tabel 19 Kwaliteit en herkomst toe te passen grond tijdens deelsanering fase 2

Omchrijving en functie toe te passen grond	Kwaliteit en herkomst toe te passen grond
Leeflaag tuinen in volle grond	Bodemkwaliteitsklasse wonen, herkomst nader te bepalen
Ontgraving mobiele verontreinigingen (oliespots en werkgebieden). Boven deze ontgravingen wordt overal bebouwing of verharding toegepast.	Voor de kwaliteit van de toe te passen grond is de terugsaneerwaarde voor de mobiele verontreiniging bepalend. Ongeacht het beleid (generiek of specifiek) dat van toepassing is. De terugsaneerwaarde voor de mobiele verontreinigingen op de locatie is immers de tussenwaarde (minerale olie en vluchtige aromaten en VOCL en benzeen tot 2 m-mv) of hoger (VOCL en benzeen dieper dan 2 m-mv). De tussenwaarde voor de mobiele verontreinigingen (minerale olie, vluchtige aromaten en VOCL) is, afgezien van benzeen en TRI, gelijk of (veel) hoger dan de bodemkwaliteitsklasse industrie. Voor de immobiele verontreinigingen zou het daarom ook niet zinvol zijn om grond toe te passen met een betere kwaliteit. Ontgravingen kunnen aangevuld worden met: <ul style="list-style-type: none"> • Grond die afkomstig is uit de ontgraving en voldoet aan de terugsaneerwaarde voor de mobiele verontreiniging; • Grond afkomstig van locatie die voldoet aan bodemkwaliteitsklasse industrie. Voor de individuele mobiele componenten geldt dat bij het bovenstaande voldaan dient te worden aan de eisen zoals opgenomen in de (afgeleide) saneringsdoelstellingen zoals weergegeven in tabel 12. Waarbij ook onderscheid wordt gemaakt in de trajecten van 0-2 en 2-20 m-mv.
Onder nieuwe bebouwing	Indien toepassing noodzakelijk is, grond van locatie die minimaal voldoet aan bodemkwaliteitsklasse industrie.
Onder verhardingen en infrastructuur	Indien toepassing noodzakelijk is, grond van locatie die minimaal voldoet aan bodemkwaliteitsklasse industrie.
Riolering, kabels en leidingen	Grond van locatie of van elders die voldoet aan bodemkwaliteitsklasse wonen.

Bij het toepassen van grond geldt dat onder de toekomstige bebouwing en verhardingen grond afkomstig van het Defensie-eiland die voldoet aan bodemkwaliteitsklasse industrie mag worden toegepast. Er mag geen grond die voldoet aan bodemkwaliteitsklasse industrie van buiten het Defensie-eiland worden aangevoerd voor toepassing op het Defensie-eiland.

Bemalingen

Om de ontgravingen in den droge te kunnen uitvoeren worden bemalingen uitgevoerd. Voor de aanvraag van een vergunning in het kader van de Waterwet is voor de verschillende ontgravingen een bemalingsadvies opgesteld. Bij dit bemalingsadvies (zie bijlage 9) is ook het waterbezwaar van de ontgravingen ter plaatse van de werkgebieden bepaald. Voor meer details over de bemalingen verwijzen we naar bijlage 9. Voor de effecten van de bemalingen voor de saneringen van fse 1 en 2 verwijzen we naar bijlage 11.

Tabel 20 geeft een overzicht van de gehanteerde uitgangspunten voor de ontgravingen in de werkgebieden.

Tabel 20 Gehanteerde uitgangspunten bij ontgravingen voor berekening van het waterbezwaar

Werkgebied I	Werkgebied J	Werkgebied U
<ul style="list-style-type: none"> Nabij gebouw I, MV = NAP +0,5 m; Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 1.450 m² ; Afmeting brongebied (putbodem): circa 30,0 bij 45,0 m; Ontgravingsdiepte: 4,0 m (NAP -3,5 m); Ontgraving binnen damwand, met een ontlastsleuf van 1,5 m-mv met minimale breedte van 2,0 m; Diepte damwand: 12 á 15 m-mv; Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -4,0 m); Bemalingsduur: circa 35 dagen. 	<ul style="list-style-type: none"> Nabij gebouw J en A, MV = NAP +0,8 m; Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 200 m²; Afmeting brongebied (putbodem): circa 10,0 bij 20,0 m; Ontgravingsdiepte: 2,7 m (NAP -1,9 m); Talud 1:1 → afmetingen bouwput aan maaiveld: circa 15,0 m bij 25,0 m; Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -2,4 m); Bemalingsduur: circa 7 dagen. 	<ul style="list-style-type: none"> Nabij gebouw U, MV = NAP +0,8 m; Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 600 m²; Afmeting brongebied (putbodem): circa 23,0 bij 27,0 m; Ontgravingsdiepte: 5,0 m (NAP -4,2 m); Ontgraving binnen damwand, met een ontlastsleuf van 1,5 m-mv met minimale breedte van 2,0 m; Diepte damwand: 12 á 15 m-mv; Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -4,7 m); Bemalingsduur: circa 35 dagen.

In onderstaande tabel staat een overzicht opgenomen van de verwachte waterbezwaren per werkgebied uitgaande van een worst-case scenario (met hydrologische invloed van de Singelgracht).

Tabel 21 Waterbezwaar bij bemaling onder gemiddelde stijghoogte en met hydrologische invloed van de Singelgracht

Bemaling bij een stijghoogte van NAP -1,6 m									
Ontgraving	Oppervlak ontgraving [m ²]	Bemalingsduur [dagen]	Verlagingsniveau [m NAP]	Benodigde gw-verlaging (Δh) [m]	Initieel debiet (freatisch) [m ³ /dag]	Stationair debiet (freatisch) [m ³ /dag]	Extra debiet vanuit oppervlaktewater [m ³ /dag]	Totaal waterbezwaar [m ³]	Maximaal debiet per uur [m ³ /uur]
I	1.450	35 (+2)	-4.0	2,4	450 - 700	160 - 300	0	6.500 - 11.900	30
J	200	7 (+2)	-2.4	0,8	1.300 - 2.350	950 - 1.750	10 - 100	9.300 - 17.650	100
U	600	35 (+2)	-4.7	3,1	750 - 1.200	450 - 800	< 10	17.250 - 30.400	50
Totaal	2.250	77 (+6)						33.050 – 59.950	

Effecten bemalingen sanering fase 1 en 2 op aanwezige verontreinigingen

Tijdens de sanering van fase 1 en 2 gaan op totaal 6 deellocaties ontgravingen plaatsvinden waarbij bemaling toegepast gaat worden. De bemalingen kunnen in potentie effect (verplaatsen) hebben op andere verontreinigingen op de locatie. Om meer inzicht te verkrijgen over de mogelijke effecten van de bemalingen zijn een aantal modelleringen in MicoFEM uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage 11.

De belangrijkste conclusies zijn:

- de modelleringen geven weer dat de bemalingen naar verwachting invloed hebben op de aanwezige verontreinigingen op andere deellocaties;
- verplaatsing van verontreiniging kan worden tegen gegaan door het uitvoeren van contrabemalingen;
- de volgorde van de bemalingen heeft grote invloed op de mogelijke verplaatsingen en maatregelen.

len die genomen dienen te worden om verontreiniging op zijn plaats te houden.

Verdere uitwerking van de effecten en maatregelen zal plaatsvinden in het werkplan van de aanne-mer.

Waterzuivering

Algemeen

Voor de waterzuiveringen die worden toegepast voor het bemalingswater zijn een aantal overwegin-gen van belang. De belangrijkste overwegingen zijn:

- verwachte samenstelling onttrokken water;
- planning van de bemalingen. De werkzaamheden voor de ontgravingen worden gefaseerd uitge-voerd. De werkvolgorde tijdens fase 2 is als volgt: werkgebieden U en I gelijktijdig en daarna het werkgebied ter plaatse van A en J;
- lozing van het onttrokken grondwater vindt plaats op de Singelgracht. Uitgangspunt is dat vol-daan dient te worden aan de lozingseisen zoals opgenomen in het besluit lozing buiten inrichtin-gen.

Lozingseisen

Uitgangspunt is dat het effluent dient te voldoen aan de eisen zoals vastgelegd in onderstaande ta-bel. Dit zijn de relevante parameters voor de onttrekking en gebaseerd op de verontreinigingssituatie op de locatie.

Tabel 22 Lozingseisen individuele parameters

Stoffen	Emissiegrenswaarde (µg/l)
Benzeen	2
Tolueen	7
Ethylbenzeen	4
Xyleen	4
PER	3
Trichlooretheen (TRI)	20
1,2 dichlooretheen (CIS)	20
Vinylchloride	8
Minerale olie	50
IJzer	5.000
Opgelost zuurstof	> 5.000
Onopgeloste bestanddelen	20 (mg/l)

Verwachte samenstelling bemalingswater

Voor de verwachte samenstelling van het bemalingswater zijn in eerste instantie de verontreinigin-gen op de locatie van belang. Het grondwater ter plaatse van de werkgebieden is vooral verontrei-nigd met vluchtige aromaten en VOCL.

Wat tevens van belang is dat het onttrokken water vooral vanuit de eerste 10-20 m van de bodem zal toestromen. Uit welk deel van de bodem vooral toestroming zal plaatsvinden is o.a. afhankelijk van de aanwezigheid van een al dan niet continue leem/kleilaag in het traject van 10-15 m-mv (al-leen aanwezig op het zuidelijke deel van het eiland) en/of de onttrekking binnen damwanden zal plaatsvinden.

Tabel 23 geeft een overzicht van de maximaal aangetoond gehalten in peilbuizen ter plaatse van de werkgebieden. Deze gehalten zijn gebaseerd op de meest actuele gehalten zoals aangetoond tijdens de pilot. Daarnaast zijn de maximaal aangetoonde gehalten in het influent van de waterzuivering tijdens de pompproeven in werkgebieden I en U (pilot) ook opgenomen. Deze geven een realistischer beeld van de gehalten die tijdens de bemalingen zijn te verwachten.

Tabel 23 Overzicht maximaal aangetoonde gehalten verontreiniging grondwater (tot circa 10 m-mv) ter plaatse van de werkgebieden

Parameter	Maximaal aangetoond gehalten in peilbuizen (µg/l)	Maximaal aangetoond gehalten influent waterzuivering werkgebied I (µg/l)	Maximaal aangetoond gehalten influent waterzuivering werkgebied U (µg/l)
Minerale olie	< 100	150	< 100
<i>Vluchtige aromaten</i>			
Benzeen	18.000	1.100	0,23
Tolueen	6.700	9,8	0,33
Ethylbenzeen	1.300	17	<
Xylenen	4.200	20	<
<i>VOCL</i>			
PER	28.000	6.900	2,2
TRI	21.000	1.500	920
CIS	62.000	4.100	6.200
Vinylchloride	11.245	1.400	1.100

Tijdens de onttrekking zal de verontreinigingsgraad van het grondwater, ten opzichte van de maximaal aangetoonde gehalten in de peilbuizen, door de goede toestroming sterk worden verdund. Tabel 21 maakt duidelijk dat de waterzuivering zich vooral dient te richten op de aanwezige vluchtige aromaten (vooral benzeen) en VOCL.

Waterzuivering

De waterzuivering voor de bemalingen tijdens fase 2 richt zich op de aanwezige verontreiniging met vluchtige aromaten en VOCL en zal bestaan uit de volgende componenten:

- geombineerde zandvang en oliewaterafscheider;
- striptoren;
- luchtzijdig actief kool;
- waterzijdig actief kool.

Bovenstaande configuratie is tijdens de pilot succesvol ingezet. Er zal op voorhand geen ontijzerings-unit worden ingezet. De gemiddelde gehalten ijzer die op de onderzoekslocatie zijn aangetoond voldoen aan de gestelde lozingsseis.

De geplande locatie van de waterzuivering is aangegeven op bijlage 8. Een flowschema van de waterzuivering is opgenomen in bijlage 10.

7.3 In situ saneringen werkgebieden

Algemeen

De aanleg van het saneringssysteem en de sanering zal volgens het principe van cyclisch ontwerpen worden uitgevoerd. Op deze manier is de garantie op een zo optimaal mogelijke uitvoering van

de sanering zo groot mogelijk. Daarnaast is gekozen voor een flexibel saneringssysteem dat geschikt is voor de toepassing van meerdere saneringstechnieken.

De in situ saneringssystemen zijn ontworpen op de aanwezige verontreinigingen binnen de gedefinieerde werkgebieden.

In deze paragraaf gaan we verder in op het processchema dat we tijdens de in situ saneringen zullen hanteren.

Afmetingen werkgebieden

In tabel 24 is een overzicht opgenomen van de afmetingen van de drie werkgebieden.

Tabel 24 Afmetingen drie werkgebieden

Werkgebied	Afmetingen	Oppervlakte (m ²)	Diepte	Volume werkgebied (m ³)
Gebouw I	53 x 77 x 53 x 73	3.975	20 m-mv	79.500
Gebouw J	42 x 28 x 42 x 27	1.155	20 m-mv	23.100
Gebouw U	32 x 28	896	10 m-mv	8.960
Totaal		6.026		111.560

Saneringstechniek(en)

Voor de in situ saneringen is in het saneringsonderzoek een keus gemaakt voor chemische oxidatie als saneringstechniek. Op basis van de huidige gegevens blijft deze keus overeind staan en zal gekozen worden voor de injectie van gemodificeerd Fentons reagens om het overgrote deel van de vracht aan verontreiniging te saneren.

Fentons reagens is vooral geschikt en efficiënt voor toepassing binnen de delen van de werkgebieden waar sprake is van verontreiniging geadsorbeerd aan de vaste fase, puur product en/of hoge gehalten VOCL en/of benzeen in het grondwater.

Afhankelijk van het verloop van de sanering (resultaten processturing) en de specifieke verontreinigingssituatie binnen de werkgebieden kan en zal ook gebruik gemaakt gaan worden van andere ondersteunende saneringstechnieken.

Cyclisch ontwerpen

Bij de in situ sanering zal gebruik gemaakt gaan worden van het principe van cyclisch ontwerpen. Bij cyclisch ontwerpen wordt continu gebruik gemaakt van de reeds bestaande onderzoeksgegevens (= de basis voor het ontwerp) en de gegevens die tijdens het proces naar voren komen. De essentie van cyclisch ontwerpen is het continu checken van de samenhang tussen uitgangspunten, eisen en ontwerp. Hierdoor ontstaat uiteindelijk een afgewogen en gedragen ontwerp. De resultaten uit eerdere fasen worden continu geëvalueerd en aangescherpt. Doel is om zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van alle beschikbare gegevens en de wijze van saneren hierop af te stemmen. Op deze manier kan de sanering zo efficiënt mogelijk worden uitgevoerd.

Belangrijke momenten waarbij relevante aanvullende informatie beschikbaar komt en kan komen zijn in dit geval:

- aanvullend bodemonderzoek ter plaatse van werkgebieden na sloop van gebouwen;
- ontgravingen ter plaatse van de werkgebieden;

- plaatsen filters voor saneringssysteem;
- tijdens de sanering.

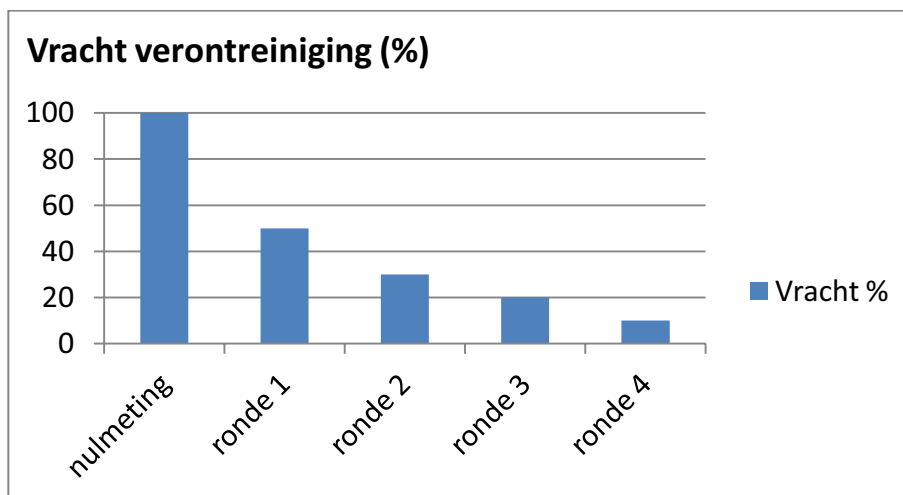
Het principe van cyclisch ontwerpen wil niet zeggen dat er vooraf geen keus voor de techniek en/of het ontwerp van het saneringssysteem wordt gemaakt. Deze keus is vooraf wel gemaakt. Het ontwerp voor het saneringssysteem wordt echter dermate flexibel gemaakt dat dit makkelijk (op details) kan worden aangepast en de geplande in te zetten saneringstechnieken ook daadwerkelijk ingezet kunnen worden.

Aanpak verontreiniging

Met de ontgravingen in de werkgebieden is de bron in de bovengrond tot maximaal 5 m-mv weggenomen. Voor de aanvulling met grond wordt een folie op de bodem van de ontgraving aangebracht om preferente voorkeurstroming door de aanvulling – welke beter doorlatend is - bij de uitvoering van de chemische oxidatie te voorkomen. Deze folie is dusdanig dun dat dit geen belemmering is voor het aanbrengen van de andere ondergrondse systemen.

Het grootste deel van de resterende mobiele verontreiniging zal tijdens fase 2 met chemische oxidatie (gemodificeerd Fentons reagens) worden aangepakt.

Chemische oxidatie middels gemodificeerd Fentons reagens is een snelle en krachtige techniek om vooral de goed beschikbare verontreiniging snel aan te pakken (zie onderstaande figuur). In enkele dagen zorgt de chemische reactie in de bodem ervoor dat de verontreiniging wordt geoxideerd en omgezet in onschadelijke componenten.



Figuur 1 Afname vracht aan verontreiniging na diverse injectierondes met Fentons reagens

Na meerdere ronden neemt het rendement van chemische oxidatie sterk af (zie figuur 1). In de praktijk zal na iedere ronde beoordeeld worden of het nog zin heeft een extra ronde chemische oxidatie uit te voeren. Verontreiniging die zeer sterk aan de bodemmatrix gebonden is, komt slechts langzaam los van de bodemmatrix. Een snelle techniek zoals Fentons reagens is dan niet effectief meer voor dergelijke verontreinigingen die langzaam beschikbaar komen.

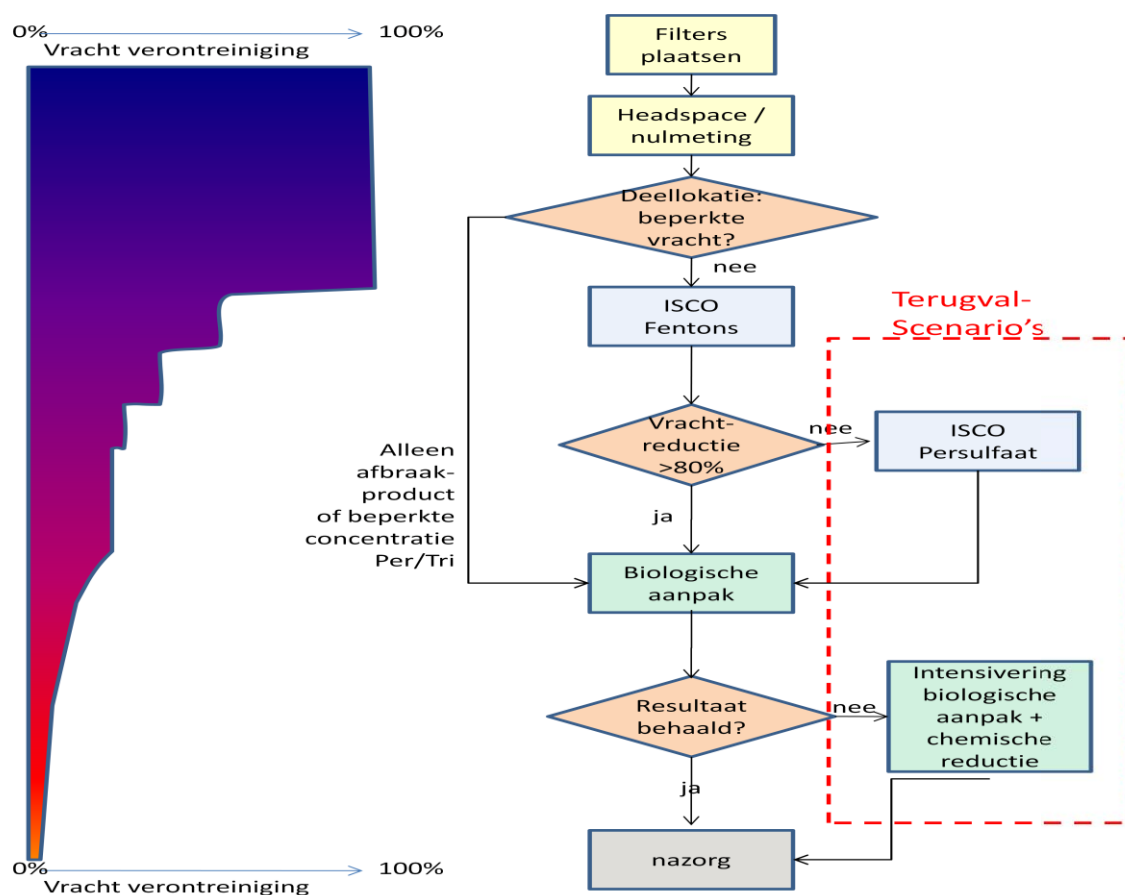
Er is daarom gekozen voor een combinatie van verschillende technieken;

Stap 1: met chemische oxidatie (gemodificeerd Fentons reagens) wordt de bulk van de verontreiniging aangepakt;

Stap 2: het restant van de verontreiniging wordt aangepakt met een biologische saneringstechniek.

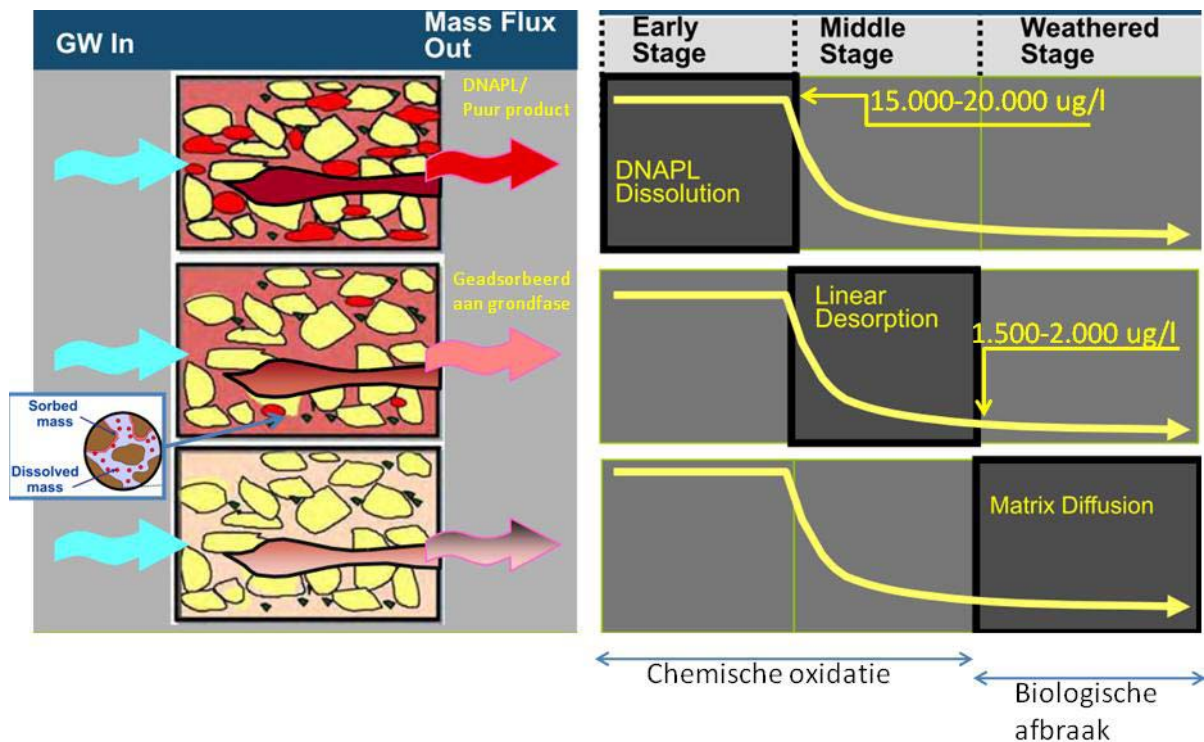
Stap 3: optioneel (zie terugvalscenario) is voorzien in chemische oxidatie met geactiveerd persulfaat (terugvalscenario voor Fentons reagens) of in chemische reductie (terugvalscenario voor biologische afbraak).

In onderstaande figuur is dit verder toegelicht.



Figuur 2 Afwegingsschema inzet verschillende technieken tijdens de sanering

De vrachtreductie is niet één op één af te leiden aan de gehalten in het grond- en grondwater. Voor een inschatting van de aanwezige vracht zie tabellen 25 t/m 27. De gehalten in het grondwater zijn bij tussentijdse bemonsteringen wel goed te volgen. Per deelgebied en per laag kan zo een redelijk goede indicatie worden verkregen van de voortgang van de sanering. Aan de hand van onderstaande figuur is schematisch aangegeven welke concentraties in het grondwater voor PER /TRI mogen worden verwacht bij de verschillende fasen van de sanering.



Figuur 3 verwachte gehalten in het grondwater tijdens de verschillende fasen van de sanering

De genoemde (gemiddelde) waarden zijn richtgetallen die worden gehanteerd bij het beoordelen van tussentijdse resultaten en de keuze voor het vervolg; nog een ronde ISCO of kan er worden overgegaan tot stimulatie van de biologie.

Bij de beoordeling van deze gehalten wordt gekeken naar de concentraties PER en TRI. De afbraakproducten CIS en VC zijn ontstaan bij biologische afbraak en zijn voornamelijk in oplossing aanwezig en kunnen derhalve goed met gestimuleerde biologische afbraak worden aangepakt. Voor benzeen geldt dat dit grotendeels verwijderd moet zijn met chemische oxidatie, omdat deze slechts langzaam wordt afgebroken onder de anaërobe omstandigheden tijdens de stimuleerde biologische afbraak.

Uit bovenstaande grafiek blijkt dat het lastig is om nauwkeurig de verontreinigingsvracht in de bodem te bepalen. Dit geldt vooral voor de 'early stage' en in mindere mate voor de 'middle stage'. In deze fasen is er nog puur product aanwezig of is plaatselijk nog DNAPL aanwezig. De concentraties in het grondwater worden dan niet bepaald door de hoeveelheid vracht die nog in de bodem aanwezig is, maar door de maximale oplosbaarheid van PER en TRI. Eén kilo puur product in de bodem veroorzaakt theoretisch dezelfde maximale evenwichtsconcentratie in het grondwater als 1.000 kilo. Aan de hand van de gegevens uit het saneringsonderzoek (rapport 26) en bovenstaand beslisschema is ingeschat hoeveel vracht er na de verschillende stadia ongeveer nog aanwezig zal zijn (zie onderstaande tabellen). Hierbij zijn gemiddelde vrachten en maximale vrachten ingeschat uitgaande van de gegevens van het saneringsonderzoek.

Tabel 25 Inschatting aanwezige vracht aan verontreiniging werkgebied I na grondsanering

Start in situ sanering		Gemiddeld	Maximaal
		(kg)	(kg)
Start in situ sanering	Vracht in grondwater	42	42
	Vracht in grond	230	400
	DNAPL/ puur product	8	1.158
	TOTAAL	280	1.600
Wenselijk voor start biologie (richtgetallen)	Vracht in grondwater	42	42
	Vracht in grond	46	80
	DNAPL/ puur product	0	2
	TOTAAL	88	124
	Verwijderingsrendement ISCO	69%	92%

Tabel 26 Inschatting aanwezige vracht aan verontreiniging werkgebied J na grondsanering

Start in situ sanering		Gemiddeld	Maximaal
		(kg)	(kg)
Start in situ sanering	Vracht in grondwater	11	11
	Vracht in grond	28	110
	DNAPL/ puur product	1	19
	TOTAAL	40	140
Wenselijk voor start biologie (richtgetallen)	Vracht in grondwater	11	11
	Vracht in grond	5	15
	DNAPL/ puur product	0	1
	TOTAAL	16	27
	Verwijderingsrendement ISCO	60%	81%

Tabel 27 Inschatting aanwezige vracht aan verontreiniging werkgebied U na grondsanering

Start in situ sanering		Gemiddeld	Maximaal
		(kg)	(kg)
Start in situ sanering	Vracht in grondwater	10	10
	Vracht in grond	20	40
	DNAPL/ puur product	0,5	0,5
	TOTAAL	30,5	50,5
Wenselijk voor start biologie (richtgetallen)	Vracht in grondwater	10	10
	Vracht in grond	1	2
	DNAPL/ puur product	0	0,5
	TOTAAL	11	12,5
	Verwijderingsrendement ISCO	64%	75%

Hierbij wordt opgemerkt dat de genoemde verwijderingsrendementen van chemische oxidatie inschattingen zijn. Na elke ronde chemische oxidatie zal bekeken worden wat het rendement is, en zal bepaald worden of een (plaatselijke) extra ronde chemische oxidatie nog noodzakelijk is om het gewenste saneringsresultaat te behalen. Dit wordt in paragraaf 8.2 en 8.3 verder uitgewerkt.

Hieronder werken we de aanpak van de sanering verder uit.

Plaatsen van de filters

De injectiefilters worden geplaatst met behulp van SONIC-drilling. Op basis van de beschikbare sonderingen van de locatie en het steken van een aantal ongestoorde profielen worden de filterstellingen bepaald. Als injectiefilters worden er 32 mm PE filters toegepast. Ter plaatse van het filterdeel wordt een grindomstorting toegepast. Daarboven wordt een grout/betonietomstorting toegepast om lekkages via de stijgbuis te voorkomen. Na plaatsing moet het grout minimaal een week uitharden voordat de filters kunnen worden gebruikt voor het injecteren.

Voor het injecteren wordt op het injectiefilter een injector-head (zie figuur 3) geplaatst waarmee o.a. de druk kan worden gereguleerd. Via tijdelijke slangen wordt vanuit de injectie-unit vervolgens katalysator en oxidant (waterstofperoxide) geïnjecteerd. Na afloop van de injectie wordt de injectorhead van het filter verwijderd.



Figuur 4 Injectiefilter met injector-head

Injectiefilters versus 'direct-push'

Het injecteren kan met direct-push worden uitgevoerd. Hierbij wordt een injectiestang de grond ingedrukt waarbij direct wordt geïnjecteerd. Dit kan met name in goed doorlatende en homogene bodems een goede en relatief goedkope methode van injecteren zijn.

In een gelaagde bodem - zoals op deze locatie - zijn er minder goede praktijkervaringen met direct-push. Door het ontbreken van een omstorting of afdichting rondom de injectielans is er altijd lekkage langs de lans. In de praktijk betekent dit dat in de best doorlatende lagen in het behandelde gebied vrijwel al het oxidant wordt geïnjecteerd. Van de minder goed doorlatende lagen van de bodem is met deze methode niet bekend of er oxidant wordt geïnjecteerd en zo ja hoeveel dan wel. Op de onderzoekslocatie is ter plaatse van de minder goed doorlatende lagen juiste de meeste vracht aan verontreiniging aanwezig.

Daarom gaat onze voorkeur voor dit soort gelaagde bodems uit naar injectiefilters met een degelijke omstorting. Zo weet je zeker waar je precies oxidant aan het injecteren bent en hoeveel oxidant er in elke laag is geïnjecteerd. Bijkomend voordeel is dat je de injectiefilters voor- en na injectie kunt gebruiken voor monitoring en dat de filters ook kunnen worden gebruikt voor andere saneringstechnieken. Tevens is het tegen relatief lage kosten mogelijk om in een later stadium - indien nodig - terug te komen voor een extra injectieronde. Gezien de complexiteit van de bodem zijn meerdere injectieronden sowieso noodzakelijk.

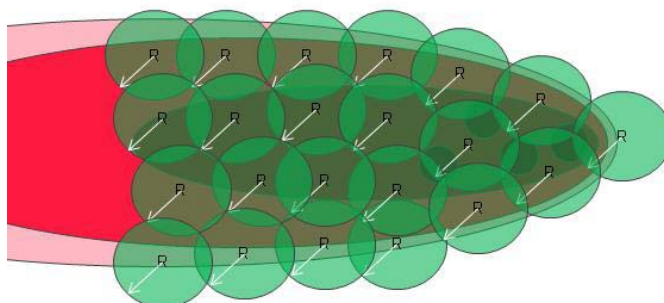
Om bovenstaande redenen is voor deze locatie gekozen voor vaste injectiefilters.

Nulmeting

Na het plaatsen wordt het grondwater uit alle filters bemonsterd voor de bepaling van het headspacegehalte. Hierbij wordt een flesje half gevuld met grondwater en goed gemengd middels schudden. Daarna wordt met een PID-meter het gehalte aan vluchtige verbindingen in de luchtfase boven het water gemeten. Met deze goed reproduceerbare metingen is het mogelijk om snel een goede indicatie te verkrijgen van de verontreinigings situatie per filter zodat de aantallen filters hierop kunnen worden aangepast. Ter plaatse van sterk verontreinigde delen worden de filters op korte afstand van elkaar gezet om een goede dekking te verkrijgen. De bronlocaties worden vlakkendekkend aangepakt (zie figuur 4).

Door deze werkwijze ontstaat een zeer fijnmazige datareeks van de verontreiniging. De resultaten van de headspace-metingen worden gebruikt om de filters te selecteren voor de nulmeting. Tijdens de nulmeting wordt het grondwater uit een aantal geselecteerde filters bemonsterd voor analyse op vluchtige aromaten en VOCL. Op basis van deze gegevens worden ook monitoringsfilters geplaatst die tijdens de in situ sanering worden gebruikt. Tevens worden op een aantal locaties ongeroerde profielen van de grond gestoken om de bodemopbouw in detail te bepalen. Van deze profielen worden ook grondmonsters geselecteerd voor analyse.

Als bij de nulmeting blijkt dat in een bepaalde deellocatie een beperkt gehalte PER en/of TRI aanwezig is en verder alleen de afbraakproducten CIS en VC, dan zal hier een keus worden gemaakt tussen de inzet van chemische oxidatie en/of biologische afbraak. Het gehalte aan CIS en VC is dan leidend.



Figuur 5 Vlakkendekkend saneringssysteem

De headspace-metingen en resultaten van de nulmeting (concentraties) worden gebruikt om het basis filterontwerp verder te optimaliseren, bijvoorbeeld om op zeer sterk verontreinigde gedeelten het filternetwerk nader te verdichten. De tussentijdse metingen worden tevens gebruikt om de injectie van Fentons Reagens en substraat (stimulatie biologie) te optimaliseren.

Stap 1: Verwijdering bulk van de verontreiniging met chemische oxidatie (Fentons reagens)

Voor de verwijdering van het grootste deel van de vracht aan verontreiniging wordt gemodificeerd Fentons reagens toegepast. Fentons reagens bestaat uit waterstofperoxide (oxidator) en ijzer (2+) als (katalysator). Indien op de juiste wijze toegepast, worden hierbij zeer reactieve hydroxylradicalen gevormd ($\text{OH}\cdot$). Deze radicalen zorgen voor de chemische omzetting van de verontreiniging.

In het proces wordt de bodem eerst 'oxidatiegereed' gemaakt. Dit gebeurt door een katalysator van

ijzer in de bodem te brengen. Bij klassiek Fentons reagens wordt hiervoor de pH in de bodem omlaag gebracht tot beneden de 5 (optimaal is een pH van circa 3,5). Wij passen echter een neutrale katalysator (gemodificeerd Fentons reagens) toe omdat uit de pilotsanering is gebleken dat de buffercapaciteit van de bodem relatief hoog is.

Ten opzichte van klassiek Fentons reagens heeft dit ook nog de volgende voordelen:

- de pH in de bodem wordt beperkt beïnvloedt. Dit is gunstig als in een later stadium biologische afbraak als vervolgstap (zie stap 2) toegepast wordt;
- het ijzer komt geleidelijk beschikbaar. De Fentons reactie verloopt hierdoor geleidelijker en het Fentons reagens behoudt langer zijn werking.

Op basis van ervaringsgegevens en de gegevens van de pilot zijn de globale hoeveelheden toe te voegen katalysator en oxidant berekend. De werkelijke hoeveelheden worden in het veld bepaald aan de hand van veldmetingen en de tussentijdse resultaten van de sanering.

De waterstofperoxide wordt geïnjecteerd in concentraties tussen 5 en 10% peroxide. Tijdens de injectie van de waterstofperoxide worden in het veld metingen uitgevoerd. De volgende parameters worden in het veld bepaald: gehaltes waterstofperoxide, temperatuur, pH, Ec, zuurstofgehalte, ijzer II, drukken, debiet per filter en de redoxpotentiaal. Alles is erop gericht om het proces goed onder controle te houden.

Bij de injectie zal begonnen worden met lage concentraties waterstofperoxide (5%) waarna de concentraties langzaam worden verhoogd tot circa 10%, waarbij de reacties nauwkeurig worden gevolgd (met name temperatuur en gasvorming).

De totale tijdsduur van de chemische oxidatie wordt bepaald door een combinatie van de hoeveelheid toe te passen injectierondes en de wachttijd (maand) voor het vaststellen van de eventuele rebound van verontreiniging na een injectieronde. Na verwachting wordt de chemische oxidatie vooral in de eerste twee jaar na de start van de in situ saneringen toegepast.

Optioneel wordt een beperkte grondwateronttrekking (recirculatie) ingezet voor extra (gecontroleerde) verspreiding van chemische oxidant in de bodem. Grondwateronttrekking kan ook worden ingezet voor de specifieke onttrekking van puur product (zaklagen in filters). Indien zaklagen in filters aanwezig zijn, is onttrekking de meest efficiënte manier om snel veel vracht te verwijderen.

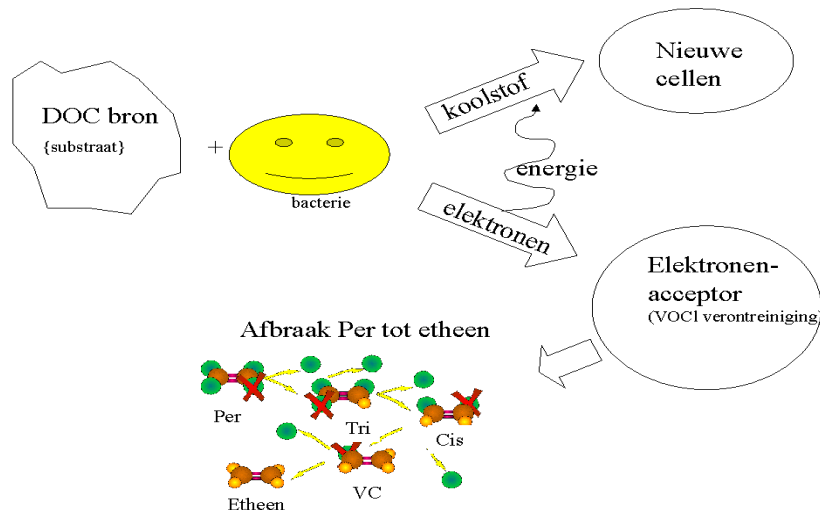
Stap 2: Aanpak met gestimuleerde biologische afbraak

Gestimuleerde biologische afbraak wordt in de volgende gevallen ingezet:

- op die locaties binnen de werkgebieden waar vrijwel geen PER en TRI in het grondwater is aangetoond en de verontreiniging vooral bestaat uit lage gehaltes CIS en VC;
- op die locatie binnen de werkgebieden waar eerst gemodificeerd Fentons reagens wordt ingezet. Gestimuleerde biologische afbraak wordt dan ingezet op het moment dat het grootste deel van de verontreiniging met de chemische oxidatie is verwijderd. Doel is dan om (het restant van) de verontreiniging af te breken.

Biologische afbraak van VOCL verontreinigingen (onder andere de ontvettingsmiddelen PER en TRI) is mogelijk onder de juiste redoxcondities en in de aanwezigheid van voldoende organisch substraat (DOC). Onder anaërobe (=zuurstofloze) omstandigheden kunnen PER en TRI worden afge-

broken. Een micro-organisme gebruikt een andere stof (substraat) als voedsel en breekt daarbij ook gechloroerde koolwaterstoffen af.



Figuur 6 Biologische afbraak van PER en TRI

Via verschillende stappen wordt de verontreiniging afgebroken tot het onschadelijke etheen. Voor PER en TRI geldt dat deze verontreiniging, maar ook de afbraakproducten CIS en VC, anaëroob afbreekbaar zijn.

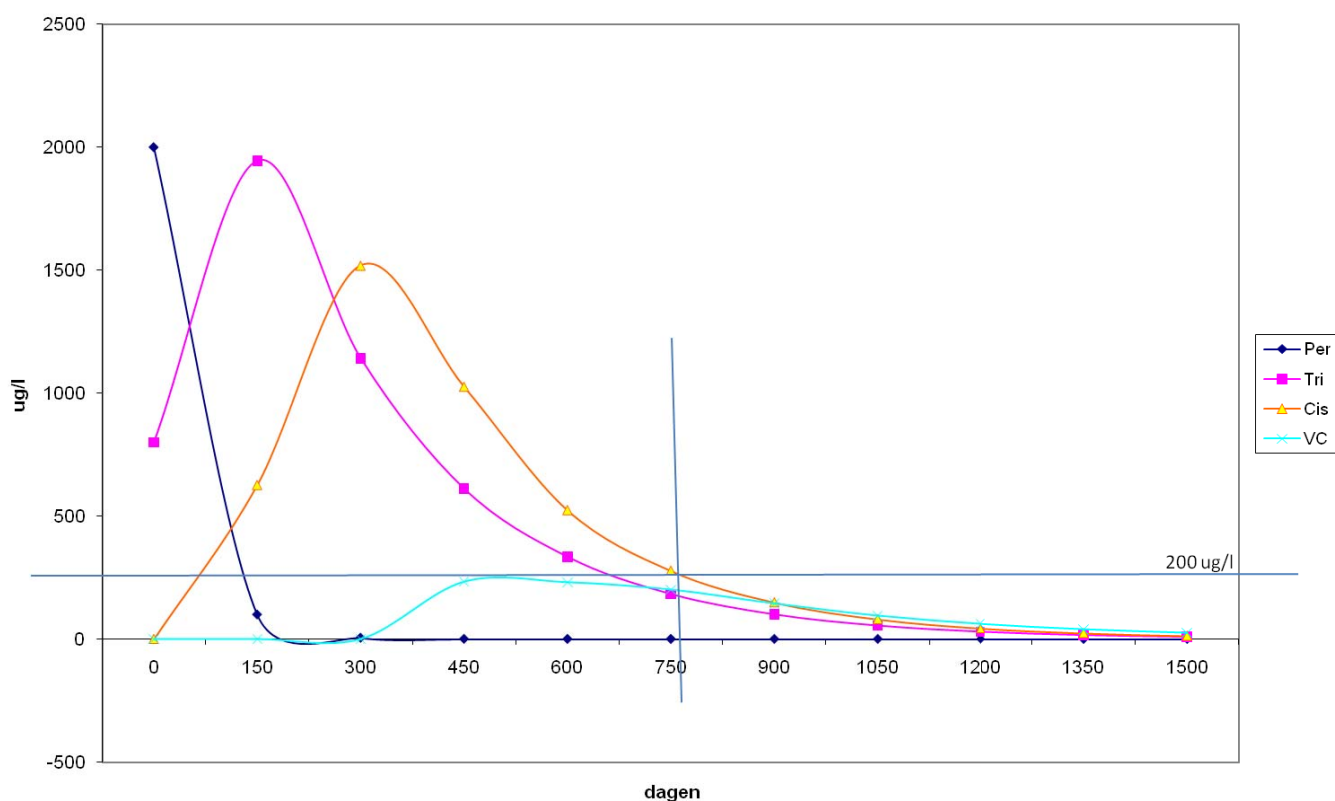
Tijdens eerdere onderzoeken zijn de mogelijkheden en potentie voor natuurlijke afbraak in het eerste watervoerende pakket onderzocht. In het actualisatie-onderzoek (onderzoeksrapport 25) is voor de brongebieden (=werkgebieden) het volgende geconcludeerd: 'Uit de redoxkarakterisering blijkt dat de redoxomstandigheden in de bronnen over het algemeen redelijk tot gunstig zijn voor de omzetting van de gechloroerde koolwaterstoffen. Dit wordt bevestigd door de berekende chloride indexen. De aanwezigheid van een gelimiteerde hoeveelheid substraat ten opzichte van het aanwezige sulfaat maakt de duurzaamheid van de natuurlijke afbraak echter onzeker'.

Biologische afbraak in de bronzone kent de volgende beperkingen:

- de verontreiniging in de onverzadigde zone is lastig aan te pakken. Daarom wordt deze verontreiniging middels ontgraving verwijderd;
- de verontreiniging is alleen aan te pakken als deze biologisch beschikbaar is. In de praktijk komt dit erop neer dat de verontreiniging eerst in oplossing moet gaan. Voor sterk geadsorbeerde verontreiniging en DNAPL's (zaklaag) is dit een langdurig proces. Hierdoor kan een biologische sanering erg lang gaan duren (risico). Daarom wordt deze techniek pas ingezet nadat de bulk van de verontreiniging verwijderd is met chemische oxidatie en in die zones waar voornamelijk sprake is van relatief lage gehalten CIS en VC;
- daarnaast is (gestimuleerde) biologische afbraak een relatief traag proces. Indien nodig zal de afbraak worden versneld door extra toepassing van nulwaardige ijzer. Hierdoor treedt chemische reductie op. Dit proces lijkt sterk op biologische afbraak en vindt onder vergelijkbare omstandigheden plaats. Biologische afbraak en chemische reductie kunnen dan ook zonder problemen gecombineerd worden toegepast.

Door de chemische oxidatie zullen de omstandigheden voor biologische afbraak verslechteren. Het is echter niet zo dat met de chemische oxidatie de bodem helemaal gesteriliseerd wordt. Na toedienen van de koolstofbron moet de biologie zich vanaf een laag niveau verder gaan ontwikkelen. Op basis van praktijkervaring is de verwachting dat na een adaptieperiode van circa twee maanden de biologie goed op gang komt. Als dit niet het geval is, is het mogelijk de bodem te enten met biologisch materiaal (bacteriën) van een andere locatie.

In onderstaande grafiek is een prognose aangegeven voor de biologische afbraak na chemische oxidatie. Als met de chemische oxidatie de vracht van de verontreiniging is verwijderd (gemiddeld <math><2000 \mu\text{g/l}</math> voor PER en TRI), dan zal de afgeleide saneringsdoelstelling in ongeveer 2 jaar na de start van de gestimuleerde biologische afbraak worden bereikt. Dit is uitgaande van genoemde gehalten en nadat eerste chemische oxidatie is toegepast. In de gebieden waar alleen gestimuleerde biologische afbraak wordt toegepast is de verwachting dat de saneringsdoelstelling na een periode van circa 3-4 jaar wordt behaald.



Figuur 7 Prognose biologische afbraak van PER, TRI, CIS en VC binnen de werkgebieden waar eerste Fentons reagens is toegepast.

De precieze aanpak (hoeveelheden organisch substraat, welke filters) hangen af van de resultaten van de nulmeting en de chemische oxidatie. De aanpak wordt daarom in een latere fase verder in detail uitgewerkt.

Voor de injectie van organisch substraat maken we gebruik van de filters die reeds eerder zijn geplaatst (zie stap 1).

Optioneel wordt een beperkte grondwateronttrekking (recirculatie) ingezet voor extra gecontroleerde verspreiding van substraat in de bodem.

Stap 3: Optioneel

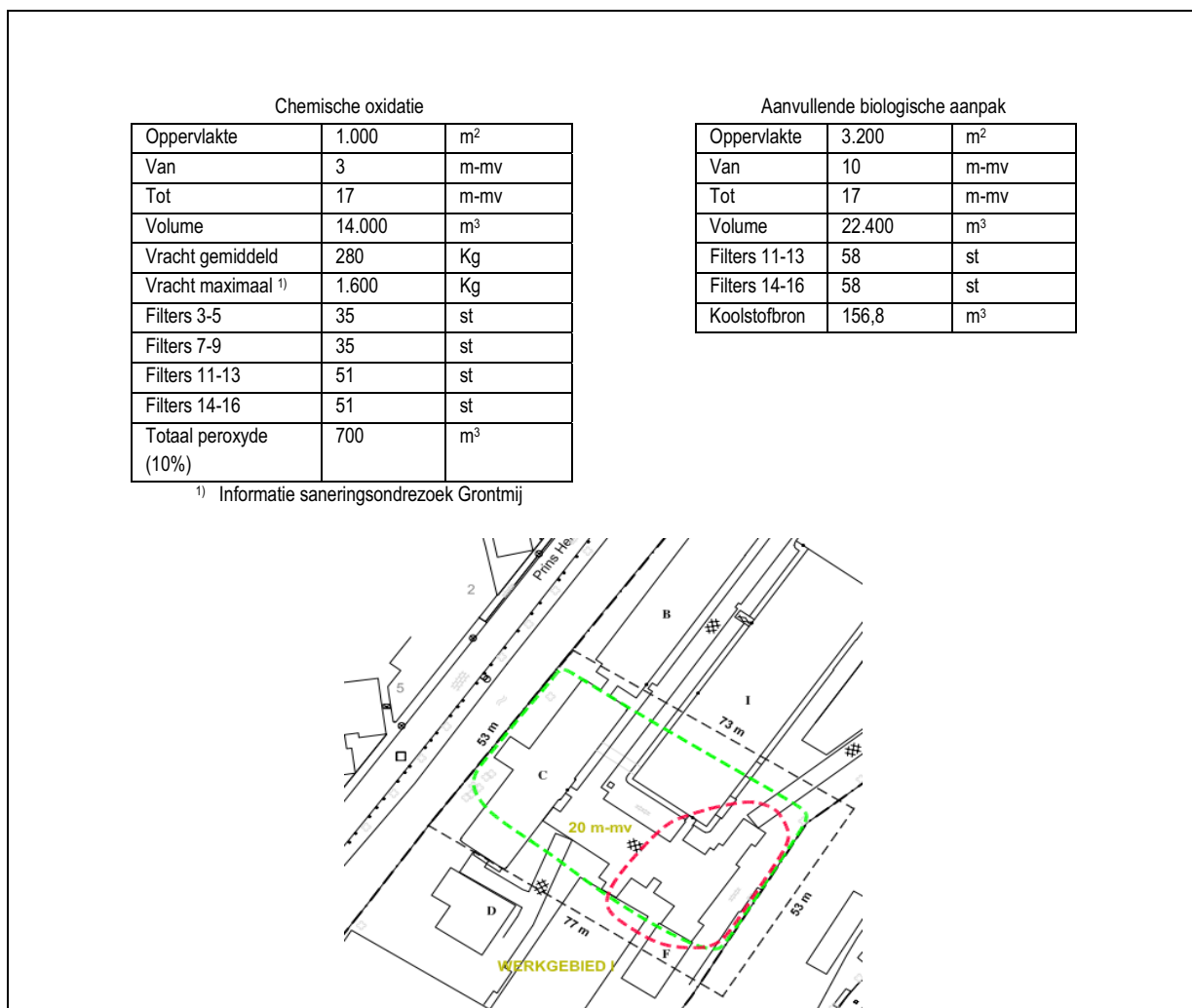
Deze stap is verder uitgewerkt in het terugvalscenario (zie hoofdstuk 10).

Basisontwerp saneringssysteem

Onderstaand is het basisontwerp voor het saneringssysteem voor de drie werkgebieden aangegeven. In de tekeningen is per werkgebied aangegeven welk deel middels chemische oxidatie (rood) en welk deel middels biologische stimulatie (groen) wordt aangepakt.

In de delen waar geen chemische oxidatie wordt toegepast, starten we direct met de stimulatie van de biologische afbraak.

Basisontwerp werkgebied I



Basisontwerp werkgebied J

Chemische oxidatie		
Oppervlakte	275	m ²
Van	3	m-mv
Tot	17	m-mv
Volume	3.850	m ³
Vracht gemiddeld	40	Kg
Vracht maximaal ¹⁾	140	Kg
Filters 3-5	22	st
Filters 7-9	10	st
Filters 11-13	14	st
Filters 14-16	14	st
Totaal peroxyde (10%)	193	m ³

Aanvullende biologische aanpak		
Oppervlakte	1.700	m ²
Van	10	m-mv
Tot	20	m-mv
Volume	17.000	m ³
Filters 12-14	27	st
Filters 16-18	27	st
Koolstofbron	85	m ³

¹⁾ Informatie saneringsonderzoek Grontmij



Basisontwerp werkgebied U

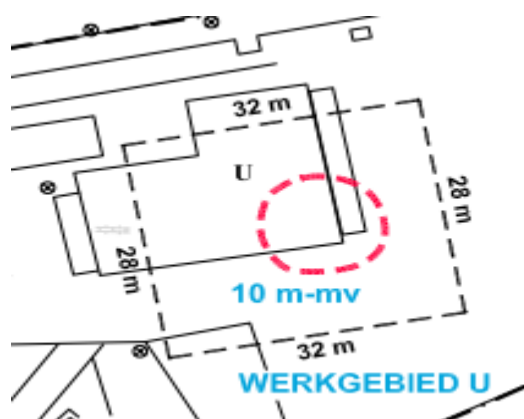
Chemische oxidatie

Oppervlakte	225	m ²
Van	3	m-mv
Tot	10	m-mv
Volume	1.575	m ³
Vracht gemiddeld	30	Kg
Vracht maximaal ¹⁾	60	Kg
Filters 3-5	18	st
Filters 7-9	18	st
Totaal peroxyde (10%)	79	m ³

¹⁾ Informatie saneringsonderzoek Grontmij

Aanvullende biologische aanpak

Oppervlakte	0	m ²
Van	0	m-mv
Tot	0	m-mv
Volume	0	m ³
Filters 12-14	0	st
Filters 16-18	0	st
Koolstofbron	0	m ³



8 Monitoring en sturing sanering

Voor de monitoring en de sturing tijdens de sanering van fase 2 maken we onderscheid in:

- ontgravingen;
- in situ saneringen.

Voor het bepalen van de te monitoren parameters, de frequentie en de wijze van de monitoring en sturing is gebruik gemaakt van VKB-protocollen 6001 en 6002.

Conform de BRL is onderscheid gemaakt in de milieukundige processturing en de milieukundige verificatie.

De processturing en verificatie van de sanering is afgestemd op de saneringdoelstelling zoals omschreven in hoofdstuk 3. Belangrijke elementen uit de saneringdoelstelling en de wijze van saneren voor de monitoring en sturing zijn:

- ten aanzien van de terugsaneerwaarden wordt onderscheid gemaakt in de ontgravingsfase en de in situ saneringsfase;
- de ontgravingsfase is gericht op het wegnemen van humane risico's en vooral gericht op de maximaal bovenste 5 m van de bodem. De ontgravingen in de werkgebieden richten zich met name op vluchtige aromaten en VOCL;
- de in situ sanering is gericht op het wegnemen van de verspreidingsrisico's en vooral gericht op het traject van 5-20 m-mv. De in situ sanering richt zich vooral op VOCL en benzeen;
- voor de 'ontgravingsfase' wordt onderscheid gemaakt tussen minerale olie en vluchtige aromaten (exclusief benzeen) enerzijds en VOCL en benzeen anderzijds. Voor minerale olie en vluchtige aromaten (exclusief benzeen) in de grond gelden de tussenwaarden, ongeacht de diepte van de verontreiniging. Voor VOCL en benzeen in de grond gelden voor de bovenste 2 meter van de bodem de tussenwaarde. Dieper zijn voor grond de afgeleide terugsaneerwaarden (zie tabel 12) van toepassing;
- voor de in situ saneringsfase zijn voor benzeen en VOCL in het grondwater geen terugsaneerwaarden vastgesteld. Er zijn wel richtwaarden (200 µg/l voor PER, TRI, CIS, VC en benzeen) vastgesteld;
- tijdens de in situ sanering zal gebruik gemaakt worden van de volgende saneringstechnieken: gemodificeerd Fentons reagens, grondwateronttrekking (optioneel) en stimulatie biologische afbraak middels injectie organisch substraat. De precieze inzet (locatie, tijd en opvolging) van de verschillende technieken zal tijdens de sanering meer in detail worden bepaald. Op voorhand is het dus niet mogelijk om de processturing en –verificatie nu al in detail te omschrijven. Wel is het mogelijk om het proces te omschrijven en op welke parameters gemonitord zal worden tijdens de sanering van fase 2;
- sturing van de in situ saneringen zal plaatsvinden op basis van een combinatie van de resultaten van procesmetingen en de tussenbemonsteringen van grond en grondwater;
- indien gesproken wordt over de analyse van monsters op VOCL dan wordt bedoeld op de analyse van minimaal PER, TRI, CIS en VC;
- na de nulmeting (tijdens de aanleg van de in situ saneringssystemen) kan de milieukundige processturing (o.a. voortgangsbemonsteringen) en verificatie voor de in situ saneringen meer in detail worden ingevuld. Dit zal plaatsvinden in het kwaliteits- en verificatieplan (zie ook hoofdstuk 11). Dit plan wordt ter beoordeling aan de Provincie Utrecht overhandigd.

8.1 Ontgravingen

Milieukundige processturing

Monitoring en bemonsteringen die in dit kader dienen plaats te vinden zijn:

- tussenbemonstering van de putbodem en –wanden;
- bepalen kwaliteit ontgraven grond in de depots. Bestemming is hergebruik op locatie (schone en/of grond die voldoet aan de terugsaneerwaarden voor de mobiele verontreinigingen) of afvoer naar verwerker (grond die niet voldoet aan de terugsaneerwaarden voor de mobiele verontreinigingen). De monsternamen van deze depots vindt plaats conform VKB-protocol 1001. De monsters worden geanalyseerd op organische stof, minerale olie, vluchtige aromaten en VOCL. NB. Van grond die wordt afgevoerd naar een verwerker wordt de kwaliteit niet bepaald;
- bepalen kwaliteit effluent waterzuivering van de bronbemaling tijdens ontgraving.

Voor deze bemonsteringen geldt dat wordt aangesloten bij VKB-protocol 6001 en de eisen die voortkomen uit de voorschriften voor de onttrekking (bronbemaling).

Aanvullend op bovenstaande monitoring en bemonsteringen vindt voorafgaand aan de ontgravingen in de drie werkgebieden aanvullend bodemonderzoek plaats om de omvang van de ontgravingen beter in beeld te brengen.

Bij een tussenbemonstering van de putbodem en/of –wand en het bepalen van de kwaliteit van de grond in de depots wordt geanalyseerd op minerale olie (C10-C40), vluchtige aromaten en VOCL. De frequentie en hoeveelheid monsters is afhankelijk van de uitvoeringswijze in het veld.

Het effluent van de bronbemaling wordt qua frequentie bemonsterd volgens de gestelde vergunningsvoorschriften. Om de onttrokken vracht aan verontreiniging in te schatten tijdens de onttrekking en het rendement van de waterzuivering te bepalen, wordt ook het influent van de waterzuivering bemonsterd op minerale olie (C10-C40), vluchtige aromaten en VOCL).

Het effluent wordt bemonsterd op de parameters zoals aangegeven in de voorschriften.

Milieukundige verificatie

Dit betreft de eindbemonstering van de putbodem en de putwanden. De eindbemonstering is afgestemd op het type verontreiniging: vluchtig mobiel.

De bemonsteringsstrategie voor de putbodem en de putwanden is weergegeven in onderstaande tabel. Voor werkgebied I en U geldt dat er damwanden worden geplaatst waarbinnen ontgraven dient te worden.

Tabel 28 Bemonsteringsstrategie putbodem en wanden ontgravingen werkgebieden I, J en U

Omschrijving	Putbodem of putwand	Bemonsteringsstrategie
Grond: vluchtige mobiele verontreiniging	Putbodem	Per maximaal 50 m ² ontgravingsvlak verrichten van 7 kwantitatieve in situ metingen. Nemen van analysemonster in een steekbus ter plaatse van de hoogste uitslag. Bemonstering per te onderscheiden bodemtextuur.
	Putwand	Per 25 m ² ontgravingsvak verrichten van 7 kwantitatieve in situ metingen. Nemen van analysemonster in een steekbus ter plaatse van de hoogste uitslag. Separate bemonstering boven en onder gemiddeld hoogste grondwaterstand.
	Putwand bij damwand	Indien ontgraven wordt tot aan de damwand (zal niet in alle gevallen plaatsvinden omdat de damwand ruim wordt geplaatst) wordt de kwaliteit van de bodem vastgelegd middels het plaatsen van boringen direct achter de damwand. Anders vindt verificatie van het resultaat plaats zoals omschreven bij putwand. Boringen worden geplaatst tot minimaal de ontgravingsdiepte binnen de damwand. Per 15 m strekkende damwand wordt 1 boring geplaatst tot aan de onderzijde van de ontgraving Per 0,5 m of per afwijkende bodemlaag worden in duplo monsters genomen. Eén monster is voor eventuele analyse in het laboratorium, het andere monster is voor het bepalen van de headspacewaarde. Op basis van de headspacewaarde wordt bepaald welke monsters worden geanalyseerd. Er wordt minimaal één monster in het laboratorium geanalyseerd. Indien voorafgaand aan het plaatsen van de damwand boringen zijn geplaatst kunnen de resultaten van deze boringen ook worden gebruikt voor het vastleggen van het eindresultaat van de ontgraving.

Parameters: minerale olie (C10-C40), vluchtige aromaten (BTEX) en VOCL. De putbodemmonsters worden ook geanalyseerd op een NEN-pakket (zie ook bron 13).

Steekdiepte: 0,1-0,3 m achter het ontgraven oppervlak

De bepaling van de kwaliteit van het grondwater in peilbuizen wordt bepaald tijdens de in situ sanering.

8.2 In situ saneringen

De sturing en afstemming van de in situ saneringen vindt in eerste instantie vooral plaats op basis van het uitvoeren van procesmetingen (systeem- en bodemprocesparameters) in het veld. Optimalisatie van de in situ sanering tijdens de gestelde tijdstermijnen is het hoofddoel.

Het effect van de sturing zal merkbaar dienen te zijn in de daling van de gehalten in grond en grondwater.

Milieukundige processturing

Bij de milieukundige processturing wordt onderscheid gemaakt in:

- nulmeting tijdens de aanleg van het saneringssysteem in de drie werkgebieden. Zie paragraaf 7.3;
- procesmetingen: te monitoren systeem- en bodemprocesparameters;
- tussenbemonsteringen grond en grondwater.

Procesmetingen

De te monitoren *systeem- en bodemprocesparameters* zijn afgestemd op de wijze en het doel van de in situ bodemsanering en afhankelijk van de in te zetten saneringstechnieken.

Tijdens de in situ bodemsanering worden (mogelijk) de volgende saneringstechnieken toegepast:

- injectie van gemodificeerd Fentons reagens;
- grondwateronttrekking (optioneel) voor eventuele onttrekking zaklaag en menging en vergroten invloedstraal. Bijkomend effect is verwijderen van verontreiniging;
- injectie van organisch substraat voor de stimulatie van de anaërobe dechlorering van VOCL.

De maximale totale saneringsduur van de in situ saneringen ter plaatse van de werkgebieden bedraagt 4 jaar.

De frequentie van de procesmetingen wordt afgestemd op het verwachte verloop tijdens de sanering en de ingezette saneringstechniek. In het algemeen geldt bij in situ saneringen onder optimale omstandigheden dat er sprake is van een afnemend concentratieverloop in de tijd.

Indien de resultaten daartoe aanleiding geven zal de frequentie van locatiebezoeken en/of de soort procesparameters worden aangepast.

Tabel 29 geeft een overzicht van de geplande uit te voeren metingen per locatiebezoek.

Tabel 29 Uit te voeren procesmetingen tijdens de in situ sanering

Saneringstechniek	Procesparameter	Matrix	Frequentie	Meetmethode/toelichting
Gemodificeerd Fentons reagens	Opgelost zuurstof, redox, pH, temperatuur, Ec, headspace, ijzer II, concentraties VOCL.	Grondwater	Nulmeting	Bij het plaatsen van de filters worden headspace-metingen uitgevoerd. Op basis van deze metingen worden peilbuizen geplaatst/geselecteerd voor analyse t.b.v. vastlegging nulsituatie.
	Waterstofperoxyde, ijzer II, pH, Ec, redox, opgelost zuurstof.	Grondwater	Tijdens injectie ISCO	Tijdens het injecteren van het Fentons reagens worden procesmetingen verricht ter controle van de werking en de veiligheid (eventueel analyses).
	Opgelost zuurstof, redox, pH, temp, Ec, headspace, ijzer II, concentraties VOCL.	Grondwater	1 maand na ronde ISCO	Controle van effect van ISCO en op rebound van verontreiniging.
Grondwateronttrekking	Stijghoogtemeting	Grondwater	Periodiek	Stijghoogtemeter. Vindt periodiek plaats in meerdere peilbuizen. Doel is controle verlaging grondwater.
	Verontreiniging in (influent en) effluent waterzuivering.	Water	Lozingseis	Analyse in laboratorium op minerale olie (C10-C40), vluchtige aromaten (BTEX) en VOCL. Doel is controle verwijderde vracht en verloop sanering, werking waterzuivering, controle lozingseisen.
	Debiet	Water	Continu	Debietmeter. Doel is registreren onttrokken hoeveelheid en geloosde hoeveelheid water.
	Lozingsparameters in effluent waterzuivering.	Water	Lozingseis	Analyse in laboratorium op lozingsparameters. Doel is controle gestelde lozingseisen en beoordeling werking waterzuivering.

Saneringstechniek	Procesparameter	Matrix	Frequentie	Meetmethode/toelichting
Injectie organisch substraat	VOCl, zuurstof, redox, pH, Ec, TOC, DOC, sulfaat, sulfide, nitraat ijzer, adbraakparameters (etheen, ethaan, methaan).	Grondwater	Nulmeting	In enkele representatieve peilbuizen worden deze parameters bepaald voor het vastleggen van de nulstipitie.
	VOCl, zuurstof, redox, pH, Ec, TOC, DOC, sulfaat, sulfide, nitraat ijzer.	Grondwater	Ca. 2 maanden na injectie	In dezelfde peilbuizen om te beoordelen of de koolstofbron voldoende is verspreid en of de afbraak op gang is gekomen.

Tussenbemonsteringen

Bij de *tussenbemonsteringen* maken we onderscheid in de volgende twee doelen:

- vaststellen ongewenste verspreiding van verontreiniging van binnen tot buiten de werkgebieden;
- vaststellen effect van de in situ sanering (voortgang) binnen de werkgebieden.

In zijn algemeenheid is voor de tussenbemonsteringen het volgende van toepassing:

- buiten de werkgebieden is er geen verplichting voor de saneerder om ten behoeve van de processturing monsters (grond en/of grondwater) te nemen. Tenzij duidelijk sprake is van horizontale verspreiding van verontreiniging van binnen naar buiten het werkgebied. De saneerder mag hier wel monsters nemen indien gewenst;
- zowel de grond als grondwatermonsters worden geanalyseerd op minerale olie (C10-C40), vluchtige aromaten (BTEX) en VOCL;
- er wordt minimaal één tussenbemonstering uitgevoerd.

Vaststellen verspreiding (grondwater)

Doel van deze werkzaamheden is vaststellen of er ongewenste verspreiding plaatsvindt tijdens de in situ sanering. Onder ongewenste verspreiding wordt verstaan het verspreiden van verontreiniging van binnen naar buiten de werkgebieden. Hiervoor wordt per werkgebied een monitoringsnetwerk geplaatst. De geplande locaties van de monitoringsfilters staan in bijlage 12 op tekening weergegeven. De locaties van de monitoringsfilters zijn vooral bepaald op basis van een combinatie van de volgende factoren:

- omvang werkgebieden (lengte en breedte);
- verontreinigingssituatie per werkgebied. De ondergrens van de verontreiniging is voor werkgebied U bepaald op 10 m-mv en voor werkgebieden I en J tot 20 m-mv.

In tabel 30 zijn per werkgebied de hoeveelheid monitoringsfilters en filterstellingen weergegeven.

Tabel 30 Monitoringsnetwerk per werkgebied voor vaststellen horizontale verspreiding tijdens in situ sanering

Werkgebied	Hoeveelheid monitoringsfilters	Filterstelling (m-mv)	Toelichting
I	7	3-5, 10-12 en 15-17	Indien nog aanwezig wordt hier gebruik gemaakt van bestaande filters MF4 en MF5 (zie bijlage 7.1 voor locaties).
J	4	3-5, 10-12 en 15-17	Indien nog aanwezig wordt hier gebruik gemaakt van bestaande filters MF9, MF10 en MF11. Zie bijlage 7.2 voor locaties).
U	4	3-5 en 8-10	

Voor het vaststellen van de verticale verspreiding wordt gebruik gemaakt van bestaande peilbuizen die in de drie werkgebieden aanwezig. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van 2 peilbuizen in werkgebied I en voor J en U elk één peilbuis per werkgebied.

Het monitoringsnetwerk wordt geplaatst voorafgaand aan de start van de in situ saneringen. Daarnaast worden, indien mogelijk bestaande peilbuizen voor de monitoringswerkzaamheden gebruikt. Na de plaatsing wordt het grondwater uit de peilbuizen bemonsterd voor analyse. Na deze nulmeting wordt verder in detail, en in overleg met het bevoegd gezag, bepaald met welke frequentie de peilbuizen worden bemonsterd voor analyse. De frequentie van bemonstering is afhankelijk van o.a.:

- resultaten nulmeting;
- de toe te passen saneringstechnieken (Fentons reagens en stimulatie biologie) per werkgebied. Hierbij speelt mee dat bij de toepassing van Fentons reagens meer en frequenter wordt geïnjecteerd dan bij de stimulatie van biologische afbraak. Dit maakt de kans op eventuele verspreiding voor stimulatie van de biologisch afbraak beperkter dan bij Fentons reagens;
- verloop van de in situ saneringen.

Indien uit monitoringsgegevens blijkt dat tijdens de sanering een relevante verhoging van de gehalten verontreiniging buiten de werkgebieden plaatsvindt, door verspreiding vanuit de werkgebieden, wordt nagegaan hoe hier ter plaatse het saneringssysteem kan worden aangepast.

Vaststellen voortgang sanering (tussenbemonsteringen grond en grondwater)

De tussenbemonsteringen die in het kader van de voortgang van de in situ saneringen worden uitgevoerd, kunnen we nu nog niet in detail omschrijven. Deze kunnen we pas verder in detail invullen op het moment dat de nulmeting (zie paragraaf 7.3) na het plaatsen van het in situ saneringssysteem is uitgevoerd. We kunnen nu wel aangeven welke randvoorwaarden van belang zijn en hoe en wanneer in het proces wordt vastgesteld hoe deze tussenbemonsteringen worden uitgevoerd.

Overwegingen die bij de tussenbemonsteringen een rol spelen zijn:

- bij het plaatsen van de in situ saneringssystemen in de werkgebieden vindt na plaatsing een intensieve monitoring plaats middels headspacemetingen op het grondwater in de geplaatste saneringsfilters. Op basis van deze metingen wordt het grondwater uit een selectie van saneringsfilters bemonsterd voor analyse. Op basis van deze resultaten worden in elk werkgebied een aantal monitoringsfilters geplaatst en bemonsterd. Tijdens de nulmeting worden per werkgebied ook een aantal ongeroerde profielen van de grond gestoken. Van deze profielen worden een aantal grondmonsters geselecteerd voor analyse. Deze nulmeting geeft een goed en integraal overzicht van de verontreinigingssituatie per werkgebied. De resultaten van deze nulmeting zijn de basis voor de later uit te voeren tussenbemonsteringen;
- voortgangsbemonsteringen van de grond worden uitgevoerd op het moment dat de gehalten in het grondwater significant zijn gedaald. Als er nog sprake is van hoge gehalten in het grondwater is het minder zinvol om al grondmonsters te nemen;
- de saneringstechniek die binnen een werkgebied wordt toegepast. De snelheid van saneren en daarmee van het afnemen van de gehalten in de grond en het grondwater is bepalend voor de momenten voor de tussenbemonsteringen;
- voor de gebieden waar Fentons reagens wordt toegepast wordt telkens een maand na een injectieronde een tussenbemonstering uitgevoerd op het grondwater van een aantal geselecteerde

- monitoringsfilters en saneringsfilters;
- voor de gebieden waar stimulatie van de biodegradatie plaatsvindt worden tussenbemonsteringen uitgevoerd op het grondwater van een aantal geselecteerde monitoringsfilters en saneringsfilters twee maanden na injectie van het organisch substraat en daarna jaarlijks (zolang de in situ sanering gaande is);
- indien uit een tussenbemonstering blijkt dat de sanering in een gebied het vereiste kwaliteitsniveau heeft bereikt, dan kan het bemonsteringsprogramma in dit gebied worden aangepast.

Milieukundige verificatie

Voor de controlebemonstering worden de resultaten van de tussenbemonsteringen gebruikt. Analyses vinden plaats op minerale olie (C10-C40), vluchtige aromaten (BTEX) en VOCL.

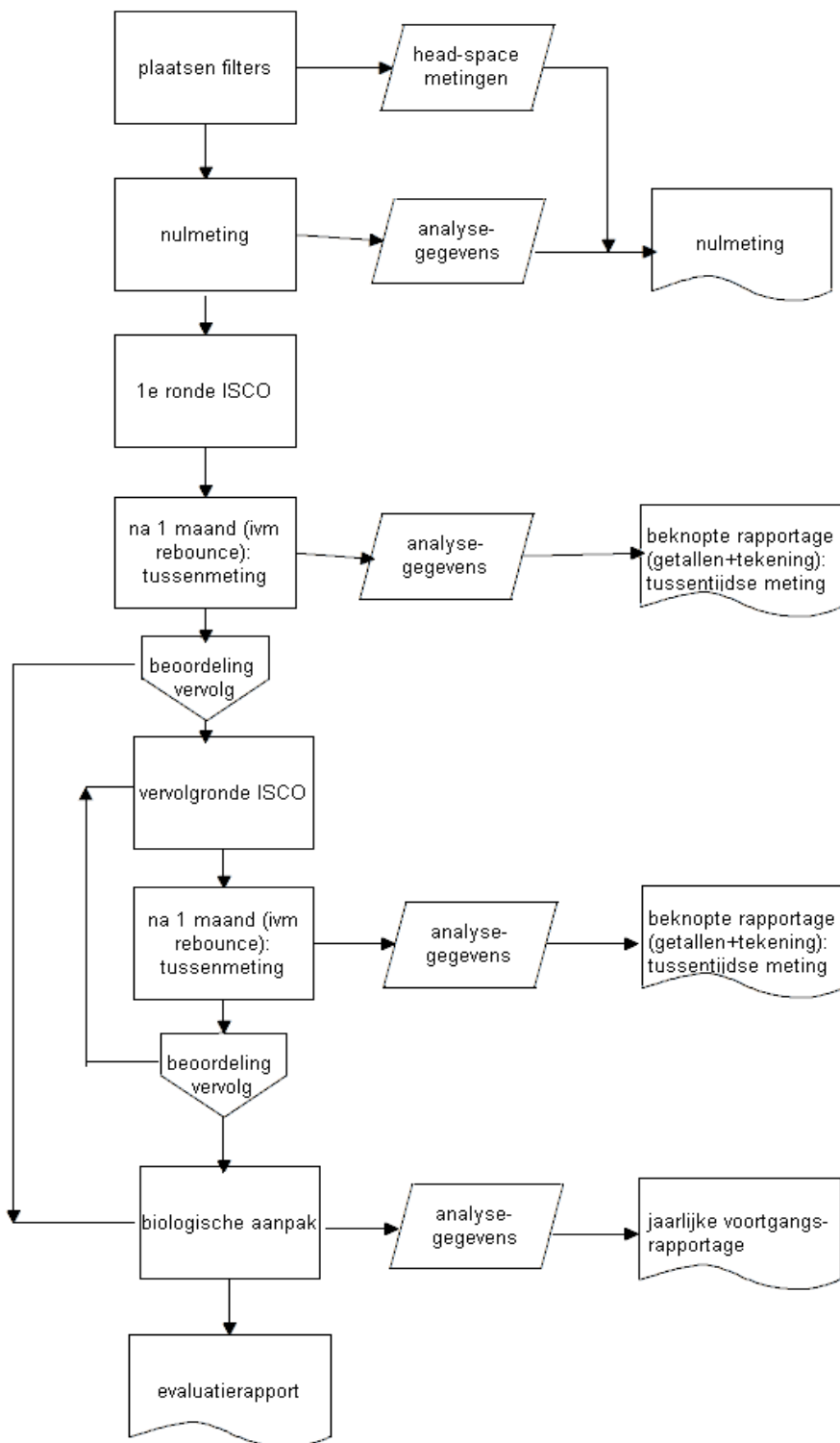
Het definitieve verificatieplan wordt door de saneerder opgesteld binnen 6 maanden voor de beoogde afronding van de in situ saneringen in de drie werkgebieden. Dit plan wordt ter goedkeuring overlegd aan het bevoegd gezag. Als basis voor het verificatieplan dient VKB-protocol 6002 'Milieukundige begeleiding van landbodemsanering met in-situ methoden'.

8.3 Ijkmomenten

Tijdens de sanering zijn verschillende ijkmomenten ingebouwd die van belang zijn om beslissingen te nemen voor de verdere voortgang van de sanering. In principe vindt tijdens of na een ijkmoment ook een overleg plaats met de Provincie Utrecht. Indien mogelijk worden deze overleggen zoveel mogelijk gekoppeld met de halfjaarlijkse structurele overleggen van de werkgroep bodemsanering. In hoofdstuk 11 wordt nader ingegaan op de rapporten die tijdens de sanering worden opgesteld. De rapportage is in veel gevallen gekoppeld aan de ijkmomenten. De volgende belangrijke ijkmomenten zijn voorzien:

- na sloop gebouwen: onderzoek ter plaatse van gesloopte gebouwen in de werkgebieden;
- voor aanvang ontgravingen: vastleggen contouren ontgravingen per werkgebied;
- tijdens ontgraving: beslissing over verder gaan met ontgraven en eventueel aanpassen in situ saneringssysteem specifiek gericht op restverontreiniging;
- tussentijdse evaluatie na ontgraving;
- tijdens aanleg in situ saneringssysteem (nulmeting): beslissing over benodigde aanpassingen saneringssysteem op basis van waarnemingen/gegevens tijdens aanleg saneringssysteem;
- tijdens de in situ saneringen: voortgang 2 jaar na opstart sanering in verband met het realiseren van de maximale saneringstijd;
- tijdens de in situ saneringen: de actieve sanering wordt beëindigd na het bereiken van de terug-saneerwaarden of eerder als verder actief saneren niet meer zinvol is;
- bij overschakeling naar andere in situ saneringstechnieken. Dit heeft betrekking op de overgang van bijvoorbeeld chemische oxidatie naar stimulatie biologie. Maar ook op de eventuele inzet van een terugvalsscenario;
- 6 maanden voor vermoedelijk stopzetten in situ sanering: indien dit tijdstip bekend is, dient ook een definitief verificatieplan te worden opgesteld;
- eindverificatie na afloop van de in situ sanering;
- evaluatie na afloop van de in situ saneringen.

In onderstaand overzicht is opgenomen welke informatie op welk moment tijdens de in situ saneringen verzameld wordt en beschikbaar komt. Tevens zijn de momenten van rapportage van deze informatie opgenomen. Opgemerkt wordt dat dit een voorbeeld (voor gebieden waar eerst chemisch oxidatie en daarna stimulatie biodegradatie wordt toegepast) betreft ter verduidelijking en dat in dit overzicht de eventuele inzet van een terugvalscenario niet is opgenomen. Indien hier sprake van is dan wordt dit overzicht aangepast.



Figuur 8 Overzicht met relatie uitvoering in situ sanering in relatie tot het beschikbaar komen van informatie en de op te stellen rapportages

9 Organisatie en veiligheid

In dit hoofdstuk behandelen we de organisatie (directievoeringen milieukundige begeleiding) tijdens de saneringswerkzaamheden en de veiligheidsaspecten.

9.1 Directievoering

Tijdens de uitvoering van de pilot (werkzaamheden in het veld) wordt door de opdrachtgever een toezichthouder/directievoerder aangesteld.

De directievoering omvat o.a. de volgende werkzaamheden:

- het vertegenwoordigen van de opdrachtgever binnen de overeengekomen bevoegdheden;
- het bijwonen en leiden van werkbijeenkomsten en bouwvergaderingen;
- het geven van instructie aan het dagelijks toezicht;
- voortgangs- en kostenbewaking en signalering.

9.2 Milieukundige begeleiding

Sinds 1 juli 2007 zijn de wettelijke regels voor kwaliteitsborging van kracht (Kwalibo). De sanering dient op basis van deze wettelijke regels opgevolgd te worden conform de Beoordelingsrichtlijn (BRL) 6000 en 7000.

Een belangrijk onderdeel van deze Kwalibo-regeling is de verplichte functiescheiding. Functiescheiding moet belangenverstrengeling voorkomen.

De milieukundige begeleiding van bodemsaneringen en nazorg is beschreven in de BRL SIKB 6000. De milieukundige begeleiding tijdens de sanering wordt uitgevoerd conform deze BRL en bijbehorende protocollen.

Voor de werkzaamheden zoals omschreven in dit deelsaneringsplan zijn de volgende VKB-protocollen van belang:

- VKB-protocol 6001: Milieukundige begeleiding landbodemsanering met conventionele methoden;
- VKB-protocol 6002: Milieukundige begeleiding landbodemsanering met in-situ methoden;

NB. De processturing van een in situ sanering kan ook worden uitgevoerd conform BRL SIKB 7000, VKB-protocol 7002 inclusief procescertificaataanhangsel processturing 6002.

In de BRL6000 wordt voor de milieukundige begeleiding onderscheid gemaakt in:

- milieukundige processturing;
- milieukundige verificatie.

In onderstaande tabel zijn een aantal belangrijke definities uit de BRL SIKB 6000 weergegeven.

Tabel 31 Overzicht belangrijke definities uit de BRL SIKB 6000

Definitie	Omschrijving
Milieukundige processturing bodemsanering	De milieukundige sturing van de bodemsanering ter plaatse onder verantwoordelijkheid van de directie. Hieronder vallen onder mee het aangeven van de verontreinigingsgrenzen, het aangeven van de bestemming van de vrijkomende grond- en afvalstromen, het toezien op de juiste plaatsing en instelling van installaties en het nemen van monsters ten behoeve van voortgangscntroles en vergunningen.
Milieukundige verificatie bodemsanering	Het met monsterneming, analyses en rapportage vastleggen en beschrijven van het eindresultaat van de sanering. De milieukundige verificatie bodemsanering heeft als doel het bevoegde gezag in staat te stellen te beoordelen of de saneringsdoelstelling is bereikt zoals die is vastgelegd in de beschikking op het saneringsplan en/of het nazorgplan (Wbb), afgegeven door het bevoegde gezag Wbb, ofwel de verklaring van instemming met de melding in het kader van het Besluit Uniforme Saneringen (BUS), ofwel de aanwijzingen van een ongewoon voorval (art. 13 en 27 Wbb), ofwel een goedkeuringsverklaring op het saneringsplan (Wm, afgegeven door het bevoegde gezag Wm.
Niet-kritieke afwijking	Afwijking van de eisen zoals gesteld in de beoordelingsrichtlijn die in potentie geen invloed heeft op de interpretatie van de onderzoeksgegevens en de sturing en evaluatie van de bodemsanering.
Kritieke afwijking	Afwijking van de eisen zoals gesteld in de beoordelingsrichtlijn die in potentie wel invloed heeft op de interpretatie van de onderzoeksgegevens en de sturing en evaluatie van de bodemsanering.
Kwaliteitsplan	Het plan dat door of in opdracht van de opdrachtgever of aannemer door de milieukundige processturing wordt opgesteld met daarin een nadere uitwerking van het saneringsplan voor onder meer de beschrijving van de nulsituatie, monsternemingsplan en de het optimaliseren van het saneringsproces.
Verificatieplan	Plan dat voorafgaand aan de uitvoering van de sanering, door het bedrijf dat de milieukundige verificatie uitvoert, wordt opgesteld en waarin de kritische momenten en aspecten van een bodemsanering worden vastgelegd waarop verificatie plaatsvindt.
Evaluatieverslag	De rapportage die na beëindiging van de sanering conform de Wbb onder verantwoordelijkheid van de milieukundige verificatie en in samenwerking met de milieukundige processturing wordt opgesteld en waarin de wijze waarop beide onderdelen zijn uitgevoerd wordt beschreven.

Het kwaliteits- en verificatieplan voor de milieukundige begeleiding wordt in een latere fase (zie tabel 34) opgesteld.

Voor details verwijzen we naar de BRL SIKB 6000 en de bijbehorende protocollen.

9.3 Veiligheidskundige aspecten

Voor de werkzaamheden dient, volgens artikel 5 van het Bouwprocesbesluit Arbeidsomstandighedenwet, een Veiligheids- en Gezondheidsplan (ontwerp- en uitvoeringsfase) te worden opgesteld. Dit V&G-plan dient afgestemd te zijn op de relevante publicaties van de Arbeidsinspectie en op publicatie 132 van het CROW (bron 11).

Met het V&G-plan ontwerpfase wordt voor het ontwerp en de planfase een analyse gemaakt van de risico's van de uit te voeren werkzaamheden. Eventueel vindt een aanpassing van de geplande werkzaamheden plaats om de risico's te beperken. Het V&G-plan ontwerpfase is een verplichting van de opdrachtgever.

Op basis van het V&G-plan ontwerpfase en het uitvoeringsplan van de aannemer wordt een V&G-plan uitvoeringsfase op gesteld. Het V&G-plan uitvoeringsfase is een verplichting van de aannemer.

De saneringswerkzaamheden vallen gezien de aard en het concentratieniveau in verschillende T&F klassen (T = potentieel toxische stoffen aanwezig, F = potentieel ontvlambare stoffen). De T en F klassen worden berekend volgens de CROW 132. Volgens deze methode wordt gerekend met de hoogst aangetoonde concentraties in bodemonderzoeken.

Omdat het om twee verschillende risico-categoriën gaat (blootstelling en brand of explosie) worden twee hoofdklassen onderscheiden. De T-klasse voor blootstelling en de F-klasse voor brand of explosie. Tabel 32 geeft hiervan een overzicht. De risicoklasse is richtinggevend voor de te nemen maatregelen. Per risicoklasse dienen bepaalde maatregelen te worden genomen afhankelijk van de subklasse.

Tabel 32 Overzicht indeling risicoklassen en subklassen

Schadelijk vermogen	Klasse	Gevaaraanduiding
Blootstelling	0T	Weinig giftig/schadelijk
	1T	Schadelijk
	2T	Giftig
	3T	Zeer giftig
Brand of explosie	0F	Gering ontvlambaar
	1F	Ontvlambaar
	2F	(zeer) licht ontvlambaar

De veiligheidsklasse wordt vooraf bepaald bij het opstellen van het V&G-plan. De uiteindelijke veiligheidsklasse dient te worden bepaald door de aannemer. Voor de bijbehorende veiligheidsvoorzieningen, metingen en maatregelen wordt verwezen naar publicatie 132 van het CROW (bron 11).

10 Terugvalsscenario en nazorg

10.1 Terugvalsscenario

Algemeen

Voor de sanering van de mobiele verontreinigingen is het noodzakelijk om een terugvalsscenario te beschrijven. De keuze voor een terugvalsscenario is een heroverweging van de saneringsmethode. In eerste instantie wordt bij een terugvalsscenario uitgegaan van dezelfde saneringsdoelstelling binnen dezelfde trede van de saneringsladder.

Indien tijdens de actieve sanering mocht blijken dat de sanering niet volgens verwachting verloopt, zullen eerst binnen het saneringsconcept aanpassingen worden verricht. Dit betreft een optimalisatie van het ontworpen saneringssysteem. Gedacht kan worden aan aanpassing, intensivering (bijv. bijplaatsen filters, aanpassen filterstellingen of aanpassen debieten) en extra injectie van oxidant en/of organisch substraat.

Indien een terugvalsscenario uitgevoerd dient te worden, zal dit vooraf worden overlegd met het bevoegde gezag. Tevens zal dan een afweging plaatsvinden van het meest efficiënte terugvalsscenario. Op basis van een plan van aanpak van de saneerder vindt overleg tussen de saneerder en de provincie plaats. Overleg over terugvalsscenario's vindt plaats tijdens de overleggen van de werkgroep Sanering Defensie-eiland Woerden.

Voor het terugvalsscenario maken we onderscheid in:

- sanering middels ontgraving binnen de drie werkgebieden;
- in situ sanering drie werkgebieden.

Een definitieve keus voor een terugvalsscenario kan pas gemaakt worden op het moment dat duidelijk is waar en waarom inzet van een terugvalsscenario noodzakelijk is.

Indien mogelijk en efficiënt wordt gestreefd naar inzet van een scenario dat zorgt voor een eindige oplossing op korte termijn

Van belang bij de inzet van een eventueel terugvalsscenario is dat voor de sanering van fase 3 en 4 zeer waarschijnlijk een beheersmaatregel (zo nodig eeuwigdurend) ingezet gaat worden. Hier kan qua terugvalsscenario mogelijk aangesloten worden in het kader van efficiëntie.

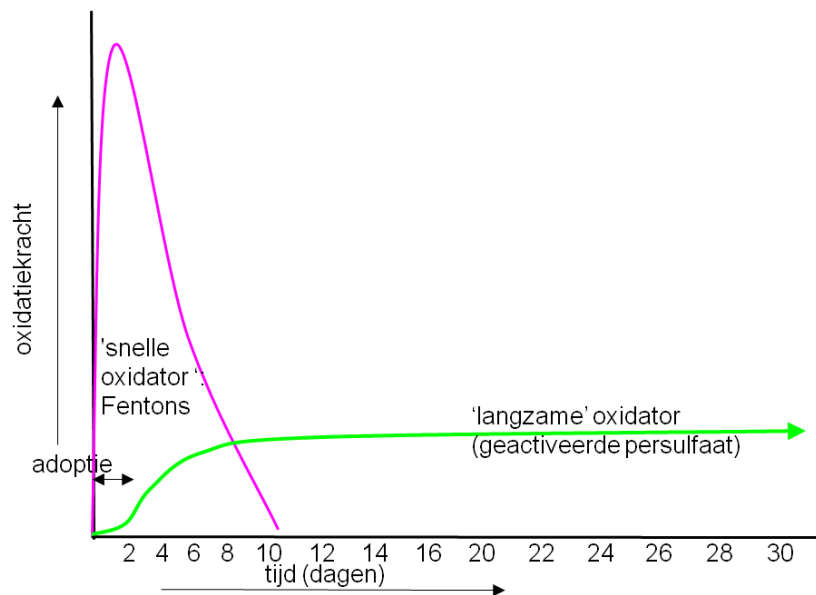
Onderstaand beschrijven we hoe we in zijn algemeenheid met het terugvalsscenario omgaan.

Terugvalsscenario ontgravingen binnen werkgebieden (tot maximaal 5 m-mv)

Binnen de drie werkgebieden vinden in de bovengrond saneringen middels ontgravingen plaats. Eventuele aanpassingen op de sanering zijn vooral noodzakelijk indien de omvang van de verontreiniging (verticaal en/of horizontaal) groter is dan verwacht op basis van de beschikbare resultaten. Indien mogelijk wordt in dat geval verder ontgraven. Indien verder ontgraven niet mogelijk is (bijvoorbeeld bij de ontgravingen binnen damwanden), kan verdere in situ sanering een optie zijn mid-

Oxidant	Relative strength	Oxidation potential (mV) ¹⁾	Condition
Fenton's reagent	Very strong	2.800	Liquid
Ozone/peroxide		2.800	Gas
Persulfate		2.700 (activated) ²⁾	Solid / Solution
Ozone		2.600	Gas
Persulfate		2.010 (not activated) ²⁾	Solid / Solution
Peroxide		1.800	Liquid
Permanganate		1.700	Solid / Solution
Fixed peroxides	Weak	-	Solid

Figuur 9 Overzicht relatieve sterkten veel toegepast oxidanten



Figuur 10 Vergelijking werkingsduur Fentons reagens en geactiveerde persulfaat

Dit terugvalscenario kan worden ingezet als met de chemische oxidatie met Fentons Reagens niet het gewenste effect (>80% reductie van de vracht verontreiniging) is bereikt.

Optie 2: terugvalscenario stimulatie biologie: combinatie biologie en chemische reductie

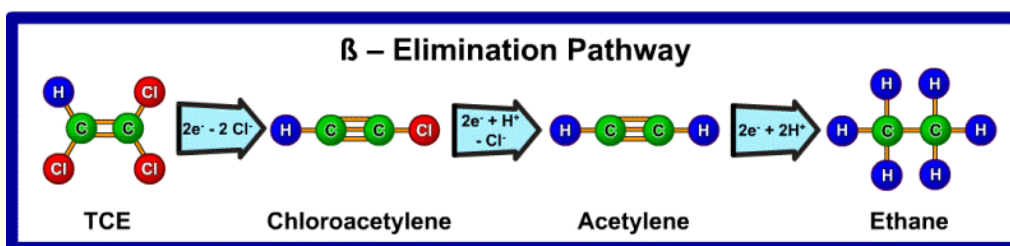
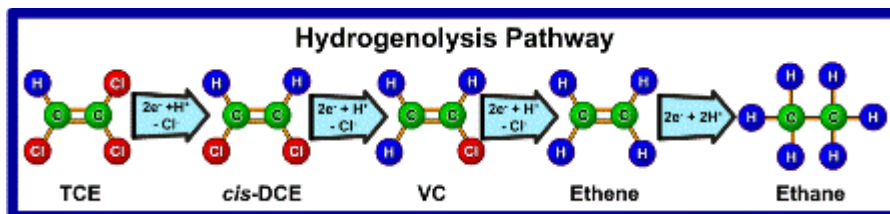
Als, plaatselijk, na de stimulatie van de biologische afbraak nog hoge concentraties aanwezig zijn, dan kan een combinatie van biologische afbraak en chemische reductie worden toegepast.

Door de reductie van Fe^0 onder sterk gereduceerde omstandigheden (Redox -300) naar Fe^{2+} kan PER via de tussenproducten TRI, CIS en VC worden omgezet naar het onschadelijke etheen (zie onderstaand kader). Dit is uitstekend te combineren met gestimuleerde afbraak van de verontreiniging.

Reactie met nulwaardig ijzer

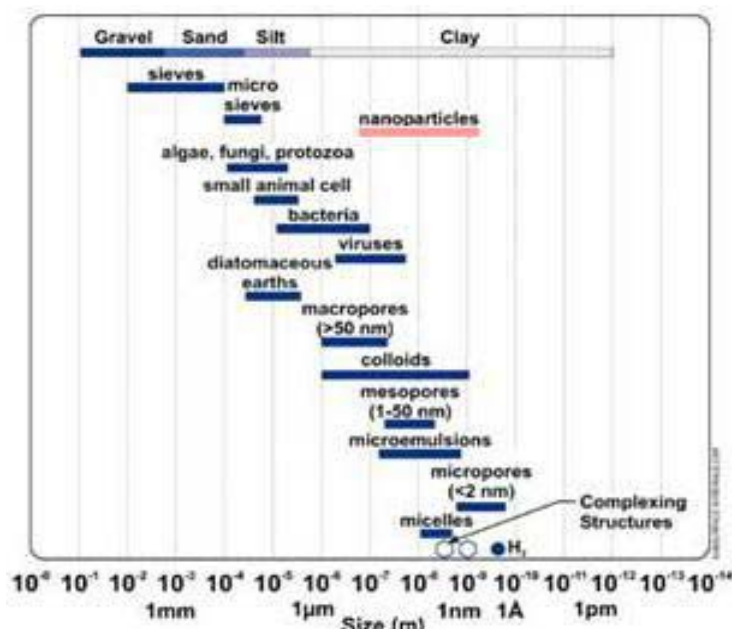
Fe^0	->	$Fe^{2+} + 2e^-$
$2 R-Cl + 2 H^+$	->	$2 R-H + 2 Cl^-$
$Fe^0 + 2 R-Cl + 2 H^+$	->	$Fe^{2+} + 2 R-H + 2 Cl^-$

Dit leidt tot de volgende (hoofdreacties):



Figuur 10 Hoofdreactions met nulwaardig ijzer

Deze techniek werkt overigens alleen effectief als de ijzerdeeltjes heel erg klein zijn (micro- of nano-schaal. De reactie treedt namelijk alleen op aan het oppervlak van het ijzerdeeltje. Hoe kleiner (zie figuur 9) het deeltje, hoe groter het relatieve oppervlak. De techniek staat in de USA bekend onder de naam 'Nanoscale Zero Valent Iron' (afgekort NZVI).



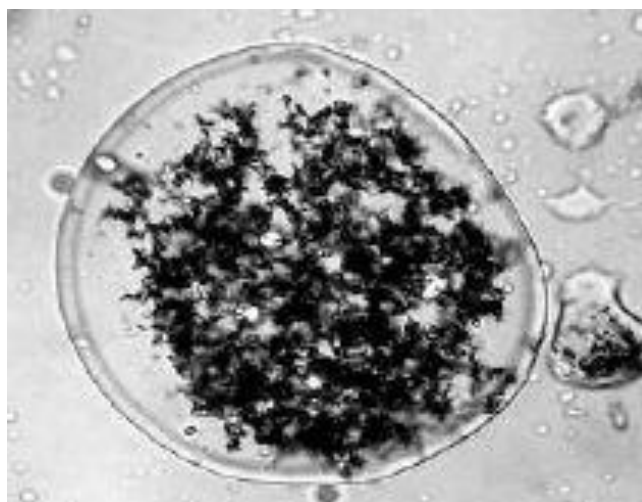
Figuur 11 Afmetingen nanodeeltjes nulwaardig ijzer

De verontreinigingen PER en TRI lossen aanzienlijk beter op in olieachtige stoffen dan in water. In onderstaande tabel zijn de Koc waarden weergegeven van PER en TRI en de afbraakproducten CIS en VC.

Tabel 33 Verdeling verontreiniging over vetachtige substanties (octanol) en water

VOCL	Log Kow
PER	3,4
TRI	2,3
CIS	1,5
VC	1,37

De 'standaard' Log Kow wordt bepaald door te kijken naar de verdeling over water en octanol. Voor deze toepassing zullen de ijzer-0 nanodeeltjes in een plantaardige olie (soja) worden opgelost. Deze olie wordt vervolgens als emulsie (kleine oliedruppels van een paar μm groot) geïnjecteerd. Na injectie in de bodem zal de verontreiniging zich concentreren in de oliedruppels. In de oliedruppel zal de verontreiniging vervolgens reageren met de ijzer-0 nanodeeltjes.



Figuur 12 Nano ijzerdeeltjes in oliedruppel

Als het ijzer is 'opgereageerd' zal de biologische afbraak het overnemen waarbij de plantaardige olie (soja) als organisch substraat wordt gebruikt.

Deze combinatie van chemische reductie en biologische afbraak wordt alleen toegepast op die plaatsen waar na de biologische afbraak nog te hoge concentraties aanwezig zijn.

10.2 Nazorg

Algemeen

De saneringswerkzaamheden hebben betrekking op mobiele verontreinigingen. Bij saneringen waar verontreinigingen achterblijven dient, aan de hand van het evaluatierapport van de uitgevoerde sanering, vastgesteld te worden in hoeverre nazorgverplichtingen en/of gebruiksbeperkingen in acht moeten worden genomen door de saneerder of de gebruiker van de locatie.

Na afloop van de sanering dient dan bepaald te worden of een nazorgplan opgesteld dient te worden. Indien van toepassing dient dit nazorgplan ter instemming ingediend te worden bij de provincie. Nazorg is per definitie maatwerk en is afhankelijk van de restverontreiniging, de al getroffen saneringsmaatregelen en het gebruik van de locatie.

Eventuele gebruiksbeperkingen kunnen ertoe leiden dat de eigenaar of gebruiker(s) van de locatie een aantal beperkingen in het gebruik van de locatie in acht moeten nemen. De beperkingen worden bij het kadaster geregistreerd.

De opgestelde saneringsdoelstelling leidt tot een stabiele eindsituatie voor de organische verontreinigingen voor fase 2.

Registratie

Nadat de stabiele eindsituatie is vastgesteld dient de resterende verontreiniging in grond kadastraal te worden geregistreerd. De omvang van dit resterende gebied dient voor grond te worden vastgesteld.

Gebruiksbeperkingen

Onderstaande is van toepassing op de verontreinigingen ter plaatse van de werkgebieden. Na afloop van de sanering van fase 2 zal onderstaande ook in samenhang met de geplande sanering van fase 3 en 4 bekeken dienen te worden.

Ter plaatse van de verontreinigingen zijn na afloop van de sanering – bij het geplande toekomstige gebruik – geen verspreidingsrisico's meer aanwezig.

Voor het achterblijven van sterke verhoogde concentraties vluchtige aromaten en VOCI in het grondwater na afloop van deelsaneringsfase 2 geldt als nazorg dat in eerste instantie de omvang van de restverontreiniging in beeld moet zijn gebracht. Verder gelden de volgende gebruiksbeperkingen:

- er mag niet zonder de formele toestemming van het bevoegd gezag Wbb gegraven worden in de bodemlaag waar sterk verontreinigde grond en/of grondwater is achtergebleven;
- er mag zonder toestemming van het bevoegd gezag Wbb geen grondwater worden onttrokken die een achtergebleven restverontreiniging in het grondwater saneert, vermindert of verplaatst;
- indien er uitsluitend gegraven wordt in de leeflaag boven de grondwaterspiegel is een melding bij het bevoegd gezag Wbb voldoende. Indien er grondwater wordt onttrokken, die mogelijk invloed heeft op de achtergebleven restverontreiniging in het grondwater dient door middel van een bemalingsadvies bij het bevoegd gezag Wbb in voldoende mate te worden aangetoond of de restverontreiniging in het grondwater wel/niet verminderen of verplaatsen. Indien gegraven wordt in

de bodemlaag met sterk verontreinigd grondwater of grondwater wordt onttrokken waarbij de restverontreiniging in het grondwater wordt verminderd dient een deelsaneringsplan te worden ingediend bij de afdeling vergunningverlening van de Provincie Utrecht. Verplaatsing van de verontreiniging dient ten alle tijden te worden voorkomen. Hiervoor kunnen tegenmaatregelen noodzakelijk zijn.

11 Externe communicatie, procedures en planning

In dit hoofdstuk gaan we in op de procedures en nog uit te voeren acties voor de sanering van fase 2. Omdat de externe communicatie van groot belang is op dit project wordt hier apart aandacht aan besteed.

De volgende procedures en de acties dienen er toe te leiden dat de activiteiten in het kader van dit deelsaneringsplan op een juiste wijze verlopen. Voor een uitgebreide omschrijving verwijzen we naar het deelsaneringsplan voor fase 1 (bron 12).

Het hoofdstuk eindigt met een omschrijving van de planning van de werkzaamheden in het kader van de sanering van fase 2. Tevens is hier de planning van de sanering van fase 1 weergegeven.

11.1 Externe communicatie

Vanwege het creëren van maatschappelijk draagvlak is de externe communicatie van groot belang. Voor de externe communicatie is voorzien in:

- werkgroep Communicatie van de gemeente Woerden en De Wasserij. Deze werkgroep is verantwoordelijk om de communicatie rondom het project Defensie-eiland Woerden in goede banen te leiden. De werkgroep komt frequent bij elkaar om alle communicatieve aspecten rondom het project af te stemmen, uiteenlopend van informatie- en klankbordavonden tot en met het schrijven van een bewonersbrief voor de uitvoering;
- informatiebijeenkomsten. De Wasserij CV zal voor het project 'het Geheim van Woerden' vier maal per jaar de klankbordgroep door middel van een informatie-bijeenkomst informeren over de voortgang van het project;
- veiligheidscafé. Periodiek zal er een zogenaamd veiligheidcafé worden georganiseerd waarbij actuele veiligheidsaspecten worden besproken door de locatiemanager.

11.2 Procedures

Voor de sanering van fase 1 en 2 zijn een aantal procedures beschreven. Hieronder gaan we in op procedures die van belang zijn voor de sanering van fase 2.

Periodiek overleg

Voor de continuïteit en kwaliteitsborging wordt periodiek overleg gevoerd met de werkgroep Sanering Defensie-eiland Woerden. De deelnemers aan dit overleg zijn:

- Gemeente Woerden;
- Provincie Utrecht;
- Milieudienst Noord-West Utrecht;
- De Wasserij;
- Sita Remediation;
- MWH.

Sinds het afgeven van de beschikking op het deelsaneringsplan voor fase 1 (december 2010) wordt het overleg met de werkgroep minimaal 1 maal per half jaar gehouden. Indien de situatie daarom vraagt kan een overleg vaker worden gehouden.

Voortgangsrapportage

Sinds het afgeven van de beschikking (december 2010) op het deelsaneringsplan voor fase 1 rapporteert de saneerder minimaal één maal per 6 maanden aan de gemeente Woerden over de voortgang van de sanering. Dit heeft betrekking op zowel fase 1 als fase 2.

Milieukundige begeleiding sanering fase 2

Voor aanvang van de sanering wordt de milieukundige begeleiding tijdens de sanering van fase 2 verder uitgewerkt in een kwaliteits- en verificatieplan.

Evaluatie ontgravingen binnen werkgebieden

Na afloop van de ontgravingen binnen de werkgebieden wordt een evaluatierapport opgesteld met een overzicht van de resultaten van de ontgravingen.

Eindevaluatie sanering fase 2

Na afloop van de sanering van fase 2 wordt een evaluatierapportage opgesteld met een overzicht van de resultaten van de sanering van fase 2.

Nazorgplan sanering fase 2

Indien van toepassing, wordt deze na afloop van de sanering opgesteld.

11.3 Acties

Uit het voorgaande volgen een aantal acties voor producten/rapporten die tijdens de sanering geleverd dienen te worden en waar al dan niet instemming, vooraf of achteraf, van het bevoegd gezag voor benodigd is. Tabel 34 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 34 Overzicht voorziene te leveren producten/rapportages in het kader van de sanering van fase 2

Product	Bevoegd gezag	Instemming benodigd?	Toelichting
Voortgangsrapportage sanering	-	Nee	Worden sinds december 2010 minimaal halfjaarlijks opgesteld door de saneerder. Doel is het informeren over de stand van zaken van de sanering. Wordt toegezonden aan de deelnemers van het periodiek overleg (werkgroep Defensie-eiland Woerden).
Planning herontwikkeling en sanering	-	Nee	Er is op dit moment nog geen definitieve planning bekend. Deze planning zal tijdens het project, naar alle waarschijnlijkheid, ook regelmatig veranderen. Bij de voortgangsrapportages sanering wordt een actuele planning bijgevoegd.
Plan van aanpak voor/en aanvullend bodemonderzoek ter plaatse van te slopen bebouwing	Gemeente Woerden	Ja	Na sloop van de gebouwen wordt een aanvullend onderzoek uitgevoerd dat o.a. benodigd is in het kader van het verkrijgen van de bouwvergunning. De opzet (plan van aanpak) van het aanvullend onderzoek wordt vooraf overlegd met de gemeente Woerden. NB. Dit onderzoek wordt ter informatie overhandigd aan de Provincie Utrecht.
Resultaten bodemonderzoek ter plaatse van werkgebieden ten behoeve van detaillering ontgravingsgrenzen	Provincie Utrecht	Nee	Voorafgaand aan de ontgravingen in de werkgebieden vindt aanvullend bodemonderzoek plaats voor detaillering van de ontgravingsgrenzen.
Grondstromenplan	Provincie Utrecht	Ja	Het grondstromenplan geeft voorafgaand aan de uitvoering weer wat de verwachte grondstromen op hoofdlijnen gaan worden.
Grondstromenbalans	Provincie Utrecht	Nee	De grondstromenbalans is een weergave op hoofdlijnen van de grondstromen binnen het project. De grondstromenbalans is een dynamisch document gedurende het project. Als de balans meer bekend is wordt dit ter inzage overhandigd aan het bevoegd gezag. Tussentijds worden de deelnemers van de werkgroep Defensie-eiland Woerden geïnformeerd via de voortgangsrapportage sanering.
Grondstromenregistratie	Provincie Utrecht	Ja	De grondstromenregistratie is een gedetailleerde weergave van alle grondstromen binnen het project met de noodzakelijke bewijsmiddelen. De registratie van de grondstromen is een dynamisch document gedurende het project. De registratie van de grondstromen wordt opgenomen in de evaluatierapporten. Melding van grondstromen vindt plaats conform de eisen zoals gesteld in de Wbb en/of het Besluit Bodemkwaliteit.
Tussenevaluatie ontgravingen fase 2	Provincie Utrecht	Ja	Nadat de ontgravingen ter plaatse van de drie werkgebieden zijn afgerond wordt een tussenevaluatie opgesteld. Het bevoegd gezag dient dit evaluatierapport goed te keuren. Tussentijds worden de deelnemers van de werkgroep Defensie-eiland Woerden geïnformeerd via de voortgangsrapportage sanering.
Uitvoeringsplan/werkplan in situ sanering	Provincie Utrecht	Nee	Voorafgaand aan de start van de aanleg van de in situ saneringssystemen wordt een uitvoeringsplan opgesteld met een nadere invulling van het saneringssysteem.
Plan tegengaan verspreiding in verband met bemalingen	Provincie Utrecht	Ja	Als de werkwijze van de ontgravingen in detail bekend is, wordt een plan opgesteld waarin opgenomen wordt hoe wordt omgegaan met het tegengaan van mogelijke verspreiding van verontreinigingen door de bemalingen voor de ontgravingen. Dit plan wordt opgenomen in het uitvoeringsplan/werkplan.

Product	Bevoegd gezag	Instemming benodigd?	Toelichting
Kwaliteitsplan en verificatieplan	Provincie Utrecht	Ja	Deze plannen dienen ook in het kader van VKB-protocol 6002 worden opgesteld (voor de start van de sanering). In deze plannen wordt verder in detail ingegaan op de processturing en de verificatie tijdens de in situ saneringen. Deze plannen worden na de nulmeting opgesteld. Het definitieve verificatieplan wordt binnen zes maanden voor de beoogde van de sanering ingediend.
Resultaten nulmeting bij aanleg in situ saneringssysteem	Provincie Utrecht	Nee	Tijdens de aanleg van het in situ saneringssysteem wordt een nulmeting uitgevoerd waarvoor o.a. de filters van het saneringssysteem worden gebruikt. Door deze nulmeting wordt een goed ruimtelijk beeld verkregen van de verontreinigingssituatie in de drie werkgebieden.
Tussenrapportage voortgang in situ sanering	Provincie Utrecht	Nee	Er wordt minimaal 1 tussentijdse rapportage, binnen 2 jaar na start sanering fase 2, van de stand van zaken van de in situ saneringen opgesteld.
Plan van aanpak terugvalsscenario	Provincie Utrecht	Ja	Indien het terugvalsscenario wordt ingezet wordt voorafgaand een plan van aanpak opgesteld.
Eindverificatie fase 2 (definitief)	Provincie Utrecht	Ja	Binnen 6 maanden voor de beoogde afronding van de sanering van de drie werkgebieden stelt de saneerder een door het bevoegd gezag goed te keuren definitief plan voor de eindverificatie op.
Evaluatierapport fase 2	Provincie Utrecht	Ja	Het evaluatierapport wordt opgesteld nadat alle activiteiten van fase 2 zijn afgerond. Het bevoegd gezag dient dit evaluatierapport goed te keuren. Tussentijds worden de deelnemers van de werkgroep Defensie-eiland Woerden geïnformeerd via de voortgangsrapportage sanering.

Voor de rapportages die ter beoordeling aan de Provincie Utrecht worden overhandigd geldt dat deze in samenwerking tussen de afdeling handhaving en vergunningverlening worden beoordeeld. De Provincie Utrecht zal zo spoedig mogelijk maar uiterlijk binnen drie weken haar beoordeling kenbaar maken. Indien beoordelingen binnen een week dienen plaats te vinden kan bij de Provincie verzocht worden om een beoordeling in te plannen. Dit verzoek dient twee weken voorafgaand aan indien te worden gedaan.

11.4 Planning

Algemene planning sanering fase 1 en 2

De planning voor het project is op dit moment op hoofdlijnen bekend. Belangrijke aspecten die een rol spelen bij de planning zijn:

- voorbereiding stedenbouw en planologie. Hier dient eerst overeenstemming over te zijn tussen opdrachtgever en -nemer voordat de detailplanning definitief gemaakt kan worden;
- afstemming sanering en herontwikkeling;
- bestuursrechtelijke afspraken die zijn vastgelegd in de beschikking ernst en spoedeisendheid;
- privaatrechtelijke afspraken die contractueel zijn vastgelegd tussen de gemeente Woerden en De Waterij.

In onderstaande tabel is de relatie tussen de privaatrechtelijke verplichtingen en de bestuursrecht-

lijke verplichtingen tijdens de sanering van fase 1 en 2 weergegeven.

Tabel 35 Relatie planning verplichtingen en subsidies tijdens sanering fase 1 en 2

Onderwerp	Privaatrechterlijke termijn	Bestuursrechterlijke termijn
Afgeven beschikking ernst en spoedeisendheid		4 juni 2008
Gunning werk	17 december 2008	
Uiterlijke datum afgeven beschikking op saneringsplan fase 1	17 december 2010	
Uiterlijke datum afgeven beschikking op saneringsplan pilot fase 2	17 december 2010	
Uiterlijke datum afgeven beschikking op saneringsplan fase 2	16 januari 2012	
Uiterlijke start sanering werkgebieden (fase 2) ¹⁾	17 december 2011	4 juni 2012
Afronding sanering	4 jaar na start fullscale sanering ter plaatse van de werkgebieden	4 juni 2016

¹⁾ Middels de uitvoering van de pilot (oktober 2010 t/m juli 2011) is reeds aan deze termijn voldaan

De planning (op hoofdlijnen) is als volgt:

- start sloop: eind 2011;
- start sanering: 1^e – 2^e kwartaal 2012;
- start bouw: 3^e kwartaal 2012.

De planning wordt later meer in detail opgesteld.

12 Samenvatting

In opdracht van De Wasserij CV is voor de deelsanering fase 2 van het Defensie-eiland te Woerden een saneringsplan opgesteld. Hieronder staat een samenvatting opgenomen van de inhoud van het saneringsplan.

Op de locatie Defensie-eiland Woerden is sprake van meerdere immobiele en mobiele verontreinigingen. Voor de sanering van het gehele geval van bodemverontreiniging is onderscheid gemaakt in de volgende fasering:

- Fase 1: Bovengrond (immobiele verontreinigingen en oliespots);
- Fase 2: Mobiele brongebieden (VOCL) tot een diepte van maximaal 20 m-mv;
- Fase 3: Sanering diepere grondwater, pluim met VOCL en benzeen op en ten (noord)westen van het Defensie-eiland in het eerste watervoerende pakket;
- Fase 4: Sanering diepere grondwater, oostelijke pluim met VOCL in het eerste watervoerend pakket ter hoogte van NS-station Woerden.

De gemeente Woerden is voornemens om de locatie te laten herontwikkelen tot een hoogwaardig deel van de binnenstad van Woerden met het hoofddoel op wonen. De herontwikkeling van de locatie is aanleiding om de locatie te saneren om deze geschikt te maken voor het toekomstige gebruik.

De ontwikkeling en sanering van fase 1 en 2 wordt onder verantwoordelijkheid en voor risico van de ontwikkelaar gerealiseerd. De derde en vierde fase van de sanering worden onder verantwoordelijkheid en voor risico van de gemeente Woerden uitgevoerd. Tabel 36 geeft een overzicht van de bij de sanering betrokken partijen.

Tabel 36 Betrokken partijen bij de sanering

Betrokken partijen	Opdrachtgever sanering:	Gemeente Woerden
	Adviseur opdrachtgever sanering:	Milieudienst Noord-West Utrecht
	Bevoegd gezag:	Provincie Utrecht
	Ontwikkelaar en saneerder locatie:	De Wasserij CV ¹⁾
	Beschikkinghouder sanering fase 1 en 2:	De Wasserij CV ¹⁾
	Uitvoerend aannemer sanering locatie:	Sita Remediation B.V.
	Uitvoerend aannemer bouwrijp maken	Van Gelder B.V.
	Adviseur uitvoerend aannemer sanering:	MWH B.V.

²⁾ De Wasserij CV is de commanditaire vennootschap waarin Blauwhoed B.V. en VORM Holding B.V. hun samenwerking voor de ontwikkeling van de locatie gestalte hebben gegeven.

Op 4 juni 2008 heeft de Provincie Utrecht een beschikking vastgesteld met betrekking tot de aanwezige verontreiniging. In deze beschikking is opgenomen dat er sprake is van verspreidingsrisico's en dat zo spoedig mogelijk met de sanering gestart moet worden maar uiterlijk 4 jaar na de inwerking-treding van deze beschikking dient te worden begonnen.

De belangrijkste doelen van de sanering van fase 1 en 2 zijn:

- de locatie geschikt maken voor het toekomstige gebruik (functie wonen) door het wegnemen van de blootstellingsrisico's als gevolg van de verontreinigingen in de bovenste meters van de grond (fase 1 en fase 2);
- het wegnemen van de (verticale) verspreidingsrisico's van de mobiele verontreiniging (fase 2).

Om deze doelen te bereiken zijn afgeleide terugsaneerwaarden opgesteld voor de mobiele verontreinigingen die tijdens fase 2 gesaneerd dienen te worden.

Het deelsaneringsplan heeft betrekking op de activiteiten in het kader van de sanering van fase 2. Voor de sanering van fase 2 zijn drie werkgebieden (I, J en U) gedefinieerd waarbinnen gesaneerd dient te worden. Tabel 37 geeft een overzicht van deze drie werkgebieden.

Tabel 37 Afbakening drie werkgebieden

Werkgebied	Afmetingen	Diepte
Gebouw I	53 x 77 x 53 x 73	20 m-mv
Gebouw A en J	42 x 28 x 42 x 27	20 m-mv
Gebouw U	32 x 28	10 m-mv

In 2007 is een saneringsonderzoek voor de gehele sanering van de locatie opgesteld. Voor de verschillende fases zijn meerdere saneringstechnieken geselecteerd en afgewogen. Voor de sanering van fase 2 zijn de volgende saneringstechnieken geselecteerd:

- ontgraven in combinatie met bronbemaling;
- in situ sanering middels chemische oxidatie van de verontreiniging.

Om de in situ sanering van de werkgebieden beter te kunnen dimensioneren en uit te werken zijn in de periode van oktober 2010 tot en met juli 2011 labexperimenten en een pilot (pompproof en chemische oxidatie) uitgevoerd. Op basis van de resultaten van deze proeven is een definitieve keus gemaakt voor de uitwerking van de saneringsvariant voor fase 2.

Tijdens de sanering van fase 2 worden de volgende saneringstechnieken ingezet:

- ontgraving van de verontreiniging in de bovengrond (tot circa 5 minus maaiveld) in combinatie met bronbemaling;
- in situ sanering middels chemische oxidatie met Fentons reagens van de verontreiniging. Fentons reagens is één van de meest krachtige beschikbare oxidatiemiddelen. Deze techniek dient te zorgen voor een grote vrachtverwijdering aan verontreiniging;
- in situ sanering middels stimulatie biologische afbraak. Deze extensievere techniek wordt toegepast in gebieden met lagere gehalten aan verontreiniging en na de chemische oxidatie als extra polishing stap.

Op basis van de beschikbare gegevens is dit de meest efficiënte combinatie van saneringstechnieken binnen de gegeven randvoorwaarden. Voor de sanering van fase 2 is totaal vier jaar beschikbaar.

De sanering van fase 2 is op hoofdlijnen uitgewerkt middels een voorlopig saneringsontwerp per werkgebied. De aanleg van het saneringssysteem en de sanering zal volgens het principe van cyclisch ontwerpen worden uitgevoerd. Bij cyclisch ontwerpen wordt continu gebruik gemaakt van de reeds bestaande onderzoeksgegevens (= de basis voor het ontwerp) en de gegevens die tijdens het proces naar voren komen. De essentie van cyclisch ontwerpen is het continu checken van de samenhang tussen uitgangspunten, eisen en ontwerp. Hierdoor ontstaat uiteindelijk een afgewogen en gedragen ontwerp. De resultaten uit eerdere fasen worden continu geëvalueerd en aangescherpt.

Doel is om zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van alle beschikbare gegevens en de wijze van saneren hierop af te stemmen. Op deze manier is de garantie op een zo optimaal mogelijke uitvoering van de sanering zo groot mogelijk. Daarnaast is gekozen voor een flexibel saneringssysteem dat geschikt is voor de toepassing van meerdere saneringstechnieken.

In het saneringsplan is een terugvalscenario opgenomen. Binnen dit terugvalscenario zijn twee saneringstechnieken opgenomen die ingezet kunnen worden op het moment dat de gekozen saneringsvariant onverhoopt niet tot het gewenste resultaat leidt.

Om de kwaliteit te garanderen en de voortgang van de sanering te bewaken zijn tijdens de gehele sanering meerdere overleg- en ijkmomenten ingebouwd. Tijdens deze momenten worden de gemeente Woerden en de Provincie Utrecht geïnformeerd over de stand van zaken met betrekking tot de sanering. Per ijkmoment is aangegeven welke gegevens de saneerder dient te rapporteren. Tevens is opgenomen hoe de externe communicatie rondom de sanering zal plaatsvinden om voldoende maatschappelijk draagvlak te creëren.

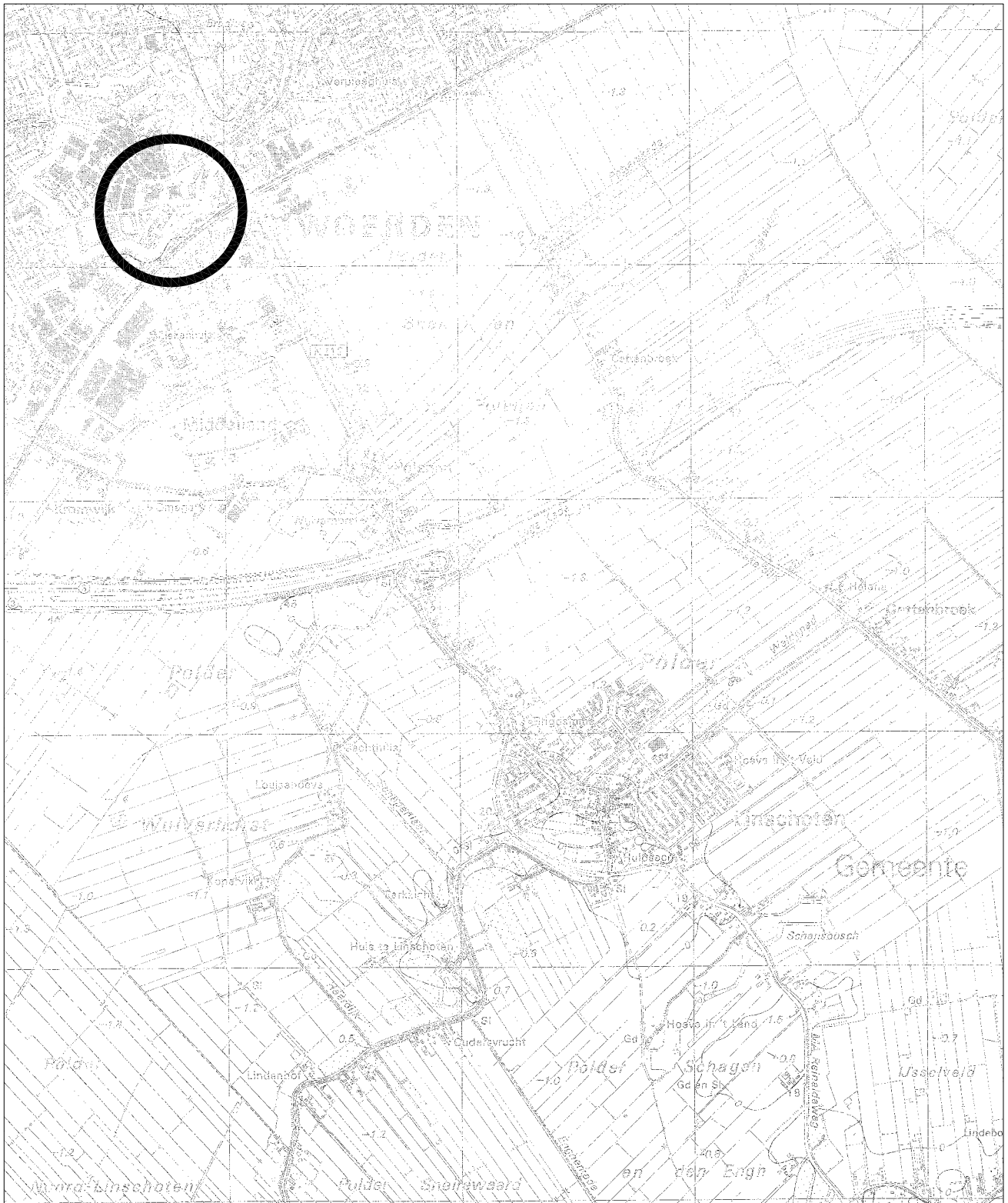
Bronvermeldingen

1. Regeling Bodemkwaliteit, Staatscourant nr. 247, 20 december 2007 en bijbehorende wijzigingen
2. Circulaire bodemsanering 2009, ministerie van VROM, Staatscourant nr. 67, 7 april 2009
3. Besluit bodemkwaliteit, Staatscourant nr. 469, 3 december 2007
4. Inwerkingtredingsbesluit Staatscourant nr. 571, 10 december 2007
5. Staatscourant nr. 122, 27 juni 2008, Staatscourant nr. 196, 9 oktober 2008 en Staatscourant nr. 67, 7 april 2009
6. Convenant milieumaatregelen vml. Defensieoort 'Intendance Woerden', gemeente Woerden, 11 september 2007
7. Programma van eisen. Defensie-oort Woerden, Gemeente Woerden, Milieudienst Noordwest Utrecht. 15 oktober 2007
8. Herontwikkeling Defensie Oort. Ontwikkelingsovereenkomst, Gemeente Woerden, 6 maart 2008
9. Saneringsovereenkomst Defensie-oort Woerden, Pels Rijcken & Drooglever Fortuijn, Versie 7 maart 2008
10. Nota uitvoeringsbeleid bodem 2009, Provincie Utrecht, 10 februari 2009
11. CROW-publicatie 132 - Werken in of met verontreinigde grond en verontreinigd (grond)water; CROW, december 2008
12. Saneringsovereenkomst Defensie-oort Woerden, Pels Rijcken & Drooglever Fortuijn, Versie 29 mei 2010
13. Deelsaneringsplan (fase 1) Defensie-oort Woerden, MWH B.V., kenmerk: m10a0260.r04.docx, 2 september 2010
14. Deelsaneringsplan pilot Fase 2 Defensie-oort Woerden, MWH B.V., kenmerk: m10a0346.r05.docx, 1 oktober 2010
15. Monitoringsplan Defensie-oort Woerden, TTE, projectnummer: C08060, 12 januari 2009
16. Resultaten monitoring Defensie-oort Woerden, TTE, projectnummer: C09056, 26 oktober 2009
17. Voorlopig ontwerp Spoorzone Woerden, TTE, projectnummer: C08060, 23 maart 2009
18. CBRL-K904/02 - Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa Procescertificaat voor tanksaneringen, Kiwa, 1 november 1999
19. CBRL-K902/03 - Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa Procescertificaat voor tanksanering HBO/diesel, Kiwa, 15 maart 1999
20. Evaluatierapport pilot fase 2 Defensie-oort Woerden, MWH B.V., kenmerk: m10a0434.r03.docx, 15 september 2011

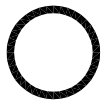
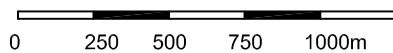
Bijlagen

Bijlage 1:	Overzichtskaart
Bijlage 1.2:	Kadastrale gegevens
Bijlage 2.1:	Situatietekening met ligging gebouwen
Bijlage 3:	Verontreinigingssituatie grond met minerale olie, aromaten en VOCL
Bijlage 4.1:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 0-5 m-mv
Bijlage 4.2:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 5-20 m-mv
Bijlage 4.3:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 20-37 m-mv
Bijlage 4.4:	Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 37-55 m-mv
Bijlage 5:	Werkgebieden sanering fase 2
Bijlage 6:	Overzicht te slopen gebouwen
Bijlage 7.1:	Situatietekening pilot werkgebied I
Bijlage 7.2:	Situatietekening pilot werkgebied U
Bijlage 8:	Locaties ontgravingen fase 2
Bijlage 9:	Bemalingsadvies
Bijlage 10:	Flowschema waterzuivering
Bijlage 11:	Effecten onttrekkingen op aanwezige verontreinigingen
Bijlage 12:	Monitoringsfilters verspreiding tijdens in situ sanering

Bijlage 1: Overzichtskaart




Onderzoekslocatie



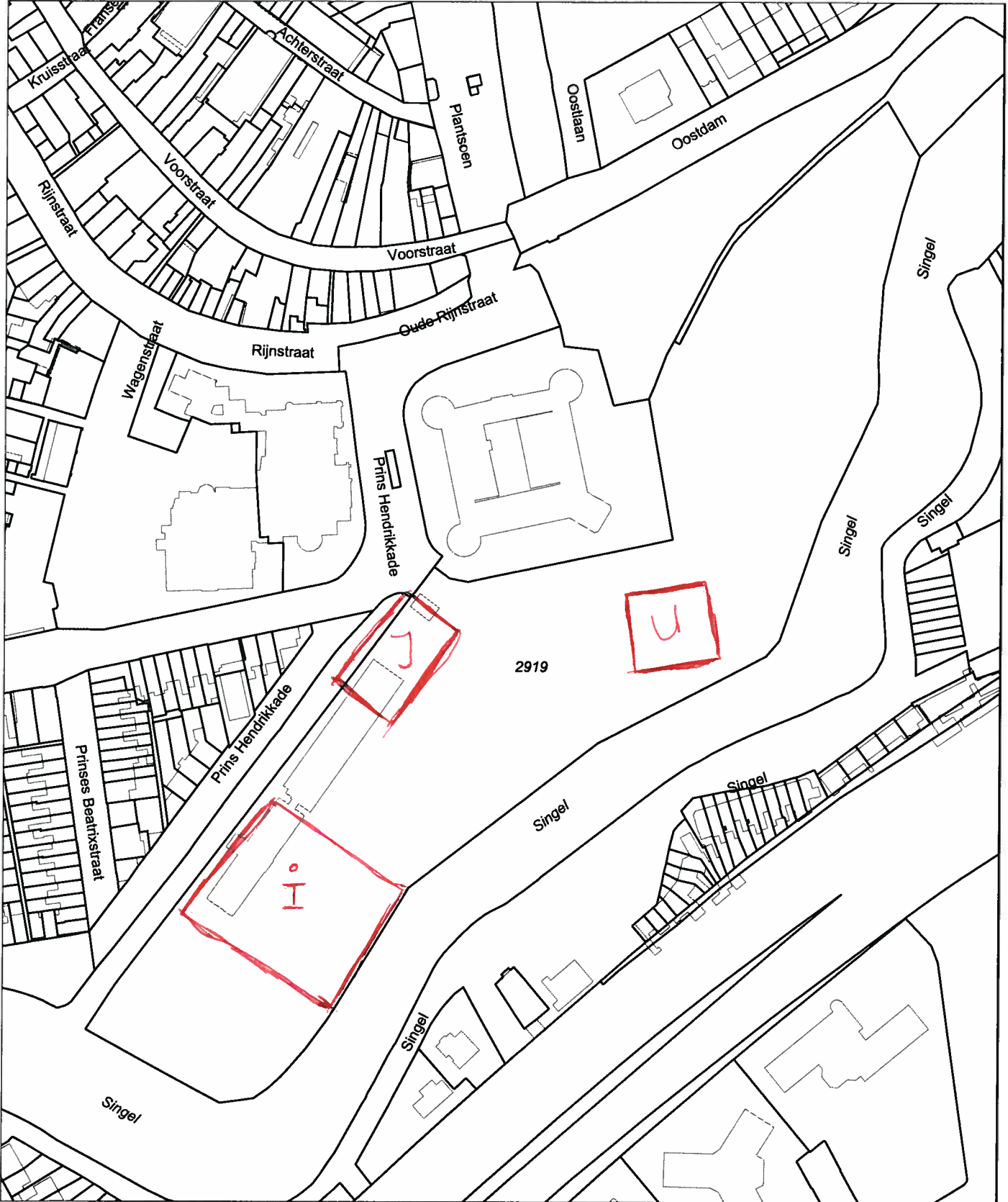
COORDINATEN:


X= 120820
Y= 455256

KAARTBLAD: 31B/G

M10A434-00 PS1	BIJLAGE OVERZICHTSKAART		BIJLAGENR. 1
	PROJECT SANERINGSPLAN FASE 2 DEFENSIE-EILAND, WOERDEN		 MWH BUILDING A BETTER WORLD
OPDRACHTGEVER SITA REMEDIATION		DATUM 20-7-2011	
		SCHAAL 1:25000	PROJECTNR. M10A0434

Bijlage 1.2: Kadastrale gegevens



Deze kaart is noordgericht		Schaal 1:2000		
12345	Perceelnummer	Kadastrale gemeente		WOERDEN
25	Huisnummer	Sectie		C
—	Kadastrale grens	Perceel	2919	
—	Voorlopige grens			
—	Bebouwing			
—	Overige topografie			

*□ = globale ligging
werkgebieden
sanering fase 2*

Voor een eensluidend uittreksel, Apeldoorn, 15 september 2011
De bewaarder van het kadaster en de openbare registers

Aan dit uittreksel kunnen geen betrouwbare maten worden ontleend.
De Dienst voor het kadaster en de openbare registers behoudt zich de intellectuele eigendomsrechten voor, waaronder het auteursrecht en het databankenrecht.

Dienst voor het kadaster en de openbare registers in Nederland
Gegevens over de rechtstoestand van kadastrale objecten, met uitzondering van de gegevens inzake
hypotheken en beslagen

Betreft: WOERDEN C 2919 15-9-2011
Wilhelminaweg 46 3441 XC WOERDEN 11:57:51
Uw referentie: M10A0434
Toestandsdatum: 14-9-2011

Kadastraal object

Kadastrale aanduiding: WOERDEN C 2919
Grootte: 3 ha 13 a 45 ca
Coördinaten: 120796-455243
Omschrijving kadastraal object: DEFENSIE DEFENSIE
Locatie: Wilhelminaweg 46
3441 XC WOERDEN
Koopsom: € 9.250.000 Jaar: 2005
Ontstaan op: 22-9-1989
Ontstaan uit: WOERDEN C 2919

Publiekrechtelijke beperkingen

KENNISGEVING, VORDERING, BEVEL OF BESCHIKKING, WET BODEMBESCHERMING
Betrokken bestuursorgaan: Provincie Utrecht
Ontleend aan: HYP4 54814/21 d.d. 5-6-2008

BESLUIT OP BASIS VAN MONUMENTENWET 1988
Betrokken bestuursorgaan: De Staat (Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen)
Ontleend aan: ACG 5271 d.d. 27-8-1993

Beschermd monument, Gemeentewet
Ontleend aan: 119 datum in werking 17-1-2006
(Gegevens conform de gemeentelijke beperkingenregistratie)
Betrokken bestuursorgaan, de gemeente: Woerden

Kadaster

Betreft: WOERDEN C 2919 15-9-2011
Wilhelminaweg 46 3441 XC WOERDEN 11:57:51
Uw referentie: M10A0434
Toestandsdatum: 14-9-2011

Gerechtigde**EIGENDOM**Gemeente Woerden

Blekerijlaan 14

3447 GR WOERDEN

Postadres:

Postbus: 45

3440 AA WOERDEN

Zetel:

WOERDEN

(Gerechtigde is betrokken als gerechtigde bij andere objecten)

Recht ontleend aan:

HYP4 UTRECHT 13397/182

d.d. 14-12-2005

Eerst genoemde object in
brondocument:

WOERDEN C 2919

Nog niet (volledig) verwerkte brondocumenten:HYP4 UTRECHT 7692/11 d.d. 16-9-1993

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

HYP4 UTRECHT 10458/9 d.d. 21-10-1998

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

LBD 5730 d.d. 1-6-1999

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

LBD 5731 d.d. 3-6-1999

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

HYP4 UTRECHT 7772/17 d.d. 19-11-1993

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

HYP4 UTRECHT 7982/39 d.d. 27-4-1994

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

HYP4 UTRECHT 8503/53 d.d. 26-5-1995

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

HYP4 UTRECHT 9037/6 d.d. 28-5-1996

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

HYP4 UTRECHT 10021/47 d.d. 22-1-1998

AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

HYP4 UTRECHT 10255/16 d.d. 11-6-1998

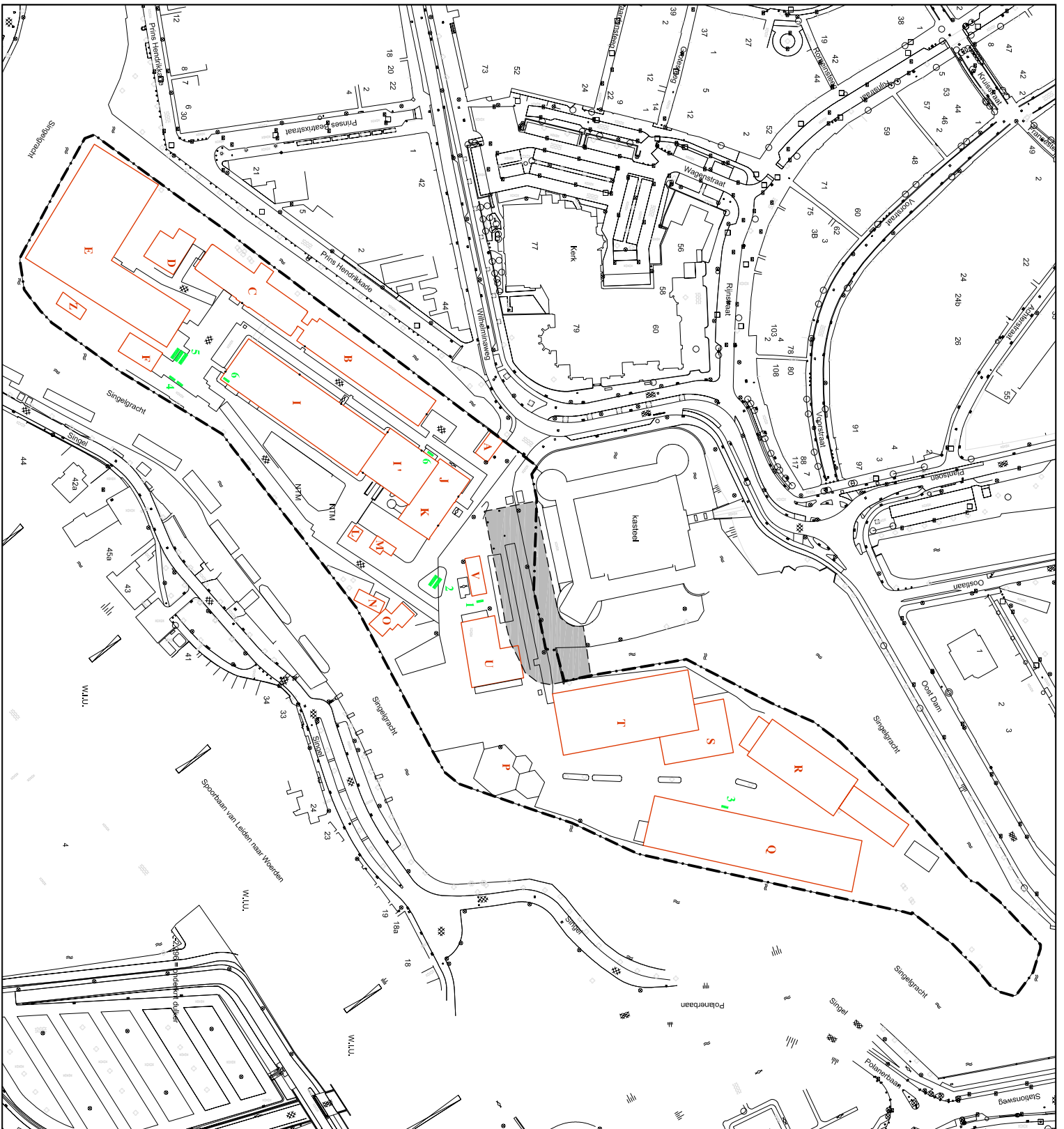
AKTE VAN ALGEMENE VOORWAARDEN

(Er zijn meer niet (volledig) verwerkte brondocumenten)




Einde overzicht

De Dienst voor het kadaster en de openbare registers behoudt ten aanzien van de kadastrale gegevens zich het recht voor als bedoeld in artikel 2 lid 1 juncto artikel 6 lid 3 van de Databankenwet.

Bijlage 2.1: Situatiekening met ligging gebouwen



VERKLARING:

-  Tankcistie met nummer
-  Gebouw met nummer
-  Ligging gedempte gracht


LOCATIEGRENZ



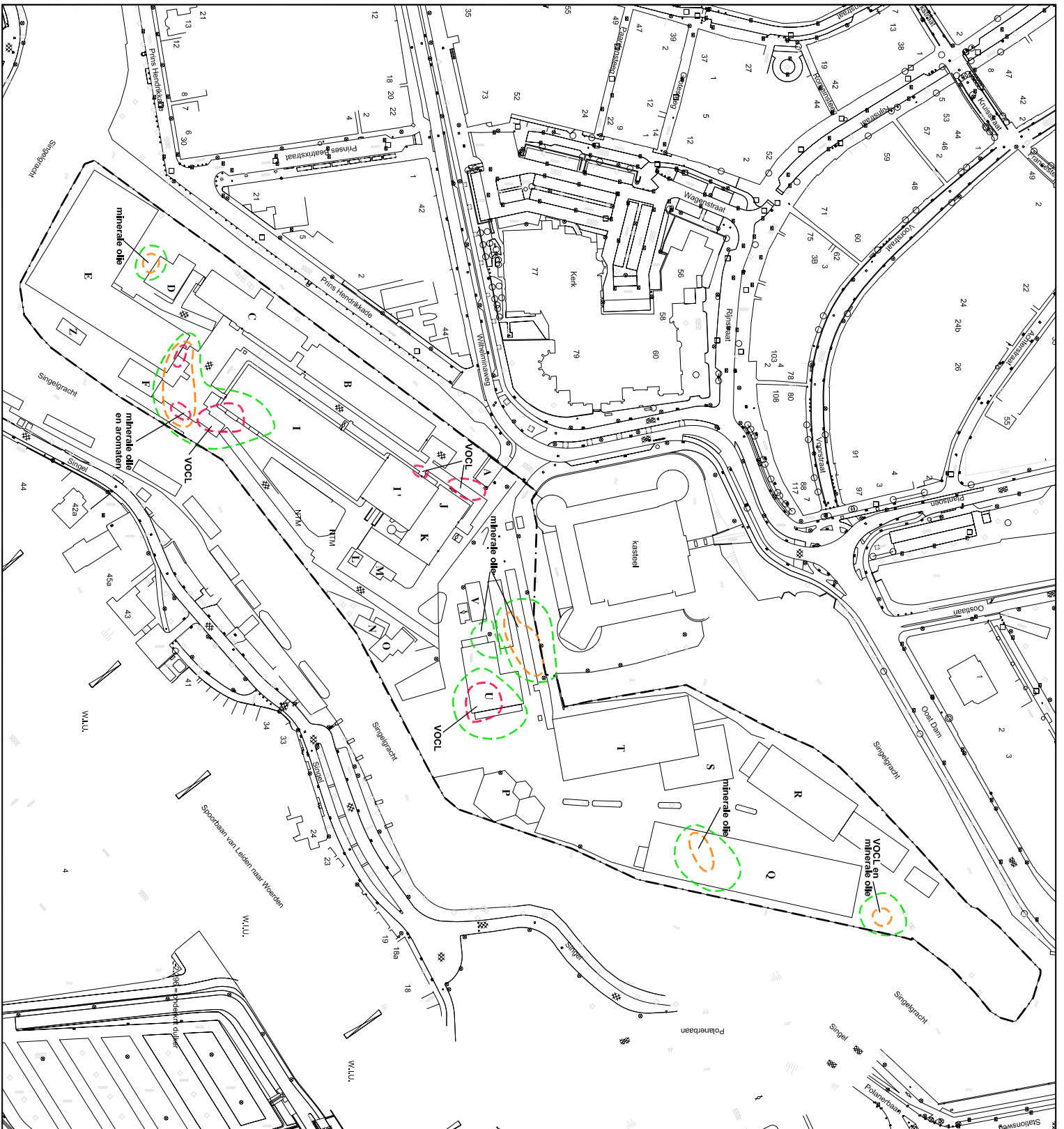
BILLAGE
SITUATIE TEKENING
MET LIGGING GEBOUWEN

PROJECT
SANERINGSPPLAN FASE 2
DEFENSIE-EILAND, WOERDEN




OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL	1:1500	BILLAGENR.	2.1
DATUM	20-7-2011	 BUILDING A BETTER WORLD	
PROJECTNR.	M10A0434		
FILENR.	M10A434-2.1 PS1 (A3)		

**Bijlage 3: Verontreinigingssituatie grond met minerale olie, aromaten en
VOCL**



VERKLARING:

-  S-Contour grond
-  T-Contour grond
-  L-Contour grond

Locatiegrens 



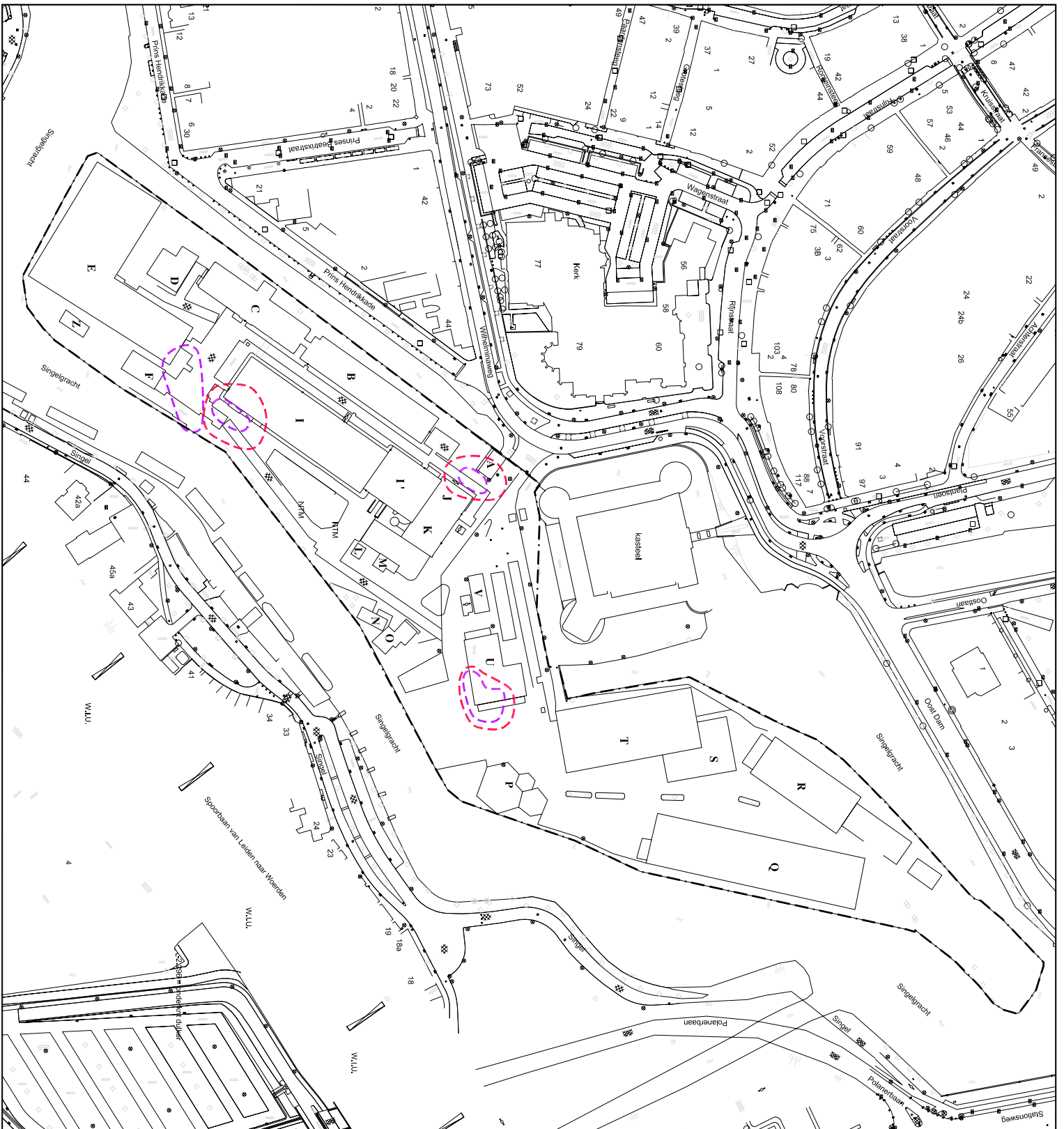
BILLAGE	VERONTREINIGINGSSITUATIE GROND MINERALE Olie, AROMATEN EN VOCL	
PROJECT	SANERINGSPLAN FASE 2 DEFENSIE-EILAND, WOERDEN	
OPDRACHTGEVER	SITA REMEDIATION	
SCHAAL	1:1500	BILLAGENR. 3
DATE	12-8-2011	
PROJECTNR.	M10A0434	
FILENR.	M10A434-3.0 PS1 (A3)	





**BUILDING
A BETTER WORLD**

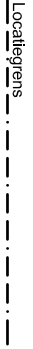


Bijlage 4.1: Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 0-5 m-mv



VERKLARING:

-  I-Contour grondwater
-  10 x I-Contour grondwater

Locatiegrens 



BILLAGE
**VERONTREINIGINGSSITUATIE GRONDWATER
 MET VOCL EN BENZEEN (0 tot 5m-mv)**

PROJECT
**SANERINGSPLAN FASE 2
 DEFENSIE-EILAND, WOERDEN**

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:1500

BILLAGENR.
4.1

DATUM
20-7-2011

PROJECTNR.
M10A0434

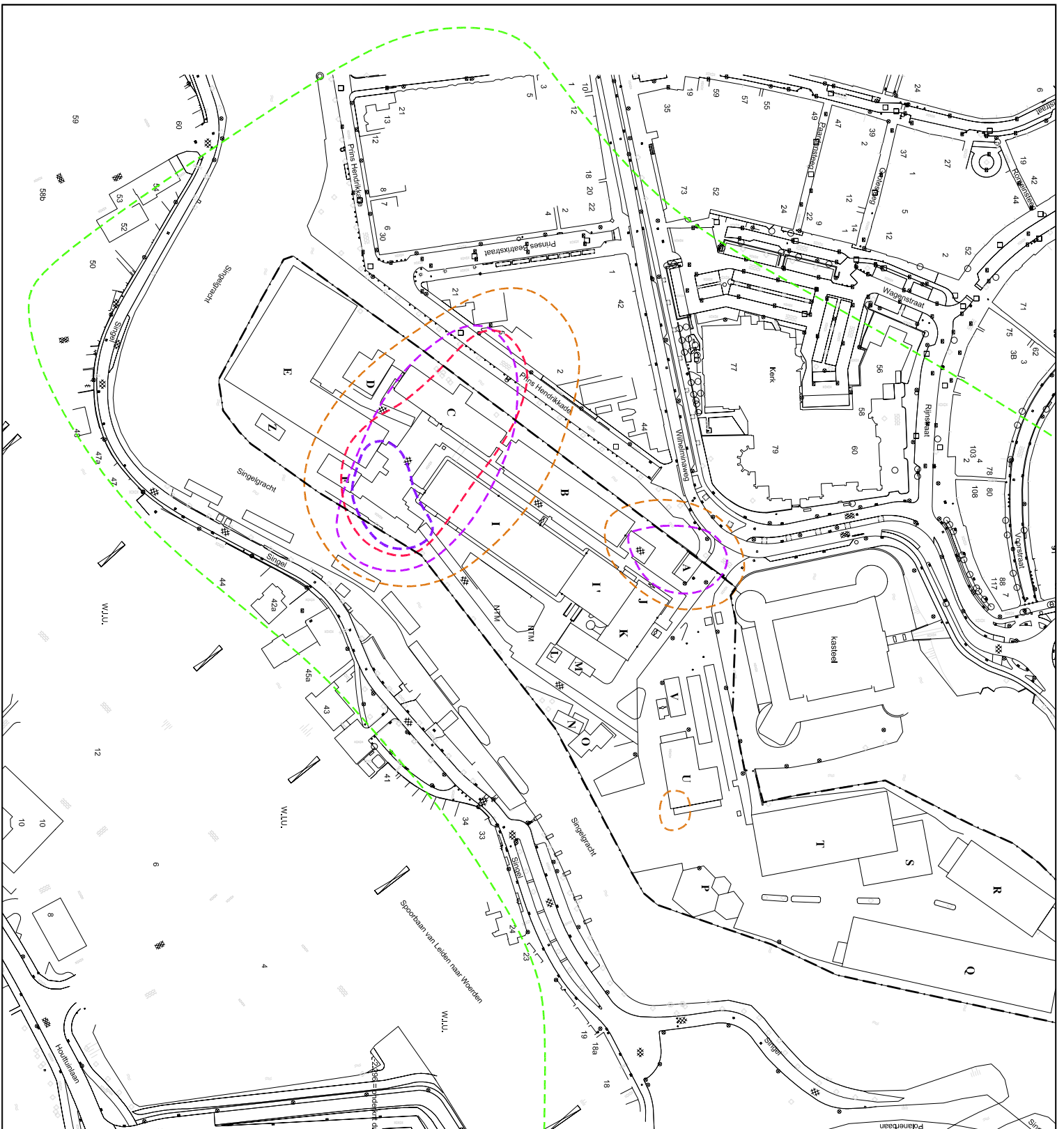
FIJLNR.
M10A434-4.1 PS1 (A3)








**BUILDING
 A BETTER WORLD**



**Bijlage 4.2: Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 5-20
m-mv**



VERKLARING:

-  S-Contour grondwater
-  I-Contour grondwater VOCL
-  I-Contour grondwater benzene
-  10 x I-Contour grondwater VOCL
-  10 x I-Contour grondwater benzene

Localiteitsgrens



BILLAGE
**VERONTREINIGINGSSITUATIE GRONDWATER
 MET VOCL EN BENZENEN (5 tot 20 m-nv)**

PROJECT
**SANERINGSPLAN FASE 2
 DEFENSIE-EILAND, WOERDEN**

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:1500

DATUM
20-7-2011

PROJECTNR.
M10A0434

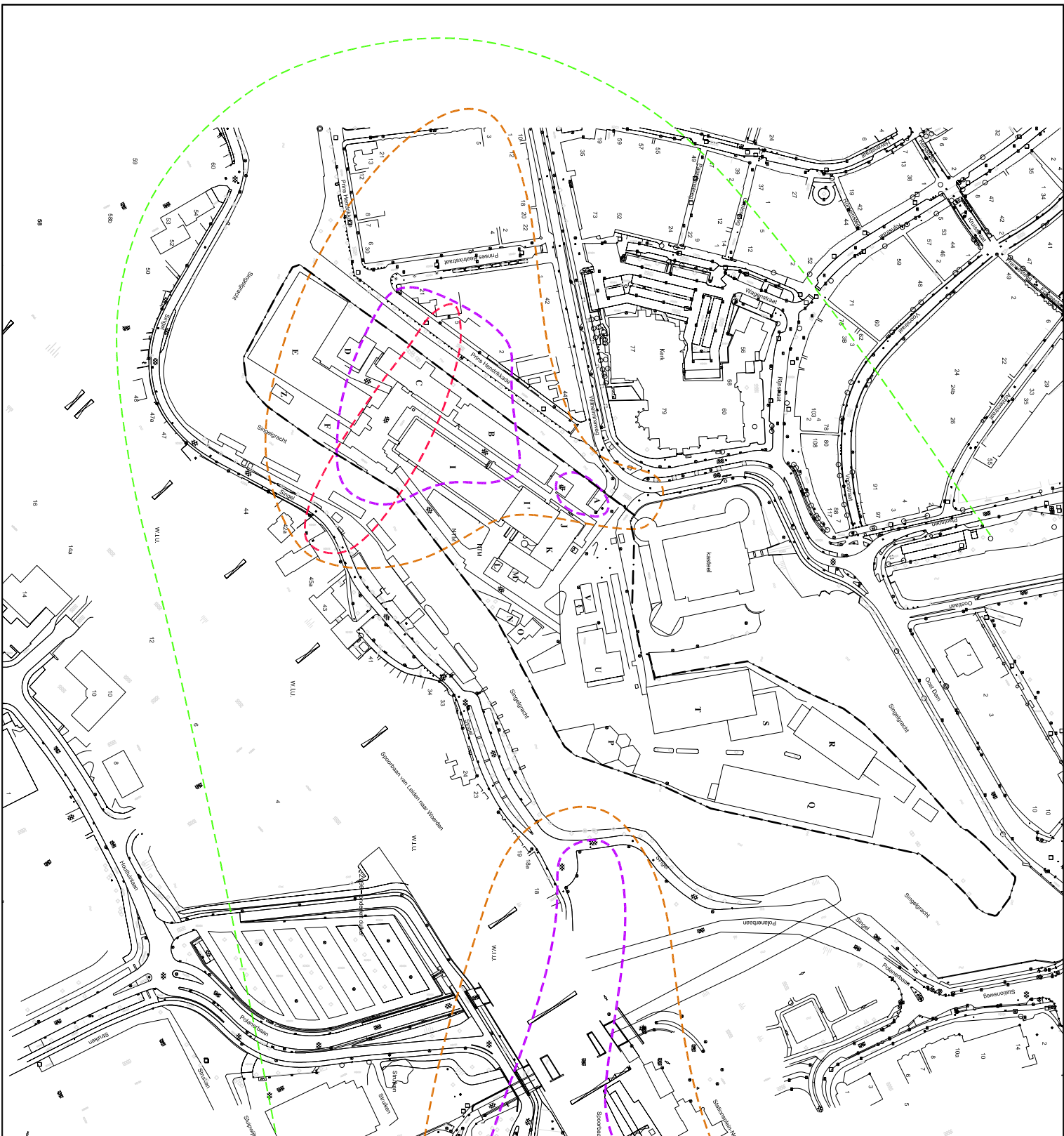
FIJLNR.
M10A434-4.2 PS1 (A3)



4.2

**BUILDING
 A BETTER WORLD**

**Bijlage 4.3: Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 20-37
m-mv**



VERKLARING:

- S-Contour grondwater
- I-Contour grondwater VOCL
- I-Contour grondwater benzene
- 10 x I-Contour grondwater

Locatiegrans



BILLAGE
**VERONTREINIGINGSITUATIE GRONDWATER
 MET VOCL EN BENZEEN (20 tot 37 m-mv)**

PROJECT
**SANERINGSPLAN FASE 2
 DEFENSIE-EILAND, WOERDEN**

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:2000

BILLAGENR.
4.3

DATUM
20-7-2011

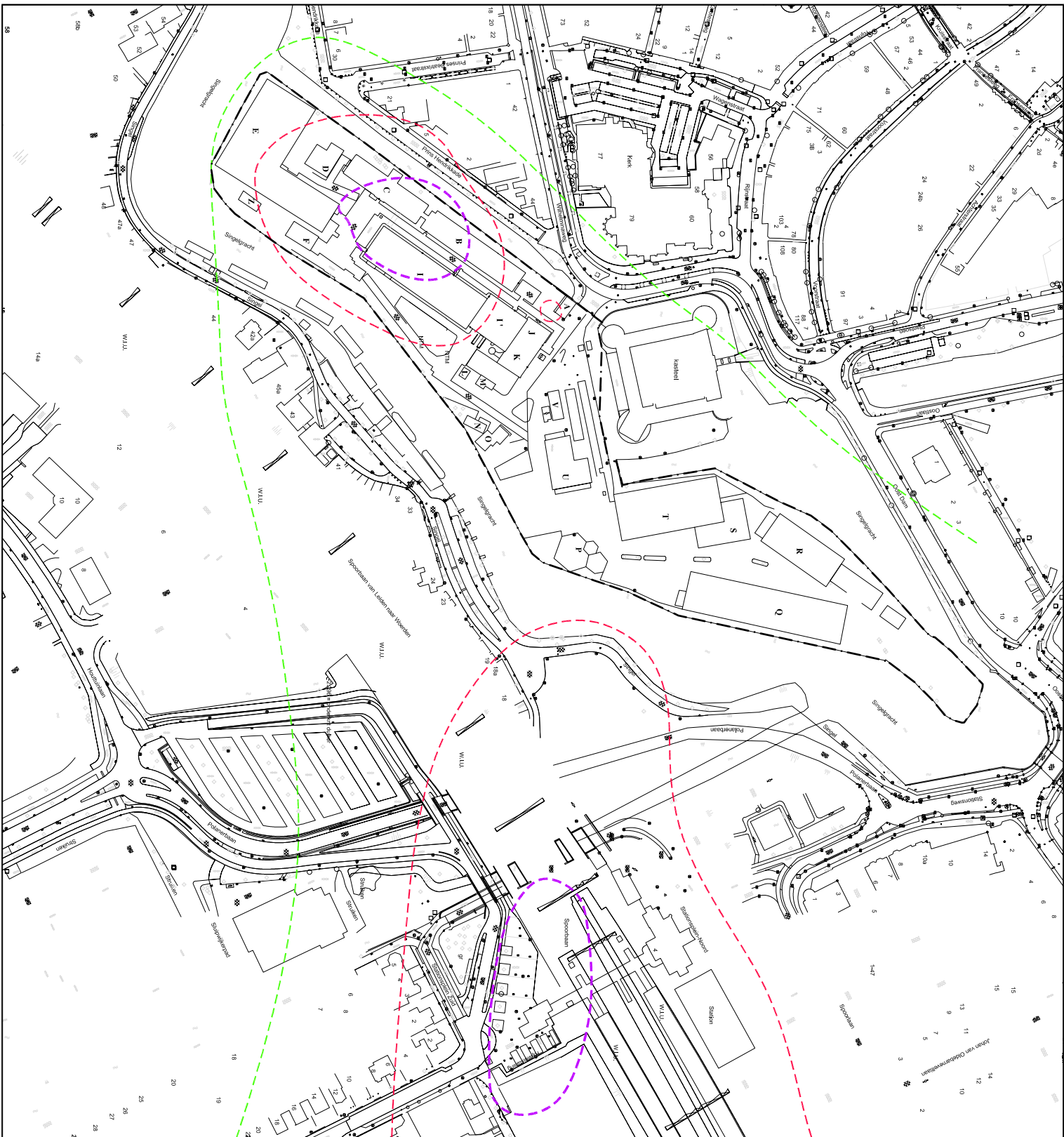
PROJECTNR.
M10A0434

TIJLNR.
M10A434.4.3 PS1 (A3)






**BUILDING
 A BETTER WORLD**

**Bijlage 4.4: Verontreinigingssituatie grondwater met VOCL en benzeen: 37-55
m-mv**



VERKLARING:

-  S-Contour grondwater
-  I-Contour grondwater
-  10 x I-Contour grondwater

Locatiegrens



BILLAGE
**VERONTREINIGINGSSTATIE GRONDWATER
 MET VOCL EN BENZEEN (37 tot 55 m-mv)**

PROJECT
**SANERINGSPLAN FASE 2
 DEFENSIE-EILAND, WOERDEN**

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:2000

BILLAGENR.
4.4

DATUM
20-7-2011

PROJECTNR.
M10A0434

FIJLNR.
M10A434-4 PS1 (A3)



Bijlage 5: Werkgebieden sanering fase 2



VERKLARING:

Contour pur product (interpretatie Gronmij)

10 x I-Contour grondwater-VOCL

Globale locatie uitvoering pompvoet en pilot chemische oxidatie

Locatiegrens



BILLAGE
WERKGEBIEDEN SANERING FASE 2

PROJECT
EVALUATIERAPPORT PILOT
DEFENSIE-EILAND, WOERDEN

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:1000
BILLAGENR.
5

DATUM
12-8-2011

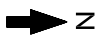
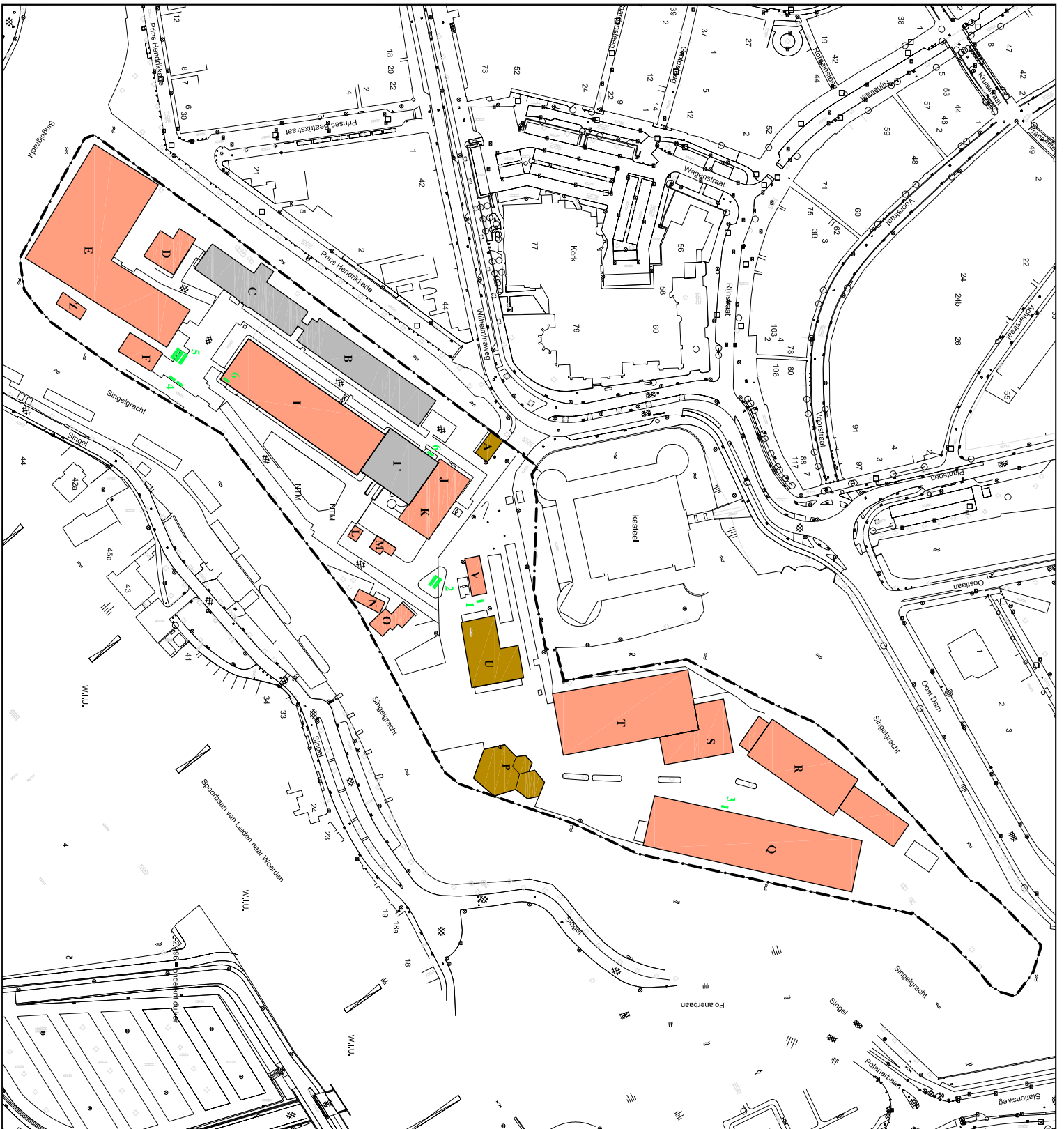
PROJECTNR.
M10A0434

FILTERNR.
M10A434-5.0 PS1 (A3)



**BUILDING
A BETTER WORLD**

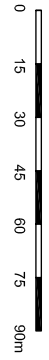
Bijlage 6: Overzicht te slopen gebouwen



VERKLARING:

- 3 Tankcisties met nummer
- Bebouwing te handhaven
- Bebouwing reeds gesloopt
- Bebouwing slopen tijdens herontwikkeling

LOCATIEGRENZ



BILLAGE
OVERZICHT TE SLOPEN GEBOUWEN

PROJECT
SANERINGSPPLAN FASE 2
DEFENSIE-EILAND, WOERDEN

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:1500
BILLAGENR.
6

DATUM
12-8-2011

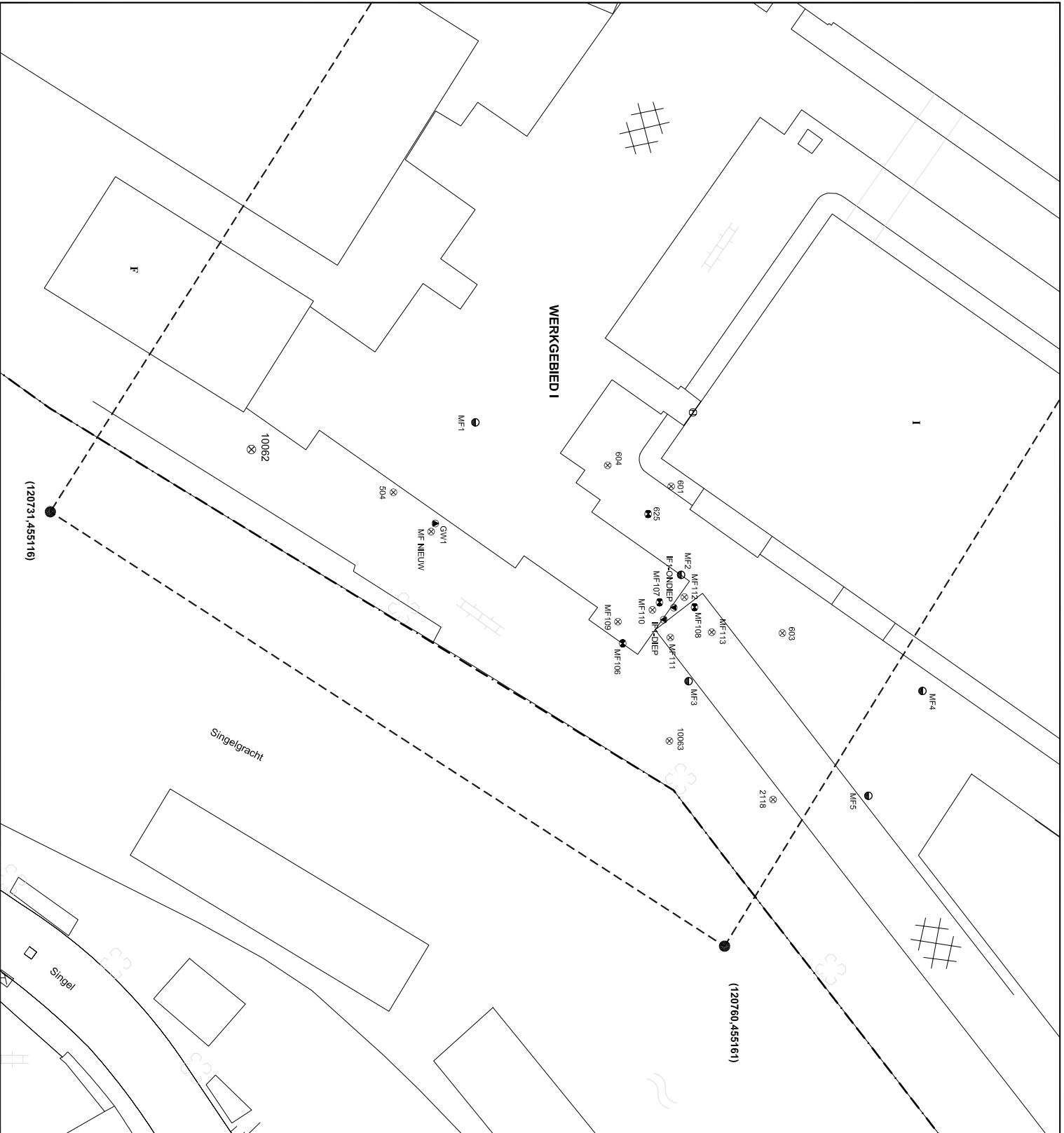
PROJECTNR.
M10A0434

FILENR.
M10A434-6.0 PS1 (A3)



**BUILDING
A BETTER WORLD**

Bijlage 7.1: Situatietekening pilot werkgebied I



VERKLARING:

- ⊗ Palluis met ondiep filter
- ⊕ Palluis met middeldiep filter
- ⊖ Palluis met ondiep + middeldiep filter
- ⦿ Injectiefiler
- ⦿ Grondwateronttrekkingsfiter

Grens werkgebied I

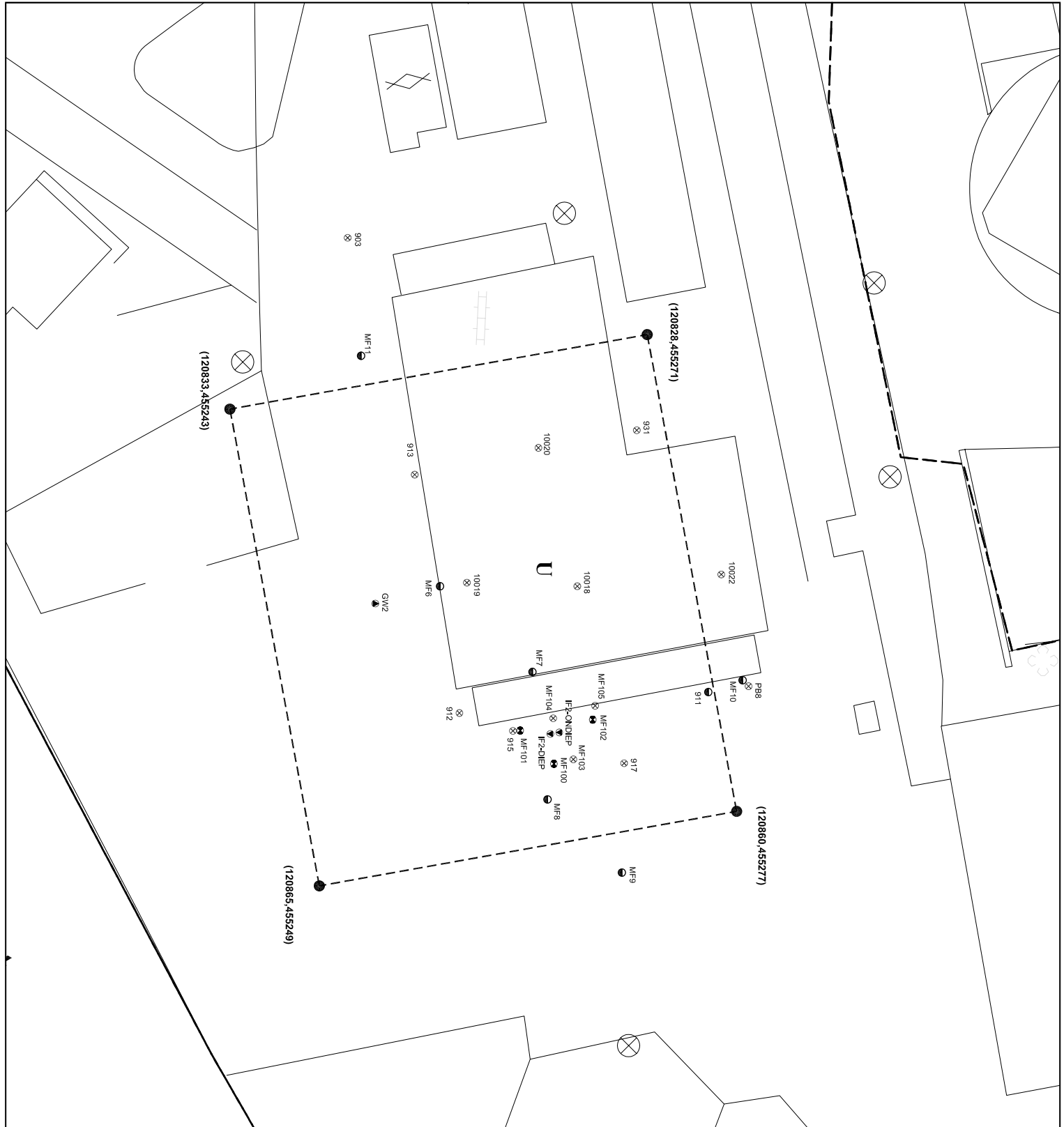
Locatiegrens



BILLAGE	SITUATIE-TEKENING PILOT	BILLAGENR.	7.1
PROJECT	SANERINGSPLAN FASE 2 DEFENSIE-EILAND, WOERDEN		
OPDRACHTGEVER	SITA REMEDIATION		
SCHAAL	1:250		
DATUM	12-8-2011		
PROJECTNR.	M10A0434		
FILTERNR.	M10A434-7.1 PS1 (A3)		



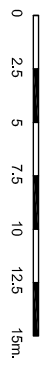
Bijlage 7.2: Situatietekening pilot werkgebied U



VERKLARING:

- ⊗ Pailbuis met ondiep filter
- ⊕ Pailbuis met middeldiep filter
- ⊖ Pailbuis met ondiep + middeldiep filter
- ⦿ Injectiefilter
- ⦿ Grondwateronttrekkingsfilter

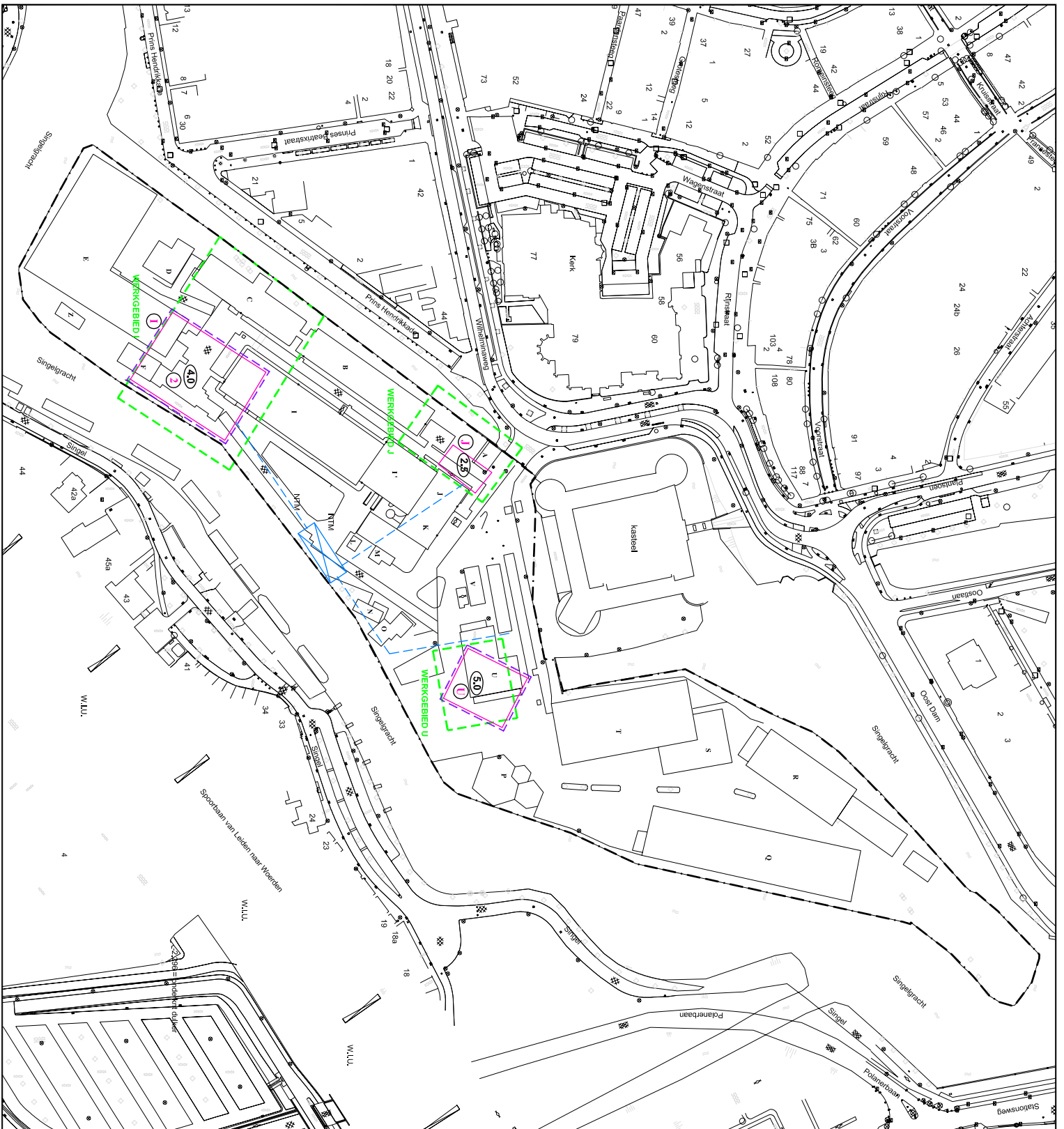
Locatiegrens



BILLAGE	WERKGEBIED 1
PROJECT	PILOT DEFENSIE-EILAND, WOERDEN
OPDRACHTGEVER	SITA REMEDIATION
SCHAAL	1:250
BILLAGENR.	7.2
DATUM	19-4-2011
PROJECTNR.	M10A0434
FIJLNR.	M10A434-7.0 PS1 (A3)

**BUILDING
A BETTER WORLD**

Bijlage 8: Locaties ontgravingen fase 2



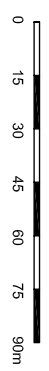
VERKLARING:

- Ongraving werkgebied I
- Ongraving werkgebied J
- Ongraving werkgebied U
- Ongravingssdiepte (m-niv)

- Indicatieve ongravinggrens
- Damwand grondsanering
- Waterzuivering

leidingwerk pomp & treat

Locatiegrens



BILLAGE
LOCATIES ONTGRAVINGEN FASE 2

PROJECT
SANERINGSPLAN FASE 2
DEFENSIE-EILAND, WOERDEN

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:1500

BILLAGENR.
8

DATUM
12-8-2011

PROJECTNR.
M10A0434

FIJLNR.
M10A434-8.0 PS1 (A3)



**BUILDING
A BETTER WORLD**



Bijlage 9: Bemalingsadvies



Aan	Sita Remediation B.V.	Behandeld door	Harmen van den Berg
T.a.v.	Dhr. J. Vermeulen	E	Harmen.vandenBerg@MWHglobal.com
Van	Dhr. H.W. van den Berg	T	+31(0)20-7514536
Betreft	Bemalingsadvies deelsanering Defensie-eiland te Woerden		
Datum	20 juli 2011		
Projectnummer	M10A0434		
Kopie naar	Dhr. B. Weller en Dhr. K. Ooteman		
Documentnaam	M10A0434.e02.Bemalingsadvies.DefensieEiland.Woerden		

1 Inleiding

Ten behoeve van de uitvoer van een gefaseerd deelsaneringsplan voor de locatie Defensie-eiland te Woerden heeft Sita Remediation B.V. aan MWH B.V. gevraagd een bemalingsadvies op te stellen. Dit bemalingsadvies heeft betrekking op fase 1 van de sanering, waarbij de brongebieden van zowel immobiele (zware metalen en PAK) als mobiele verontreinigingen (minerale olie, vluchtige aromaten en gechloroerde koolwaterstoffen) zullen worden ontgraven.

De gemeente Woerden is voornemens om de locatie te laten herontwikkelen tot een hoogwaardig deel van de binnenstad van Woerden met een hoofdaccent op wonen. De herontwikkeling van de locatie is aanleiding om de locatie te saneren om deze geschikt te maken voor het toekomstige gebruik.

Het Defensie-eiland te Woerden (figuur 1) bevindt zich globaal ter plaatse van Rijksdriehoek coördinaten $X = 120.820$ m en $Y = 455.256$ m, met een maaiveldhoogte (MV) van NAP +0,3 tot +0,9 m.

Voor deze deelsanering zullen in totaal vijf brongebieden met verontreiniging met minerale olie en drie werkgebieden met bronzones met VOCl worden ontgraven (figuur 2). Twee van deze brongebieden zullen gecombineerd worden ontgraven, waardoor er sprake is van in totaal zeven ontgravingen met de volgende configuratie:

Brongebied oliespot 1

- Nabij gebouw D, MV = NAP +0,6 m;
- Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 50 m²;
- Afmeting brongebied (putbodem): circa 7,0 bij 7,0 m;
- Ontgravingsdiepte: 1,0 m (0,4 m-NAP);
- De bouwput zal worden gerealiseerd zonder talud → afmetingen bouwput aan maaiveld: circa 7,0 m bij 7,0 m;
- Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -0,9 m);
- Bemalingsduur: circa 7 dagen.

Brongebied oliespot 2 / Werkgebied gebouw I

- Nabij gebouw I, MV = NAP +0,5 m;
- Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 1.450 m²;

- Afmeting brongebied (putbodem): circa 30,0 bij 45,0 m;
- Ontgravingsdiepte: 4,0 m (NAP -3,5 m);
- Ontgraving binnen damwand, met een ontlastsleuf van 1,5 m-mv met minimale breedte van 2,0 m;
- Diepte damwand: 12 á 15 m-mv;
- Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -4,0 m);
- Bemalingsduur: circa 35 dagen.

Brongebied oliespot 3

- Nabij gebouw Q-zuid, MV = NAP +0,8 m;
- Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 300 m²;
- Afmeting brongebied (putbodem): circa 15,0 bij 20,0 m;
- Ontgravingsdiepte: 3,0 m (NAP -2,2 m);
- Talud 1:1 → afmetingen bouwput aan maaiveld: circa 21,0 m bij 26,0 m;
- Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -2,7 m);
- Bemalingsduur: circa 14 dagen.

Brongebied oliespot 4

- Nabij gebouw Q-noord, MV = NAP +0,8 m;
- Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 250 m²;
- Afmeting brongebied (putbodem): circa 15,0 bij 17,0 m;
- Ontgravingsdiepte: 4,0 m (NAP -3,2 m);
- Ontgraving binnen damwand, met een ontlastsleuf van 0,8 m-mv met minimale breedte van 1,5 m;
- Diepte damwand: 12 á 15 m-mv;
- Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -3,7 m);
- Bemalingsduur: circa 21 dagen.

Brongebied oliespot 5

- Nabij gebouw V1, MV = NAP +0,8 m;
- Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 400 m²;
- Afmeting brongebied (putbodem): circa 20,0 bij 20,0 m;
- Ontgravingsdiepte: 3,0 m (NAP -2,2 m);
- Talud 1:1 → afmetingen bouwput aan maaiveld: circa 26,0 m bij 26,0 m;
- Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -2,7 m);
- Bemalingsduur: circa 14 dagen.

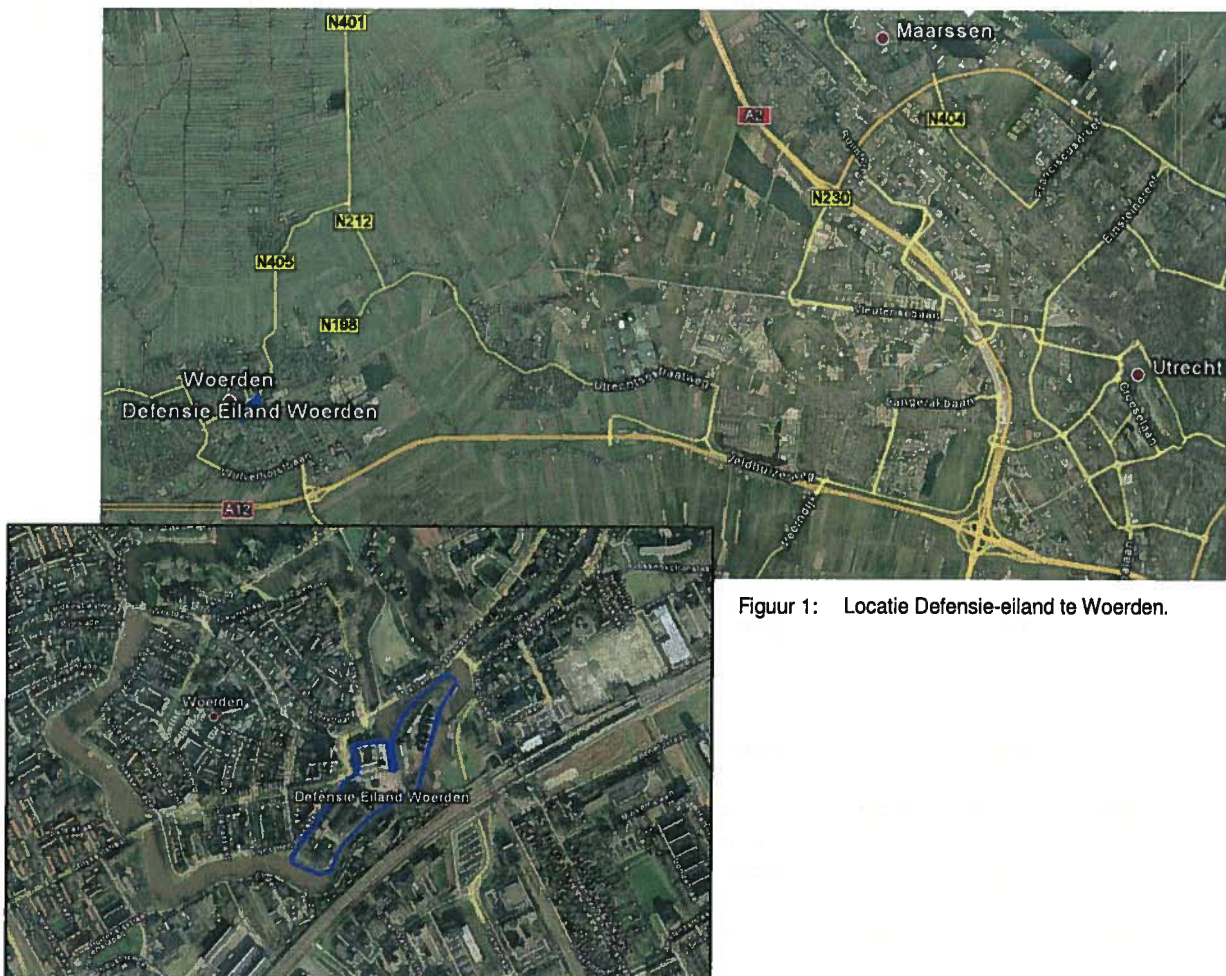
Werkgebied gebouw U

- Nabij gebouw U, MV = NAP +0,8 m;
- Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 600 m²;
- Afmeting brongebied (putbodem): circa 23,0 bij 27,0 m;
- Ontgravingsdiepte: 5,0 m (NAP -4,2 m);

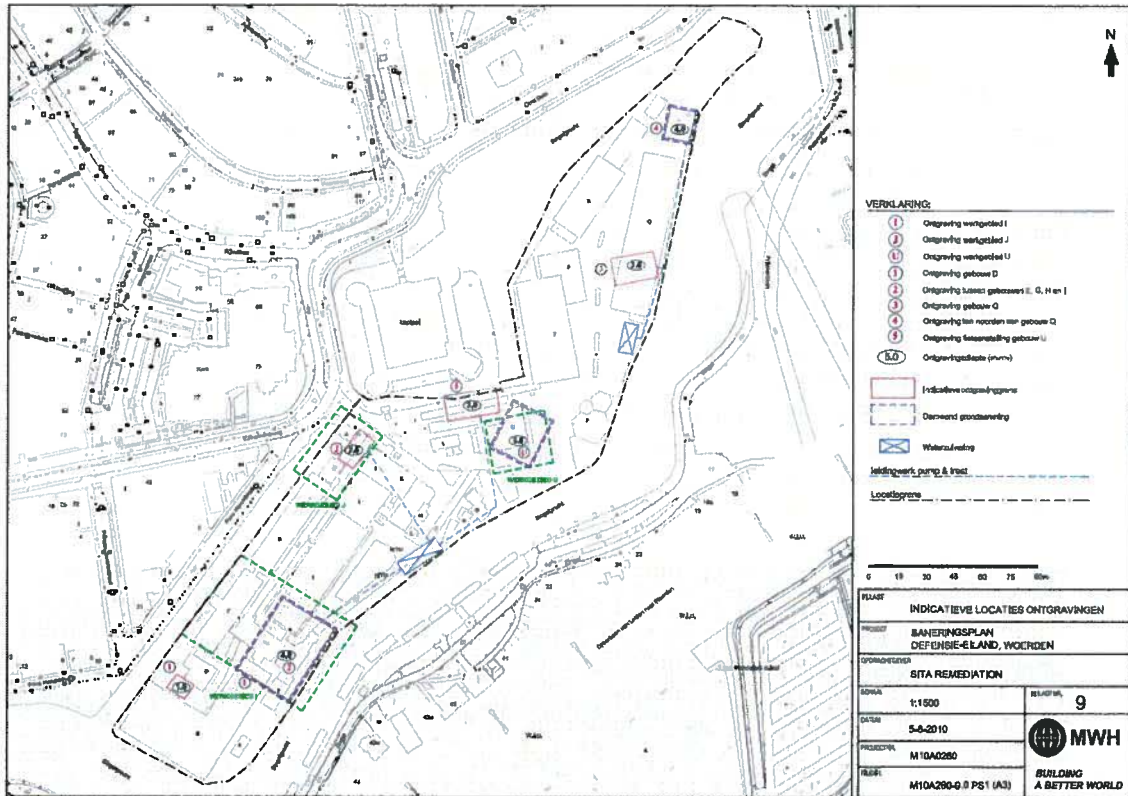
- Ontgraving binnen damwand, met een ontlastsleuf van 1,5 m-mv met minimale breedte van 2,0 m;
- Diepte damwand: 12 á 15 m-mv;
- Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -4,7 m);
- Bemalingsduur: circa 35 dagen.

Werkgebied gebouw J

- Nabij gebouw J en A, MV = NAP +0,8 m;
- Oppervlakte boven terugsaneerwaarde: 200 m²;
- Afmeting brongebied (putbodem): circa 10,0 bij 20,0 m;
- Ontgravingsdiepte: 2,7 m (NAP -1,9 m);
- Talud 1:1 → afmetingen bouwput aan maaiveld: circa 15,0 m bij 25,0 m;
- Ontwatering vindt plaats tot 0,5 m-putbodem (NAP -2,4 m);
- Bemalingsduur: circa 7 dagen.



Figuur 1: Locatie Defensie-eiland te Woerden.



Figuur 2: Indicatieve locaties ontgravingen, saneringsplan Defensie-eiland Woerden.

2 Locatiebeschrijving en beschikbare onderzoeksgegevens

2.1 Locatiebeschrijving

Het Defensie-eiland is gelegen in het zuidoosten van de binnenstad van Woerden (figuur 1). Het schiereiland heeft een oppervlakte van ruim 33.000 m², en ligt ontsloten aan de Wilheminaweg ten westen van het eiland. Ten zuiden, oosten en noorden van het eiland ligt een stadsgracht, de Singelgracht, met een waterpeil van circa NAP -0,5 m en een diepte van circa 2,0 meter (tot circa NAP -2,5 m). Het eiland is voor een groot deel beschoeid door middel van houten en betonnen kades. De maaiveldhoogte op het defensie-eiland varieert globaal tussen NAP +0,3 m en NAP +0,9 m. Meer details over de locatie zijn te vinden in eerdere rapportages.

2.2 Beschikbare onderzoeksgegevens

Voor de uitgangspunten van dit bemalingsadvies zijn de beschikbare onderzoeksgegevens uit voorgaande rapportages gebruikt. Voor de beschrijving van de lokale bodemopbouw is gebruik gemaakt van de uitgevoerde sonderingen van Fugro Ingenieursbureau B.V. (Oriënterend Bouwputadvies Defensie-eiland te Woerden, referentienummer 1309-0062-000.r01; vanaf nu [Fugro, 2009] genoemd). Daarnaast zijn de gegevens van de geohydrologische inventarisatie uit het actualiserend saneringsonderzoek defensie-eiland Woerden (Grontmij, 2007, referentienummer 13/99075765/Voo; vanaf nu [Grontmij, 2007] genoemd) gebruikt.

Een uitgebreid overzicht van alle uitgevoerde bodemonderzoeken op de locatie staat weergegeven in tabel 2 van de projectbeschrijving.

3 Bodemopbouw en geohydrologie

3.1 Lokale bodemopbouw

Op basis van eerder uitgevoerd en geactualiseerd grondonderzoek (Grontmij, 2007) de uitgevoerde en geïnterpreteerde sonderingen (Fugro, 2009), kan de lokale bodemopbouw als volgt worden geschematiseerd:

Tabel 1: Schematisatie van de lokale bodemopbouw

Diepte [NAP m]	Bodembeschrijving	Geohydrologische eenheid	Parameters
0,9 à 0,3		Maaiveld	
0,9 à 0,3 tot -1,2 à -3,2	Klei en leem met plaatselijk veen; lokaal zandige toplaag aanwezig	Deklaag	c = 350 dagen
-1,2 à -3,2 tot ca. -6	Fijn zand, siltig	Deklaag	kD = 10 – 20 m ² /dag
ca. -6 tot ca. -50	Matig tot uiterst grof zand, grindhoudend, met plaatselijk kleilagen ^a (discontinu aanwezig)	Eerste watervoerende pakket	kD = 1.800 – 2.000 m ² /dag
ca. -50 tot ca. -60	Klei en slibhoudende zanden	Eerste scheidende laag	c = 4.000 dagen

^a Deze kleilagen zijn in het noordelijke deel van het Defensie-eiland niet overal en niet aaneengesloten aanwezig, waardoor zij een remmende maar geen afsluitende werking hebben. In het zuidelijke deel van het Defensie-eiland komen tussen NAP -10 en -18 m enkele dunne continue kleilaagjes voor, die als afsluitende laag zullen optreden.

De deklaag bestaat uit fijn zand, leem en plaatselijk veen en is inhomogeen opgebouwd. Tal van graafactiviteiten in de loop der tijd hebben de natuurlijke ondiepe bodemopbouw verstoord en lokaal is een door mensen opgebrachte toplaag van (puinhoudend) zand aanwezig. Door deze beïnvloeding zal de verticale hydraulische weerstand niet overal even groot zijn.

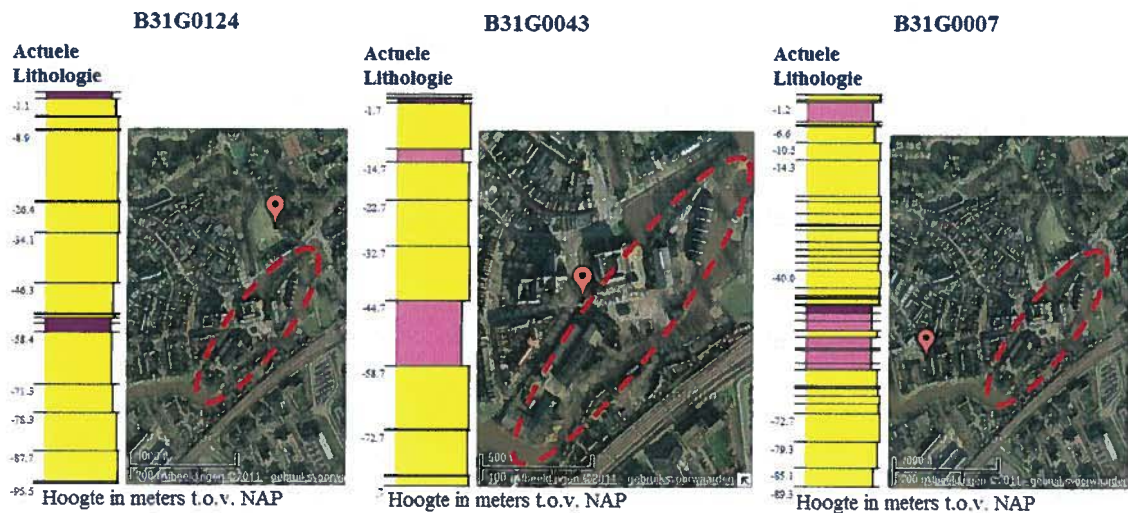
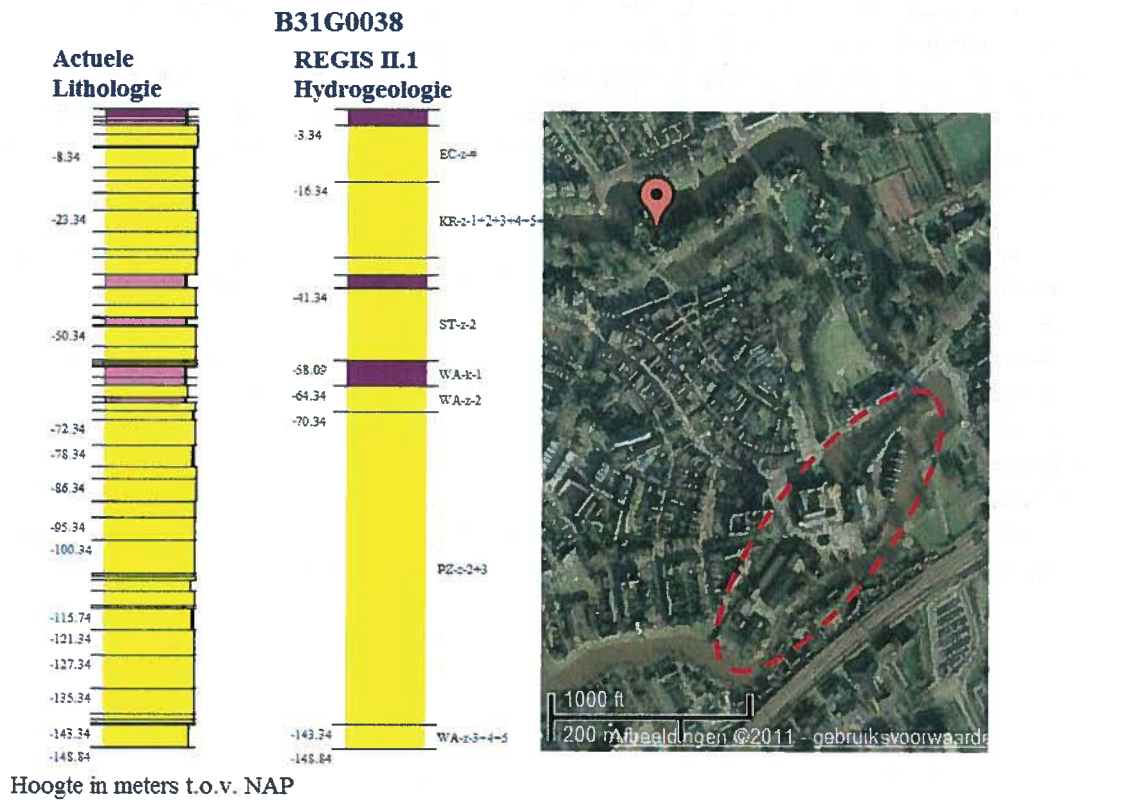
Uit de sonderingen blijkt dat de diepe bodemopbouw onder het Defensie-eiland overwegend is opgebouwd uit een goed doorlatend matig tot uiterst grof, grindhoudend zandpakket. Op verschillende plaatsen en op meerdere dieptes in dit watervoerende pakket zijn dunne kleilagen aangetroffen. Deze kleilagen zijn naar verwachting niet continu aanwezig, maar zijn als lenzen aanwezig op verschillende dieptes. Deze afzettingen kunnen worden gerelateerd aan geul- en oeverafzettingen in het stroomgebied van de Oude Rijn (Grontmij, 2007).

Ter plaatse van de ontgravingen van de brongebieden 3 en 4 (het noordelijke deel) moet voor de bemaling op basis van de gegeven lokale bodemopbouw (tabel 1) worden uitgegaan van een watervoerend pakket dat tot ca. NAP -50 m water kan leveren. Hierbij moet rekening gehouden worden met remmende lagen op een diepte van NAP -10 tot -18 m.

Ter plaatse van de ontgravingen van werkgebieden I, J en U en de brongebieden 1, 2 en 5 (het middelste en zuidelijke deel) kunnen op een diepte vanaf ca. NAP -10 m afsluitende kleilaagjes worden verwacht. Hierdoor zal het verticale bereik van de bemaling bij deze ontgravingen op basis van de lokale bodemopbouw vermoedelijk beperkt blijven tot deze diepte.

3.2 Regionale bodemopbouw

Onderstaande figuur laat de regionale bodemopbouw van het Defensie-eiland zien, met de actuele lithologie en hydrogeologische indeling zoals deze in de DINO-database van TNO zijn te vinden.



Figuur 3: De actuele lithologie en hydrogeologische indeling van boring B31G0038, B31G0124, B31G0043 en B31G0007 uit de DINO-database van TNO.

Uit de boorbeschrijvingen van bovenstaande boringen blijkt een regionale bodemopbouw die in grote lijnen overeenkomstig is met de lokaal geïnterpreteerde bodemopbouw (§3.1). De toplaag (Holocene deklaag; Westland Formatie) bestaat uit klei en leem, waarbij het veen (Formatie van Nieuwkoop) regionaal niet is aangetroffen. Alleen ten zuidwesten, ter plaatse van boring B31G0007, is een zandige ophooglaag aangetroffen. De leemlaag loopt hier door tot een diepte van NAP -5,7 m; in de andere boringen is vanaf ca. NAP -2 m fijn zand aangetroffen.

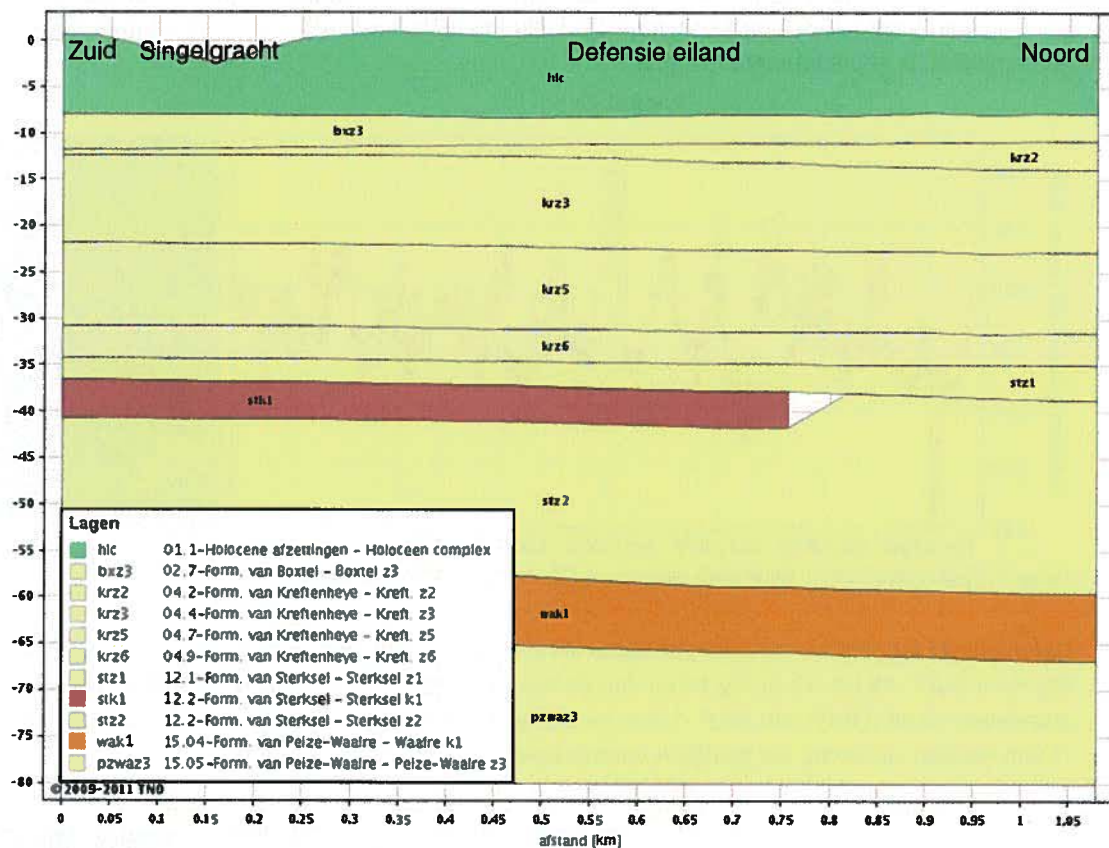
Hieronder komen een aantal dikke zandlagen voor, die zijn afgezet in het boven-Pleistoceen en behoren tot de Formatie van Echteld, Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Sterksel. Deze zandlagen komen voor tot op een diepte van ca. NAP -39 à -55 m en vormen tezamen het eerste watervoerende pakket.

Belangrijk is dat de klei- en leemlaagjes, die op een diepte van ca. NAP -10 à -18 m lokaal zijn geïnterpreteerd (sonderingen), alleen in boring B31G0043, ter plaatse van het kasteel (het middenwesten van Defensie-eiland) zijn aangetroffen. Hier is van NAP -12,7 m tot NAP -14,7 m een leemlaag aangetroffen. Hierbij moet worden opgemerkt dat het voorkomen van dunne, enkele centimeters dikke, klei- en leemlagen naar alle waarschijnlijkheid weg zullen vallen in de boorbeschrijving van bovenstaande boringen. Dikke afsluitende klei- en leemlagen zijn echter, met uitzondering van boring B31G0043, niet aangetroffen tot op een diepte van ca. NAP -39 à -55 m.

Op deze diepte is in alle boringen een eerste scheidende klei- of leemlaag aangetroffen, behorend tot de Formatie van Sterksel. Deze scheidende laag zal voor alle ontgravingen als uiterste ondergrens van de verticale invloedssfeer van onderhavige bemalingen gelden.

3.3 Geohydrologische indeling

Volgens REGIS II.1 (het regionaal geohydrologisch model van Nederland) bevindt zich een Holocene deklaag tot een diepte van NAP -8 m. Hieronder komen verschillende zandlagen voor, behorend tot de Formaties van Boxtel, Kreftenheye en Sterksel. Ter plaatse van het zuidelijke en middelste deel van Defensie-eiland volgt hieronder op een diepte van ca. NAP -38 m een afsluitende kleilaag, behorend tot de Formatie van Sterksel. Ter plaatse van het noordelijke deel van Defensie-eiland is deze afsluitende laag afwezig, en zet de eerste watervoerende laag zich door tot een diepte van ca. NAP -60 m. Op deze diepte komt over de gehele lengte van het dwarsprofiel een afsluitende kleilaag voor van ca. 7 meter dik, behorend tot de Formatie van Peize-Waalre.



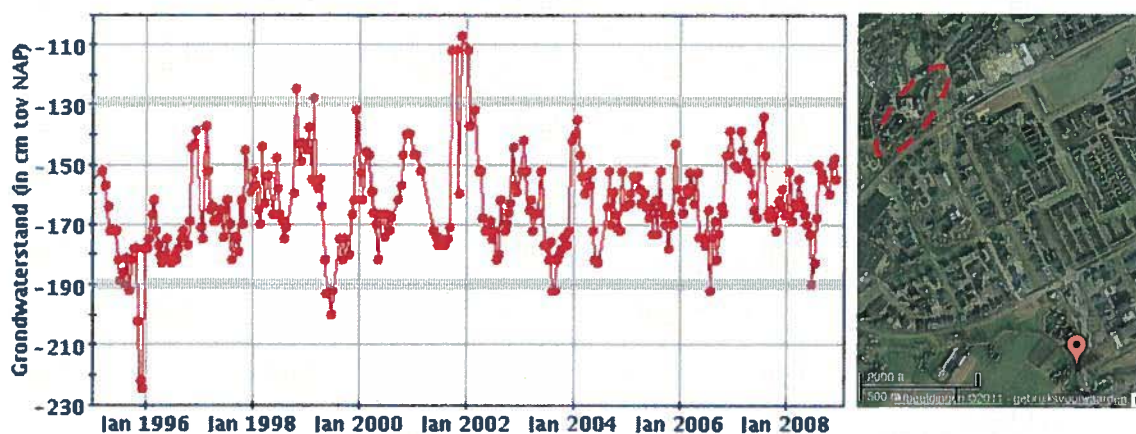
Figuur 4: Dwarsdoorsnede van de geohydrologisch bodemopbouw ter plaatse van het Defensie-eiland. (bron: Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem REGIS-II.1 uit het DINO-loket van TNO).

3.4 Grondwaterstanden en stijghoogtes

De gemeten grondwaterstanden ter plaatse van Defensie-eiland bevinden zich globaal op ca. NAP -1,5 m. De stijghoogte op grotere diepte bevindt zich gemiddeld op ca. NAP -1,6 m. Er is dus sprake van een infiltratiesituatie (MWH, 2010).

Deze grondwaterstanden zijn echter allemaal gemeten met filters van tenminste 3,0 m-mv diep, waardoor zij niet de echte freatische grondwaterstand in de deklaag weergeven, maar worden beïnvloed door de stijghoogte in de zandlaag onder de deklaag. Gezien het vrij hoge waterpeil van de omliggende Singelgracht (circa NAP -0,5 m), lijkt een freatische grondwaterstand in de kleiige deklaag die afneemt van NAP -0,5 m tot circa -1,0 m meer waarschijnlijk. Dit komt ook overeen met het grondwatermodel van Woerden, die in de notitie over de effecten op de omgeving aan bod komt. De dichtstbijzijnde grondwaterput uit het DINO-loket van TNO met een filter in het eerste watervoerende pakket, is gepresenteerd in figuur 5.

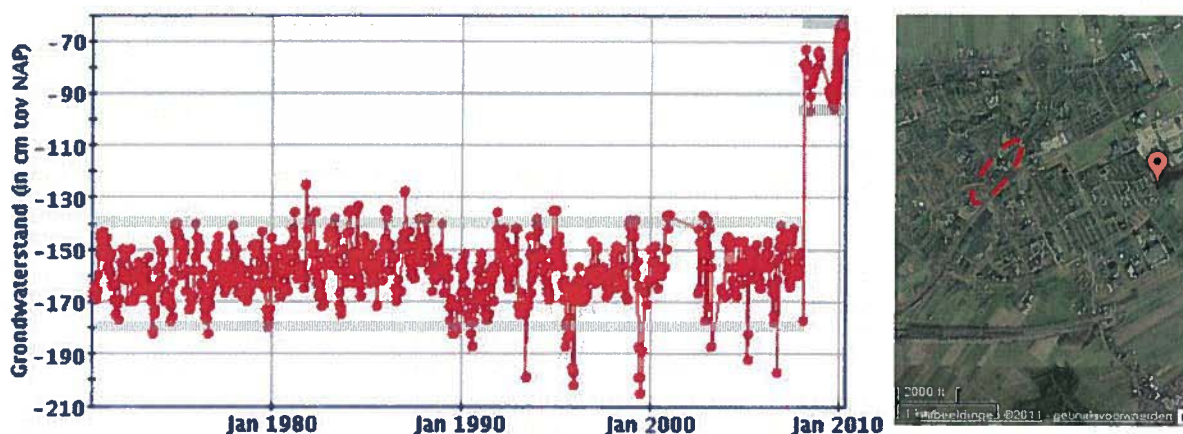
B31G0145



Figuur 5: Stijghoogtes nabij de werklocatie, gemeten in DINO-grondwaterput B31G0145.

Het maaiveld ter plaatse van grondwaterput B31G0145 bevindt zich op NAP +0,5 m, en de filterstelling is ca. NAP -12 tot -13 m. Op basis van de recent gemeten tijdreeks kan een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van NAP -1,3 m en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van NAP -1,9 m worden verwacht. De jaarlijkse variatie komt hiermee uit op ca. 0,6 m.

B31G0128



Figuur 6: Stijghoogtes nabij de werklocatie, gemeten in DINO-grondwaterput B31G0128.

Het maaiveld ter plaatse van grondwaterput B31G0128 bevindt zich op NAP -1,04 m, en de filterstelling is ca. NAP -22 tot -24 m. Op basis van de gemeten tijdreeks kan een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van NAP -1,4 m en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van NAP -1,8 m worden verwacht. De jaarlijkse variatie komt hiermee uit op ca. 0,4 m.

Opvallend is dat de tijdreeks vanaf 2008 verspringt naar een peil variërend van NAP -0,6 tot -1,0 m. Dit is onwaarschijnlijk hoog, waardoor de plotselinge jump als een menselijke fout in de metingen moet worden gezien.

Over de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste freatische grondwaterstand in de deklaag is in het DINO-loket van TNO geen informatie te vinden.

De Singelgracht staat in open verbinding met de Oude Rijn, waardoor het een hoog waterpeil (gemiddeld NAP -0,5 m) heeft. Gezien het lagerliggende gemiddelde grondwaterpeil ter plaatse van het Defensie-eiland (vermoedelijk circa NAP -1,0 m in de deklaag en NAP -1,5 m in de watervoerende zandlagen direct onder de deklaag), is er dus sprake van een infiltratiesituatie, waarbij de Singelgracht het eerste watervoerende pakket voedt, en het ondiepe grondwater wegstroomt naar de diepte.

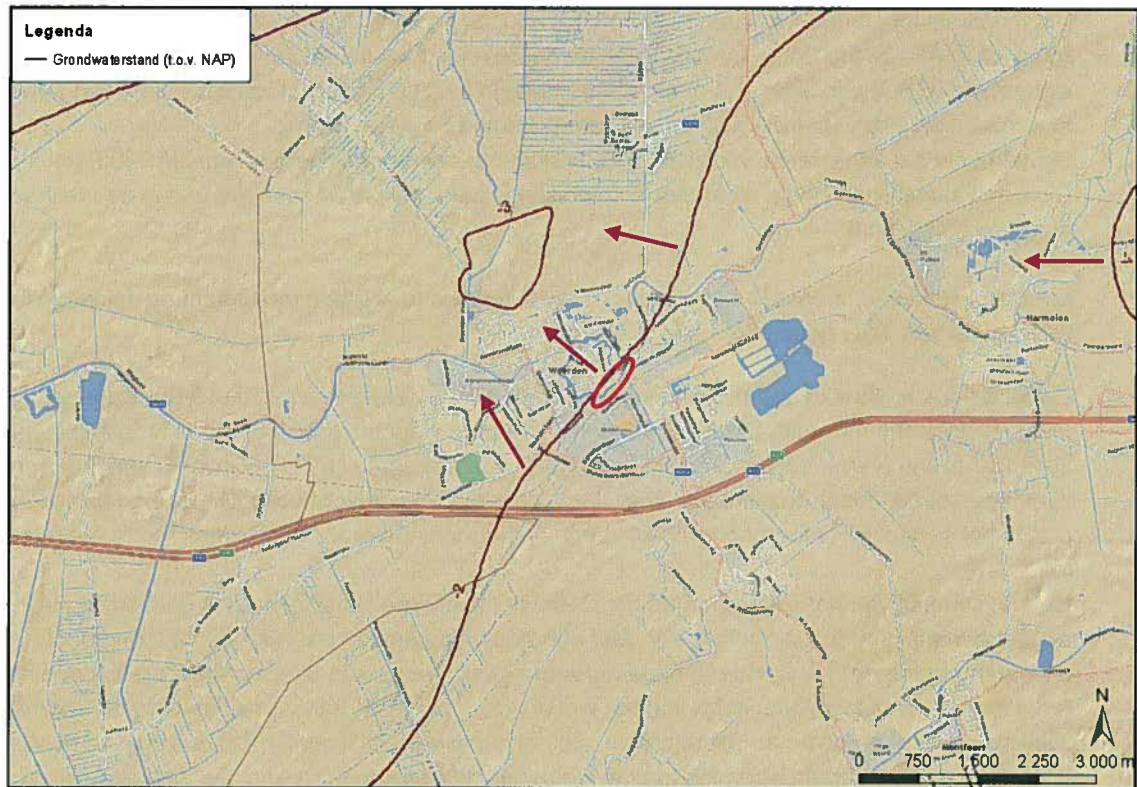
Het boezempeil van het water rondom het Defensie-eiland (de Singelgracht) is gemiddeld NAP -0,5 m, met een maximum van NAP -0,2 m. Met een bodemdikte van ca. NAP -2,3 à 2,6 m doorsnijdt de watergang de deklaag grotendeels, waardoor zij vermoedelijk in direct contact staat met een watervoerende zandlaag. Afhankelijk van het wel of niet voorkomen van een voldoende afdichtende sliblaag op de bodem van de Singelgracht, zal het water van de Singelgracht dus invloed hebben op de horizontale grondwaterstroming ten gevolge van onderhavige bemaling. De infiltratieweerstand van deze vermoedelijk aanwezige sliblaag is niet bekend.

Op basis van de isohypsenkaart uit het DINO-loket (figuur 7), kan ter plaatse van het Defensie-eiland een gemiddelde stijghoogte van iets hoger dan NAP -2,0 m worden verwacht, met een regionaal noordwestelijk gerichte grondwaterstroming. Deze grondwaterstroming wordt op regionaal niveau dominant beïnvloed door de droogmakerijen ten noordwesten van Woerden. In mindere mate bepalend zijn de Lek en de Utrechtse Heuvelrug.

Lokaal zal sprake zijn van wisselingen in stromingsrichting door seizoensinvloeden en wisselingen in de onttrekkingshoeveelheden van nabijgelegen grondwaterwinningen/bemalingen.

Een overzicht en modellering van de historische diepe grondwateronttrekkingen is gegeven in het actualiserend onderzoek van Grontmij, 2007.

Vandaag de dag is de drinkwaterwinning Kamerik van Oasen (pompstation De Hooge Boom) maatgevend op de grondwaterstroming, met een westelijke grondwaterstroming ter plaatse van het Defensie-eiland tot gevolg. Deze drinkwaterwinning bevindt zich op ruim 2,1 km ten noordwesten van het Defensie-eiland.



Figuur 7: Isohypsenaart van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket in de omgeving van Woerden, op basis van het REGIS grondwatermodel. De grondwaterstroming is met peilen geschematiseerd. Het Defensie-eiland is rood omcirkeld. (bron: DINO-loket TNO).

Op basis van de lokale metingen en DINO grondwaterputten kan worden gesteld dat de NAP -2,0 m contourlijn uit figuur 7 ter plaatse van de oude binnenstad van Woerden meer naar het westen is gelegen. De isohypsenaart op basis van het REGIS grondwatermodel is in detail derhalve niet goed bruikbaar. Bovendien zou een stijghoogte van NAP -2,0 m als uitgangspunt een onderschatting van het waterbezwaar op kunnen leveren.

Als uitgangspunt wordt derhalve een stijghoogte in het watervoerende pakket van gemiddeld NAP - 1,6 m gekozen (figuur 5 en figuur 6), met een GHG van circa NAP -1,3 m en een GLG van circa NAP -1,9 m.

Over de Singelgracht, ten oosten van het Defensie-eiland, loopt een waterscheiding van het freatische grondwaterpeil. Het waterpeil van de Singelgracht is namelijk de hoogste in de omgeving. Ter plaatse van het Defensie-eiland stroomt het grondwater hoofdzakelijk in noordwestelijke richting. Ten oosten van de Singelgracht heerst een zuidoostelijke stroming (Grontmij, 2007). Dit komt in het grondwatermodel van Woerden, waar in de notitie over de effecten op de omgeving verder op in gaat wordt, duidelijk naar voren.

3.5 Pompproef

Om een beter inzicht te krijgen in de horizontale doorlatendheid en transmissiviteit van de ondergrond, is in maart 2011 in werkgebied I en in werkgebied U een pompproef uitgevoerd. Hierbij is met een vacuümpomp de grondwaterstand in een onttrekkingsfilter verlaagd met een continu debiet. In een aantal observatiefilters op verschillende afstanden en radialen van het onttrekkingsfilter zijn de dalingen in de grondwaterstand gemeten. Deze metingen zijn zowel handmatig als continu met een diver gedaan. Als gevolg van de onttrekking wordt in de omgeving van het onttrekkingsfilter het grondwater verlaagd en stroomt het grondwater vanuit de omgeving naar het filter toe. Op basis van de combinatie van de onttrokken hoeveelheden grondwater en de gerealiseerde grondwaterstands-dalingen in een aantal peilbuizen op verschillende afstanden van het onttrekkingsfilter, kan de doorlatendheid van de bodem worden bepaald.

De pompproef die is uitgevoerd ter plaatse van werkgebied I is niet geheel volgens plan verlopen, waardoor de resultaten van deze pompproef niet in deze notitie zijn meegenomen.

Ter plaatse van werkgebied U is tussen 10 en 18 maart 2011 een pompproef uitgevoerd met een vrijwel continu debiet van $8,8 \text{ m}^3/\text{uur}$ in een onttrekkingsfilter van 5 tot 9 m-mv. Op een afstand van 4,5 m (MF6), 11,45 m (MF7) en 17 m (MF11) van het onttrekkingsfilter is de stijghoogte in een drietal peilbuizen gemeten met behulp van divers met een meetinterval van 15 seconden. De filterstelling van deze peilbuizen is 7 tot 9 m-mv (MF6) à 8 tot 10 m-mv (MF7 en MF11).

Naast deze 'diepe' observatiefilters zijn ook metingen uitgevoerd in een tweetal 'ondiepe' observatiefilters, met een filterstelling van 3 tot 5 m-mv (MF6 en MF7).

Alle observatiefilters staan dus in het zand, onder de kleiige deklaag.

Met behulp van het grondwater modelleerprogramma MLU (*MLU for Windows, version 2.25.07, Aquifer test analysis for unsteady-state flow in multiple-aquifer systems*) zijn de resultaten van deze pompproef verwerkt (figuur 8).

Hiervoor is een conceptueel model van de ondergrond gemaakt; op basis van de lokale en regionale bodemopbouw. Voor de analyse van metingen in de 'diepe' observatiefilters is in dit conceptueel model een 'lekkende' slechtdoorlatende deklaag van 0,0 tot 5,0 m-mv gemaakt ($c = 350$ dagen; tabel 1), met daaronder een eerste watervoerende laag van 5,0 tot 9,0 m-mv, waarin zich zowel het onttrekkingsfilter als de observatiefilters zich bevinden. Door het tussenvoegen van een slechtdoorlatende laag met een dikte van 0 meter op 9,0 m-mv wordt gecorrigeerd voor de onvolkomenheid van het onttrekkingsfilter, aangezien het eerste watervoerende pakket niet over haar gehele dikte wordt doorsleufd door het onttrekkingsfilter. Onder deze symbolische tussenlaag bevindt zich het restant van het eerste watervoerende pakket, tot een diepte van circa 39 m-mv (figuur 4).

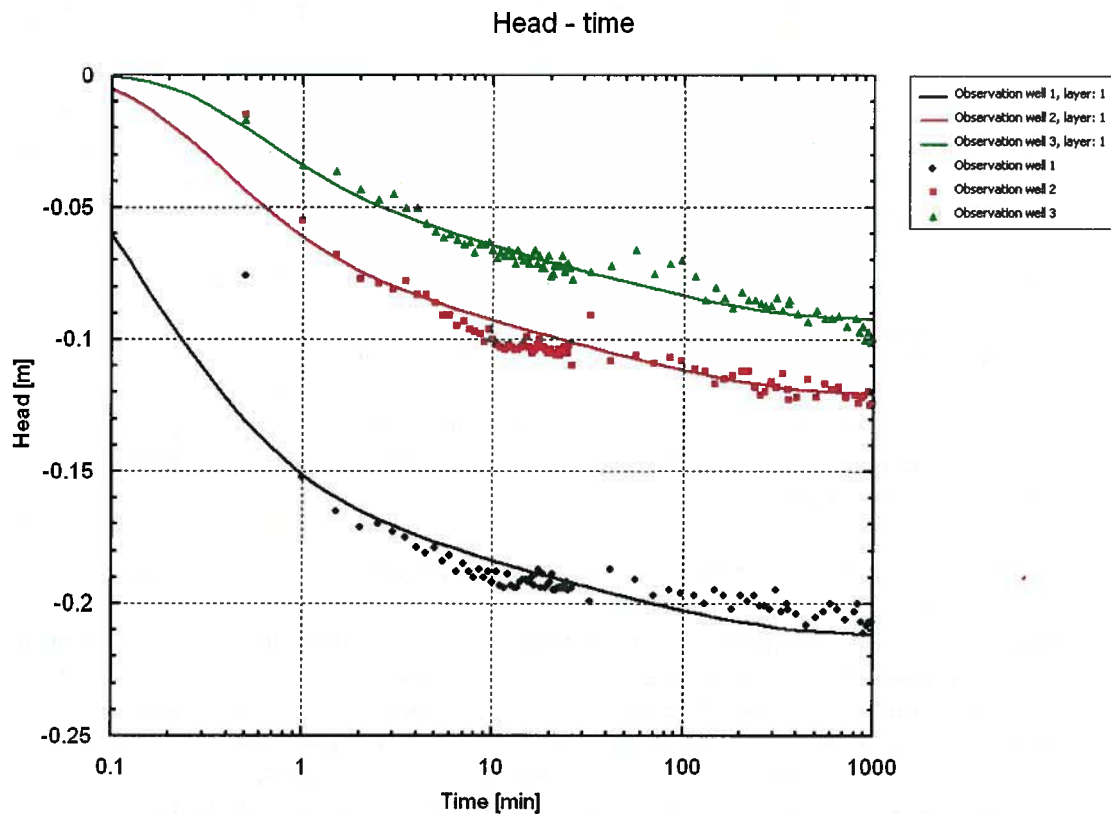
Na gedetailleerde invoering van alle gegevens en metingen van het onttrekkingsfilter en de observatiefilters, is in dit conceptueel model door middel van '*linear drawdown curve fitting*' een optimalisatie toegepast, waarbij de theoretische en gemeten verlagingen door middel van iteratie tot elkaar bena-

derd worden, met een benaderde transmissiviteit tot gevolg. De resultaten hiervan staan weergegeven in figuur 8.

Op eenzelfde wijze is ook voor de analyse van metingen in de 'ondiepe' observatiefilters een conceptueel model gebouwd, waarin een extra derde watervoerende laag is toegevoegd om de metingen van de observatiefilters en van het onttrekkingsfilter op verschillende diepte van elkaar te onderscheiden. De resultaten hiervan staan weergegeven in figuur 9.

Diepe observatiefilters (5,0 – 9,0 m-mv)

Aquifer	Base [m]	Thickness [m]	Kh [m/d]	Code	T [m ² /d]	#	Code	S [-]	#	Name
	-5	5	0.014286	c1	350		S'1	0		
1	-9	4	68.65565	T1	274.6226	a	S1	0.000806	c	screened and observed layer
	-9	0	30	c2	0.566667		S'2	0		
2	-39	30	55.47314	T2	1664.194	b	S2	1.323196E-07	d	



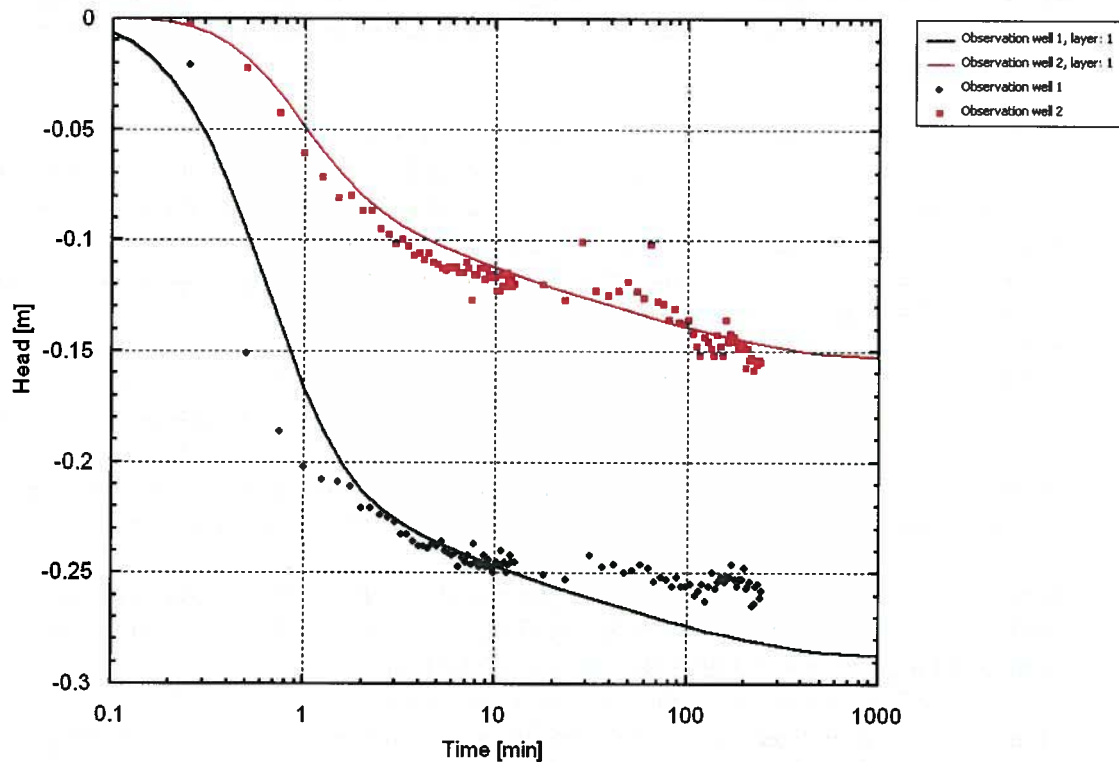
MLU AQUIFER TEST ANALYSIS				
For Unsteady-State Flow in Multiple-Aquifer Systems				
Parameter	value	+	Standard deviation	SOLUTION
T 1	274.6	+	2.8	(1 %)
T 2	1664.2	+	37.0	(2 %)

Figuur 8: Uitkomsten van de pompproef met diepe filters (5,0 – 9,0 m-mv) met het gebruikte conceptuele model (boven), de *curve fitting* van de theoretische en gemeten grondwaterstandsverlaging als functie van de tijd (midden) en de uitkomst en statistische analyse van de transmissiviteit.

Ondiepe observatiefilters (3,0 – 5,0 m-mv)

Aquifer	Base [m]	Thickness [m]	Kh [m/d]	Code	T [m ² /d]	#	Code	S [-]	#	Name
	-3	3	0.008571	c1	350		S'1	0		
1	-5	2	0.925813	T1	1.851626	a	S1	6.511082E-07	d	observed layer
	-5	0	30	c2	0.1		S'2	0		
2	-9	4	41.91331	T2	167.6532	b	S2	0.00089	e	screened layer
	-9	0	30	c3	0.566667		S'3	0		
3	-39	30	41.31334	T3	1239.4	c	S3	7.339137E-06	f	

Head - time



```

MLU AQUIFER TEST ANALYSIS
For Unsteady-State Flow in Multiple-Aquifer Systems

THE CALCULATED LEAST SQUARES SOLUTION
Parameter value + Standard deviation
T 1 1.856E+00 + 4.322E-01 ( 23 % )
T 2 167.7 + 5.0 ( 3 % )
T 3 1238.8 + 88.9 ( 7 % )
    
```

Figuur 9: Uitkomsten van de pompproef met diepe filters (3,0 – 5,0 m-mv) met het gebruikte conceptuele model (boven), de *curve fitting* van de theoretische en gemeten grondwaterstandsverlaging als functie van de tijd (midden) en de uitkomst en statistische analyse van de transmissiviteit.

De uitkomsten van de pompproef met diepe filters laten een statistisch meer betrouwbaar resultaat zien de uitkomsten van de ondiepe filters. Dit heeft vermoedelijk te maken met de opdeling in een extra laag bij de ondiepe filters.

Op eenzelfde afstand van het onttrekkingsfilter laten de diepere filters (figuur 8) een kleinere verlaging zien dan de ondiepere filters (figuur 9).

De resultaten van de diepe filters laten een transmissiviteit (T) van het bovenste deel van het WVP1 (5,0 – 9,0 m-mv) van 275 m²/d. Gezien de opgegeven dikte van 4 meter komt dit overeen met een horizontale doorlatendheid (Kh) van bijna 70 m/d. Het onderste deel van het WVP2 (9,0 – 30,0 m-mv) komt uit op een transmissiviteit van 1665 m²/d en een horizontale doorlatendheid van 55 m/d. Voor het gehele eerste watervoerende pakket komt deze pompproef dus uit op een transmissiviteit van 1940 m²/dag, wat uitstekend overeenkomt met de aangenomen waarde van 1.800 – 2.000 m²/d (tabel 1).

De resultaten van de ondiepe filters laten een transmissiviteit (T) van de extra tussenlaag van 3,0 tot 5,0 m-mv van 2 m²/d. Gezien de opgegeven dikte van 2 meter komt dit overeen met een horizontale doorlatendheid (Kh) van 1 m/d. Op deze diepte is de gemiddelde doorlatendheid dus beduidend minder dan het echte watervoerende pakket op een paar meter dieper. De doorlatendheid neemt dus toe met de diepte, ten gevolge van de kleiige deklaag en gedeeltelijke uitspoeling hiervan als ook door de vermoedelijke aanwezigheid van ondiepe kleilensjes.

Het bovenste deel van het WVP1 (5,0 – 9,0 m-mv) laat een transmissiviteit van 168 m²/d zien. Gezien de opgegeven dikte van 4 meter komt dit overeen met een horizontale doorlatendheid (Kh) van bijna 42 m/d. Het onderste deel van het WVP2 (9,0 – 30,0 m-mv) komt uit op een transmissiviteit van 1241 m²/d en een horizontale doorlatendheid van 41 m/d.

Voor het gehele eerste watervoerende pakket komt deze pompproef dus uit op een transmissiviteit van 1.400 m²/d; 25% lager dan de aangenomen waarde van 1.800 – 2.000 m²/d (tabel 1).

De uitkomsten van deze pompproef laten zien dat voor de bemaling van de werkputten rekening gehouden moet worden met een filterstelling in een zeer goed doorlatend watervoerend pakket, waarbij rekening moet worden gehouden met doorlatendheden van 40 tot 70 m/d.

Geconcludeerd kan worden dat op basis van deze pompproef de aangenomen transmissiviteit van 1.800 – 2.000 m²/d als worst case vrij aannemelijk lijkt. Er is derhalve op basis van de huidige gegevens geen reden om deze rekenwaarde aan te passen.

Hierbij moet worden opgemerkt dat het gevoerde debiet van de pompproef een orde van grootte lager ligt dan de te verwachten debieten die voor de bemaling ten behoeve van de geplande ontgravingen nodig zullen zijn. Door dit relatief lage debiet van de pompproef is alleen water onttrokken aan het ondiepe deel van het watervoerende pakket tot op beperkte afstand vanaf het onttrekkingsfilter. Representatief voor alle watervoerende lagen en weerstanden over de gehele te verwachten reikwijdte in diepte en afstand is deze pompproef dus niet. De resultaten van de pompproef kunnen dus niet zonder meer gebruikt worden om de te verwachten toestroom van grondwater van de geplande bemaling te voorspellen.

4 Bemalingsplan en waterbezwaar

Voor de ontgraving van de vijf spots met minerale olie verontreiniging en voor de ontgraving van de bovengrond van de drie spots met VOCL verontreiniging wordt een bemaling gevoerd teneinde de werkzaamheden in den droge te kunnen uitvoeren. Voor de in totaal zeven verschillende locaties is een berekening van het te verwachten waterbezwaar opgesteld. Hierbij wordt uitgegaan van een afzonderlijke bemaling, waarbij er geen onderlinge beïnvloeding optreedt.

Drie van de zeven bemalingen worden binnen een damwandconstructie (met planken tot 12 a 15 m-mv) uitgevoerd. Hierdoor zal de zijdelingse instroom van water beperkt blijven. Ten gevolge van de bemaling zal echter een potentiaalverschil over de damwand ontstaan, waardoor het diepere grondwater onder de damwanden doorstroomt en via de onderzijde in de bouwput terecht komt. Deze instroom en daarmee het te verwachten waterbezwaar, neemt af indien de damwand in een continue afsluitende laag wordt geplaatst. Op basis van de lokale en regionale bodemopbouw zal de ontgraving binnen een damwand op het noordelijke deel van het Defensie-eiland het debiet nauwelijks doen verminderen; op het midden en zuiden van het eiland is hier mogelijk wel sprake van, vanwege de daar aanwezige dunne leemlagen en kleilagen.

Vanwege de lokaal aangetroffen verontreinigingen in bodem en grondwater, zal het onttrokken grondwater eerst via een zuivering worden geleid, alvorens het water op het oppervlaktewater wordt geloosd. De locatie van deze waterzuiveringen en lozingspunten zijn weergegeven in bijlage 5 van de projectbeschrijving.

Als veiligheidsmarge wordt een ontwateringsdiepte van 0,5 meter onder putbodem aangehouden.

4.1 Opbarstingsrisico's

Indien ter plaatse van de ontgravingen onder de bodem van de werkput een afsluitende laag voorkomt met daaronder een watervoerende zandlaag, is er een mogelijk risico op opbarsting van de werkput. Door de druk van het spanningswater in de watervoerende (zand)laag tegen de onderkant van deze ondoorlatende laag, zouden zonder voorzorgen bij ontgraving tot de gewenste diepte welken kunnen ontstaan, of zou zelfs de bouwputbodem kunnen opbarsten en volstromen met water.

Op basis van de lokale en regionale bodemopbouw (§3.1 en 3.2) kan ter plaatse van de werkputten op het Defensie-eiland een afsluitende deklaag tot een diepte van maximaal NAP -1,1 tot -3,6 m worden verwacht. Hieronder bevindt zich het eerste watervoerende pakket met spanningswater. Gezien de maximale ontgravingsdieptes, in combinatie met de dikte van de deklaag ter plaatse zoals aangetroffen in de sonderingen (Fugro 2009), is er alleen voor ontgraving 1 en ontgraving 5 een theoretisch risico op opbarsting van de werkput (tabel 2).

Tabel 2: Overzicht van de ontgravingen, ontgravingsdieptes en ondergrenzen van de afsluitende deklaag

Ontgraving	Maximale ontgravingsdiepte [m-mv (NAP m)]	Representatieve sondering (Fugro, 2009)	Ondergrens afsluitende deklaag [m-mv (NAP m)]
1	1,0 (-0,4)	DKM28	2,0 (-1,4)
2 / I	4,0 (-3,5)	MIP 7, 12 & MIP14	2,6 (-2,1)
3	3,0 (-2,2)	DKM3	2,5 (-1,7)
4	4,0 (-3,2)	DKMP1	1,9 (-1,1)
5	3,0 (-2,2)	DKM16	2,9* (-2,1)
U	5,0 (-4,2)	DKM14 & DKM19 MIP 17 t/m 20	2,4 (-1,6)
J	2,5 (-1,7)	MIP11	4,4 (-3,6)**

* op een diepte van 4,2 m-mv bevindt zich nog een afsluitende kleilaag

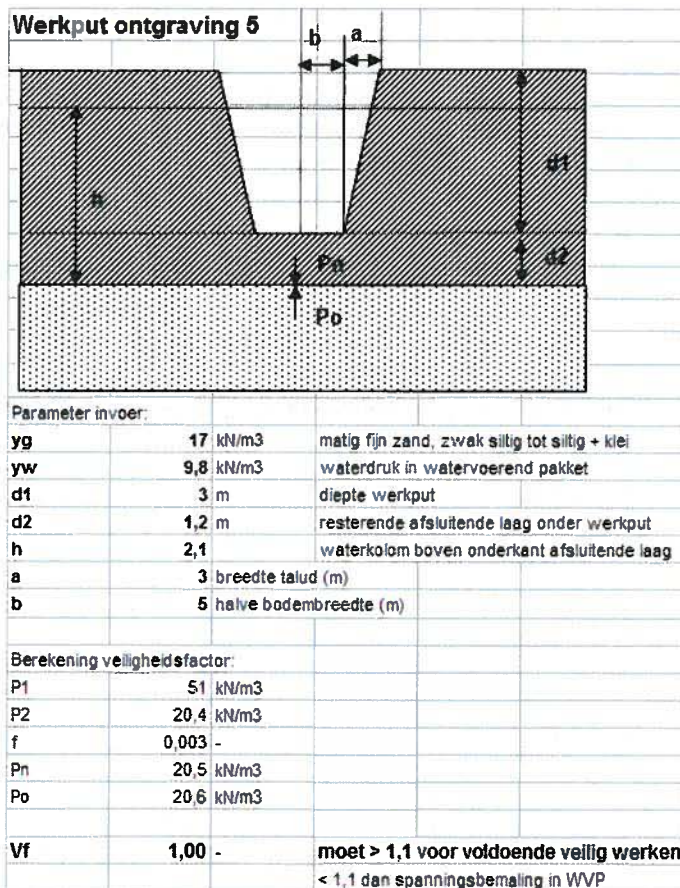
** op een diepte van 6,8 m-mv kan nog een dunne kleilaag worden verwacht

De GHG van het spanningswater onder de deklaag is op basis van eerder onderzoek bepaald op NAP -1,5 m, en op basis van DINO-grondwaterput B31G0145 NAP -1,3 m. In combinatie met het MV van NAP +0,6 ter plaatse van ontgraving 1, komt dit overeen met een GHG van maximaal 1,9 m-mv. Gezien de maximale ontgravingsdiepte van ontgraving 1 zal de maximale druk van het spanningswater niet boven de bodem van de put uitkomen. Hierdoor is er voor ontgraving 1 geen risico op opbarsting.

Een nadere berekening ter bepaling van de noodzaak tot spanningsbemaling is daarom uitsluitend uitgevoerd voor ontgraving 5 (figuur 10).

Hieruit blijkt dat er onder de huidige configuratie niet wordt voldaan aan de veiligheidseis, waardoor er een opbarstingsrisico aanwezig is. Dit opbarstingsrisico kan worden weggenomen door het uitvoeren van een spanningsbemaling, waarbij in geval van bemaling onder GHG een stijghoogteverlaging van 0,2 meter moet worden gerealiseerd.

Gezien de beperkte diepte van de afsluitende laag (maximaal 4,2 m-mv) zal bij een bronbemaling van de werkput met volledig gesleufde filters en een filterdiepte tot tenminste 6,2 m-mv deze waterdruk reeds voldoende worden weggenomen. Een speciale spanningsbemaling is hiervoor dan ook niet vereist.



Figuur 10: Bepaling van het opbarstingsrisico en de noodzaak tot spanningsbemaling voor ontgraving 5.

Vanwege de grote breedte van de bouwput is de invloed van het talud op de totale neerwaartse druk zeer gering. Dit is te zien aan de f-factor die met 0,003 nagenoeg gelijk aan 0 is. De gekozen yg-waarde is dan ook gebaseerd op de verzadigde zandbodem met kleilaagjes die onder de bodem van de bouwput te verwachten is (zie sondering DKM16).

Gezien het voorkomen van dunne kleilagen op variabele dieptes in de deklaag, bestaat er een theoretische mogelijkheid tot het voorkomen van een dunne afsluitende laag direct onder de putbodem ter plaatse van de werkput, die niet als zodanig in de sonderingen is aangetroffen.

Het risico op een mogelijke opbarsting van de werkput zal in deze gevallen, net als bij ontgraving 5, weggenomen kunnen worden door de bemaling van de werkput te laten plaatsvinden door middel van een bronbemaling met volledig gesleufde verticale filters met een ruime filterdiepte. Als vuistregel kan een filterdiepte van tenminste 6,0 m-mv worden aangehouden.

4.2 Waterbezwaar

Aangezien voor alle ontgravingen, behalve ontgraving 1 waarvoor überhaupt geen bemaling nodig is, een bemaling met verticale filters tot onder de deklaag is benodigd, moet voor de berekening van het waterbezwaar uit worden gegaan van een bemaling in het watervoerende pakket.

Op basis van uitgangspunten uit voorgaande paragrafen is het te verwachten waterbezwaar voor alle zeven verschillende locatie berekend, zowel voor een bemaling onder GHG (NAP -1,3 m) als een bemaling onder GWS (NAP -1,6 m). Hierbij is gerekend met een scenario met en een scenario zonder invloed van de Singelgracht; afhankelijk van de infiltratieweerstand van de sliblaag op de bodem van de Singelgracht (zie § 3.4).

Voor de analytische berekening van het waterbezwaar is het initiele debiet (Q_0 in m³/dag) berekend met behulp van de volgende formule:

$$Q_0 = \Delta h * \left(\frac{4 * \pi * K * D}{W(u)} \right)$$
$$u = (\mu * r_{eq}^2) / (4 * K * D * t)$$
$$\mu = 0,25$$
$$r_{eq}^2 = \text{equistraal put} = (l + b) / \pi$$

met

Δh = *gewenste verlaging [m]*;

K = *doorlatendheid [m/d]*;

D = *laagdikte [m]*;

$W(u)$ = *putfunctie van Theis*;

t = *tijd [d]*;

l = *lengte werkput [m]*;

b = *breedte werkput [m]*.

Het stationaire debiet (Q in m³/dag) is als volgt berekend:

$$\Delta h = \left(\frac{Q}{4\pi * K * D} \right) * W(u)$$
$$W(u) = \ln \left(\frac{0,561}{u} \right)$$
$$u = (\mu * r_{eq}^2) / (4 * K * D * Bd)$$

met

Bd = *bemalingsduur [d]*.

Het totale waterbezwaar (Wb in m³) is als volgt berekend:

$$Wb = a * Q_0 + Bd * Q$$

met

a = *benodigde duur voorbemaling [d]*.

Scenario 1: Waterbezwaar zonder invloed van de Singelgracht

Op basis van de corresponderende sonderingen (tabel 1) is per ontgraving gekeken op welke diepte de te verwachten afsluitende laag zich bevindt. In het geval van de ontgravingen binnen een damwand, met een diepte van 12 tot 15 m-mv, is per ontgraving gekeken in welke mate de bodem van de werkput-in-damwanden wordt 'afgesloten' door voorkomende kleilagen op deze diepte. Hierbij is uit voorzorg rekening gehouden met een situatie waarin de in de sonderingen aangetroffen kleilaag niet geheel continu blijkt te zijn, waardoor er via goeddoorlatende 'openingen' tussen de kleilagen water naar binnen kan stromen.

Op basis van de sonderingen MIP 17 t/m 20 en DKM 14 en 19 (Fugro, 2009) zijn dunne kleilaagjes op een diepte van NAP -8 tot -12 m te verwachten ter plaatse van de ontgraving van werkgebied U. Gezien de lange bemalingsduur zal dit niet al het water van onderaf tegenhouden, maar zal de verticale doorlatendheid aanzienlijk afnemen. Hierdoor zal het debiet significant verminderd worden.

Op basis van de sonderingen MIP 7, 12 en 14 (Fugro, 2009) is een aaneengesloten pakket klei te verwachten op een diepte van NAP -10 tot -13 m ter plaatse van de ontgraving van werkgebied I en spot 2. Deze kleilaag lijkt continu aanwezig en van voldoende dikte om vrijwel al het water van onderaf tegen te houden. Hierdoor zal het stationaire debiet zeer laag uit vallen. Vanwege de grote diepte en benodigde grondwater/stijghoogteverlaging, is het initiële debiet nog steeds vrij hoog.

Op basis van de sondering DKMP1 (Fugro, 2009) is het niet waarschijnlijk dat de damwand ter plaatse van de ontgraving van spot 4 (meest noordelijke ontgraving) zich in een continue afsluitende laag bevindt. Hierdoor zal er een continue aanvoer van grondwater onder de damwand door stromen, waardoor het waterbezwaar voor deze bemaling hoog blijft; met of zonder damwand. Hierdoor zal ook een voorbemaling van 4 dagen moeten plaatsvinden teneinde de benodigde verlaging te realiseren.

Voor de overige ontgravingen is voor de berekening van de tijd die het kost om de benodigde grondwater/stijghoogteverlaging te realiseren uitgegaan van een voorbemalingsduur van 2 dagen.

Aangezien zowel de GWS als de GHG onder de ontwateringsdiepte van ontgraving 1 ligt, is hiervoor geen bemaling nodig.

Indien de invloed van de Singelgracht verwaarloosbaar is, ten gevolge van een voldoende afdichtende sliblaag op de bodem van deze stadsgracht (hoge infiltratieweerstand), ziet het waterbezwaar er als volgt uit:

Tabel 3: Waterbezwaar zonder hydrologische invloed van de Singelgracht

Bemaling onder GWS (NAP -1,6 m)							
Ont-graving	Bemalings-duur [dagen]	Benodigde grond-water/stijghoogte-verlaging (Δh) [m]	Initieel debiet [m³/dag]	Stationair debiet [m³/dag]	Extra debiet vanuit oppervlaktewater [m³/dag]	Totaal waterbezwaar [m³]	Maximaal debiet per uur [m³/uur]
1	7	0	0	0	-	0	0
2 / I*	35 (+2)	2,4	450 - 700	160 - 300	-	6.500 – 11.900	30
3	14 (+2)	1,1	1.600 - 3.000	1.100 - 2.000	-	18.600 – 34.000	125
4*	21 (+4)	2,1	3.700 - 5.300	2.600 - 3.800	-	69.400 – 106.300	220
5	14 (+2)	1,1	1.950 - 3.500	1.300 - 2.400	-	22.200 – 40.600	145
J	7 (+2)	0,8	1.300 - 2.350	950 - 1.750	-	9.250 – 16.950	100
U*	35 (+2)	3,1	750 - 1.200	450 - 800	-	17.250 – 30.400	50
TOTAAL	133 (+14)					143.000 – 240.000	

Bemaling onder GHG (NAP -1,3 m)							
Ont-graving	Bemalings-duur [dagen]	Benodigde grond-water/stijghoogte-verlaging (Δh) [m]	Initieel debiet [m³/dag]	Stationair debiet [m³/dag]	Extra debiet vanuit oppervlaktewater [m³/dag]	Totaal waterbezwaar [m³]	Maximaal debiet per uur [m³/uur]
1	7	0	0	0	-	0	0
2 / I*	35 (+2)	2,7	500 - 800	200 - 360	-	7.500 – 13.400	35
3	14 (+2)	1,4	2.100 - 3.700	1.400 - 2.600	-	23.800 – 43.800	155
4*	21 (+4)	2,4	4.200 - 6.000	3.000 - 4.400	-	79.800 – 116.400	250
5	14 (+2)	1,4	2.400 - 4.400	1.600 - 3.000	-	27.200 – 50.800	185
J	7 (+2)	1,1	1.750 - 3.250	1.300 - 2.400	-	12.600 – 23.300	135
U*	35 (+2)	3,4	900 - 1.400	550 - 950	-	21.050 – 36.050	60
TOTAAL	133 (+14)					173.000 – 284.000	

In de kolom 'bemalingsduur' is het benodigde aantal dagen voorbemalen tussen haakjes gegeven.
Ontgravingen met een * worden uitgevoerd binnen damwanden.

Uit het berekende waterbezwaar van tabel 3 blijkt dat het plaatsen van damwanden het waterbezwaar van de ontgraving van werkgebied U en de ontgraving van werkgebied I / spot 2 significant verlaagd. Ter plaatse van ontgraving 4 zullen deze damwanden een weinig remmende werking hebben op het toestromende grondwater, gezien het naar verwachting ontbreken van een continue kleilaag tussen de damwanden en de onderkant van de werkput.

In totaal zal het waterbezwaar van alle ontgravingen tezamen bij een bemaling onder GWS tussen de 143.000 en 240.000 m³ uitkomen, en bij een bemaling onder GHG tussen de 173.000 en 284.000 m³. De totale bemalingsduur zal circa 133 dagen bedragen, waaraan voorafgaand voor elke ontgraving nog twee dagen (en voor ontgraving van spot 4 vier dagen) voorbereiding zal moeten plaatsvinden, teneinde de benodigde stijghoogte/grondwaterstandsverlaging te realiseren.

Scenario 2: Waterbezwaar met invloed van de Singelgracht

Indien de infiltratieweerstand van de vermoedelijk aanwezige sliblaag op de bodem van de Singelgracht als ook de weerstand van de kademuren rondom de gracht relatief laag is, zal de Singelgracht met haar gemiddelde waterpeil van NAP -0.5 m extra water leveren ten gevolge van onderhavige bemalingen (§3.4).

Gezien de ligging van de verschillende ontgravingen, zal deze invloed van de Singelgracht het grootst zijn voor de ontgraving van spot 3, 4 en spot 2 / werkgebied I; en in mindere mate voor de ontgraving van spot 1, 5 en werkgebied U en J.

De bemaling van spot 3 komt in het scenario met invloed van de Singelgracht op een aanzienlijk hoger waterbezwaar uit, gezien de afwezigheid van damwanden en de ligging binnen 10 meter van de Singelgracht. Deze extra invloed is benaderd als een extra debiet van 10 tot 50%; afhankelijk van de precieze infiltratieweerstand.

Ter plaatse van de ontgraving van spot 4 zal de Singelgracht (die zich binnen enkele meters van de bouwput bevindt) continu water leveren, welke onder de damwand door zal stromen. Hier kan de Singelgracht als een randvoorwaarde met constante grondwaterstand worden benaderd. Afhankelijk van de precieze weerstand kan deze constante waterdruk tot een extra debiet van 5 tot 25% leiden. Vanwege de plaatsing van damwanden in een vermoedelijk aanwezige continue kleilaag zal de invloed van de Singelgracht op de ontgraving van spot 2 / werkgebied I verwaarloosbaar zijn. Ook voor werkgebied U kan om deze reden een minimale invloed van de Singelgracht worden verwacht.

Gezien de ligging en breedte van de 'zijtak' van de Singelgracht ter plaatse van de ontgraving van spot 5 als ook van werkgebied J, is hier een kleinere invloed te verwachten. Vermoedelijk vindt hier meer slibsedimentatie plaats, met een hogere infiltratieweerstand tot gevolg, en ook de kleinere breedte van de Singelgracht speelt hierbij een rol. Werkgebied J bevindt zich bovendien op ruim 20 meters afstand van de Singelgracht. Het extra debiet van de Singelgracht voor deze twee ontgravingen wordt dan ook lager ingeschat dan voor de ontgraving van spot 3.

Tabel 4: Waterbezwaar met hydrologische invloed van de Singelgracht

Bemaling onder GWS (NAP -1,6 m)							
Ont-graving	Bemalings-duur [dagen]	Benodigde grond-water/stijghoogte-verlaging (Δh) [m]	Initieel debiet [m³/dag]	Stationair debiet [m³/dag]	Extra debiet vanuit oppervlaktewater [m³/dag]	Totaal waterbezwaar [m³]	Maximaal debiet per uur [m³/uur]
1	7	0	0	0	0	0	0
2 / I*	35 (+2)	2,4	450 - 700	160 - 300	0	6.500 – 11.900	30
3	14 (+2)	1,1	1.600 - 3.000	1.100 - 2.000	110 - 1.000	20.100 – 48.000	165
4*	21 (+4)	2,1	3.700 - 5.300	2.600 - 3.800	130 - 950	72.100 – 126.300	260
5	14 (+2)	1,1	1.950 - 3.500	1.300 - 2.400	20 - 200	22.500 – 43.400	155
J	7 (+2)	0,8	1.300 - 2.350	950 - 1.750	10 - 100	9.300 – 17.650	100
U*	35 (+2)	3,1	750 - 1.200	450 - 800	< 10	17.250 – 30.400	50
TOTAAL	133 (+14)					148.000 – 278.000	

Bemaling onder GHG (NAP -1,3 m)							
Ont-graving	Bemalings-duur [dagen]	Benodigde grond-water/stijghoogte-verlaging (Δh) [m]	Initieel debiet [m³/dag]	Stationair debiet [m³/dag]	Extra debiet vanuit oppervlaktewater [m³/dag]	Totaal waterbezwaar [m³]	Maximaal debiet per uur [m³/uur]
1	7	0	0	0	0	0	0
2 / I*	35 (+2)	2,7	500 - 800	200 - 360	0	7.500 – 13.400	35
3	14 (+2)	1,4	2.100 - 3.700	1.400 - 2.600	140 - 1.300	25.800 – 62.000	210
4*	21 (+4)	2,4	4.200 - 6.000	3.000 - 4.400	150 - 1.100	83.000 – 139.500	320
5	14 (+2)	1,4	2.400 - 4.400	1.600 - 3.000	25 - 240	27.550 – 54.200	195
J	7 (+2)	1,1	1.750 - 3.250	1.300 - 2.400	15 - 120	12.700 – 24.100	140
U*	35 (+2)	3,4	900 - 1.400	550 - 950	< 10	21.050 – 36.400	60
TOTAAL	133 (+14)					178.000 – 330.000	

In de kolom 'bemalingsduur' is het benodigde dagen voorbemalen tussen haakjes gegeven.

Ontgravingen met een * worden uitgevoerd binnen damwanden.

Afhankelijk van de infiltratieweerstand van de Singelgracht en de weerstand van de kademuren zal het totale waterbezwaar in het scenario met hydrologische invloed van de Singelgracht tot een 4 tot 17% hoger waterbezwaar uitkomen. Dit extra vrijkomende water wordt met name veroorzaakt door de bemaling van de ontgravingen van spot 3 en 4.

In totaal zal het waterbezwaar van alle ontgravingen tezamen in dit scenario bij een bemaling onder GWS tussen de 148.000 en 278.000 m³ uitkomen, en bij een bemaling onder GHG tussen de 178.000 en 330.000 m³. De totale bemalingsduur zal circa 133 dagen bedragen, waaraan voorafgaand voor elke ontgraving nog twee dagen (en voor ontgraving van spot 4 vier dagen) voorbereiding zal moeten plaatsvinden, teneinde de benodigde stijghoogte/grondwaterstandsverlaging te realiseren.

4.3 Aandachtspunten bemaling

De berekende waterbezwaren uit tabel 3 en 4 geven het berekende debiet weer bij een te verwachten GWS of GHG. Indien de grondwaterstand in de uitgangssituatie voorafgaand aan de bemaling afwijkt van de te verwachten GWS of GHG zal het benodigde debiet ook veranderen. In de praktijk zullen de bemalingen dus gestuurd moeten worden op verlaging en niet op debiet!

Geadviseerd wordt om gedurende de uitvoering de grondwaterstand op meerdere plaatsen in en rondom de werkputten te meten. Door de benodigde verlagingen te vergelijken met de daadwerkelijk gemeten verlagingen, kan het debiet gestuurd worden. Hierdoor wordt voorkomen dat een onnodig hoog debiet wordt onttrokken.

4.4 Advies filterstelling en bronneringsinstallatie

Afgezien van de ontgraving van spot 1, waarvoor geen bemaling is benodigd, wordt voor alle ontgravingen een bronbemaling met verticale filters geadviseerd. De bronbemalingen van de ontgraving van spot 4, spot 2 / werkgebied I en werkgebied U zal binnen damwanden plaatsvinden. Voor de overige ontgravingen zullen de verticale filters op circa 1 meter aan de buitenzijde van het talud worden geplaatst.

Gezien het mogelijke voorkomen van ondiepe kleilaagjes in de bovenste 6 meter wordt geadviseerd volledig gesleufde filters te plaatsen met een diepte tot minimaal 6,0 m-mv. Hiermee wordt ook een eventueel risico op opbarsting voorkomen. Voor de bemaling van werkgebied U en spot 4 wordt een filterdiepte tot ca. 9,0 m-mv geadviseerd, gezien het hoge debiet en/of de grote ontwateringsdiepte. De bemaling van werkgebied I / spot 2 zal kunnen volstaan met een filterdiepte tot ca. 8,0 m-mv. Op basis van de berekende maximale filtersnelheid, zal bij een filterdiameter van 5 cm voor spot 4 een hart op hart filterafstand van 0,8 m benodigd zijn om het worst case debiet te kunnen realiseren. Derhalve worden filters met een grotere diameter geadviseerd. Bij een filterdiameter van 7 cm zal een hart op hart filterafstand van 1,2 m benodigd zijn, en bij een filterdiameter van 10 cm zal een hart op hart filterafstand van 1,7 m volstaan.

Het definitieve ontwerp van de filterplaatsing is ter keuze van de aannemer.

5 Regelgeving

Onderstaande paragrafen geven een overzicht van de regelgeving met betrekking tot de waterkwantiteit van het te onttrekken en lozen grondwater.

5.1 Grondwaterbeschermingsgebieden

Het Defensie-eiland te Woerden bevindt zich niet in een grondwaterbeschermingsgebied of boringvrije zone (Figuur 11). Hiervoor is dus geen aanvullende vergunningsaanvraag bij Provincie Utrecht nodig.



Figuur 11: Grondwaterbeschermingsgebieden provincie Utrecht, met in rood de locatie van het Defensie-eiland te Woerden. (bron: Webkaart provincie Utrecht)

5.2 Vergunning grondwateronttrekking

Sinds 22 december 2009 dienen vergunningsaanvragen voor tijdelijke bemaling te worden gedaan bij het lokale waterschap. De onderhavige locatie ligt in het beheersgebied van **Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden**. In de Keur van dit waterschap is voor het droog houden van bouwputten t.b.v. bouwkundige of civieltechnische werken en bij ontgravingen t.b.v. locaties met vervuilde grond, vastgelegd dat een melding volstaat voor bronbemaling indien:

- de hoeveelheid te onttrekken grondwater minder bedraagt dan 100 m³/uur;
- de onttrekking niet langer duurt dan 6 maanden;
- en het onttrekkingsstelsel niet dieper dan 9,0 m-mv wordt geplaatst.

In overige gevallen is een vergunning voor onderhavige bronbemaling in het kader van de Waterwet vereist. Hiervoor wordt een termijn van 26 weken aangehouden.

Voor het lozen van bronneringswater op oppervlaktewaterlichamen is een Watervergunning nodig indien deze lozingen langer dan een half jaar of een debiet groter dan 100 m³/uur of 100.000 m³/jaar hebben. Deze Watervergunning dient te worden aangevraagd bij het Waterschapsloket van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Hiervoor wordt een termijn van 26 weken aangehouden.

Op basis van het te verwachten maximale uurdebiet van meer dan 100 m³/uur voor de bemaling van de ontgraving van spot 3, 4, 5 en werkgebied J (tabel 2 en 3) kent onderhavige bronbemaling een *vergunningsplicht* in het kader van de Waterwet.

5.3 Watervergunning lozing

Lozing

Het huidige uitgangspunt is dat het onttrokken water via een waterzuivering zal worden geleid, waarna het zal worden geloosd op de Singelgracht. Een overzicht van de locaties van de waterzuivering alsmede de lozingspunten staat weergegeven in bijlage 5.

Voor lozingen in het kader van tijdelijke grondwaterbemaling moet bij het bevoegd gezag een *Watervergunning* worden aangevraagd. Voor lozingen binnen inrichtingen geldt hiervoor de wet- en regelgeving van het *Activiteitenbesluit*; voor lozingen buiten inrichtingen is het *Besluit lozen buiten inrichtingen* van toepassing. Inzicht in de kwaliteit van het bronneringswater is hierbij een vereiste.

Er dient altijd de voorkeur route te worden aangehouden (bron: SIKB):

1. Lozen eerst in het milieu bij de bron en dan pas afvoeren
2. Lozen op of in de bodem
3. Lozen in een aangewezen oppervlaktewaterlichaam
4. Lozen in een niet aangewezen oppervlaktewaterlichaam
5. Lozen in een ontwateringsstelsel of hemelwaterstelsel
6. Lozen in een vuilwaterriool

Indien het onttrokken water in de Singel zal worden geloosd, is op basis van de keur van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden een *Watervergunning* voor het lozen van grondwater op het oppervlaktewater een vereiste.

Retourbemaling

De gemeente Woerden heeft recentelijk te kennen gegeven een voorkeur te hebben voor retourbemaling in plaats van lozing op het oppervlaktewater. Praktisch gezien is dit echter niet wenselijk en bovendien is het technisch zeer waarschijnlijk niet haalbaar.

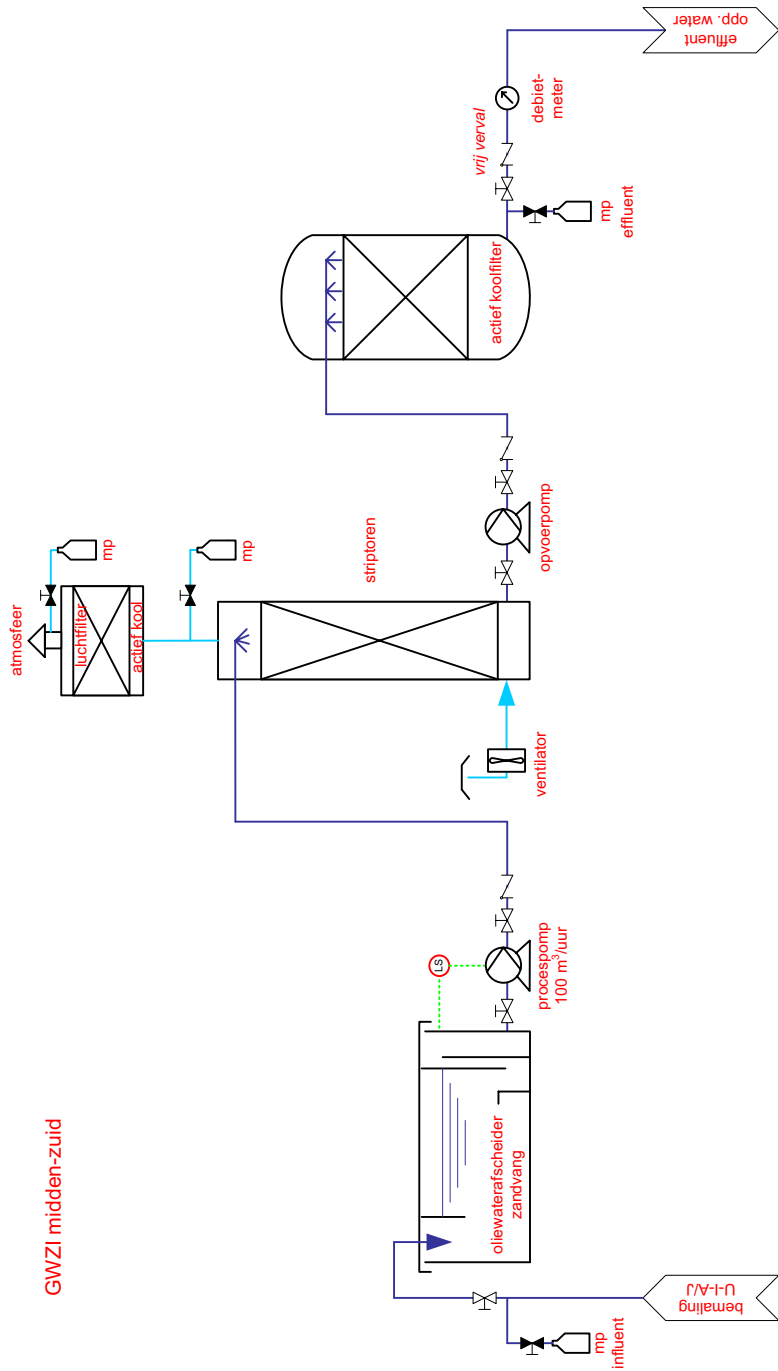
De te verwachten hoeveelheid bronneringswater is namelijk te groot om dit kwijt te kunnen raken in de kleiige ondiepe ondergrond van het Defensie-eiland. Door de beperkte bergingscapaciteit van de deklaag zal het injectiedebiet hierbij snel te groot worden waardoor de grondwaterstand tot boven het maaiveld zal stijgen.

Ook bij injectie in het eerste watervoerende pakket zal er vanwege het hoge debiet een groot risico zijn op het 'opblazen' van de deklaag. Daarnaast zullen de lokaal aanwezige bodem- en grondwaterverontreinigingen juist verspreid worden door deze injectie met schoon water.

Een ander praktisch bezwaar van retourbemaling is het feit dat het onttrokken water ten gevolge van de beluchting in de zuiveringsinstallatie een hoog zuurstofgehalte zal hebben. Dit zuurstofrijke water zal niet zomaar gemengd mogen worden met het zuurstofarme water dat reeds in het eerste watervoerende pakket aanwezig is.

Bijlage 10: Flowschema waterzuivering

GWZI midden-zuid



SITA Remediation B.V. Postbus 40221 3504 AA Utrecht (NL) Tel. +31 (0)30 2470911 Fax +31 (0)30 2410111 www.sitaremediation.com		Deelplaneringsplan Fase 2 Defensie-eiland Woerden	
Projectnr. S070042	Formaat A4	Datum 10-08-2011	Getekend Jev
		Schaal -	Status Concept
Bijlage 10 Flowschema grondwaterzuiveringsinstallatie ontgraven mobiele componenten werkgebieden			

Bijlage 11: Effecten onttrekkingen op aanwezige verontreinigingen

Aan Sita Remediation B.V.
T.a.v. de heer M. Wanders
Van Bas Weller
Betreft Effecten onttrekkingen voor ontgravingen op aanwezige verontreinigingen
Datum 6 september 2011
Projectnummer M10A0434
T.b.v. Saneringsplan fase 2
Kopie naar file
Documentnaam S:\Data\Project\M10\M10A0434\20 Saneringsplan fase 2\m10a0434.e05.doc

Behandeld door
 Bas Weller
 E Bas.Weller@MWHGlobal.COM
 T +31(0)15 7512419

Inleiding

In het kader van de sanering van fase 1 en 2 op het Defensie-eiland te Woerden dienen meerdere bemalingen uitgevoerd te worden om in de droge te kunnen ontgraven. Op 6 deellocaties worden ontgravingen tot beneden de grondwaterstand uitgevoerd. De debieten en tijdsduur per ontgraving verschillen. In tabel 1 is een overzicht opgenomen van de gegevens van de bemalingen per deellocatie. De debieten en waterbezwaren in tabel 1 betreffen het worst-case scenario. Een overzicht van de ligging van de deellocaties van de ontgravingen is opgenomen in bijlage 1 van deze notitie.

Tabel 1: Waterbezwaar bij bemaling onder gemiddelde stijghoogte en met hydrologische invloed van de Singelgracht

Bemaling bij een stijghoogte van NAP -1,6 m									
Ont-graving	Oppervlak ontgraving [m ²]	Bemalings-duur [dagen]	Verlagings-niveau [m NAP]	Benodigde gw-verlagings (Δh) [m]	Initieel debiet (freatisch) [m ³ /dag]	Stationair debiet (freatisch) [m ³ /dag]	Extra debiet vanuit oppervlaktewater [m ³ /dag]	Totaal waterbezwaar [m ³]	Maximaal debiet per uur [m ³ /uur]
2 / I*	1.450	35 (+2)	-4.0	2,4	450 - 700	160 - 300	0	6.500 - 11.900	30
3	300	14 (+2)	-2.7	1,1	1.600 - 3.000	1.100 - 2.000	110 - 1.000	20.100 - 48.000	165
4*	250	21 (+4)	-3.7	2,1	3.700 - 5.300	2.600 - 3.800	130 - 950	72.100 - 126.300	260
5	400	14 (+2)	-2.7	1,1	1.950 - 3.500	1.300 - 2.400	20 - 200	22.500 - 43.400	155
J	200	7 (+2)	-2.4	0,8	1.300 - 2.350	950 - 1.750	10 - 100	9.300 - 17.650	100
U*	600	35 (+2)	-4.7	3,1	750 - 1.200	450 - 800	< 10	17.250 - 30.400	50
totaal	3.250	133 (+14)						148.000 - 278.000	

* Ontgraving vindt plaats binnen damwandkuip

De bemalingen kunnen invloed (verplaatsen) hebben op de aanwezige verontreinigingen. Op basis van modelleringen in MicroFEM is een eerste indruk verkregen van de maximale mogelijke verplaatsingen. Tevens is aangegeven welke tegenmaatregelen genomen kunnen worden om de verplaatsingen te voorkomen. Opgemerkt wordt dat dit een eerste beschouwing betreft.

In een latere fase, werkplan van de aannemer, worden de effecten en maatregelen verder in detail uitgewerkt.

Verontreinigingssituatie per deellocatie

De verontreinigingssituatie per deellocatie verschilt sterk en is medebepalend voor de mogelijke effecten van de onttrekkingen. In dit deel gaan we in op de verontreinigingssituatie per deellocatie. De gegevens zijn afkomstig uit het rapport 'Woerden, Defensie-eiland; Actualisatieonderzoek en aanvullend onderzoek brongebieden, Tauw, 8 februari 2007'.

Vanwege de verontreinigingssituatie maken we onderscheid in:

- werkgebieden I, J en U
- deellocaties 3, 4 en 5

In tabellen zijn 2 t/m 8 zijn de relevante gegevens betreffende de verontreinigingssituatie per deellocatie opgenomen. Voor werkgebieden I, J en U geldt dat het de maximale aangetoonde gehalten tot maximaal 20 m-mv betreft.

Tabel 2 Samenvatting relevante gegevens verontreinigingssituatie per werkgebied

	Werkgebied I	Werkgebied J	Werkgebied U
Onderzijde verontreiniging (m-mv)	Minimaal 20 m-mv	Minimaal 20 m-mv	Maximaal 10 m-mv
Aanwezige verontreinigingen	VOCL, minerale olie en vluchtige aromaten	VOCL	VOCL
Bepalende verontreinigingen ¹⁾	Benzeen, CIS en VC	CIS en VC	CIS en VC

¹⁾ Voor maximale gehalten zie tabellen 3 t/m 5

Tabel 3 Overzicht relevante gegevens verontreinigingssituatie grondwater werkgebied I

Verontreiniging	Maximaal aangetoond gehalte (µg/l)	Pelbuis	Diepte (m-mv)	Toetsing
Minerale olie	13.000	503	1,5-2,5	Sterk verhoogd
Benzeen	68.000	504	1,5-2,5	Sterk verhoogd
Tolueen	28.100	504	1,5-2,5	Sterk verhoogd
Ethylbenzeen	76.000	504	1,5-2,5	Sterk verhoogd
Xylenen	401.000	504	1,5-2,5	Sterk verhoogd
PER	54.000	601	4,0-4,5	Sterk verhoogd
TRI	54.000	601	4,0-4,5	Sterk verhoogd
CIS	41.000	MF2	10,0-12,0	Sterk verhoogd
VC	11.245	MF4	10,0-12,0	Sterk verhoogd

Tabel 4 Overzicht relevante gegevens verontreinigingssituatie grondwater werkgebied J

Verontreiniging	Maximaal aangetoond gehalte (µg/l)	Peilbuis	Diepte (m-mv)	Toetsing
Minerale olie	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Benzeen	0,1	2117	3,0-4,0	Niet verhoogd
Tolueen	0,3	2117	3,0-4,0	Niet verhoogd
Ethylbenzeen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Xylenen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
PER	9,8	6058	7,0-8,0	Licht verhoogd
TRI	9,8	6058	7,0-8,0	Niet verhoogd
CIS	9.600	61	11,0-12,0	Sterk verhoogd
VC	4.000	61	11,0-12,0	Sterk verhoogd

Tabel 5 Overzicht relevante gegevens verontreinigingssituatie grondwater werkgebied U

Verontreiniging	Maximaal aangetoond gehalte (µg/l)	Peilbuis	Diepte (m-mv)	Toetsing
Minerale olie	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Benzeen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Tolueen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Ethylbenzeen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Xylenen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
PER	36	MF105	3,0-5,0	Sterk verhoogd
TRI	23	MF105	3,0-5,0	Niet verhoogd
CIS	29.000	3010	19,0-20,0	Sterk verhoogd
VC	3.800	3010	19,0-20,0	Sterk verhoogd

Tabel 6 Overzicht relevante gegevens verontreinigingssituatie grondwater deellocatie 3

Verontreiniging	Maximaal aangetoond gehalte (µg/l)	Peilbuis	Diepte (m-mv)	Toetsing
Minerale olie	1.700	10072	1,0-3,0	Sterk verhoogd
Benzeen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Tolueen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Ethylbenzeen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Xylenen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
PER	-	nvt	nvt	nvt
TRI	-	nvt	nvt	nvt
CIS	-	nvt	nvt	nvt
VC	-	nvt	nvt	nvt

Tabel 7 Overzicht relevante gegevens verontreinigingssituatie grondwater deellocatie 4

Verontreiniging	Maximaal aangetoond gehalte (µg/l)	Peilbuis	Diepte (m-mv)	Toetsing
Minerale olie	180	6026	1,5-2,5	Licht verhoogd
Benzeen	0,8	6026	1,5-2,5	Licht verhoogd
Tolueen	0,2	6051	3,0-4,0	Niet verhoogd
Ethylbenzeen	0,1	6051	3,0-4,0	Niet verhoogd
Xylenen	0,8	6026	1,5-2,5	Niet verhoogd
PER	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
TRI	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
CIS	2,2	6051	3,0-4,0	Niet verhoogd
VC	3,1	6051	3,0-4,0	Niet verhoogd

Tabel 8 Overzicht relevante gegevens verontreinigingssituatie grondwater deellocatie 5

Verontreiniging	Maximaal aangetoond gehalte (µg/l)	Peilbuis	Diepte (m-mv)	Toetsing
Minerale olie	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Benzeen	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
Tolueen	0,3	901	4,0-4,5	Niet verhoogd
Ethylbenzeen	1,4	901	4,0	Niet verhoogd
Xylenen	5,0	901	4,0	Niet verhoogd
PER	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
TRI	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
CIS	<	nvt	nvt	Niet verhoogd
VC	-	nvt	nvt	Niet verhoogd

Uitgangspunten en randvoorwaarden

Voor de beschouwing van de effecten van de onttrekkingen op de verontreinigingen zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden gehanteerd:

- de verontreinigingssituatie zoals opgenomen in hoofdstuk 2 van het deelsaneringsplan fase 2 en zoals weergegeven in tabellen 2 t/m 5;
- de bodemopbouw en geohydrologie zoals opgenomen in hoofdstuk 2 van het deelsaneringsplan fase 2;
- de effecten zijn bepaald uitgaande van de waterbezwaren en debieten zoals weergegeven in tabel 1. Dit betreft het worst-case scenario;
- de voorkeursvolgorde van bemaling is:
 - 1) deellocatie 3
 - 2) deellocatie 4
 - 3) werkgebied I/ deellocatie 2 en werkgebied U
 - 4) werkgebied J
 - 5) deellocatie 5
- de onttrekkingen hebben vrijwel geen invloed op de aanwezige opgeloste verontreinigingen in de deklaag (tot circa 3 m-mv). De deklaag op de locatie bestaat vooral uit klei en is slecht doorlatend. Dit zorgt ervoor dat de onttrekkingen slechts beperkt invloed hebben op de stijghoogte in de deklaag en dat transport van verontreinigingen niet of nauwelijks zal optreden;
- buiten de deellocaties en de werkgebieden is niet of nauwelijks verontreiniging in het grondwater aanwezig;
- na ontgraving en bemaling ter plaatse van deellocatie 3 is hier na afloop geen verontreiniging meer aanwezig;
- na afloop van de ontgravingen en bemalingen ter plaatse van werkgebieden I, J en U is nog restverontreiniging aanwezig;
- ten tijde van de onttrekkingen zal toestroming van grondwater vooral plaatsvinden vanuit de bovenste 20 m van de bodem.

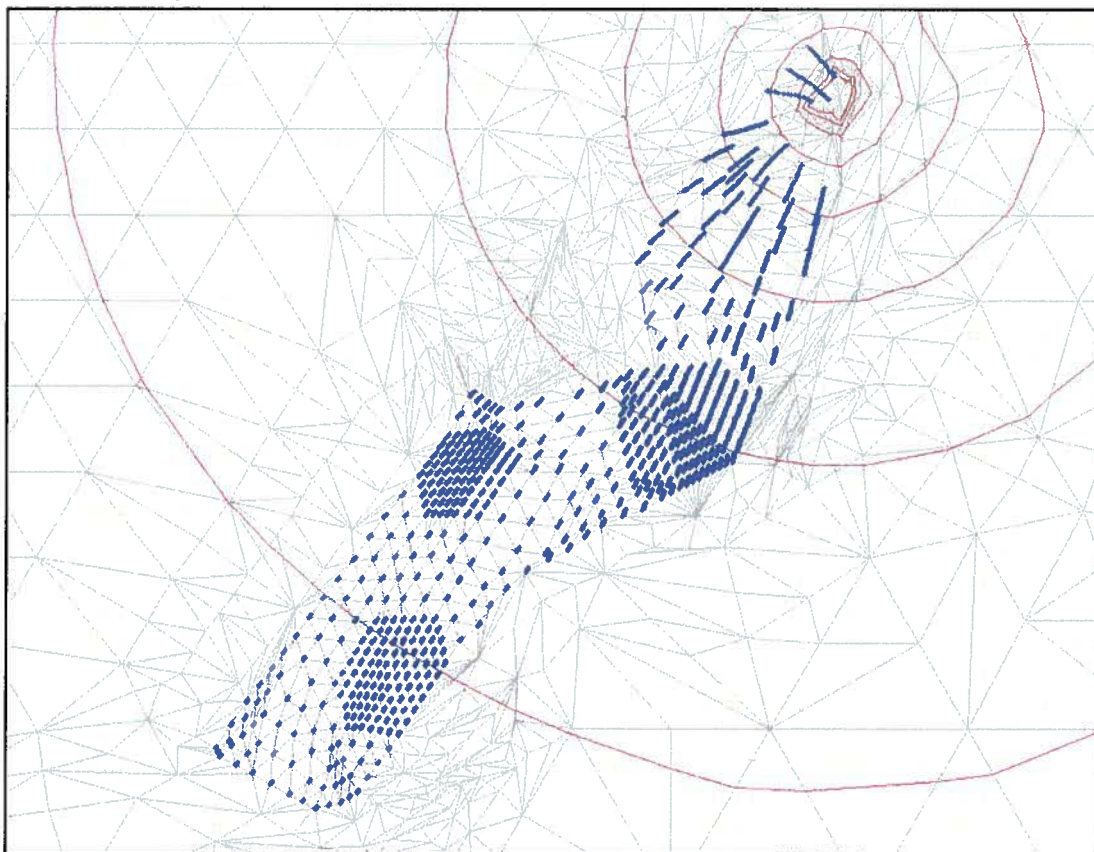
Uitwerking effecten onttrekkingen

Om een eerste indruk te krijgen van de effecten van de onttrekkingen op de mogelijke verplaatsing van de verontreinigingen zijn modelleringen in MicroFEM uitgevoerd. Middels MicroFEM kan berekend worden wat de verplaatsing van het grondwater is als gevolg van een onttrekking. Dit betreft de maximale verplaatsing. Verontreiniging zal, afhankelijk van de retardatie, altijd minder ver verplaatsen dan het grondwater. Op basis van een combinatie van de waterverplaatsing en de retardatiefactor van de individuele verontreiniging kan de verplaatsing van een verontreiniging worden bepaald.

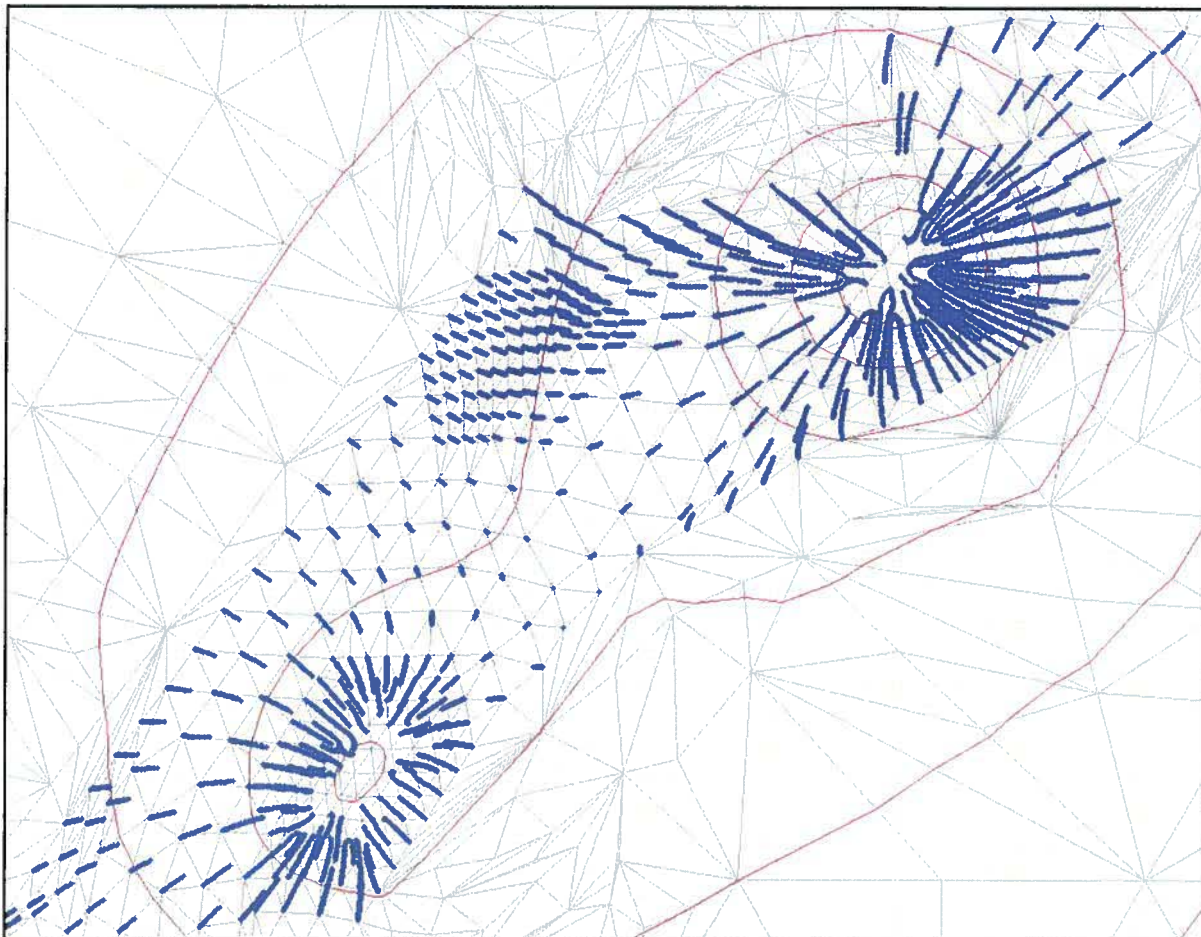
Modelleringen middels MicroFEM

Om een indruk te verkrijgen van de effecten van de verschillende bemalingen op de mogelijke verplaatsing van verontreiniging zijn de effecten van de onttrekkingen van deellocatie 4, 5 en werkgebied I/U op de waterverplaatsingen ter plaatse van de overige deellocaties en werkgebieden gemodelleerd.

In onderstaande figuren zijn de stroombanen ter plaatse van het Defensie-eiland bij de bemalingen ter plaatse van respectievelijk deellocatie 4 en werkgebied I en U, zoals gemodelleerd met MicroFEM, weergegeven.



Figuur 1 Stroombanen ter plaatse van het Defensie-eiland ten tijde van de bemaling van deellocatie 4



Figuur 2 Stroombanen ter plaatse van het Defensie-eiland ten tijde van de gelijktijdige bemalingen ter plaatse van werkgebieden I en U

In tabel 9 zijn de effecten van de onttrekkingen van deellocatie 4, 5 en werkgebied I en U op de waternverplaatsingen weergegeven.

Tabel 9 Effecten van bemalingen op verplaatsing grondwater

Bemaling bij een stijghoogte van NAP -1,6 m						Effect op andere locaties		
Ont-graving	Oppervlak ontgraving [m ²]	Bemalings-duur [dagen]	Verlagings-niveau [m NAP]	Benodigde gw-verlaging (Δh) [m]	Maximaal debiet per uur [m ³ /uur]	Verplaatsing grondwater (WVP1) tgv bemaling 4	Verplaatsing grondwater (WVP1) tgv bemaling 5	Verplaatsing grondwater (WVP1) tgv bemaling I en U*
2 / I*	1.450	35 (+2)	-4.0	2,4	30	3,5 m	1,5 m	/
3	300	14 (+2)	-2.7	1,1	165	18 m	2,0 m	5,0 m
4*	250	21 (+4)	-3.7	2,1	260	/	< 1,0 m	3,0 m
5	400	14 (+2)	-2.7	1,1	155	7,5 m	/	20 m
J	200	7 (+2)	-2.4	0,8	100	4,5 m	6,0 m	4,5 m
U*	600	35 (+2)	-4.7	3,1	50	8,5 m	20 m	/

* Ontgraving vindt plaats binnen damwandkuip

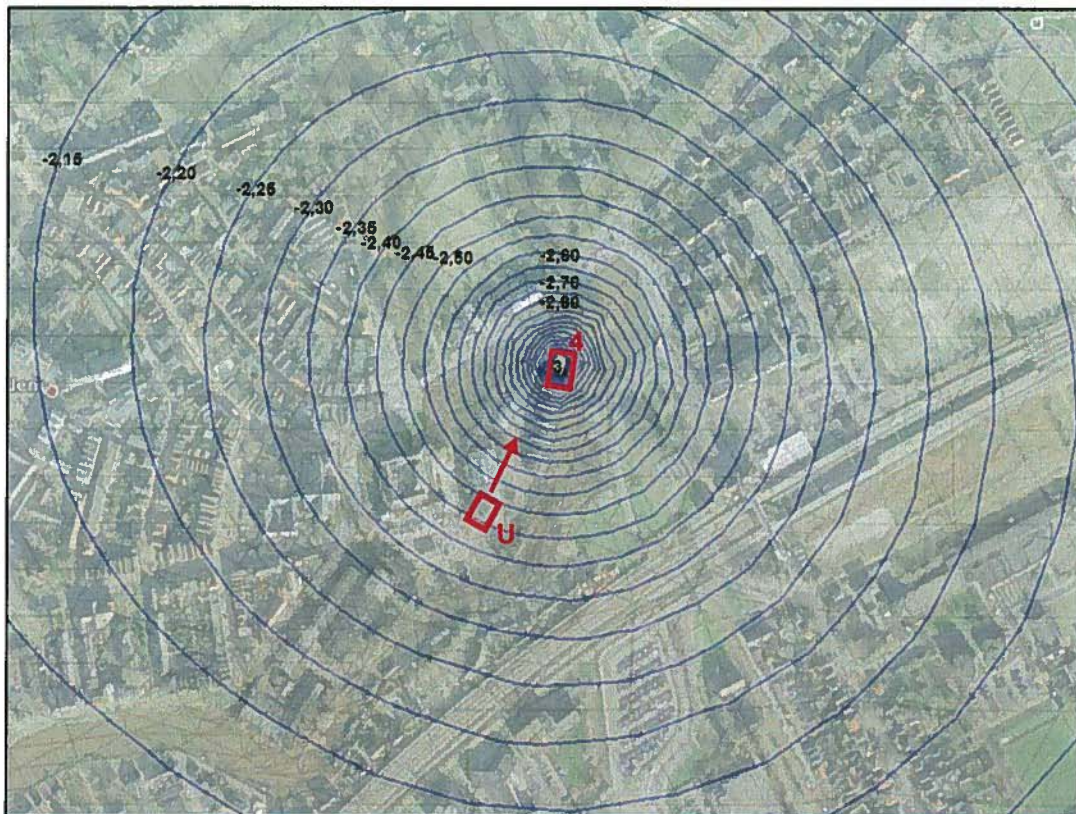
Controle modellering middels analytische berekening

De modelleringen in MicroFEM zijn gecontroleerd middels een analytische berekening. Dit is gedaan door het effect van de onttrekking ter plaatse van deellocatie 4 op de waterverplaatsing ter plaatse van werkgebied U te bepalen.

De gemiddelde gradiënt van de stijghoogte ter plaatse van werkgebied U ten tijde van de onttrekking van werkgebied 4 bedraagt circa 0,15 meter over 50 meter, ofwel 0,003 m/m (zie figuur 3).

Uitgaande van een effectieve porositeit van 0,25 en een horizontale doorlatendheid van 40 m/d (worst case) komt dit overeen met een gemiddelde stroming van het grondwater van 0,48 m/d. In drie weken (de duur van de bemaling van de ontgraving in werkgebied 4) legt het grondwater ter plaatse van werkgebied U dus een afstand van circa **10 meter** af in noordnoordoostelijke richting.

Op basis van de modellering van MicroFEM was een grondwaterstroming van 8,5 meter voorspeld. Dit komt vrij goed met elkaar overeen.



Figuur 3 Stijghoogten eerste watervoerende pakket ter plaatse van het Defensie-eiland ten tijde van de bemaling ter plaatse van deellocatie 4

Retardatie verontreinigingen

De berekende verplaatsingen van het grondwater zijn de maximale verplaatsingen die kunnen plaatsvinden. Door de eigenschappen van verontreinigingen verplaatsen deze zich met een bepaalde vertraging (=retardatie) ten opzichte van de verplaatsing van het grondwater. Hoe hoger de retardatiefactor des te groter de vertraging ten opzichte van de waterverplaatsing. Een retardatie van 2 voor een verontreiniging betekent bijvoorbeeld bij een waterverplaatsing van 10 m dat de verontreiniging zich over een afstand van $10/2 = 5$ m verplaatst.

De literatuurwaarde van de wateroplosbaarheid van vinylchloride (VC) in grondwater (gegeven als K_{oc} -waarde; de octanol/water verdelingscoëfficiënt) is gegeven als $36 \text{ dm}^3/\text{kg}$. Dit komt overeen met een $\log K_{oc}$ van 1,56. Dit kan worden gezien als de vertragingfactor van de verontreiniging ten opzichte van het grondwater. Als het grondwater dus met een snelheid van 10 m/dag stroomt, zal de verontreiniging zich gemiddeld met 6,4 m/dag verplaatsen, in het geval van VC.

Minerale olie kent een $\log K_{oc}$ van 3 tot 5; afhankelijk van de soort olie (hoe meer koolstofatomen in het C-skelet, hoe zwaarder de olie, hoe groter de vertragingfactor). De retardatiefactor van benzeen is vergelijkbaar met die van VC.

De bronproducten waar VC het afbraakproduct van is, zoals PER, TRI en CIS, kennen een $\log K_{oc}$ van circa 2.

Mogelijke maatregelen

Om ten tijde van de bemaling van een ontgraving de verontreinigingen op andere locaties op hun plek te houden, kan een kleine contrabemaling overwogen worden. Hierbij wordt middels een beperkt debiet ter plaatse van de verontreiniging zelf onttrokken, waarmee de verspreiding van verontreiniging kan worden tegengegaan. Middels MicroFEM zijn een aantal berekeningen uitgevoerd om een indicatie te krijgen van het benodigde debiet van contrabemalingen ter plaatse van de werkgebieden. De verontreiniging ter plaatse van de drie werkgebieden is het meest gevoelig voor eventuele verplaatsing.

Ten tijde van de bemaling van deellocatie 4 zal een contrabemaling in de verontreiniging van werkgebied U met een debiet van maximaal $10 \text{ m}^3/\text{uur}$ volstaan om het grondwater ter plaatse van de verontreiniging op zijn plek te houden.

Ten tijde van de bemaling van deellocatie 3 wordt geadviseerd dit eveneens te doen.

Een alternatief is om de damwand ter plaatse van verontreiniging van werkgebied U voortijdig te plaatsen. Hiermee kan de verplaatsing van de verontreiniging al grotendeels worden tegengegaan. Geadviseerd wordt om in dat geval een kleine onttrekking van $1 \text{ m}^3/\text{uur}$ binnen de damwand uit te voeren.

Ten tijde van de bemaling van werkgebieden I en U zal het grondwater ter plaatse van de verontreiniging van werkgebied J circa 5 meter richting de onttrekking van werkgebied U verplaatsen. Deze verplaatsing zal door de navolgende onttrekking ter plaatse van werkgebied J zelf weer worden tegengedaan. Hiervoor is dus geen contrabemaling benodigd.

Ten tijde van de bemaling van werkgebied 5 zal het grondwater ter plaatse van werkgebied J circa 6 meter verplaatsen en ter plaatse van werkgebied U zelfs 20 meter. Deze beide locaties zijn tegen die tijd ontgraven en bemalen, maar de verontreiniging op grotere diepte blijft wel zitten. Ook voor deze locaties wordt derhalve een contrabemaling geadviseerd. Ter plaatse van de verontreiniging van werkgebied J zal een debiet van 10 m³/uur volstaan. Ter plaatse van de verontreiniging van werkgebied U is 4 m³/uur met damwand en 30 m³/uur zonder damwand benodigd.

Conclusies en aanbevelingen

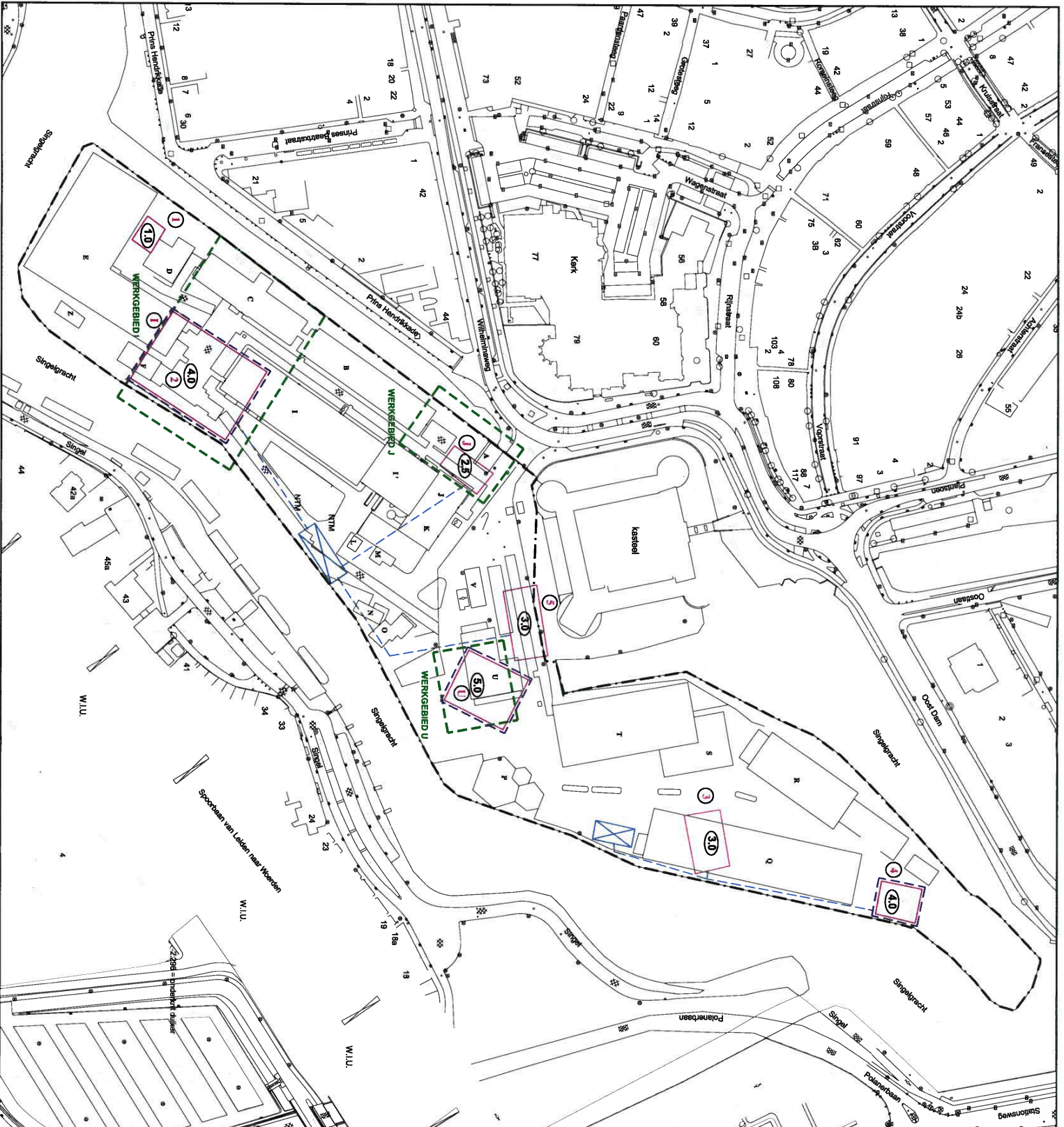
Op basis van het bovenstaande trekt MWH de volgende conclusies:

- bij de gegeven voorkeursvolgorde van bemaling zijn de verontreinigingen ter plaatse van werkgebied I, J en U bepalend voor eventuele verplaatsingen;
- bij de gegeven voorkeursvolgorde van bemaling hoeven geen maatregelen genomen te worden voor de verontreinigingen ter plaatse van deellocatie 3, 4 en 5. Na sanering van deellocatie 3 zijn hier geen verontreinigingen meer aanwezig. Ter plaatse van deellocatie 4 en 5 is over het algemeen geen of zeer beperkt verontreiniging aanwezig. Deze beperkt aanwezige verontreiniging zal middels de ontgravingen en bemalingen in voldoende mate worden gesaneerd;
- op basis van de worst-case scenario (hoogste debieten en waterbezwaren) zijn voor drie verschillende bemalingen modelleringen in MicroFEM uitgevoerd die inzicht geven in de verplaatsing van het grondwater ter plaatse van de aanwezige verontreinigingen;
- de modelleringen geven weer dat de bemalingen naar verwachting invloed hebben op de aanwezige verontreinigingen op andere deellocaties;
- verplaatsing van verontreinig kan worden tegen gegaan door het uitvoeren van contrabemalingen;
- de volgorde van de bemalingen heeft grote invloed op de mogelijke verplaatsingen en maatregelen die genomen dienen te worden om verontreiniging op zijn plaats te houden;
- het al dan niet aanwezig zijn van damwanden heeft een grote invloed op het benodigde debiet tijdens een contrabemaling.

MWH adviseert om de invloed van de bemalingen en de te nemen maatregelen (contrabemaling) meer in detail te bepalen op het moment dat de planning van de werkzaamheden in detail bekend is. Verdere uitwerking van de effecten en maatregelen zal worden uitgewerkt in het werkplan van de aannemer.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Locaties ontgravingen

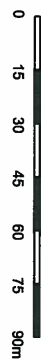


VERKLARING:

- ① Ongraving werkg gebied I
- ② Ongraving werkg gebied J
- ③ Ongraving werkg gebied U
- ④ Ongraving gebouw D
- ⑤ Ongraving lussen gebouwen E, G, H en I
- ⑥ Ongraving gebouw Q
- ⑦ Ongraving ten noorden van gebouw Q
- ⑧ Ongraving fietsenstalling gebouw U
- ⑨ Ongraving diepte (m-mv)

- Indicatieve ontgravinggrens
- Danwand grondsanering
- Waterzuivering

- leidingswerk pump & treat
- Locatiegrens



BILAGE
LOCATIES ONTGRAVINGEN

PROJECT
DEELSANERINGSPLAN FASE 2
INVLOED ONTTREKKINGEN
DEFENSIE-ELAND, WOERDEN

OPDRACHTGEVER
SITA REMEDIATION

SCHAAL
1:1500

DATE
6-9-2011

PROJECTNR.
M10A0434

FILENR.
M10A434-01 PS1 (A3)

BILAGE NR.
1



BUILDING
A BETTER WORLD



Bijlage 12: Monitoringsfilters verspreiding tijdens in situ sanering



VERKLARING:

- ☉ Monitoringsfilter (globale locatie) voor monitoring verspreiding dijens in situ samenling
- Filterstellingnr:
 Werkgebied I: 3 tot 5, 10 tot 12 en 15 tot 17 m-nmv
 Werkgebied J: 3 tot 5, 10 tot 12 en 15 tot 17 m-nmv
 Werkgebied U: 3 tot 5 en 8 tot 10 m-nmv

- Contour-puur product (Interpretatie Gronnmi)
- 10 x I-Contour grondwater VOCL

Locatiegrens



BILLAGEN
 MONITORING-FILTERS
 VERSPREIDING TJDENS IN SITU SANERING
 PROJECT
 SANERINGSP-LAN FASE 2
 DEFENSIE-E-LAND, WOERDEN
 OPDRACHTGEVER
 SITA REMEDIATION

SCHAAL
 1:1000
 BILLAGENR
 12

DATEM
 15-9-2011

PROJECTNR.
 M10A0434

FILENR.
 M10A434-12 PS1 (A3)

