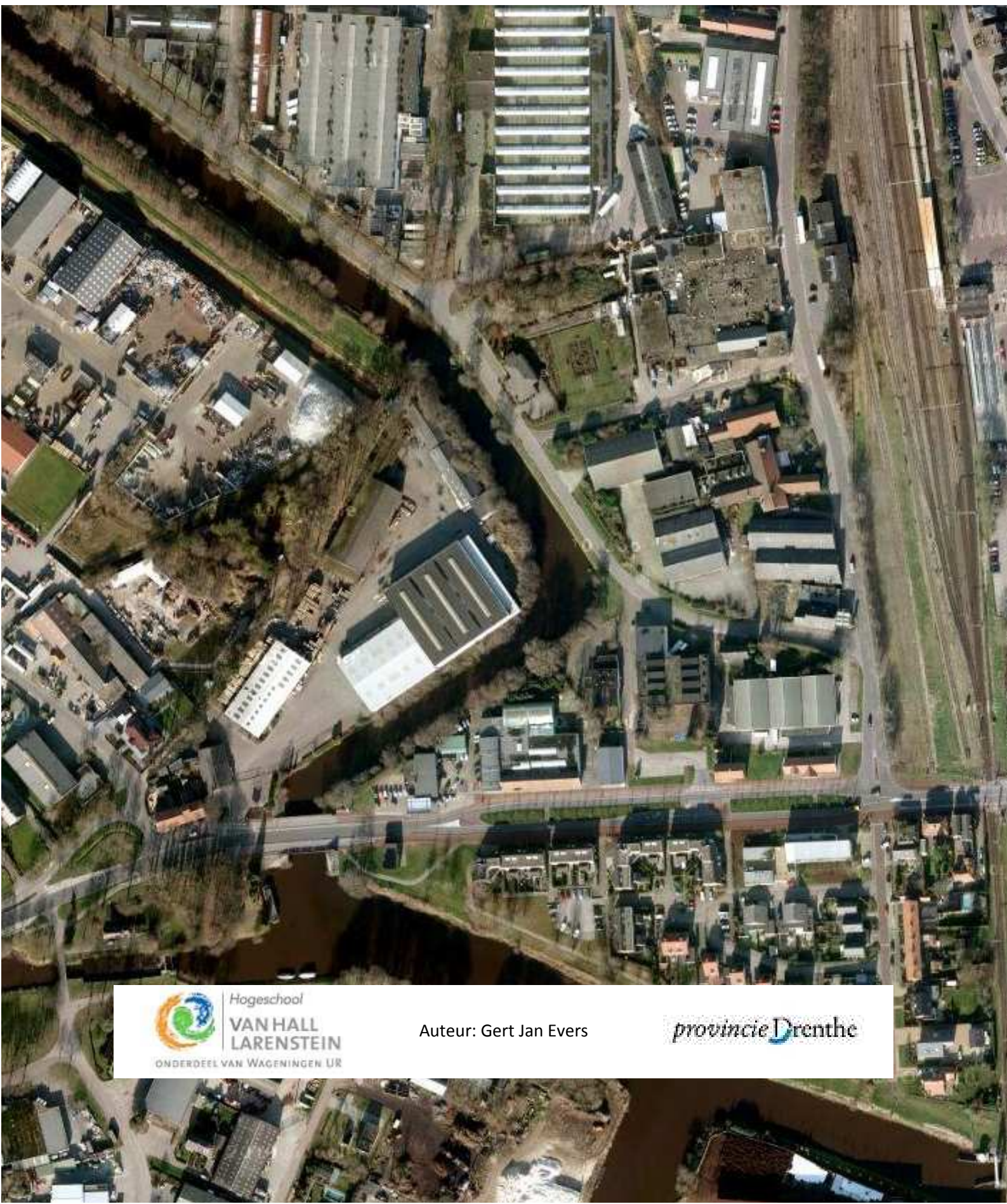


HAALBAARHEIDSONDERZOEK WARMTE- EN KOUDEOPSLAG GECOMBINEERD MET BIOLOGISCHE GRONDWATERSANERING HOLWERT-ZUID COEVORDEN



Hogeschool
**VAN HALL
LARENSTEIN**
ONDERDEEL VAN WAGeningen UR

Auteur: Gert Jan Evers

provincie Drenthe

Onderwerp: Haalbaarheidsonderzoek warmte- en koudeopslag gecombineerd met biologische grondwatersanering Holwert-Zuid te Coevorden

Projectnummer: 398111
Opdrachtgever: Provincie Drenthe

Begeleiders
opdrachtgever: Harry Booij
Marcel van Vulpen

Opleiding: Van Hall Larenstein Instituut
Begeleiders afstuderen: Roelof Eleveld
Leo Bentvelzen

Status: Definitief
Versie: 1.0
Auteur: Gert Jan Evers

Datum: 2 augustus 2011



provincie Drenthe

VOORWOORD

Voor u ligt het eindresultaat van een haalbaarheidsonderzoek naar warmte- en koudeopslag (WKO) gecombineerd met biologische grondwatersanering op de locatie Holwert-Zuid te Coevorden. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van mijn afstudeeropdracht voor de deeltijdopleiding Milieukunde aan het Van Hall-Larenstein Instituut te Leeuwarden. Doel van het onderzoek is om een uitspraak te doen over de haalbaarheid van de warmte- en koudeopslag gecombineerd met biologische grondwatersanering passend bij het voorgenomen saneringsplan dat in opdracht van de provincie Drenthe wordt opgesteld. De provincie Drenthe is ook de opdrachtgever voor het haalbaarheidsonderzoek.

Bij mijn afstudeeropdracht ben ik begeleid door mijn collega's Harry Booij, projectleider bodem en Marcel van Vulpen, projectleider WKO bij de provincie Drenthe. Hierbij wil ik mijn dank uitspreken voor de tijd en energie die zij hieraan hebben besteed. Verder wil ik de provincie Drenthe bedanken voor de gelegenheid om mijn opleiding, met een opdracht voor de provincie, af te mogen ronden. Extra dank aan mijn teamleider Bert Gosselink voor het enthousiast aandragen van het onderwerp voor deze opdracht en de tijd die hij mij gegund heeft om een opdracht voor het team bodembeleid mogelijk te maken. Verder dank aan alle collega's die mij op welke wijze dan ook hebben geholpen.

Verder wil ik Roelof Eleveld en Leo Bentvelzen, van het Van Hall-Larenstein Instituut, bedanken voor hun tijd en begeleiding bij deze opdracht.

Als laatste ben ik vooral dank verschuldigd aan mijn vrouw Simone en de rest van mijn gezin. Zij hebben mij de afgelopen jaren door dik en dun gesteund om deze opleiding te kunnen volgen en af te ronden.

Gert Jan Evers

Haulerwijk, 2 augustus 2011

SAMENVATTING

In opdracht van de provincie Drenthe is dit haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd. Drenthe heeft een actief stimuleringsbeleid als het gaat om het toepassen van duurzame energie. Eén van de speerpunten is de komende jaren het gebruik van WKO te stimuleren. De gemeente Coevorden heeft het voornemen om het gebied Holwert-Zuid te herontwikkelen. Hiervoor zijn afspraken gemaakt met een projectontwikkelaar.

Aanleiding

Doordat in het verleden jarenlang metaalbewerking heeft plaatsgevonden door CPC-Coevorden is de bodem en het grondwater ernstig verontreinigd geraakt met nikkel (zwaar metaal) en VOCl (vluchtige aromatische chloorkoolwaterstoffen). De omvang van de verontreiniging van > 100 x de Interventiewaarde is ruim 1,3 miljoen m³.

Risico's

Na beoordeling van de humane, ecologische en verspreidingsrisico's blijkt dat ingrijpen noodzakelijk is. Het betreft dan vooral het risico van verdere verspreiding van de verontreiniging. Gebruikers van het terrein kunnen het risico lopen dat ze blootgesteld worden aan VOCl door uitdamping. Het terrein is momenteel buiten gebruik en met hekwerk omheind. Door deze tijdelijke maatregelen is dat risico beheerst.

Bevoegd gezag

De provincie Drenthe is bevoegd gezag voor de Wet bodembescherming. Op basis van een nader bodemonderzoek uitgevoerd door DHV¹ is daarom een beschikking afgegeven door de provincie Drenthe. Vanwege de ernst van de situatie moet voor 2015 worden begonnen met het saneren of beheersen van de verontreiniging, met als doel de risico's weg te nemen.

Saneringsonderzoek

Door DHV is in opdracht van het bevoegd gezag, de provincie Drenthe, een saneringsonderzoek uitgevoerd. In opdracht van de gemeente Coevorden is door DHV een saneringsplan opgesteld. Het betreft een gefaseerde sanering met als doel de bouw van woningen en utiliteit mogelijk te maken en de risico's van de verontreiniging te beheersen. Als eerste zal de bovengrond worden gesaneerd door één meter van de verontreiniging, groter dan de interventiewaarde, weg te nemen door het ontgraven daarvan. Het terrein zal na de sanering met één meter worden opgehoogd ten opzichte van het huidige peil, hierdoor zal een leeflaag van twee meter dik ontstaan. Daarna zal met behulp van directe injectie, substraat en nutriënten worden geïnjecteerd in de kern van de verontreiniging om biologische afbraak te stimuleren. Verder zal met behulp van infiltratie van substraat en nutriënten de biologische afbraak op grotere diepte (vanaf 10 m-mv) worden gestimuleerd.

¹ Rapport nader bodemonderzoek Parallelweg 27 Coevorden CPC-terrein, DHV maart 2010

Energieaanbod en -vraag WKO

Voor de herontwikkeling zijn 140 woningen en 7040 m² utiliteit gepland. Voor verwarming en koeling van de gebouwen wil men WKO toepassen. De energievraag voor warmte is 10.000 GJ/jaar (GigaJoule)². Voor koeling is 2.000 GJ/jaar nodig. Vertaald naar debiet voor WKO is dat respectievelijk 127 m³ per uur, piekvraag, voor warmtevoorziening en 120 m³ per uur, piekvraag, voor koeling. Dat de debieten voor koude en warmte vergelijkbaar zijn komt door de piekvraag. Een vergelijking met vollasturen in relatie tot het totale debiet maakt duidelijk dat er een veel grotere warmtevraag is dan koudevraag. Extra warmte ten behoeve van het opwarmen van de verontreiniging in de bodem zal van een externe bron afkomstig moeten zijn, bijvoorbeeld asfaltcollectoren, zoals in de berekening is gebruikt. De warmte van een nabijgelegen vloerbedekking fabrikant, Forbo Novilon, kan beschikbaar worden gesteld om de bodem op te warmen. Forbo Novilon heeft een energiescan uitgevoerd. Hieruit blijkt dat er eventueel 14.000 GJ aan restwarmte beschikbaar is.

Biologische afbraak

Voor veel micro-organismen geldt dat bij verhoging van de temperatuur de groeisnelheid toeneemt. Om de biologische afbraak te verdubbelen is een verhoging van 10 °C nodig. Dit is een vuistregel voor biologische afbraak in de bodem die wordt gehanteerd door gerenommeerde bureaus. De gedachte is dat bij het opslaan van warmte de temperatuur tot circa 30 °C verhoogd zou kunnen worden. Daardoor kan de afbraak viermaal zo snel verlopen als bij een normale bodemtemperatuur van rond de 10 °C. Met de verhoogde bodemtemperatuur van 30 °C is de versnelde afbraak haalbaar.

Haalbaarheid

Uit de berekeningen voor de dimensionering van het WKO-systeem blijkt dat de energievraag niet in balans is. Er is meer warmte nodig dan koude. Het gevolg hiervan is dat de bodem zal afkoelen in plaats van opwarmen. Om de energievraag in balans te krijgen is extra warmte nodig. Anders zal eerder een remming van de biologische afbraak plaatsvinden dan een versnelling. In dit onderzoek is gerekend aan het aanleggen van asfaltcollectoren. Door een scheiding te maken in de investeringen in het gedeelte dat specifiek voor de energiebalans van het WKO-systeem is en de warmte ten behoeve van het stimuleren van de biologische afbraak, wordt duidelijk dat WKO financieel haalbaar is. Als er geen WKO plaatsvindt, zal toch aan een of andere vorm van grondwaterbeheersing moeten worden gedacht om het risico op verspreiding tegen te gaan. Bij een combinatie van grondwaterbeheersing met WKO kan een grondwaterzuiveringsinstallatie achterwege blijven. Technisch en milieukundig gezien zijn er geen belemmeringen. Bij een temperatuur van 30 °C in de bodem is versnelde afbraak mogelijk. Bij deze temperatuur kan met gestimuleerde afbraak tot vier keer kortere saneringstijd worden gehaald.

² De Gigajoule (symbool GJ) is een eenheid van energie. Het betreft hier één Giga, één miljard of 1.000.000.000 Joules

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	5
SAMENVATTING.....	7
1 INLEIDING	11
1.1. Algemeen	11
1.2. Achtergrond	11
1.2.1. Aanleiding	11
1.2.2. Huidige situatie van het terrein	11
1.3. Probleembeschrijving	12
1.4. Leeswijzer	12
2 PROJECTDOEL	13
2.1 Doelstelling	13
2.2 Onderzoeksvragen	13
2.3 Projectorganisatie	13
2.4 Omvang van het project.....	13
2.5 Randvoorwaarden en beperkingen	13
2.5.1 Sanering en WKO	13
2.5.2 Inrichting Holwert-Zuid.....	14
3 INFORMATIE EN ALGEMENE LOCATIEGEGEVENS	15
3.1 Wat is WKO	15
3.1.1. Gesloten systeem.....	15
3.1.2. Open systeem	16
3.1.1. Energiebalans.....	17
3.2. Verontreinigingssituatie Holwert-Zuid.....	18
3.3. Voorgestelde saneringsopzet Holwert-Zuid	19
3.4. Combinatie WKO en sanering	21
3.4.1. Algemeen	21
3.4.2. Fysische en chemische processen.....	21
3.4.3. Biologisch anaeroob afbraakproces tetrachlooretheen (PER).....	22
3.4.4. Invloed temperatuur op biologische processen	22
3.5. Lokale bodemopbouw Holwert-Zuid	23
3.6. Regionale grondwaterstroming	24
4. METHODE VAN HET ONDERZOEK	25
5. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK.....	27
5.1. Belemmeringen voor het toepassen van WKO in verontreinigd gebied	27
5.2. Mogelijkheden toepassen WKO.....	28
5.3. Energievraag (afzetmogelijkheid) voor WKO	28
5.4. Hoeveel potentiële (bodem)energie is beschikbaar	29
5.5. Welk WKO-systeem past het best bij de saneringsopzet?	30
5.6. 'Externe' restwarmte beschikbaar voor de sanering.....	31
5.6.1. Aanvullende energie voor opwarmen bodem en behouden energiebalans	31
5.7. Effecten combinatie WKO–biologische grondwatersanering.....	31
5.7.1. Technisch	32
5.7.2. Economisch	32
5.7.3. Milieukundig (o.a. CO ₂ reductie).....	35
6. CONCLUSIES	37
6.1. Technische haalbaarheid	37
6.2. Economische haalbaarheid	37
6.3. Milieukundige haalbaarheid	38
6.4. Eindconclusie	38

7.	AANDACHTSPUNTEN EN AANBEVELINGEN	39
7.1.	Stedenbouwkundige inrichting van het gebied	39
7.1.1.	Plaats van de gebouwen en bereikbaarheid van de verontreiniging	39
7.1.2.	Type bebouwing en relatie met de energievraag	39
7.2.	Inrichting en ontwerp van het WKO-systeem.....	39
7.2.1.	Gebiedsgericht grondwaterbeheer.....	39
7.2.2.	Stimuleren biologische afbraak	39
7.3.	Beheer en onderhoud WKO-systeem	40
7.4.	Leemten in kennis	40
7.5.	Aanbevelingen	40
	BRONNEN.....	41
	BIJLAGEN.....	1
	Bijlage 1 Regionale ligging locatie	3
	Bijlage 2 Luchtfoto locatie	7
	Bijlage 3 Verontreinigingscontouren	11
	Bijlage 4 Berekeningen en rekenmethode.....	17
	Bijlage 5 Excelsheets t.b.v. berekeningen.....	27
	Bijlage 6 Grafieken terugverdiertijden.....	39
	Bijlage 7 Isohypsen infiltratie- en onttrekking WKO bronnen	43
	Bijlage 8 Foto's	47
	Bijlage 9 Beschikking ernst en spoed nader bodemonderzoek	55

1 INLEIDING

1.1. Algemeen

Voor u liggen de resultaten van een haalbaarheidsonderzoek naar 'warmte- en koudeopslag' (WKO) in de bodem gecombineerd met grondwatersanering. Omdat de gemeente het gebied wil herontwikkelen, en in alle nieuwe ontwerpen naar duurzaamheid moet worden gekeken, is energieopslag in de bodem één van de opties om duurzame verwarming en koeling toe te passen. Omdat de bodem in het gebied ernstig verontreinigd is, is onderzoek naar de haalbaarheid van WKO in verontreinigd gebied gewenst. Vanwege de aanwezige verontreiniging ligt een gecombineerde aanpak van WKO en grondwatersanering het meest voor de hand. Om inzicht in de mogelijkheden te krijgen is een onderzoek uitgevoerd.

1.2. Achtergrond

Het industriegebied Holwert-Zuid ligt ten westen van het stadje Coevorden. Halverwege de vorige eeuw is het gebied bebouwd. In 1947 zijn de eerste percelen door de Staat der Nederlanden verkocht aan de Koninklijke Nederlandse Fabrieken van Gouden en Zilveren Werken Van Kempen en Begeer B.V. om een bedrijf op te richten. Het betrof onder andere galvaniseerwerkzaamheden. Langzaamaan is het terrein volledig bebouwd met bedrijven en enkele woningen. Deze fabriek, vanaf 1983 Chrome Plating Coevorden (CPC) geheten, is tot het einde van de vorige eeuw in bedrijf geweest. Vooral de activiteiten van het galvaniseerbedrijf hebben hun sporen achter gelaten. Toen aan het einde van de vorige eeuw het bedrijf is verplaatst, bleef er dan ook een omvangrijke grond- en grondwaterverontreiniging achter. Door de galvaniseeractiviteiten is in de grond een grote nikkelverontreiniging en in het grondwater een zeer grote verontreiniging met vluchtige organochloorverbindingen (VOCI) ontstaan.

1.2.1. Aanleiding

Vanwege de afnemende bedrijfsactiviteiten en de verplaatsing van CPC als bedrijf, naar een andere locatie in Coevorden, is het terrein de laatste decennia behoorlijk verpauperd. De gemeente Coevorden heeft voor de stad een 'wensbeeld' vastgesteld. Om aan dit wensbeeld te voldoen heeft de gemeente Coevorden het voornemen om het 'industriegebied' Holwert-Zuid te revitaliseren. Dit 'wensbeeld' is vertaald in een stedenbouwkundig- en een beeldkwaliteitsplan. Ook heeft de gemeente een rapport laten opstellen over het gebruik en stimuleren van duurzame energie in Coevorden.³ De gemeente Coevorden heeft ook het Convenant Duurzaam Bouwen in Drenthe ondertekend. Om gevolg aan dit voornemen te geven onderzoekt en stimuleert de gemeente duurzaam en energiezuinig bouwen.

1.2.2. Huidige situatie van het terrein

Het gebied Holwert-Zuid heeft een oppervlakte van ongeveer 3,2 hectare⁴. De grenzen van het gebied worden ten zuiden bepaald door de Krimweg, ten westen door het kanaal Coevorden-Zwinderen, vroeger onderdeel van de vestinggracht van Coevorden. Ten noorden wordt het gebied begrensd door de rest van het industrieterrein Holwert (noord) vanaf de oorsprong van de weg 'de Holwert aan de westzijde van het gebied naar oostelijke richting naar het "Bentheimer Eisenbahngebouw". Aan de oostkant wordt de locatie begrensd door het spoor en het treinstation. Het terrein geeft een verpauperde indruk. De gebouwen zijn vervallen, enkele zelfs half ingestort. De ligging van de locatie ten opzichte is gunstig te noemen. Aan de andere kant van het spoor ligt het stadshart van Coevorden. De locatie wordt aan de zuidzijde ontsloten door de Krimweg en aan de noordzijde door het noordelijke gedeelte van het industrieterrein de Holwert via de Parallelweg. Voor een indruk van de locatie zijn de foto's te zien in bijlage 8.

³ Rapport: 27 februari 2007, Energievisie Coevorden, DWA installatie- en energieadvies, projectnummer R351

⁴ Rapport: 12 april 2007, Bureauonderzoek, De Holwert te Coevorden, projectnr. MWA/UIT/SAD/P0501901, Drs. E.E.A. van der Kuijl et al.

1.3. Probleembeschrijving

De gemeente heeft met een projectontwikkelaar afspraken gemaakt voor de herinrichting van het terrein. Als eerste worden bestaande gebouwen gesloopt zodat er kavels vrijkomen om de 'nieuwe' inrichting mogelijk te maken. Om de vergunning voor de bouw te krijgen is het nodig de, al eerder genoemde, bodemverontreiniging te verwijderen. Om met de bouw van start te gaan is het niet nodig de verontreiniging die dieper aanwezig is direct te verwijderen. Het is mogelijk dit tijdens of na de bouwwerkzaamheden te saneren. Gezien de omvang van de grondwaterverontreiniging is het noodzakelijk om dit aan te pakken. Hetzij in de vorm van een beheersmaatregel zodat verdere verspreiding wordt beperkt, of het stimuleren van biologische afbraak om zo verspreiding tegen te gaan. De regie voor het saneringstraject ligt in handen van de provincie Drenthe. Vanuit de doelstelling om het gebruik van duurzame energie te bevorderen zal de provincie initiatieven ten aanzien van duurzame energie stimuleren. Vanuit deze doelstelling is de provincie geïnteresseerd in de mogelijkheden van WKO in een gebied met verontreinigd grondwater. In Nederland zijn slechts enkele plaatsen waar wordt geëxperimenteerd met de combinatie grondwatersanering en WKO. De provincie wil graag inzicht in de haalbaarheid van een gecombineerde aanpak op de locatie Holwert-Zuid.

1.4. Leeswijzer

Het projectdoel de onderzoeksvragen en de afbakening worden in hoofdstuk 2 beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de situatie op de locatie en geeft relevante informatie over de achtergronden van dit onderzoek. De opzet en de methode van het onderzoek zijn in hoofdstuk 4 te lezen. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. De resultaten worden hierin besproken. De conclusies van het onderzoek zijn in hoofdstuk 6 te vinden. Naar aanleiding van de conclusies worden de aanbevelingen, aandachtspunten en leemten in kennis in hoofdstuk 7 gepresenteerd. De gebruikte literatuur en informatie zijn in het hoofdstuk 'Bronnen' te lezen. De bijlagen bevatten een luchtfoto en situatietekeningen van het gebied. Ook de berekeningen die zijn uitgevoerd om antwoorden op de vragen te geven zijn in de bijlagen te vinden. Evenals de berekeningsmethoden en de beschikking op het nader onderzoek.

2 PROJECTDOEL

2.1 Doelstelling

Doel van dit onderzoek is het nagaan van de haalbaarheid van een gecombineerde aanpak van biologische grondwatersanering en WKO. Dit onderzoek zal inzicht geven in de haalbaarheid en antwoord op de 'subvragen' die nodig zijn om de haalbaarheid aan te tonen voor een gecombineerde aanpak.

2.2 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag is:

- Is een gecombineerde aanpak technisch, economisch en milieukundig haalbaar?

Om een antwoord te geven op de hoofdvraag zijn de volgende *subvragen* geformuleerd:

- welke belemmeringen zijn er voor het toepassen van WKO in het ontwikkelgebied?
- welke mogelijkheden zijn er voor het toepassen van WKO in het ontwikkelingsgebied?
- wat is de energievraag (afzetmogelijkheid) voor WKO?
- hoeveel potentiële (bodem)energie is er beschikbaar?
- past de combinatie WKO–biologische grondwatersanering het best bij de voorgestelde saneringsopzet?
- is er in de omgeving 'restwarmte' beschikbaar die ingezet kan worden als WKO t.b.v. de sanering?
- welke effecten heeft de combinatie WKO–biologische grondwatersanering op het saneringsresultaat?
 - a) Technisch;
 - b) Economisch;
 - c) Milieukundig (o.a. CO₂ reductie)?

2.3 Projectorganisatie

Het project betreft een afstudeerproject en wordt uitgevoerd door de heer G.J. Evers. De afstudeeropdracht zal worden begeleid door de heren R. Eleveld en L. Bentvelzen, docenten van de Hbo-opleiding milieukunde, van Hall- Larenstein te Leeuwarden. Opdrachtgever en begeleiders namens de provincie Drenthe zijn de heren H. Booij en M. van Vulpen. De heer Booij is voor de provincie Drenthe als projectleider bij het gebied Holwert-Zuid betrokken en begeleidt het deel bodemsanering. De heer Van Vulpen heeft vanuit zijn rol als beleidsmedewerker WKO voor de provincie mij begeleid bij het deel WKO.

2.4 Omvang van het project

Dit onderzoek betreft het te ontwikkelen gebied Holwert-Zuid te Coevorden. De grenzen van het onderzoek zijn de contouren van het ontwikkelgebied Holwert-Zuid. Er is in het project gekeken naar de combinatie biologische grondwatersanering en WKO. Op het CPC-terrein is de kern van de verontreiniging in het gebied te vinden.

2.5 Randvoorwaarden en beperkingen

2.5.1 Sanering en WKO

Het onderzoek gaat over de haalbaarheid van een gecombineerde aanpak van bodemverontreiniging door **gestimuleerde** natuurlijke afbraak en WKO. Er zal expliciet worden gekeken naar de saneringsaanpak zoals de provincie die voor ogen heeft. Er zal niet worden ingegaan op WKO-systemen die niet passen in de beoogde saneringsopzet of andere duurzame energietoepassingen. Bij het berekenen van de potentiële hoeveelheid energie die in de bodem opgeslagen kan worden, is

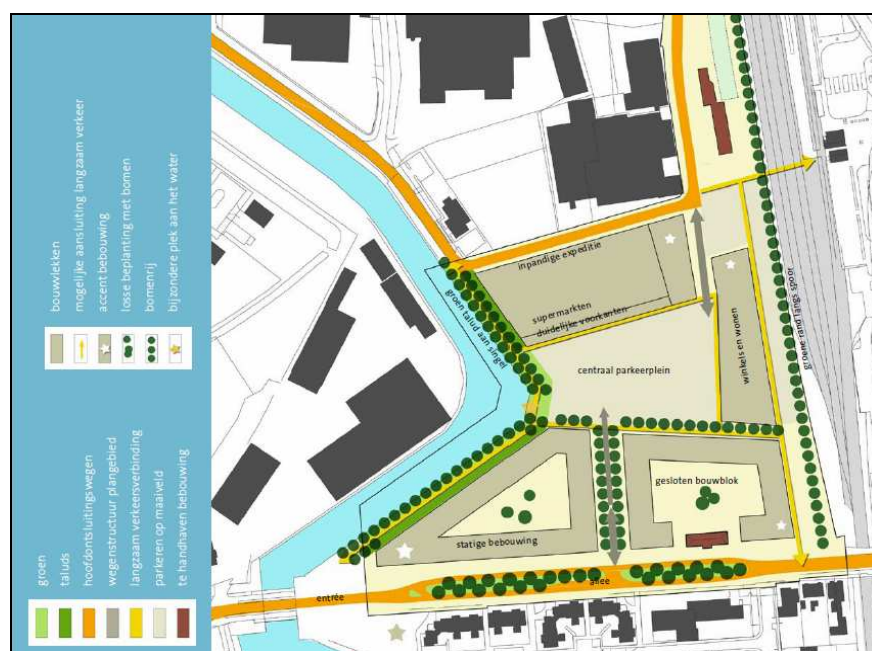
uitgegaan van het grondwaterpakket waar de verontreiniging zich ook bevindt. Dit omdat is aangesloten bij de voorgestelde saneringsopzet. De voorgestelde saneringsopzet gaat uit van het stimuleren van biologische afbraak met behulp van substraatinjectie in combinatie met gebiedsgericht grondwaterbeheer.

2.5.2 Inrichting Holwert-Zuid

Bij de energievraag is uitgegaan van het aantal woningen en de commerciële ruimte (tabel 2.5-1) zoals door de projectontwikkelaar is opgegeven. Er wordt 11.000 m² gereserveerd voor commerciële ruimte, waaronder supermarkten. Van de 11.000 m² zal circa 5000 m² als parkeerplaats worden ingericht. Verder zullen 46 appartementen voor verhuur (sociale woningbouw) worden gerealiseerd. Er zullen ook 94 koopwoningen worden gebouwd, 16 appartementen en 78 grondgebonden rijwoningen. Bij de rijwoningen is aangenomen dat er maximaal 6 woningen per rij worden gerealiseerd. Dit betekent twee hoekwoningen en vier tussenwoningen per rij.

Functie	Type	Aantal	Oppervlakte per eenheid	Totaal oppervlakte
Commerciële ruimte	Winkel	1	7040	7040
	Parkeren	1	5000	5000
Wonen	Tussenwoningen	52	125	6500
	Hoekwoningen	26	127	3302
	Appartementen	62	105	6510
Totaal	Commercieel	2		12040
	Woningen	140		16312

Tabel 2.5-1 Stedenbouwkundige inrichting en functie van het CPC-terrein⁵



Figuur 2-1 beeldplan Holwert-zuid⁶

⁵ Volgens de gegevens van het Bouwfonds op 29 juni 2010, de definitieve inrichting is nog niet vastgesteld. Een andere indeling van de ruimte is dus nog mogelijk.

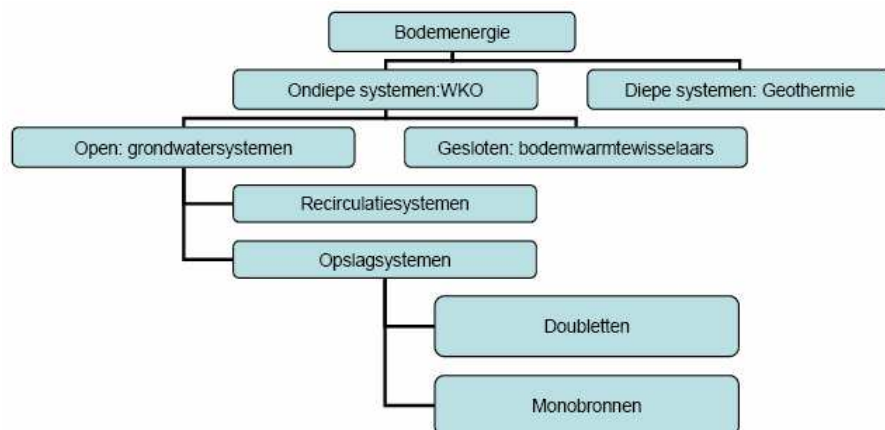
⁶ Beeldkwaliteit Centrum Coevorden Holwert-Zuid BDP Khandekar stadsontwerp architectuur

3 INFORMATIE EN ALGEMENE LOCATIEGEGEVENS

In dit hoofdstuk wordt onder andere beschreven wat een WKO-systeem is en wat de voorgestelde saneringsopzet inhoudt. Deze informatie is een aanvulling om het doel van het onderzoek toe te lichten.

3.1 Wat is WKO

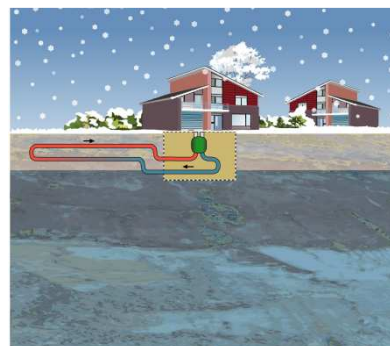
WKO staat voor warmte- en koudeopslag. De warmte of koude wordt in de bodem (grondwater) opgeslagen om het later weer te gebruiken. De meeste warmte en koude wordt gebruikt om gebouwen te verwarmen of te koelen. Deze techniek wordt steeds vaker toegepast, bijvoorbeeld in ziekenhuizen, zorginstellingen en kantoorgebouwen. Om de warmte of koude te gebruiken wordt gebruik gemaakt van een gesloten of open WKO-systeem.



Figuur 3-1 Verschillende mogelijkheden van energieopslagsystemen in de bodem⁷

3.1.1. Gesloten systeem

Een gesloten systeem bevat meestal één of meerdere ‘lussen’ die het gebouw binnenkomen. De ‘lussen’ worden bodemwarmtewisselaars genoemd. De bodemwarmtewisselaars staan niet in open verbinding met het grondwater. Er is een gesloten systeem waardoor water met een antivriesmiddel wordt rondgepompt. De thermische energie wordt door middel van geleiding via de buiswanden overgedragen aan een warmtewisselaar. Dit is het collectorsysteem. Bodemwarmtewisselaars kunnen tot een diepte van tientallen tot meer dan honderd meter reiken bij de verticale variant. Er is ook een horizontale ondiepe variant en ook een combinatie van verticale en horizontale warmtewisselaars wordt gebruikt. Zie figuur 3.1-2.



Figuur 3-2 Het principe van een gesloten (respectievelijk verticaal / horizontaal) bodemwarmtewisselaar⁸

⁷ Bron: Handleiding BOEG, Bodemenergie en grondwaterverontreiniging, (Arcadis Nederland BV 6 april 2010, in opdracht van Nederlandse vereniging van ondergrondse energieopslagsystemen)

⁸ Bron: <http://www.provincie.drenthe.nl/publish/pages/50367/geslotenverticaalzomer.jpg>, d.d. 5-4-2011

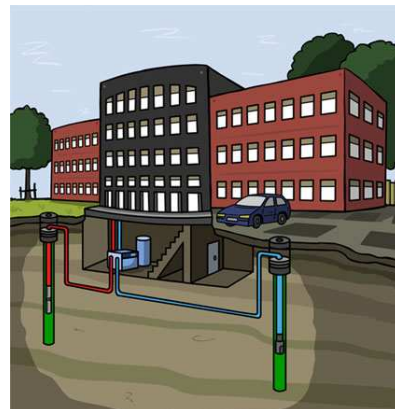
3.1.2. Open systeem

Het principe van open WKO-systemen is dat grondwater wordt opgepompt, gebruikt voor verwarming of koeling en vervolgens weer in de grond wordt gepompt. De watervoerende lagen in de bodem (aquifers) worden hierbij als (thermische) opslag gebruikt. De thermische belasting van de bodem moet in evenwicht zijn. Omdat, in de meeste gevallen, een netto overschot aan warmte bestaat, zal een koeltoren meestal deel uitmaken van het systeem.

Er zijn twee basis principes voor WKO-systemen, de zogenaamde *recirculatie van grondwater* of een *warmte en koude put systeem*.

Recirculatie

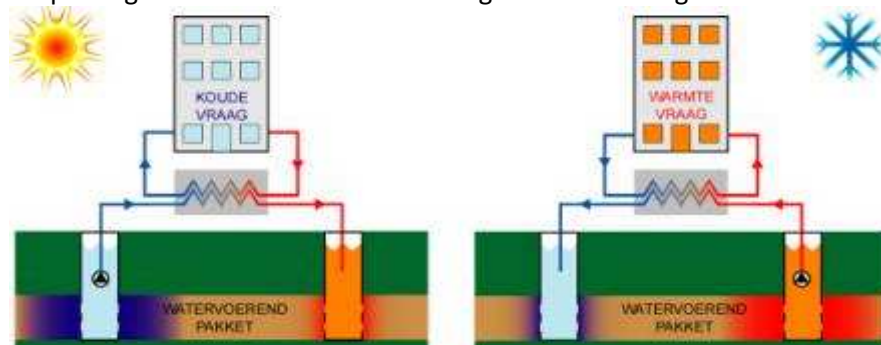
Recirculatie is het meest eenvoudige systeem, zie figuur 3.1.-3. Er wordt gewerkt met een vaste onttrekkings- en een vaste injectiebron. Grondwater van 10 à 12 °C wordt opgepompt en naar de gebruiker geleid. Afhankelijk van de behoefte wordt aan het water warmte toegevoerd (koeling van een gebouw in de zomer), of warmte afgevoerd (verwarming in de winter). Dit resulteert dat het water in de winter met circa 8 °C en in de zomer met circa 17 °C in de bodem wordt geïnjecteerd. Deze temperatuur schommelingen dempen elkaar in de bodem uit. De minimale afstand tussen de injectie en de onttrekkingsbron ligt vaak rond de 50 meter. Dit systeem is geschikt voor industriële koeling, maar kan ook in de utiliteitsbouw aantrekkelijk zijn, vooral voor kleinere installaties.



Figuur 3-3 Recirculatie principe⁹

Warmte en koude bronsysteem

Ook een warmte- en koudebronsysteem, figuur 3.1-4¹⁰, maakt gebruik van twee putten, een zogenaamd doublet. In de winter wordt grondwater uit de warme bron gepompt, waarna het de warmte afgeeft aan de gebruiker, meestal via een warmtepomp. Eventueel wordt afgekoeld met een koeltoren. Het afgekoelde water (rond 7 °C) wordt vervolgens geïnjecteerd in de koude bron. In de zomer draait dit proces (en de stromingsrichting van het grondwater) om. Water uit de koude bron wordt dan gebruikt voor koeling, waarna het met een hogere temperatuur (rond 20 °C) weer in de warme bron wordt opgeslagen. Winterkoude wordt opgeslagen voor gebruik in de zomer en zomerwarmte wordt opgeslagen voor gebruik in de winter. Het warmte- koude bronsysteem is energetisch iets voordeliger maar gecompliceerder dan het recirculatiesysteem. Het vindt vooral toepassing in situaties met een relatief grote koudevraag.



Figuur 3-4 warmte/koude bronsysteem of doublet¹¹

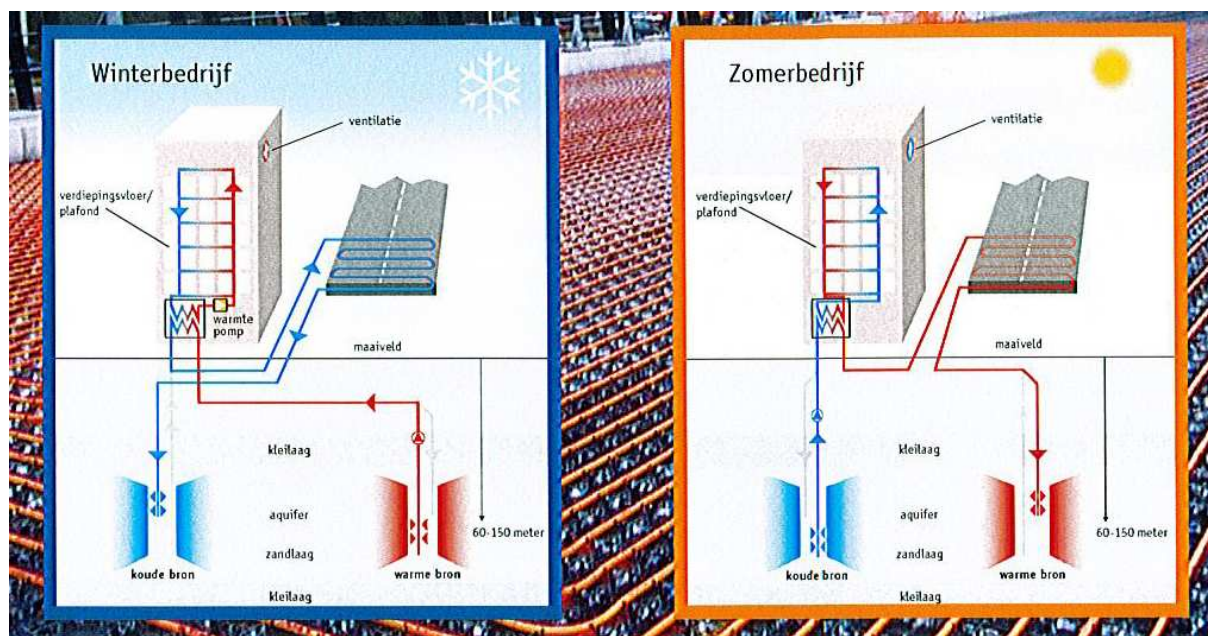
⁹ Bron: http://www.duratherm.nl/aardwarmte/open_bron_systemen.php

¹⁰ Bron: <http://www.energieportal.nl/tag/Nijmegen/Nijmegen.html>

¹¹ Bron: <http://www.grondboringennederland.nl/aardwarmte/wko.html>

3.1.1. Energiebalans

Wanneer de warmtevraag groter is dan de koudevraag, of andersom, is er sprake van onbalans. Als de energievraag niet in balans komt zal dit op de lange termijn problemen geven in de bedrijfszekerheid van het systeem en kan op enig moment niet meer aan de warmte of koude behoefte van de gebruiker worden voldaan. Ook kan onbalans problemen geven voor naburige systemen. Daarom heeft de overheid regels gesteld ten aanzien van het gebruik van WKO-systemen, onder andere de energiebalans. Voor het in gebruik hebben van een 'open' WKO-systeem moet daarom een vergunning aangevraagd worden bij de provincie. Om het systeem toch in balans te krijgen moet aanvullende maatregelen worden getroffen. Dit kan door extra warmte of koude te laden in tijden wanneer dit voorhanden is. Dit kan bijvoorbeeld met zonnecollectoren of asfaltcollectoren. Ook kan een luchtbehandelingskast worden geplaatst om zo in de winter extra koude te laden voor koeling in de zomer. Bij dit onderzoek is gerekend met asfaltcollectoren. Dit is een soort omgekeerde vloerverwarming verwerkt in een asfaltwegdek. De warmte die in de zomer beschikbaar is door verwarming van het wegdek door de zon, wordt dan opgeslagen in de bodem om dit in de winter weer te gebruiken. Of zoals bij dit project om extra warmte te laden om de bodem op te warmen. Hieronder is een afbeelding te zien van een asfaltcollector.

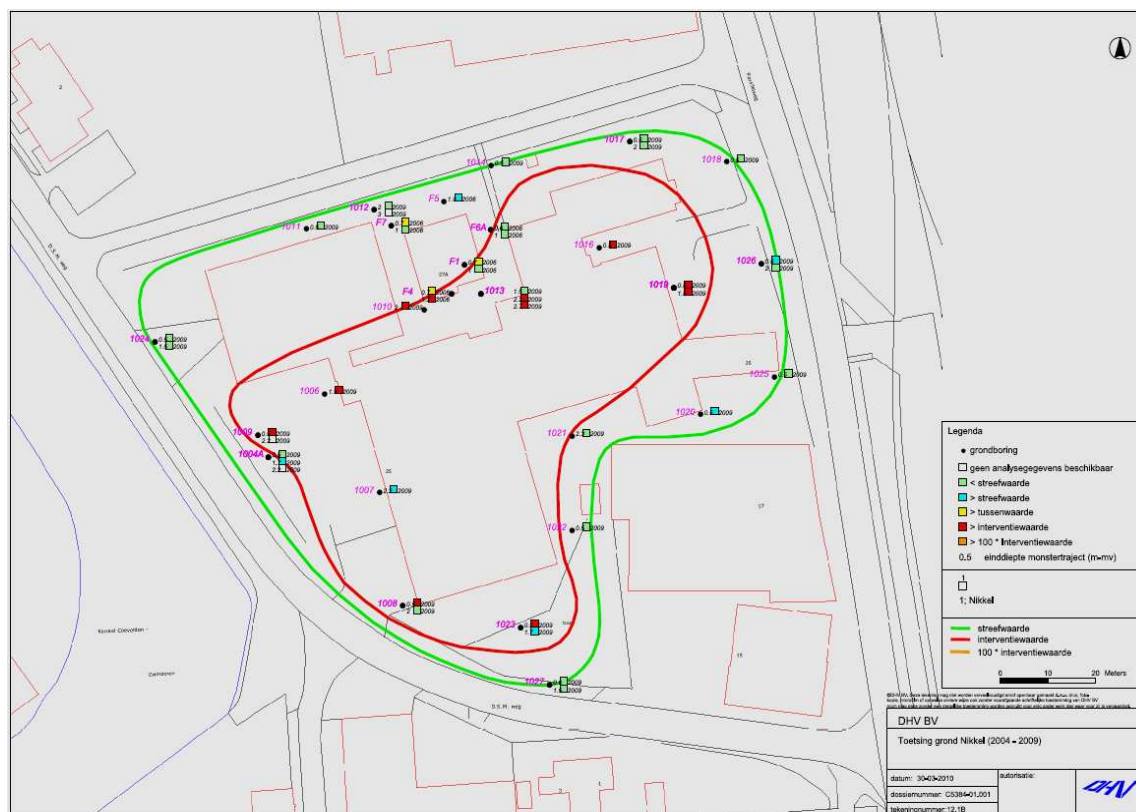


Figuur 3-5 Asfaltcollectorsysteem¹²

¹² Bron: Ooms Avenhorn Groep.

3.2. Verontreinigingssituatie Holwert-Zuid

In de grond en het grondwater zijn verontreinigingen met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOC) en nikkel aangetroffen tot boven de interventiewaarden. In de grond is de verontreiniging vanaf maaiveld tot circa 2,7 m - mv in beeld gebracht, zie figuur 3.2-1. Vanaf 2,7 m - mv is de grondverontreiniging in verband met de zeer hoge concentraties VOC in het grondwater niet verder afgeperkt. Van verdere verticale afperking is afgezien, omdat de hoge concentraties in het grondwater zorgen voor een vertekend beeld van de grondverontreiniging. In het grondwater zijn verontreinigingen aanwezig van circa 1,5 m – mv (actueel grondwatervniveau) tot ongeveer 70 m - mv. Op 50 m – mv zijn nog zeer hoge concentraties aangetroffen. Op 80 m - mv zijn geen verhoogde concentraties aangetroffen in het grondwater. Met gegevens over de ontstaansgeschiedenis, grondwaterstroomsnelheden en stofeigenschappen zijn berekeningen gemaakt van de verspreiding in het grondwater dieper dan vijftig m - mv en is een contour vastgesteld. Plaatselijk, op een diepte van 3 – 5 meter-, 20 – 25 meter-, en 32 – 40 meter – mv, zijn dusdanig hoge concentraties aangetroffen dat mogelijk sprake is van zaklagen met puur product. Als gevolg van de omvangrijke verontreiniging in het grondwater is sprake van een ‘pluimvorming’ van de verontreiniging. Doordat het grondwater in zuidelijke richting stroomt, is ten zuiden van de Krimweg sprake van een pluim van circa 10.800.000 m³ met een afstand van de locatie van 600 tot 1000 meter. De omvang van de verontreiniging waarbij de interventiewaarde wordt overschreden is voor grond 16.000 m³. Voor grondwater is de omvang geschat op 14.000.000 m³ boven de interventiewaarde. De totale verontreiniging in het grondwater boven de streefwaarde is geschat op 21.000.000 m³. In bijlage 3 zijn situatietekeningen¹³ opgenomen van de verontreinigingen op verschillende diepten.



3.3. Voorgestelde saneringsopzet Holwert-Zuid¹⁴

Door DHV is in opdracht van het bevoegd gezag, de provincie Drenthe, een saneringsonderzoek uitgevoerd. In opdracht van de gemeente Coevorden is door DHV een saneringsplan opgesteld. Het betreft een gefaseerde sanering met als doel de bouw van woningen en utiliteit mogelijk te maken en de risico's van de verontreiniging te beheersen. Als eerste zal de bovengrond worden gesaneerd door één meter van de verontreiniging, groter dan de interventiewaarde, weg te nemen door het ontgraven daarvan. Het terrein zal na de sanering met één meter worden opgehoogd ten opzichte van het huidige peil. Hierdoor zal een leeflaag van twee meter dik ontstaan. Daarna zal met behulp van directe injectie, substraat en nutriënten worden geïnjecteerd in de kern van de verontreiniging om biologische afbraak te stimuleren. Verder zal met behulp van infiltratie van substraat en nutriënten de biologische afbraak op grotere diepte (vanaf 10 m-mv) worden gestimuleerd.

Er zijn vier verschillende saneringsvarianten uitgewerkt. De financieel meest aantrekkelijke lijkt de variant waarin de biologische afbraak wordt gestimuleerd. Specifieke uitgangspunten voor deze variant zijn:

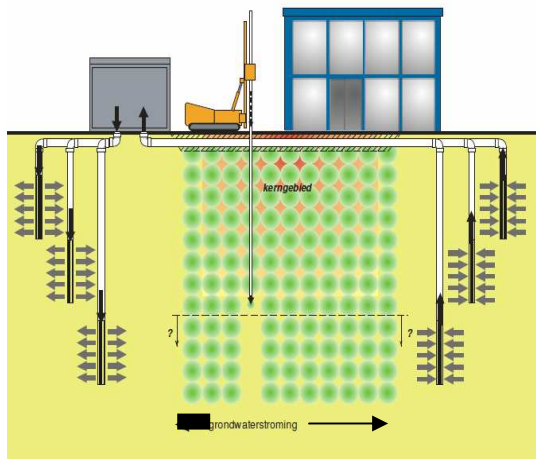
- De bovengrond wordt gesaneerd door één meter van de verontreiniging, groter dan de interventiewaarde, weg te nemen door het ontgraven daarvan;
- Het terrein zal na de sanering met één meter worden opgehoogd ten opzichte van het huidige peil. Hierdoor zal een leeflaag van twee meter dik ontstaan;
- Met behulp van directe injectie worden substraat en nutriënten geïnjecteerd in de kern van de verontreiniging om biologische afbraak te stimuleren;
- Met behulp van infiltratie van substraat en nutriënten zal de biologische afbraak op grotere diepte (vanaf 10 m-mv) worden gestimuleerd;
- Beheersing van de kernzone door middel van het aanbrengen en in stand houden van een biologisch anaerobe zone onder (tot 35 m-mv) en naast het kerngebied. Deze beheersing heeft als bijkomend voordeel dat een aanvullende vrachtreductie van gechloreerde koolwaterstoffen plaatsvindt;
- Monitoren van de vrachtverwijdering en beheersing;
- Het monitoren van de pluim.

De uit te werken vierde variant voor het saneringsonderzoek CPC bestaat uit de volgende onderdelen/fasen:

1. Voorafgaande aan de bouwwerkzaamheden:
 - a. ontgraving ten behoeve van vrachtverwijdering VOCl in grond.
 - b. directe injectie met injectielans van koolstofbron, nutriënten (en eventueel biomassa) ten behoeve van vrachtverwijdering VOCl in grondwater.
 - c. aanleg van een onttrekkingssysteem (en eventueel extra infiltratiefilters onder de toekomstige bebouwing).
 - d. aanleg van een monitoringssysteem onder de toekomstige bebouwing.
2. Na afronding van de bouwwerkzaamheden:
 - a. aanleg van een monitoringssysteem buiten de bebouwing.
 - b. afhankelijk van de monitoringsresultaten:
 - i. alleen voortzetting van de monitoring van de verontreiniging of
 - ii. gedeeltelijke/gefaseerde aanleg van een infiltratie- en ontstekingsstelsel, waarna beheersing (milde vrachtverwijdering) of verdere intensieve vrachtverwijdering door middel van infiltratie en onttrekking in kerngebied (tot 25 m¹) en beheersing tot 35 m¹.

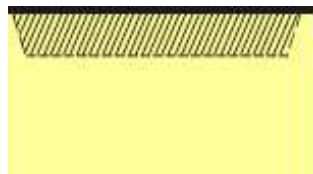
Op basis van de duur van de sanering en de verwachte investeringen om de sanering uit te voeren, lijkt deze variant de meest kosteneffectieve variant. In Figuur 3-7 is een principeschets te zien.

¹⁴Bron: Parallelweg 27 Coevorden (CPC-terrein), Saneringsonderzoek - variant 4 (concept), juni 2010



Figuur 3-7 Principeschema's sanering CPC-terrein

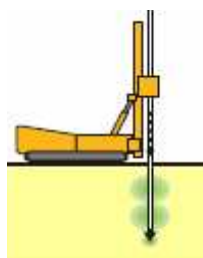
Ontgraving:



- Wordt ingezet om zoveel mogelijk vracht aan VOCl te verwijderen in de onverzadigde zone.
- Wordt onder de grondwaterstand doorgezet om enerzijds aanvullend vracht te verwijderen en anderzijds storende lagen (leem, veen tot maximaal 3,0 m-mv) te verwijderen om ongewenste nalevering naar het grondwater zoveel mogelijk te voorkomen.

Figuur 3-8 Ontgraving

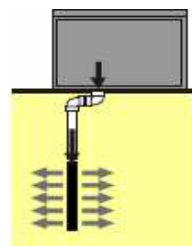
Directe injectie:



- Wordt in het bijzonder ingezet om grote hoeveelheden voedingsstoffen in de bodem te brengen om de biologische afbraak van grote hoeveelheden VOCl te stimuleren. De injectiefilters bestaan uit een dicht raster (ongeveer 3 bij 3 m) waardoor het mogelijk is om in een redelijk kort tijdsbestek hoge dosering aan voedingsstoffen aan te brengen. Of directe injectie ook in de laag dieper dan 23 m-mv mogelijk is, dient nog vastgesteld te worden.

Figuur 3-9 Directe injectie

Infiltratie en onttrekking:



- Er wordt gebruik gemaakt van een onttrekkings- en infiltratiesysteem. Aan het onttrokken grondwater worden een koolstofbron, nutriënten en indien noodzakelijk de juiste bacteriën toegevoegd, waarna het grondwater weer wordt geïnfilteerd in de bodem. Hierdoor wordt de biologische afbraak van de gechloreerde verontreinigingen in de bodem (in-situ) gestimuleerd;

Figuur 3-10 Infiltratie

- Betreft een aanvulling op directe injectie en wordt ingezet om onder en stroomafwaarts van de kernzone de door directe injectie gecreëerde biologisch actieve zone in stand te houden;
- Indien in de bodemlaag van 23 tot 38,5 m beneden maaiveld geen directe injectie wordt uitgevoerd, wordt met dit systeem tevens de biologisch actieve zone gecreëerd;
- Kenmerkend voor deze biologisch actieve zone is dat deze naast vrachtverwijdering tevens pluimgericht is. Verspreiding van verontreiniging wordt geminimaliseerd door het afbreken van de uitlopende verontreinigingen in de biologische actieve zone.

3.4. Combinatie WKO en sanering¹⁵

Omdat dit een onderzoek is naar de haalbaarheid van WKO en biologische grondwatersanering, wordt in deze paragraaf globaal ingegaan op de invloed van energieopslag (warmte) in de bodem. Omdat gekozen is voor een saneringsvariant met biologische afbraak worden enkele verwachte effecten genoemd. Het grootste effect wordt verwacht door de temperatuurverhoging ter plaatse van de opslag van warmte in de bodem.

3.4.1. Algemeen

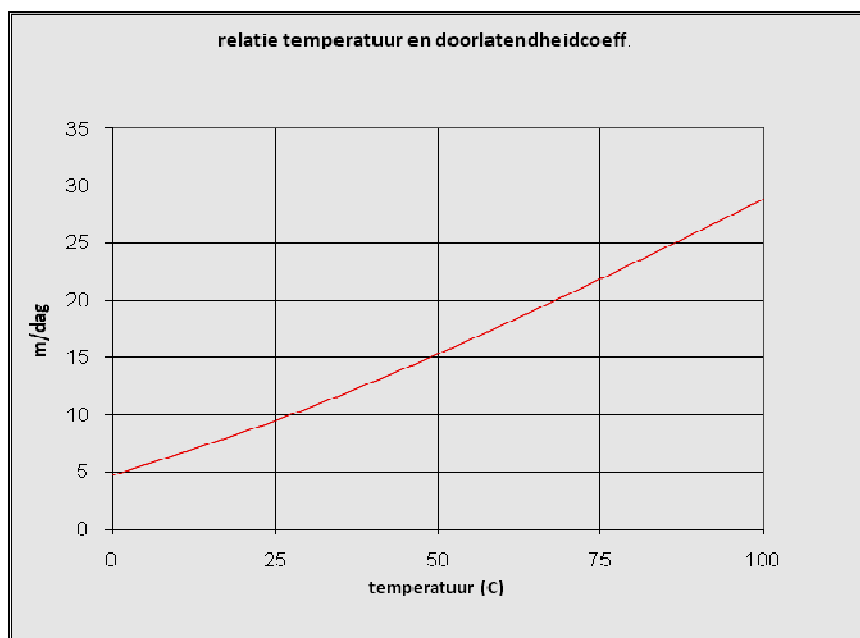
De temperatuur heeft invloed op fysische, chemische en biologische processen. In-situ bodemsaneringen zoals gestimuleerde biologische afbraak is gebaseerd op een dergelijk proces. Invloed op het bodemsaneringsproces is aannemelijk. Het blijkt dat vele parameters, van invloed op het bodemsaneringsproces, temperatuursafhankelijk zijn. Onderstaand wordt een aantal parameters beschreven die van invloed zijn op het functioneren van in-situ saneringen.

3.4.2. Fysische en chemische processen

De invloed van temperatuursverhoging op fysische en chemische processen is aanzienlijk. Vele parameters veranderen ten gunste van de sanering. Enkele voorbeelden die specifiek bij bodemsanering voorkomen zijn:

- De waterdoorlatendheid van de bodem wordt groter naarmate de temperatuur van de bodem stijgt;
- De oplosbaarheid van stoffen (verontreinigingen) wordt groter naarmate de temperatuur van het grondwater stijgt, ten gevolge hiervan neemt de adsorptiecapaciteit van de bodem af;
- De oplosbaarheid van gasen (verontreinigingen) in grondwater neemt af naarmate de temperatuur stijgt;
- De dampspanning van stoffen (verontreinigingen) in de bodem stijgt naarmate de temperatuur stijgt.

In figuur 3.4-1 is weergegeven wat de invloed is van de temperatuur op de doorlatendheid van de bodem. Hieruit kan worden opgemaakt dat naarmate de temperatuur van bodem stijgt de doorlatendheid toeneemt, waardoor meer grondwater kan worden onttrokken.

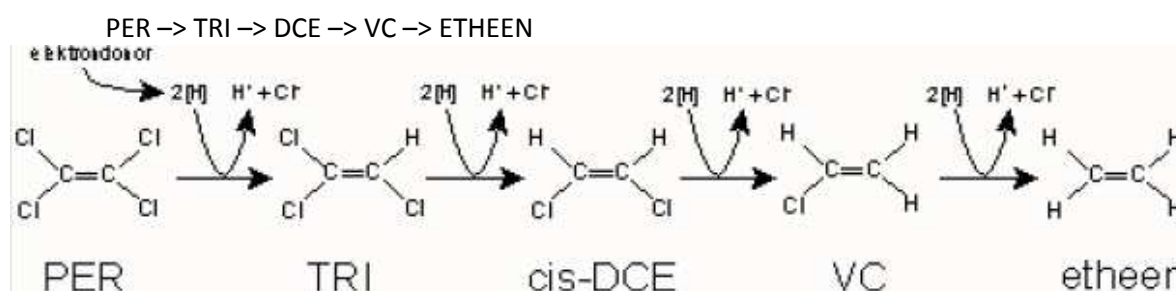


Figuur 3-11 relatie temperatuur t.o.v. doorlatendheidscoëfficiënt

¹⁵ Bron: Combineren van saneringsmaatregelen met een duurzaam energieopslagsysteem, i.o.v. gemeente Hogeveen, Royal Haskoning, 11 maart 2004

3.4.3. Biologisch anaeroob afbraakproces tetrachlooretheen (PER)¹⁶

In de Nederlandse bodem is enkele meters onder de grondwaterspiegel meestal sprake van anaerobe omstandigheden. Volledige biologische afbraak van PER vindt voornamelijk plaats door reductieve dechlorering. Hierbij fungeert de verontreiniging als elektronenacceptor en is naast de verontreiniging voldoende koolstofbron nodig. Bij reductieve dechlorering ontstaan lagere gechloreerde etheenverbindingen door het stapsgewijs afsplitsen van een chlooratoom. Zo ontstaat uit PER onder gunstige condities uiteindelijk, het onschadelijke, etheen. Etheen kan vervolgens nog wel verder afgebroken worden tot andere onschadelijke verbindingen. In de afbraak van PER door middel van reductieve dechlorering ontstaan achtereenvolgens de volgende stoffen:



Figuur 3-12 Afbraakroute PER¹⁷

PER = tetrachlooretheen

TRI = trichlooretheen

DCE = 1,2-dichlooretheen (vooral CIS = cis-1,2-dichlooretheen)

VC = vinylchloride (chlooretheen)

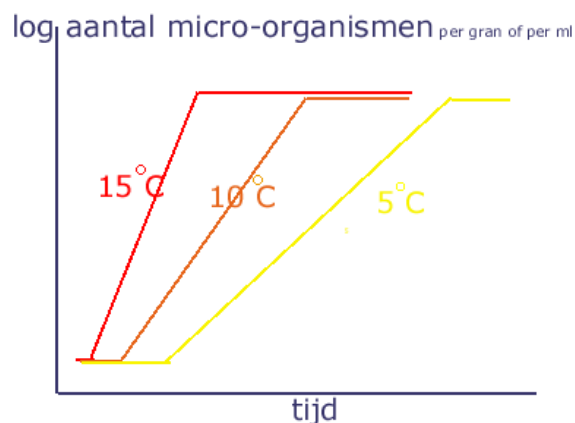
Het volledige afbraakproces kan voornamelijk goed plaats vinden onder methanogene omstandigheden, waarbij voldoende eenvoudig afbreekbare koolstofbron en de juiste bacteriën aanwezig dienen te zijn. Voor zover bekend is er slechts één bacteriesoort die PER tot etheen kan afbreken (*dehalococcoides ethenogenes*). Anaerobe biologische afbraak van PER treedt op bij hoge concentraties, maar voor zover bekend niet in puur product.

3.4.4. Invloed temperatuur op biologische processen

De invloed van temperatuursverhoging op biologische processen is net als bij fysische en chemische processen aanzienlijk. Het grondwater heeft een temperatuur van ongeveer 10 °C. Om de biologische afbraak sneller te laten verlopen is een verhoging van de temperatuur nodig. Als vuistregel wordt gehanteerd dat in het temperatuurtraject tussen 10 °C tot circa 35 °C, per elke 10 °C stijging, de biologische activiteit verdubbelt. Uitgaande dat een procestemperatuur van 10° naar 30 °C wordt verwarmd, stijgt de biologische activiteit met een factor 4. Wat betekent dat biologische zuiveringen (bijvoorbeeld biorotor, biotrickling) kleiner gedimensioneerd kunnen worden of een hogere belastingscapaciteit kunnen verwerken. Met betrekking tot biologische in-situ sanering betekent bovenstaande, dat de saneringsduur aanzienlijk kan worden verkort doordat de afbraaktijden van de verontreiniging door micro-organismen per 10 °C temperatuurstijging halveert. In figuur 3.4-1 is in een groeicurve te zien wat de invloed is van een temperatuurstijging op de groei (aantal celdelingen) van micro-organismen. Bij 15 °C is in een veel korter tijdsbestek dezelfde hoeveelheid micro-organismen tegenover dezelfde hoeveelheid micro-organismen in ongeveer vier keer zoveel tijd bij 5 °C. Bij biologische sanering is deze groei ook te vertalen in afbraak van verontreiniging, er zijn immers, in een korter tijdsbestek, meer bacteriën om de verontreiniging af te breken.

¹⁶ Bron: Rapport nader bodemonderzoek Parallelweg 27 Coevorden CPC-terrein, DHV maart 2010

¹⁷ Bron: Handleiding Boeg



Figuur 3-13 Groeicurve invloed temperatuur op micro-organismen¹⁸

3.5. Lokale bodemopbouw Holwert-Zuid

De bodemopbouw ter plaatse van het Holwert-Zuid bestaat hoofdzakelijk uit zand. Er zijn verschillende boringen geplaatst tot 80 m – mv. De lokale bodemopbouw is in tabel 3.5-1 weergegeven.

Diepte (m-mv)	Omschrijving	Samenstelling	
0 – 5,0	Deklaag (ondiep grondwater)	Zand – Matig fijn – Matig silthoudend	
5,0 – 24	Watervoerend pakket	Zand – Matig fijn tot matig grof – Matig grindhoudend – Plaatselijk zeer dunne kleilaagjes of leembandjes	
24 – 45	Watervoerend pakket	Zand – Matig grof tot zeer grof – Zwak tot sterk grindhoudend	
45 – 50	Watervoerend pakket	Zand – Grof, matig humeus – Matig grindhoudend – Plaatselijk kleilaagje	
50 – 67	Watervoerend pakket	Zand – Matig grof, plaatselijk fijn – Overwegend zwak tot sterk grindhoudend of – Zeer plaatselijk dun kleilaagje	
67 – 80	Watervoerend pakket	Zand – Matig fijn – Licht silthoudend	
80	Einde boring		

Fijn	
Grof	
Grind	
Klei	

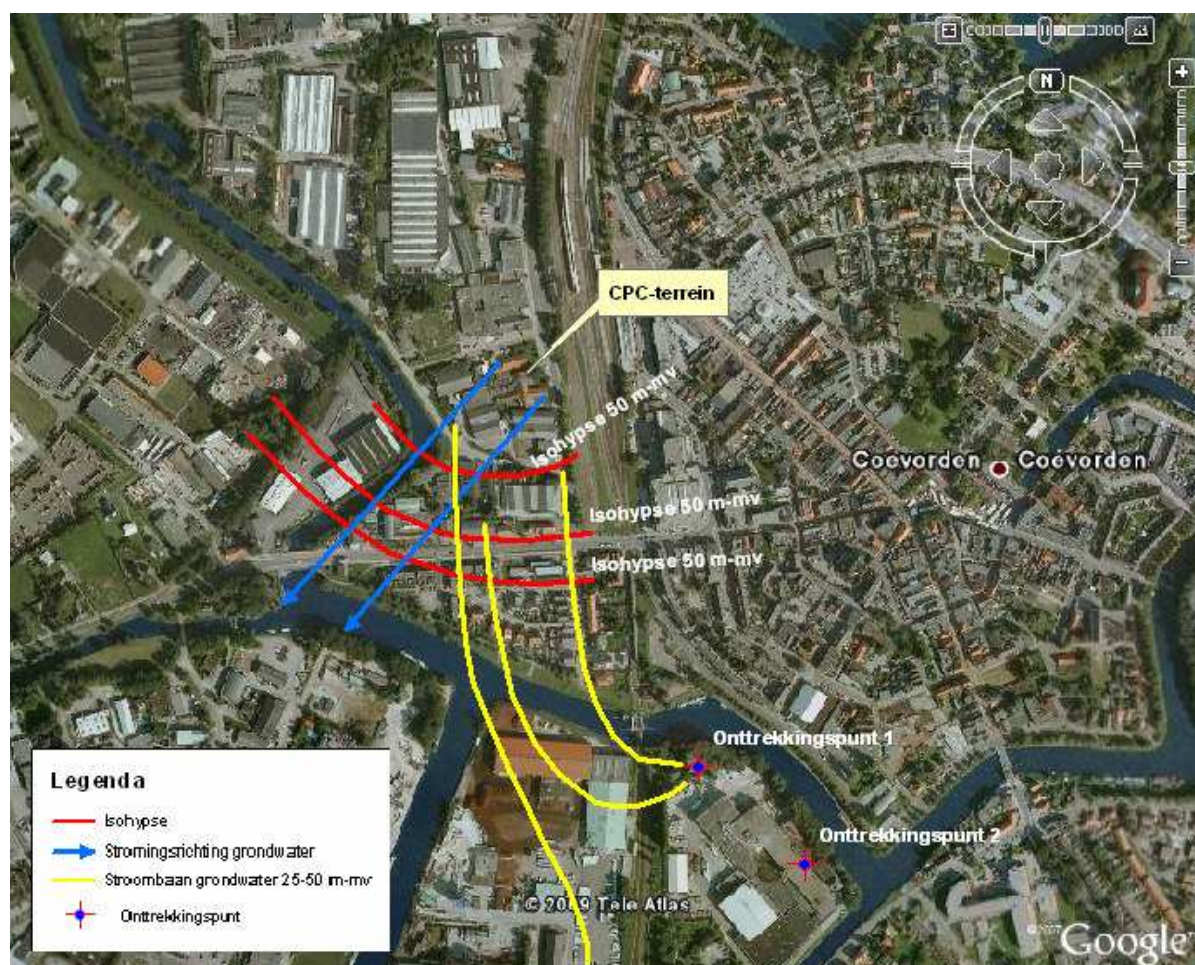
Tabel 3.5-1 Lokale bodemopbouw¹⁹

¹⁸ Bron: <http://www.microbiologie.info/images/bacteriegroei/3tempgroei.GIF>

¹⁹ Bron: Bijlage 3 van Rapport nader bodemonderzoek Parallelweg 27 Coevorden CPC-terrein, DHV maart 2010

3.6. Regionale grondwaterstroming²⁰

De regionale stromingsrichting van het ondiepe grondwater is in Coevorden zuid en zuidwest gericht (blauwe pijlen in figuur 3.6-1). Ter plaatse van het onderzoeksgebied kan de stromingsrichting van het freatische grondwater onder invloed staan van het kanaal Coevorden-Zwinderen of een mogelijke drainerende werking van het voormalige Loodiep. Voor het diepe grondwater is sprake van een verhang van 0,5 m over een afstand van 2.000 m. De kD-waarde van het watervoerende pakket bedraagt 1.500 - 2.000 m²/dag. Met een k-waarde van 30 m/dag en een porositeit van 0,3 kan een stromingssnelheid worden afgeleid van 2,5 à 3 cm/dag, circa 10 meter per jaar. In het gebied is sprake van wegzijging van instromend regenwater.



Figuur 3-14 Stromingsrichting grondwater o.b.v. de uitgevoerde bodemonderzoeken²¹

²⁰ Bron: Rapport nader bodemonderzoek Parallelweg 27 Coevorden CPC-terrein, DHV maart 2010

²¹ Bron: Rapport nader bodemonderzoek Parallelweg 27 Coevorden CPC-terrein, DHV maart 2010

4. METHODE VAN HET ONDERZOEK

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke methode is gebruikt om een antwoord te geven op de onderzoeksvragen. De antwoorden op de subvragen leiden naar een antwoord op de hoofdvraag.

Hoofdvraag:

- Is een gecombineerde aanpak technisch, economisch en milieutechnisch haalbaar?

Voor de hoofdvraag wordt gebruik gemaakt van de antwoorden op de subvragen. Hoe meer subvragen zijn beantwoord, hoe betrouwbaarder de uitspraak over de haalbaarheid.

Om een antwoord te geven op de hoofdvraag zijn de volgende *subvragen* geformuleerd:

- Welke belemmeringen zijn er voor het toepassen van WKO in het ontwikkelgebied?;
- Welke mogelijkheden zijn er voor het toepassen van WKO in het ontwikkelingsgebied?

Voor een antwoord op deze vraag zijn de bodemgegevens, die met de vele bodemonderzoeken zijn verzameld, bestudeerd. Ook zijn de parameters die nodig zijn voor het berekenen van de stroomsnelheden en doorlatendheid uit de bodemonderzoeken gehaald. Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke indeling van het onderzoeksgebied zijn luchtfoto's bestudeerd en het stedenbouwkundige plan. Uit de bestaande situatie en de nieuw te realiseren inrichting is inzicht gekregen op de mogelijkheden voor het aanleggen van WKO-systemen. Ook is de verontreinigingssituatie bestudeerd aan de hand van de uitgevoerde bodemonderzoeken. Omdat dit een rechtstreeks verband heeft met het plaatsen van de WKO-systemen. Omdat de verontreinigingsgraad ook een belemmering kan zijn voor het toepassen van WKO is studie gedaan naar de ernst van de verontreiniging. De bodemopbouw (textuur) is van belang voor WKO. Om inzicht te krijgen in andere mogelijke obstakels die WKO belemmeren zijn de KLIC-gegevens bestudeerd van de ondergrondse infrastructuur. Aan de hand van bestaande boringen is gekeken wat de textuur is. Uit de verschillende bodemonderzoeken blijkt de verontreinigingsgraad. Aanvullende boringen worden niet nodig geacht. Verder is geïnterviewd of andere WKO-systemen in de omgeving aanwezig zijn door vast te stellen hoeveel meldingen bij de provincie zijn gedaan voor de aanleg van WKO-systemen, ook bij de gemeente is gevraagd naar informatie over eventueel bekende WKO-systemen. Door resultaten van (al bestaande) gecombineerde systemen te onderzoeken zal een zo goed mogelijke uitspraak gedaan kunnen worden over de combinatie van WKO met biologische grondwatersanering.

- Wat is de energievraag (afzetmogelijkheid) voor WKO?;

Bij het Bouwfonds (projectontwikkelaar voormalig CPC-terrein) zijn gegevens opgevraagd ten aanzien van het bruto vloeroppervlak, bruto inhoud (utiliteitsgebouwen) en de functie van de gebouwen in het nieuw in te richten gebied. Voor het berekenen van de energievraag voor de woningen is gebruik gemaakt van de referentiewoningen zoals Agentschap NL²² die op haar site heeft vermeld. Verder is gebruik gemaakt van gegevens van een energie adviesbureau. De formules die nodig zijn om de energievraag en de benodigde opslagcapaciteit te berekenen komen uit de "NVOE-Richtlijnen voor Ondergrondse Energieopslag" Met behulp van al deze gegevens is de energievraag berekend.

- Hoeveel potentiële (bodem)energie is er beschikbaar?;

Om de potentie van energie(opslag) inzichtelijk te krijgen is gebruik gemaakt van de gegevens over de bodemopbouw (textuur) en de grondwaterstroming die vastgesteld zijn in de verschillende, ter plaatse uitgevoerde, bodemonderzoeken. Ook is beoordeeld welk watervoerend pakket geschikt is voor WKO. Voor het berekenen van de energiepotentie zijn de formules uit de "NVOE-Richtlijnen voor Ondergrondse Energieopslag" gebruikt.

²² Agentschap NL is hét aanspreekpunt voor bedrijven, kennisinstellingen en overheden bij het ministerie van VROM

- Past de combinatie WKO–biologische grondwatersanering bij de voorgestelde saneringsopzet?;

De voorgestelde saneringsopzet is stimulering van de biologische afbraak in de kern en de pluim. Er is gekeken naar de combinatie van WKO en biologische grondwatersanering. Op enkele plaatsen in Nederland lopen op dit moment gecombineerde WKO's met grondwatersanering. De bedoeling was resultaten van (al bestaande) gecombineerde systemen te onderzoeken om een zo goed mogelijke uitspraak te kunnen doen over de mogelijkheden van combinatie van WKO met biologische grondwatersanering. Deze gegevens waren niet te verkrijgen omdat de onderzoeken, naar de werking van de systemen, nog niet afgerond zijn. Daarom is op basis van de berekende gegevens een uitspraak gedaan over de mogelijkheid van een combinatie van het stimuleren van biologische afbraak met behulp van WKO.

- Is er in de omgeving 'restwarmte' beschikbaar die ingezet kan worden als WKO t.b.v. de sanering?;

Het zal een tijd duren voordat de temperatuur in de bodem oploopt op de plaats waar de warmte in de bodem opgeslagen wordt. Om de biologie te stimuleren is extra warmte in de beginperiode nodig om dit een kans van slagen geven. Daarom is in de omgeving gezocht naar 'restwarmte' die mogelijk beschikbaar is voor opslag.

- Welke effecten heeft de combinatie WKO –biologische grondwatersanering op het saneringsresultaat?

a) Technisch;

Aan de hand van de antwoorden op voorgaande subvragen is beschreven of er een positief of negatief effect op het saneringsresultaat wordt verwacht, dus gaat het sneller of langzamer dan bij een situatie waar er geen combinatie plaatsvindt. Het antwoord op deze vraag is onder andere voortgekomen uit het antwoord of biologische afbraak gestimuleerd wordt met WKO door de temperatuur te verhogen. Verder is onderzoek geweest naar de technische mogelijkheden van het gebruik van verontreinigd grondwater in WKO-systemen.

b) Economisch;

Is een gecombineerde aanpak duurder of goedkoper dan een niet gecombineerde aanpak. Door de kosten van de aanleg van een separaat WKO-systeem en een grondwatersanering te vergelijken met de kosten voor een gecombineerd systeem is een uitspraak gedaan over kostenreductie of verhoging bij de verschillende mogelijkheden. Hierbij is ook gekeken naar de besparingen op het energieverbruik en wat de eventuele verkorting van de saneringstijd oplevert in euro's.

c) Milieu;

Hierbij is gekeken naar de milieuwinst die een gecombineerde aanpak wel of niet mogelijk maakt. Door een vergelijking te maken van de saneringstijd bij een gecombineerde en eenvoudige aanpak met het uiteindelijk te verwachten resultaat over de tijd is getracht inzicht te krijgen in de effecten. De vraag over CO₂-reductie past ook bij het onderwerp milieueffecten en is daarom hieronder weergegeven.

- Hoeveel is de globale CO₂-reductie van een gecombineerd systeem?

Om hier een antwoord op te geven is op basis van de 'energievraag' voor de in te richten locatie een vergelijking gemaakt met het gebruik van fossiele brandstoffen tegenover de energie vrijkomend uit WKO. Dit is vertaald in CO₂-reductie.

5. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten die het onderzoek opgeleverd hebben. Vervolgens worden de resultaten besproken per onderzoeksvraag. De resultaten zullen weer input geven voor het trekken van conclusies. Het doel van de antwoorden op de subvragen is de hoofdvraag uit het onderzoek te beantwoorden: is een gecombineerde aanpak haalbaar?

5.1. Belemmeringen voor het toepassen van WKO in verontreinigd gebied

Het toepassen van warmte- en koudeopslag in de bodem is niet overal in Nederland mogelijk. Als de bodem wel geschikt is zijn er nog andere voorwaarden die voor een goed werkend systeem nodig zijn. Belemmeringen die warmte- en koudeopslag moeilijker of zelfs onmogelijk maken worden hier genoemd. Als eerste het gegeven dat er ter plaatse een verontreiniging is vastgesteld is in eerste instantie een belemmering om WKO toe te passen. De verontreinigingen kunnen bijvoorbeeld het gebruikte materiaal aantasten. VOCl zal in veel gevallen PVC week maken en in het ergste geval doen oplossen. PVC is juist een veel gebruikt materiaal bij het plaatsen van onttrekkingsbronnen. Bepaalde materiaalkeuzes kunnen daarom een belemmering zijn. Bij bepaalde open systemen is het niet ondenkbaar dat bij het oppompen van grondwater toch zuurstof in het water terecht komt waardoor oxidatie van het aanwezige ijzer in het grondwater plaatsvindt. Oxidatie van ijzer kan problemen geven ten aanzien van een goede werking van het systeem, bijvoorbeeld doordat waaiers in pomphuisen verstopt raken door ophoping van roest. Roestvorming kan infiltratie van het grondwater vertragen of zelfs onmogelijk maken. Het verhoogde zuurstofgehalte in het grondwater kan problemen geven bij biologische afbraak. Voor VOCl verontreiniging geldt dat biologische afbraak het beste werkt in anaerobe omstandigheden. Een andere belemmering is dat het onwenselijk is zuurstofrijk water te infiltreren om meerdere redenen. Onder andere oxidatie van bijvoorbeeld ijzer in het watervoerende pakket zelf. Het toepassen van een WKO-systeem zou dus biologische afbraak kunnen afremmen, in dat geval zal het uiteindelijke saneringsdoel negatief worden beïnvloed. Het verschil tussen de warmtevraag en de koudevraag ten behoeve van de gebruikers is te groot om in balans te komen. Het niet in balans zijn of uiteindelijk komen van het systeem kan op twee manieren een belemmering zijn om WKO toe te passen. Enerzijds omdat de vergunningverlenende instantie een thermische onbalans niet toestaat, anderzijds omdat dit op enig moment problemen kan geven met de werking van het WKO-systeem. Daarmee komt de betrouwbaarheid van het WKO-systeem in het geding. In Tabel 5.1-1 zijn de belemmeringen samengevat.

	Belemmering t.a.v. WKO en grondwaterverontreiniging
1	Grond- resp. grondwaterverontreiniging $> 6000 \text{ m}^3 > I$ ($13.000.000 \text{ m}^3$ bodemvolume $> 100 \times I$)
2	Materiaalkeuze onttrekking- en infiltratiebronnen voor WKO
3	Kans op ongecontroleerde verspreiding van de verontreiniging
4	Verandering van de zuurstofconcentratie in het grondwater door het oppompen en infiltreren
5	Verstopping van filters en pompen
6	Afremming biologische activiteiten in de bodem, is negatief voor uiteindelijk saneringsdoel
7	De energievraag is thermisch niet in balans (problemen t.a.v. vergunningverlener en afbraak)

Tabel 5.1-1 samenvatting belemmeringen t.a.v. WKO en grondwaterverontreiniging

5.2. Mogelijkheden toepassen WKO

Er zijn vele mogelijkheden om WKO toe te passen, zowel van de systeemconfiguratie als de toepassingsmogelijkheden. Het hoofdgebruik is verwarming en koeling van gebouwen. Bij de aanleg kan gelet worden op de verontreinigingssituatie ten aanzien van de aanleg van het systeem, dus hoe worden de bronnen geplaatst. Om gebruik te maken van de warmteopslag om de microbacteriële groei te stimuleren in de bodem waardoor de verontreiniging - sneller - afbreekt is de plaats van de warmteopslag cruciaal. Tegelijk komt daarbij de vraag waar de koudeopslag moet worden gepositioneerd. Volgens de voorschriften moet het systeem, over het jaar genomen, thermisch in balans zijn. Bij afwijkende toepassingen, zoals het stimuleren van biologische afbraak ten behoeve van bodemsanering, kan men hiervan afwijken. Gezien het onderzoek naar haalbaarheid van WKO in combinatie met grondwatersanering ligt het meest voor de hand dat een configuratie wordt gekozen waarbij warmte in de verontreinigingsvlek wordt opgeslagen en koude 'buiten' de verontreinigingsvlek.

5.3. Energievraag (afzetmogelijkheid) voor WKO

Voor het bepalen van de energie vraag is de bruto vloeroppervlakte en de functie van de gebouwen vastgesteld. Er is 12.040 m² gereserveerd voor commerciële ruimte, waaronder supermarkten. Van de 12.040 m² zal circa 5.000 m² als parkeerplaats worden ingericht. Verder zullen 46 appartementen voor verhuur (sociale woningbouw) worden gerealiseerd met een totale oppervlakte van ongeveer 16.320 m². Er worden 94 koopwoningen, 16 appartementen en 78 grondgebonden rijwoningen gebouwd²³.

De energie vraag voor woningen is uitgedrukt in W/m², zowel voor de warmte vraag, als de koude vraag. De warmte vraag is tijdens de berekening opgesplitst in warmte vraag voor verwarming en tapwater. De berekeningen van de energie vraag voor het gedeelte 'detailhandel' waaronder supermarkten, zijn te vinden in de bijlage 4 (berekeningen). Er is 12.040 m² beschikbaar voor detailhandel, waarvan 5.000 m² als parkeergelegenheid. Er blijft dus 7.040 m² als gebruiksruimte over. Voor de detailhandel is gerekend met een EPC van $\leq 2,6$ ²⁴. Dit is de EPC-eis voor winkelpanden geldend vanaf 1 januari 2009²⁵. Voor de woningen is uitgegaan van de EPC eis van $\leq 0,6$. Met deze gegevens komt de berekende totale vraag, voor verwarming en tapwater, op: 2850 MWh per jaar. De totale koude vraag is 560 MWh per jaar. De cijfers over de warmte- en koude vraag voor woningen zijn verkregen via een adviesbureau voor energie prestatieadviezen (EPA)²⁶. Voor het leveren van warmte uit WKO is elektriciteit nodig. De benodigde energie in de vorm van elektriciteit in verhouding tot de geleverde warmte vraag is gemiddeld 1 op 4. Dit wordt ook wel Coëfficiënt of Performance (COP) genoemd. Met een COP van 1 op 4 wordt de warmte vraag, met behulp van een warmtepomp, voor één deel geleverd door de warmte die de pomp afgeeft bij het in bedrijf zijn om de drie delen warmte uit de bodem te leveren. Dit betekent dat er 2140 MW energie aan warmte uit de bodem wordt onttrokken en omgekeerd in de bodem wordt opgeslagen. Voor de koude vraag is de COP niet van toepassing. De hoeveelheid onttrokken of opgeslagen koude zal dus gelijk zijn als de vraag. Een warmtepomp wordt bij een WKO-systeem meestal niet gebruikt om te koelen. Doorgaans wordt gebruik gemaakt van 'passieve' koeling. Dat houdt in dat gekoeld wordt, door gebruik te maken van de grondwatertemperatuur uit de 'koude' opslag.

²³ Volgens de gegevens van het Bouwfonds op 29 juni 2010, de definitieve inrichting is nog niet vastgesteld. Een andere indeling van de ruimte is dus nog mogelijk.

²⁴ Bron: <http://www.s-w.nl/nieuws/&story=5>

²⁵ Bron: Agentschap NL

²⁶ Rendo Duurzaam

COP energievraag in verhouding bodemopslag - elektriciteit				
Warmtevraag in MWh			Koudevraag in MWh	
totaal warmtevraag	warmte uit opslag	warmte uit elektriciteit	totaal koudevraag	koude uit opslag
2850	2140	710	560	560

Tabel 5.3-1 Energievraag in warmte- of koude, uitgedrukt in MW

Als de warmte- of koudevraag wordt vertaald in benodigde opslag in de bodem, blijkt dat voor koudeopslag (vrijkomend t.b.v. de warmtevraag) 230.000 m³ grondwater (767.000 m³ bodemvolume) nodig is. Voor warmteopslag (vrijkomend t.b.v. de koudevraag) is 60.000 m³ grondwater (200.000 m³ bodemvolume) nodig. De gebruikte formules en berekeningen zijn te vinden in de bijlage 4.

Benodigde bodemvolume grondwater (inhoud) warmte- en koudeopslag in m ³			
Benodigde m ³ t.b.v. warmte	Opslag koude	Benodigde m ³ t.b.v. koude	Opslag warmte
767.000	767.000	200.000	200.000

Tabel 5.3-2 Inhoud bodemopslag warmte- en koude in m³

5.4. Hoeveel potentiële (bodem)energie is beschikbaar

Om de energiepotentie in de bodem vast te stellen is gebruik gemaakt van gegevens, tabel 5.1.4-1, uit een onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken.

Vocht	Textuur	Warmtegeleidings-coëfficiënt W/m, K			Warmte capaciteit MJ/m ³ , K		
		min	max	typ	min	max	typ
Verzadigd	Klei	0,90	2,22	1,60	1,60	3,40	2,40
	Leem	1,00	2,35	1,70	1,60	3,40	1,60
	Veen	0,20	0,70	0,40	0,50	3,80	2,20
	Zand, Matig grof t/m matig fijn	1,73	5,02	2,20	2,20	2,86	2,50
	Zand, Uiterst grof t/m middel grof zand (grindhoudend)	1,80	5,02	2,30	2,10	2,86	2,45
	Zand, slibhoudend	1,50	2,30	1,90	2,20	2,86	2,50
	Mergel	1,96	2,78	2,20	2,30	2,30	2,30
Onverzadigd	Klei	0,40	0,90	0,40	1,51	1,61	1,60
	Zand, Matig grof t/m matig fijn	0,27	0,75	0,40	1,30	1,60	1,40
	Zand, Uiterst grof t/m middel grof zand (grindhoudend)	0,35	0,50	0,45	1,20	1,60	1,35
	Zand, slibhoudend	0,27	0,75	0,40	1,30	1,60	1,40
	Zand, compact	1,1	1,5	1,35	1,30	1,60	1,40

Tabel 5.4-1 Referentiewaarden warmte-eigenschappen typische grondsoorten: minimum maximum en typische waarde voor de warmtegeleidingscoëfficiënt en warmtecapaciteit van enkele veel voorkomende grondsoorten (Witte en van Gelder, mei 2003)²⁷.

Ter plaatse van de verontreinigde locatie is sprake van een dik watervoerend pakket. Om de potentie van de opslagcapaciteit van de bodem uit te rekenen is uitgegaan van de oppervlakte van het te ontwikkelen gebied, maal de dikte van het watervoerende pakket. De oppervlakte van het te

²⁷ Bron: H.J.L. Witte en A.J. van Gelder, Kwaliteitsrichtlijn Verticale Bodemwarmtewisselaars, mei 2003, i.o.v. Ministerie van Economische Zaken

ontwikkelen gebied is 36.000 m². Het watervoerende pakket dat geschikt is voor WKO heeft een dikte van 55 meter, ongeveer van 24 m-mv tot 79 m-mv. Dit is 1.980.000 m³ ruimte voor opslag. Dit betekent dat er meer ruimte beschikbaar is dan op basis van de energievraag voor het te ontwikkelen gebied nodig is. Vertaald in capaciteit is dit 4.950.500 MJ · K voor het genoemde watervoerende pakket. Omdat de warmte- en koude opslag op voldoende afstand van elkaar geplaatst moet worden is ruimte nodig. De extra ruimte is in de omgeving te vinden. De beschikbare capaciteit overtreft daarmee enkele malen de gevraagde hoeveelheid. Zie tabel 5.4-2 voor een vergelijking ten opzichte van het te ontwikkelen gebied. Omdat niet het hele watervoerende pakket opgewarmd kan en hoeft te worden is gerekend met de omvang van de verontreiniging van $\geq 100 \times$ de interventiewaarde. Deze omvangbepaling staat in de bijlage 4 (berekeningen). De omvang van de verontreiniging van $\geq 100 \times$ de interventiewaarde betreft $\approx 1,3$ miljoen m³ bodemvolume. De energie die hieruit geleverd zou kunnen worden is $1,3 \text{ miljoen m}^3 \times 2,50^{28} \text{ MJ/m}^3, K \times \Delta T^{29}$ van 8 K = 26.000 GJ. Dit is voldoende om de gevraagde energie te kunnen leveren.

Opslagruimte versus opslagcapaciteit			
In m ³	Warmte	Energie (GJ, ΔT 8 K)	Koude
Omvang verontreiniging in bodemvolume	1.300.000	26.000	1.300.000
Energievraag	767.000	2.850	200.000
Opslagcapaciteit	1.980.000	39.600	1.980.000
Overcapaciteit	1.213.000	24.260	1.780.000

Tabel 5.4-2 Opslagruimte ten opzichte van beschikbare capaciteit

5.5. Welk WKO-systeem past het best bij de saneringsopzet?

In het onderzoek is nagegaan of een combinatie van WKO met grondwatersanering in de vorm van biologische afbraak haalbaar is. Het doel is om warmte in de bodem op te slaan om zo de biologische activiteit (afbraak) te versnellen. Er zijn verschillende varianten te bedenken. Welke is dan het meest effectief om de bodemtemperatuur omhoog te brengen? Een variant op de combinatie WKO – grondwatersanering is het onttrekken en infiltreren van grondwater (wel of niet met behulp van een grondwaterzuivering). Enerzijds als beheerssysteem en anderzijds als energieopslagsysteem. Bij een energieopslagsysteem wordt een temperatuur opgebouwd die als opslag dient voor respectievelijk warmte of koude. Een andere variant is dat met behulp van het WKO-systeem een grondwater-beheersing in het gebied plaatsvindt waarbij ook nutriënten ten behoeve van het stimuleren van de biologische afbraak toegevoegd worden. In de situatie zoals die bij de Holwert-Zuid aan de orde is, lijkt een open systeem het meest voor de hand liggend. Enerzijds vanwege de energievraag en anderzijds vanwege de mogelijkheden om WKO met grondwatersanering te combineren. Een gesloten systeem is economisch niet mogelijk. Dan blijft nog de keuze over tussen een ‘recirculatiesysteem’ en een opslagsysteem. Omdat we in de opzet van het onderzoek zijn uitgegaan voor het opwarmen van de bodem, met behulp van energieopslag in de bodem, blijft een energieopslagsysteem over. We kiezen daarom in dit onderzoek voor het opslaan van energie in respectievelijk een koude of warme bel, omdat we de afbraak willen stimuleren door de temperatuur te verhogen. Uit berekeningen blijkt dat de energievraag van de geplande bebouwing onvoldoende is om de bodem op te warmen. Ook is de energievraag onvoldoende om de hele verontreinigingsvlek, groter dan honderdmaal de interventiewaarde, op te warmen, maar slechts een deel. De biologische afbraak zal hierdoor niet worden gestimuleerd. Aanvullende energiebronnen zijn nodig om de bodem op te warmen. De aanvullende energie is allereerst nodig om de thermische balans in orde te brengen.

²⁸ Zie tabel 5.4-1 voor warmtecapaciteit, zoals geldt voor de bodem onder het voormalige CPC-terrein.

²⁹ Delta t: het temperatuurbereik waarmee wordt gewerkt bij het WKO-systeem. Dus als 1 m³ bodemvolume grondwater 2,50 MJ/graden Kelvin kan leveren, is dit bij een delta t van Kelvin (8 °C) 8 maal 2,50 MJ/m³, K = 20 MJ/m³ bodemvolume uit grondwater.

5.6. 'Externe' restwarmte beschikbaar voor de sanering

Er zijn enkele bedrijven te vinden rondom de locatie van de verontreiniging. Eén bedrijf, Forbo Novilon, kan mogelijk restwarmte leveren. Forbo Novilon is een bedrijf dat hoogwaardige vloerbedekking produceert. Bij de productieprocessen komt veel warmte vrij. Daarom is een energiescan op het bedrijf uitgevoerd. Uit de energiescan blijkt dat er verschillende besparingsmogelijkheden zijn om het energieverbruik terug te dringen. Na het doorvoeren van deze besparingen is de overblijvende restwarmte eventueel beschikbaar voor het opslaan in de bodem. Restwarmte komt vrij bij de koeltoren en het persluchtsysteem. Door koeling te leveren via het WKO-systeem kan er ongeveer 12.800 GJ aan warmte vrijkomen. Na aanpassing en modernisering van het persluchtsysteem komt er 1.430 GJ warmte vrij bij het 'produceren' van perslucht. Totaal is dit 14.230 GJ. In de markt wordt bij grootverbruikers € 11,93/GJ gerekend³⁰, dit is inclusief aansluit- en leveringskosten. Omdat Forbo Novilon voordeel van een externe koeling heeft en de warmte in de bodem een welkome aanvulling is, is wellicht tot een voordeliger prijs per GJ te komen. Om de warmte op de juiste plaats te krijgen is de aanleg van een leiding nodig. Dit vraagt een investering van € 530.000, -.

5.6.1. Aanvullende energie voor opwarmen bodem en behouden energiebalans

Om de energievraag in balans te brengen en extra warmte in de bodem op te slaan om de bodem te kunnen opwarmen is, naast de beschikbare restwarmte afkomstig van Forbo Novilon, aanvullende maatregelen nodig om de energievraag in balans te brengen. Dit is ook nodig om extra warmte in de bodem op te slaan zodat de bodem tot 30 °C opgewarmd kan worden. Hiervoor kunnen zonnecollectoren op het dak of in het asfalt gebruikt worden. Een asfaltcollector levert ongeveer 1 GJ/m²/jaar. De energie die nodig is om het WKO-systeem jaarlijks in balans te houden is 5.700 GJ (warmtevraag 7.700 GJ – koudevraag 2000 GJ). Forbo kan jaarlijks 14.230 GJ aan warmte leveren. Er is ongeveer 3.900 GJ nodig om het verontreinigde bodemvolume van 1.300.000 m³ met één graden te verwarmen. We willen van 10 °C naar 30 °C, dit betekent een verhoging van 20 °C (delta T 20 °C). Totaal is dit 20 x 3.900 GJ = 78.000 GJ. Samen met de hoeveelheid energie om het systeem thermisch in balans te houden is dit 83.700 GJ. Omdat dit niet realistisch is nemen we drie jaar de tijd om de bodem van 10 naar 30 °C op te warmen. 78.000 / 3 = 26.000 GJ + 5.700 GJ ≈ 32.000 GJ – 14.230 GJ van Forbo = 17.770 GJ / jaar. 17.770 GJ x 1 GJ/m² = 17.770 m² (1,8 ha)/jaar asfaltcollector oppervlakte nodig om de bodem op te warmen. Het aanleggen van de asfaltcollectoren vraagt een investering van € 160, - /m² asfalt³¹ en € 90, - /m² collector³², totaal/m² € 250, - /m². De totale investeringskosten komen daarmee op: € =4.500.000, -. De aanlegkosten van het asfalt kunnen worden meegenomen in de kosten voor de herontwikkeling van het gebied. Als investeringsbedrag voor de asfaltcollectoren is dan € 1.599.300, - nodig.

5.7. Effecten combinatie WKO–biologische grondwatersanering

De effecten bij het combineren van WKO en biologische grondwatersanering zijn te verdelen in technische, economische en milieueffecten. Als referentie is uitgegaan van een conventioneel verwarmingssysteem voor de woningen en utiliteit met een aparte grondwaterzuivering. De grondwaterzuivering is in deze berekening meegenomen omdat het een 'spoedeisende' sanering betreft vanwege de ernst en de omvang van de verontreiniging. Volgens de beschikking moet binnen vier jaar begonnen zijn met saneren. Om de verspreiding tegen te gaan zal op één of andere wijze de verontreiniging beheerst moeten worden. Het meest voor de hand liggend is een grondwateronttrekking. Zuivering is noodzakelijk vanwege de kwaliteit van het grondwater. Zonder zuivering is het niet toegestaan het water te lozen op het riool.

³⁰ Bron: www.nuon.nl, d.d. 16-6-'11

³¹ Bron: www.vng.nl, d.d. 15-6-'11

³² Bron: www.wegvandetoekomst.nl, d.d. 15-6-'11

5.7.1. Technisch

Bij het combineren van technieken worden effecten verwacht die invloed hebben op bijvoorbeeld de afbraaksnelheid. In dit onderzoek is uitgegaan van de combinatie WKO en biologische grondwatersanering. Hiervoor zijn de afbraaktijden berekend bij verschillende bodemtemperaturen, respectievelijk 10 °C (standaard bodemtemperatuur), 20 °C en 30 °C. Een overzicht hiervan is gegeven in tabel 5.7-1. Als eerste effect is gekeken naar de berekende temperatuursverhoging in de bodem. Met de energievraag die is vastgesteld aan de hand van de stedenbouwkundige plannen, blijkt dat de bronzone, met gehalten aan verontreiniging van meer > 100 maal de interventiewaarde, wordt afgekoeld in plaats van de gewenste opwarming. Ten aanzien van de temperatuur zullen er negatieve effecten optreden omdat de temperatuursverhoging niet wordt gerealiseerd. Om extra warmte op te slaan, om de temperatuur te verhogen en de thermische balans te bewaken kunnen bijvoorbeeld asfaltcollectoren toegepast worden zoals in § 5.6 is beschreven. Dan is het mogelijk om in drie jaar tijd de bodem op te warmen van 10 °C naar 30 °C. Om dit te realiseren is een oppervlakte nodig van 1,8 hectare. In het plangebied zou dit qua oppervlakte mogelijk zijn.

VOCL	Obv gemiddelde gehalten			Worstcase gehalten		
LN (C/Co)/ -k	Afbraaktijden in jaren			Afbraaktijden in jaren		
Bodem temperatuur	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief
10 °C	10,2	38,2	382,4	11,1	43,1	430,8
20 °C	5,1	19,1	191,2	5,6	21,5	215,4
30 °C	2,5	9,6	95,6	2,8	10,8	107,7

Tabel 5.7-1 Overzicht berekende afbraaktijden

5.7.2. Economisch

Het economische voordeel van het aanleggen van een geïntegreerd WKO-systeem met grondwatersanering is het beperken van de aanlegkosten. Bovendien kan een deel van de kosten ten laste komen van de gebruikers van het WKO-systeem omdat zij energie ontvangen uit het systeem dat goedkoper is dan het conventionele systeem. De aanleg van een WKO-systeem voor de locatie Holwert-Zuid, kost gemiddeld € 818.500, -. Een conventioneel systeem kost € 490.000, -. Verschil hierbij is dat de exploitatiekosten van een WKO-systeem goedkoper zijn. In tabel 5.7-2 zijn kostprijsvergelijkingen per jaar te zien tussen verschillende combinaties, uitgaande van de gemiddelde kosten over 30 jaar gerekend met een rentepercentage, inclusief inflatiecorrectie van 2,0%. Echter om het WKO-systeem in balans te krijgen en de bodem op te warmen naar 30 °C is een investering nodig van € 2.639.589, -. Uit de tabel kunnen we lezen dat het conventionele systeem in aanschaf het goedkoopste is. Dit ligt grotendeels aan de extra investeringen die gedaan moeten worden om de energieopslag in de bodem in balans te krijgen en om de bodem op te warmen om de biologische afbraak te versnellen. Wel zijn de varianten waarbij de biologische afbraak wordt gestimuleerd door nutriënten en bacteriën toe te voegen, voordeliger dan de variant met een grondwaterzuivering. Dit komt omdat bij de varianten voor het stimuleren van natuurlijke afbraak, de grondwaterzuivering niet meer wordt toegepast. WKO in combinatie met natuurlijke afbraak komt beter tot zijn recht in de vorm van grondwaterbeheersing, onder andere om het water anaeroob te houden. Er zijn twee redenen om het grondwater anaeroob te houden: enerzijds vanwege de biologische afbraak, die bij VOCL anaeroob plaatsvindt. Anderzijds omdat anders in het grondwater aanwezige metalen gaan oxideren en de microbiologische activiteit toeneemt waardoor de broncapaciteit snel kan teruglopen en allerlei storingen in het WKO-systeem veroorzaken. In tabel 5.7-2 is een overzicht te zien met de investeringsbedragen en de exploitatiekosten. In de figuren 5.7-1 t/m 5.7-3 zijn de netto contante waardeberekeningen in een grafiek weergegeven, waar door de terugverdientijden bij verschillende varianten te zien zijn. In bijlage 6 zijn alle grafieken weergegeven.

Vergelijking varianten	rentetarief met inflatie correctie:		2,00%	
Investering / kosten	Aanleg	Exploitatie/jr.	Rente	TVT in jr.
Verwarming/koeling				
CV	€ 490.000,00	€ 141.000,00	€ 9.800,00	referentie
WKO	€ 818.500,00	€ 55.000,00	€ 16.370,00	11
Saneringsmaatregelen				
GWZI	€ 150.000,00	€ 155.000,00	€ 3.000,00	nvt
GB	€ 150.000,00	€ 25.000,00	€ 3.000,00	nvt
NA	€ 793.833,41	€ 0,00	€ 15.876,67	nvt
NA-full	€ 3.372.548,41	€ 0,00	€ 67.450,97	nvt
Extra warmtebronnen				
Asfalt collectors balans	€ 513.000,00	nvt	€ 10.260,00	nvt
Asfalt collectors sanering	€ 1.599.300,00	nvt	€ 31.986,00	nvt
Forbo warmte	€ 527.289,00	€ 163.645,00	€ 10.545,78	nvt
Combinaties 10 °C bodemtemperatuur				
CV + GWZI	€ 640.000,00	€ 296.000,00	€ 12.800,00	referentie
WKO + GWZI+AC	€ 1.481.500,00	€ 210.000,00	€ 29.630,00	11
WKO + GB + NA+AC	€ 2.275.333,41	€ 80.000,00	€ 45.506,67	7
WKO + GB + NA-full+AC	€ 4.854.048,41	€ 80.000,00	€ 97.080,97	23
Combinaties 30 °C bodemtemperatuur				
CV + GWZI	€ 2.239.300,00	€ 459.645,00	€ 44.786,00	referentie
WKO + GWZI+AC	€ 3.608.089,00	€ 373.645,00	€ 72.161,78	-1
WKO + GB + NA+AC	€ 4.401.922,41	€ 243.645,00	€ 88.038,45	1
WKO + GB + NA-full+AC	€ 6.980.637,41	€ 243.645,00	€ 139.612,75	3

Conventionele verwarming/koeling (CV)

Warmte- en koudeopslag (WKO)

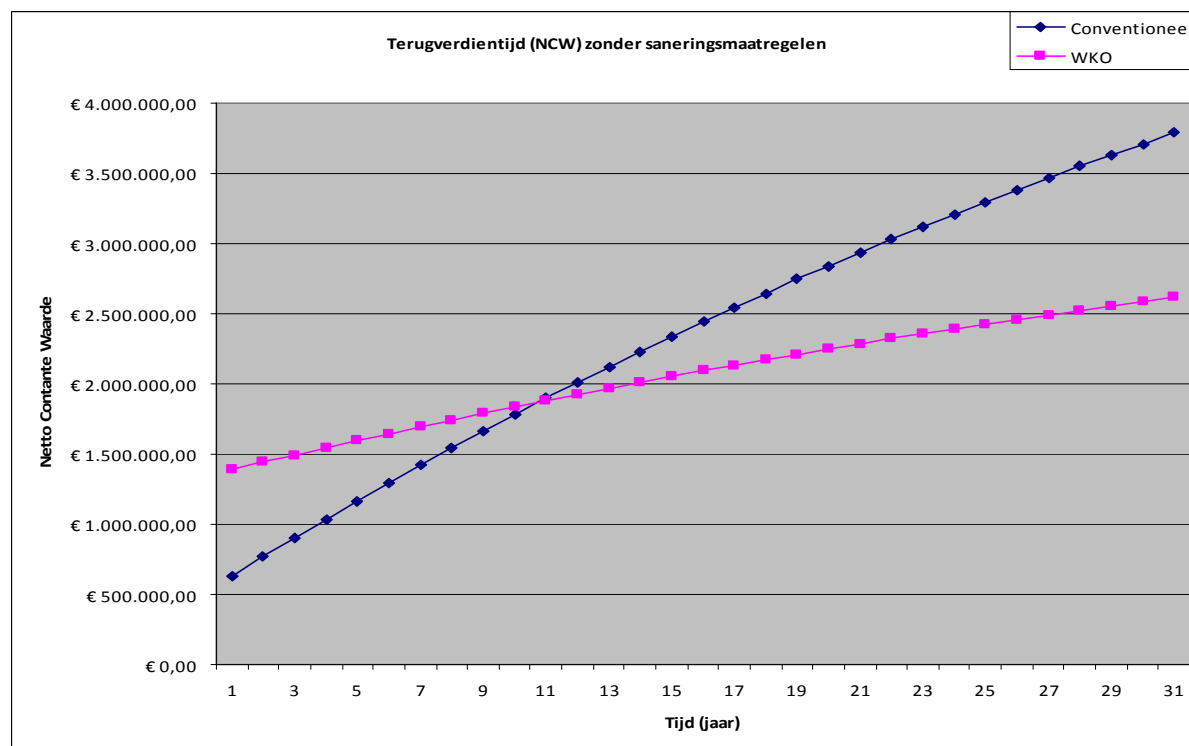
Grondwateronttrekking/infiltratie of zuivering (GWZI)

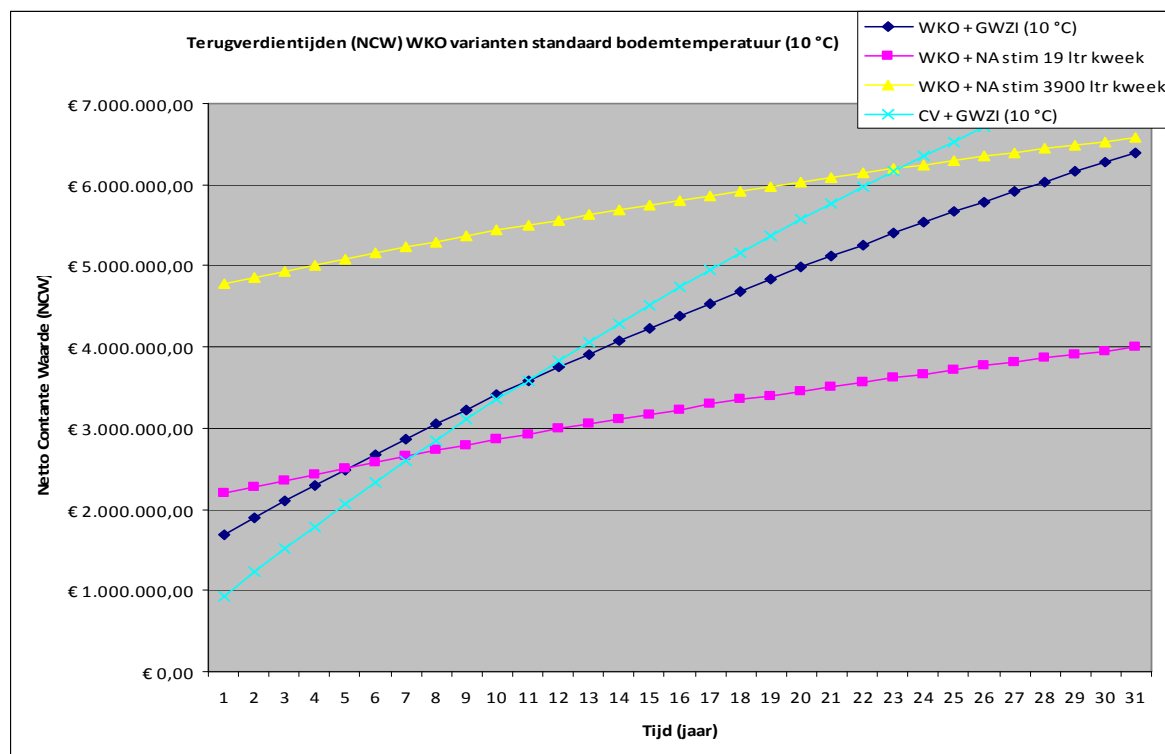
Grondwaterbeheersing (GB) (dus zonder zuivering)

Stimuleren Natuurlijke Afbraak (NA)

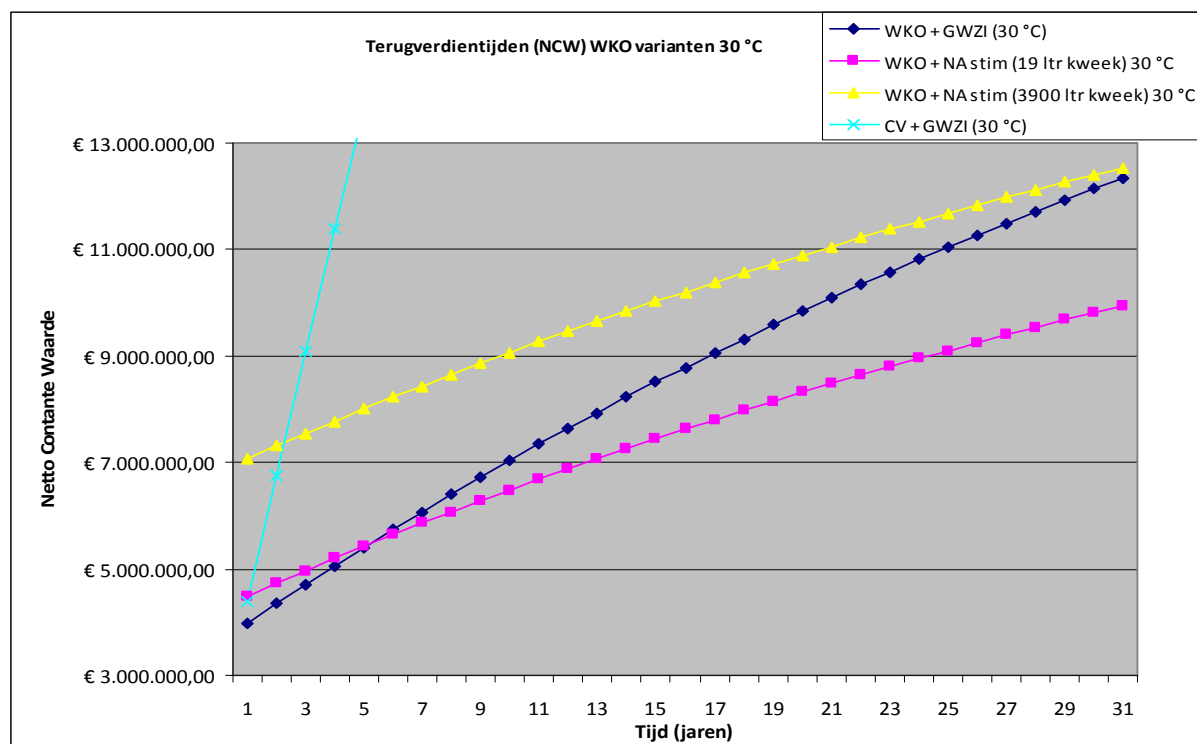
Asfaltcollectoren (AC)

Warmte Forbo (F)

Tabel 5.7-2 Vergelijking investering- en exploitatiekosten varianten**Figuur 5-1 Terugverdientijden bij een standaard situatie zonder bodemverontreiniging**



Figuur 5-2 Terugverdientijden bij 10 °C bodemtemperatuur

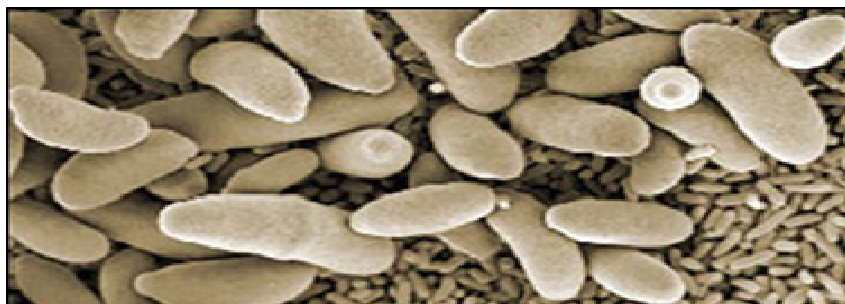


Figuur 5-3 Terugverdientijden bij een bodemtemperatuur van 30 °C

5.7.3. Milieukundig (o.a. CO₂ reductie)

Effect afbraaktijd bij een verhoogde bodemtemperatuur

Uit berekeningen blijkt dat bij een standaard bodemtemperatuur (ca. 10 °C) de bacteriën, met maximale toevoeging van *Dehalococcoides ethenogenes*³⁴ (DHC) en koolstofbron, de verontreiniging



in 11,5 jaar kan afbreken. Bij een verhoging van 10 °C naar 20 °C zal door verdubbeling van de afbraaksnelheid een halvering van de afbraaktijd plaatsvinden. Ditzelfde geldt nog eens als de temperatuur van 20 °C naar 30 °C zal worden verhoogd.

Figuur 5-4 *Dehalococcoides ethenogenes* (bacterie die VOCl afbreekt)³³

De afbraaktijd komt daarmee op bijna drie jaar bij een bodemtemperatuur van 30 °C. Om de temperatuur van 30 °C te bereiken, voor het versnellen van de biologische afbraak, zijn aanvullende investeringen nodig.

CO₂-emmissiereductie bij het gebruik van WKO t.o.v. conventioneel systeem

Omdat er minder fossiele brandstoffen worden gebruikt bij het toepassen van WKO, zal CO₂-emmissiereductie plaatsvinden. De totale CO₂-emmissiereductie is circa: 433.115, - kg (0,4 kTon).



Figuur 5-5 CO₂ uitstoot

³³ Bron: <http://www.mdsg.umd.edu/CQ/v05n1/main>, d.d. 5-4-2011

³⁴ Tot nu toe is slechts één bacterie beschreven die in staat is tot volledige dechlorering van PER en TRI naar etheen en ethaan: *Dehalococcoides ethenogenes*. Bron: www.soilpedia.nl, d.d. 31-3-2011

6. CONCLUSIES

Uit de antwoorden op de subvragen blijkt dat WKO gecombineerd met versnelde biologische afbraak, in een bodem van 30 °C, zowel economisch, milieukundig als technische haalbaar is.

6.1. Technische haalbaarheid

Er is voldoende bodemvolume om WKO toe te passen. Wel moeten er extra inspanningen worden verricht om de onbalans uit de energieopslag op te heffen en extra warmte in de bodem te laden om een bodemtemperatuur van 30 °C te realiseren. De verontreinigingsgraad is bij de juiste materiaalkeuze geen belemmering voor het toepassen van een WKO systeem. Technisch gezien is het mogelijk.

6.2. Economische haalbaarheid

Economisch gezien is een combinatie zeker haalbaar. Om de onbalans in het systeem weg te werken zijn investeringen nodig. Het benodigde asfaltcollector oppervlak vraagt een investering van ruim € 2,1 miljoen. Ook aan de af te nemen warmte van Forbo hangt een prijskaartje. Om de warmte in het gebied te krijgen is een investering van ruim € 500.000, - nodig. Op de afleverprijs per GJ is mogelijk af te dingen. Forbo maakt op dit moment behoorlijke kosten om het teveel aan warmte weg te koelen. Wat betreft de terugverdientijden kan bij het combineren van systemen worden bespaard op de aanleg- en exploitatiekosten. Een combinatie van WKO met grondwatersanering is duurder in aanleg dan het gebruik van een conventioneel systeem. De terugverdientijd van WKO in combinatie met grondwaterzuivering ten opzichte van de varianten met gestimuleerde natuurlijke afbraak is langer. Dit komt omdat bij natuurlijke afbraak de grondwaterzuivering niet meer wordt toegepast. Dat de zuivering bij deze variant niet wordt toegepast is vooral om technische redenen. Bij een rentepercentage van 3,5%, en een inflatie van 1,5% heeft de laatst genoemde variant een terugverdientijd van zeven jaar tegenover een terugverdientijd van elf jaar bij een WKO met grondwaterzuivering. Omdat de investeringskosten bij een verhoogde bodemtemperatuur fors toenemen, is de terugverdientijd ten opzichte van een conventioneel systeem zeer kort. Het is de vraag echter of dit een juiste benadering is omdat de kosten voor het opwarmen van de bodem toe te schrijven zijn aan de sanering. Om toch een beeld te krijgen is de vergelijking gemaakt.

Vergelijking varianten	rentetarief met inflatie correctie:		2,00%	
Investering / kosten	Aanleg	Exploitatie/jr.	Rente	TVT in jr.
Verwarming/koeling				
CV	€ 490.000,00	€ 141.000,00	€ 9.800,00	referentie
WKO	€ 818.500,00	€ 55.000,00	€ 16.370,00	11
Combinaties 10 °C bodemtemperatuur				
CV + GWZI	€ 640.000,00	€ 296.000,00	€ 12.800,00	referentie
WKO + GWZI+AC	€ 1.481.500,00	€ 210.000,00	€ 29.630,00	11
WKO + GB + NA+AC	€ 2.275.333,41	€ 80.000,00	€ 45.506,67	7
WKO + GB + NA-full+AC	€ 4.854.048,41	€ 80.000,00	€ 97.080,97	23
Combinaties 30 °C bodemtemperatuur				
CV + GWZI+AC+F	€ 2.239.300,00	€ 459.645,00	€ 44.786,00	referentie
WKO + GWZI+AC+F	€ 3.608.089,00	€ 373.645,00	€ 72.161,78	-1
WKO + GB + NA+AC+F	€ 4.401.922,41	€ 243.645,00	€ 88.038,45	1
WKO + GB + NA-full+AC+F	€ 6.980.637,41	€ 243.645,00	€ 139.612,75	3

Conventionele verwarming/koeling (CV)

Warmte- en koudeopslag (WKO)

Grondwateronttrekking/infiltratie of zuivering (GWZI)

Grondwaterbeheersing (GB) (dus zonder zuivering)

Stimuleren Natuurlijke Afbraak (NA)

Asfaltcollectoren (AC)

Warmte Forbo (F)

Tabel 6.2-1 Terugverdientijden t.o.v. referenties (zie ook tabel 5.7-1b)

6.3. Milieukundige haalbaarheid

De hoeveelheid beschikbare warmte ten behoeve van de opbouw van een warm 'reactorvat' door de bodemtemperatuur te verhogen is haalbaar. Hierdoor is het mogelijk om de biologische afbraak tot vier keer te versnellen. Om een bodemtemperatuur van 30 °C te realiseren is 20 °C temperatuurverhoging nodig. Het milieukundige voordeel zit vooral in de kortere saneringstijd. In theorie gaat de afbraaksnelheid van circa 10 jaar bij een bodemtemperatuur van 10 °C naar 2,5 jaar bij een bodemtemperatuur van 30 °C. Omdat een groot bodemvolume opgewarmd moet worden is een tijdspanne van drie jaar nodig om voldoende warmte op te slaan. Hierdoor kunnen eveneens de investeringskosten met factor drie worden verlaagd.

6.4. Eindconclusie

Op basis van voorgaande constatering blijkt dat een combinatie tussen WKO en biologische grondwatersanering in de onderzochte opzet haalbaar is. Met behulp van WKO de bodem opwarmen ten gunste van het stimuleren van de biologische afbraak om het grondwater te saneren zorgt voor een vier keer kortere saneringstijd met terugverdientijden van circa acht tot tien jaar die aanvaardbaar zijn voor 'milieu-investeringen'.

Haalbaarheid	Score
<i>Technisch</i>	+++
<i>Economisch</i>	+++
<i>Milieukundig</i>	+ +
<i>CO₂ reductie</i>	+
<i>Eindconclusie</i>	++++

Wel +
Niet -

Tabel 6.4-1 Afweging haalbaarheid

7. AANDACHTSPUNTEN EN AANBEVELINGEN

7.1. Stedenbouwkundige inrichting van het gebied

7.1.1. Plaats van de gebouwen en bereikbaarheid van de verontreiniging

De projectontwikkelaar is vrij stellig in de plaats waar gebouwd moet worden en houdt om bepaalde redenen vast aan het voormalige CPC-terrein. Als de gebouwen zijn gerealiseerd is het lastig bij te sturen als de sanering niet verloopt zoals verwacht. De kosten die hiermee gemoeid zijn, kunnen ongewenst hoog uitvallen. Door een integrale benadering te kiezen en meer rekening te houden met het feit dat het goedkoper is om een verontreiniging te saneren als er geen gebouwen boven staan, kunnen onnodige kosten worden voorkomen. Het verdient aanbeveling de plaats van de gebouwen opnieuw te overwegen om ongewenste financiële tegenvallers te beperken. Als de keus voor de gebouwen niet veranderd kan worden zal nader onderzocht moeten worden of en hoeveel geld er gereserveerd moet worden voor aanvullende maatregelen na de realisatie van de gebouwen. Verder is bij de combinatie van WKO, ongeacht welke variant, ten behoeve van grondwatersanering en -beheersing zeer gewenst dat de berekende energievraag ook wordt afgenomen. Als een deel van het plan niet wordt gerealiseerd, zal dit gevolgen hebben voor de effecten van het WKO-systeem op de afbraak van de verontreiniging.

7.1.2. Type bebouwing en relatie met de energievraag

Bij navraag van gegevens is verwezen naar cijfers uit de literatuur. Met behulp van deze gegevens is de energievraag uitgerekend. Wellicht dat bij specifieke cijfers over de bouwplannen een gedetailleerde berekening gemaakt kan worden. Uit de berekeningen blijkt dat er meer warmte beschikbaar komt dan koude. Daarom is het aan te bevelen dat de architecten en de installatiebedrijven gezamenlijk optrekken bij het ontwerpen van de gebouwen en de installatie. Om een goede energie verdeling te verkrijgen van de WKO. Aandachtspunt hierbij, en niet onbelangrijk, is dat een goede energiebalans een eis in de vergunning is die voor een WKO-systeem wordt afgegeven. Voor de sanering zou zelfs gedacht kunnen worden aan een ontwerp waarbij relatief gezien meer warmte vrij komt die ten gunste van het stimuleren van de biologische afbraak aangewend kan worden. Een goed ontwerp zal tegelijk de investeringskosten voor de sanering positief beïnvloeden, bij de keuze voor het opwarmen van de bodem.

7.2. Inrichting en ontwerp van het WKO-systeem

Om een eventueel WKO-systeem nuttig te kunnen gebruiken en toe te staan in het verontreinigde gebied is een afgestemd ontwerp (plaats van de bronnen) op de situatie ter plaatse noodzakelijk. Het WKO-systeem is dan een onderdeel van de sanering. Doorgaans wordt gebruik gemaakt van 'passieve' koeling. Dat houdt in dat gekoeld wordt door gebruik te maken van de grondwater-temperatuur uit de 'koude' opslag. Wellicht is het mogelijk warmte te produceren om de koeling van de groente en vleesvakken in de supermarkten te koelen. Voordeel is dat de thermische balans een stapje dichterbij een evenwichtssituatie zou komen. Hier zijn verder geen gegevens over bekend, omdat deze niet zijn verstrekt.

7.2.1. Gebiedsgericht grondwaterbeheer

Om de verontreiniging in het grondwater te beheersen en te voorkomen dat verdere verspreiding van de verontreiniging optreedt zijn maatregelen nodig. Een onttrekkingssysteem is het meest voor de hand liggend. Echter een onttrekkingssysteem zal, financieel, niets opleveren dan alleen dat de verontreiniging wordt 'beheerst'. Door bij de aanleg van een WKO-systeem rekening te houden met de verontreinigingscontouren is het waarschijnlijk goed mogelijk het grondwater dusdanig te beheersen dat verdere verspreiding wordt beperkt of zelfs voorkomen.

7.2.2. Stimuleren biologische afbraak

Door het onttrekken en infiltreren van het grondwater zal een betere menging van de verontreiniging plaatsvinden. Hierdoor is het mogelijk de biologische afbraak te verbeteren doordat de verontreiniging beter wordt gemengd in het grondwater. Verder is het goed mogelijk nutriënten toe te voegen, die met het grondwater mee 'beter' worden gemengd. In de kostenramingen van DHV

wordt € 5000, - gereserveerd voor het toedienen van kweekmateriaal³⁵ om de biologische afbraak op gang te brengen. Dit lijkt aan de zuinige kant gezien de omvang van de verontreiniging. Het is aan te bevelen aanvullend onderzoek te doen naar zowel de invloed van het onttrekken en infiltreren als de hoeveelheid kweekmateriaal die toegediend moet worden. Een combinatie van WKO met een grondwaterbeheerssysteem is wellicht een aantrekkelijke optie. Onder andere omdat 'dure' grondwaterzuivering dan waarschijnlijk niet noodzakelijk is. De afbraaktijden van de verontreiniging zijn op basis van onderzoeksgegevens van de locatie. Toch moeten we rekening houden dat de berekening een theoretische benadering is. Er zijn veel factoren die van invloed zijn op biologische afbraak. Afbraaktijden kunnen langer duren dan met de berekeningen is aangetoond. Dit is tegelijk de reden waarom ook gerenommeerde bureau's van de vuistregel gebruik maken dat bij elke 10 °C temperatuur verhoging in de bodem de afbraaksnelheid twee keer sneller gaat.

7.3. Beheer en onderhoud WKO-systeem

Bij reguliere WKO-systemen komt steeds vaker naar voren dat beheer en onderhoud van het WKO-systeem cruciaal zijn voor een goede werking. Vanwege de complexiteit bij de toepassing in combinatie met grondwatersanering zijn goede afspraken noodzakelijk. Onvoldoende voorlichting aan de gebruikers en verkeerd beheer kan onnodig veel geld en frustratie kosten, met daarbij niet het gewenste (technische) resultaat en weer een gemiste kans op weg naar verduurzaming van de samenleving. Een goede beheerder kan veel geld besparen voor de gebruikers van het WKO-systeem en problemen voorkomen voor de vergunninghouder, door de thermische balans te bewaken.

7.4. Leemten in kennis

Over de definitieve inrichting van het terrein bestaat nog onzekerheid. Dit kan van invloed zijn op de haalbaarheid van WKO en biologische grondwatersanering. Verder zijn geen gegevens beschikbaar over gecombineerde systemen die al in werking zijn. Er lopen monitoringsprogramma's, maar daar zijn nog geen rapportages van gepubliceerd. Er heeft daarom geen vergelijking plaatsgevonden met systemen die al draaien en de opzet van dit systeem. Ook bij navraag bleek onvoldoende bekend over tussentijdse resultaten en ervaringen. Bij de berekening van de energievraag is gebruik gemaakt van 'standaard' situaties uit de literatuur. Er is onvoldoende te vinden over de energievraag van de vlees-, groente- en zuivelkoeling in de geplande supermarkt. Daarom is het niet mogelijk een betrouwbaar beeld te schetsen.

7.5. Aanbevelingen

- Heroverweging van de plaats van de bebouwing ten opzichte van de verontreiniging;
- De afname van energiegebruik via WKO garanderen, om het ontwerp WKO samen met biologische afbraak in een verwarmde bodem te laten slagen;
- Een integraal ontwerp, samen met de architect en de installateur om de juiste keuzes te maken in het ontwerp van een WKO-systeem, dit kan zowel energetisch als financieel voordeel geven. Hoe beter de energievraag in balans hoe minder investeringen nodig zijn voor maatregelen om de balans in orde te maken;
- Aanvullend onderzoek naar de plaats van en het aantal bronnen t.b.v. WKO in verband met de verontreiniging;
- Aanvullend onderzoek naar de mogelijkheid om koude te leveren ten behoeve van de koeling in de supermarkt. Hier is onvoldoende over bekend, mogelijk dat een deel van de onbalans door de koeling in de supermarkt weggenomen kan worden;
- Aanvullend onderzoek naar de hoeveelheid 'kweek' (bacteriën voor de afbraak) moet worden in gezet bij het stimuleren van de biologische afbraak. Wellicht dat meer inzicht hierin een keuze voor WKO met gestimuleerde biologische afbraak in een verwarmde bodem van 30 °C sneller gemaakt zal worden;
- Maak goede afspraken over het beheer en onderhoud van het WKO-systeem.

³⁵ Dehalococcoides ethenogenes (bacterie die VOCl afbreekt)

BRONNEN

Vrij toegankelijke bronnen

1. Rapport nader bodemonderzoek Parallelweg 27 Coevorden CPC-terrein, dossier: C5384-01-001 DHV maart 2010;
2. Groen licht voor bodemenergie, advies Taskforce WKO (Taskforce WKO, 23 maart 2009);
3. Circulaire bodemsanering 2009;
4. Rapport: 27 februari 2007, Energievisie Coevorden, DWA installatie- en energieadvies, projectnummer R351;
5. Rapport: 12 april 2007, Bureauonderzoek, De Holwert te Coevorden, projectnummer. MWA/UIT/SAD/P0501901, Drs. E.E.A. van der Kuijl et al;
6. Koude en warmte opslagsystemen Onderzoek en ontwikkeling van een standaard systeem, Simon Binnemans, Sara Van Peer;
7. Koude / warmteopslag in de praktijk, Meetgegevens van 67 projecten, (IF Technology, 2007, in opdracht van Agentschap NL);
8. Handleiding BOEG, Bodemenergie en grondwaterverontreiniging, (Arcadis Nederland BV 6 april 2010, in opdracht van Nederlandse vereniging van ondergrondse energieopslagsystemen);
9. Advies duurzaam gebruik van de bodem voor WKO (TCB, september 2009);
10. NEN 2916, Energieprestatie van utiliteitsgebouwen – Bepalingsmethode (2004);
11. Rapport: 9 juli 2004, Relatie tussen EPC en werkelijk energiegebruik bij kantoorgebouwen, projectnummer SenterNovem: 1019-03-10-10-001, E.R. van den Ham, Climate Design Consult;
12. Carolien de Lauwere, Geoffrey Hagelaar, en Robert Stokkers 'Duurzame energie: stroomt het?' september 2008, LEI Wageningen UR, Den Haag;
13. H.J.L. Witte en A.J. van Gelder, Kwaliteitsrichtlijn Verticale Bodemwarmtewisselaars, mei 2003, i.o.v. Ministerie van Economische Zaken;
14. Ontwikkeling low-cost gestandaardiseerd modulair WKO-systeem kleine toepassing, 2003-2004, i.o.v. het Ministerie van Economische Zaken;
15. M. Visser en J. van der Heide, EPC-aanscherping geeft ruimte voor nieuwe energieconcepten, DWA-installatie- en energieadvies;
16. Marijke Menkveld en Luuk Beurskens, Duurzame warmte en koude in Nederland, juni 2009, een uitgave van het Energie Onderzoek Centrum;
17. Esther Gerritsen & Dick van der Kooij (Techniplan Adviseurs), Ed Blankenstijn (SenterNovem) Aanscherping energieprestatie-eisen te halen door toepassing van warmtepompen, februari 2009;
18. Cijfers en tabellen 2007, een uitgave van SenterNovem, april 2007;
19. Saneringsonderzoek – variant 4 (concept), Parallelweg 27 Coevorden (CPC-terrein), dossier : C7009.01.001, DHV juni 2010;
20. RENDO Duurzaam, energieadvies, Oostermeentherand 6, 8332 JZ STEENWIJK;
21. Stromingen 9, nummer 2 (2003) publicatie 'Effecten van thermische opslagsystemen';
22. NVOE Richtlijnen Ondergrondse Energieopslag, een uitgave van de Nederlandse vereniging ondergrondse energieopslag, 2006;
23. Modelstudie naar de invloed van saneringsmaatregelen op de ontwikkeling van de verontreinigingspluim voor de locatie Holwert te Coevorden, projectcode 2000.1409, Iwaco Noord, 29 augustus 2001;
24. Ooms Avenhorn Groep, Postbus 1,1633 ZG AVENHORN, asfaltcollectoren.

Beperkt toegankelijke bronnen

1. Combineren van saneringsmaatregelen met een duurzaam energieopslagsysteem, i.o.v. gemeente Hoogezand, Royal Haskoning, 11 maart 2004;
2. Simon Binnemans, Koude en warmte opslagsystemen Onderzoek en ontwikkeling van een standaard systeem, afstudeeronderzoek Katholieke Hogeschool Kempen, i.o. Smet boring BV, academiejaar 2007-2008

Internet

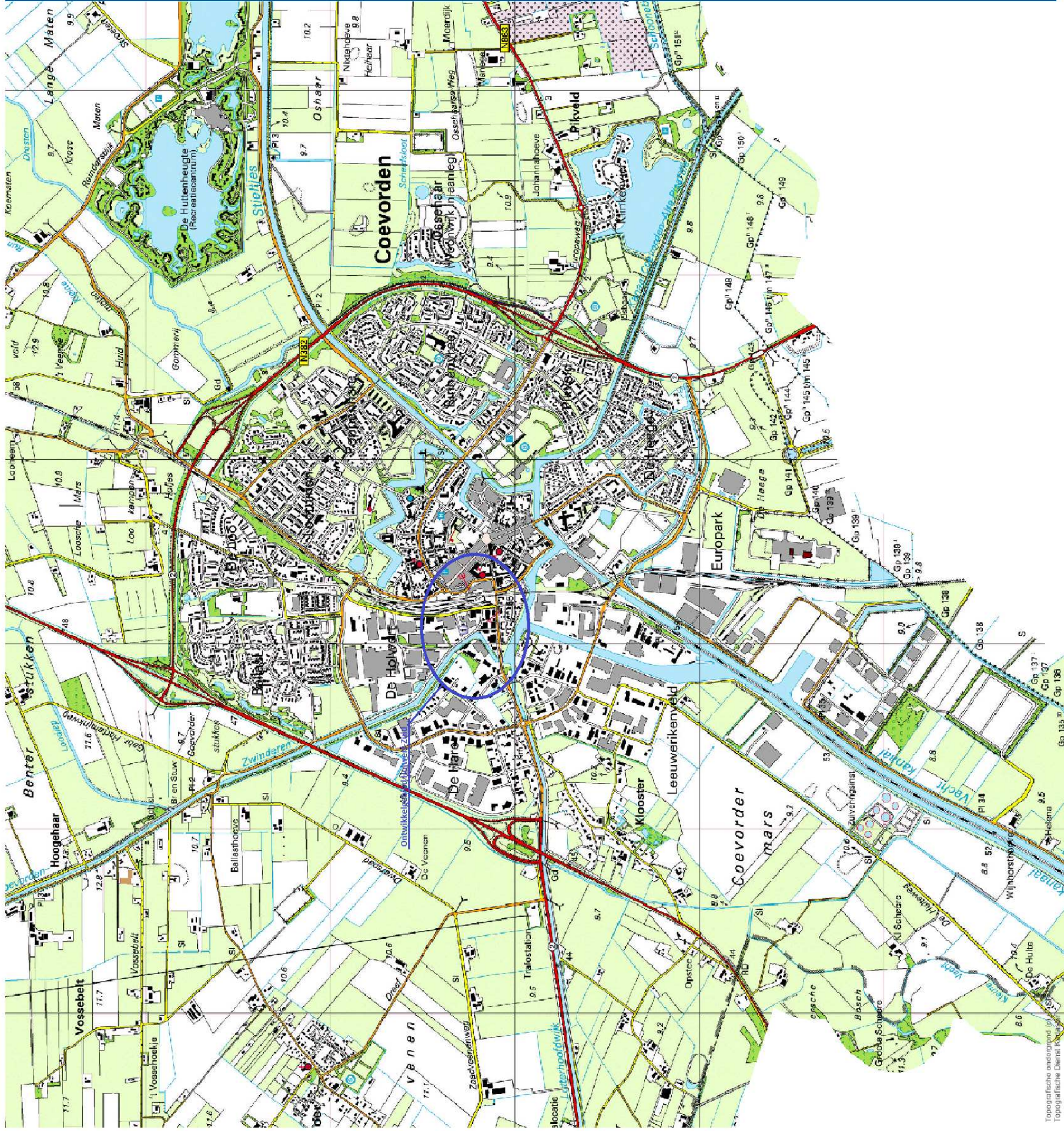
1. <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/koude-en-warmteopslag>, 24 juni 2010;
2. http://www.senternovem.nl/mmfiles/25_warmte_koude_opslag_tcm24-232650, 24 juni 2010;
3. <http://www.senternovem.nl/bodemplus/bodembeheer/ondergrond/wko/index.asp>, 25 juni 2010;
4. <http://www.soilpedia.nl>, 31 maart 2011;
5. www.hmbgroep.nl/diensten/bodemenergiesystemen.htm, 8 juli 2010;
6. http://www.duratherm.nl/aardwarmte/open_bron_systemen.php, 9 juli 2010;
7. <http://www.energieportal.nl/tag/Nijmegen/Nijmegen.html>, 12 juli 2010;
8. <http://www.microbiologie.info/images/bacteriegroei/3tempgroei.GIF>, 13 juli 2010;
9. http://www.nhv.nu/files/stromingen/2003-2_Effecten%20van%20thermische%20opslagsystemen.pdf, 17 augustus 2010;
10. <http://www.energieenwater.net/index.php/energieprijzen/actuele-energieprijzen.html>, 4 april 2011;
11. <http://www.mdsg.umd.edu/CQ/v05n1/main/>, 5 april 2011;
12. <http://www.provincie.drenthe.nl/publish/pages/50367/geslotenverticaalzomer.jpg>, 5 april 2011;
13. http://www.vng.nl/Praktijkvoorbeelden/Recht/2011/Deurne_Regeling_privatrechtelijke_dienst_verlening_2011.pdf, 15 juni 2011;
14. http://www.wegvandetoekomst.nl/weg_van_de_toekomst/geselecteerde_ideeen/warmtecollector_in_asfalt/, 15 juni 2011;
15. http://zakelijk.nuon.nl/zakelijk/images/Tarievenblad%20stadswarmte%20grootzakelijke%20markt%202011Q2_tcm144-49016.pdf, 16 juni 2011;
16. <http://www.s-w.nl/nieuws/&story=5>, 27 juni 2011.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1 REGIONALE LIGGING LOCATIE

Legenda

- Beheerthema's
- Grenzen
- Ondergronden
- Foto's
- Algemeen

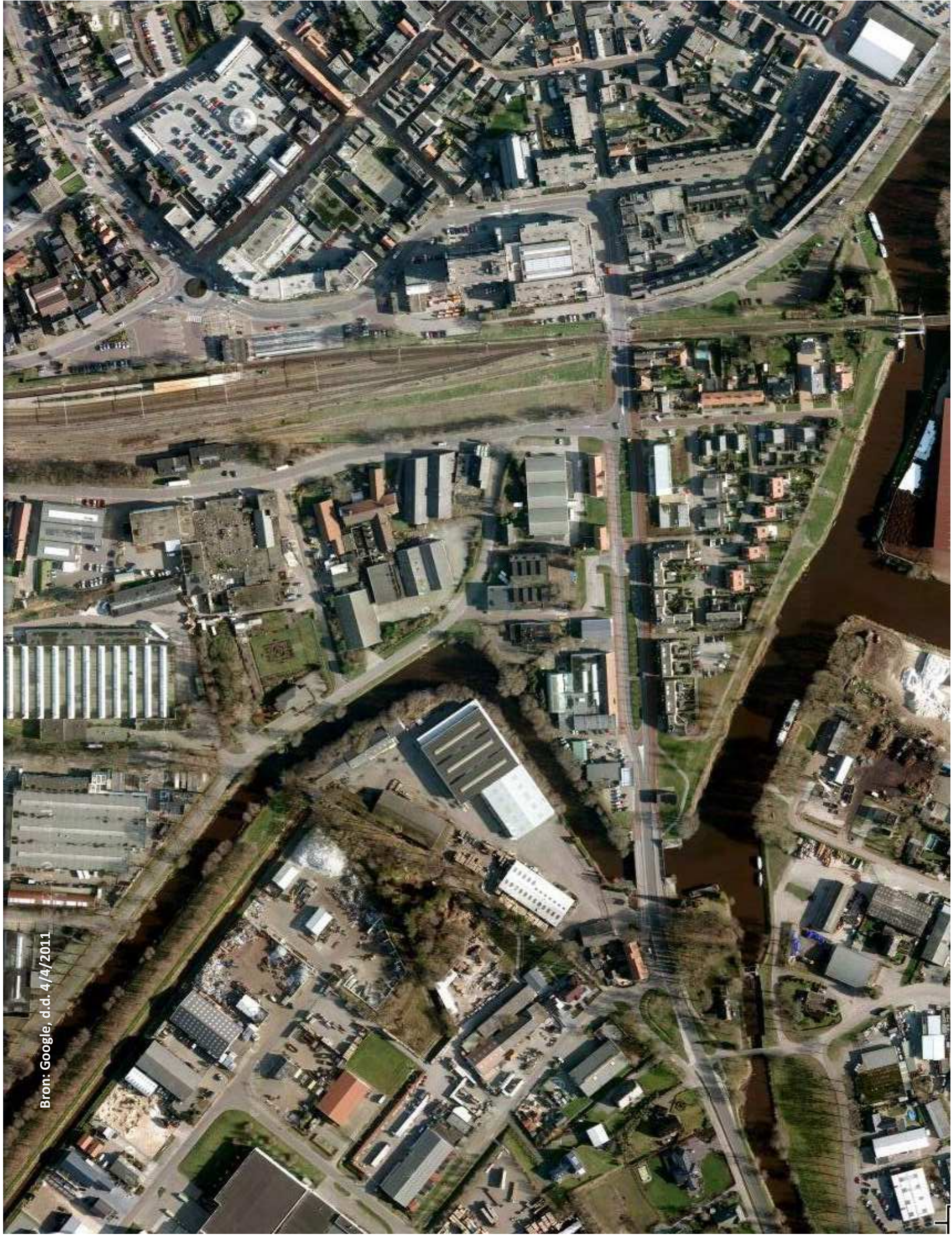


Aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend
Bron: Topografische ondergrond(c) TKDaster
Schaal: 1:20000 Datum: 07-07-2011 13:54

0 1000

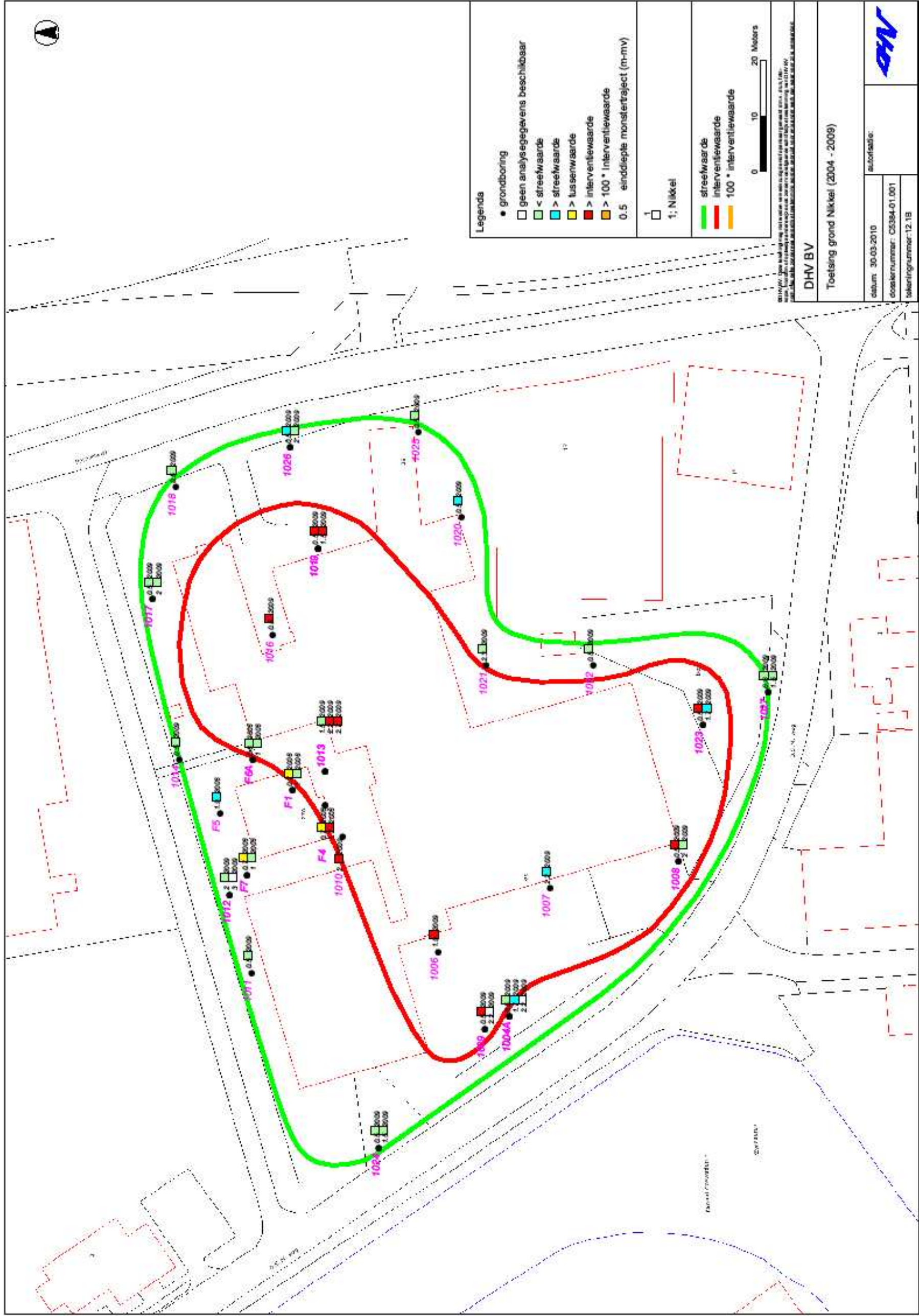
Topografische ondergrond (c) TKDaster
Topografische Dienst Kadaster

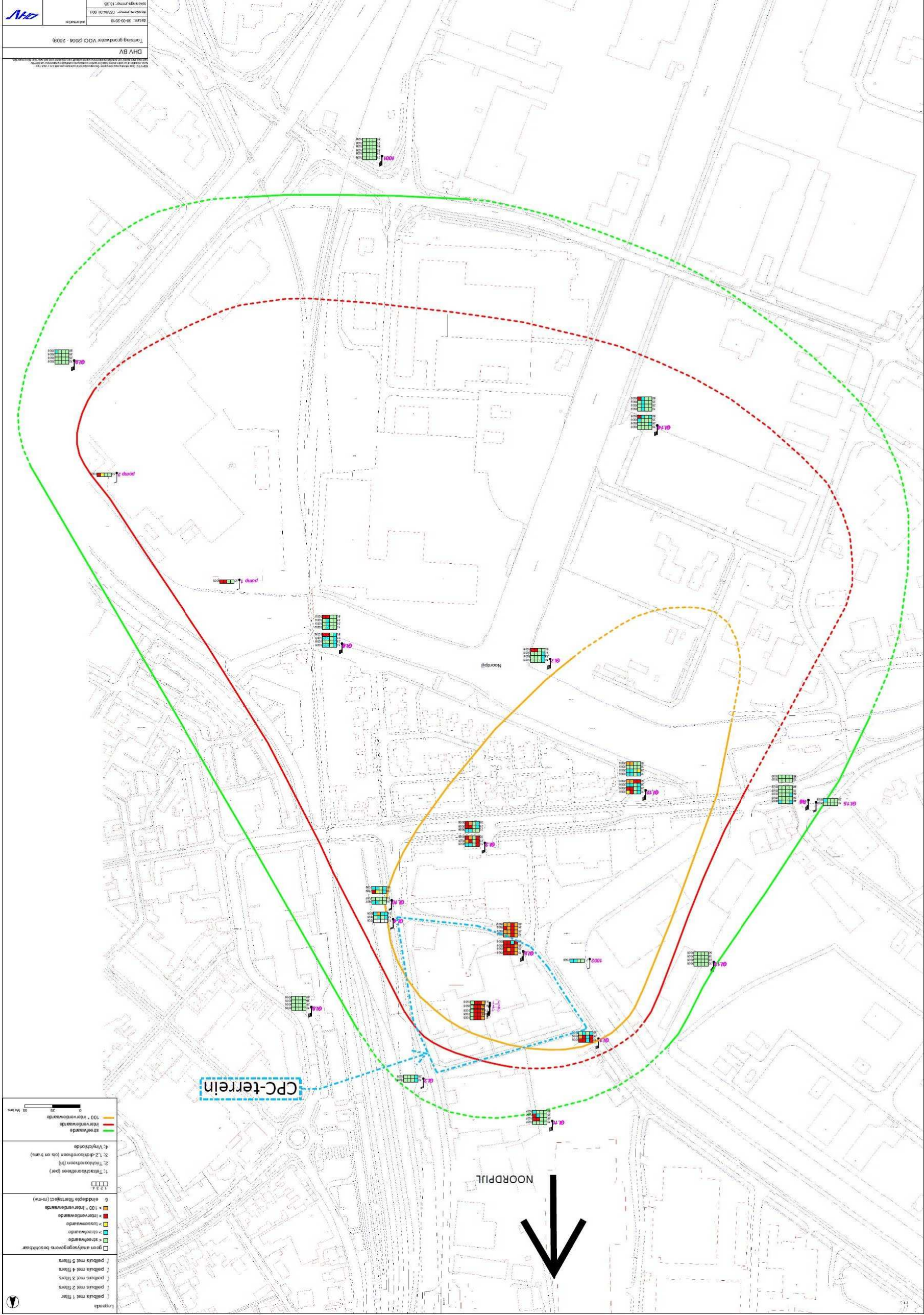
BIJLAGE 2 LUCHTFOTO LOCATIE



Bron: Google, d.d. 4/4/2011

BIJLAGE 3 VERONTREINIGINGSCONTOUREN





Bron: Rapport nader bodemonderzoek Parallelweg 27 Coevorden CPC-terrein, DHV maart 2010

BIJLAGE 4 BEREKENINGEN EN REKENMETHODE

BEREKENING ENERGIEVRAAG, BRONDIMENSIONERING OMVANG VERONTREINIGING AFBRAAKTIJDEN TERUGVERDIENTIJDEN

GEGEVENS ENERGIEVRAAG

Opp. 140 woningen: $16300 \text{ m}^2 \rightarrow$ warmte 45 W/m^2 , koude 25 W/m^2 , tapwater 3384790 W/jr./huish.

Vollasturen warmte, 2000 uur, koude 500 uur.

Opp. Utiliteit: $7040 \text{ m}^2 \rightarrow$ warmte 110 W/m^2 , koude 100 W/m^2 , tapwater 6000.000 Ws/m²/jr

Vollasturen koude, 1164 uur, koude 505 uur.

BEREKENINGEN ENERGIEVRAAG WONINGEN EN UTILITEIT

Berekening woning

Warmte $16300 \text{ m}^2 \times 45 \text{ W/m}^2 = 733500 \text{ W} \times 2000 \text{ uur} = 1.467.000.000 \text{ Wh}$

Tapwater $140 \times 3384790 \text{ W} = 4.738.70.600 \text{ Wh}$

Koude $16300 \text{ m}^2 \times 25 \text{ W/m}^2 = 407500 \text{ W} \times 500 \text{ uur} = 203.750.000 \text{ Wh}$

Berekening utiliteit

Warmte $7040 \text{ m}^2 \times 110 \text{ W/m}^2 = 774400 \text{ W} \times 1164 \text{ uur} = 901.401.600 \text{ Wh}$

Tapwater $7040 \text{ m}^2 \times 6.000.000 \text{ W/3600} = 11.733.333 \text{ Wh}$

Koude $7040 \text{ m}^2 \times 100 \text{ W/m}^2 = 704.000 \text{ W} \times 505 \text{ uur} = 355.520.000 \text{ Wh}$

Totaal warmte en koude

Warmte

	<i>Per uur</i>	<i>per jaar</i>
Warmte woningen	733.500 W	1.467.000.000 Wh
Tapwater woningen	54.095 W (= /8760 h $\leftarrow$)	473.872.200 Wh
Warmte utiliteit	660.000 W	901.401.600 Wh
Tapwater utiliteit	1.339,4 W (= /8760h $\leftarrow$)	<u>11.733.333 Wh</u>
Totaal		2.854.007.133 Wh $\rightarrow$ 2.854 MWh

Koude

Koude woningen	407500 W	203.750.000 Wh
Koude utiliteit	704.000 W	<u>355.520.000 Wh</u>
Totaal		559.270.000 Wh $\rightarrow$ 559,27 MWh

BEREKENING DEBIETEN TBV WKO PIEKVRAAG IN M³/H EN JAARLIJKS TOTAAL DEBIET

Berekenen COP (1 op 4) en debiet met formule $P_t = Q_{m,k} \cdot C_w \cdot \Delta T$ of $Q = P_t / (C_w \cdot \Delta T)$

Gegeven: $\Delta T = 8^\circ\text{C}$, $C_w 4186 \text{ J/(kg K)}$

Warmte woning $733,5 \text{ kWh} \times 75\% = 550,13 \text{ kWh} \rightarrow 550500 / (4186 \times 8) = 16,4 \text{ kg/s} = 59139 \text{ kg/h} \rightarrow 59,14 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \times 2000 \text{ uur} = 118280 \text{ m}^3 \text{ (/jaar)}$.
 $Q_{m,k} / (C_w \times \Delta T) = P_t \rightarrow 3600 \text{ sec} = \text{kg/h/1000} = \text{m}^3/\text{h}$

Tapwater woning $54,09 \text{ kWh} \times 75\% = 40,57 \text{ kWh} \rightarrow 40570 / (4186 \times 8) = 1,2 \text{ kg/s} = 4361 \text{ kg/h} \rightarrow 4,36 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \times 24 \times 365 = 38193,6 \text{ m}^3 \text{ (/jaar)}$.

Warmte utiliteit $774 \text{ kWh} \times 75\% = 580,8 \text{ kWh} \rightarrow 580.800 / (4186 \times 8) = 17,3 \text{ kg/s} \rightarrow 62436,7 \text{ kg/h} \rightarrow 62,4 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \times 1164 \text{ uur} = 72.633,6 \text{ m}^3 \text{ (/jaar)}$.

Tapwater utiliteit $1,14 \text{ kWh} \times 75\% = 0,86 \text{ kWh} \rightarrow 860 / (4186 \times 8) = 0,03 \text{ kg/s} \rightarrow 92 \text{ kg/h} \rightarrow 0,11 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \times 8760 = 963,6 \text{ m}^3 \text{ (/jaar)}$.
Warmte totaal 34,93 kg/s

126,01 m³/h

Totaal aan warmtevraag per jaar = $118280 \text{ m}^3 + 38193,6 \text{ m}^3 + 72633,6 \text{ m}^3 + 963,6 \text{ m}^3 = \mathbf{230.070,8 \text{ m}^3}$

Koude woningen $407,5 \text{ kWh} \rightarrow 407500 / (4186 \times 8) = 12,17 \text{ kg/s} \rightarrow 43807 \text{ kg/h} \rightarrow 43,81 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \times 500 \text{ uur} = 21905 \text{ m}^3 \text{ (/jaar)}$.

Koude utiliteit $704 \text{ kWh} \rightarrow 704000 / (4186 \times 8) = 21,02 \text{ kg/s} = 64501 \text{ kg/h} \rightarrow 75,68 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \times 505 \text{ uur} = 32572,5 \text{ m}^3 \text{ (/jaar)}$.
Koude totaal 30,09 kg/s 119,49 m³/h

Totaal aan koudevraag per jaar = $21876 \text{ m}^3 + 38219 \text{ m}^3 = \mathbf{60.095 \text{ m}^3}$

BEREKENING TBV ONTWERP WKO EN PLAATSING VAN DE BRONNEN (ter voorkoming van interferentie)

formule $Ca = nC_w + (1-n)C_r$ $3,0058 \text{ MJ/(m}^3 \text{ K)}$ Dus per $3,0058 \text{ MJ}$ 1 m^3 bodemvolume 1 K ($^\circ\text{C}$).

Warmtegeleidingscoëfficiënt	2,2 [W/(m ³ K)]
Warmtecapaciteit aquifer (Ca)	3,006 [MJ/(m ³ K)]
Warmtecapaciteit water (Cw)	4,186 [MJ/(m ³ K)]
Warmtecapaciteit korrelskelet (Cr)	2,5 [MJ/(m ³ K)]
porositeit	0,3 [-]

Warmte vrijkomend bij koeling = $54477,5 \text{ m}^3 \times 2,50 \text{ MJ/(m}^3 \text{ K)} = 136193,75 \text{ MJ} \rightarrow 1,36 \times 10^{11} \text{ J}$ (of watt)

Warmte vrijkomend uit restwarmte = $1,4316 \times 10^{13} \text{ J}$ (of watt) = totaal $1,45 \times 10^{13} \text{ J}$ (watt).

Koude vrijkomend bij warmtelevering = $219204,32 \text{ m}^3 \times 2,50 \text{ MJ/(m}^3 \text{ K)} = 548011 \text{ MJ} \rightarrow 5,48 \times 10^{11} \text{ J}$ (watt).

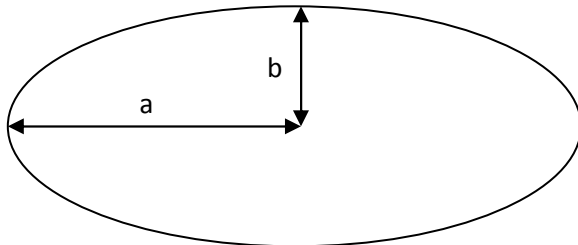
Bron dimensioneren met de formule $R_{th} = v((C_w \cdot Q) / (Ca \cdot H \cdot \pi))$

Als voorbeeld gebruiken we een filterlengte van 30 m^1 . Verder is $C_w 4186 \text{ J/kg K}$ en $Ca 3058 \text{ J/kg K}$. Invullen wordt dan $v((4,186 \times 219204 \text{ m}^3) / (3058 \times 30 \times \pi)) = 58,32 \text{ m}^1$ is de thermische straal van de bron.

Dit kan veranderen als er meerdere filters worden gebruikt, bijvoorbeeld omdat de thermische straal anders te groot zou worden.

BEREKENING POTENTIËLE ENERGIE**Berekening omvang verontreiniging > 100 x Interventiewaarde en de potentieel beschikbare bodemenergie**

Uitgangspunt van de verontreiniging is Bijlage 13.3B uit het Nader bodemonderzoek van maart 2010. Berekenen oppervlakte van de verontreinigingsvlek met de formule voor het uitrekenen van de oppervlakte van een ellips: $\pi \cdot a \cdot b$. Waarbij a = de ½ lange diameter van de ellips en b de ½ korte diameter van de ellips, zie figuur.

**Figuur ellips**

De formule ingevuld = $\pi \cdot 225 \cdot 112,5 = 79521,6 \text{ m}^2 \approx 79522 \text{ m}^2$ Als we uitgaan van een gemiddelde dikte van de verontreiniging van 16 m^1 , op basis van Bijlage 14.2 uit het Nader bodemonderzoek van maart 2010.

$79522 \times 16 = 1272352 \text{ m}^3 \approx 1,3 \text{ miljoen m}^3$. $1,3 \times 10^6 \times 2,50 \text{ MJ} = 3250000 \text{ MJ} \rightarrow 3,25 \times 10^{12} \text{ J}$ (of watt) energie.

BEREKENINGEN K-WAARDE EN AFBRAAKTIJDEN**Berekenen relatie temperatuur versus groeisnelheid (binnen > 100 x I-waarde).**

Stof	Halfwaardetijden (dagen)			Afbraaksnelheid per dag		
	Gestimuleerd	Intrinsiek	intrinsiek (conservatie)	k dag ⁻¹	k dag ⁻¹ (intrinsiek)	k dag ⁻¹ (conservatief)
Tetrachlooretheen	80	350	3500	-0,00866434	0,001980421	0,000198042
Trichloorethen	43	350	3500	-0,0161197	0,001980421	0,000198042
Dichlooretheen	230	350	3500	-0,00301368	0,001980421	0,000198042
Vinylchloride	80	700	7000	-0,00866434	0,00099021	9,9021E-05

Parameters	Chemische formule	molecuul massa	vracht in kg	vracht in ton
Tetrachlooretheen	C ₂ Cl ₄	165,8	21222,78	21,22
Trichloorethen	C ₂ HCl ₃	131,4	2126,28	2,13
Dichlooretheen	C ₂ H ₂ Cl ₂	96,9	3760,44	3,76
Vinylchloride	C ₂ H ₃ Cl	62,5	733,89	0,73

Verontreiniging in m3	porositeit	$v = C \cdot k$
1300000	0,3	$v = C \times \ln(2) / t_{1/2}$
$k = \ln 2 / t_{1/2}$	$t_{1/2} =$	
of	$\ln 2 / k$	$0,69314718 \quad C/Co = e^{-k \times t}$

$k = \text{LN } 1/2 / t$	Halfwaardetijden (dagen)³⁶			Afbraaksnelheid per dag		
Stof	Gestimuleerd	Intrinsiek	intrinsiek (conservatief)	k dag⁻¹	k dag⁻¹ (intrinsiek)	k dag⁻¹ (conservatief)
Tetrachlooretheen	80	350	3500	0,0086643	0,00198042	-0,00019804
Trichloorethen	43	350	3500	0,0161197	0,00198042	-0,00019804
Dichlooretheen	230	350	3500	0,0030137	0,00198042	-0,00019804
Vinylchloride	80	700	7000	0,0086643	0,00099021	-9,9021E-05

Tabel 7.5-1 berekende afbraaksnelheden per stof

Berekening van k-waarde bij een gestimuleerde situatie.

De gehalten zijn een gemiddelde van de gehalten binnen de contour van 100 x de I-waarde.

k-waarde per dag = $\text{LN}((0,5 * 54417,39) / 54417,39) / 80 = -0,00866434 \text{ k dag}^{-1}$.

Figuur 0-1 Halfwaardetijden VOCL, bron: Modelstudie naar de invloed van saneringsmaatregelen op de ontwikkeling van de verontreinigingspluim voor de locatie Holwert te Coevorden, d.d. 29 augustus 2001, projectcode 2000.1409.

Afbraaktijden in dagen $C/C_0 = e^{-k \times t}$ of $\text{LN}(C_0/C)/k \text{ dag}^{-1}$ (bij standaard bodem temperatuur)

dagen = $\text{LN}(C_0/C)/k \rightarrow \text{LN}(40/54417,39)/-0,00866434 = 832,79 \approx 833 \text{ dagen} / 365 = 2,28 \text{ jaar}$.

Dezelfde berekening voor de overige afbraaktijden. Zie ook Excel bestand 'afbraak berekenen'

De afbraaktijden bij bodemtemperaturen van 20 °C en 30 °C zijn berekend door conform de

vuistregel de afbraaktijd te halveren, of de k-waarde te verdubbelen, per 10 °C

temperatuurverhoging.

VOCL	Obv gemiddelde gehalten			Worstcase gehalten		
$\text{LN}(C/C_0)/-k$	Afbraaktijden in jaren			Afbraaktijden in jaren		
Bodem temperatuur	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief
10 °C	10,2	38,2	382,4	11,1	43,1	430,8
20 °C	5,1	19,1	191,2	5,6	21,5	215,4
30 °C	2,5	9,6	95,6	2,8	10,8	107,7

Tabel 7.5-2 Berekende afbraaktijden

³⁶ De halfwaardetijden waarmee is gerekend komen uit een onderzoek van Iwaco Noord: Modelstudie naar de invloed van saneringsmaatregelen op de ontwikkeling van de verontreinigingspluim voor de locatie Holwert te Coevorden, d.d. 29 augustus 2001, projectcode 2000.1409.

BEREKENING BESCHIKBARE RESTWARMTE FORBO TBV SANERING/WKO**Beschikbare restwarmte via Forbo Novilon, de Holwert 12**

Uit het energiebesparingsplan 2008-2011 blijkt dat er voor koeling 12.886 GJ nodig is (vertegenwoordigd omgekeerd 12.886 GJ warmte). Bij het inzetten van WKO worden de koeltorens overbodig. Voor de koeling is een (WKO) capaciteit nodig van 50 m³/h. Verder komt er nog warmte vrij door het 'opwekken' van perslucht. Door besparingen door te voeren op het huidige systeem, bijvoorbeeld door lekkages te repareren en intensiever op lekkages te controleren. Nu komt er nog 3490 GJ vrij bij het 'opwekken' van perslucht. Na de doorgevoerde verbeteringen zal er waarschijnlijk alleen perslucht nodig zijn bij de daadwerkelijke productie en kunnen de compressoren de rest van de tijd uitgeschakeld worden. Dit komt neer op 3.585 vollasturen tegenover 8.760 uren die de compressoren nu produceren in één jaar. Omgerekend is dat $3.585 / 8.760 = 41\%$ → is een besparing van 59%. Van de nu vrijkomende warmte zal in de nieuwe situatie niet meer dan 40% overblijven. $3.490 \times 41\% = 1.430$ GJ. Totaal aan beschikbare restwarmte: $12.886 + 1.430 = 14.316$ GJ. $14.316 \text{ GJ} = 1,4316 \times 10^{13} \text{ J} = 14.316.000.000.000 \text{ W}$.

BEREKENING TERUGVERDIENTTIJD VERSCHILLENDE VARIANTEN TOV REFERENTIE (verwarming d.m.v. aardgas)

De terugverdiëntijden zijn tot stand gekomen door eerst de netto contante waarde voor een conventioneel systeem te berekenen over een periode van 30 jaar en de uitkomsten te vergelijken met de kosten van de andere varianten.

Investerings- en exploitatiekosten van de verschillende systemen			
Omschrijving	Investering	Bedrag	Exploitatiekosten/jr
Conventioneel systeem (CV)	Installatie CV	€ 490.000,00	€ 141.000,00
WKO-systeem (inclusief distributie)	Bronnen	€ 150.000,00	
	Installatie systeem	€ 668.500,00	€ 55.000,00
	(subtotaal)	€ 818.500,00	
Grondwateronttrekking tbv beheersing	Bronnen	€ 150.000,00	€ 25.000,00
Grondwaterzuivering (GWZI)	€ 2500 / week		€ 130.000,00
Stimulering Natuurlijk Afbraak (inclusief kweek)	Injectie	€ 1.992.952,00	
	Infiltratie	€ 1.379.596,41	
		€ 3.372.548,41	
Stimulering Natuurlijke Afbraak (zonder kweek bij infiltratie toevoegen) (uit onderzoek blijkt dat NA plaatsvindt)	Injectie	€ 447.737,00	
	Infiltratie	€ 346.096,41	
		€ 793.833,41	
Asfaltcollectoren 1,0 GJ/m ²			
aanleg opp. Asfaltcoll. T.b.v. balans	5.700 m ²	€ 513.000	
aanleg opp. Asfaltcoll. T.b.v. sanering	17.770 m ²	€ 1.599.300	
Totaal investering collector warmte	23.470 m ²	€ 2.112.300,00	
Prijs € 90 /m ² (alleen collectoren)	m ²		
Aanlegkosten leiding Forbo ↔ CPC		€ 527.289,00	
Warmte Forbo in €/GJ € 11,50	14.230 GJ		€ 163.645,00
Totaal investering 'extra' warmte		€ 2.639.589,00	

Tabel 7.5-3 Vergelijking investeringskosten en exploitatiekosten

De gebruikte formule is: $\text{Investering} / (1 + \text{Rente})^{\text{jaar}}$. Invullen conventioneel systeem: €490.000,- / $(1 + 2,0\%)^1 = € 480.390,00$ Vervolgstep is bij dit bedrag de exploitatiekosten op te tellen. De uitkomsten zijn vervolgens in een grafiek met elkaar vergeleken.

Ook de andere varianten zijn deze wijze berekend. Zie andere bijlagen met de berekeningen.

Er zijn vier varianten berekend:

1. Conventionele verwarming tegenover WKO.
2. Conventionele verwarming met de kosten voor een grondwaterzuiveringsinstallatie³⁷ tegenover WKO met grondwaterzuivering.
3. WKO met de kosten voor een grondwaterzuiveringsinstallatie tegenover WKO met natuurlijke afbraak conform het voorstel van DHV met het toedienen van 19 ltr kweek³⁸ (NA small)
4. WKO met de kosten voor een grondwaterzuiveringsinstallatie bij een bodemtemperatuur van 30 °C tegenover WKO met 19 ltr kweek bij een bodemtemperatuur van 30 °C en WKO met natuurlijke afbraak waarin voor de volledige verontreiniging de berekende hoeveelheid kweek (3900 L) wordt toegevoegd bij een bodemtemperatuur van 30 °C.

Vergelijking varianten	rentetarief met inflatie correctie:		2,00%	
Investering / kosten	Aanleg	Exploitatie/jr	Rente	TVT in jr
Verwarming/koeling				
CV	€ 490.000,00	€ 141.000,00	€ 9.800,00	referentie
WKO	€ 818.500,00	€ 55.000,00	€ 16.370,00	11
Combinaties 10 °C bodemtemperatuur				
CV + GWZI	€ 640.000,00	€ 296.000,00	€ 12.800,00	referentie
WKO + GWZI+AC	€ 1.481.500,00	€ 210.000,00	€ 29.630,00	11
WKO + GB + NA+AC	€ 2.275.333,41	€ 80.000,00	€ 45.506,67	8
WKO + GB + NA-full+AC	€ 4.854.048,41	€ 80.000,00	€ 97.080,97	23
Combinaties 30 °C bodemtemperatuur				
CV + GWZI+AC+F	€ 2.239.300,00	€ 459.645,00	€ 44.786,00	referentie
WKO + GWZI+AC+F	€ 3.608.089,00	€ 373.645,00	€ 72.161,78	-1
WKO + GB + NA+AC+F	€ 4.401.922,41	€ 243.645,00	€ 88.038,45	1
WKO + GB + NA-full+AC+F	€ 6.980.637,41	€ 243.645,00	€ 139.612,75	3

Conventionele verwarming/koeling (CV)

Warmte- en koudeopslag (WKO)

Grondwateronttrekking/infiltratie of zuivering (GWZI)

Grondwaterbeheersing (GB) (dus zonder zuivering)

Stimuleren Natuurlijke Afbraak (NA)

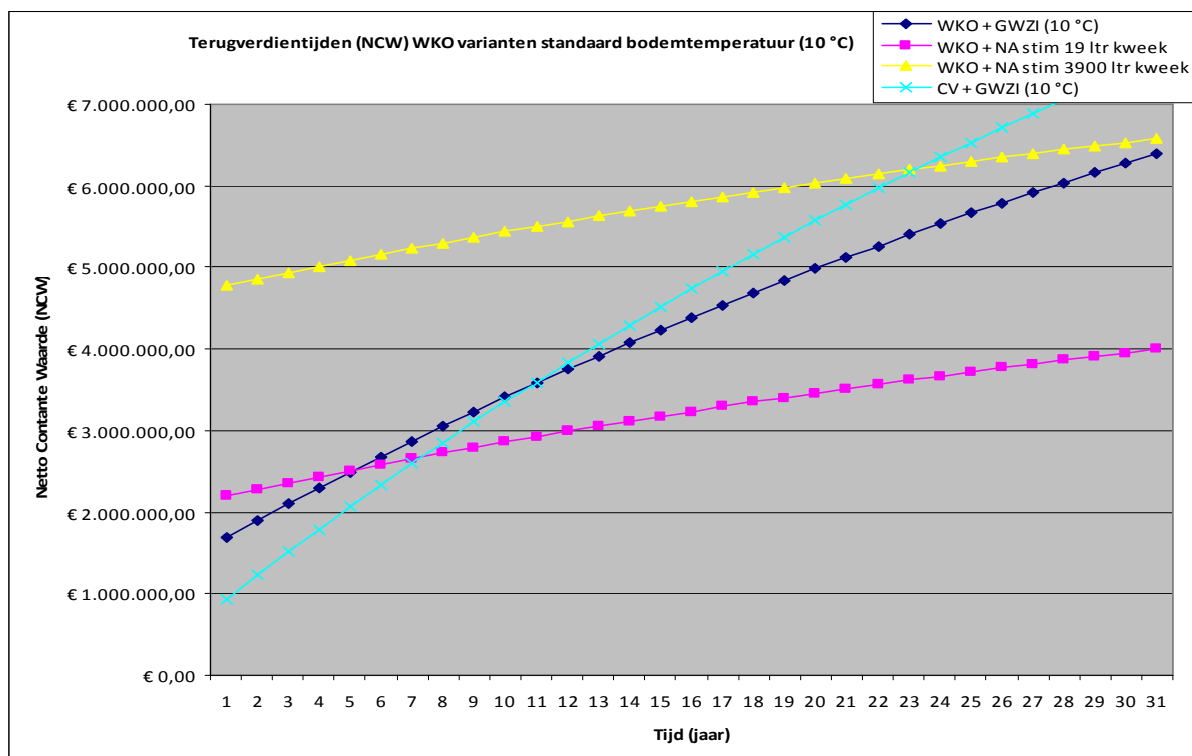
Asfaltcollectoren (AC)

Warmte Forbo (F)

Tabel 7.5-4 terugverdiertijden, gemiddelde kosten en totale kosten over 30 jaar

³⁷ Omdat er geen sanerende maatregelen zijn getroffen, is er vanuit gegaan dat er vanwege de risico's toch een beheersing van de verontreiniging moet plaatsvinden om verdere verspreiding tegen te gaan.

³⁸ bacteriën die de verontreiniging biologisch afbreken.



Figuur: Netto contante waardeberekening met terugverdientijden0-2

BEREKENINGEN ASFALTCOLLECTOREN

Een asfaltcollector levert ongeveer 1 GJ/m²/jaar. De energie die nodig is om het WKO-systeem jaarlijks in balans te houden is 5.700 GJ (warmtevraag 7.700 GJ – koudevraag 2000 GJ). Forbo kan jaarlijks 14.230 GJ aan warmte leveren. Er is ongeveer 3.900 GJ nodig om het verontreinigde bodemvolume van 1.300.000 m³ met één graden te verwarmen. We willen van 10 °C naar 30 °C, dit betekent een verhoging van 20 °C (delta T 20 °C). Totaal is dit 20 x 3.900 GJ = 78.000 GJ. Samen met de hoeveelheid energie om het systeem thermisch in balans te houden is dit 83.700 GJ. Omdat dit niet realistisch is nemen we drie jaar de tijd om de bodem van 10 naar 30 °C op te warmen. 78.000 / 3 = 26.000 GJ + 5.700 GJ ≈ 32.000 GJ – 14230 GJ van Forbo = 17.770 GJ / jaar. 17.770 GJ x 1 GJ/m² = 17.770 m² (1,8 ha)/jaar asfaltcollector oppervlakte nodig om de bodem op te warmen. Het aanleggen van de asfaltcollectoren vraagt een investering van € 160,- /m² asfalt³⁹ en € 90,-/m² collector⁴⁰, totaal/m² € 250,00/m². De totale investeringskosten komen daarmee op: € =4.500.000,-. De aanlegkosten van het asfalt kunnen worden meegenomen in de kosten voor de herontwikkeling van het gebied. Als investeringsbedrag voor de asfaltcollectoren is dan € 1.620.000,- nodig.

Asfaltcollectoren

Asfaltcollectoren	1,0 GJ/m2	Aanleg 3,2 ha		
Prijs	€ 90	/m2 (alleen collectoren)	32.000 m2	€ 2.880.000,00
Warmte Forbo	€/GJ	€ 11,50	14.230 GJ	€ 163.645,00
leveringskosten warmte/jaar				€ 6.070,00
Totaal investering 'extra' warmte				<u>€ 3.043.645,00</u>

Tabel 6 Berekening oppervlakte en kosten asfaltcollectoren

³⁹ Bron: www.vng.nl, d.d. 15-6-'11

⁴⁰ Bron: www.wegvandetoekomst.nl, d.d. 15-6-'11

BIJLAGE 5 EXCELSHEETS T.B.V. BEREKENINGEN

TVT (terugverdientijd)		Exploitatiekost		NCW		WKO		Exploitatiekost	NCW		GWZI		Exploitatiekost	NCW	Rente / inflatie CV + GWZI (10 °C)	Exploitatiekost	2,00%
Jaar	Conventioneel CV	Exploitatiekost		NCW		WKO		Exploitatiekost	NCW		GWZI		Exploitatiekost	NCW		Exploitatiekost	
0	€ 490.000,00	€ 141.000,00	€ 631.000,00	€ 1.331.500,00		€ 1.331.500,00		€ 55.000,00	€ 1.386.500,00	€ 150.000,00		€ 155.000,00	€ 305.000,00	€ 296.000,00	€ 640.000,00	€ 296.000,00	€ 936.000,00
1		€ 138.235,29	€ 769.235,29					€ 53.921,57	€ 1.440.421,57			€ 152.450,98	€ 457.450,98	€ 290.196,08		€ 290.196,08	€ 1.226.196,08
2		€ 135.524,80	€ 904.760,09					€ 52.864,28	€ 1.493.285,85			€ 149.951,94	€ 607.402,92	€ 284.505,96		€ 284.505,96	€ 1.510.702,04
3		€ 132.867,45	€ 1.037.627,54					€ 51.827,73	€ 1.545.113,58			€ 147.501,90	€ 754.904,83	€ 278.927,41		€ 278.927,41	€ 1.789.629,45
4		€ 130.262,21	€ 1.167.889,75					€ 50.811,50	€ 1.595.925,08			€ 145.099,91	€ 900.004,73	€ 273.458,25		€ 273.458,25	€ 2.063.087,69
5		€ 127.708,04	€ 1.295.597,79					€ 49.815,19	€ 1.645.740,27			€ 142.745,01	€ 1.042.749,74	€ 268.096,32		€ 268.096,32	€ 2.331.184,01
6		€ 125.203,96	€ 1.420.801,76					€ 48.838,43	€ 1.694.578,70			€ 140.436,28	€ 1.183.186,02	€ 262.839,53		€ 262.839,53	€ 2.594.023,54
7		€ 122.748,99	€ 1.543.550,74					€ 47.880,81	€ 1.742.459,51			€ 138.172,82	€ 1.321.358,84	€ 257.685,81		€ 257.685,81	€ 2.851.709,36
8		€ 120.342,14	€ 1.663.892,88					€ 46.941,97	€ 1.789.401,48			€ 135.953,75	€ 1.457.312,59	€ 252.633,15		€ 252.633,15	€ 3.104.342,51
9		€ 117.982,49	€ 1.781.875,38					€ 46.021,54	€ 1.835.423,02			€ 133.778,18	€ 1.591.090,77	€ 247.679,56		€ 247.679,56	€ 3.352.022,07
10		€ 115.669,11	€ 1.897.544,49					€ 45.119,16	€ 1.880.542,18			€ 131.645,28	€ 1.722.736,05	€ 242.823,10		€ 242.823,10	€ 3.594.845,16
11		€ 113.401,09	€ 2.010.945,57					€ 44.234,47	€ 1.924.776,64			€ 129.554,20	€ 1.852.290,25	€ 238.061,86		€ 238.061,86	€ 3.832.907,02
12		€ 111.177,54	€ 2.122.123,11					€ 43.367,12	€ 1.968.143,77			€ 127.504,11	€ 1.979.794,36	€ 233.393,98		€ 233.393,98	€ 4.066.301,00
13		€ 108.997,59	€ 2.231.120,70					€ 42.516,79	€ 2.010.660,56			€ 125.494,23	€ 2.105.288,59	€ 228.817,63		€ 228.817,63	€ 4.295.118,63
14		€ 106.860,38	€ 2.337.981,08					€ 41.683,13	€ 2.052.343,68			€ 123.523,75	€ 2.228.812,34	€ 224.331,01		€ 224.331,01	€ 4.519.449,64
15		€ 104.765,08	€ 2.442.746,15					€ 40.865,81	€ 2.093.209,49			€ 121.591,91	€ 2.350.404,26	€ 219.932,36		€ 219.932,36	€ 4.739.382,00
16		€ 102.710,86	€ 2.545.457,01					€ 40.064,52	€ 2.133.274,01			€ 119.697,96	€ 2.470.102,21	€ 215.619,96		€ 215.619,96	€ 4.955.001,96
17		€ 100.696,92	€ 2.646.153,93					€ 39.278,94	€ 2.172.552,95			€ 117.841,13	€ 2.587.943,34	€ 211.392,12		€ 211.392,12	€ 5.166.394,08
18		€ 98.722,47	€ 2.744.876,41					€ 38.508,77	€ 2.211.061,72			€ 116.020,72	€ 2.703.964,06	€ 207.247,17		€ 207.247,17	€ 5.373.641,25
19		€ 96.786,74	€ 2.841.663,14					€ 37.753,69	€ 2.248.815,41			€ 114.236,00	€ 2.818.200,06	€ 203.183,50		€ 203.183,50	€ 5.576.824,76
20		€ 94.888,96	€ 2.936.552,10					€ 37.013,42	€ 2.285.828,83			€ 112.486,27	€ 2.930.686,33	€ 199.199,51		€ 199.199,51	€ 5.776.024,27
21		€ 93.028,39	€ 3.029.580,49					€ 36.287,67	€ 2.322.116,50			€ 110.770,86	€ 3.041.457,19	€ 195.293,64		€ 195.293,64	€ 5.971.317,91
22		€ 91.204,30	€ 3.120.784,80					€ 35.576,15	€ 2.357.692,65			€ 109.089,07	€ 3.150.546,27	€ 191.464,35		€ 191.464,35	€ 6.162.782,27
23		€ 89.415,98	€ 3.210.200,78					€ 34.878,58	€ 2.392.571,23			€ 107.440,27	€ 3.257.986,53	€ 187.710,15		€ 187.710,15	€ 6.350.492,42
24		€ 87.662,73	€ 3.297.863,51					€ 34.194,68	€ 2.426.765,91			€ 105.823,79	€ 3.363.810,33	€ 184.029,56		€ 184.029,56	€ 6.534.521,98
25		€ 85.943,85	€ 3.383.807,36					€ 33.524,20	€ 2.460.290,11			€ 104.239,01	€ 3.468.049,34	€ 180.421,14		€ 180.421,14	€ 6.714.943,12
26		€ 84.258,68	€ 3.468.066,04					€ 32.866,86	€ 2.493.156,97			€ 102.685,31	€ 3.570.734,65	€ 176.883,47		€ 176.883,47	€ 6.891.826,58
27		€ 82.606,55	€ 3.550.672,59					€ 32.222,41	€ 2.525.379,38			€ 101.162,07	€ 3.671.896,71	€ 173.415,17		€ 173.415,17	€ 7.065.241,75
28		€ 80.986,81	€ 3.631.659,40					€ 31.590,60	€ 2.556.969,98			€ 99.668,69	€ 3.771.565,41	€ 170.014,87		€ 170.014,87	€ 7.235.256,62
29		€ 79.398,84	€ 3.711.058,24					€ 30.971,18	€ 2.587.941,16			€ 98.204,60	€ 3.869.770,01	€ 166.681,24		€ 166.681,24	€ 7.401.937,86
30		€ 77.842,00	€ 3.788.900,23					€ 30.363,90	€ 2.618.305,06			€ 96.769,22	€ 3.966.539,22	€ 163.412,98		€ 163.412,98	€ 7.565.350,84
	€ 490.000,00	€ 3.298.900,23		€ 1.331.500,00	€ 1.286.805,06	€ 150.000,00		€ 3.816.539,22		€ 640.000,00		€ 6.925.350,84					

CV + GWZI (30 °C)	Exploitatiekost	NCW	WKO + GWZI (10 °C)	Exploitatiekost	NCW	WKO + GWZI (30 °C)	Exploitatiekost	NCW
€ 1.971.500,00	€ 2.422.589,00	€ 4.394.089,00	€ 1.481.500,00	€ 210.000,00	€ 1.691.500,00	€ 3.608.089,00	€ 373.645,00	€ 3.981.734,00
	€ 2.375.087,25	€ 6.769.176,25		€ 205.882,35	€ 1.897.382,35		€ 366.318,63	€ 4.348.052,63
	€ 2.328.516,92	€ 9.097.693,17		€ 201.845,44	€ 2.099.227,80		€ 359.135,91	€ 4.707.188,54
	€ 2.282.859,72	€ 11.380.552,89		€ 197.887,69	€ 2.297.115,49		€ 352.094,03	€ 5.059.282,57
	€ 2.238.097,77	€ 13.618.650,66		€ 194.007,54	€ 2.491.123,03		€ 345.190,22	€ 5.404.472,79
	€ 2.194.213,50	€ 15.812.864,16		€ 190.203,47	€ 2.681.326,50		€ 338.421,79	€ 5.742.894,58
	€ 2.151.189,70	€ 17.964.053,86		€ 186.473,99	€ 2.867.800,49		€ 331.786,07	€ 6.074.680,65
	€ 2.109.009,51	€ 20.073.063,37		€ 182.817,64	€ 3.050.618,12		€ 325.280,46	€ 6.399.961,10
	€ 2.067.656,38	€ 22.140.719,76		€ 179.232,98	€ 3.229.851,10		€ 318.902,41	€ 6.718.863,51
	€ 2.027.114,10	€ 24.167.833,86		€ 175.718,61	€ 3.405.569,71		€ 312.649,42	€ 7.031.512,93
	€ 1.987.366,77	€ 26.155.200,63		€ 172.273,14	€ 3.577.842,85		€ 306.519,04	€ 7.338.031,97
	€ 1.948.398,79	€ 28.103.599,42		€ 168.895,24	€ 3.746.738,09		€ 300.508,86	€ 7.638.540,84
	€ 1.910.194,89	€ 30.013.794,31		€ 165.583,57	€ 3.912.321,66		€ 294.616,53	€ 7.933.157,37
	€ 1.872.740,09	€ 31.886.534,40		€ 162.336,83	€ 4.074.658,49		€ 288.839,74	€ 8.221.997,11
	€ 1.836.019,70	€ 33.772.554,10		€ 159.153,76	€ 4.233.812,24		€ 283.176,21	€ 8.505.173,32
	€ 1.800.019,31	€ 35.522.573,41		€ 156.033,09	€ 4.389.845,34		€ 277.623,74	€ 8.782.797,06
	€ 1.764.724,82	€ 37.287.298,23		€ 152.973,62	€ 4.542.818,96		€ 272.180,14	€ 9.054.977,20
	€ 1.730.122,37	€ 39.017.420,60		€ 149.974,14	€ 4.692.793,09		€ 266.843,27	€ 9.321.820,47
	€ 1.696.198,40	€ 40.713.619,00		€ 147.033,47	€ 4.839.826,56		€ 261.611,05	€ 9.583.431,52
	€ 1.662.939,61	€ 42.376.558,61		€ 144.150,46	€ 4.983.977,02		€ 256.481,42	€ 9.839.912,94
	€ 1.630.332,95	€ 44.006.891,55		€ 141.323,98	€ 5.125.301,00		€ 251.452,37	€ 10.091.365,31
	€ 1.598.365,64	€ 45.605.257,19		€ 138.552,92	€ 5.263.853,92		€ 246.521,94	€ 10.337.887,25
	€ 1.567.025,13	€ 47.172.282,32		€ 135.836,20	€ 5.399.690,12		€ 241.688,17	€ 10.579.575,42
	€ 1.536.299,15	€ 48.708.581,48		€ 133.172,74	€ 5.532.862,86		€ 236.949,19	€ 10.816.524,61
	€ 1.506.175,64	€ 50.214.757,11		€ 130.561,51	€ 5.663.424,38		€ 232.303,13	€ 11.048.827,73
	€ 1.476.642,78	€ 51.691.399,89		€ 128.001,48	€ 5.791.425,86		€ 227.748,16	€ 11.276.575,89
	€ 1.447.689,00	€ 53.139.088,90		€ 125.491,65	€ 5.916.917,51		€ 223.282,51	€ 11.499.858,41
	€ 1.419.302,94	€ 54.558.391,84		€ 123.031,03	€ 6.039.948,54		€ 218.904,42	€ 11.718.762,83
	€ 1.391.473,47	€ 55.949.865,31		€ 120.618,66	€ 6.160.567,19		€ 214.612,18	€ 11.933.375,01
	€ 1.364.189,68	€ 57.314.054,99		€ 118.253,58	€ 6.278.820,78		€ 210.404,10	€ 12.143.779,11
	€ 1.337.440,86	€ 58.651.495,86		€ 115.934,89	€ 6.394.755,67		€ 206.278,53	€ 12.350.057,63
€ 1.971.500,00	€ 56.675.995,86		€ 1.481.500,00	€ 4.913.255,67		€ 3.608.089,00	€ 8.741.968,63	

19 liter kweek						
NA stimulatie	Exploitatiekost	NCW	WKO + NA stim (19 ltr kweek) 10 °C	Exploitatiekost	NCW	WKO + NA stim (19 ltr kweek) 30 °C
€ 793.833,41	€ 25.000,00	€ 818.833,41	€ 2.125.333,41	€ 80.000,00	€ 2.205.333,41	€ 243.645,00
	€ 24.509,80	€ 843.343,21		€ 78.431,37	€ 2.283.764,78	€ 238.867,65
	€ 24.029,22	€ 867.372,43		€ 76.893,50	€ 2.360.658,29	€ 234.183,97
	€ 23.558,06	€ 890.930,49		€ 75.385,79	€ 2.436.044,07	€ 229.592,13
	€ 23.096,14	€ 914.026,63		€ 73.907,63	€ 2.509.951,71	€ 225.090,32
	€ 22.643,27	€ 936.669,90		€ 72.458,46	€ 2.582.410,17	€ 220.676,78
	€ 22.199,28	€ 958.869,18		€ 71.037,71	€ 2.653.447,88	€ 216.349,79
	€ 21.764,00	€ 980.633,19		€ 69.644,81	€ 2.723.092,70	€ 212.107,63
	€ 21.337,26	€ 1.001.970,45		€ 68.279,23	€ 2.791.371,93	€ 207.948,66
	€ 20.918,88	€ 1.022.889,33		€ 66.940,42	€ 2.858.312,35	€ 203.871,24
	€ 20.508,71	€ 1.043.398,04		€ 65.627,86	€ 2.923.940,21	€ 199.873,76
	€ 20.106,58	€ 1.063.504,61		€ 64.341,04	€ 2.988.281,25	€ 195.954,67
	€ 19.712,33	€ 1.083.216,94		€ 63.079,45	€ 3.051.360,71	€ 192.112,42
	€ 19.325,81	€ 1.102.542,75		€ 61.842,60	€ 3.113.203,31	€ 188.345,51
	€ 18.946,88	€ 1.121.489,63		€ 60.630,00	€ 3.173.833,31	€ 184.652,46
	€ 18.575,37	€ 1.140.065,00		€ 59.441,18	€ 3.233.274,49	€ 181.031,82
	€ 18.211,15	€ 1.158.276,14		€ 58.275,67	€ 3.291.550,16	€ 177.482,18
	€ 17.854,06	€ 1.176.130,21		€ 57.133,00	€ 3.348.683,16	€ 174.002,14
	€ 17.503,98	€ 1.193.634,19		€ 56.012,75	€ 3.404.695,91	€ 170.590,33
	€ 17.160,77	€ 1.210.794,96		€ 54.914,46	€ 3.459.610,37	€ 167.245,42
	€ 16.824,28	€ 1.227.619,24		€ 53.837,71	€ 3.513.448,08	€ 163.966,10
	€ 16.494,40	€ 1.244.113,64		€ 52.782,07	€ 3.566.230,14	€ 160.751,08
	€ 16.170,98	€ 1.260.284,62		€ 51.747,12	€ 3.617.977,27	€ 157.599,10
	€ 15.853,90	€ 1.276.138,51		€ 50.732,47	€ 3.668.709,74	€ 154.508,92
	€ 15.543,04	€ 1.291.681,55		€ 49.737,72	€ 3.718.447,46	€ 151.479,33
	€ 15.238,27	€ 1.306.919,82		€ 48.762,47	€ 3.767.209,93	€ 148.509,15
	€ 14.939,48	€ 1.321.859,30		€ 47.806,34	€ 3.815.016,27	€ 145.597,20
	€ 14.646,55	€ 1.336.505,86		€ 46.868,96	€ 3.861.885,24	€ 142.742,36
	€ 14.359,36	€ 1.350.865,22		€ 45.949,96	€ 3.907.835,20	€ 139.943,49
	€ 14.077,81	€ 1.364.943,03		€ 45.048,98	€ 3.952.884,18	€ 137.199,50
	€ 13.801,77	€ 1.378.744,80		€ 44.165,67	€ 3.997.049,85	€ 134.509,31
€ 793.833,41	€ 584.911,39		€ 2.125.333,41	€ 1.871.716,44		€ 4.251.922,41
						€ 5.700.429,41

heel veel kweek (3900 L)						
NA stimulatie	Exploitatiekosten	NCW	WKO + NA stim (3900 ltr kweek) 10 °C	Exploitatiekost	NCW	WKO + NA stim (3900 ltr kweek) 30 °C
€ 3.372.548,41	€ 25.000,00	€ 3.397.548,41	€ 4.704.048,41	€ 80.000,00	€ 4.784.048,41	€ 6.830.637,41
	€ 24.509,80	€ 3.422.058,21		€ 78.431,37	€ 4.862.479,78	
	€ 24.029,22	€ 3.446.087,43		€ 76.893,50	€ 4.939.373,29	
	€ 23.558,06	€ 3.469.645,49		€ 75.385,79	€ 5.014.759,07	
	€ 23.096,14	€ 3.492.741,63		€ 73.907,63	€ 5.088.666,71	
	€ 22.643,27	€ 3.515.384,90		€ 72.458,46	€ 5.161.125,17	
	€ 22.199,28	€ 3.537.584,18		€ 71.037,71	€ 5.232.162,88	
	€ 21.764,00	€ 3.559.348,19		€ 69.644,81	€ 5.301.807,70	
	€ 21.337,26	€ 3.580.685,45		€ 68.279,23	€ 5.370.086,93	
	€ 20.918,88	€ 3.601.604,33		€ 66.940,42	€ 5.437.027,35	
	€ 20.508,71	€ 3.622.113,04		€ 65.627,86	€ 5.502.655,21	
	€ 20.106,58	€ 3.642.219,61		€ 64.341,04	€ 5.566.996,25	
	€ 19.712,33	€ 3.661.931,94		€ 63.079,45	€ 5.630.075,71	
	€ 19.325,81	€ 3.681.257,75		€ 61.842,60	€ 5.691.918,31	
	€ 18.946,88	€ 3.700.204,63		€ 60.630,00	€ 5.752.548,31	
	€ 18.575,37	€ 3.718.780,00		€ 59.441,18	€ 5.811.989,49	
	€ 18.211,15	€ 3.736.991,14		€ 58.275,67	€ 5.870.265,16	
	€ 17.854,06	€ 3.754.845,21		€ 57.133,00	€ 5.927.398,16	
	€ 17.503,98	€ 3.772.349,19		€ 56.012,75	€ 5.983.410,91	
	€ 17.160,77	€ 3.789.509,96		€ 54.914,46	€ 6.038.325,37	
	€ 16.824,28	€ 3.806.334,24		€ 53.837,71	€ 6.092.163,08	
	€ 16.494,40	€ 3.822.828,64		€ 52.782,07	€ 6.144.945,14	
	€ 16.170,98	€ 3.838.999,62		€ 51.747,12	€ 6.196.692,27	
	€ 15.853,90	€ 3.854.853,51		€ 50.732,47	€ 6.247.424,74	
	€ 15.543,04	€ 3.870.396,55		€ 49.737,72	€ 6.297.162,46	
	€ 15.238,27	€ 3.885.634,82		€ 48.762,47	€ 6.345.924,93	
	€ 14.939,48	€ 3.900.574,30		€ 47.806,34	€ 6.393.731,27	
	€ 14.646,55	€ 3.915.220,86		€ 46.868,96	€ 6.440.600,24	
	€ 14.359,36	€ 3.929.580,22		€ 45.949,96	€ 6.486.550,20	
	€ 14.077,81	€ 3.943.658,03		€ 45.048,98	€ 6.531.599,18	
	€ 13.801,77	€ 3.957.459,80		€ 44.165,67	€ 6.575.764,85	
€ 3.372.548,41	€ 584.911,39		€ 4.704.048,41	€ 1.871.716,44		€ 6.830.637,41
						€ 5.700.429,41
						€ 10.023.909,39
						€ 10.204.941,22
						€ 10.382.423,40
						€ 10.556.425,53
						€ 10.727.015,87
						€ 10.894.261,29
						€ 11.058.227,39
						€ 11.218.978,47
						€ 11.376.577,56
						€ 11.531.086,48
						€ 11.682.565,81
						€ 11.831.074,96
						€ 11.976.672,17
						€ 12.119.414,53
						€ 12.259.358,01
						€ 12.396.557,51
						€ 12.531.066,82

BEREKENING KOSTEN STIUMLEREN BIOLOGISCHE AFBRAAK

HOEVEELHEDEN TEN BEHOEVE VAN INJECTIE

Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs per eenheid	Kosten	Subtotalen
Directe injectie kerngebied					
Aan- en afvoer materieel	1,00	-	€ 2.000,00	€ 2.000,00	
Uitvoeren directe injecties	240,00	stuk	€ 450,00	€ 108.000,00	
verbruik protamylasse (TOC:200gr/kg)	101,70	m3	€ 500,00	€ 50.850,00	
verbruik melkzuur in kg	101680,00	kg	€ 1,40	€ 142.352,00	
verbruik ammoniumchloride en natriumpolyfosfaat 0 kg 3 0	0,00	kg	€ 3,00	€ 0,00	
verbruik kweek DHC	19,00	l	€ 265,00	€ 5.035,00	
verbruik kweek uitgaande dat er geen DHCaanwezig is	(5850 L)				€ 308.237,00
Aanleg monitoringssysteem kerngebied					
Aan- en afvoer materieel	1,00	-	€ 500,00	€ 500,00	
Mechanische boringen tot 35 m	10,00	/ boring	€ 3.500,00	€ 35.000,00	
Mechanische boringen tot 15 m	10,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 20.000,00	
Plaatsen filters op 6 niveaus	10,00	/filter	€ 2.000,00	€ 20.000,00	
Afwerking op maaiveld	10,00	/filter	€ 1.000,00	€ 10.000,00	
					€ 85.500,00
Mechanische boringen tot 35 m	4,00	/ boring	€ 3.500,00	€ 14.000,00	
Mechanische boringen tot 15 m	4,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 8.000,00	
Plaatsen filters op 6 niveaus	8,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 16.000,00	
Afwerking op maaiveld	8,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 16.000,00	
					€ 54.000,00
subtotaal				€ 447.737,00	

HOEVEELHEDEN TEN BEHOEVE VAN INFILTRATIE

Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs per eenheid	Kosten	
Directe injectie kerngebied					
Aan- en afvoer materieel	1,00	-	€ 2.000,00	€ 2.000,00	
Uitvoeren directe injecties	240,00	stuk	€ 450,00	€ 108.000,00	
verbruik protamylasse (TOC:200gr/kg)	50,84	m3	€ 500,00	€ 25.420,11	
verbruik melkzuur in kg	50840,22	kg	€ 1,40	€ 71.176,30	
verbruik ammoniumchloride en natriumpolyfosfaat 0 kg 3 0	0,00	kg	€ 3,00	€ 0,00	
verbruik kweek DHC	0,00	l	€ 265,00	€ 0,00	
verbruik kweek uitgaande dat er geen DHCaanwezig is	(3900 L)				€ 206.596,41
Aanleg monitoringssysteem kerngebied					
Aan- en afvoer materieel	1,00	-	€ 500,00	€ 500,00	
Mechanische boringen tot 35 m	10,00	/ boring	€ 3.500,00	€ 35.000,00	
Mechanische boringen tot 15 m	10,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 20.000,00	
Plaatsen filters op 6 niveaus	10,00	/filter	€ 2.000,00	€ 20.000,00	
Afwerking op maaiveld	10,00	/filter	€ 1.000,00	€ 10.000,00	
					€ 85.500,00
Mechanische boringen tot 35 m	4,00	/ boring	€ 3.500,00	€ 14.000,00	
Mechanische boringen tot 15 m	4,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 8.000,00	
Plaatsen filters op 6 niveaus	8,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 16.000,00	
Afwerking op maaiveld	8,00	/ boring	€ 2.000,00	€ 16.000,00	
					€ 54.000,00
subtotaal				€ 346.096,41	
Totaal injectie en infiltratie					€ 793.833,41

OPMERKING: t.a.v. het toedienen van bacteriën kunnen waarschijnlijk nog kosten worden bespaard

Aanleg WKO-systeem		exploitatiekosten/jaar
o.b.v. info van Geocomfort bij 2 bronnen compleet systeem	€ 390.000,00	
o.b.v. de Ruiter o.b.v. 4 bronnen compleet systeem	€ 470.000,00	
o.b.v. berekening DHV compleet systeem	€ 1.387.000,00	
o.b.v. WKO-tool Nederland	€ 1.027.000,00	€ 818.500,00
Referentieprijs conventioneel systeem	€ 489.000,00	€ 141.000,00

I.v.m. beheersing grondwater voorkeur voor minimaal 2 onttrekkingsbronnen en 2 infiltratiebronnen

MIA betekent extra belastingaftrek; tot 40 % van het investeringsbedrag mag worden afgetrokken van de fiscale winst
Energie Investeringsaftrek (EIA) voor bedrijfsgebouwen

ENERGIEBEREKENINGEN

Type bouw	Utiliteit (winkels)	Woningen	hoek	tussen	appartement	Totaal
EPC	2,6	0,6				
Van kracht	1-1-2009	1-1-2011				
ENERGIEVRAAG						
Warmte W/m2	110	45				
Koude W/m2	100	25				
Vollasturen warmte	1164	2000				
Vollasturen koude	505	500				
kW warmte/m2/jr	0,11	0,045				
kW koude (totaal)/m2/jr	0,1	0,025				
kW warmtapwater/jr/m2		0,39				
J warm tapwater/jr/m2	6000000,00					
kW warmtapwater/jr/(huish)	1,34	0,39				
SUBTOTAAL (type)	utiliteit					woningen
Opp / type m2	7040		127	125	105	
Aantal/type	1		10	68	62	140
Totale opp / type	7040		1270	8500	6510	16280
Warm tapwater kW	1,34		4	26	24	54,09
Warmte/type in kW	774		57	383	293	733
Koude/type in kW	704		32	213	163	407
Maximaal gevraagde warmte in kWh voor de woningen op jaarbasis						1465200,0
Maximaal gevraagde warmte in kWh warm tapwater voor de woningen op jaarbasis						473870,8
Maximaal gevraagd koelvermogen in kWh voor de woningen op jaarbasis						203500,0
Maximaal gevraagde warmte in kWh voor utiliteit op jaarbasis						901401,6
Maximaal gevraagde warmt tapwater in kWh voor utiliteit op jaarbasis						11733,3
Maximaal gevraagd koelvermogen in kW voor utiliteit op jaarbasis						355520,0
CO2 UITSTOOT (Bron: onderzoek CO2 opslag en reductie Drenthe)						
CO2 EMISSIE FOSSIELE BRANDSTOFFEN						
CO2 emissie verwarmen in kg	212432076,18					187286258,3
Subtotaal in kg	212432076,18					187286258,3
Totaal in kg						399718334,5
CO2 EMISSIEREDUCTIE in kTON / TON					399,7	399718,3
Uitgangspunten						
CO2 emissie conform onderzoek CO2 opslag en reductie in Drenthe						
gemiddeld gasverbruik tapwater huishouden nederland 2006						
Bron: http://www.perfectlabel.nl/bespaar_energielabel_tips/Energieverbruik_Nederlands_huishouden.html						
gasverbruik	385 m3	12185,25 MJ	3384,79 kW			
1 m3 gas	31,65 MJ		8,79 kW			
Utiliteit Bron: http://www.energie.nl/stat/xls/fig22.xls						
Koeling	30 MJ/m2					
http://www.m3energie.nl/2008-6-9%20afstudeerrapport%20GOEDgedacht.pdf						
warm tapwater	6 MJ/m2					
Bron: http://www.co2minderen.be/UW_CO2-PROFIEL/uw_co2-profiel.htm						
CO2 emissie / m3 aardgas	1,78 kg/m3					
CO2 emissie / kWh electrisch	0,566 kg/kWh					
COP warmtepomp verwarmen	4	electriciteit tbv WP verwarmen	390,6 kWh			
Warmtepomp koelen	45,6	electriciteit tbv WP koelen	24,4 kWh			
prijs 1 kWh electrisch	€ 0,16	Totaal	415,0 kWh			
verwarmen	€ 62,50					
koelen	€ 3,90	Totaal	€ 66,40			

UITGANGSPUNTEN Gegevens verontreinigd gebied (kern)					
lengte gebied	500 m1	breedte gebied	540 m1		
opp. Gebied	270000 m2		(NO 00-2-2010 DHV)		
diepte aquifer	48,1485 m1	bodemvolume	13000095 m3		
watervolume	3900029 m3				
Uitgangspunten obv geohydrologische gegevens uit NO (grondw. van 24 m-mv tot geohydrologische basis)					
K= doorlatendheid (m/dag)				30 m/dag	
verhang = $\Delta H/L$ (ΔH = verschil in stijghoogte tussen 2 punten, L = afstand tussen 2 punten)				0,0003 m/m	
Porositeit / poriënvolume				0,3 m3/m3	
V = grondwaterstromingssnelheid (m/jaar) (formule = $V = 365 * K * (\Delta H/L) / \text{porositeit}$)				10,95 m/jaar	
Uitgangspunten obv richtlijnen ondergrondse energieopslag					
Warmtegeleidingscoëfficiënt	2,2 [W/(mK)]	(tabel Witte en van Gelder, mei 2003)			
Warmtecapaciteit aquifer (Ca)	3,006 [MJ/(m3K)]	(berekend)	formule $Ca = nCw + (1-n)Cr$		
Warmtecapaciteit water (Cw)	4,186 [MJ/(m3K)]	(uit richtlijnen voor ondergrondse energieopslag)			
Warmtecapaciteit korrelskelet (Cr)	2,5 [MJ/(m3K)]	(tabel Witte en van Gelder, mei 2003)			
thermisch front (Vth)	0,012533768 (berekend)		Totaal		
snelheid water (Vw)	0,03 (berekend)		2852,2 MWh	warmtevraag	
formule ($(Vth/Vw) = (nCw)/(nCw + (1-n)Cr)$)	0,41779227 (Vth/Vw)		559,0 MWh	koudevraag	
Vw = $k \cdot i / n$	0,03 m/d		10267,9 GJ	warmtevraag	
Pt koel- of verwarmingsvermogen [W]			2012,5 GJ	koudevraag	
Qm hoeveelheid water [kg/s]			2139,2 MWh	w vraag aquifer	
Cw soortelijke warmte van water =	4186 [J/(kg K)]		559,0 MWh	k vraag aquifer	
ΔT temperatuurverschil [K]			7701,0 GJ	w vraag aquifer	
Rth thermische straal van de opgeslagen warmte of koude [m1]			2012,5 GJ	k vraag aquifer	
Berekenen debiet (koude en warmte) voor de woningen					
$Pt = Qm \cdot k \cdot Cw \cdot \Delta T$ of $Q = Pt / (Cw \cdot \Delta T)$		COP kW	Vraag		max. cap/h
warmte	732,6 kW	549,45	16 kg/s	59067 kg/h	59,07 m3/h
tapwater	54,09 kW	40,57	1,21 kg/s	4361 kg/h	4,36 m3/h
koude	407,0 kW		12 kg/s	43753 kg/h	43,75 m3/h
warmte in m3 / jaar	156339 m3				
koude in m3 / jaar	21876 m3				
	warmtevraag 1939,071 MWh	1454,3			
Gezamenlijk	koudevraag 203,5 MWh				
				Equivalente vollasturen =	U_{eq}
				kWh/jaar = h	
				kW warmte	1825 h
				koude	503 h
$Pt = Qm \cdot k \cdot Cw \cdot \Delta T$	Watt	kW	ΔT	$Q = (Pt/1000) / (Cw \cdot \Delta T)$	kg/s
Pt =	1171826 W	Warmte	1172 8	Q =	126,27 m3 34,99
Pt =	1111000 W	Koude	1111 8	Q =	119,72 m3 33,18
Berekenen debiet (koude en warmte) voor utiliteit					
$Pt = Qm \cdot k \cdot Cw \cdot \Delta T$ of $Q = Pt / (Cw \cdot \Delta T)$		COP kWh	Vraag		
warmte	774,4 kW	580,80	17 kg/s	62437 kg/h	62,44 m3/h
tapwater	1,3 kW	1,00	0,03 kg/s	108 kg/h	0,11 m3/h
koude	704,0 kW		21 kg/s	75681 kg/h	75,68 m3/h
warmte (+tapw) in m3 / jaar	73622 m3				
koude in m3 / jaar	38219 m3				
684,85	warmtevraag 913,1349 MWh	MFI _{mea}	2	s/l ²	V _{ontw} 1,408959 m/h
	koudevraag 355,52 MWh	U _{eq}		h	V _{ontw} 2,683684 m/h
temperatuurverschil	ΔT	Energiebalans		Verhouding	
warmte	8	10267,9	GJ	Warmtevraag	5,102153
koude	8	2012,5	GJ	Koudevraag	0,195996
$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$		8255,5	GJ	verschil (warmtevraag te veel)	
Brondimensionering tbv warmte (koude opslag)			Brondimensionering koude (warmteopslag)		
$Rth = \sqrt{((Cw \cdot Q) / (Ca \cdot H \cdot \pi))}$			$Rth = \sqrt{((Cw \cdot Q) / (Ca \cdot H \cdot \pi))}$		
Rth	58,32 [m1]	3401	Rth	32,66 [m1]	1067
Cw	4,19 [J/(m3K)]		Cw	4,19 [J/(m3K)]	
Ca	3,006 [J/(m3K)]		Ca	3,006 [J/(m3K)]	
Q	229962 [m3]	opslag	Q	60095 [m3]	opslag
H	30,00 [m1]		H	25,00 [m1]	
π	3,14 [-]		π	3,14 [-]	
H	35,00 [m1]	filterlengte	H	20,00 [m1]	filterlengte
Aantal	3	bronnen	Aantal	3	bronnen
Rth	31,17 [m1]	per bron	Rth	21,08 [m1]	per bron
Bron: http://www.senternovem.nl/utiliteitsbouw/instrumenten/technieken/zonne-energie_thermisch.asp					

Investerings- en exploitatiekosten van de verschillende systemen			
Omschrijving	Investering	Bedrag	Exploit.kosten/jr
Conventioneel systeem (CV)	Installatie CV	€ 490.000,00	€ 141.000,00
WKO-systeem (inclusief distributie)	Bronnen	€ 150.000,00	
	Installatie systeem	€ 668.500,00	€ 55.000,00
	(subtotaal)	<u>€ 818.500,00</u>	
Grondwateronttrekking tbv beheersing	Bronnen	€ 150.000,00	€ 25.000,00
Grondwaterzuivering (GWZI)	€ 2500 / week		€ 130.000,00
Stimulering Natuurlijk Afbraak (inclusief kweek)	Injectie	€ 1.992.952,00	
	Infiltratie	<u>€ 1.379.596,41</u>	
		<u>€ 3.372.548,41</u>	
Stimulering Natuurlijke Afbraak (zonder kweek bij infiltratie toevoegen)	Injectie	€ 447.737,00	
(uit onderzoek blijkt dat NA plaatsvindt)	Infiltratie	<u>€ 346.096,41</u>	
		<u>€ 793.833,41</u>	
Asfaltcollectoren 1,0 GJ/m2			
aanleg opp. Asfaltcoll. T.b.v. balans	5.700 m2	€ 513.000	
aanleg opp. Asfaltcoll. T.b.v. sanering	17.770 m2	€ 1.599.300	
Totaal investering collector warmte	<u>23.470 m2</u>	<u>€ 2.112.300,00</u>	
Prijs € 90 /m2 (alleen collectoren)	m2		
Aanlegkosten leiding Forbo ↔ CPC		€ 527.289,00	
Warmte Forbo in €/GJ € 11,50	14.230 GJ		€ 163.645,00
leveringskosten warmte/jaar			
Totaal investering 'extra' warmte		<u>€ 2.639.589,00</u>	

Stof	norm	aanwezig	Obv gemiddelde gehalten			aanwezig	Worstcase gehalten		
LN (C/Co)/ -k	C	Co	Afbraaktijden in jaren			Co	Afbraaktijden in jaren		
Bodemtemperatuur (standaard)(10 °C)	I-waarde in µg/l	µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief	µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief
Tetrachlooretheen	40	54417	2,3	10	100	200000	2,7	12	118
Trichlooretheen	500	5452	0,4	3	33	12000	0,5	4	44
Dichlooretheen	20	9642	5,6	9	85	12038	5,8	9	89
Vinylchloride	5	1882	1,9	16	164	3400	2,1	18	180
			10,2	38,2	382,4		11,1	43,1	430,8
Bodemtemperatuur (20 °C)	I-waarde in µg/l	µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief	µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief
Tetrachlooretheen	40	54417	1,1	5	50	200000	1,3	6	59
Trichlooretheen	500	5452	0,2	2	17	12000	0,3	2	22
Dichlooretheen	20	9642	2,8	4	43	12038	2,9	4	44
Vinylchloride	5	1882	0,9	8	82	3400	1,0	9	90
			5,1	19,1	191,2		5,6	21,5	215,4
Bodemtemperatuur (30 °C)	I-waarde in µg/l	µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief	µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek conservatief
Tetrachlooretheen	40	54417	0,6	2	25	200000	0,7	3	29
Trichlooretheen	500	5452	0,1	1	8	12000	0,1	1	11
Dichlooretheen	20	9642	1,4	2	21	12038	1,5	2	22
Vinylchloride	5	1882	0,5	4	41	3400	0,5	5	45
			2,5	9,6	95,6		2,8	10,8	107,7

Parameters	Chemische	molecuulmassa	gehalten in	in mg/l	in grammen	in kg/l	in kg/m3	vracht in kg	vracht mol/l
	<i>formule</i>	<i>µg/l</i>							<i>in ton</i>
Tetrachlooretheen	C ₂ Cl ₄	165,8	54417,39	54,42	0,054417391	5,44174E-05	0,054417391	21222,78	21,22 0,000328211
Trichloorethen	C ₂ HCl ₃	131,4	5452,00	5,45	0,005452	0,000005452	0,005452	2126,28	2,13 4,14916E-05
Dichlooretheen	C ₂ H ₂ Cl ₂	96,9	9642,15	9,64	0,009642145	9,64215E-06	0,009642145	3760,44	3,76 9,95061E-05
Vinylchloride	C ₂ -H ₃ Cl	62,5	1881,76	1,88	0,001881765	1,88176E-06	0,001881765	733,89	0,73 3,01082E-05

<i>NORMEN in µg/l</i>	Streefwaarde	I-waarde	100 x I-waarde	LN1/2	e^Λ·k*t	1/2 waarde	Log K _{oc} (dm ⁻³ kg ⁻¹)	K _p = (% os * 0,58 * 0,01) * K _{oc}
GECHLOREERDE KWS						kg.m-3		
tetrachlooretheen								
trichlooretheen	0,01	40	4000	-0,693147181	0,5	0,027208696	2,2 -	K _p (% os = 0,2) K _p (% os = 1,8) K _p (% os = 1,0) K _p (% os = 1,8)
12-dichlooretheen (c&t)	24	500	50000	-0,693147181	0,5	0,002726	1,76 -	K _p (% os = 0,2) K _p (% os = 1,8) K _p (% os = 1,0) K _p (% os = 1,8)
vinylchloride	0,01	20	2000	-0,693147181	0,5	0,004821073	2 -	K _p (% os = 0,2) K _p (% os = 1,8) K _p (% os = 1,0) K _p (% os = 1,8)
	0,01	5	500	-0,693147181	0,5	0,000940882	1,48 -	K _p (% os = 0,2) K _p (% os = 1,8) K _p (% os = 1,0) K _p (% os = 1,8)

k = LN 1/2/ t				Afbraaksnelheid per dag			
Stof	Gestimuleerd	Intrinsiek	intrinsiek (conservatief)	k dag ⁻¹	k dag ⁻¹	k dag ⁻¹	k dag ⁻¹ (conservatief)
Tetrachlooretheen	80	350	3500	-0,00866434	-0,001980421	-0,000198042	-0,000198042
Trichloorethen	43	350	3500	-0,0161197	-0,001980421	-0,000198042	-0,000198042
Dichlooretheen	230	350	3500	-0,00301368	-0,001980421	-0,000198042	-0,000198042
Vinylchloride	80	700	7000	-0,00866434	-0,00099021	-9,9021E-05	-9,9021E-05

Afbraak standaard	I-waarde	gemiddelde	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd
	gehalten in µg/l	gehalten in µg/l	gestimuleerd	intrinsiek (dagen)	intrinsiek (jaren)	intrinsiek (conservatief) (dagen)	intrinsiek (conservatief) (jaren)	intrinsiek (conservatief) (dagen)	intrinsiek (conservatief) (jaren)
<i>bodemtemperatuur (10 °C)</i>									
Tetrachlooretheen	40	54417,39	833	2,3	3643	10	36434	100	100
Trichloorethen	500	5452,00	148	0,4	1206	3	12064	33	33
Dichlooretheen	20	9642,15	2050	5,6	3120	9	31196	85	85
Vinylchloride	5	1881,76	684	1,9	5989	16	59892	164	164

Afbraak verhoogde	I-waarde	gemiddelde	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd
	gehalten in µg/l	gehalten in µg/l	gestimuleerd	intrinsiek (dagen)	intrinsiek (jaren)	intrinsiek (conservatief) (dagen)	intrinsiek (conservatief) (jaren)	intrinsiek (conservatief) (dagen)	intrinsiek (conservatief) (jaren)
<i>bodemtemperatuur (20 °C)</i>									
Tetrachlooretheen	40	54417,39	416	1,1	1822	5	18217	50	50
Trichloorethen	500	5452,00	74	0,2	603	2	6032	17	17
Dichlooretheen	20	9642,15	1025	2,8	1560	4	15598	43	43
Vinylchloride	5	1881,76	342	0,9	2995	8	29946	82	82

Afbraak verhoogde	I-waarde	gemiddelde	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd	afbraaktijd
	gehalten in µg/l	gehalten in µg/l	gestimuleerd	intrinsiek (dagen)	intrinsiek (jaren)	intrinsiek (conservatief) (dagen)	intrinsiek (conservatief) (jaren)	intrinsiek (conservatief) (dagen)	intrinsiek (conservatief) (jaren)
<i>bodemtemperatuur (30 °C)</i>									
Tetrachlooretheen	40	54417,39	208	0,6	911	2	9109	25	25
Trichloorethen	500	5452,00	37	0,1	302	1	3016	8	8
Dichlooretheen	20	9642,15	513	1,4	780	2	7799	21	21
Vinylchloride	5	1881,76	171	0,5	1497	4	14973	41	41

Berekening o.b.v. os = 1,8% (intrinsiek conservatief, <i>daanen</i>)	afbraaktijd	Σ	vaste µg/kg in	Q
	gestimuleerd (dagen)	en vloeibare	vaste fase	(mg/kg)
36454,20	208	54630,29	212,9011179	Q = K _p · C _w
12082,38	37	5472,16	20,15545575	
31216,80	513	9681,50	39,3530892	
59917,45	171	1886,59	4,823249444	

K _p = (% os * 0,58 * 0,01) * K _{oc}				
Kleinste log K _{oc} waarden				Grootste log K _{oc} waarden
K _p (% os = 0,2) K _p (% os = 1,8) K _p (% os = 1,0) K _p (% os = 1,8)				
0,00039721 0,003574893 0,00198052 0,000434708	2,37	2,2 -	0,10808	0,003912373
0,000284795 0,002563152 0,001423973 0,000410766	2,26	1,76 -	0,00776	0,003696892
0,000349195 0,003142753 0,001745974 0,000453485	2,46	2 -	0,01683	0,004081363
0,000197504 0,00177532 0,000987518 0,000284795	1,76	1,48 -	0,00054	0,002563152

Symbol	Verontreiniging in m3	porositeit	0,3 v = C x ln(2) / t _{1/2}
Cl	1300000	v=C*k	
H		let op trichlooretheen is niet 100 x l-waarde	
C	k=ln2/t1/2 t 1/2 = ln2/k C/Co = e^Λ·k x t		

Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w
0,05404 0,19454	0,19454 0,10808	0,02366 0,21290	0,21290 0,11828	0,11828 0,00560
0,00155 0,01397	0,00776 0,00224	0,02016 0,003935	0,003935 0,02186	0,02186 0,00037
0,00337 0,03030	0,01683 0,00186	0,00482 0,00054	0,00054 0,00268	0,00268 0,00037

K _p (l/kg) = (% os = 0,5)	R _d = K _p / w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	K _p (l/kg) = (% os = 0,5)	R _d = K _p / w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w
0,000993026 0,003310086	0,02162 0,00108677	0,003622567 0,003622567	0,003622567 0,003622567	0,003622567 0,003622567	0,05914 0,000711987
0,000711987 0,002373289	0,00155 0,001026914	0,003423048 0,003423048	0,003423048 0,003423048	0,003423048 0,003423048	0,00560 0,000872987
0,000872987 0,002909957	0,00337 0,001133712	0,003779039 0,003779039	0,003779039 0,003779039	0,003779039 0,003779039	0,01093 0,000493759
0,000493759 0,001645863	0,00037 0,000711987	0,002373289 0,002373289	0,002373289 0,002373289	0,002373289 0,002373289	0,00134 0,000493759

µg/kg in	afbraaktijd	Σ	vaste µg/kg in	afbraaktijd	Σ
vaste fase	gestimuleerd (dagen)	en vloeibare fase (µg/l)	vaste fase	gestimuleerd (dagen)	vaste en vloeibare fase (µg/l)
21,61514886	208	54439,00645	59,13919942	208	54476,5305
1,552700675	37	5453,552701	5,59873771	37	5457,598738
3,366986846	513	9645,511987	10,93141367	513	9653,076414
0,371655285	171	1882,136361	1,339791512	171	1883,104497

WORST CASE BENADERING

Stof	Halfwaardetijden (dagen)		Afbraaksnelheid per dag			worst case
	Gestimuleerd	Intrinsiek	k dag ⁻¹	k dag ⁻¹	k dag ⁻¹	gehalten in µg/l
		<i>(conservatief)</i>		<i>(intrinsiek)</i>	<i>(conservatief)</i>	
Tetrachlooretheen	80	350	3500	-0,001980421	-0,000198042	20000,00
Trichlooretheen	43	350	3500	-0,0161197	-0,0001980421	12,00
Dichlooretheen	230	350	3500	-0,00301368	-0,0001980421	12,04
Vinylchloride	80	700	7000	-0,00866434	-0,00099021	3,40

LN (C/Co)/ -k	C	Co	Afbraaktijden				
Afpraak standaard	I-waarde	gehalten in µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek	intrinsiek	intrinsiek
	gehalten in µg/l		(dagen)	(jaren)	(dagen)	(jaren)	(conservatief)
bodemtemperatuur (10 °C)							
Tetrachlooretheen	40	20000,00	983	2,7	4301	12	43007
Trichlooretheen	500	12000,00	197	0,5	1605	4	16047
Dichlooretheen	20	12038,00	2124	5,8	3232	9	32317
Vinylchloride	5	3400,00	753	2,1	6587	18	65866

Afpraak verhoogde	I-waarde	gehalten in µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek	intrinsiek	intrinsiek
	gehalten in µg/l		(dagen)	(jaren)	(dagen)	(jaren)	(conservatief)
bodemtemperatuur (20 °C)							
Tetrachlooretheen	40	20000,00	492	1,3	2150	6	21503
Trichlooretheen	500	12000,00	99	0,3	802	2	8024
Dichlooretheen	20	12038,00	1062	2,9	1616	4	16158
Vinylchloride	5	3400,00	376	1,0	3293	9	32933

Afpraak verhoogde	I-waarde	gehalten in µg/l	gestimuleerd	intrinsiek	intrinsiek	intrinsiek	intrinsiek
	gehalten in µg/l		(dagen)	(jaren)	(dagen)	(jaren)	(conservatief)
bodemtemperatuur (30 °C)							
Tetrachlooretheen	40	20000,00	246	0,7	1075	3	10752
Trichlooretheen	500	12000,00	49	0,1	401	1	4012
Dichlooretheen	20	12038,00	531	1,5	808	2	8079
Vinylchloride	5	3400,00	188	0,5	1647	5	16466

Bron: kostenramingen monitoring sanering CPC terrein oktober 2009

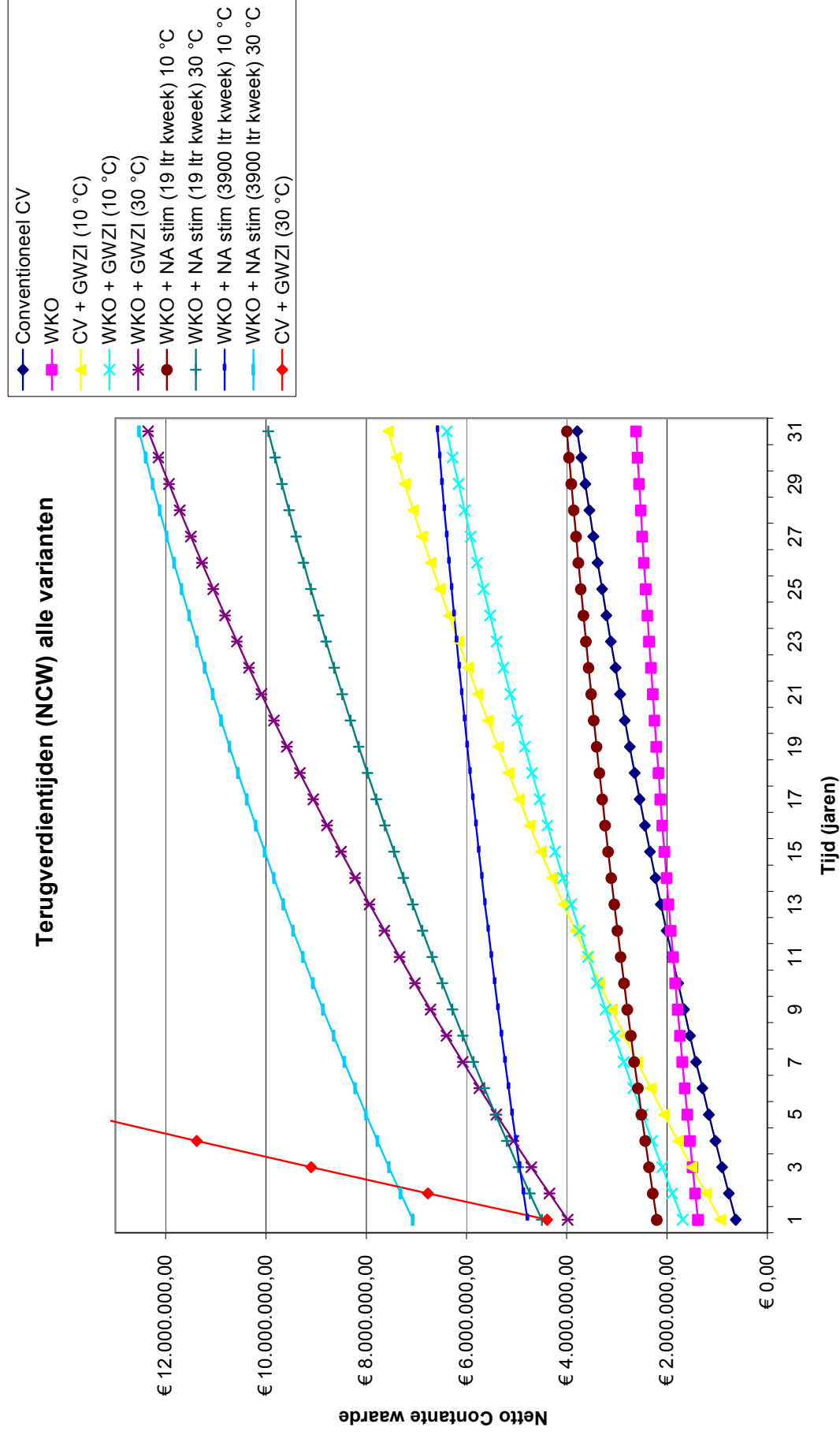
Kosten	1 ^{ste} 5 jaar	1 ^{ste} 10 jaar	2 ^{de} 10 jaar	Verder
Monitoring ondiep	€ 35.821,00	€ 56.533,00	€ 126.034,00	€ 176.151,00
Monitoring diep	€ 180.874,00	€ 233.238,00	€ 415.731,00	€ 688.302,00
Totaal	€ 216.695,00	€ 289.771,00	€ 541.765,00	€ 864.453,00

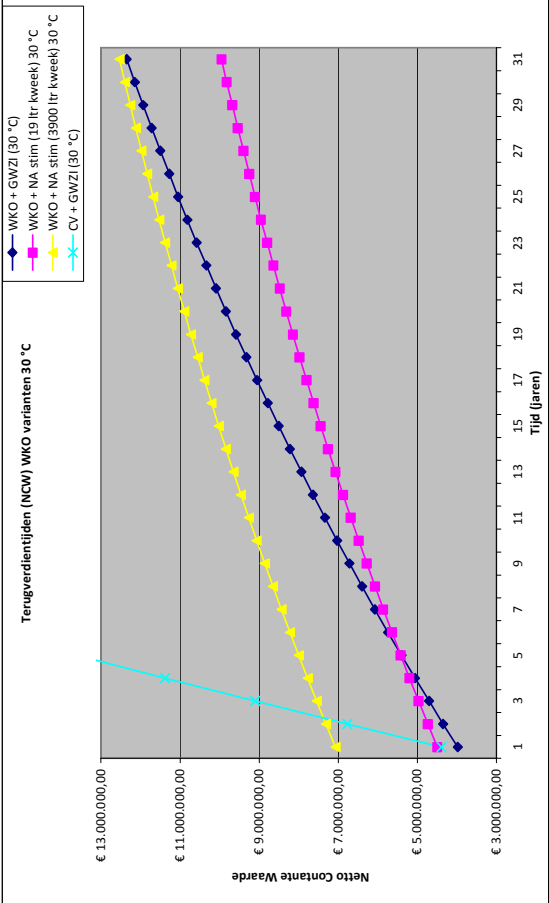
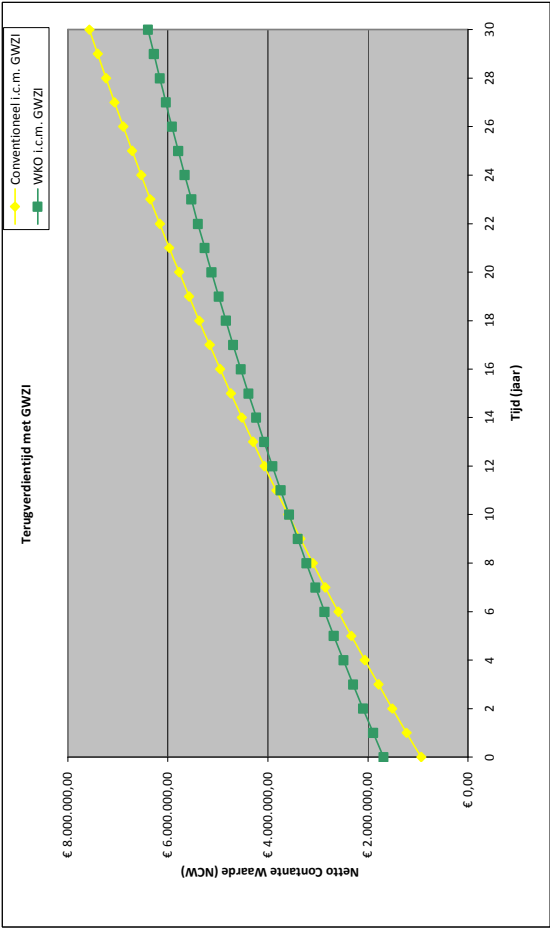
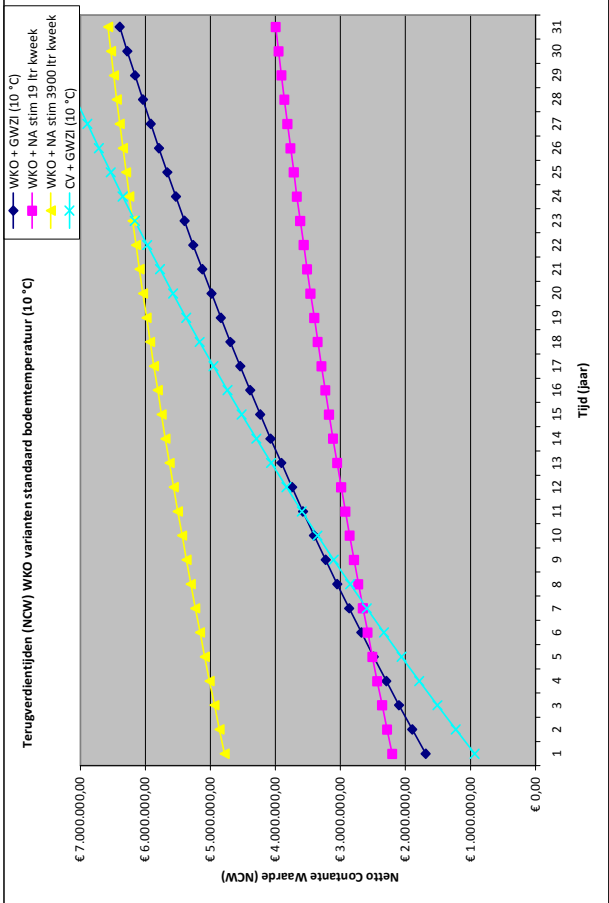
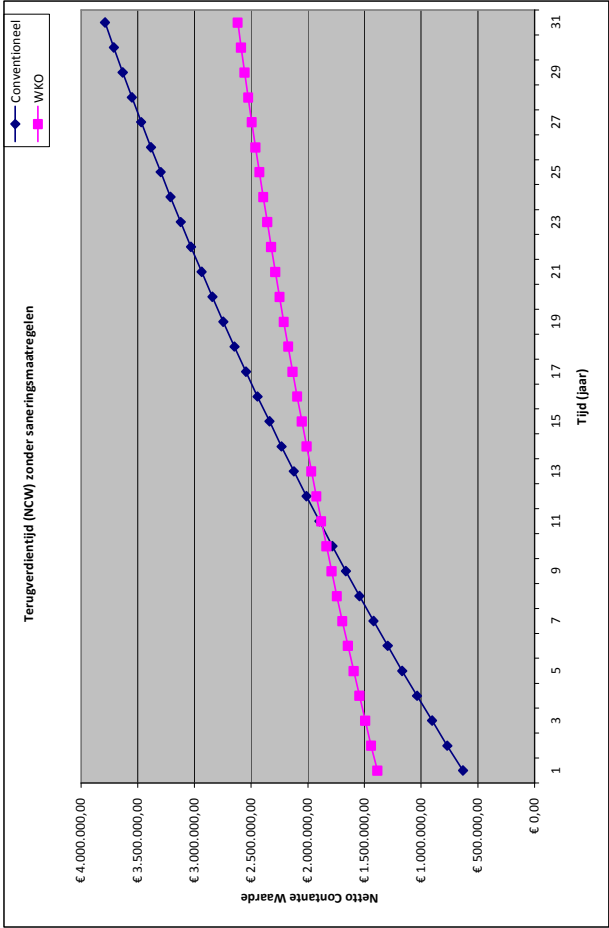
Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w
0,19861	0,71498	0,39721	0,08694	0,78247
0,00854	0,03076	0,01709	0,00493	0,04436
0,01051	0,03783	0,02102	0,00546	0,04913
0,00168	0,00604	0,00336	0,00097	0,00871

K _p (l/kg) (% os = 0,5)	R _d	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w	K _p (l/kg) (% os = 0,5)	R _d	Q (mg/kg) Q = K _p · C _w
0,000993026	0,0033310086	0,19861	0,00108677	0,003622567	0,21735
0,000711987	0,002373289	0,00854	0,001026914	0,003423048	0,01232
0,000872987	0,002909957	0,01051	0,001133712	0,003779039	0,01365
0,000493759	0,001645863	0,00168	0,000711987	0,002373289	0,00242

µg/kg in	afbraaktijd	Σ	vaste	µg/kg in	afbraaktijd	Σ
vaste fase	gestimuleerd	en vloeibare	fase (µg/l)	vaste fase	gestimuleerd	vaste en vloeibare fase (µg/l)
(dagen)	(dagen)			(dagen)	(dagen)	
198,6051549	246	200198,6052	217,3540407	246	200217,354	
8,54384084	49	12008,54384	12,32297368	49	12012,32297	
10,50901735	531	12048,50902	13,64762278	531	12051,64762	
1,678780514	188	3401,678781	2,420754905	188	3402,420755	

BIJLAGE 6 GRAFIEKEN TERUGVERDIENTIJDEN

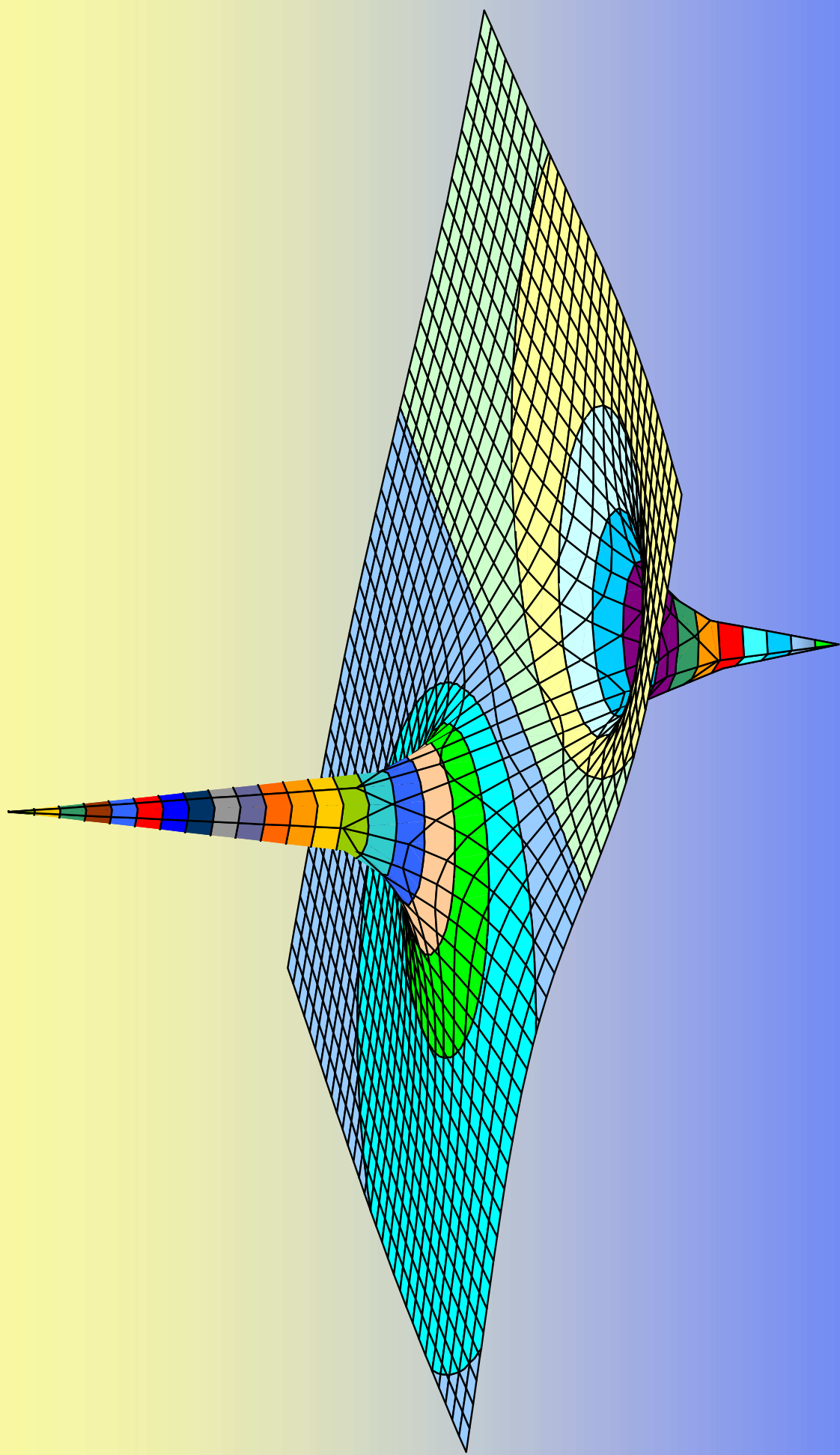




BIJLAGE 7 ISOHYPSEN INFILTRATIE- EN ONTTREKKING WKO BRONNEN

2
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
-0,3
-0,4
-0,5
-0,6
-0,7
-0,8
-0,9
-1
-1,1
-1,2
-1,3
-1,4
-1,5
-1,6
-1,7
-1,8
-1,9
-2

grondwaterdruk bij gelijktijdig
onttrekken en injecteren



WARMTE- KOUDEOPSLAG

ONTTREKKING EN INFILTRATIE (ISOHYPSEN)

BIJLAGE 8 FOTO'S











BIJLAGE 9 BESCHIKKING ERNST EN SPOED NADER BODEMONDERZOEK

BESCHIKKING

Globiscode	DR 010900013
Aanvrager	Provincie Drenthe
Onderwerp	Bodemsanering; locatie Parallelweg 25/27/27a en DSM weg 2a (CPC) te Coevorden, gemeente Coevorden beschikking ernstig, spoedige sanering noodzakelijk
Datum	2 februari 2011
Kenmerk	DO/2011001037
Bijlagen	1. Kadastrale kaart met contour geval van bodemverontreiniging Parallelweg 25/27/27A, DSM weg 2A Coevorden (CPC); 2. Kadastrale kaart met daarop de achtergrondwaarde- en interventiewaardecontour van de grond en de interventiewaarde-contour grondwater tot 5 m-mv; 3. Tekening 13.3B uit Naderonderzoek DHV (maart 2010) waarop de verontreinigings situatie van het grondwater is weergegeven ten opzichte van de achtergrond (streef-) en interventiewaarde; 4. Tekening met contour voor het te plaatsen hekwerk.
Behandelend ambtenaar bij Team bodembeleid	de heer H.A. Booij, telefoonnummer (0592) 36 58 74

1. Inleiding

Gedeputeerde Staten van Drenthe hebben in het kader van artikel 48 van de Wet bodembescherming (WBB) een nader onderzoek naar bodemverontreiniging laten verrichten. Het nader onderzoek is uitgevoerd op en in de omgeving van Parallelweg 27 te Coevorden door ingenieursbureau DHV te

Groningen. Het nader onderzoek is op 8 april 2010 afgerond met een definitieve rapportage.

Op grond van artikel 29 van de WBB gaan Gedeputeerde Staten nu over tot het nemen van een besluit. De stukken worden opgesomd onder punt 4.1.

Deze stukken hebben in september en oktober ook al ter inzage gelegen, maar wegens onjuistheden in de kennisgeving daarvan wordt de procedure nu opnieuw gedaan.

2. Besluit

De verstrekte gegevens hebben wij op volledigheid en op juistheid beoordeeld. Aan de hand van deze gegevens besluiten wij het volgende.

- A. Ter plaatse van de percelen Parallelweg 25, 27, 27a en DSM weg 2A te Coevorden (CPC), gemeente Coevorden, kadastraal bekend als Coevorden, sectie D, nummers 4525, 4524 en 3290 is wegens verontreiniging van grond en grondwater sprake van een geval van ernstige bodemverontreiniging. Wat betreft het grondwater strekt het geval zich uit tot de volgende kadastrale percelen:

Coevorden, sectie D, de nummers: 1127, 1767, 2426, 2671, 2801, 2844, 2843, 3167, 3250, 3251, 3342, 3343, 3670, 3671, 3672, 3695, 3725, 3726, 3727, 3728, 3759, 3761, 4064, 4142, 4143, 4145, 4146, 4147, 4177, 4178, 4179, 4269, 4327, 4329, 4422, 4461, 4462, 4463, 4464, 4465, 4474, 4515, 4586, 4587, 4588, 4589, 4593, 4627, 4628, 4631, 4664, 4689, 4690, 4719, 4748, 4778, 4794, 4829, 4842, 4843, 4855, 4856, 4857, 4861, 4862, 4886, 4887, 4889, 4891, 4892, 4893, 4894, 4895, 4896, 4897, 4898, 4899, 4900, 4901, 4902, 4903, 4932, 4934, 4939, 4941, 4950, 4953, 4955, 4956, 4957, 4962, 4968, 4970, 4973, 4976, 4977, 4978, 4980, 4981, 4982, 4983, 4985, 4986, 4990, 4991, 5010, 5011, 5034, 5035, 5037, 5042, 5043, 5044, 5045, 5065, 5066, 5076, 5081, 5082, 5083, 5088, 5094, 5095, 5096, 5102, 5103, 5104, 5105, 5106, 5107, 5108, 5109, 5110, 5111, 5112, 5142, 5143, 5144, 5145, 5149, 5150, 5151, 5152, 5153, 5155, 5156, 5157, 5158, 5168, 5169, 5186, 5187, 5188, 5189, 5194, 5195, 5204, 5205, 5206, 5207.

Coevorden, sectie F, de nummers: 1005, 1068, 1069, 1070, 1075, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1092, 1093, 1095, 1116, 1122, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1187, 1192, 1193, 1194, 1200, 1202, 1220, 1228, 1237, 1238, 1239, 1240, 1243, 1249, 1250, 1263, 1265, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1280, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1301, 1302, 1303, 1306, 1315, 1316, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325.

Coevorden, sectie K, de nummers: 679, 680, 787.

Coevorden, sectie L, de nummers: 1045, 1142, 1271, 1531, 1715, 1813, 187.

- B. Op basis van artikel 37 van de WBB stellen wij vast dat de verontreiniging onaanvaardbare risico's voor de mens, het ecosysteem of uit oogpunt van verspreiding meebrengt, waardoor spoedige sanering van dit geval noodzakelijk is.

- C. Op basis van artikel 37 van de WBB stellen wij vast dat met de sanering binnen 4 jaar na het afgeven van deze beschikking, begonnen dient te worden.
- D. Op basis van artikel 37 van de WBB stellen wij vast dat binnen drie jaar na het in werking treden van deze beschikking, een saneringsplan moet worden ingediend als bedoeld in artikel 39 van de WBB.
- E. Op basis van artikel 37 van de WBB stellen wij maatregelen vast die van belang zijn voor de bescherming van de bodem. Deze worden hieronder genoemd.

Voorschriften/Maatregelen

- E1. Als de huidige gebruiksfunctie wijzigt voordat er wordt gesaneerd, kan deze wijziging gevolgen hebben voor de bepaling of spoedige sanering noodzakelijk is. Daarom dient een functiewijziging aan ons te worden gemeld. Binnen zes weken zullen wij daarop schriftelijk reageren.
Dit kan:
 - a. schriftelijk: gedeputeerde staten van Drenthe, t.a.v. mevrouw H. Weijs, Afdeling Duurzame Ontwikkeling, Postbus 122, 9400 AC Assen
 - b. per fax: idem, faxnummer (0592) 36 54 22
- E2. Binnen het geval van bodemverontreiniging gelden de volgende gebruiksbeperkingen. Het is niet toegestaan zonder voorafgaande toestemming van ons de volgende activiteit(en) te verrichten (zie adres onder I):
 - voor de grond (binnen de gevalscontour grond - zoals weergegeven op de bijgevoegde kadastrale kaart);
 - grondverzet
 - grondbewerking en het aanbrengen van funderingspalen door middel van heien, boren of trillen
 - verwijderen van verhardingen
 - gewasteelt
 - voor het grondwater (binnen de streefwaardewaardecontour grondwater - zoals weergegeven op de kaart in tekening 13.3b van het rapport genoemd onder punt 4.1);
 - onttrekken van het grondwater
 - het aanleggen en in gebruik nemen van koude- en warmteopslag systemen
- E3. Binnen 1 maand na inwerkingtreding van deze beschikking (datum beschikking) dienen door/in opdracht van de eigenaar van perceel Parallelweg 25/27, kadastraal bekend als Coevorden, sectie D, nummer 4525 in overleg met ons (zie adres onder E1) de volgende beveiligingsmaatregelen te worden getroffen:
 - zorgdragen op zorgvuldige wijze voor het niet toegankelijk maken van het terrein Parallelweg 25/27 voor onbevoegden door middel van een hekwerk op de plaats zoals aangegeven op bijgaande tekening. De plaatsing in de directe omgeving van het perceel Parallelweg 27a dient in overleg met het ter plekke gevestigde bedrijf te gebeuren.
 - zorgdragen voor een goede kwaliteit van de binnenlucht van de woning aan Parallelweg 25/27 zolang deze wordt bewoond, door:
 - het halfjaarlijks monitoren van de binnenlucht van de woning, conform paragraaf 8.1, "*uitdamping naar woning*", van het rapport, genoemd onder

punt 4.1, waarbij de eerste monitoringronde uiterlijk in november 2010 dient te worden uitgevoerd.

- de rapportages van de binnenluchtonderzoeken dienen terstond na het beschikbaar komen aan Gedeputeerde Staten te worden overlegd.
- het aanbrengen en in werking houden van een geforceerde ventilatie van de kruipruimte indien uit de monitoring van de binnenlucht van de woning blijkt dat de 50%-waarde toelaatbare concentratie lucht (TCL), zie tabel III-1, wordt overschreden.

Tabel III-1 Concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Component	TCL-waarde	50% TCL-waarde
Dichlooretheen (cis- 1,2-)	30	15
Trichlooretheen	200	100
Tetrachlooretheen	250	125
Vinylchloride	3,6	1,8

- E4. Binnen 1 maand na inwerkingtreding van deze beschikking 2 februari 2011 en vervolgens ieder jaar dienen door/in opdracht van de eigenaar van perceel Robertweg 2, kadastraal bekend als Coevorden, sectie D, nummer 4719 in overleg met ons (zie adres onder E1) de volgende maatregelen te worden getroffen:
- het, direct na het beschikbaar komen, verstrekken van de analysegegevens aan de provincie van de in het kader van de grondwateronttrekkingsvergunning en nadere afspraken uitgevoerde/uit te voeren monitoring bij Smurfit Kappa Solid Board Coevorden (locatie Robertweg 2 te Coevorden).
Voor het uitvoeren van de monitoring is Smurfit Kappa Solid Board Coevorden zelf verantwoordelijk, conform de voorschriften zoals gegeven in de onttrekkingsvergunning verleend door de provincie Drenthe (kenmerk RW/2007015981 d.d. 12 december 2007) en de nadien gemaakte nadere afspraken over de aanpassing van de monitoringfrequentie (brief van 13 november 2009, kenmerk 46/SEO/2009014852/28724).

3. Procedure

Wij passen afdeling 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht toe.

Ons voornemen tot het bepalen van de ernst en spoed is gepubliceerd in de ZuidOosthoeker van 7 december 2010.

Aan belanghebbenden is van 9 december 2010 tot en met 21 januari 2011 de gelegenheid geboden zienswijzen in te dienen.

Overeenkomstig artikel 28, vijfde lid, van de WBB hebben wij het college van burgemeester en wethouders van Coevorden in kennis gesteld.

Verder hebben wij het waterschap Velt en Vecht ingelicht. Omdat een substantieel deel van het grondwater in het gebied ernstig is verontreinigd, ruim 14 miljoen kubieke meter (bodenvolume), zijn ook de NV Waterleidingmaatschappij Drenthe en Smurfit Kappa Solid Board Coevorden ingelicht.

Zienswijze

Op 19 januari 2011 hebben wij een fax ontvangen van "ARAG Nederland, Algemene Rechtsbijstand Verzekeringsmaatschappij NV" te Leusden, waarin namens APK Service Coevorden, Parallelweg 27a te Coevorden de volgende zienswijzen naar voren worden gebracht:

- APK Service Coevorden wil weten hoe rekening wordt gehouden met het bedrijf indien het perceel Parallelweg 27A voor de uitvoering van de bodemsanering wordt afgezet door middel van hekken. Het bedrijf vreest dat het dan niet meer goed bereikbaar is voor klanten en vraagt daarom hoe deze hekken worden geplaatst. Het bedrijf vraagt of wij bereid zijn een bewegwijzering aan te brengen.

Over deze zienswijzen merken wij het volgende op.

1. In voorschrift E3 van dit besluit wordt ter afscherming een hekwerk voorgeschreven om betredingsrisico's vanwege de ernstige bodemverontreiniging te vermijden. De duur ervan geldt tot de start van de sanering. Dit hekwerk is deels al aanwezig en deels niet. De bedoeling is niet om het perceel Parallelweg 27a af te sluiten. Wel is het de bedoeling dat het hekwerk oostelijk en westelijk tot dicht aan het pand wordt geplaatst zoals aan de westzijde al het geval is, zodanig dat het hekwerk en het pand een gesloten geheel vormen om toegang voor onbevoegden te voorkomen, maar de klanten wel toegang behouden tot het bedrijf. Wij hechten een tekening aan dit besluit waarop de plaats van het geplaatste en te plaatsen hekwerk is aangegeven. Voorts nemen wij in het besluit als extra voorwaarde op dat het hekwerk in de directe omgeving van het perceel Parallelweg 27a in overleg met APK Service Coevorden geplaatst moet worden. Bewegwijzering zal niet nodig zijn.
2. Het voorschrift E3 geldt niet voor de toekomstige saneringswerkzaamheden. Voorafgaand aan de sanering wordt een saneringsplan opgesteld en ter instemming aan ons voorgelegd op grond van artikel 39 van de WBB. De afscherming van de locatie tijdens de sanering door middel van hekwerken en de noodzaak van eventuele bewegwijzeringen maakt echter geen onderdeel uit van de beoordeling van saneringsplannen, aangezien artikel 39, tweede lid van de WBB die beoordeling beperkt tot milieudoelstellingen. Belangen met betrekking tot oeververkeer en bewegwijzering vallen daar niet onder. Het behoort echter tot de verantwoordelijkheid van de saneerder om met de belangen van APK Service Coevorden rekening te houden en het maximale te doen om de toegang tot het bedrijf te waarborgen, inclusief het zonodig aanbrengen van bewegwijzeringen. Het staat APK Service Coevorden vrij om daarover met de saneerder in overleg te treden en afspraken te maken. Ook staat het vrij om daarover zienswijzen naar voren te brengen in het kader van de voorbereidingsprocedure ter instemming met het saneringsplan als bedoeld in artikel 39 van de WBB.

4. Overwegingen die ten grondslag liggen aan deze beschikking

- 4.1. Het volgende rapport ligt ten grondslag aan deze beschikking.
 - Nader onderzoek ter plaatse van Parallelweg 27 te Coevorden (CPC-terrein), rapport van DHV BV, nummer MD-NN20100025, van maart 2010 (inclusief CD-rom).
- 4.2. Het nader onderzoek betreft het gehele geval van verontreiniging en is een samenvatting van de informatie uit eerder uitgevoerde onderzoeken, zoals beschreven in bijlage 1 van het rapport genoemd onder punt 4.1, aangevuld waar dat nodig was om te komen tot een volledig beeld van het geval van bodemverontreiniging.
De uitgevoerde bodemonderzoeken hebben samen veel informatie opgeleverd. Tegelijkertijd is sprake van een complexe en omvangrijke bodemverontreiniging waarbij een complete afbakening van de verontreiniging niet altijd mogelijk is gebleken. Onderstaand gaan wij daar nader op in.

De horizontale begrenzing van de grondverontreiniging is volledig in kaart gebracht. De verticale begrenzing van de grondverontreiniging is echter niet tot op achtergrondwaarde-niveau bekend. De zeer hoge concentraties in het grondwater geven een vertekend beeld. Verdere verticale kartering van de grondverontreiniging is hierdoor niet mogelijk.

De omvang van de verontreinigingen in het ondiepe grondwater (tot 5 meter minus maaiveld) is in horizontale zin volledig in beeld gebracht.

De horizontale afbakening van de verontreiniging in het diepere grondwater (5 tot 80 meter minus maaiveld) is bemoeilijkt door de aanwezigheid van andere verontreinigingsbronnen in de directe omgeving. Door verspreiding is overlap ontstaan van verontreinigingen met vluchtige chloorkoolwaterstoffen afkomstig van verschillende bronnen/veroorzakers. Als gevolg is het vooral aan de noordzijde niet mogelijk gebleken om op alle diepteniveaus tot een duidelijke begrenzing van het geval te komen.

De verontreiniging met vluchtige chloorkoolwaterstoffen kent in het diepe grondwater een forse en complexe verspreiding. De verontreinigingspluim staat deels onder invloed van een nabijgelegen industriële grondwateronttrekking. Als gevolg van het complexe verspreidingspatroon is de verontreiniging niet op alle diepteniveaus geheel afgeperkt. De kwaliteit van het grondwater is tot maximaal 80 meter beneden maaiveld onderzocht. De zoet/zoutwatergrens wordt op basis van regionale informatie ongeveer op deze diepte verwacht. Een verdere verticale afbakening wordt in deze context niet zinvol geacht. Met behulp van gegevens over de ontstaansgeschiedenis, grondwaterstromingssnelheden en stoffeigenschappen is de verspreiding globaal berekend. Door de uitkomsten van de berekeningen te gebruiken is een deel van de contouren en dieptetrajecten vastgesteld. Gezien de omvang van de verontreiniging vinden wij dat, samen met de meetgegevens van de bodem en grondwatermonsters en de verwachte grens zoet/zoutwater grens, een verantwoorde methode ter completering van het verontreinigingsbeeld.

Met de uitgevoerde onderzoeken, het samenbrengen van de onderzoeksresultaten en de interpretatie ervan is in deze complexe verontreinigingssituatie voldoende inspanning verricht om de verontreiniging te karteren en inzicht te creëren in de omvang van de verontreiniging. Hiermee is een resultaat ontstaan wat in lijn is met de doelstellingen van het NTA5755 Nader Bodemonderzoek. Wij vinden het daarom verantwoord een besluit te nemen.

Het nader onderzoek bevat tevens informatie over de verontreiniging van de waterbodem van het Kanaal Coevorden-Zwinderen. Deze waterbodemverontreiniging wordt als een apart geval van bodemverontreiniging beschouwd en valt onder de Waterwet. De Wet bodembescherming is niet van toepassing.

In het "slib" in het kanaal Coevorden-Zwinderen zijn verontreinigingen aangetroffen die mogelijk verband houden met de voormalige bedrijfsactiviteiten van CPC. De aangetroffen stoffen zijn echter niet exclusief door CPC gebruikt. Er is sprake van een oud industrieterrein waar in de loop der jaren een groot aantal bedrijven actief is geweest. De waterbodemverontreiniging is redelijkerwijs een gevolg van het geheel aan bedrijvigheid en wordt niet toegeschreven aan een bedrijf in het bijzonder.

4.3. Verontreinigingsbeeld

Uit de resultaten van het bodemonderzoek blijkt dat sprake is van grond- en grondwaterverontreiniging aanwezig ter plaatse van een groot aantal kadastrale percelen. In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de betrokken percelen. Vanwege de zeer grote omvang van de verontreiniging zijn onderstaand alleen de kadastrale percelen aangegeven met grond- en/of grondwaterverontreiniging tot 5 meter minus maaiveld:

Coevorden

Sectie	Nummer	Omschrijving
D	4515	Infrastructuur (wegen)
D	4525	Wonen met bedrijvigheid, erf-tuin
D	4524	Bedrijvigheid (Industrie)
D	3290	Infrastructuur (wegen)
D	3251	Infrastructuur (wegen)
D	4842	Wonen met bedrijvigheid, erf-tuin
D	4843	Infrastructuur (wegen)
D	3250	Wonen met bedrijvigheid, erf-tuin
D	5010	Bedrijvigheid (Industrie)
D	5011	Bedrijvigheid (Industrie)
D	2843	Bedrijvigheid (Industrie)

Een overzicht van de verontreinigings situatie is weergegeven op twee bij deze beschikking gevoegde bijlagen. Bijlage 2 geeft de verontreiniging van de grond en het grondwater tot 5 meter minus maaiveld weer; bijlage 3 geeft een overzicht van de verontreiniging van het grondwater tot 80 meter minus maaiveld.

In de grond en het grondwater worden een groot aantal verontreinigingen boven de achtergrond-/streefwaarde aangetroffen. De ernst en omvang van de verontreiniging worden bepaald door de verontreinigingen met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCL) en nikkel. In de grond is de verontreiniging vanaf maaiveld tot circa 2,7 meter minus maaiveld in beeld gebracht. Vanaf 2,7 meter minus maaiveld is de grondverontreiniging in verband met de zeer hoge concentraties VOCL en nikkel in het grondwater niet verder afgeperkt.

De VOCL-verontreiniging in het grondwater is aanwezig van circa 1,5 meter tot ongeveer 70 meter minus maaiveld. Op 50 meter minus maaiveld zijn nog zeer hoge concentraties aangetroffen. Op 80 meter minus maaiveld zijn geen verhoogde concentraties aangetroffen in het grondwater.

Met behulp van gegevens over de ontstaansgeschiedenis, grondwaterstromings-snelheden en stofeigenschappen zijn berekeningen gemaakt van de verspreiding in het grondwater dieper dan vijftig meter min maaiveld en is een contour vastgesteld. Plaatselijk zijn dusdanig hoge concentraties aangetroffen dat mogelijk sprake is van zaklagen met puur product op een diepte van 3-5 meter, 20-25 meter en 32-40 meter minus maaiveld.

De verontreiniging in het grondwater heeft zich waaivormig verspreid. Doordat het grondwater in zuidelijke richting stroomt, is ten zuiden van de Krimweg sprake van een pluim met een lengte van 600 tot 1000 meter met een inhoud van ca. 11.000.000 m³. Een deel van de pluim staat onder invloed van een nabijgelegen industriële grondwateronttrekking, waardoor de verontreiniging in het diepere grondwater over een breed front uitwaaiert. De verontreiniging is in het onttrokken grondwater aangetroffen. De mate van verontreiniging leidt niet tot risico's voor de werknemers.

De hoeveelheid grond en grondwater waarin de interventiewaarde wordt overschreden bedraagt voor grond 16.000 m³ en voor grondwater wordt de hoeveelheid geschat op 14.000.000 m³. De totale verontreiniging in het grondwater boven de streefwaarde wordt geschat op 21.000.000 m³. Alle genoemde hoeveelheden betreffen bodemvolumes.

De omvang van de verontreiniging is weergegeven op bijgevoegde kadastrale tekeningen en in bijlage 13.3B van het onder 4.1 genoemde rapport op basis van de interventie- en streefwaarde contour in de grond en het grondwater.

- 4.4. De oorzaak van de verontreiniging is het legen van de vrijkomende of overgebleven inhoud van de zuur- en/of ontvettingsbaden en mogelijk ook nikkelbaden in de bodem en riolering en lekkage van de (bedrijfs)riolering. De stoffen trichloorethyleen en later tetrachlooretheen werden bij het productieproces gebruikt als ontvettingsmiddel. Daarnaast is sprake geweest van veel lek- en morsverliezen tijdens het productieproces. Ook bij het trommelvernikkelen werd overvloedig gemorst.

De verontreinigingen zijn vrijwel geheel veroorzaakt door één en dezelfde organisatie: het bedrijf Kempen en Begeer. Vanaf 1947 is door dit bedrijf de productie van specialistische cassettes, servieswerk en, vanaf eind jaren zestig diverse galvano-activiteiten en slijpwerk verzorgd, waardoor sprake is van een organisatorische samenhang tussen de verontreinigde grondgebieden.

Er is sprake van een technische samenhang, omdat de verontreinigingen zijn ontstaan als gevolg van de lekkages en morsingen tijdens het productieproces en het legen van de baden ten behoeve van datzelfde productieproces. Bovendien is er sprake van ruimtelijke samenhang, omdat de grondgebieden in elkaars nabijheid liggen.

Voor de in besluit 2A aangegeven kadastrale percelen is wegens deze samenhang sprake van één geval van bodemverontreiniging in de zin van de WBB.

- 4.5. Of een geval van bodemverontreiniging al dan niet ernstig is, wordt beoordeeld aan de hand van:
- de Circulaire bodemsanering 2006, zoals gewijzigd op 1 oktober 2008, en 1 april 2009, in werking getreden op 1 april 2009.

Volgens deze circulaire is er sprake van een geval van ernstige verontreiniging, indien voor ten minste één stof de gemiddelde gemeten concentratie van minimaal 25 m³ bodemvolume in het geval van bodemverontreiniging of 100 m³ poriënverzadigd bodemvolume in het geval van een grondwaterverontreiniging hoger is dan de interventiewaarde.

- 4.6. Op basis van de punten 4.1 tot en met 4.5 is er sprake van een geval van ernstige bodemverontreiniging.
- 4.7. Volgens artikel 37 van de WBB moeten wij bij ernstige gevallen vaststellen of het huidige dan wel voorgenomen gebruik van de bodem of de mogelijke verspreiding van de verontreiniging zal leiden tot zodanige risico's voor mens, plant of dier, dat spoedige sanering noodzakelijk is. Of sprake is van een spoedige sanering wordt beoordeeld aan de hand van:
- de Circulaire bodemsanering 2006, zoals gewijzigd op 1 oktober 2008 en 1 april 2009, in werking getreden op 1 april 2009;
 - de risicobeoordeling zoals vastgelegd in het hierboven vermelde rapport nader onderzoek van maart 2010.

Spoedige sanering is noodzakelijk, als op basis van de risicobeoordeling blijkt dat het geval van ernstige bodemverontreiniging onaanvaardbare risico's meebrengt voor de mens, het ecosysteem of uit oogpunt van verspreiding. Zijn er geen onaanvaardbare risico's dan wordt het saneringscriterium niet overschreden en is spoedig saneren niet noodzakelijk.

Uit de risicobeoordeling(en) blijkt dat vanwege de voortgaande verspreiding en mogelijke aanwezigheid van zaklagen of residuaal puur product de aanwezige ernstige grond- en grondwaterverontreiniging ter plaatse onaanvaardbare risico's meebrengt voor:

- verspreiding in het grondwater

De motivering hiervoor staat in de risicobeoordeling. Dit betekent dat voor dit geval van ernstige bodemverontreiniging spoedige sanering noodzakelijk is .

Op basis van de rapporten hebben wij voor dit geval van ernstige bodemverontreiniging het huidige gebruik ter plaatse van de CPC-locatie vastgesteld als bedrijvigheid in combinatie met infrastructuur/verkeer en het toekomstige gebruik vastgesteld als bedrijvigheid, detailhandel, infrastructuur en verkeer en wonen (zonder tuin).

Buiten de CPC-locatie bestaat het gebruik uit wonen, bedrijvigheid, detailhandel, infrastructuur en verkeer.

Vanwege de onaanvaardbare risico's voor verspreiding in het grondwater stellen wij op grond van artikel 37, eerste lid van de WBB vast dat binnen vier jaar na het van kracht worden van deze beschikking met de sanering moet zijn begonnen. Het saneringsplan dient uiterlijk binnen drie jaar bij ons zijn ingediend.

- 4.8. Voor het geval van ernstige bodemverontreiniging waarvoor spoedige sanering noodzakelijk is, kunnen tijdelijke beveiligingsmaatregelen vooraf aan de sanering worden gesteld.

Voor dit geval zijn tijdelijke maatregelen nodig omdat:

- gebruik van het verontreinigde grondwater kan leiden tot onaanvaardbare risico's
- de verontreinigings situatie kan leiden tot ongewenste blootstelling.

Door sanering (start binnen vier jaar) dienen deze risico's weggenomen te worden. Door beveiligingsmaatregelen worden risico's in de periode tot de start van de sanering zoveel mogelijk voorkomen.

De maatregelen die dienen te worden genomen zijn genoemd in ons besluit onder hoofdstuk 2 - Voorschriften/Maatregelen - van deze beschikking.

Onderstaand wordt een nadere toelichting en motivering gegeven voor de voorschriften/maatregelen/gebruiksbeperkingen zoals genoemd in hoofdstuk 2 van deze beschikking:

Niet toegankelijk maken Parallelweg 25/27 voor onbevoegden

- Vanwege de sterk verhoogde concentraties VOCL en zware metalen in grond en grondwater, waarbij contact- en inhalatierisico's kunnen ontstaan bij niet oordeelkundig gebruik of verblijf, dient betreding van het terrein en/of verblijf in de gebouwen door onbevoegden te worden voorkomen;

Grondverzet, -bewerking, verwijderen verhardingen en gewasteelt

- Grondverzet, grondbewerking, verwijderen van verhardingen en gewasteelt kunnen vanwege de sterk verhoogde concentraties VOCL en zware metalen in de grond leiden tot (verhoogde) blootstelling aan de verontreiniging. Daarnaast kunnen deze activiteiten leiden tot het verplaatsen/verspreiden van verontreiniging. Met de melding van voorgenomen activiteiten worden dergelijke gevolgen voorkomen.

Koude- en warmteopslagsystemen

- Vanwege de sterk verhoogde concentraties in het grondwater is het nodig het aanleggen van koude- en warmtesystemen met de nodige zorg en aandacht uit te voeren. Onzorgvuldigheid tijdens het aanleggen of in gebruik hebben van de koude- en warmteopslagsystemen kan tot risico's voor de gezondheid van de mensen in de omgeving leiden en/of kan ongecontroleerde verspreiding van de verontreiniging tot gevolg hebben;

Binnenluchtkwaliteit woning aan de Parallelweg 25/27 Coevorden

- In de binnenlucht van de woning aan de Parallelweg 25 zijn licht verhoogde concentraties aangetroffen. Op dit moment is nog geen sprake van een verhoogd risico voor de mens. Echter gezien de hoge concentraties aan 1,2 dichlooretheen en vinylchloride in het grondwater is het niet uit te sluiten dat op enig moment de concentraties in de binnenlucht zullen toenemen. Daarom is het zolang de panden worden bewoond noodzakelijk om:
 - zorg te dragen voor een adequate luchtdoorstroming in/onder de bebouwing; hiermee wordt voorkomen dat concentraties van de verontreiniging zich in of onder de bebouwing ophopen.
 - de kwaliteit van de binnenlucht periodiek te controleren op de aanwezigheid van de stoffen Di-, Tri- en Tetrachlooretheen en vinylchloride. Bij een overschrijding van 50% van de TCL moeten beveiligingsmaatregelen toegepast worden in de vorm van geforceerde ventilatie om gezondheidsrisico's voor de bewoners te voorkomen.

Industriële grondwateronttrekking Robertweg 2 te Coevorden

- In het opgepompte grondwater zijn sterk verhoogde concentraties 1,2 dichlooretheen en vinylchloride aangetroffen. In de op 12 december 2007 verleende onttrekkingsvergunning ten behoeve van grondwater voor het productieproces zijn aanvullende voorschriften gesteld. Deze voorschriften houden in dat vergunninghouder verplicht is de kwaliteit van het onttrokken grondwater jaarlijks te bemonsteren en te analyseren op 1,2 dichlooretheen, vinylchloride en andere verontreinigingen. Om zicht te houden op de mate van de verontreiniging in het grondwater en daarmee op het ontstaan van eventuele risico's is inzage in deze gegevens nodig. Daarom dienen de gegevens direct na het beschikbaar komen aan Gedeputeerde Staten te worden overlegd. De verplichting van vergunninghouder op basis van de onttrekkingsvergunning en nadere afspraken betreft alleen het bemonsteren en analyseren van de grondwaterputten waaruit grondwater wordt onttrokken; in de praktijk wordt voornamelijk grondwaterput 2 gebruikt en daarom beperkt de monitoring zich in de regel tot deze grondwaterput. De gegevens geven ook inzicht in de voortgaande verspreiding van de verontreiniging.

Voor alle overige grondwateronttrekkingen

- Vanwege de ernst van de verontreiniging en de aard van de stoffen is het onttrekken van grondwater binnen het geval van bodemverontreiniging niet gewenst, omdat het verontreinigde grondwater ernstige risico's met zich mee kan brengen voor de mens en een ongecontroleerde verspreiding van het grondwater tot gevolg kan hebben. Conform artikel 28, eerste lid, van de WBB zal iedere onttrekking telkens opnieuw beoordeeld moeten worden in relatie tot de risico's die de aanwezige verontreiniging met zich mee kan brengen;

Het wijzigen van het gebruik van de locatie voordat wordt gesaneerd

- Omdat de verschillende onderzoeken een ernstige verontreiniging hebben aangetoond die met spoed gesaneerd moet worden, dient elke wijziging van het gebruik van het terrein opnieuw te worden beoordeeld. Door het wijzigen van de functie of het gebruik kunnen risico's veranderen.

5. Registratie bij het Kadaster

Voor de percelen die zich binnen de interventiewaardecontour in grond bevinden, vloeit een publiekrechtelijke beperking voort. Dit staat in artikel 1, onderdeel a, van de Wet kenbaarheid publiekrechtelijke beperkingen onroerende zaken (WKPB). Dit betekent dat er een beperking is van de bevoegdheid tot gebruik van of beschikking over een onroerende zaak. Deze beperking houdt in dat voor het saneren of het verrichten van handelingen waardoor de verontreiniging wordt verminderd of verplaatst een saneringsplan ter instemming aan ons moet worden aangeboden.

In onderstaande tabel is aangegeven voor welke percelen er een publiekrechtelijke beperking geldt.

Gemeente	Sectie	Nummer
Coevorden	D	4524
Coevorden	D	4525
Coevorden	D	3290

Deze beschikking is een beperkingenbesluit zoals genoemd in artikel 1, onderdeel b, van de Wet kenbaarheid publiekrechtelijke beperkingen onroerende zaken.

Volgens artikel 3 van de Wet kenbaarheid publiekrechtelijke beperkingen onroerende zaken dient een beperkingenbesluit te worden ingeschreven in de openbare registers.

Daarom zenden wij dit besluit aan de Dienst voor het Kadaster en de openbare registers. Bijgevoegd is een kadastrale kaart met daarop de interventiewaardecontour en de kadastrale aanduiding van de onroerende zaak/zaken waarvoor de publiekrechtelijke beperking geldt.

Het doel van de inschrijving in het openbare register is kenbaarheid van de publiekrechtelijke beperking. Voor betrokkene/belanghebbende is dit een signaal dat er in het verleden een beschikking op het perceel/percelen is genomen die te maken heeft met de toestand van de bodem. Bij het Kadaster en bij ons kan hierover nadere informatie worden opgevraagd.

6. Deze beschikking voldoet aan de artikelen 29, 37 en 55 van de WBB, de artikelen 2 en 15 van de WKPb en hoofdstuk 6 van de POV Drenthe.

Over deze beschikking kan nadere informatie worden verstrekt door de behandelend ambtenaar, genoemd op pagina 1 van deze beschikking.

Een afschrift van deze beschikking zenden wij aan de hiernavolgende personen:

- de aanvrager: Provincie Drenthe, afdeling Duurzame Ontwikkeling, team Bodembeleid t.a.v. de heer H.A. Booij en de heer G.J. Evers, Postbus 122, 9400 AC Assen
- het ingenieursbureau: DHV BV, t.a.v. de heer H. van Vilsteren, Postbus 685, 9700 AR Groningen
- het college van burgemeester en wethouders van Coevorden, Postbus 2, 7740 AA Coevorden
- het dagelijks bestuur van het waterschap Velt en Vecht, Afdeling Vergunningen en Meldingen, t.a.v. de heer H. Grotens, Postbus 330, 7740 AH Coevorden
- GGD Drenthe, t.a.v. de heer K. van Pelt, Overcingellaan 17, 9401 LA Assen
- de gemeente Coevorden, t.a.v. de heer H.J. ten Brink, Postbus 2, 7740 AA Coevorden
- de gemeente Coevorden, t.a.v. de heer W. de Jong, Postbus 2, 7740 AA Coevorden
- de gemeente Coevorden, t.a.v. de heer J. de Vegt, Postbus 2, 7740 AA Coevorden
- het waterschap Velt en Vecht, t.a.v. mevrouw L. van der Molen, Postbus 330, 7740 AH Coevorden
- Provincie Drenthe, Afdeling Wegen en Kanalen, t.a.v. de heer L. Dijks, Postbus 122, 9400 AC Assen
- Provincie Drenthe, Afdeling SEO, team Handhaving, t.a.v. mevrouw M. Schut, Postbus 122, 9400 AC Assen
- Smurfit Kappa Solid Board Coevorden B.V., t.a.v. de heer J. Deuring, Postbus 5, 9693 ZG Nieuweschan
- de bewoner(s)/gebruiker(s) van het pand, Parallelweg 25, 7741 KA Coevorden
- de bewoner(s)/gebruiker(s) van het pand, Parallelweg 27, 7741 KA Coevorden
- de bewoner(s)/gebruiker(s) van het pand, DSM-weg 2, 7741 KD Coevorden
- de bewoner(s)/gebruiker(s) van het pand, DSM-weg 2a, 7741 KD Coevorden
- de gebruiker(s) van het pand, Parallelweg 27a, 7741 KA Coevorden
- de Staat (Financiën, rijksvastgoed- ontwikkelingsbedrijf), Postbus 635, 8000 AP Zwolle
- Porcus Beheer BV, Veldweg 1, 7691PM Bergentheim
- R. Meijering Onroerend Goed BV, Bremweg 2, 7854 PP Aalden
- Stichting Bouw- en Exploitatie Koninkrijkszaal Coevorden, Engelandstraat 15, 7742 CV Coevorden
- Chroomplating Vastgoed Coevorden BV, t.a.v. de heer W.R. Pallas, Binnenweg 1, 7751 GG Dalen
- Intergas BV, t.a.v. de heer P. Cool, Postbus 6, 7740 AA Coevorden
- Esprit Projectontwikkeling, t.a.v. de heer P.B.M. Silderhuis, Postbus 111, 7450 AC HOLTEN
- Bouwfonds Ontwikkeling, t.a.v. de heer M. van Gelderen, Postbus 15, 3870 DA Hoevelaken
- Landkreis Grafschaft Bentheim, Fachbereich Bau und Umwelt Abteilung 2.2 Wasser und Boden, t.a.v. Herrn R. Meyering, van-Delden-Straße 1-7, 48529 Nordhorn - Duitsland
- APK Service Coevorden, t.a.v. de heer H.R. de Vries, Parallelweg 27a, 7741 KA Coevorden
- ARAG Rechtsbijstand, t.a.v. de heer Mr. G.G. Kranendonk, Postbus 230, 3830 AE Leusden
- Haverkort Beheer BV, Hoofdweg 89, 7741 PM Coevorden
- het Kadaster Arnhem, t.a.v. het WKPb-team, (digitaal)

Gedeputeerde staten voornoemd,
namens deze,

dr. P.J. van Eijk,
manager Duurzame Ontwikkeling

Bijlage(n):
tk/coll.

N.B.

Tegen dit besluit kunnen belanghebbenden, die zienswijzen naar voren hebben gebracht, gedurende de ter inzage ligging van dit besluit op grond van de Algemene wet bestuursrecht een beroepsschrift indienen bij de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State, Postbus 20019, 2500 EA Den Haag.

Beroep kan niet worden ingesteld door een belanghebbende aan wie redelijkerwijs kan worden verweten dat hij geen zienswijzen naar voren heeft gebracht (korteidshalve verwijzen wij u naar de bijlage onder B).