

Koude/-warmteopslag Brede School en Kinderdagverblijf
De Keen te Etten-Leur

Effectenstudie grondwatersysteem

Opdrachtgever:

Dubotechniek bv
Van Voordenpark 5c
5301 KP ZALTBOMMEL
Tel.: 0418 - 59 74 50
Fax: 0418 - 59 74 55
E-mail: info@dubocomfort.nl
Contactpersoon: dhr. S. Eegerdingk

Adviseur grondwatersysteem:

IF Technology bv
Frombergstraat 1
Postbus 605
6800 AP ARNHEM
Tel.: 026 - 443 15 41
Fax: 026 - 446 01 53
E-mail: info@iftechnology.nl
Contactpersonen: dhr. drs. A. Willemsen
dhr. drs. P. Wennekers

Samenvatting

Voor een nieuwe school en een kinderdagverblijf in woonwijk De Keen te Etten-Leur wordt koude-/warmteopslag in de bodem toegepast om de gebouwen van verwarming te voorzien.

Het koude-/warmteopslagsysteem zal ondergronds bestaan uit twee koude en twee warme bronnen met filters tussen de circa 20 en 75 m beneden maaiveld (m-mv). De effectieve filterlengte bedraagt circa 20 m. In de winterperiode wordt gemiddeld 25.000 m³ grondwater onttrokken aan de warme bron en, na afkoeling tot circa 8 °C, in de koude bron geïnfiltreerd. In de zomerperiode wordt gemiddeld 25.000 m³ grondwater weer opgepompt en, na opwarming tot circa 16 °C, in de warme bron geïnfiltreerd. Het maximale debiet bedraagt zowel in de winter als in de zomer 50 m³/h (25 m³/h per bron).

De bodemopbouw in de omgeving van de locatie kan worden geschematiseerd in drie watervoerende pakketten. Energieopslag in het eerste watervoerende pakket is onmogelijk vanwege de geringe dikte, de optredende injectiedrukken en het geringe doorlaatvermogen van het pakket. Op juridische gronden is het derde watervoerende pakket uitgesloten voor de toepassing van koude-/warmteopslag. De opslag is in het tweede watervoerende pakket projecteerd. De grondwaterstroming in het opslagpakket is noord-noordwestelijk gericht met een snelheid van circa 5 meter per jaar. Het grensvlak tussen zoet en brak grondwater ligt op een diepte van circa 190 m-NAP. Het grondwater in het gehele tweede watervoerende pakket is zoet.

De ligging van het zoet-/brakgrensvlak wordt niet door het koude-/warmtesysteem beïnvloed, omdat de ligging te diep is, de weerstand van de afsluitende kleilaag relatief hoog is en het maximale debiet van het systeem te gering is.

Het onttrekken en infiltreren van grondwater heeft tot gevolg dat het stijghoogtepatroon en daarmee de stromingssituatie verandert. Uit berekeningen met het hydrologisch softwarepakket MPLU blijkt dat de stijghoogte in het opslagpakket tot maximaal 165 m buiten de opslag met 10 cm of meer kan veranderen. De stijghoogteverandering in het opslagpakket is maximaal 2,44 m. De maximale stijghoogteverandering in het eerste watervoerende pakket en het freatische pakket is verwaarloosbaar klein.

Op 450 m ten noordoosten van de locatie is reeds een ander koude-/warmteopslagproject vergund. Het koude-/warmteopslagsysteem voor de nieuwe school en het kinderdagverblijf De Keen ligt buiten het thermisch beïnvloedingsgebied van het reeds vergunde koude-/warmteopslagsysteem. Er zal derhalve geen thermische interactie tussen de systemen optreden.

De locatie bevindt zich niet in de buurt van stiltegebieden, natuurgebieden of gebieden die anderszins gevoelig zijn voor grondwaterstandsveranderingen.

De locatie bevindt zich niet binnen een grondwaterbeschermingszone. De locatie is niet gelegen in of nabij een vogel- en habitatrichtlijngebied of nabij beschermde- of staatsnaturomonumenten. Binnen het thermische - en hydraulische invloedsgebied bevinden zich geen prioritaire soorten.

Door geleiding, dispersie en afstroming wordt een deel van de geïnfiltreerde koude en warmte tot buiten het thermisch invloedsgebied van het koude-/warmteopslagsysteem getransporteerd. Berekeningen met HST2D tonen aan dat na 20 jaar de temperatuur in het opslagpakket tot circa 72 meter vanaf de bronnen met 0,5 °C of meer kan veranderen. Gezien de afstand tot omliggende koude-/warmteopslagsystemen zal er geen wederzijdse thermische beïnvloeding optreden.

De berekende maximale zetting direct rond de bronnen die als gevolg van de optredende stijghoogte-veranderingen kan optreden, is maximaal 9 mm. Het ligt niet in de verwachting dat deze geringe zetting en de daarmee gepaard gaande verschilzetting schade aan gebouwen, funderingen of wegen zal veroorzaken

Ten gevolge van de koude-/warmteopslag zal binnen het filtertraject de aanwezige natuurlijke waterkwaliteitsgradiënt lokaal vervagen vanwege menging van verschillende watertypen. Van deze menging worden geen nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit verwacht.

Op 150 m ten noordwesten van de bron K1 (bijlage 1) bevindt zich een bodem- en/of grondwaterverontreiniging. Aangezien het beoogde project de grondwaterstand in de deklaag en in het eerste watervoerende pakket buiten deze straal niet significant beïnvloedt, zal geen extra verspreiding van eventuele verontreinigingen worden veroorzaakt.

Gezien de geringe temperatuurverschillen bij dit project worden hiervan geen significante effecten verwacht op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater.

Inhoud

Pagina

Samenvatting.....	3
1 Inleiding	7
2 Systeembeschrijving	8
2.1 Uitgangspunten	8
2.2 Grondwatercircuit.....	10
3 Geohydrologie.....	12
3.1 Bodemopbouw.....	12
3.2 Geohydrologische parameters.....	12
3.3 Grondwaterstroming	14
3.4 Grondwaterkwaliteit en -temperatuur	14
3.5 Bodem- en grondwaterverontreinigingen	14
3.6 Overige grondwateronttrekkingen	16
3.7 Overige belanghebbenden.....	16
4 Hydrologische effecten.....	17
4.1 Uitgangspunten voor de berekeningen	17
4.1.1 Beschrijving computerprogramma	17
4.1.2 Schematisatie	17
4.1.3 Modelparameters	18
4.2 Stijghoogteveranderingen	19
4.3 Invloed op de overige onttrekkingen	19
4.4 Invloed op stadsgroen, landbouw- en natuurwaarden.....	19
5 Hydrothermische effecten	21
5.1 Uitgangspunten voor de berekeningen	21
5.2 Temperatuurveranderingen	23
5.3 Invloed op bodem, flora en fauna.....	23
5.4 Invloed op overige grondwatergebruikers	23
6 Grondmechanische effecten	24
6.1 Uitgangspunten voor de berekeningen	24
6.2 Zettingen	24
7 Effecten op de grondwaterkwaliteit.....	26
7.1 Invloed van de temperatuur	26
7.2 Invloed van leidingen en systeemcomponenten.....	26
7.3 Invloed van het grondwatersysteem	26
7.4 Invloed op het zoet-brak grensvlak	27
7.5 Invloed op bodem- en grondwaterverontreinigingen	27
Literatuur	28

Figuren:

- 2.1 Principeschema koude-/warmteopslag
- 2.2 Locatie van de bronnen
- 3.1 Isohysenpatroon van de projectomgeving
- 4.1 Berekende maximale stijghoogteveranderingen in het opslagpakket
- 5.1 Berekende grondwatertemperatuur na 20 jaar koude-/warmteopslag

Bijlagen:

- 1 Kadastrale kaart met bronlocaties
- 2 Maximale zettingsberekening ter plaatse van de bronnen

1 Inleiding

Voor een nieuwe school en een kinderdagverblijf in woonwijk De Keen te Etten-Leur wordt koude-/warmteopslag in de bodem toegepast ten behoeve van de verwarming van de gebouwen. De beoogde locatie is gelegen in de woonwijk de Keen te Etten-Leur en heeft de coördinaten $x=103978$ en $y=400345$.

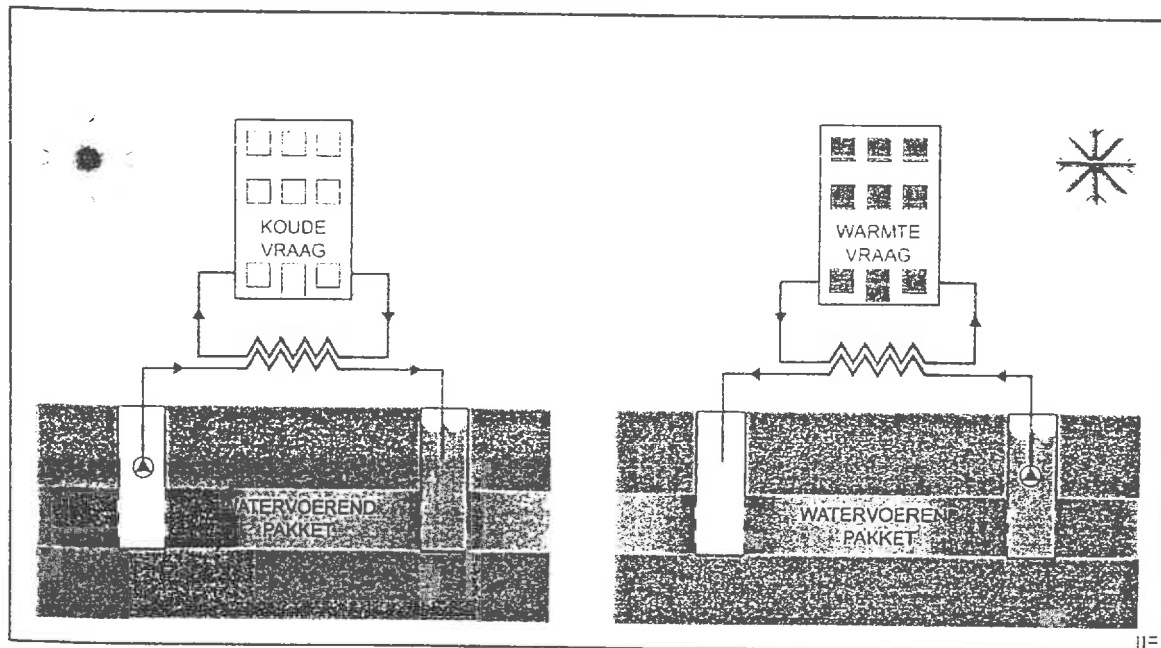
Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van de koude-/warmteopslag is in het kader van de Grondwaterwet vergunningplichtig. De vergunning dient bij de provincie Noord-Brabant te worden aangevraagd. De aanvraag dient voorzien te zijn van een studie naar de effecten van het koude-/warmteopslagsysteem op de omgeving.

De voorliggende effectenstudie geeft een overzicht van de effecten van de koude-/warmteopslag op het bodem-, water- en luchtsysteem. De kenmerken en dimensionering van de koude-/warmteopslag worden beschreven in hoofdstuk 2. Teneinde inschattingen en berekeningen te kunnen maken van de effecten van de koude-/warmteopslag is in hoofdstuk 3 de geohydrologie van de locatie en omgeving beschreven. De berekende hydrologische en hydrothermische effecten worden beschreven in respectievelijk hoofdstuk 4 en 5. De grondmechanische effecten en de effecten op de grondwaterkwaliteit komen in respectievelijk hoofdstuk 6 en 7 aan de orde.

2 Systeembeschrijving

2.1 Uitgangspunten

De Brede School en het Kinderdagverblijf de Keen zullen met warmtepompen worden uitgerust ten behoeve van verwarming in de winter. De warmtepompen krijgen de benodigde warmte aangeleverd vanuit het grondwater met behulp van een koude-/warmteopslagsysteem. Het koude-/warmteopslagsysteem zoals ontworpen voor de Brede School en het Kinderdagverblijf de Keen te Etten-Leur bestaat ondergronds uit twee koude en twee warme bronnen (twee zogenaamde doubletten). Deze bronnen zijn verbonden door een transportleiding. De energie-uitwisseling met het gebouwcircuut vindt plaats door middel van een warmtewisselaar in de transportleiding. Dit betekent dat het grondwater niet in contact komt met het water in het gebouwcircuut.



Figuur 2.1 Principeschema koude-/warmteopslag

De globale werking van het koude-/warmteopslagsysteem kan beschreven worden aan de hand van twee bedrijfssituaties, te weten:

- warmtelevering (winterbedrijf);
- warmteopslag (= regeneratie van de bodemtemperatuur) en koeling (zomerbedrijf).

In de winter wordt grondwater onttrokken uit de warme bron ten behoeve van de warmtelevering aan de warmtepompen. Na warmteoverdracht in de warmtewisselaar van het grondwatercircuit naar het gebouwcircuut wordt het afgekoelde grondwater in de koude bron geïnfilteerd met een temperatuur van gemiddeld 8°C. De aan het gebouwcircuut overgedragen warmte wordt vervolgens getransporteerd naar de warmtepompen. De warmtepompen waarderen deze warmte op waarna de nieuw verkregen warmte wordt aangewend voor verwarming van de nieuwe school en het kinderdagverblijf.

In de zomer is de stromingsrichting in het grondwatersysteem omgekeerd. Grondwater wordt onttrokken uit de koude bron en na opname van zomerwarmte met een temperatuur van 16 °C geïnfilteerd in de warme bron. De in de winter benodigde warmte wordt op deze manier in de bodem opgeslagen. Dit heeft tevens als voordeel dat de in de winter afgekoelde bodem wordt opgewarmd. Dit wordt ook wel regeneratie van de bodem genoemd. Op deze manier blijft de bodem jaarlijks energetisch in balans conform het beleid van de provincie Noord-Brabant. Het onttrokken koude grondwater wordt, voor zover nodig, gebruikt voor koeling van de nieuwe school en het kinderdagverblijf.

Teneinde bronverstopping te voorkomen is het noodzakelijk om de bronnen enkele malen per jaar afzonderlijk te spuien. Gedurende maximaal één uur wordt met het maximale debiet grondwater uit de bronnen onttrokken. Dit onttrokken water wordt niet in de bodem teruggebracht, maar geloosd. Voor het lozen van het grondwater zal contact worden opgenomen met het hiervoor bevoegd gezag. Per jaar zal voor het spuien maximaal 200 m³ grondwater worden onttrokken.

In de winter is naar schatting 116 MWh_t nodig voor verwarming. De hoeveelheid grondwater die gemiddeld in de winter zal worden verplaatst om aan deze warmtevraag te voldoen is 25.000 m³. In de zomer zal circa 116 MWh_t aan zomerwarmte worden opgeslagen om het systeem jaarlijks energetisch in balans te houden. De gemiddelde hoeveelheid te verplaatsen grondwater is in de zomer ook 25.000 m³. Dit komt neer op een jaarlijks te verplaatsen grondwaterhoeveelheid van 50.000 m³.

In de eerste paar jaar dat het systeem in bedrijf is, treden grotere verliezen op dan in latere jaren, doordat de bodem nog moet worden opgewarmd. Hiermee is rekening gehouden door vergunning aan te vragen voor 50% meer dan gemiddeld verpompt zal worden. Tevens kan hierdoor in klimatologisch extreme jaren voldoende warmte geleverd worden. De maximale hoeveelheid grondwater die in de winter en in de zomer wordt verplaatst, bedraagt derhalve 37.500 m³. Totaal wordt maximaal 75.000 m³ grondwater per jaar verplaatst.

De belangrijkste ontwerputgangspunten voor het koude-/warmteopslagsysteem staan in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ontwerputgangspunten voor de koude-/warmteopslag

uitgangspunten	winter	zomer
maximale verpompte hoeveelheid grondwater per seizoen [m ³]	37.500	37.500
gemiddelde verpompte hoeveelheid grondwater per seizoen [m ³]	25.000	25.000
maximaal debiet [m ³ /h]	50	50
gemiddelde infiltratietemperatuur [°C]	8,0	16,0
maximale infiltratietemperatuur [°C]	-	25,0
gemiddeld verplaatste hoeveelheid energie per seizoen [MWh _t]	116	116

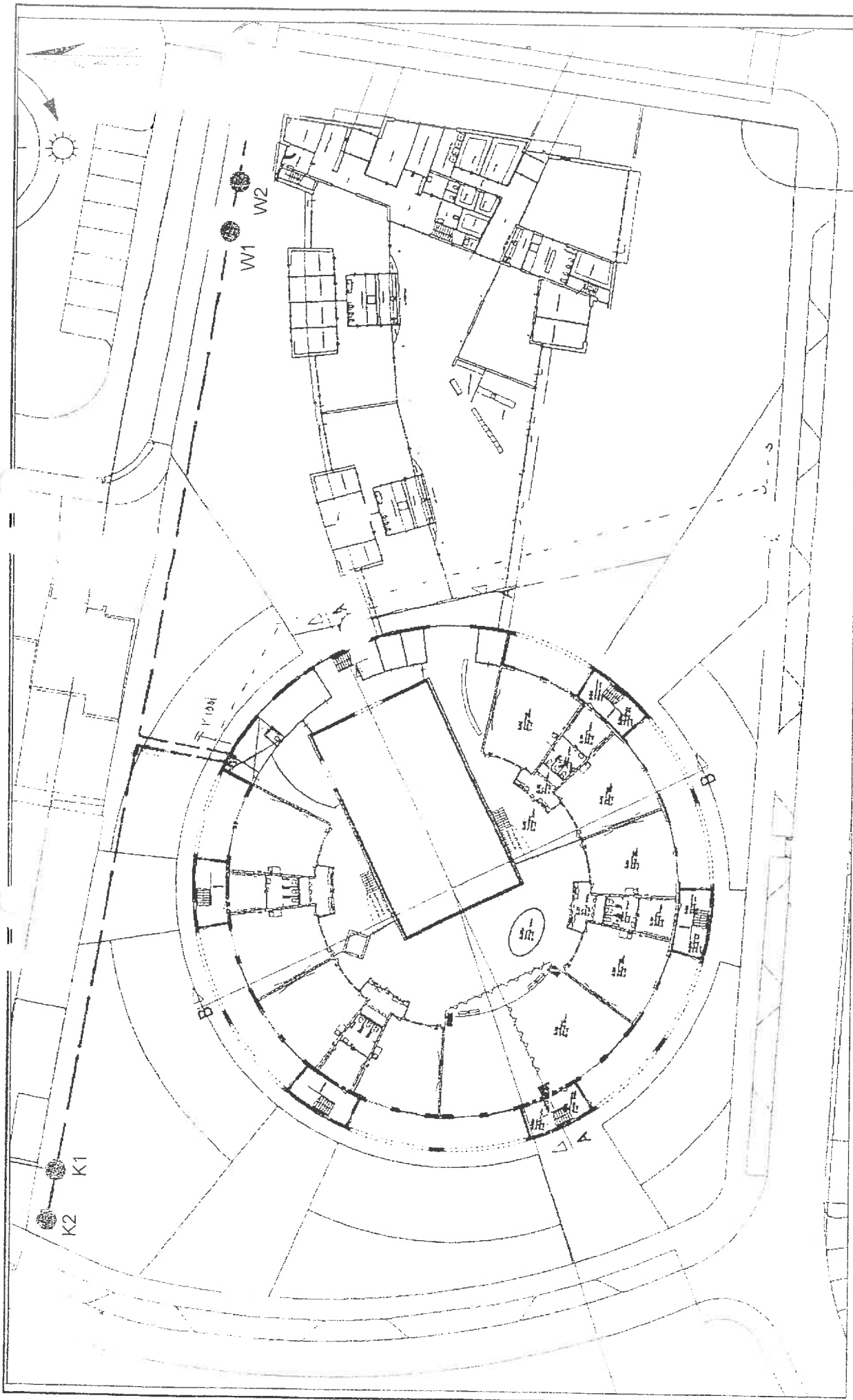
2.2 Grondwatercircuit

De brondimensies zijn weergegeven in tabel 2.2. In figuur 2.2 en op de kadastrale kaart (bijlage 1) zijn de locaties van de bronnen opgenomen. De afstand tussen de warme en de koude bronnen bedraagt 90 meter. De onderlinge afstand tussen de warme bronnen bedraagt 5 meter. De onderlinge afstand tussen de koude bronnen bedraagt eveneens 5 meter. De bronfilters worden op een diepte tussen 20 en 50 m-mv geprojecteerd. De opslag is in het tweede watervoerende pakket geprojecteerd. Energieopslag in het eerste watervoerende pakket is onmogelijk vanwege de geringe dikte, de optredende injectiedrukken en het geringe doorlaatvermogen van het pakket. Op juridische gronden is het derde watervoerende pakket uitgesloten voor de toepassing van koude-/warmteopslag. De belangrijkste ontwerpgegevens van de bronnen zijn samengevat in tabel 2.2. De definitieve filterstelling is afhankelijk van lokaal aanwezige kleilenzen; de effectieve filterlengte zal circa 20 meter bedragen.

Tabel 2.2 Ontwerpgegevens van de bronnen

bronnen	onttrekkingscapaciteit [m ³ /h]	infiltratiecapaciteit [m ³ /h]	diameter boorgat [m]	effectieve filterlengte [m]	filtertraject [m-mv]
warme bronnen	50	50	0,3	20	20-75
koude bronnen	50	50	0,3	20	20-75

Het grondwatercircuit wordt luchtdicht en onder een overdruk ten opzichte van de atmosfeer gehouden, zodat contact van het grondwater met de lucht is uitgesloten.



Figuur:	2.2	Status:	definitief	Stadium:	effectenstudie
Project nr:	52142	Schaal:	1:500	Datum:	A-15-04-2002
Project:	Koude-waarmtepomp School en Kinderdagverblijf De Keen Elten-Leur			Gecont.	PW
Onderwerp:	Locaties van de bronnen				

IF Technology

3 Geohydrologie

3.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw in de directe omgeving van de locatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Boorbeschrijvingen die door het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen (NITG) ter beschikking zijn gesteld. De volgende boorbeschrijvingen zijn gebruikt:
 - boring 50A-145 (circa 450 m ten zuiden van de locatie);
 - boring 50A-332 (circa 750 m ten zuidoosten van de locatie);
 - boring 44C-116 (circa 250 m ten zuidwesten van de locatie).
- De Grondwaterkaart van Nederland, blad 43 Oost en 44 West [lit. 1].
- Beschrijving bodemopbouw uit REGIS.

Op basis van deze gegevens is in tabel 3.1 de geohydrologische bodemopbouw geschematiseerd.

Tabel 3.1 Geohydrologische schematisatie

diepte [m-mv]	lithologie	formatie	geohydrologie	*kD - [m ² /d] of c-waarde [d]
0 - 3	matig fijn tot matig grof zand	Twente	freatisch pakket	30 m ² /d
3 - 8	klei, afgewisseld met matig grof zand	Nuenen	deklaag	500 d
8 - 11	fijn tot zeer fijn zand, mogelijk slibhoudend	Kedichem/Tegelen	eerste watervoerende pakket	60 m ² /d
11 - 16	klei	Tegelen	eerste scheidende laag	500 d
16 - 75	matig fijn tot matig grof zand, kleilagen kunnen voorkomen	Maassluis	tweede watervoerende pakket	700 m ² /d
75 - 80	klei	Oosterhout	tweede scheidende laag	2500 d
80 - 270	grof zand, schelpen	Oosterhout	derde watervoerende pakket	3800 m ² /d
270 - 300	klei	Breda	scheidende laag	-
> 300	Boomse klei	Rupel	Hydrologische basis	-

* kD = doorlaatvermogen van pakket [m²/d]; c = verticale weerstand van een scheidende laag [d]

3.2 Geohydrologische parameters

Freatisch pakket

Het freatisch pakket is ongeveer 3 m dik op en rond de locatie. Het bestaat uit matig fijn tot matig grof zand. Op basis van de korrelgroottes bepaald in boring 50A-145 bedraagt volgens de methode van Shepherd de doorlatendheid van dit zandpakket circa 10 m/d. Het doorlaatvermogen komt hiermee op 30 m²/d.

Deklaag

De dikte van de deklaag in de omgeving van de locatie bedraagt circa 5 m. De beschikbare literatuur geeft geen indicatie van de weerstand of verticale doorlatendheid van de deklaag. Uitgaande van een verticale doorlatendheid van 0,01 m/d bedraagt de weerstand van de deklaag 500 dagen.

Eerste watervoerende pakket

Op basis van de Grondwaterkaart [lit. 1] bedraagt het doorlaatvermogen van het eerste watervoerende pakket in de omgeving van de locatie 100 m²/d (gebaseerd op korrelgrootteanalyses van boringen in de omgeving). Uit korrelgrootteanalyse van boring 50A-145 wordt een doorlatendheid van 6 m/d berekend. Het doorlaatvermogen komt hiermee op 18 m²/d. In deze studie wordt een doorlaatvermogen van gemiddeld 60 m²/d aangehouden.

Eerste scheidende laag

De eerste scheidende laag wordt gevormd door de Tegelenklei. Deze laag heeft op en rond de locatie een dikte van circa 5 m. Op basis van een pompproef bij Pannenhoef, ruim 10 km ten zuiden van de locatie, is voor de eerste scheidende laag een weerstand groter dan 1.350 d bepaald [lit. 2]. Het is echter niet bekend hoe dik de scheidende laag op deze locatie is waardoor de verticale doorlatendheid van de kleilaag niet is vast te stellen. Vanwege de lithologische samenstelling is voor deze studie aangenomen dat de gemiddelde verticale doorlatendheid van de scheidende laag 0,01 m/d bedraagt. De weerstand komt hiermee op circa 500 d.

Tweede watervoerende pakket

Het tweede watervoerende pakket bestaat uit 2 delen: een fijnzandige top (16-40 m-mv) en een grofzandige basis (40-75 m-mv). Op basis van de korrelgroottes bepaald bij boring 50A-145 is voor de fijnzandige top met de methode van Shepherd de doorlatendheid voor het traject van 20 tot 40 m-mv bepaald. De gemiddelde doorlatendheid bedraagt hier circa 7 m/d. Aangenomen is dat deze doorlatendheid ook geldt voor het traject van 16 tot 20 m-mv. Het doorlaatvermogen komt hiermee op circa 170 m²/d.

Ervan uitgaande dat in het tweede watervoerende pakket geen lokale kleilaag voorkomt, is het onderste deel van het tweede watervoerende 35 m dik. Dit deel bestaat uit matig grof zand. Aangenomen is dat de korrelgrootte 250 µm bedraagt. De doorlatendheid is dan gelijk aan 15 m/d. Met een dikte van circa 35 m bedraagt het doorlaatvermogen circa 525 m²/d. Het totale doorlaatvermogen van het tweede watervoerende pakket bedraagt circa 700 m²/d.

Tweede scheidende laag

De tweede scheidende laag wordt gevormd door de klei van Oosterhout. Deze laag heeft op en rond de locatie een dikte van circa 5 m. De pompproef bij Pannenhoef heeft uitgewezen dat de weerstand van de tweede scheidende laag circa 5.000 d bedraagt. Ook hier is de dikte van deze laag ter plaatse van Pannenhoef niet bekend. Vanwege de lithologische samenstelling wordt in deze studie een verticale doorlatendheid van 0,002 m/d aangehouden. De weerstand komt hiermee op 2.500 d.

Derde watervoerende pakket

Van het derde watervoerende pakket is vrijwel geen informatie over doorlatendheid en doorlaatvermogen beschikbaar. Het pakket bestaat uit voornamelijk grof zand. De minimale korrelgrootte is 300 µm. Volgens de methode van Shepherd is de bijbehorende doorlatendheid circa 20 m/d. Het doorlaatvermogen voor het 190 m dikke derde watervoerende pakket is dan circa 3.800 m²/d.

3.3 Grondwaterstroming

Met behulp van REGIS-kaarten (figuur en de Grondwaterkaart [lit. 1] is de grondwaterstromingsrichting en de -snelheid in het tweede watervoerende pakket bepaald. Op de locatie stroomt het grondwater in het tweede watervoerende pakket globaal in noord-noordwestelijke richting met een verhang van circa 0,7 ‰. Gerekend met een porositeit van 35% en een doorlatendheid van gemiddeld 7 m/d bedraagt de grondwaterstroming in het tweede watervoerende pakket circa 5 m/a.

3.4 Grondwaterkwaliteit en -temperatuur

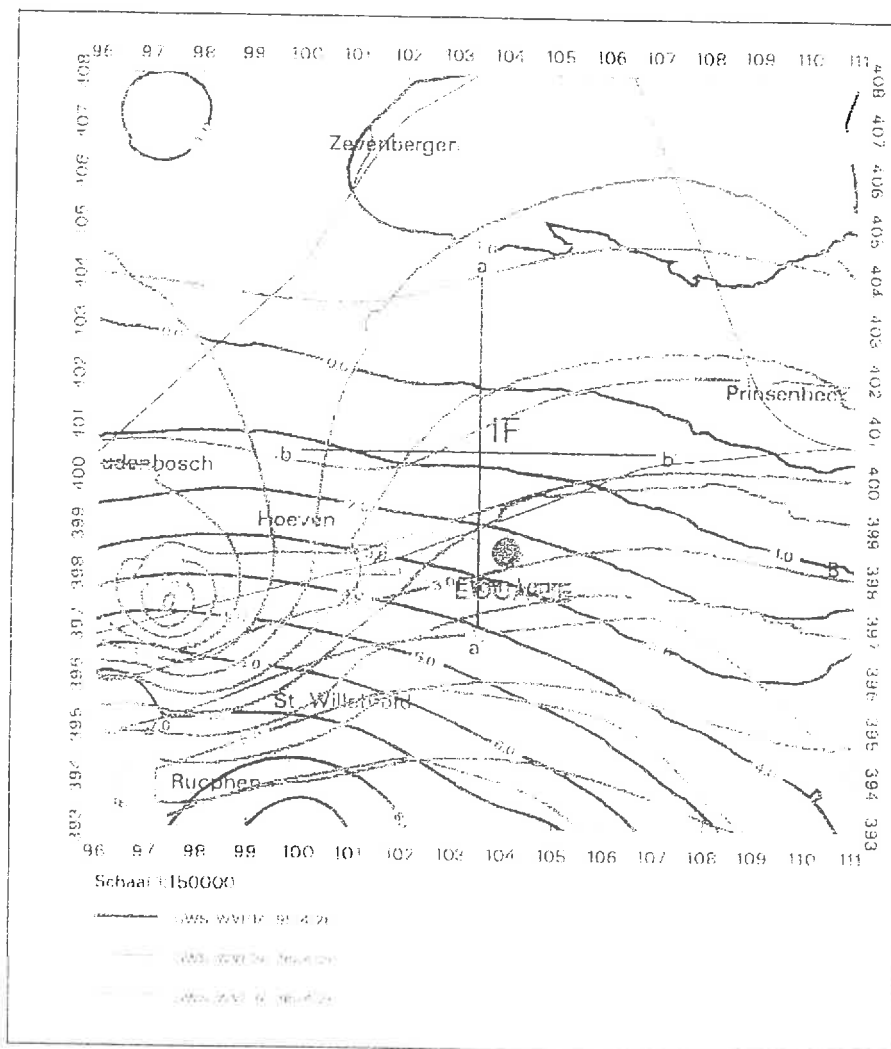
Volgens de Grondwaterkaart en de informatie verkregen uit REGIS ligt het grensvlak tussen zoet en brak/zout grondwater ter plaatse van de locatie op circa 190 m-NAP. De chloridengehaltes in het tweede watervoerende pakket liggen ver beneden de 150 mg/l (circa 18 mg/l [lit. 1]). Grondwater met een waarde van meer dan 150 en 1000 mg/l worden beschouwd als respectievelijk brak en zout grondwater. Het grondwater in het eerste, tweede en bovenste gedeelte van het derde watervoerende pakket is derhalve zoet van karakter. De natuurlijke grondwatertemperatuur bedraagt op een diepte van 50 m-mv circa 11 °C [lit. 3]. Uit een temperatuurmeting in een peilbuis van Waterleidingmaatschappij Noord-West Brabant (44C-P51) wordt dezelfde temperatuur opgemeten.

3.5 Bodem- en grondwaterverontreinigingen

Navraag bij de gemeente Etten-Leur heeft uitgewezen dat zich binnen een straal van 500 meter van de locatie één grond- en/of bodemverontreiniging bevindt. Het betreft een sanering van een trichloroopropan-*verontreiniging*. Deze verontreiniging bevindt zich ter plaatse van de straten Vinkenbroek en Moerlaken en ligt circa 150 m ten noordwesten van de dichtstbijzijnde bron op de locatie. Aangegeven is dat de verontreiniging zich op een diepte bevindt van maximaal 5 à 7 m-mv.

Uit een gesprek met een medewerker van de gemeente Etten-Leur is gebleken dat de verontreiniging aan de Vinkenbroek/Moerlaken reeds 2 jaar gesaneerd wordt met behulp van 'drains' en filters. Verder blijkt uit het gesprek dat de sanering momenteel is stopgezet en dat er nader onderzoek verricht wordt aan de sanering door adviesbureau Grontmij bv om het toekomstig te bewandelen saneringstraject vast te stellen. Op het moment van schrijven kon geen specifiekere informatie verstrekt worden door bovengenoemde medewerker. De invloed van het te realiseren koude-/warmteopslagsysteem op de verontreiniging is wordt beschreven in paragraaf 7.5.

In het Programma Bodemsanering 1999 van de provincie Brabant [lit. 4] worden nog enkele bodem-/grondwaterverontreinigingen in de gemeente Etten-Leur vermeld. Deze liggen echter op meer dan 500 m afstand van de locatie.



locatie: IF

Bron: REGIS-nb

Kartering op schaal 1:50000

Aanmaakdatum plot: 08-05-2001

Profielen gebaseerd op uit boringen en/of gedigitaliseerde contouren geïnterpoleerde gries met een sample afstand van 100 meter langs de profiellijn

Nederlands Instituut voor toegepaste Geowetenschappen TNO



Figuur	3.1	Status	definitief	Stadium	effectenstudie
Project nr	52142	Schaal		Datum	Geleend NS
Project	Koude-/warmeopslag School en Kinderdagverblijf De Keen Elten-Leur			A 15-05-2002	
Onderwerp	Isohypsenpatroon 1.2e watervoerende pakket			C	Gecont. PW
	aanmaakdatum: plot 08-05-2001 Bron: Regis-gi				

3.6 Overige grondwateronttrekkingen

Op 450 m ten noordoosten van de locatie is reeds een ander koude-/warmteopslagproject vergund. De doelstelling van dat project is de verwarming en koeling van 21 woningen in de woonwijk de Keen te Etten-Leur via koude-/warmteopslag in de bodem in combinatie met warmtepompen. De beoogde grondwateronttrekking behorende bij dit project is gemiddeld 21.000 m³ grondwater per jaar met een maximaal debiet van 21 m³/h in zowel de zomer- als in de winterperiode. Tijdens de opstartfase en bij extreem klimatologische omstandigheden wordt maximaal 31.500 m³ grondwater onttrokken. Binnen een straal van 1 km rond de locatie zijn volgens het provinciaal overzicht van grondwaterwinningen in Brabant verder geen andere grondwaterwinningen aanwezig.

3.7 Overige belanghebbenden

Binnen een straal van 500 m van de locatie bevinden zich geen stiltegebieden, natuurgebieden of gebieden die anderszins gevoelig zijn voor grondwaterstandsveranderingen [lit. 5]. De locatie bevindt zich niet binnen een grondwaterbeschermingszone. De locatie is niet gelegen in of nabij een vogel- en habitatrictlijngebied of nabij beschermde- of staatsnatuurmonumenten [lit. 5].

Via het 'Natuurloket' is een inventarisatie gemaakt van prioritaire soorten voor het kilometerhok waarin de locatie Brede School en Kinderdagverblijf De Keen zich bevindt. Uit deze inventarisatie blijkt dat er 1 soort valt onder de Natuurbeschermingswet, 3 soorten vallen onder de Habitatrictlijn of Vogelrichtlijn en 6 soorten vallen onder de rode lijsten (tabel 3.2).

Tabel 3.2 Verspreiding prioritaire soorten i.o.v. 'De Keen' te Etten-Leur

Rapportage voor kilometerhok X: 103 Y:400					
soortgroep	natuurbeschermingswet	habitat- /vogelrichtlijn	rode lijsten	volledigheid	actualiteit
Broedvogels		2	1	redelijk	1/1/93 - 1/10/01
Libellen				niet onderzocht	1/1/90 - 1/10/01
Vlinders				niet onderzocht	1/1/90 - 1/10/01
Sprinkhanen				niet onderzocht	1/1/90 - 1/10/01
Zoogdieren				niet onderzocht	1/1/90 - 1/10/01
Reptielen				niet onderzocht	1/1/85 - 1/10/01
Amfibieën				niet onderzocht	1/1/85 - 1/10/01
Vaatplanten	1	1	5	goed	1/1/75 - 1/10/01
Mossen	nvt			niet onderzocht	1/1/80 - 1/10/01
Korstmossen	nvt			niet onderzocht	1/1/80 - 1/10/01
Vissen	-	-	-	-	-

Bron: www.natuurloket.nl

4 Hydrologische effecten

4.1 Uitgangspunten voor de berekeningen

4.1.1 Beschrijving computerprogramma

Om de hydrologische effecten van de koude-/warmteopslag te berekenen, is gebruik gemaakt van het hydrologische softwarepakket MLPU (Multi Layer Program Unsteady state). Met MLPU kunnen zowel stationaire als niet-stationaire berekeningen worden uitgevoerd. Het programma berekent analytisch de stroming in afgesloten, gedeeltelijk afgesloten en freatische watervoerende pakketten. In het model wordt de bodemopbouw geschematiseerd tot (isotrope) watervoerende pakketten en scheidende lagen. In MLPU is in een watervoerend pakket alleen horizontale stroming mogelijk en in een scheidende laag alleen verticale stroming. Met MLPU kunnen alleen stijghoogten in de watervoerende pakketten berekend worden. Een stijghoogteberekening in een scheidende laag is niet mogelijk. MLPU is een gevalideerd modelprogramma. Informatie over MLPU is te vinden op het internetadres: http://ourworld.compuserve.com/homepages/philip_nienhuis/

4.1.2 Schematisatie

Het doel van de MLPU-berekeningen is om inzicht te krijgen in de veranderingen van de grondwaterstand en de stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten ten gevolge van de koude-/warmteopslag. Tevens dient te worden bepaald tot welke afstand in de omgeving van de koude-/warmteopslag grondwaterstands- c.q. stijghoogteveranderingen merkbaar zijn. Dit is het zogenaamde invloedsgebied, dat wordt gedefinieerd als het gebied waar de berekende stijghoogteveranderingen groter zijn dan 10 cm en de berekende grondwaterstandsveranderingen groter zijn dan 5 cm.

De bodemopbouw is geschematiseerd conform de bodembeschrijving in tabel 3.1. Uitgangspunt is dat de lagen zich in horizontale richting tot in het oneindige uitstrekken. De schematisatie is weergegeven in tabel 4.1.

Fictieve lagen

Uit tabel 4.1 blijkt dat bij de schematisatie gebruik wordt gemaakt van zogenaamde "fictieve" scheidende lagen. In werkelijkheid zijn deze lagen fysiek niet aanwezig. Het definiëren van deze lagen is een gebruikelijke methode in grondwatermodellen om grondwaterstandsveranderingen in een deklaag te kunnen berekenen en/of een watervoerend pakket onder te verdelen in een aantal sublagen.

Het tweede watervoerende pakket

De bronfilters worden gesteld op een diepte tussen 20 en 75 m-mv. Aangezien de effectieve filterlengte 20 meter zal bedragen is in het model een filterstelling van 30 tot 50 m-mv aangenomen. Slechts een deel van het tweede watervoerende pakket wordt dus gebruikt als opslagpakket. Om dit zogenaamde onvolkomen filter goed te modelleren is het tweede watervoerende pakket onderverdeeld in drie sublagen, namelijk een laag boven de filters, een laag ter hoogte van de filters en een laag onder de filters.

Schematisatie in tijd

Om de stijghoogte- en grondwaterstandsveranderingen te berekenen is een stationaire berekening uitgevoerd. Het maximale debiet is zowel in de zomer als in de winter 50 m³/h. De berekeningen zijn gebaseerd op het beginsel van superpositie, hetgeen inhoudt dat alleen de stijghoogteveranderingen ten gevolge van de koude-/warmteopslag worden berekend. De werkelijk optredende stijghoogte kan worden verkregen door de berekende stijghoogteveranderingen te superponeren op (= op te tellen bij) het huidige stijghoogtepatroon (zie paragraaf 3.3).

Tabel 4.1 Schematisatie bodemopbouw voor modellering MLPU

diepte [m-mv]	laagcode in MLPU	toelichting	kD [m ² /d]	c [d]
0	c1	gesloten bovenlaag		0
0 - 3	T1	freatisch pakket	10	
3 - 8	c2	deklaag		500
8 - 11	T2	eerste watervoerende pakket	60	
11 - 16	c3	eerste scheidende laag		500
16 - 30	T3	tweede watervoerende pakket, deellaag boven filters	100	
30	c4	fictieve scheidende laag		3,3
30 - 50	T4	tweede watervoerende pakket, deellaag bronfilters	300	
50	c5	fictieve scheidende laag		3,0
50 - 75	T5	tweede watervoerende pakket, deellaag onder filters	375	
75 - 80	c6	tweede scheidende laag		2.500
80 - 270	T6	derde watervoerende pakket	3.800	

4.1.3 Modelparameters

Voor de modelparameters zijn de bodemconstanten uit tabel 3.1 aangehouden.

Deklaag

De grondwaterstandsveranderingen in de deklaag worden berekend door voor de fictieve freatische laag een doorlaatvermogen van 10 m²/d in te voeren.

Het tweede watervoerende pakket

Het tweede watervoerende pakket is in 3 sublagen onderverdeeld, één laag ter hoogte van de filters, één laag boven en één laag onder de filters. De weerstanden van de fictieve scheidende lagen kunnen worden berekend met de formule $c = D/k_{ver}$, waarbij D de som is van de helft van de dikten van de boven en onderliggende lagen en k_{ver} de bijbehorende verticale doorlatendheid. Voor de bepaling van de k_{ver} is voor ieder watervoerende pakket een anisotropiefactor aangenomen. De anisotropiefactor is de verhouding tussen de horizontale en verticale doorlatendheid in een zandpakket. Aangenomen is dat de verticale doorlatendheid 50% lager is dan de horizontale doorlatendheid (anisotropiefactor =2).

Door het onderverdelen van het tweede watervoerende pakket in drie sublagen moet per sublaag een doorlaatvermogen worden ingevoerd. Voor het deel boven de filters is uitgegaan van een doorlatendheid van 7 m/d. Voor het deel onder de filters en ter hoogte van de filters is een doorlatendheid van 15 m/d aangehouden (zie ook paragraaf 3.2). De doorla-

tendheid vermenigvuldigt met de dikte van de sublaag levert het doorlaatvermogen per sublaag.

4.2 Stijghoogteveranderingen

In figuur 4.1 zijn de stijghoogteveranderingen in het opslagpakket rond de bronnen tijdens de wintersituatie gepresenteerd. Tijdens de winter vindt onttrekking uit de warme bronnen en infiltratie in de koude bronnen plaats. De stijghoogteveranderingen zijn uitgedrukt in meters met een interval van 0,1 m. De stijghoogteveranderingen in de zomersituatie zijn tegengesteld aan de wintersituatie: waar in de winter sprake is van een verhoging is in de zomer sprake van een verlaging van dezelfde grootte. Uit figuur 4.1. blijkt dat tot maximaal circa 165 m vanaf de bronnen stijghoogteveranderingen in het tweede watervoerende pakket groter dan 10 cm merkbaar zijn.

Het hydraulisch invloedsgebied in de deklaag wordt gedefinieerd als het gebied waarbinnen de grondwaterstand met meer dan 5 cm verandert. Uit de berekeningen blijkt dat de maximale grondwaterstandsverandering 4 cm bedraagt.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat het hydraulisch invloedsgebied in de deklaag nul is. In tabel 4.2 zijn de resultaten van de MLPU-berekeningen samengevat.

Tabel 4.2 Resultaten MLPU-berekeningen

parameter	waarde
maximale grondwaterstandsverandering	0,04 m
grootte van het invloedsgebied in de deklaag (grondwaterstanden)	0 m
maximale stijghoogteverandering eerste watervoerende pakket	0,03 m
maximale stijghoogteverandering tweede watervoerende pakket (=opslagpakket)	2,44 m
grootte van het invloedsgebied in het tweede watervoerende pakket (=opslagpakket)	165 m

4.3 Invloed op de overige onttrekkingen

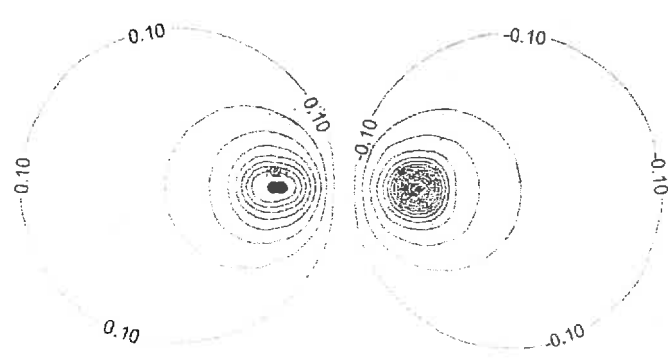
Binnen het hydrologische invloedsgebied van de koude-/warmteopslag zijn geen andere grondwaterwinningen aanwezig.

4.4 Invloed op stadsgroen, landbouw- en natuurwaarden

De verandering van de grondwaterstand is zodanig klein (< 5 cm) dat geconcludeerd kan worden dat de koude-/warmteopslag geen negatieve invloed heeft op eventueel aanwezig stadsgroen en de landbouw- en natuurgebieden.

Via het 'Natuurloket' is een inventarisatie gemaakt van prioritaire soorten voor het kilometerhok waarin de locatie Brede School en Kinderdagverblijf De Keen zich bevindt. Uit deze inventarisatie blijkt dat er 1 soort valt onder de Natuurbeschermingswet, 1 soort valt onder de Habitatrichtlijn of Vogelrichtlijn en 5 soorten vallen onder de rode lijsten (tabel 3.2).

Deze gegevens zijn echter opgesteld in de periode dat het gebied nog een landbouw- en weidegrondfunctie had. Aangezien de huidige functie van het gebied een woon-/werkfunctie is, kan gesteld worden dat er, gezien de rapportage, geen sprake is van het voorkomen van prioritaire soorten binnen een straal van 500 m van het koude-/warmteopslagsysteem op de beoogde locatie.



Figuur.	4.1	Status	definitief	Stadium	effectenstudie
Project nr.	52142	Schaal	1:5000	Datum	Getekend NS
Project	Koude-warmteopslag School en Kinderdagverblijf De Keen Etten-Leur			A 24-04-2002 B C	Geconfr. p.w.
Onderwerp	Berekenende maximale stighoogteveranderingen in het opslagpakket (m)				

5 Hydrothermische effecten

5.1 Uitgangspunten voor de berekeningen

Het berekenen van de thermische effecten van de koude-/warmteopslag is uitgevoerd met het programma HST2D. Met het programma HST2D kan warmte- en stoftransport worden berekend in een verzadigd 2-dimensionaal grondwaterstromingssysteem.

De randvoorwaarden voor het hydrologisch systeem in HST2D zijn gebaseerd op de geohydrologische beschrijving in hoofdstuk 3. HST2D simuleert de grondwaterstroming en warmte-transport in één laag. De dikte van deze laag is gelijk gesteld aan de effectieve filterlengte van de bronnen (20 m). Deze vereenvoudiging van de werkelijkheid is gerechtvaardigd, omdat uit rekenervaringen met HST3D (de 3D versie van HST2D) is gebleken dat het warmte- en koudetransport voornamelijk binnen het filtertraject plaatsvindt. Voor deze berekening is het watervoerende pakket dus als een gespannen watervoerend pakket beschouwd (geen verticale voeding). Er vindt echter wel warmte-uitwisseling met boven- en onderliggende lagen plaats door middel van geleiding. In tabel 5.1 staan de belangrijkste geohydrologische en geothermische invoerparameters voor de berekening.

Tabel 5.1 Modelschematisatie HST2D

laag naam	parameters					
	dikte [m]	doorlatendheid [m/d]	dispersiviteit [m]	Verhang [‰]	warmtegeleidings-coëfficiënt [W/mK]	warmtecapaciteit [J/m ³ K]
geleidende toplaag	-	-	-	-	2,4	2,5
filtertraject	20	15	3,0	0,7	2,4	2,5
geleidende onderlaag	-	-	-	-	2,4	2,5

De thermische verliezen worden veroorzaakt door geleiding, dispersie en stroming. Dispersie en geleiding naar boven- en onderliggende lagen zullen onder alle omstandigheden optreden.

Op basis van het onttrekkings/infiltratiepatroon uit tabel 5.2 is het bodemsysteem thermisch doorgerekend met het programma HST2D.

Tabel 5.2 Onttrekkings-/infiltratiepatroon

seizoen	bedrijfsstoestand	onttrekken uit	infiltreren in	verpompte waterhoeveelheid [m ³]	infiltratietemperatuur [°C]
winter	warmtewinning/ koudeopslag	W1+W2	K1+K2	25.000	8
zomer	warmteopslag/ koudewinning	K1+K2	W1+W2	25.000	16

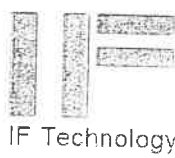


10.00
10.00
11.50
11.50
12.00
12.00

waarde in de zomer



10.50
10.50
11.50
11.50
12.00
12.00
12.50
12.50



Figuur	5.1	Status	definitief	Stadium	effectenstufte
Project nr.	52142	Schaal	1:5 000	Datum	Gefekend NS
Project	Koude-warmteopslag School en Kinderdagverblijf De Keen Eten-Leur			A 24-04-2002 B C	Gecontr. PW
Onderwerp	Berekende temperatuur in het opslagpakket na 20 jaar (°C)				

5.2 Temperatuurveranderingen

De berekende grondwatertemperatuur na 20 jaar koude-/warmteopslag zijn weergegeven in figuur 5.1. Het contourinterval is 0,5 °C. Rond de koude bron is de grondwatertemperatuur minimaal 0,5 °C lager dan de natuurlijke grondwatertemperatuur. De grondwatertemperatuur rond de warme bron is minimaal 0,5 °C hoger dan de natuurlijke grondwatertemperatuur. Na 20 jaar zal het thermisch beïnvloedingsgebied (gebied waarbinnen de grondwatertemperatuur met meer dan 0,5 °C verandert) zich tot maximaal 72 m vanaf de bronnen uitstrekken.

5.3 Invloed op bodem, flora en fauna

Uitgaande van een netto temperatuurverandering van 5 °C ten gevolge van de opslag en een dikte van de laag boven het opslagpakket van 30 m kan een netto warmtestroom worden berekend van 0,4 W/m² (λ bovenliggende pakket = 2,4 W/(mK)). In vergelijking met de dagelijkse in- en uitgaande straling aan maaiveld door de zon (orde 100 tot 1.000 W/m²) is deze warmtestroom verwaarloosbaar klein. Meetbare temperatuurveranderingen zullen zich aan het maaiveld niet voordoen en thermische effecten op de flora en fauna zullen niet optreden.

5.4 Invloed op overige grondwatergebruikers

Er zijn geen grondwateronttrekkingen binnen een straal van 1000 meter van de locatie (par. 3.6). Op 450 m ten noordoosten van de locatie is reeds een ander koude-/warmteopslagproject vergund. Het koude-/warmteopslagsysteem voor de nieuwe school en het kinderdagverblijf De Keen ligt buiten het thermisch beïnvloedingsgebied van het reeds vergunde koude-/warmteopslagsysteem. Er zal derhalve geen thermische interactie tussen de systemen optreden.

6 Grondmechanische effecten

6.1 Uitgangspunten voor de berekeningen

De stijghoogteveranderingen als gevolg van de koude-/warmteopslag kunnen een zekere zetting teweegbrengen. In welke mate deze zettingen daadwerkelijk optreden, hangt af van de zettingsgevoeligheid van de aanwezige bodemlagen en van de grootte van de stijghoogteveranderingen. Daarnaast zijn de eerder opgetreden bodembelastingen van belang. Deze zogenaamde voorbelastingen kunnen hebben plaatsgevonden bij extreem lage stijghoogten in droge jaren of door eerdere (tijdelijke) onttrekkingen.

Als limiet voor esthetische schade (wanden, vloeren en afwerking) wordt veelal een zettingsverhang van 1 meter per 300 meter gebruikt. Constructieve schade kan optreden bij een zettingsverhang groter dan 1 meter per 150 meter.

De mogelijke zetting van de bodem is berekend met de formule van Koppejan. Hiervoor is de bodem geschematiseerd conform de opbouw volgend uit tabel 4.1. De zettingsconstanten zijn ontleend aan NEN-blad 6740 - bladzijde 20. Via deze methode wordt een eindzetting berekend, dat wil zeggen een zetting die zal optreden bij een onttrekking van oneindig lange duur.

Om de eindzetting op een locatie te kunnen berekenen dienen de ter plaatse optredende grondwaterstands- en stijghoogteveranderingen in de formule te worden ingevoerd. Deze zijn voor de verschillende lagen berekend met MLPU bij het maximale debiet (zie hoofdstuk 4). De veranderingen zijn voor een stationaire situatie berekend. In werkelijkheid zal het systeem niet continu op maximaal debiet draaien. Bovendien zal een bron nooit langer dan een half jaar als onttrekkingsbron fungeren (in de andere helft van het jaar is deze bron een infiltratiebron). De berekende eindzetting is daarom een overschatting van de werkelijk optredende zetting.

In de berekening is geen rekening gehouden met de uitdempende effecten die de lagen tussen 11 m-mv en het funderingsniveau hebben op de zettingen op funderingsniveau. Deze effecten zullen direct rond de bronnen de absolute grootte van de zetting op funderingsniveau en het zettingsverhang verminderen.

6.2 Zettingen

Op basis van de bovengenoemde uitgangspunten is een eindzetting van circa 9 mm berekend voor het gebied direct naast de bronnen (zie bijlage 2). Aan de rand van het hydrologische invloedsgebied (165 m vanaf de bronnen, zie fig. 4.1) bedraagt de berekende eindzetting circa 4 mm.

Het zettingsverhang bedraagt in de directe nabijheid van de bronnen (binnen 10 meter rondom de bronnen) maximaal 1 meter per 5000 meter.

6.3 Invloed op overige grondgebruikers

De maximale zetting en het maximale zettingsverhang liggen ruim onder de limiet voor constructieve schade. Het ligt derhalve niet in de verwachting dat deze geringe zetting en de daarmee gepaard gaande verschilzetting schade aan gebouwen, funderingen, wegen of constructies zal veroorzaken.

7 Effecten op de grondwaterkwaliteit

7.1 Invloed van de temperatuur

Een verandering van de temperatuur van het grondwater kan het chemisch evenwicht van reacties veranderen. In het kader van onderzoek naar warmteopslag in de bodem is veel experimenteel werk aan het gedrag van water en sediment bij verwarming gedaan. Uit deze onderzoeken is gebleken dat bij geringe temperatuurveranderingen veelal zeer kleine (verwaarloosbare) veranderingen in de watersamenstelling optreden [lit. 6].

Een toename van de temperatuur kan een versnelde groei van micro-organismen veroorzaken, een daling van de temperatuur een vertraagde groei. Van groot belang voor de groei van micro-organismen is echter het voedselaanbod. Dit voedselaanbod bestaat uit het gedeelte van het organisch koolstof dat door micro-organismen afbreekbaar is (AOC-gehalte: Assimileerbaar Organisch Koolstof). Grondwater in Nederland heeft veelal een zeer laag AOC-gehalte. Dit verklaart mede de lage microbiologische activiteit die geconstateerd is bij de in Nederland uitgevoerde koude-/warmteopslagprojecten. Gezien de afwezigheid van veen in het filtertraject wordt geen verhoogd AOC-gehalte verwacht. Gezien de geringe temperatuurverschillen en de lage AOC-gehalten bij dit project worden hiervan geen significante effecten verwacht op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater. Deze veranderingen zijn in het algemeen kleiner dan de natuurlijke variatie van de kwaliteit van het toestromende grondwater.

7.2 Invloed van leidingen en systeemcomponenten

Het grondwatercircuit zal van het gebouwcircuit door middel van warmtewisselaars volledig gescheiden worden gehouden. Het gebouwcircuit wordt gevuld met leidingwater. Indien er door slijtage aan de warmtewisselaar een mogelijke lekkage zou ontstaan waarbij water van het gebouwcircuit naar het grondwatercircuit zou kunnen lekken zal dit direct worden gesig-naleerd door een drukdaling in het gebouwcircuit. Overigens komt het gebouwwater alleen in aanraking met leidingen, pompen en andere standaard componenten. Een verslechtering van de grondwaterkwaliteit wordt niet veroorzaakt.

7.3 Invloed van het grondwatersysteem

Het grondwater komt in het grondwatercircuit in contact met systeemcomponenten van HD-PE, PVC, roestvast staal, brons, rubber en kunststof coatings van kleppen e.d. Het ligt niet in de verwachting dat deze materialen een significante verandering in de samenstelling van het grondwater teweeg zullen brengen [lit. 6]. Bovendien wordt het grondwatercircuit luchtdicht en onder overdruk ten opzichte van de atmosfeer gehouden, zodat contact van het grondwater met de lucht is uitgesloten.

De aanwezige natuurlijke (verticale) kwaliteitsgradiënt binnen het filtertraject zal door men-ging lokaal worden vervaagd. Van deze vervaging worden geen negatieve effecten verwacht.

7.4 Invloed op het zoet-brak grensvlak

Het zoet-brakgrensvlak (chlorideconcentratie > 150 mg/l) bevindt zich in het derde watervoerende pakket op een diepte van 190 m-NAP. De koude-/warmteopslag vindt plaats in het tweede watervoerende pakket op een diepte van 20 tot maximaal 75 m-mv. Enige interactie tussen de opslag en het zoet-brakgrensvlak zal door de grote onderlinge afstand en de grote weerstand van de afsluitende kleilaag niet plaatsvinden.

7.5 Invloed op bodem- en grondwaterverontreinigingen

Gezien de zeer geringe effecten op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket en het freatisch pakket zal de grondwatersanering Vinkenbroek/Moerlaken en daarmee de (nog) aanwezige grondwaterverontreiniging waarschijnlijk niet worden beïnvloed cq. verplaatst. Een aantal argumenten ondersteunen deze conclusie:

- Belangrijk is dat bij koude-/warmteopslag de pomprichting elk half jaar wordt omgedraaid. Dit heeft tot gevolg dat het in de zomer de verontreiniging wordt aangetrokken en in de winter weer wordt "teruggeduwd". Het jaar daarop gebeurt precies hetzelfde. De netto verspreiding van de verontreiniging is derhalve nihil.
- De natuurlijke grondwaterstroming is noordnoordwestelijk gericht en bedraagt circa 5 meter per jaar. De grondwaterverontreiniging verplaatst zich dus in een natuurlijke situatie van de locatie af.
- De grondwaterstromingssnelheid is groter dan de snelheid van het stoftransport vanwege adsorptie van de verontreiniging aan het korrelskelet. Derhalve mag worden aangenomen dat indien de grondwatersnelheidsverandering verwaarloosbaar klein is, ook de snelheidsverandering van het stoftransport verwaarloosbaar klein is.

Uit de berekeningen met het programma MLPU blijkt het volgende (tabel 7.1):

- De horizontale grondwatersnelheidsverandering in het freatisch pakket is circa 0,2 cm per dag. Het aantal equivalente vollasturen per seizoen is het quotiënt van de gemiddelde waterverplaatsing per seizoen en het maximale brondebiet (zie tabel 2.1 van de effectenstudie). Hieruit volgt dat het aantal equivalente vollasturen $25.000 \text{ m}^3 / 50 \text{ m}^3/\text{h} = 500 \text{ h}$ bedraagt. Dit betekent dat de verontreiniging per seizoen maximaal $0,002 \text{ m} / 24 \text{ h} * 500 \text{ h} = 4,16 \text{ cm}$ wordt verplaatst.
- De horizontale grondwatersnelheidsverandering in het eerste watervoerend pakket is circa 1,6 cm per dag. Dit betekent dat de verontreiniging per seizoen maximaal $0,016 \text{ m} / 24 \text{ h} * 500 \text{ h} = 33 \text{ cm}$ wordt verplaatst.
- De verticale grondwatersnelheidsverandering is verwaarloosbaar klein.

Conclusie: het koude-/warmteopslagsysteem zal de aanwezige verontreiniging in het freatische pakket en in het eerste watervoerend pakket verplaatsen. Deze verplaatsing is echter verwaarloosbaar klein. Tevens dient in acht te worden genomen dat de pomprichting elk half jaar wordt omgewisseld waardoor de verontreiniging weer in tegenovergestelde richting wordt "teruggeduwd".

Tabel 7.1 Overzicht uitkomsten berekeningen MLPU

diepte [m-mv]	wvp	Δv_h [m/d]	Δv_v [m/d]	hor. richting	vert. richting
3	freatisch	0,002	0,00060	noord	omlaag
9	1	0,016	0,00021	noordnoordwest	omlaag
40	opslag	0,057	0,00058	noordnoordwest	omlaag

Literatuur

- [1] Lekahana, E.G. & Langbein, J.B.M., 1976 - Grondwaterkaart van Nederland Inventarisatierapport West-Brabant, kaartbladen 43 Oost en 44 West, Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft.
- [2] Mülschlegel, ir. J., 1986 - Subregionaal geohydrologisch onderzoek in het oostelijk deel van West-Brabant. Rapportnummer: 840347007, RIVM.
- [3] Stolk, P., 2000, Analyse van temperatuurmetingen in de Nederlandse ondergrond (20-300 m beneden maaiveld) in relatie tot hydrologische en meteorologische omstandigheden in heden en verleden. IF Technology, Arnhem en Vrije Universiteit, Amsterdam.
- [4] Provincie Noord-Brabant, 1999 - Programma bodemsanering/waterbodemsanering 1999.
- [5] Provincie Noord-Brabant, 2002 - Streekplan Noord-Brabant 2002.
- [6] Krachtwerktuigen en IF Technology, 1992 - Koudeopslag in de bodem; Vergunningverlening in het kader van de Grondwaterwet. Rapportnr. 8543.01.1607-IW/JBU/hmv, 3/9003/GW, Amersfoort, Arnhem.

Bijlage 1

Kadastrale kaart met bronlocaties



Dit kaart is noordgericht

0 50 100 150 200

Legenda
 123-45 Perceelnummer
 25 Huisnummer
 — Kadastrale grens
 Bebauung/topografie Ming. E. Kieffens

Uittreksel uit de kadastrale kaart
 Kadastrale gemeente: BUIEN-LEUR
 Sectie: C
 Perceelnummer: 12345
 Schaal: 1:5000



Voor aansluitende uittreksel: BUREAU VAN DE KADASTRALE DIENST, 1000 Brussel, België
 De afzender van het kadaster is de Vlaamse Reguleerder van de Ruimte, 1000 Brussel, België

Bijlage 2

Maximale zettingsberekening ter plaatse van de bronnen

Berekening van eindzetting volgens de methode van Koppejan

IF Technology	Projectnaam:	Brede Scholen Kinderdagverblijf De Keerle Effen-Leur
	Projectnummer:	52142-3v
	Datum:	17-10-02
	Boring:	Keude bron 1 (m)
	Rapport:	Effecten studie grondwatersysteem
	Bijlage:	z
Specialist:	P.v.t.	
Opmerking(en):	maximale zetting direct naast bron	

Gebruikte formule van Koppejan:

$$z = \frac{D}{C} \ln \frac{\sigma_k + \Delta\sigma_k}{\sigma_k}$$

GLG: 1 m-mv

Materiaal	[m-mv] diepte	[m] Dikte	ΔH	(-) C_p	(-) C_s	(-) C_{totaal}	[kg/m ³] ρ	[N/m ²] σ_k	[N/m ²] $\Delta\sigma_k$	[m] Z
Onverz zone	0	1	0	-	-	-	1600	-	-	0,000
Zand	1	2	0,016	250	1E+99	250	2000	9810	156,96	0,000
Klei	3	5		20	240	15	1800	39240	127,53	0,001
Zand	8	3	0,026	250	1E+99	250	2000	73575	255,06	0,000
Klei	11	5		30	400	23,0769	1800	107910	2094,44	0,004
Zand	15	14	0,401	500	1E+99	500	2000	196200	3933,81	0,000
Zand	30	20	2,476	500	1E+99	500	1800	343350	24289,6	0,002
Zand	50	25	3,315	500	1E+99	500	2000	544455	3090,15	0,000
Klei	75	5		30	400	23,0769	1800	691605	1545,08	0,000
Klei	80	5		30	400	23,0769	1800	691605	1545,08	0,000

Verklaring van de parameters:

symbolen	verklaring	eenheid
D	= Dikte	[m]
ΔH	= Stijghoogteverandering	[m]
C_p	= Primaire zettingsconstante	(-)
C_s	= Seculaire zettingsconstante	(-)
C_{totaal}	= Totale zettingsconstante	(-)
ρ	= Bulkdichtheid	[kg/m ³]
σ_k	= Korrelspanning	[N/m ²]
$\Delta\sigma_k$	= Verandering korrelspanning	[N/m ²]
Z	= Zetting	[m]
GLG	= Gemiddelde laagste grondwaterstand	[m -mv]

Totale zetting [mm] 9