

Landelijke hydrologische analyse van het topsysteem (LHTS)

Inceptierapport



Harry Massop



TNO-rapport
NITG 98-72-B

Landelijke hydrologische analyse van het topsysteem (LHTS)

Inceptierapport

Datum

April 1998

Auteur(s)

A.J.H. Negenman
P.J.T. van Bakel
L.C.P.M. Stuyt
H.Th.L. Massop
J.P. Weijers
F.J.E. v.d. Bolt
P. Kiden

Schoemakerstraat 97
Postbus 6012
2600 JA Delft

Telefoon 015 269 69 00
Fax 015 256 48 00

Projectnummer

145467241

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor
onderzoeksopdrachten aan TNO', dan
wel de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1998 TNO

Opdrachtgever

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu
Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
is gevestigd in Delft en Haarlem en heeft nevenvestigingen in
Haarlem, Heerlen, Nuenen, IJmuiden en Zwolle.

Het instituut is het centrale geowetenschappelijke informatie-
en onderzoeksinstituut van Nederland, ten behoeve van het
duurzaam beheer en gebruik van de ondergrond en de
ondergrondse natuurlijke bestaansbronnen.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Samenvatting

Het topsysteem staat sinds een aantal jaren in de belangstelling. Met het topsysteem wordt de bovenste 20 meter van de ondergrond bedoeld, welke de deklaag omvat en waarin de interacties tussen het grondwater en oppervlaktewater zich afspelen.

Op voorspraak van de TNO Adviesraad van september 1995 is een Landelijke Hydrologische analyse van het Top Systeem (LHTS) voorgesteld. Daar er op dat moment nog weinig bekend was omtrent de beschikbaarheid van gegevens over het topsysteem en het nog niet duidelijk was welke mate van gedetailleerdheid er gewenst was bij potentiële gebruikers van LHTS producten, is er een LHTS Inceptiefase gestart in juni 1996. Deze LHTS Inceptie fase is verkennend, inventariserend en definiërend van karakter geweest. Op basis van de resultaten van de Inceptiefase moet er een beslissing genomen worden over de landsdekkende analyse van het topsysteem.

De toepassing van hydrologische ordeningsprincipes in beleidsvoorbereidingentrajecten voor ruimtelijke ordening, milieu en water bepaalt de noodzaak om een goed inzicht in de effecten te krijgen op lokaal niveau van de ingrepen in de waterhuishouding. Uitgangspunt bij de ordening is een goede beschrijving van de huidige situatie van de watersystemen en de toegekende functies en de activiteiten.

Het gebrek aan (toegankelijke) gegevens op lokale schaal met betrekking tot, onder andere, de situering van kwel en wegzijgingsgebieden, de kwaliteit van het grondwater, de ligging en dimensies van het oppervlaktewaterstelsel en de hydrogeologische schematisering van de deklaag vormt een drempel die lokale systeemanalyses bemoeilijkt.

Er kan dan ook een convergentie van wensen geconstateerd worden bij waterbeheerders en experts met betrekking tot het topsysteem: Er wordt gerefereerd aan een verbijzondering van de kennis van het topsysteem op basis van ontsluiting van bestaande gegevens. Hierbij zou een systematiek aangereikt moeten worden die een nauwkeurige analyse van het topsysteem toelaat. De gegevens zouden geanalyseerd moeten worden volgens een uniforme methodologie en opgeslagen en beheerd moeten worden in een REGIS-achtig data- en informatie management systeem. De gegevens moeten betrekking hebben op de volgende thema's:

- de hydrogeologische karakterisatie van de deklaag (onderscheiden en toekennen van hydraulische parameters k_h en k_v aan de klei- en zandlagen in de Holocene en Pleistocene toplaag);
- relatie grondwater-oppervlaktewater (analyse van oppervlaktewaterstelsel, bepaling drainagecoëfficiënten, bergingscoëfficiënten);
- topografie (exacte maaiveldhoogtes).

Gegevensbestanden die van belang zijn voor het uitwerken van de bovengenoemde thema's zijn, onder andere, het ondiepe boringen archief van de voormalige RGD (nu NITG) en het Top10vector bestand van de Topografische Dienst. Het NITG archief bevat 265.000 ondiepe boringen die van uitermate groot belang zijn voor de hydrogeologische karakterisatie van het topsysteem. Het Top10vector bestand is van groot belang voor de analyse van de grondwater-oppervlaktewaterrelatie.

De identificatie van de wensen en behoeften voor een LHTS project leidt tot het volgende relationeel schema ("Logisch Raamwerk") van ontwikkelingsdoelstelling, projectdoelstellingen en producten van de LHTS, beschreven in Tabel 1.

Tabel 1 Logisch Raamwerk van de LHTS

Ontwikkelingsdoelstelling	Project doelstellingen	Producten
Inzicht in de effecten op lokaal niveau van ingrepen in de waterhuishouding	Hoofddoelstelling: Methodiek voor de hydrologische analyse van het topsysteem Subdoelstellingen: • Hydrogeologische schematisaties op lokale schaal; • Informatievoorziening m.b.t op het topsysteem; • Omzetting naar modelinvoer; • Op- en neer schalingsmethode.	Gekoppeld informatie en model instrumentarium met informatiebestanden en landelijk toepasbare functionaliteiten met betrekking op: • Karakteristieken van het topsysteem; • Huidige situatie t.a.v. het topsysteem; • Beheersbaarheid en beïnvloeding van het topsysteem.

De ontwikkelingsdoelstelling van een LHTS project is om inzicht te verkrijgen in de effecten van ingrepen in de waterhuishouding zoals bijvoorbeeld peilverhogingen en het stopzetten van bemalingen.

De specifieke LHTS projectdoelstellingen zijn

1. de hydrogeologische schematisatie van de deklaag;
2. informatievoorziening met betrekking op het topsysteem;
3. omzetting van het parametermodel van het topsysteem naar modelinvoer;
4. het consistent kunnen op- en neerschalen van regionale naar lokale situaties en vice-versa.

De producten of "outputs" van een LHTS zijn een gekoppeld informatie en modelinstrumentarium met informatiebestanden en functionaliteiten met betrekking op:

1. de karakteristieken van het topsysteem;
2. de huidige situatie van het topsysteem;
3. de beheersbaarheid en beïnvloeding van het topsysteem.

Tijdens de LHTS Inceptiefase is geprobeerd om het nut van het uitwerken van de voorgestelde thema's te illustreren. Een van de proefgebieden was het Beerze en Reusel gebied.

Na een interpretatie van de ondiepe boringen van het NITG is er in het grondwater model van het Beerze en Reusel proefgebied een gedetailleerde negen-lagen hydrogeologische schematisatie ingevoerd. Uit de modelleringsresultaten blijkt dat de gedetailleerde schematisatie leidt tot aanzienlijk nauwkeurige berekeningen van hydrologische systemen.

Een landsdekkend LHTS project met als belangrijkste thema's de hydrogeologische karakterisatie en ontwikkeling van de relatie grondwater-oppevlaktewater zou een duur van 6 jaar hebben en NLG 11,1 miljoen kosten.

De stap van de nu uitgevoerde LHTS Inceptiefase naar een landsdekkend project lijkt te groot. Het voorstel is om met een Pilot LHTS project voor twee gebieden te starten: een in hoog-Nederland en een in laag-Nederland.

De Pilot LHTS zou een duur van 2 jaar hebben en NLG 1.1 miljoen kosten. De uitvoerende instituten zullen het NITG-TNO en SC-DLO zijn.

Financiering van de Pilot LHTS zou minimaal moeten plaatsvinden door het Rijk, de twee provincies waarin beoogde pilot gebieden liggen, en de uitvoerende instituten.

Inhoud

Samenvatting.....	i
Lijst van figuren	ix
Lijst van tabellen	xi
Lijst van afkortingen.....	xiii
1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Probleemstelling.....	2
1.3 Doelstellingen van de LHTS Inceptiefase	2
1.4 Gevolgde methode.....	3
1.5 Leeswijzer.....	3
2 Beschikbare databestanden en werkzaamheden met betrekking op de karakterisatie van het topsysteem.....	5
2.1 Inleiding.....	5
2.2 Beschikbare databestanden	5
2.3 Waternood SC-DLO/LBL	6
2.4 REGIS (Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem)	9
2.4.1 Verwerking oppervlaktewater gegevens in REGIS.....	9
2.4.2 Het geohydrologisch lagenmodel van REGIS	10
2.4.3 Maaiveldhoogtegegevens.....	11
2.5 Gewenste Grondwatersituatie Noord-Brabant	11
2.6 Conclusies over gegevensbeschikbaarheid en werkzaamheden met betrekking tot de karakterisatie van het topsysteem	13
3 Behoeften en wensen met betrekking op de hydrologische analyse van het topsysteem.....	15
3.1 Het beleidskader.....	15
3.2 Recente ontwikkelingen in het beleid	15
3.3 Bevindingen Onderzoek Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging, thema 13.....	16
3.4 Aanbevelingen Eerste Bijeenkomst LHTS Begeleidingscommissie.....	18
3.5 Conclusies over de wensen en behoeften van de partijen die geïnteresseerd zijn in LHTS producten	20

4	Prioritering van te behandelen topsysteemthema's in een LHTS project	23
4.1	Afbakening en definities	23
4.2	Doelstellingen van een LHTS project	24
4.3	Prioritering van te behandelen topsysteemthema's	25
5	Topsysteemthema's, bewerkingen en eindproducten	27
5.1	Hydrogeologische schematisatie en parameterisering	27
5.2	Relatie grondwater-oppervlaktewater	29
5.2.1	Introductie	29
5.2.2	Benodigde databestanden	31
5.3	Topografie	31
6	Voorbeelden van uitwerking van enkele topsysteemthema's in proefgebieden	35
6.1	Analyse van het topsysteem in het Beerze en Reusel gebied	35
6.1.1	Inleiding	35
6.1.2	Hydrogeologische karakterisatie	35
6.1.3	Hydrogeologische schematisatie	38
6.1.4	Hydrologische schematisatie zoals gebruikt in de Beerze-Reusel studie uitgevoerd door IWACO	40
6.1.5	Stapsgewijze verfijning van de hydrogeologische schematisering	42
6.1.6	Berekening van hydrologische systemen	43
6.2	Geologische inventarisatie van de Holocene deklaag in Zeeland	48
6.2.1	Lithologische inventarisatie Holocene afzettingen	48
6.2.2	Toepassing in de analyse van het topsysteem in het gebied Axel	50
6.2.3	Conclusie over de toepassingen van de lithologische inventarisatie van de Holocene toplaag in Zeeland	52
6.3	Integrale grondwaterverkenning stadsregio Rotterdam	52
6.3.1	Introductie	52
6.3.2	Gehanteerde methodologie	54
6.3.3	Ontsloten kennis en gevonden hiaten en leemten tijdens Fase 1	55
7	Voorstel Pilot LHTS	59
7.1	Inleiding	59
7.1.1	Doel van het voorstel	59
7.1.2	Status	59
7.1.3	Achtergrond	59
7.1.4	Doelstellingen	60
7.2	De producten van een Pilot LHTS	62

7.3	Planning.....	63
7.3.1	Deelprojecten	63
7.3.2	Specificatie van de activiteiten	64
7.4	Pilot LHTS project organisatie	64
7.5	Pilot LHTS middelen en methoden.....	64
7.6	Voortgangsbewaking	65
8	Toetsing haalbaarheid LHTS project	67
8.1	Nuttigheid van een methodiek voor een hydrologische analyse van het topsysteem.....	67
8.2	Rijpheid van de LHTS producten	68
8.3	Committering eindgebruikers LHTS producten.....	68
8.4	Kosten LHTS producten.....	69
8.5	Uitvoeringsmodaliteiten LHTS project	69
9	Referenties	71
Bijlagen		
Bijlage A	Overzicht van Zoekarchieven, bestanden en Bronhouders van belang voor een analyse van het Topsysteem	
Bijlage A2	Beschrijving gegevenssoorten in de landelijke versie van REGIS	
Bijlage B	Analyseschema gewenste grondwatersituatie Noord-Brabant sector Natuur	
Bijlage C	Samenstelling Begeleidingcommissie Inceptiefase LHTS	
Bijlage D	Discussiestuk Eerste Bijeenkomst LHTS Begeleidingscommissie en Verslag van de Eerste Bijeenkomst	
Bijlage E	Overzicht van Holocene en Pleistocene profieltypen	
Bijlage F	Benodigde tijd en kosten voor de hydrogeologische schematisaties	
Bijlage G	Lithologische inventarisatie Zeeland-voorbeeldkaarten	
Bijlage H	Topsysteem analyseschema Waterspil Axel-Zeeland	
Bijlage I	Topsysteem analyseschema stadsregio Rotterdam	

Lijst van figuren

Figuur 1	Fictief stroomgebied met hoogtelijnen.....	32
Figuur 2	Doorsnede in lengterichting waterloop (sterk overdreven)	32
Figuur 3	Deelgebied van het stroomgebied met beheersbare waterlopen	33
Figuur 4	Geologische schematisatie bovenste deel Nuenengroep	37
Figuur 5	Geologische schematisatie diepe deel Nuenengroep.....	37
Figuur 6	Hydrogeologische schematisatie Nuenengroep	39
Figuur 7	De geohydrologische profielopbouw (links) en de schematisering (rechts) in modellagen	41
Figuur 8	Lokatie natuurontwikkelingsgebieden "Helsbroek" en "De Gement"	45
Figuur 9	Bovenaanzichten van de ligging van enkele hydrologische systemen bij verschillende schematisaties van de Nuenen- groep.....	46
Figuur 10	Zijaanzicht van de ligging van enkele hydrologische systemen bij verschillende schematisaties Nuenen-groep.....	47

Lijst van tabellen

Tabel 1	Logisch Raamwerk van de LHTS	ii
Tabel 1	Logisch Raamwerk van de LHTS	24
Tabel 2	Toekenning hydrogeologische parameters aan onderscheiden lithologische eenheden	38
Tabel 3	Activiteiten en budget van een volledig LHTS project (kNLG) op basis van thema's	61

Lijst van afkortingen

GDB	Geologische Data Bank
GGs	Gewenste Grondwater Situatie
IKC	Informatie en Kennis Centrum
LGM	Landelijk Grondwater Model
LHS	Landelijke Hydrologische Systeemanalyse
LHTS	Landelijke Hydrologische analyse van het TopSysteem
LKN	Landschapsecologische Kartering Nederland
LNV	Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij
MONA	Koppelingsmodule MOZart en NAgrom
MOZART	Model voor de Onverzadigde Zone voor landelijke Analyses en Regionale Toepassingen
NAGROM	NAtionaal GRondwater Model
NITG-TNO	Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen-TNO (ontstane Instituut na fusie van TNO-GG en de RGD)
NOV	Nationaal Onderzoekprogramma Verdroging
OLGA	On-line Grondwaterstanden Archief
REGIS	Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem
RGD	Rijks Geologische Dienst
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieubeheer
RIZA	Rijks Instituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat
SC-DLO	Staring Centrum-Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied-Dienst Landbouwkundig Onderzoek
SIMGRO	Simulation Groundwaterflow
STOWA	Stichting Onderzoek Water
VINEX	Vierde Nota Extra, RPD, 1990
VROM	Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu
WATERNOOD	WATERSysteemgericht Normeren, Ontwerpen en Dimensioneren, projectgroep voor de ontwikkeling van de relatie oppervlaktewater-grondwater, SC-DLO en LBL

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Inceptiefase van de Landelijke Hydrologische Analyse van het Top Systeem (LHTS) is een resultante van de agenda van de TNO Adviesraad van september 1995. Deze agenda bevatte een voorstel voor een landsdekkende analyse van het topsysteem.

In september 1995 bestond er nog weinig inzicht in de beschikbaarheid van gegevens over het *topstelsel*¹. Tevens was het nog niet duidelijk welke mate van gedetailleerdheid gewenst was bij gebruikers ten aanzien van een landelijke karakterisatie van het topsysteem en wat haalbaar was vanuit oogpunt van technologie en projectuitvoering.

Daartoe is er voorgesteld eerst een LHTS Inceptiefase te starten die verkennend en inventariserend van aard zou moeten zijn met betrekking op de beschikbaarheid, en geschiktheid van gegevens over het topsysteem. De LHTS Inceptiefase zou ook de wensen bij de potentiële gebruikers moeten inventariseren.

Het werd ook wenselijk geacht om de toekomstige gebruikers van de LHTS producten in een vroeg stadium te betrekken bij de opzet van een dergelijk landsdekkend project om tot een integrale financieringsstructuur van een LHTS project te komen waarin zowel ministeries, provincies en andere instellingen die baat hebben bij een LHTS zouden deelnemen.

Aldus heeft de LHTS Inceptiefase beoogd een verkennende, inventariserende en definiërende fase uit te voeren om vast te stellen wat de mogelijkheden zijn om de kennis over het topsysteem te verbijzonderen. Op basis van het uitgevoerde onderzoek in de LHTS Inceptiefase moet er een beslissing genomen worden of een landsdekkende analyse van het topsysteem wenselijk en haalbaar is.

De LHTS Inceptie fase is gestart in juni 1996 en uitgevoerd door een projectteam bestaande uit experts van het NITG-TNO (inclusief de voormalige RGD) en SC-DLO. Het project is verder begeleid door een commissie bestaande uit vertegenwoordigers van het Rijk, Provincie, Waterschappen, Drinkwaterleidingbedrijven en Gemeenten.

¹ Met het *topstelsel* wordt de bovenste twintig meter van de ondergrond bedoeld. Het topsysteem omvat de deklaag boven de diepere ondergrond. Hierin speelt de interactie grond- en oppervlaktewater een belangrijke rol.

1.2 Probleemstelling

Het topsysteem komt steeds meer in de belangstelling te staan.

De gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding in landelijke en stedelijke gebieden in Nederland zijn de laatste jaren duidelijk geworden. Met name de verbeterde afwatering heeft gezorgd voor de problematiek met betrekking op "Verdroging". Structurele veranderingen in de grondwaterstand, zij het verhogingen of verlagingen, leveren problemen op die niet alleen beperkt zijn tot landelijk gebied maar doen zich ook voor in stedelijke gebieden. Daarnaast is de bedreiging van verontreiniging van het ondiepe grondwater door punt- en diffuse bronnen een belangrijk aandachtspunt, ook weer voor zowel landelijk als stedelijk gebied.

Het is duidelijk geworden dat er een betere afstemming moet komen tussen water, milieu en ruimte. De watersystemen spelen hierin een belangrijke rol en met name de bovenste laag die de ingangen en uitgangen tot de watersystemen bevatten. Hier vindt de directe interactie met het land- en bodemgebruik plaats.

Een veel toegepaste remedie die voor natuurherstel wordt toegepast is peilverhoging in de naburige waterlopen ter verhoging van de drainagebasis om daarmee een hogere grondwaterstand te bewerkstelligen. De mate waarin de grondwaterstand reageert hangt af van de hydraulische karakteristieken en de hydrologie van het topsysteem. De beschrijving van het topsysteem met voornoemde elementen vereist de beschikbaarheid van gegevens.

Binnen het eerder uitgevoerde en onlangs afgesloten project de "Landelijke hydrologische Systeemanalyse" (LHS) zijn de grotere grondwatersystemen van Nederland in kaart gebracht en beschreven op basis van een combinatie van abiotische en biotische gegevens.

Tijdens de karteringsactiviteiten voor de LHS is gebleken dat het wellicht zinnig zou zijn om bepaalde aspecten van het topsysteem verder uit te diepen of verder te classificeren en/of in te delen. Op dit moment is er nog weinig inzicht in de beschikbaarheid van landsdekkende gegevens waarbij aspecten als karakterisatie, kenmerken en numerieke grootheden van het topsysteem aan de orde komen.

1.3 Doelstellingen van de LHTS Inceptiefase

De doelstellingen van de LHTS Inceptiefase, als voorbereidende fase voor een eventueel landsdekkend project, zijn als volgt geformuleerd:

- Inzicht in beschikbare gegevensbronnen en bronhouders m.b.t. landsdekkende informatie van het topsysteem;
- Inzicht in de behoeften en wensen van de potentiële gebruikers van de LHTS producten;
- Inzicht in gaande en geplande werkzaamheden op het gebied van karakterisatie van het topsysteem;

- Globaal inzicht in hiaten in de beschikbare basiskennis m.b.t. de topsystemen die via een landsdekkende kartering zichtbaar gemaakt kunnen worden;
- Visie op welke manier de kennis van het topsysteem verbijzonderd kan worden;
- Prioriteitstelling topsysteem thema's, subthema's en gerelateerde informatie verwerving en verwerking;
- Vorm en formaat van LHTS producten, mede geïllustreerd aan de hand van een proefgebied;
- Methodologie en werkplan voor het uitvoeren van het LHTS project;
- Betrokkenheid opdrachtgevers en potentiële gebruikers;
- Aanduiding van mogelijke co-financiering in de uitvoering van het LHTS project.

1.4 Gevolgde methode

Om de doelstellingen van de LHTS Inceptiefase te bereiken zijn een aantal activiteiten per doelstelling uitgevoerd. De samenhang tussen de activiteiten is de volgende:

Er is een inventarisatie gemaakt van de beschikbare gegevensbestanden in Nederland die van belang lijken voor een analyse van het topsysteem. In aanvulling hierop is gekeken naar de aangegeven richtingen in het beleid met betrekking op water, ruimte en milieu en belangrijke projecten met activiteiten die betrekking hebben op de karakterisatie van het topsysteem. Tevens is er een inventarisatie gemaakt van wensen en behoeften voor een analyse van het topsysteem bij de leden van de LHTS Begeleidingscommissie. De Begeleidingscommissie vormt een goede afspiegeling van potentiële gebruikers van de LHTS eindproducten.

Door middel van een synthese van de voorkomende wensen en behoeften en de beschikbare gegevensbestanden zijn de doelstellingen van een volledig LHTS project geformuleerd. Deze zijn uitgewerkt in een beperkt aantal topsysteemthema's die in een LHTS project behandeld zullen moeten worden. Aan de hand van een drietal proefgebieden worden mogelijke LHTS producten geïllustreerd.

Als laatste onderdeel wordt er een beeld geschetst van de omvang van een volledig LHTS project, waarvan de haalbaarheid getoetst wordt aan de hand van een aantal criteria. Om een goede aansluiting op de LHTS Inceptiefase te verkrijgen en het momentum te benutten wat is ontstaan in de ontsluiting van gedetailleerde gegevens met betrekking op het topsysteem, wordt er een Pilot LHTS voorgesteld voor een tweetal gebieden, één in hoog-Nederland en één in laag-Nederland.

1.5 Leeswijzer

Dit Inceptierapport beschrijft in Hoofdstuk 2, na een korte beschrijving van beschikbare data-bestanden, een drietal projecten die aspecten behandelen die te maken hebben met de karakterisatie van het topsysteem.

In Hoofdstuk 3 worden de behoeften en wensen geïnventariseerd met betrekking op de hydrologische analyse van het topsysteem.

In Hoofdstuk 4 wordt een definitie van het topsysteem gegeven, wordt de watergebonden samenhang in de ruimtelijke ordening verder uitgewerkt en vindt er een synthese plaats van de bevindingen in de Hoofdstukken 2 en 3 om aan te geven op welke manier het gewenst is de kennis van het topsysteem te verbijzonderen. Dit resulteert in een Logisch Raamwerk waarin de doelstellingen en globale eindproducten van een LHTS project worden gedefinieerd.

In Hoofdstuk 5 worden de thematische activiteiten uitgewerkt die uitgevoerd zullen moeten worden om tot de LHTS eindproducten te komen.

Hoofdstuk 6 beschrijft een drietal proefgebieden waarin afzonderlijke topsysteemthema's zijn uitgewerkt.

Hoofdstuk 7 bevat een Voorstel voor een Pilot LHTS als vervolg op de LHTS Inceptiefase om de voorgestelde topsysteemthema's en methodologieën uit te werken in twee provincies in Nederland.

Hoofdstuk 8 tenslotte toetst de haalbaarheid van een volledig LHTS project.

2 Beschikbare databestanden en werkzaamheden met betrekking op de karakterisatie van het topsysteem

■ Vraagstelling

- *Inzicht in beschikbare gegevensbronnen en bronhouders m.b.t. landsdekkende informatie van het topsysteem*
- *Inzicht in gaande en geplande werkzaamheden op het gebied van karakterisatie van het topsysteem*

2.1 Inleiding

Om de eerste doelstelling te bereiken wordt in dit hoofdstuk gerefereerd aan een inventarisatie van de beschikbare databestanden met betrekking op de karakterisatie van het topsysteem. De inventarisatie is opgenomen in Bijlage A1. Interessante bestanden van belang voor een analyse van het topsysteem worden er uitgelicht. Om de tweede doelstelling te beantwoorden zijn vervolgens drie sleutelprojecten onder de loep genomen die activiteiten ontwikkelen die in nauw verband staan met een analyse van het topsysteem en/of een beroep doen op landsdekkende databestanden met betrekking op het topsysteem.

2.2 Beschikbare databestanden

Een overzicht van beschikbare bestanden met bestanden die van belang zijn voor een analyse van het topsysteem wordt gegeven in Bijlage A1. De naam van bron, bestand, thema, bronhouder, schaal, opnameperiode, landsdekkendheid en de gebruikte software worden aangegeven.

In bijlage A1 worden landsdekkende bestanden genoemd, die voornamelijk digitale bestanden zijn en die in principe beschikbaar zijn voor een analyse van het topsysteem in een willekeurig gebied in Nederland.

Dat betekent niet dat andersoortige en lokale informatie niet van belang is voor een analyse van het topsysteem. Integendeel, per locatie zal grondig geïnventariseerd moeten worden welke aanvullende informatie beschikbaar is, zoals ruilverkavelingsgegevens, ligging van kreekruggen enzovoorts.

De meest interessante landsdekkende databestanden voor een analyse van het topsysteem zijn de ondiepe en matig-diepe boringen in de Geologische DataBase (GDB) van de voormalige RGD en de oppervlaktewatergegevens in Top10vector bestand van de Topografische Dienst.

De GDB omvat, onder andere de ondiepe en matig-diepe boringen van de voormalige RGD. Het aantal ondiepe boringen is circa 265.000 en het aantal matig diepe boringen 74.000.

De ondiepe boringen hebben voor het merendeel een diepte tussen de 4 en 10 meter. Deze boringen zijn bijna allemaal gezet door de RGD vanaf 1957 in het kader van de geologische kartering schaal 1:50.000. Voor de eerste opgenomen kaartbladen zijn, regelmatig verdeeld, 10 of meer ondiepe boringen per km² geplaatst. Later is dit teruggebracht tot 5 per km². De boringen zijn digitaal opgeslagen en 90% van het aantal boringen is beschikbaar voor het publiek. De boringen aanwezig op de beschikbare kaartbladen van de Geologische kaart van Nederland 1:50.000 zijn reeds geïnterpreteerd.

De matig-diepe boringen zijn boringen dieper dan 10m, met een gemiddelde diepte van circa 100m en een maximale diepte van 1.000m.

In REGIS is van alle matig diepe boringen de lithologie opgenomen en van 15% tevens de lithostratigrafie.

Het Top10vector is een uniform bestand van geheel Nederland. De verschillende topografische elementen binnen het bestand kunnen afzonderlijk of gecombineerd worden geselecteerd (bijvoorbeeld water, bebouwing en wegen). De schaal is 1:10.000. Het grootste gedeelte van Nederland is beschikbaar en in 1997 volledig. Beschikbare media zijn CD-ROM and data tapes. Het aantal bladen voor Nederland is 675. Elk blad bedekt 10 x 5,25 km.

Het TOP10vector bestand bevat veel gegevens over het oppervlaktewater stelsel. Dit is van belang voor de uitwerking van de relatie grondwater-oppervlaktewater.

2.3 WATERNOOD SC-DLO/LBL

Het Staring Centrum is een project aan het uitvoeren met als hoofdthema de relatie grondwater-oppervlaktewater. Met betrekking tot deze relatie zijn er twee ontwikkelingen die tot het project hebben geleid, nl. de discussienota waterbeheersing van LBL en de notitie onderzoeksbehoefte relatie grond- en oppervlaktewater van SC-DLO.

Naar aanleiding van de discussienota waterbeheersing met als titel: "Problematiek, normen en knelpunten bij het ontwerpen van waterbeheersingsplannen", is de algemene conclusie getrokken dat de oude ontwerp-normen, die vaak niet meer behelzen dan grove vuistregels met extra ingebouwde veiligheden ("liever te droog dan te nat"), heden ten dagen niet meer voldoen aan de vraag. Als reactie op deze discussie is de projectgroep WATERNOOD (WATERsysteemgericht NORmeren, Ontwerpen en Dimensioneren) opgericht.

Vanuit de verschillende functies van het landelijk gebied bestaat in toenemende mate behoefte aan een meer grondwaterstandsgericht ontwerpen en grondwaterstandsgericht peilbeheer. Hierbij is de belangstelling meer gericht op het krijgen van inzicht in het grondwaterstandsverloop in de vorm van duurlijnen of afvoergolven dan in het gemiddelde effect zoals vroeger. Ook zal in de toekomst het ontwerp nog meer gericht zijn op de functies van het gebied (natuur

en landbouw), waarbij de uitvoering zal (moeten) worden gemonitord, met als doel toetsing van het ontwerp. Tot op heden is dit niet gebeurd.

De praktijk vraagt derhalve in toenemende mate een oppervlaktewaterbeheer gericht op het realiseren van een bepaalde grondwaterstand. Men is hiervoor minder geïnteresseerd in normen, maar meer in een set richtlijnen waaraan ieder zijn normen kan ontleen.

Verder heeft de WATERNOOD projectgroep geconstateerd dat de operationele kennis met betrekking tot het op maat ontwerpen onvoldoende is.

In de notitie "Onderzoeksbehoefte relatie grond- en oppervlaktewaterstand" van SC-DLO wordt geconstateerd dat de interactie tussen grond- en oppervlaktewater reeds tientallen jaren een belangrijk onderwerp van onderzoek is. Dit heeft o.a. geleid tot een uitgebreide drainagetheorie, alsmede implementatie daarvan in simulatiemodellen voor strategisch en operationeel peilbeheer. Ondanks de toegenomen kennis met betrekking tot de interactie vragen de huidige problemen in het waterbeheer om aanvullend onderzoek.

De volgende onderzoeksbehoeften worden specifiek genoemd:

- een landsdekkend inventariserend onderzoek naar de ruimtelijke verdeling van de verschillende typen drainagesystemen en de specifiek optredende processen daarbij;
- een onderzoek naar de herbezinning van de huidige operationele veelal stationaire drainageconcepten en aanpassing van een 3-dimensionaal niet stationair onderzoeksmodel voor de validatie van deze concepten;
- detailonderzoek in een aantal representatieve regio's waarin op subregionale schaal drainagerelaties opgesteld worden en een opschalingsmethode ontwikkeld wordt. Een te ontwikkelen "meetprotocol" moet nauw aansluiten bij de ontwikkelde concepten onder 2;
- onderzoek naar de implementatie van de niet-stationaire modelconcepten in operationele modelcodes zoals SIMGRO en SWATRE;

Daar het voorgestelde onderzoek een onderzoek over meerdere jaren vergt, zijn als eerste fase een aantal aspecten geselecteerd. Als eerste punt van onderzoek is de behoefte geformuleerd aan een zogenaamde "state of the art" met betrekking tot de relatie grondwater-oppervlaktewater. Daarnaast is er de behoefte aan een min of meer landsdekkend beeld met betrekking tot de interactie grondwater-oppervlaktewater.

De zgn. "state of the art" is het beschrijven van de bestaande kennis. Er wordt aandacht geschonken aan de theoretische concepten met betrekking tot de relatie grondwater-oppervlaktewater, o.a. Hooghoudt, Ernst, Bruggeman. Voor toepassing van deze concepten dienen parameters te worden verzameld. De methoden die hierbij worden toegepast zijn veelal beschreven in de "grijze literatuur". De verschillende methoden zullen worden geïnventariseerd en beschreven.

Voor het verkrijgen van een landsdekkend beeld met betrekking tot de interactie grondwater-oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van bestanden die min of meer landsdekkend beschikbaar zijn. Dit betreft o.a. voor de geohydrologie gegevens van het Landelijk Grondwater Model. Deze gegevens zijn beschikbaar op een schaal van 1 km². Naast de geohydrologie worden gegevens meegenomen met betrekking tot de eigenschappen van het ontwateringsstelsel, topografie en de bergingseigenschappen.

In verband met de beheersbaarheid van de data is Nederland ingedeeld in ca 25 zogenoemde Hydrotypen. Een Hydrotipe staat voor een bepaald geohydrologische schema, waarbij kD en c-waarden binnen bepaalde klassen vallen. Elk Hydrotipe is nader onder te verdelen op basis van de slootdichtheid.

Voor elk Hydrotipe wordt in een zgn. staalkaart de interactie grondwater-oppervlaktewater nader beschreven.

Per Hydrotipe worden in de staalkaart de volgende karakteristieken en eigenschappen weergegeven:

- geohydrologische parameters;
- eigenschappen ontwateringsmiddelen;
- topografie maaiveld;
- bergingscoëfficiënten;
- drainageweerstand(en);
- doorwerking kortstondige afvoergolf in ruimte en tijd;
- doorwerking waterconservering in ruimte en tijd;

Deze gegevens zullen door de waterbeheerders worden toegepast bij ontwerp en normering. Voor toepassing zijn derhalve veel gegevens nodig over het topsysteem.

Een belangrijk gegeven van belang voor de relatie grondwater-oppervlaktewater is de topografie.

Vanuit de waterschappen zijn ontwikkelingen gaande om dit type informatie te verzamelen.

Door 5 noordelijke waterschappen (Drenthe en Overijssel) komen over een oppervlakte van 300.000 ha binnenkort maaiveldshoogtegegevens beschikbaar bepaald op basis van hoogtemeting met behulp van laserscanning. Hierbij zijn 10 referentiegebieden in detail gewaterpast. Met de scanningtechniek worden 625 punten per ha. gemeten. Deze data worden vervolgens gefilterd op basis van grootte van afwijkingen (boomtoppen, huizen, koeien). De resterende data worden vervolgens ingedikt, via een digitaal terrein model tot een bestand van 16 punten/ha. (25*25 m²).

Verder wordt met ARC/VIEW3.0 een applicatie ontwikkeld om de gegevens verder te behandelen.

Ook in Noord-Brabant overwegen enkele waterschappen op deze wijze maaiveldshoogten te verzamelen. De metingen vinden plaats via GEODAN en zijn verkrijgbaar.

Andere mogelijkheden zijn de toepassing van GPS-technieken (Global Positioning System). Sinds enkele jaren bevinden zich 24 GPS satellieten in een baan om de aarde op ongeveer 20.000 m.

Het principe van de drie dimensionale plaatsbepaling met GPS berust op afstandsmeting naar meerdere van deze satellieten. Bij gebruik van twee of meer GPS-ontvangers is het mogelijk om de geregistreerde fasemetingen te de ontvangers te combineren en daaruit de relatieve positie van deze ontvangers af te leiden. Deze techniek is waarschijnlijk nog te kostbaar.

2.4 REGIS (Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem)

In 1990 besloten het Rijk, provinciale diensten voor Water en Milieu en TNO Grondwater en Geo-Energie tot de opzet van een Regionaal geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS). REGIS is een interactief geohydrologische informatiesysteem, waarin landsdekkend informatie is opgenomen noodzakelijk voor de planvoorbereiding en uitvoering van waterbeheertaken.

Daarnaast beschikt REGIS over een uitgebreid assortiment aan bewerkings-, interpretatie- en analyse faciliteiten.

REGIS wordt op dit moment door alle provincies; behalve Zeeland en Limburg, gebruikt. Nu REGIS zich heeft bewezen op het niveau van regionaal waterbeheer tonen ook de lokale waterbeheerders belangstelling. Alle waterschappen in de provincie Overijssel en Drente, hebben concrete belangstelling getoond voor een "WaterschapsREGIS", wat binnenkort, onder voorbehoud van het verkrijgen van financiering geïmplementeerd gaat worden.

De Gemeente Rotterdam is REGIS aan het implementeren met het doel om meer inzicht te krijgen in de milieurisico's die verbonden zijn aan de aanwezigheid van verontreinigingen in het grondwater van de stadsregio Rotterdam (zie ook Hoofdstuk 6.3 proefgebied Stadsregio Rotterdam).

Een aantal gegevensbestanden die betrekking hebben op de karakterisatie van het topsysteem worden in deze paragraaf beknopt behandeld om de "state-of-the-art" hieromtrent in de ontwikkeling van REGIS aan te geven. Een uitputtende opsomming van de gegevenssoorten in de landelijke versie van REGIS wordt gegeven in Bijlage A2.

2.4.1 Verwerking oppervlaktewater gegevens in REGIS

Het uitgangsmateriaal dat op dit moment binnen REGIS verwerkt wordt bestaat uit (digitaal of analoog) kaartmateriaal, meestal schaal 1:10.000, met de ligging van waterlopen en bestanden met attribootgegevens welk door waterschappen beschikbaar worden gesteld. De opzet van het REGIS oppervlaktewaterbestand

komt zoveel mogelijk overeen met de leggers van de waterschappen. De gegevens van het oppervlaktewater worden in tabelvorm, bij voorkeur reeds in digitale vorm (ASCII, DBASE, LOTUS) aangeleverd.

Het oppervlaktewater-datamodel van REGIS is nog volop in ontwikkeling. Een interessant bestand wat binnenkort toegankelijk komt voor REGIS en daaraan zal worden gekoppeld is het Top10vector bestand. Dit bestand bevat gedetailleerde informatie over de waterlopen, onder andere classificatie in slootbreedtes.

2.4.2 Het geohydrologisch lagenmodel van REGIS

De kern van REGIS bestaat uit een verzameling modellen die nauw met elkaar verweven zijn:

- het landelijk model van gidslagen;
- een aantal regionale geometriemodellen;
- een aantal permeabiliteitsmodellen.

Het landelijk model van gidslagen

De ondergrond van Nederland kan globaal beschreven worden als een zandmatrix waarin kleilagen voorkomen. Door hun herkenbaarheid hebben kleilagen bij de geohydrologische kartering een gidsfunctie, in die zin dat ze door middel van correlatie ruimtelijk kunnen worden vervolgd (Broers et.al. 1990).

Lagen met een dergelijke functie worden in REGIS als *gidslaag* opgenomen indien minstens een van de grensvlakken van de laag een op schaal 1:50.000 relevant en karteerbaar hydraulisch contrast in de ondergrond vormt. Een grensvlak dat de top of basis vormt van een gidslaag wordt een *gidsgrensvlak* genoemd.

De informatie over hydraulische contrasten in de ondergrond wordt verkregen uit geowetenschappelijke data op basis waarvan een geohydrologische interpretatie wordt gemaakt. Deze interpretatie wordt *geohydrologische kolom* genoemd. Aan de geohydrologische kolom worden hydraulische parameters toegekend op basis van pompproef gegevens of boorbeschrijvingen². De toekenning van k-waarden op basis van de boorbeschrijvingen wordt gedaan aan de hand van een ervaringstabel.

Het landelijk model van gidslagen wordt gevormd door de diepten van de gidsgrensvlakken uit de geohydrologische kolommen ruimtelijk te correleren en hieraan hydraulische parameters toe te kennen, afgeleid uit het bestand geohydrologische kolommen.

Het landelijk model van gidslagen en het bestand geohydrologische kolommen bevatten alleen informatie over gidslagen en gidsgrensvlakken die op schaal

² Dit betreft een bewerking van alle matig diepe boringen van de Geologische Database (GDB) van de RGD

1:50.000 relevant zijn. Een geohydrologische indeling die op deze informatie is gebaseerd en de geometriemodellen en permeabiliteitsmodellen die ermee worden geconstrueerd, zijn daarom toegesneden op regionale schaal.

2.4.3 Maaiveldhoogtegegevens

REGIS bevat maaiveldhoogtegegevens afkomstig van de topografische kaart 1:25.000. deze gegevens worden aangevuld met maaiveldhoogtegegevens van TNO (onder ander maaiveld bij peilputten) en indien beschikbaar gegevens uit andere bronnen.

2.5 Gewenste Grondwatersituatie Noord-Brabant

In opdracht van de provincie Noord-Brabant heeft het RIZA in samenwerking met NITG-TNO, CML en IKC-Natuur een onderzoek uitgevoerd met als doel de gewenste grondwatersituatie voor de gehele provincie in beeld te brengen.

Voor het vaststellen van de gewenste grondwatersituatie is er een kaart gemaakt met daarop de ligging van de vier verschillende landgebruiksvormen landbouw, stedelijk gebied en multifunctioneel bos en natuur. Voor deze landgebruiksvormen is de optimale grondwatersituatie bepaald. Met behulp van modellering zijn er analyses uitgevoerd om te checken of de optimale grondwatersituatie in de praktijk ook haalbaar is.

Om de voor de natuur optimale sectorale grondwatersituatie aan te kunnen geven is er een gebiedsdekkende kaart gemaakt met 'referentie'-grondwaterstanden en kwel. Deze zijn getoetst aan historische -en actuele gegevens.

Bij het definiëren van een voor de natuur optimale sectorale grondwatersituatie is in belangrijke mate gebruik gemaakt van de digitale bodemkaart 1:50.000. Daarbij is aangenomen dat bodemvorming in sterke mate afhankelijk is van de hydrologie en dat uit bepaalde bodemkarakteristieken een 'historische' dan wel 'natuurlijke' hydrologische situatie kan worden afgeleid. Deze voornamelijk van de bodemkaart afgeleide grondwaterstand wordt 'sectorale referentie-grondwaterstand' of kortweg 'referentie-grondwaterstand' genoemd.

Tevens zijn verschillende informatiebronnen geraadpleegd om de meest waarschijnlijke dan wel meest kansrijke locaties voor kwel aan te wijzen. Deze deels op actuele en deels op historische informatie berustende kaart wordt 'referentie-kwelkaart' genoemd. Beide kaarten zijn vergeleken met historische gegevens over vegetatie en hydrologie en nadere actuele informatie voor een aantal locaties. Vervolgens zijn de kaarten getoetst aan de ecologische streefbeelden zoals vastgesteld door het provinciale beleid. Een kaart met de kwaliteit van het kwelwater kon niet worden getoetst door het ontbreken van onafhankelijke gegevens. Afsluitend is er aangegeven hoe de kaarten gebruikt kunnen worden

voor het meer concreet (in ruimtelijke zin) aangeven van ecologische streefbeelden.

Bijlage B geeft een overzicht van de factoren, processen, eigenschappen, parameters en eindproducten met betrekking op het topsysteem waaraan in de studie aandacht is gegeven, en welke zijn geanalyseerd aan de hand van beschikbare gegevensbestanden. De gebruikte gegevensbestanden worden in de tabel van Bijlage B genoemd.

De belangrijkste conclusies uit deze studie zijn dat in zowel het Holocene als het Pleistocene deel van Noord-Brabant duidelijke relaties bestaan tussen bodenvorming en hydrologische condities en dat door het combineren van gegevensbronnen plausibele indicaties van kwelgebieden geconfirmeerd konden worden.

De Bodemkaart schaal 1:50.000 werd als een belangrijk bestand bevonden voor zowel het ontwikkelen van de referentie-grondwaterstandenkaart als wel de referentie-kwelgebiedenkaart.

Als onderdeel van de GGS zijn er modelberekeningen uitgevoerd met een modelconcept waarbij NAGROM door middel van MONA gekoppeld wordt aan MOZART. Het doel van de modelleringsactiviteiten was om te checken of de optimale grondwatersituatie ook haalbaar is.

NAGROM staat voor Nationaal Grondwater Model. Het is een quasi-driedimensionaal, regionaal hydrologisch model. MOZART staat voor (Model voor de Onverzadigde Zone voor Landelijke Analyses en Regionale Toepassingen) en is een één-dimensionaal model dat op lokale schaal toegepast kan worden.

Met NAGROM worden representatieve waarden van de stijghoogte bepaald voor het gehele jaar. MONA leidt uit bestaande geografische informatie hydrologische variabelen af, die in de modelschematisaties van zowel NAGROM als MOZART worden opgenomen.

Deze bewerking wordt ook wel *de parameterisering van het topsysteem* genoemd. Met MOZART wordt uiteindelijk de gemiddelde flux over een jaar berekend.

Databestanden die ten grondslag liggen aan de berekeningen met MONA zijn, onder andere:

WIS	Waterstaatkundig Informatie Systeem
DHN	Digitale Hoogtekaart Nederland
BIS-Gt	Grondwatertrappen uit het Bodemkundig Informatie Systeem
LKN	Slootdichtheden uit de Landschapsecologische Kartering Nederland
BIS-BFE	Bodemfysische eenheden uit het Bodemkundig Informatie Systeem

2.6 Conclusies over gegevensbeschikbaarheid en werkzaamheden met betrekking tot de karakterisatie van het topsysteem

In het kader van het WATERNOOD project en ook van REGIS wordt aandacht gegeven aan de ontwikkeling van een uniform en gedetailleerd datamodel van het oppervlaktewaterstelsel, met name met betrekking op ligging en dimensies. Leggerkaarten van de Waterschappen en het Top10vectorbestand vormen hierbij belangrijke databestanden.

In de GGS Brabant is een parameterisering van het topsysteem uitgevoerd door het interface MONA tussen NAGROM en MOZART. Naast het op elkaar afstemmen van de verticale grondwaterfluxen in NAGROM en MOZART overbruggt MONA de schaalverschillen tussen beide modellen.

Slootdichtheden worden afgeleid uit het LKN-bestand. De verticale weerstand van de deklaag is berekend op basis van de kaart met bodemfysische eenheden. Op basis van deze kaart zijn de dikte van de deklaag en de doorlatendheid ervan geschat.

In de beschreven projecten WATERNOOD en GGS is er sprake van doelstellingen die zich richten op het verkrijgen van inzicht in de manier waarop de grondwaterstand effectief beïnvloed kan worden. Parameterisering van het topsysteem waarvoor uniforme en gedetailleerde basisgegevens noodzakelijk zijn vormen in de genoemde projecten een wezenlijk element.

De GDB van de voormalige RGD die landsdekkend ondiepe boringen bevat, vormt een stuwmeer aan nog niet ontsloten informatie die van groot belang is voor de karakterisatie van het topsysteem, met name voor het vaststellen van de weerstand van de deklaag.

Het Top10vector bestand van de Topografische Dienst, dat binnenkort landsdekkend beschikbaar is, vormt een belangrijke bron van basisgegevens voor het uniform en gedetailleerd vaststellen van de dimensies en ligging van het oppervlaktewaterstelsel.

3 Behoeften en wensen met betrekking op de hydrologische analyse van het topsysteem

■ Vraagstelling

- *Inzicht in de behoeften en wensen van de potentiële gebruikers van de LHTS producten*
- *Globaal inzicht in hiaten in de beschikbare basiskennis m.b.t. de topsystemen die via een landsdekkende kartering zichtbaar gemaakt kunnen worden*

3.1 Het beleidskader

In het dicht bevolkte Nederland wordt zeer intensief gebruik gemaakt van de beschikbare leefomgeving. Er zijn echter grenzen aan de manier waarop van de ruimte gebruik wordt gemaakt. Verschillende vormen van bodemgebruik beïnvloeden elkaar. De opgave van het omgevingsbeleid is om de wensen van de verschillende gebruikers van de ruimte af te wegen en te komen tot een evenwichtig beleid en beheer op het gebied van ruimtelijke ordening, water en milieu.

Om de opgave van evenwichtig omgevingsbeleid goed te kunnen invullen is o.m. kennis nodig over:

- de wijze waarop de verschillende vormen van gebruik de fysieke omgeving beïnvloeden;
- welke eisen aan de fysieke leefomgeving worden gesteld.

Daarbij is een opsplitsing in de omgevingscomponenten: bodem, water en atmosfeer gebruikelijk.

Het kenmerk van water en atmosfeer is het zogenoemde vlottende karakter, hetgeen zoveel betekent dat water en lucht stromen en er via deze media een ruimtelijke samenhang is. Het 'in beeld brengen' van deze samenhang is een noodzakelijke voorwaarde om goed omgevingsbeleid te voeren.

Één van de 'beeldvormers' is de ruimtelijke samenhang via de grondwaterstroming. Recente ontwikkelingen worden in de volgende sectie geschetst die maken dat er een versterkte aandacht is voor water als een van de 'dragere' van het omgevingsbeleid.

3.2 Recente ontwikkelingen in het beleid

Recente beleidsontwikkelingen geven aanleiding tot een versterkte aandacht voor de relatie tussen bestemming en inrichting enerzijds en het water- en milieubeleid en -beheer anderzijds:

- in de Vinex is een van de leidende principes voor ruimtelijke ordening de indeling van Nederland in grondwatersystemen. Doel daarvan is dat mogelijke

negatieve gevolgen van verandering van bestemming zoveel mogelijk worden vermeden en de ruimtelijke uitstraling te beperken;

- in de voorbereiding op de 4e Nota Waterhuishouding is er een versterkte aandacht voor de ruimtecomponent van het water ('Ruimte voor water', 1996);
- in diverse provincies worden studies uitgevoerd (o.a. Zuid-Holland) of acties ondernomen (o.a. Noord-Brabant) om bij de vastlegging van bestemmingen in streekplannen en in bestemmingsplannen meer rekening te houden met de ruimtelijke relaties via grond- en oppervlaktewater, teneinde een duurzame inrichting en beheer te realiseren;
- in het overleg tussen gemeenten en waterschappen wordt in toenemende mate gelet op de samenhang tussen ruimtelijke ordening en waterbeheer;
- realisatie van de natte ecologische hoofdstructuur vindt vooral plaats op locaties die grondwater van elders krijgen aangevoerd. Daarbij is het van belang te weten waar het grondwater vandaan komt, welke belasting in de intrekgebieden heeft plaatsgevonden of welke belasting nog zal optreden en hoe lang het duurt voordat de belasting het gebied bereikt;
- een eis bij uitbreiding van bebouwd gebied is dat het grondwatersysteem niet wordt beïnvloed (Van Bakel e.a., 1995). Voldoen aan deze eis betekent dat kennis nodig is over de grondwaterstroming en de invloed van inrichtingsmaatregelen hierop;
- op het gebied van regionaal integraal waterbeheer en verdrogingsbestrijding zijn of worden talrijke projecten uitgevoerd. Één van de succesfactoren daarbij is dat wordt aangesloten op de grondwatersystemen;
- voor (het stop zetten van) de winning van grondwater is de herkomst van het opgepompte water van het grootste belang, in verband met het aanwijzen van bodembeschermingsgebieden. Ook is de beïnvloeding van de kwelsituatie in natuurgebieden (i.c. de beïnvloeding van de grondwaterstroming) hierbij een belangrijk aspect. Een gedetailleerde systeemanalyse kan, zeker in de planvormingsfase, op beide vragen een antwoord geven.

3.3 Bevindingen Onderzoek Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging, thema 13

Het RIZA in samenwerking met het RIVM, SC-DLO en STOWA voeren een onderzoek uit in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging, thema 13 (NOV-13) 'Beschikbaarheidstelling instrumentarium'. In mei 1996 is een concept deelrapport verschenen (Van Baalen en Stoppelenburg, Kennisoverzicht instrumentarium verdrogingsbestrijding-resultaten enquête, RIZA, mei 1996).

In dit onderzoek wordt bekeken of het mogelijk en zinvol is om een informatiesysteem te ontwikkelen voor planvorming voor gebiedsgerichte verdrogingsbestrijding aan de hand van een goed overzicht van de huidige situatie. In het onderstaande wordt gerefereerd aan de bevindingen in de kennisoverzicht met betrekking op de analyse van het topsysteem.

Het onderzoek is begonnen met een beschouwing van eerder uitgevoerde inventarisaties. Daarnaast is in april 1996 is een breed verspreide enquête gehouden waarbij 109 instanties die betrokken zijn bij gebiedsgerichte planvorming hebben geantwoord. De instanties betreffen waterbeheerders, provincies, terreinbeheerders, diensten Landinrichting en Beheer Landbouwgronden en waterleidingmaatschappijen. Aansluitend op de enquête is een beperkt aantal instanties opnieuw benaderd voor telefonische interviews waarbij vooral de nadruk heeft gelegen op de gegevens die gebruikt worden bij de planvorming. Ook zijn betrokken adviesbureaus en experts benaderd om hun visie te geven door middel van telefonische en persoonlijke interviews. Tevens werden 15 'state-of-the-art' gebiedsstudies geëvalueerd om een beeld te geven van de noodzaak van verbetering van het instrumentarium.

Het NOV-13 concept deelrapport stelt dat het topsysteem een belangrijke rol speelt in het kunnen voorspellen van effecten van ingrepen ter bestrijding van de verdroging. De relatie oppervlakte-grondwater, de weerstand van de deklaag, de spreiding en ligging van de het oppervlakte water stelsel zijn, onder andere, belangrijke elementen die onderdeel uitmaken van het topsysteem, die keer op keer terugkomen in de planvoorbereiding ten behoeve van de bestrijding van verdroging.

Veelvuldig komt in het rapport de behoefte naar voren voor fijnschalige gegevens van het topsysteem voor hydrologische berekeningen, oftewel het beschikbaar komen van hydrologische parameters op lokaal schaalniveau. Dit wordt gesignaleerd als een urgente behoefte.

Het rapport noemt dat het opvallend is dat de meeste geëvalueerde studies met betrekking op planvoorbereiding voor verdrogingsbestrijding op dezelfde punten voor verbetering vatbaar zijn. Het gaat daarbij weer om de beschikbaarheid van fijnschalige gegevens van het topsysteem voor hydrologische berekeningen. Er is vooral behoefte aan goede gegevens over:

- waterlopen;
- weerstand van de deklaag;
- waterkwaliteit;
- (aquatische) ecologie.

Het beschikbaar zijn van (hydrologische) parameters op het lokale schaalniveau wordt genoemd als voorwaarde voor het succesvol gebruik kunnen maken van een topsysteemmodellering. Dit betekent dat een groot aantal hydrologische parameters op een fijner schaalniveau dan het huidige beschikbaar moet komen, of dat er verantwoorde schattingen van gemaakt moeten worden. Hieruit concludeert het NOV-13 rapport dat de noodzaak tot meer meten dus zeker niet verdwenen is. Het stimuleren van metingen aan het topsysteem op lokaal schaalniveau en van centrale opslag van gegevens volgt dan ook als aanbeveling.

Met betrekking op een centrale database voor de opslag van de fijschalige gegevens wordt door het merendeel van de geïnterviewde deskundigen benadrukt om aan te sluiten bij de ontwikkeling van REGIS.

Een koppeling tussen de topsysteemkennisvelden oppervlaktewaterkwantiteit, grondwaterkwantiteit en onverzadigde zone wordt duidelijk als het meest noodzakelijk beschouwd door de geïnterviewden, met name de lokale waterbeheerders.

Naast een goede beschrijving van de kwantitatieve aspecten van het topsysteem dient de waterkwaliteit hierin een essentiële rol te vervullen. Kennis die betrekking heeft op de kwaliteit van het grondwater is veelal nog niet operationeel aanwezig. Op dit gebied is met name grote behoefte aan een instrument dat het mogelijk maakt om de evolutie van de grondwaterkwaliteit op een verantwoorde, vereenvoudigde wijze te voorspellen. Het gaat hierbij vooral om de vraag welke (chemische) processen essentieel zijn voor de verdrogingsproblematiek zodat er een beredeneerde keuze gemaakt kan worden welke processen in een instrument verwerkt moeten worden.

Het rapport stelt dat uiteindelijk met een analyse van het topsysteem, op de juiste schaal, een betere voorspelling gedaan kunnen worden van de haalbaarheid van natuurdoeltypen.

Verder wordt er in het NOV-13 rapport gesteld dat er nog behoefte is aan het vergroten van de proceskennis van sommige kennisvelden (m.n. processen in het topsysteem en in de hydro-ecologie). Kennislacunes bevinden zich voornamelijk binnen de kennisvelden onverzadigde zone en hydro-ecologie. Het voornaamste probleem in de onverzadigde zone wordt gevormd door de temporele variatie in doorlatendheden door afwisselende droge en natte omstandigheden in de (water)bodem.

De hydro-ecologie is (nog steeds) het kennisveld met verreweg de meeste kennislacunes. De vertaling van de verandering in de abiotische standplaatsfactor naar veranderingen in de vegetatie berust op dit moment nog vrijwel volledig op expert-judgement, eventueel verwerkt in een geautomatiseerd systeem, en gebiedsspecifieke kennis. Het ontbreekt zowel aan een goede beschrijving van de processen die deze relatie verklaren als aan voldoende data op het goede (lees: fijne) schaalniveau.

3.4 Aanbevelingen Eerste Bijeenkomst LHTS Begeleidingscommissie

De Eerste Bijeenkomst van de LHTS Inceptiefase Begeleidingscommissie is gestructureerd door middel van een discussie aan de hand van een aantal stellingen die zijn gebaseerd op een discussienota. De discussienota, opgesteld door Van

Bakel, SC DLO, en het verslag van de bijeenkomst zijn bijgesloten in Bijlage D van dit Inceptierapport.

Er is verondersteld dat de samenstelling van de LHTS Begeleidingscommissie met vertegenwoordigers van het Rijk, Provincie, Waterschappen, Drinkwaterleidingbedrijven en Gemeenten een goede afspiegeling is van het totale scala van potentiële gebruikers van de LHTS producten. De samenstelling van de Begeleidingscommissie is vermeld in Bijlage C. Hieronder volgt een synthese van de discussie op de eerste bijeenkomst.

De recent afgesloten LHS werd als een zinvolle studie beschreven voor de ondersteuning van het opstellen van de provinciale waterhuishoudingsplannen. Echter de problematiek omtrent bijvoorbeeld de Verdroging vindt geen toelichting in de LHS omdat het om processen gaat in hogere orde systemen. In het algemeen vallen de processen in de subsystemen buiten het bereik van de LHS. Wat nodig is voor de analyse van het topsysteem is een methodiek de schaal, tijd en probleemafhankelijkheid aankan. Er wordt gesteld dat het er niet zozeer om gaat om landsdekkende kaarten te maken, maar meer om kennis te ontsluiten van relevante parameters in het topsysteem.

Voor onderzoek op lokale schaal kan de LHS wel als startpunt dienen maar is er direct gedetailleerde informatie nodig over relevante parameters. Als relevante parameters worden o.a. genoemd:

- bodemweerstand en slootweerstand;
- doorlatendheden deklaag;
- ruimtelijke ligging en dimensies watergangen;
- hydro(geo)chemie.

De te ontwikkelen methodiek voor de analyse van het topsysteem zal moeten aansluiten op bestaande informatiesystemen zoals REGIS. Als zodanig zou er een methode voor de analyse van het topsysteem moeten resulteren waarvan het ondersteunende informatie systeem bij REGIS aansluit.

De methodiek zal er voor moeten zorgen dat er voor de analyse van het topsysteem een uniforme systematiek gebruikt gaat worden die inzicht kan verschaffen over de effecten op lokaal niveau van ingrepen in de waterhuishouding. Het informatiesysteem zou projectmatig gevuld moeten worden.

Met betrekking tot de geochemie moet de LHTS extra informatie opleveren over de chemische eigenschappen van het topsysteem. Hierbij zal de aandacht slechts gericht moeten worden op de macro-parameters, daar er over de micro-parameters te weinig bekend is.

Als concrete toepassingsmogelijkheden van de LHTS, naast de algemene toepasbaarheid van de LHTS voor het voorspellen van de effecten van ingrepen op lokaal niveau, worden nog genoemd:

- analyse van de verdrogingseffecten van drainerende riolen in stedelijk gebied;
- hydrogeologische inventarisatie van de VINEX-locaties;
- identificatie van alternatieven voor de neerslag-afvoer van woonwijken;
- identificatie verstoring deklaag bij grote infrastructurele werken;
- voorspelling van de gevolgen van stopzetten grondwateronttrekkingen;
- ontwerpen van passende monitoringnetwerken.

3.5 Conclusies over de wensen en behoeften van de partijen die geïnteresseerd zijn in LHTS producten

Er kan een duidelijke convergentie geconstateerd worden tussen de wensen van potentiële gebruikers van de LHTS producten zoals vertegenwoordigd in de LHTS Begeleidingscommissie, de geïnterviewde experts en specialisten in het kader van NOV 13, de aanbevelingen zoals gedaan door experts die zich hebben bezig gehouden met lokale studies en de bouwstenen die aangedragen worden voor beleidsinnovatie in de verschillende beleidsdocumenten omtrent ruimte, water en milieu:

Er wordt gerefereerd aan een verbijzondering van de landelijke hydrologische systeemanalyse op basis van een ontsluiting van gegevens die betrekking hebben op het topsysteem om een betrouwbaarder inzicht te krijgen in de lokale effecten van ingrepen in de waterhuishouding. Hierbij gaat het erom om een zo'n gedetailleerd mogelijke karakterisatie (data en parametermodel) van het totale topsysteem te verkrijgen. Dit betreft toepassingen voor natuur-, cultuur en stedelijke gebieden.

Meer dan om een toegepaste analyse van het topsysteem gaat het erom om gegevens te ontsluiten die van belang zijn vóór de analyse van het topsysteem. De te ontwikkelen methodiek moet gebiedsgewijs gebruikt kunnen worden.

Het te ontwikkelen data- en informatie model zou een aanvulling op REGIS moeten zijn en projectgewijs gevuld moeten worden.

Het moet flexibel kunnen aansluiten op de datasystemen van de provincies, waterschappen en gemeenten om zodoende het topsysteem van een grondwatermodel te kunnen vullen.

Het moet functionaliteiten hebben die een consistent op en neerschalen mogelijk maken.

De grondwatermodellen die gekoppeld worden aan het parametermodel van het topsysteem zullen het mogelijk moeten maken om het seizoenale tijdsaspect te

introduceren alsmede om de herkomst en verblijftijden van het kwelwater te kunnen bepalen door stroomlijnberekeningen.

Potentiële gebruikers van de LHTS producten zijn:

- het Rijk (Rijkswaterstaat, LNV, VROM);
- Provincies,
- Waterschappen,
- Gemeenten,
- Drinkwaterleidingbedrijven,
- Adviesbureau's.

4 Prioritering van te behandelen topsysteemthema's in een LHTS project

■ Vraagstelling

- Visie op welke manier de kennis van het topsysteem verbijzonderd kan worden
- Prioritering topsysteemthema's, subthema's en gerelateerde informatie verwerving en verwerking

4.1 Afbakening en definities

Het topsysteem is de bovenste laag van de ondergrond welke de in- en uitgangen van de grondwatersystemen omvat. Het verbreidt zich verticaal in de diepte vanaf het maaiveld- tot in het eerste watervoerend pakket. De totale (arbitrair gekozen) dikte van het topsysteem is ongeveer 20m. Het topsysteem wordt dus door een imaginaire 20m diepe horizontale lijn in de ondergrond onderscheiden van de diepere ondergrond.

Het topsysteem is dus alom en landsdekkend aanwezig. Prominent aanwezig in de deklaag is het oppervlaktewaterstelsel wat kan bestaan uit drainagegreppels, sloten, boezems, kanalen, plassen, rivieren en meren.

De gekozen discretisatiegraad in stroomlijnberoekeningen heeft invloed op het weergegeven stromingsbeeld. In het algemeen kan gesteld worden dat voor een correcte weergave van het stromingspatroon in het topsysteem de grondwatersystemen tot op de kleinste relevante schaal belangrijk zijn.

Het oppervlaktewatersysteem is een belangrijk potentieel begin- en eindstation van stroomlijnen met name in kwel- en neutrale gebieden en moet dus ook tot in detail worden weergegeven.

Verder bestaat er in het topsysteem een sterke onderlinge samenhang tussen de voeding/drainage van regenwater, oppervlaktewater en grondwater, en de bijbehorende biologische, fysische en chemische processen.

De in-en uitgangen van het topsysteem beperken zich tot:

- evapotranspiratie/evaporatie;
- neerslag (percolatie)/capillaire opstijging;
- zijwaartse drainage/infiltratie/lokale kwel naar/van waterlopen;
- kwel/wegzijging van/naar het regionale systeem;
- regenwaterafvoer via maaiveld naar sloten;
- regenwater/kwel afvoer via sloten;
- ondiepe onttrekkingen en kunstmatige infiltraties.

Diepe onttrekkingen spelen geen directe rol in het topsysteem, maar wel indirect door verandering in de grondwaterstand en/of toename of vermindering van de kwel.

De onverzadigde zone vormt een onderdeel van het topsysteem. De parameterisering van de onverzadigde zone is complex door het fluctuerende freatische vlak, en omkerende fluxen zoals capillaire opstijging en percolatie. Gezien de complexiteit van de niet-lineaire relaties en de geringe gegevensbeschikbaarheid zal de onverzadigde zone géén speciaal onderdeel uit maken van een LHTS project.

4.2 Doelstellingen van een LHTS project

De geïdentificeerde behoeften en wensen zoals gerapporteerd in voorgaande hoofdstukken van de te behandelen thema's leidt tot het volgende relationeel schema ("Logisch Raamwerk") van ontwikkelingsdoelstelling, projectdoelstellingen en producten van de LHTS, beschreven in Tabel 1.

De ontwikkelingsdoelstelling van een LHTS project is om inzicht te verkrijgen in de effecten van ingrepen in de waterhuishouding zoals bijvoorbeeld peilverhogingen en het stopzetten van bemalingen.

De specifieke LHTS projectdoelstellingen zijn 1) de hydrogeologische schematisatie van de deklaag; 2) informatievoorziening met betrekking op het topsysteem; 3) omzetting van het parametermodel van het topsysteem naar modelinvoer; 4) het consistent kunnen op- en neerschalen van regionale naar lokale situaties en vice-versa.

De producten of "outputs" van een LHTS zijn een gekoppeld informatie en modelinstrumentarium met informatiebestanden en functionaliteiten met betrekking tot: 1) de karakteristieken van het topsysteem 2) de huidige situatie van het topsysteem 3) de beheersbaarheid en beïnvloeding van het topsysteem.

Tabel 1 Logisch Raamwerk van de LHTS

Ontwikkelingsdoelstelling	Project doelstellingen	Producten
Inzicht in de effecten op lokaal niveau van ingrepen in de waterhuishouding	Hoofddoelstelling: Methodiek voor de hydrologische analyse van het topsysteem Subdoelstellingen: - Hydrogeologische schematisaties op lokale schaal; - Informatievoorziening m.b.t op het topsysteem; - Omzetting naar modelinvoer; - Op- en neer schalingsmethode.	Gekoppeld informatie en model instrumentarium met informatiebestanden en landelijk toepasbare functionaliteiten met betrekking op: - Karakteristieken van het topsysteem; - Huidige situatie t.a.v. het topsysteem; - Beheersbaarheid en beïnvloeding van het topsysteem.

4.3 Prioritering van te behandelen topsysteemthema's

In het stuk dat is voorgelegd aan de TNO adviesraad van september 1995 en dat heeft geleid tot deze LHTS Inceptiefase werden drie topsysteemthema's voorgesteld:

- karakterisatie van de kwelgebieden;
- relatie grondwater-oppervlaktewater;
- weerstand van de deklaag.

De potentiële gebruikers van LHTS producten refereren vooral aan de twee laatste thema's. Het eerste thema, de karakterisatie van de kwelgebieden, beoogt in feite een toegepaste analyse van de watersystemen om met name de herkomst van het kwelwater te identificeren. Gezien de voorkeur van potentiële LHTS gebruikers voor een methodische aanpak met de nadruk op ontsluiting van gegevens, valt deze toegepaste analyse van kwelgebieden als thema af.

De andere twee thema's 'relatie grondwater-oppervlaktewater' en 'weerstand van de deklaag' lenen zich goed voor de voorgesteld methodische aanpak van ontsluiting van gegevens en het maken van een parametermodel dat gebruikt kan worden voor een analyse van het topsysteem. De thema's sluiten aan bij de wensen en de behoeften van potentiële gebruikers van de LHTS producten.

Met name de heterogeniteit van de deklaag wordt als een probleem gezien door de invloed op de nauwkeurigheid van modelresultaten en heeft een betere vastlegging.

Het thema 'weerstand van de deklaag' betreft in feite het ontwikkelen van een gisdlagenmodel voor het topsysteem. Dit thema zullen we in het vervolg "hydrogeologische schematisatie" noemen.

Gezien de belangrijke invloed van de topografie op de relatie grondwater-oppervlaktewater is het wenselijk de topografie als een extra thema uit te werken. Dit wordt verder beargumenteerd in Hoofdstuk 5 waar de te behandelen thema's verder worden uitgewerkt.

De uitwerking van hydro(geo)chemische gegevens is dermate gebruikersspecifiek per regio, dat een thema hiermee verbonden niet direct in een landsdekkende uniform toepasbare aanpak past. Zo'n thema kan beter los van een LHTS project uitgewerkt worden.

Samenvattend wordt er voorgesteld om de volgende drie thema's in een LHTS project uit te werken:

1. Hydrogeologische schematisatie
2. Relatie grondwater-oppervlaktewater
3. Topografie (maaiveldshoogte)

5 Topsysteemthema's, bewerkingen en eindproducten

Vraagstelling

- Vorm en formaat van LHTS producten

5.1 Hydrogeologische schematisatie en parameterisering

Volgens de wensen en behoeften van de potentiële gebruikers van de LHTS producten zou een LHTS project als een van de prioritaire te ontwikkelen thema's, informatie op lokale schaal over de deklaag dienen te leveren om tot betrouwbaardere modelresultaten te komen. Hiertoe is een parameterisering van de hydrogeologische grootheden van de deklaag noodzakelijk, en het opnemen hiervan in een data- en informatiesysteem.

Het is uiteindelijk de bedoeling om de grondwaterstroming door de deklaag nauwkeurig te kunnen simuleren en de grondwatersystemen te kunnen classificeren. Hiertoe moeten de geologische en hydrologische eigenschappen van de deklaag op lokale schaal bekend zijn. Op lokale schaal wordt de grondwaterstroming echter bepaald door de doorlatendheidsverschillen tussen de faciës-eenheden en de verdeling van de faciës-eenheden over de deklaag (Weerts, 1996). Informatie over faciës-eenheden kan gehaald worden uit boringen.

Uit de inventarisatie van beschikbare gegevens blijkt, dat er een groot stuwmeer aan nog niet gebruikte (geologische) boorgegevens aanwezig is, onder andere, bij het NITG-TNO alsook bij derden (zie paragraaf 2.2). Naast basisgegevens, zoals boorbeschrijvingen en sonderingen, zijn er ook grote hoeveelheden geaggregeerde gegevens in de vorm van kaarten en rapporten.

Het ontsluiten van de informatie in met name de ondiepe boringen van het NITG-TNO en het vervolgens omzetten in een parametermodel van de deklaag bestaat uit drie stappen:

1. Het opstellen van het geologisch model en het benoemen van de faciële eenheden;
2. Vertalen van het geologisch/faciës-model naar een hydrogeologisch model
3. Het parameteriseren van het hydrogeologisch model.

In het navolgende wordt in algemene termen de methodiek beschreven om te komen tot een parameterveld van de deklaag.

Bij het opstellen van de methodiek is gekeken naar methodieken en resultaten uit voor onderdelen vergelijkbare projecten:

- Kwetsbaarheid grondwater (RIVM, Stiboka en RGD, 1987);
- Geohydrologisch lagenmodel van REGIS (NITG TNO);

- Lithologische inventarisaties provincie Zeeland (RGD, 1991,1996)
- Onderzoek Maalbeek (RGD, 1995);
- Hydrogeologisch onderzoek Beerze en Reusel (proefgebied LHTS Inceptiefase).

Voor wat betreft de relevantie van de geologische opbouw van het topsysteem voor de hydrogeologische opbouw is de indeling van de deklaag van Nederland in (hydro)geologische profieltypen als uitgangspunt genomen (RIVM et.al., 1987). De deklaag wordt hier gedefinieerd als het pakket, bestaande uit één of meerdere matig tot slecht doorlatende lagen gelegen boven het eerste watervoerende pakket. Het vormt een belangrijk onderdeel van het topsysteem.

In Bijlage E wordt een overzicht van de verspreiding van de profieltypen in Nederland gegeven alsmede een beschrijving van de verschillende profieltypen.

Bij het parameteriseren wordt er van uitgegaan dat de geologie de drager is van de hydraulische eigenschappen. Met andere woorden er zijn op grond van geologische criteria sedimentlichamen te definiëren met karakteristieken ten aanzien van de hydraulische parameters. De geologie modelleert de ondergrond met behulp van, onder andere, Formaties en lithofaciës.

Uitgaande van Formaties wordt van te voren op grond van onder andere geologische gegevens een globale indeling gemaakt van de ondergrond in hydrogeologische eenheden(lagen). Elke boring en sondering wordt opgedeeld in deze onderkende gidslagen, die in het betreffende gebied voorkomen. Bij deze indeling wordt eveneens gebruik gemaakt van geologische informatie. Met de gidslaagegegevens wordt het ruimtelijk model gegenereerd, met andere woorden: de verbreiding, diepte en dikte van de gidslagen. Dit hydrogeologisch model wordt met behulp van geologische gegevens bijgeschaafd.

Een gedetailleerde weergave van de benodigde inspanningen voor de hydrogeologische schematisatie van het topsysteem is te vinden in bijlage F.

Per boring en per gidslaag worden vervolgens de hydraulische parameters bepaald. Deze bepaling gebeurt meestal als een 1 op 1 operatie aan de hand van de lithologie van de laag in de boring of sondering. Met behulp van statistische benaderingen wordt voor de complete gidslagen de parameterverdeling vastgesteld.

De geologische interpretatie wordt meegenomen bij het bepalen van de voorkomende gidslagen en voor het bijstellen van het gidslagenmodel. De lagen uit het hydrogeologisch model staan bij deze methode centraal. Deze werkwijze is bij uitstek geschikt in situaties waarin men beschikt over een beperkt aantal gegevens, waardoor men gedwongen wordt op een hoger aggregatie niveau te werken. Zoals eerder gesteld treden binnen dergelijke gidslagen grote variaties op wat betreft lithologische en dus hydraulische eigenschappen. Het streven is dus gericht naar meer detail, het liefst op lithofaciës niveau. Om lithofaciës te onderscheiden zijn echter zeer veel gegevens nodig. In het rivieren gebied is uitgerekend, dat dit circa

400 boringen /km² zouden moeten zijn. Dergelijke dichtheden aan boringen en of andere soortgelijke gegevens zijn niet overal beschikbaar. In deze gebieden zal er op een hoger aggregatieniveau gekarakteriseerd dienen te worden. Op dit niveau wordt gebruik gemaakt van de indeling in faciële eenheden, die lithologisch karakteristiek zijn en ruimtelijk zijn te onderscheiden, zoals bijvoorbeeld een stroomgeulfaciës.

Deze methodiek is min of meer gevolgd voor de uitgevoerde lithologische inventarisaties in de Provincie Zeeland en is beschreven in Hoofdstuk 6.

Doorlatendheidsmetingen

Gezien het detail dat in het hydrogeologisch model wordt nagestreefd, namelijk de hydrofaciës, zijn aanvullende metingen van de doorlatendheid aan te bevelen. Met name van de slechtdoorlatende eenheden zijn slechts weinig waarden uit directe ex-situ metingen voorhanden. Omdat niet alle lagen die bij het opstellen van het deklaag model van een bepaald gebied op korte termijn doorgemeten kunnen worden is het nodig een selectie te maken van lagen. Criteria die hierbij een rol spelen zijn profieltype en diepte, met andere woorden het aantal te onderscheiden hydrogeologische eenheden. In eerste instantie dienen per profieltype de relevante eenheden bemonsterd en doorgemeten te worden. Hoe dieper de eenheden hoe minder gegevens en dus hoe minder detail, met als gevolg minder gemeten waarden nodig. Aanbevolen wordt om van de slechtdoorlatende lagen per meter een set metingen uit te voeren. Daarnaast dienen ook de meer doorlatende eenheden doorgemeten te worden echter met een minder grote dichtheid.

5.2 Relatie grondwater-oppervlaktewater

5.2.1 Introductie

Het tweede thema dat wordt voorgesteld uit te werken in het kader van een LHTS project is de relatie grondwater-oppervlaktewater. Deze relatie speelt zich hoofdzakelijk af binnen het topsysteem. De eigenschappen van het topsysteem bepalen dus in belangrijke mate de interactie. Uit bruikbare analytische- en modelbenaderingen zijn de parameters af te leiden die bepalend zijn, voor de interactie grondwater-oppervlaktewater, dit zijn:

- kD en c-waarden;
- dikte topla(a)gen waarin het ontwateringsstelsel ligt;
- anisotropie;
- dichtheid ontwateringsstelsel;
- geometrie waterlopen;
- topografie van het maaiveld;
- bergingsfactor.

Gegevens over deze parameters zijn tot op heden niet of onvoldoende beschikbaar om een adequate beschrijving te geven van de interactie grondwater-oppervlaktewater.

De geohydrologische databestanden zijn in het verleden vooral opgebouwd vanuit en ten behoeve van de sector drink- en industriewatervoorziening. Dit heeft geresulteerd in aanvankelijk de grondwaterkaart van Nederland en REGIS. Hierbij is in het verleden weinig aandacht besteed aan het topsysteem. Als voorbeeld is te noemen dat ingeval van freatische watervoerende pakketten, de informatie over de veelal fijnzandige afzettingen (Formatie van Twente) aan de top van dit pakket meestal niet expliciet is opgenomen.

Vanuit de landbouw was de aandacht vooral gericht op landbouwkundige productie, dit heeft geresulteerd in de Bodemkaart van Nederland 1:50 000. Deze kaart beschrijft de bodem tot 1,20 m-mv. De interactie grond-oppervlaktewater speelt zich meestal beneden dit niveau af.

De gegevensdichtheid over de opbouw en eigenschappen van de bodem op grotere diepte alsmede ondieper dan 1,20 m-mv is meestal voldoende, echter daartussen ontbreekt relevante informatie.

Bij het project relatie grondwater-oppervlaktewater (WATERNOOD, zie paragraaf 2.3) kon ten aanzien van de geohydrologie niet zonder meer worden uitgegaan van bestaande databestanden, maar is eerst een aanzienlijke inspanning gepleegd om het geohydrologisch databestand te verbeteren.

Ten aanzien van de dichtheid waterlopen is een belangrijk bestand het Top10vector bestand. Dit geeft een indeling van de waterlopen in 4 klassen, op basis van de bovenbreedte. Gegevens over het dwarsprofiel van de waterlopen is slechts beperkt digitaal beschikbaar (waterschapslegger, alleen de grotere waterlopen in beheer bij waterschap). Middels enkele veldinventarisaties is enige kennis opgedaan, deze is op dit moment nog onvoldoende en dient door middel van aanvullend veldonderzoek te worden uitgebreid. Het WIS bevat deze informatie wel, maar alleen voor de grotere waterlopen (in beheer bij het waterschap).

Vanuit het beheer is het belangrijk te weten of waterlopen beheersbaar zijn. Om het oppervlak te bepalen met beheersbare waterlopen is de topografie bepalend (zie ook paragraaf 5.3).

De mate en snelheid van doorwerking van ingrepen wordt mede bepaald door de bergingsfactor. In de meeste analytische formules wordt deze factor als constante ingevoerd, terwijl deze factor sterk afhankelijk is van bodem, grondwaterstand en stromingsflux en richting door het profiel. Dit gegeven is te berekenen op basis van beschikbare gegevens.

5.2.2 Benodigde databestanden

Op basis van de ervaringen met het project "Relatie grondwater-oppeervlaktewater" (zie paragraaf 2.3) is er behoefte aan digitale bestanden, met de volgende gegevens van het topsysteem:

- geohydrologie;
- schematisering topsysteem (nadere detaillering afzettingen, Formatie van Twente, Holocene, Nuenengroep);
- hydraulische parameters onderscheiden lagen (kh,kv (anisotropie));
- dikte onderscheiden lagen;
- hoofdwaterlopenstelsel;
- ligging waterlopen op basis TOP10vector bestand
- toekenning geometrie (legger waterschappen aangevuld met veldonderzoek voor de kleinere waterlopen);
- type waterloop i.v.m. beheersbaarheid/onderhoud (kavelsloot, aanvoerleiding, etc.);
- ligging kunstwerken (gemalen, stuwen);
- topografie (zie ook paragraaf 5.4);
- bergingscoëfficiënt per bodemtype en afhankelijk van grondwaterstand en flux.

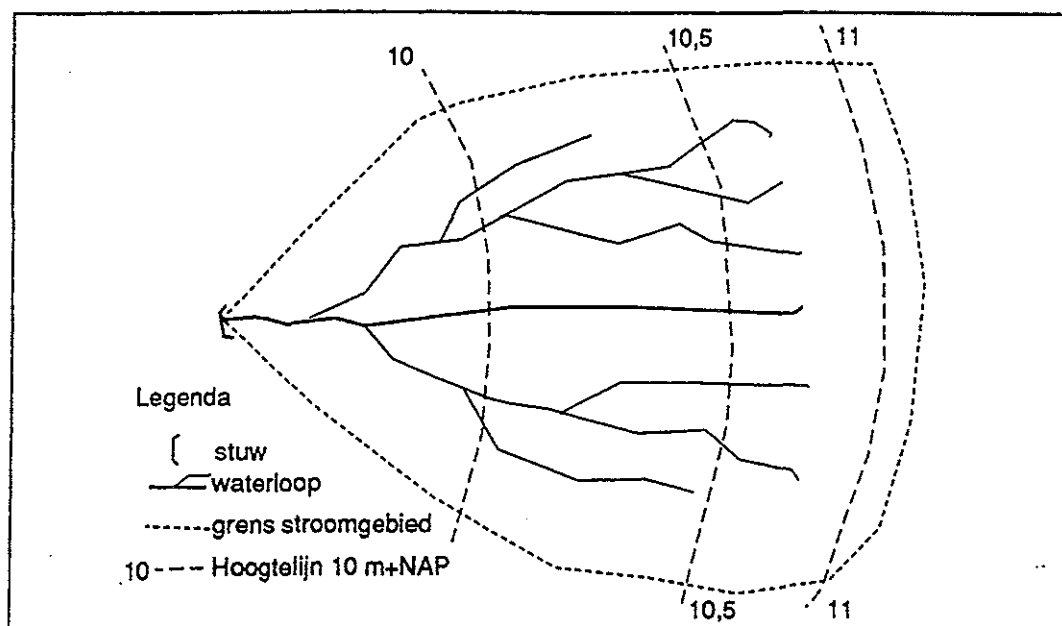
5.3 Topografie

Het derde te behandelen thema in een LHTS project is de topografie.

De topografie is namelijk een niet te onderschatten factor bij de relatie grondwater-oppeervlaktewater. De topografie, in samenhang met de geohydrologische opbouw, manifesteert zich in het waterlopenstelsel.

Zo zijn er gebieden met weinig waterlopen, deze worden gekenmerkt door een goed doorlatende ondergrond en zekere topografische helling (stuwwallen, dekzandruggen). Het neerslagoverschot komt door middel van diepe grondwaterstroming tot afvoer.

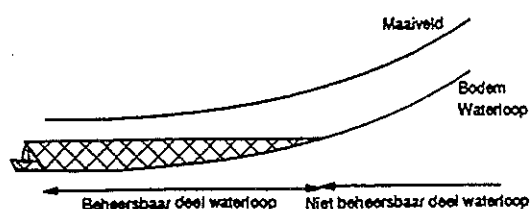
Gebieden met een relatief slecht doorlatende ondergrond en een vlakke ligging worden gekenmerkt door een relatief dicht slotensstelsel (Hollandse-Utrechtse Waarden). Het neerslagoverschot wordt zeer ondiep afgevoerd naar de ontwateringsmiddelen.



Figuur 1 Fictief stroomgebied met hoogtelijnen

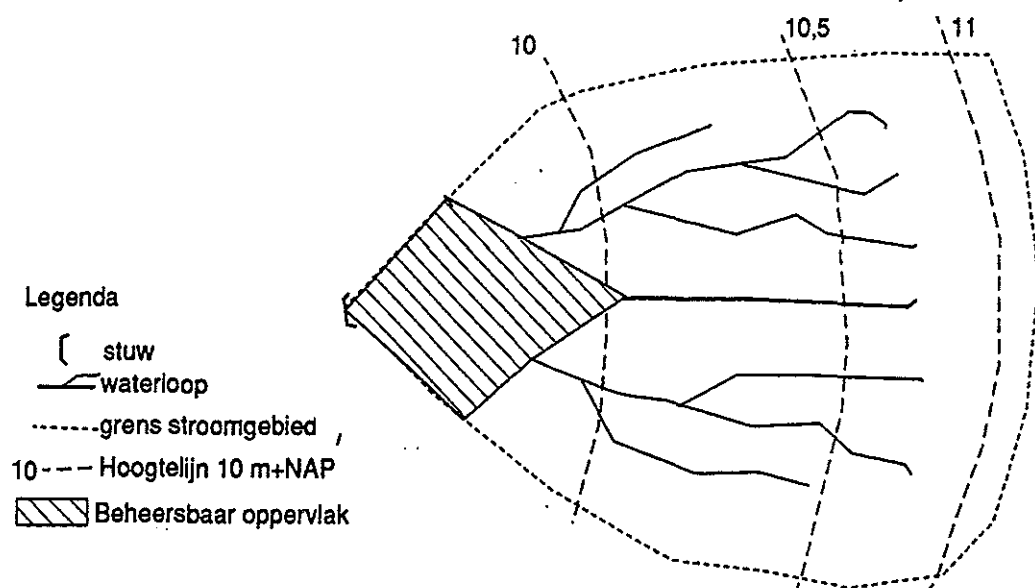
Voor het beheer is kennis over de mate van beheersbaarheid van de waterlopen van belang. In Figuur 1 is een fictief stroomgebied weergegeven.

Bij beheersbaar gaan we uit van de situatie met een min of meer horizontaal oppervlaktewaterpeil. Met beheersbare waterlopen wordt dat deel van het oppervlaktewaterstelsel bedoeld dat door opzetten van het oppervlaktewaterpeil watervoerend blijft.



Figuur 2 Doorsnede in lengterichting waterloop (sterk overdreven)

Over het algemeen zullen waterlopen de maaiveldshelling volgen (Figuur 2). Verder kan alleen in de grotere wat diepere waterlopen het peil worden opgezet. Afhankelijk van de helling van het maaiveld zal de bodem van de waterloop op zekere afstand het peil aansnijden en valt de waterloop droog (Figuur 3). De kleinere waterlopen snijden minder diep in en zullen daardoor nog eerder droogvallen. Het effect van bijv. waterconservering hangt dus in sterke mate af van de topografie van het maaiveld.



Figuur 3 Deelgebied van het stroomgebied met beheersbare waterlopen

6 Voorbeelden van uitwerking van enkele topsysteemthema's in proefgebieden

■ Vraagstelling

- Vorm en formaat van LHTS producten, mede geïllustreerd aan de hand van een proefgebied

6.1 Analyse van het topsysteem in het Beerze en Reusel gebied

6.1.1 Inleiding

In het kader van de LHTS wordt o.a. de noodzaak geëvalueerd van een nadere specificatie van de deklaag. Het NITG beschikt over een omvangrijk boringenarchief, met ondiepe boringen. Deze boringen worden nog nauwelijks gebruikt voor geohydrologisch onderzoek. Voor de opzet van REGIS zijn een beperkt aantal matig-diepe boringen geselecteerd waarbij vooral de diepte van de boringen een belangrijk keuze-element is geweest (zie ook paragraaf 2.2). Voor o.a. de relatie grondwater-oppervlaktewater en de relatie kwel-wegzijgingsgebieden is de verwachting dat betere hydrogeologische informatie over het topsysteem een belangrijke bijdrage kan leveren met betrekking tot de kennis over deze relaties.

6.1.2 Hydrogeologische karakterisatie

Om deze veronderstelling te toetsen is een proefgebied geselecteerd. Een van de proefgebieden is gelokaliseerd in het modelgebied van de Beerze en de Reusel. In het modelgebied wordt het topsysteem gevormd door afzettingen uit de Nuenen-groep. De Nuenen-groep bestaat uit Afzettingen van de Formatie van Eindhoven en de Formatie van Twente (midden -en laat-Pleistoceen) die moeilijk van elkaar zijn te onderscheiden (Bisschops, 1973). De dikte van de Nuenen-groep varieert sterk binnen het modelgebied van minder dan 8 m tot meer dan 28 m. Het NITG beschikt over een relatief dicht net aan handboringen tot ca 4 m-mv. Tussen het niveau van 4m-mv en de onderkant van de Nuenen neemt het aantal beschikbare boringen af met de diepte.

Als onderdeel van de LHTS inceptiefase is een interpretatie uitgevoerd van de beschikbare boringen. Binnen de beschikbare projecttijd was het niet doenlijk het gehele modelgebied te interpreteren. Daarom is een deel van modelgebied, nl. kaartblad 51A gelegen tussen de coördinaten $140 < X < 150$ en $387,5 < Y < 400$ geïnterpreteerd. Deze interpretatie heeft geresulteerd in een geologisch schematisatie voor kaartblad 51A, alsmede in een aantal kaarten met de verspreiding van te onderscheiden lagen. Verder zijn aan de onderscheiden lagen doorlatendheden toegekend in horizontale en verticale richting.

De geologische informatie is vervolgens vertaald in een geohydrologische schematisatie. In deze schematisatie worden watervoerende pakketten en scheidende lagen onderscheiden. Per laag worden vervolgens hydrologische parameterwaarden toegekend op basis van de geologische informatie.

Binnen kaartblad 51A worden voor de toplaag de volgende lithologische eenheden onderscheiden, van oud naar jong:

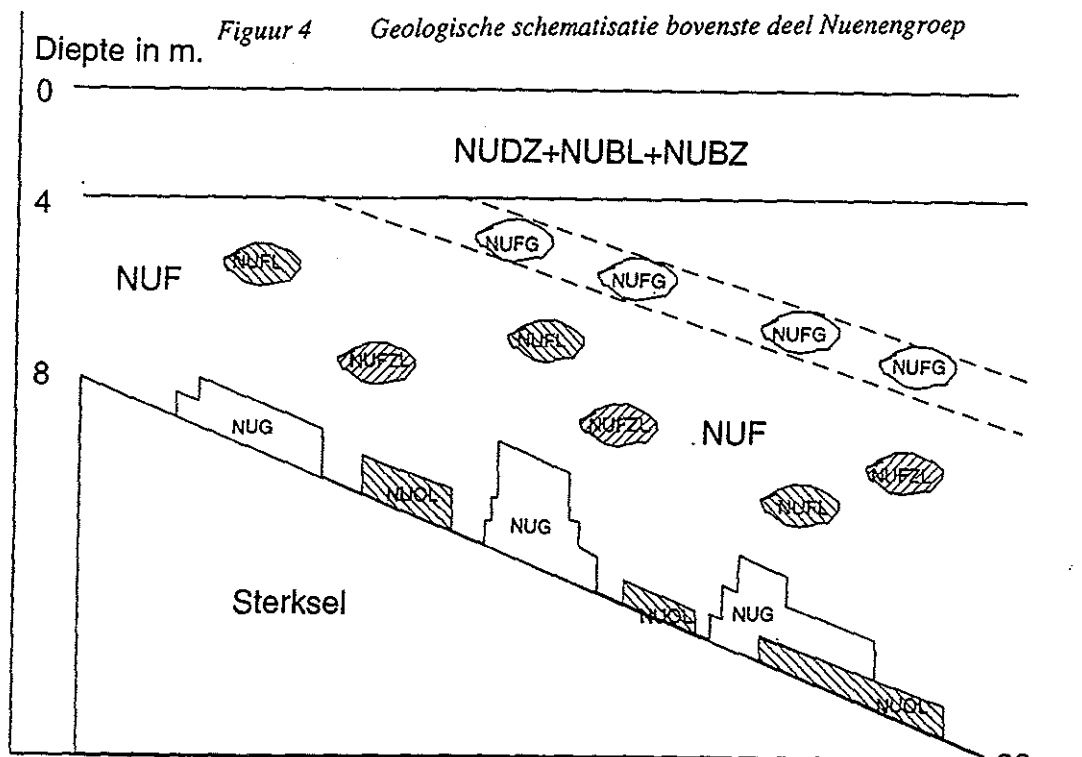
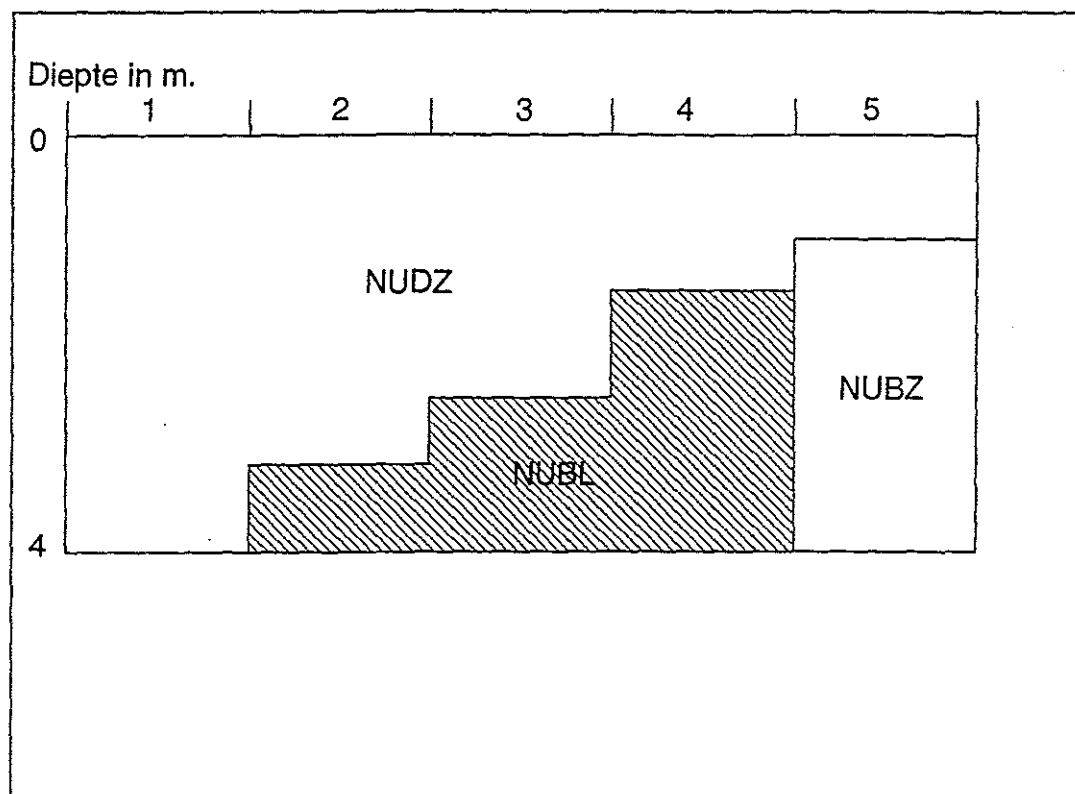
Nuenengroep Dekzand (NuDZ)
Nuenengroep Beekzand (NuBZ)
Nuenengroep Brabants leem (NuBL)
Nuenengroep fijn grof (NuFG)
Nuenengroep fijn met zand/leem gelaagdheid (NUFZL)
Nuenengroep fijn (NuF)
Nuenengroep fijn leem (NuFL)
Nuenengroep grof (NuG)
Nuenengroep onderste leem (NuOL)
Formatie van Sterksel (ST)

Uit de diepe boringen is de ligging van de top van de Formatie van Sterksel vastgesteld. In combinatie met de maaiveldhoogte is de totale dikte van de Nuenen-groep bepaald. Deze gegevens zijn niet nader onderzocht op mogelijke fouten/afwijkingen. De meeste informatie over de eenheden NuBL, NuDZ en NuBZ is via handboringen beschikbaar. Van deze eenheden zijn kaarten geproduceerd. Op basis van deze schematisatie worden voor de top van de Nuenen-groep vijf klassen onderscheiden, zie Figuur 4.

Voor het deel van de Nuenen-groep tussen maaiveld-4m en top Sterksel is na interpretatie van de boringen de geologische schematisatie gemaakt, zoals afgebeeld in Figuur 5.

Het diepe deel van de Nuenen-groep bestaan voornamelijk uit Nuenen-fijn. Binnen Nuenen-fijn en op de overgang naar Afzettingen van Sterksel komen andere lithologische eenheden voor in de vorm van schollen.

Van de verschillende eenheden zijn kaarten vervaardigd. Als in een boring meerdere keren dezelfde eenheid boven elkaar voorkomt zijn de afzonderlijke diktes bij elkaar opgeteld, zodat per eenheid slechts één dikte resteert. Verder is voor de lithologische eenheden binnen Nuenen-fijn van deze "theoretische lagen" de gemiddelde diepte berekend. Als wegingsfactor is de gemiddelde dikte van de laag gebruikt.



Figuur 5 Geologische schematisatie diepe deel Nuenengroep

Verder is aangenomen dat de eenheden NUG en NUOL de onderste eenheden in de Nuenengroep betreffen en direct op Sterksel rusten. Als NUG en NUOL beide voorkomen ligt NUOL direct op Sterksel.

Door grote kwaliteitsverschillen van de gebruikte boorbeschrijvingen en de onregelmatige spreiding van de gegevens was automatisch contouren niet mogelijk; de kaarten zijn derhalve met de hand vervaardigd. Aan de onderscheiden eenheden zijn hydrogeologische parameters toegekend volgens Tabel 2.

Tabel 2 Toekenning hydrogeologische parameters aan onderscheiden lithologische eenheden

Laag	Lithologische eenheid	Doorlatendheid k_v m/dag	Doorlatendheid k_h m/dag	Anisotropie	Porositeit
1	NuDZ	2	2	1	.35
2	NuBZ	10	5	2	.4
3	NuBL	.005	.001	5	.4
4	NuF	2	.5	4	.35
5	NuFG	20	5	4	.3
6	NuFL	.01	.005	2	.4
7	NuFZL	1	.1	10	.35
8	NuG	10	10	1	.3
9	NuOL	.01	.005	2	.4
10	ST (top)	20	4	5	.3

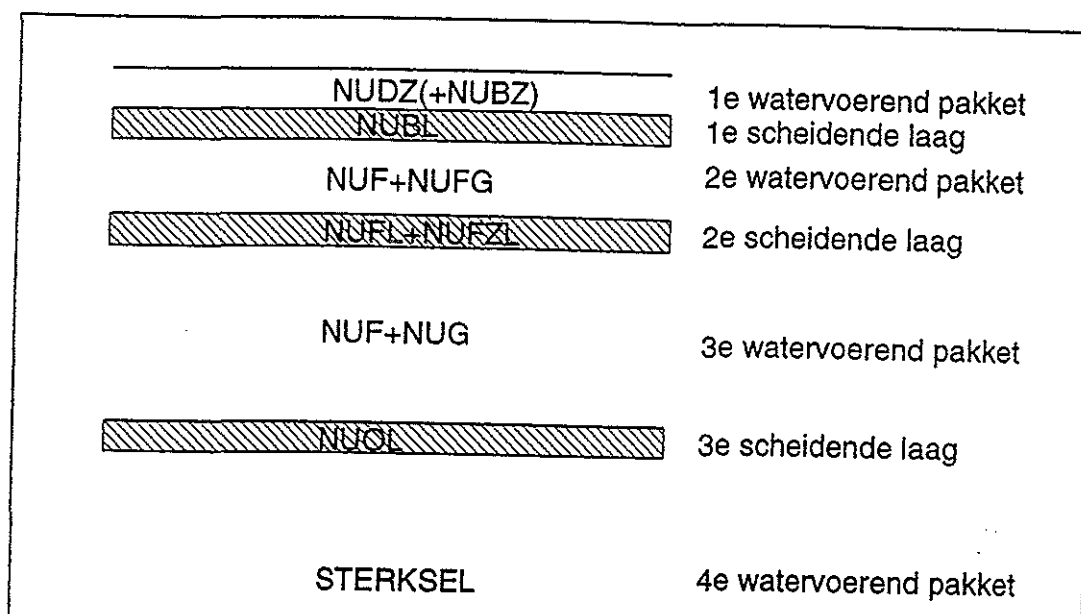
6.1.3 Hydrogeologische schematisatie

De modelberekeningen worden uitgevoerd met een pseudo-3D regionaal hydrologisch model (SIMGRO). Voor de modelberekeningen wordt de ondergrond geschematiseerd in watervoerende pakketten en scheidende lagen. Voor de grondwaterstroming betekent dit dat deze horizontaal wordt verondersteld in de watervoerende pakketten en verticaal in de scheidende lagen.

De onderscheiden lagen dienen voor de modelberekeningen binnen het gehele modelgebied aanwezig te zijn. Dit betekent dat indien een laag plaatselijk ontbreekt, deze voor de modelberekeningen wel moet worden meegenomen. Bij het ontbreken van een scheidende laag, kan dit door een lage weerstand (bijv. 10 d.) op te geven bij een dikte van bijv. 1m.

Verder zijn binnen de pakketten geen afzonderlijke lagen te onderscheiden, zoals bijvoorbeeld een grove laag (NuFG) binnen NuF. Deze lagen worden meegenomen door de doorlatendheid aan te passen.

In deze schematisatie wordt de Nuenen-groep geschematiseerd tot 3 watervoerende pakketten en 3 scheidende lagen (zie Figuur 6).



Figuur 6 Hydrogeologische schematisatie Nuenengroep

Het 1e watervoerend pakket bestaat uit dekzand en varieert in dikte van 1 tot 4 m. Lokaal bestaat een deel uit beekzand. In de vlakken waar beekzand voorkomt zijn de doorlatendheden k_h en k_v aangepast. De bodemopbouw is 1m dekzand op 3m beekzand. Voor de modelberekeningen met SIMGRO worden gegevens per knooppunt ingevoerd. Elk knooppunt heeft een invloedsoppervlak (netwerk van Thiessen polygonen). Dit netwerk is over de verschillende kaarten gelegd. Vervolgens is per knooppunt een waarde afgelezen/geschat voor de volgende parameters:

- dikte Nuenengroep;
- klasse top Nuenengroep;
- dikte NuOL;
- dikte NuG;
- dikte en gemiddeld niveau NuFZL;
- dikte en gemiddeld niveau NuFL;

- dikte en gemiddeld niveau NuFG.

6.1.4 Hydrologische schematisatie zoals gebruikt in de Beerze-Reusel studie uitgevoerd door IWACO

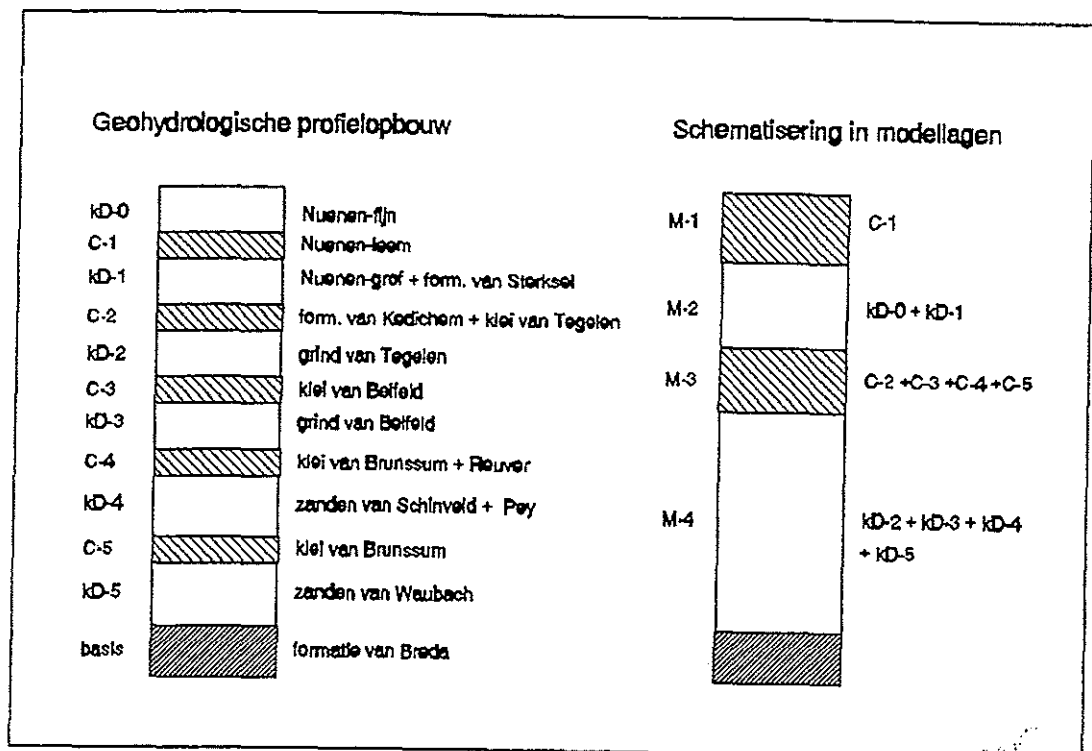
Het grondwatersysteem in de Beerze-Reusel-studie is gedefinieerd overeenkomstig het Geohydrologisch onderzoek Centrale Slenk Fase 2 (IWACO, 1987), dat een uitbreiding vormt van de geohydrologische studie van de Centrale Slenk door het RIVM (Sman, 1985). Beide studies zijn gebaseerd op de Grondwaterkaart van Nederland, Centrale Slenk (Lekahena, 1975). Figuur 7 geeft een geschematiseerd overzicht van de onderscheiden afzettingen in de stroomgebieden van de Beerze, Reusel en Rosep. Globaal kan dit stroomgebied worden verdeeld in twee delen; de Centrale Slenk ten noordoosten van de Rielbreuk en de Feldbissbreuk, en het plateau van de Kempen ten zuiden van deze breuken:

In de Centrale Slenk kan de Nuenengroep, die als deklaag voorkomt, worden onderscheiden in Nuenen-grof, Nuenen-fijn en Nuenen-leem. Nuenen-fijn vormt het freatisch pakket, Nuenen-leem is de eerste scheidende laag en Nuenen-grof wordt tot het eerste watervoerende pakket gerekend. Daarnaast bestaat de eerste aquifer uit afzettingen van de Formatie van Sterksel. De 2e scheidende laag bestaat uit de kleilagen van de formaties van Tegelen en Kedichem. Tegelen grind, Belfeld klei/Formatie van Maassluis, Belfeld grind, Reuver klei/Klei van Kallo, Schinveld zanden, Brunssum klei/Formatie van Oosterhout en de Waubach zanden vormen de afwisselend watervoerende en scheidende lagen tot aan de ondoorlatende basis gevormd door de kleien van de Formatie van Breda.

Het plateau van de Kempen heeft een eenvoudiger opbouw. De Nuenengroep vormt ook hier een dunne slecht-doorlatende deklaag of ontbreekt. Ten gevolge van het ontbreken van kleiafzettingen vormen de goed-doorlatende afzettingen van de Formatie van Sterksel, samen met de ter plekke zandig ontwikkelde Formatie van Kedichem en de Formatie van Tegelen één watervoerend pakket. De hydrologische basis wordt gevormd door de lemige afzettingen van de Formatie van Breda.

Doordat de flexuurzone tussen de Centrale Slenk en het Brabants Massief de overgang tussen deze twee gebieden vormt, loopt er een groot aantal nagenoeg evenwijdige breuken door het gebied (Vandenberghe, 1990). De lithostratigrafie is bepaald door de breuktektoniek en de breuken hebben gevolgen voor de grondwaterstroming (Ernst en de Ridder, 1960). Daarom is het de vraag of de gegevens die voor dit complexe gebied beschikbaar zijn, toereikend zijn voor een adequate simulatie van met name de diepe kwel vanuit de dieper gelegen watervoerende pakketten tot aan de grondwaterspiegel.

De geohydrologische gegevens (lithostratigrafie, transmissiviteit, weerstanden en specifieke bergingscoëfficiënt) zijn door IWACO in digitale vorm aangeleverd. De eveneens door IWACO geleverde data van de verfijningsstudies Aalsterweg en Fuji zijn niet gebruikt omdat deze verfijningsstudies niet de volledige stroomgebieden van de Beerze, Reusel en Rosep omvatten.



Figuur 7 De geohydrologische profielopbouw (links) en de schematisering (rechts) in modellagen

Om de rekentijd in de IWACO studie te beperken is is men overgegaan tot een schematisatie in 4 lagen (Figuur 7). De eigenschappen van de watervoerende pakketten KD2, KD3, KD4, en KD5 zijn gesommeerd tot één watervoerend pakket (M4). Ditzelfde is gedaan voor het freatisch pakket (KD0) en het eerste watervoerende pakket (KD1) die samen het tweede modelpakket (M2) vormen. De weerstanden van de scheidende lagen C3, C4 en C5 zijn opgeteld bij de weerstand van de tweede scheidende laag (C2) tot het derde modelpakket (M3). Deze vereenvoudiging is toelaatbaar vanwege de lage kD-waarden van Nuenen-fijn en de lage weerstanden van de diepste weerstandsbiedende lagen (C3, C4 en C5). Nuenen-leem (C1) vormt het eerste modelpakket (M1).

Doordat de weerstand van de formatie van Kedichem (C2) in het plateau van de Kempen erg laag is (hier is uitsluitend zand afgezet), en andere weerstandsbiedende lagen ontbreken (C3, C4 en C5), kunnen het eerste watervoerende pakket (M2), de formatie van Kedichem (M3) en het tweede watervoerende pakket (M4) daar als één watervoerend pakket worden beschouwd. Om rekentechnische problemen, veroorzaakt door het plaatselijk dunne toppakket (M1, Nuenen leem), te voorkomen is gerekend met een imaginaire. Deze is berekend door de werkelijke dikte met een factor te vermenigvuldigen. Om de

berging van dit pakket niet te laten toenemen moet deze ingreep worden gecompenseerd door de specifieke berging van deze laag evenredig te verkleinen.

6.1.5 Stapsgewijze verfijning van de hydrogeologische schematisering

Voor een kwantitatieve hydrologische systeemanalyse is de grove schematisering zoals gebruikt in de IWACO studie niet correct. Om de gevoeligheid van de hydrogeologische schematisering op een dergelijke systeemanalyse te onderzoeken is stapsgewijs een traject doorlopen waarbij de schematisering steeds complexer wordt; van de grove schematisering zoals gebruikt in de IWACO Beerze-Reusel studie tot de in de onderhavige proefgebiedstudie m.b.v. de ondiepe RGD-boringen afgeleide schematisering. Deze fasering is gevolgd om inzicht te krijgen in de grootte van de optredende effecten van de verschillende stappen en omdat vooraf niet bekend was hoe stabiel het model van een dergelijke gedetailleerde schematisatie is. De gevolgde stappen zijn:

1. De schematisering zoals gebruikt in de Beerze-Reusel studie. D.w.z. dat de IWACO-data zijn geclusterd tot vier lagen; de geohydrologische parameters zijn overeenkomstig de door IWACO gehanteerde parameterwaarden; de k-waarden zijn isotroop; de scheidende lagen zijn continu (overal aanwezig, er komen géén 'gaten' in scheidende lagen voor) en hebben een minimale weerstand van 25 dagen. In deze studie is gerekend met tijdstappen van 1 dag voor het grondwatersysteem en met tijdstappen van 0,1 dag voor het oppervlaktewatersysteem.
2. De IWACO data zijn geclusterd tot vijf lagen: Nuenen-fijn (kD-0) en Nuenen-grof+Sterksel (kd-1) zijn in deze schematisering niet geclusterd. Verder als bij 1.
3. De schematisering van vijf lagen zoals in 1 is uitgesplitst naar negen lagen overeenkomstig de hydrogeologische karakterisatie van het topsysteem aan de hand van de ondiepe boringen van de RGD. Daartoe zijn de lagen 1 en 2 uit de Beerze-Reusel studie gesplitst tot resp. de lagen 1, 3 en 5, en de lagen 2 en 4 t.b.v. deze studie. Verder als 1.
4. Als 2 waarbij de hydrogeologische parameters uit Tabel 2 zijn gebruikt. De data zijn anisotroop ingevoerd (hier is echter niet mee gerekend omdat de scheefstelling van de lagen niet is bepaald!). De c-waarden van de scheidende lagen zijn bepaald met de k-waarde voor verticaal transport. Het model gebruikt in de aquifers de k-waarde voor horizontaal transport.
5. Als 3 waarbij in het proefkaartblad de dikte en het voorkomen van de pakketten zijn gebruikt zoals in deze studie voor dit kaartblad is afgeleid op basis van de ondiepe boringen van de RGD. De scheidende lagen zijn continu gemaakt (minimale weerstand van 25 dagen).
6. Als 4 waarbij de scheidende lagen discontinu zijn ('gaten' in de aquitards).
7. Om van de schematisering van vier lagen naar de aangepaste schematiseringen in het proefkaartblad te komen is steeds voor het hele modelgebied gerekend. Daardoor is voorkomen dat een nieuw modelgebied moest worden

gedefinieerd waarbij bovendien de potentialen op de randen uit het vier-lagig model zouden zijn gebruikt. Hoewel de resultaten van deze exercitie derhalve voor het volledige stroomgebied van de Beerze en Reusel voorhanden zijn worden de resultaten alleen voor het proefkaartblad gepresenteerd omdat alleen daar de effecten van de uiteindelijke schematisering op basis van de ondiepe boringen zichtbaar zijn.

6.1.6 Berekening van hydrologische systemen

Algemeen

Om aan de informatiebehoefte over patronen van grondwaterstromingen te voldoen is door SC-DLO module SIMPATH ontwikkeld. SIMPATH berekent stroomlijnen in het grondwater uit de oplossing van de SIMGRO eindige-elementenmethode met discretisatie in driehoekige elementen. Met de resultaten van de stroomlijnenmodule is een opzet gemaakt voor een hydrologische systeemanalyse, met behulp van module SIMSYS. Deze module is ontwikkeld om hydrologische systemen (ook wel (grond)watersystemen genoemd) te classificeren. Het gaat hierbij om relaties tussen intrekgebieden en kwelgebieden, en om de oorsprong, samenstelling, ouderdom etc. van grondwater dat in onttrekkingen wordt opgepompt (Stuyt et.al., 1997 en Tank en Stuyt, 1997)

SIMSYS achterhaalt de kleinst mogelijke enkelvoudige hydrologische systemen. Deze systemen worden gedefinieerd aan de hand van een aantal criteria als verblijftijd, diepst doorstroomd pakket en karteerbare gebieden. Door veranderingen in watersystemen te analyseren kunnen de ingewikkelde effecten van mogelijke ingrepen in het waterbeheer gemakkelijker worden begrepen. Tevens kunnen effecten van ingrepen als onttrekkingen, infiltraties, en met betrekking tot het oppervlaktewaterbeheer op verschillende vormen van landgebruik gemakkelijker worden geëvalueerd dan tot nu toe mogelijk was. Regeneratie van natuurgebieden en het in stand houden van zulke gebieden vereist doorgaans aanvoer van grondwater met specifieke samenstelling: genoemde ingrepen moeten dergelijke randvoorwaarden in principe bevorderen.

Werkwijze en resultaten

De resultaten van de berekeningen met SIMGRO op het proefgebied 'Beerze-Reusel' zijn verwerkt met modules SIMPATH en SIMSYS.

SIMPATH berekent stationaire stroomlijnen op basis van de door SIMGRO berekende stijghoogtevelden. Over het modelgebied wordt een regelmatig rooster gelegd met roosterpunten op elke 250 meter. De (x,y)-coördinaten van elk roosterpunt vormen de startpunten van de stroomlijnberekeningen. Per scenario zijn twee tijdstippen gekozen; rond 1 april ('W') en rond 1 september ('Z'). Deze tijdstippen markeren het eind van de winter resp. de zomer. (Er is dus sprake van het uitlichten van één dag uit een sequentie van opeenvolgende pseudo-

dynamische berekeningen op dagbasis, en dat is fundamenteel iets anders dan een stationaire oplossing van een stromingsprobleem).

SIMSYS classificeert de stroomlijnen op basis van de door SIMPATH berekende gegevens: coördinaten, stroomsnelheden, reistijden, diepst doorstroomde laag, lengte en de aard van de 'uitmonding' (maaiveld, kanaal, modelrand etc.). Deze classificatie wordt geïnterpreteerd op basis van eenvoudige beschrijvende statistische gegevens en met behulp van visuele hulpmiddelen.

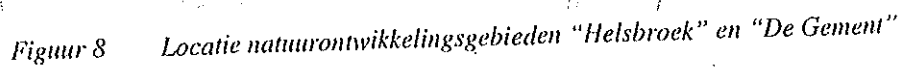
Beide modules berekenen de resultaten op eenduidige wijze; bij de classificatie van hydrologische systemen is geen sprake van wisselende, subjectieve criteria.

Ter illustratie van de resultaten zijn boven- en zijaanzichten weergegeven van de geclassificeerde hydrologische systemen in de natuurontwikkelingsgebieden "Helsbroek" en "De Gement" bij Moergestel. Het weergegeven gebied heeft een grootte van $2 \times 3 \text{ km}^2$ (zie Figuur 8). De stroomlijnen zijn vastgesteld met modelberekeningen en vervolgens geclassificeerd.

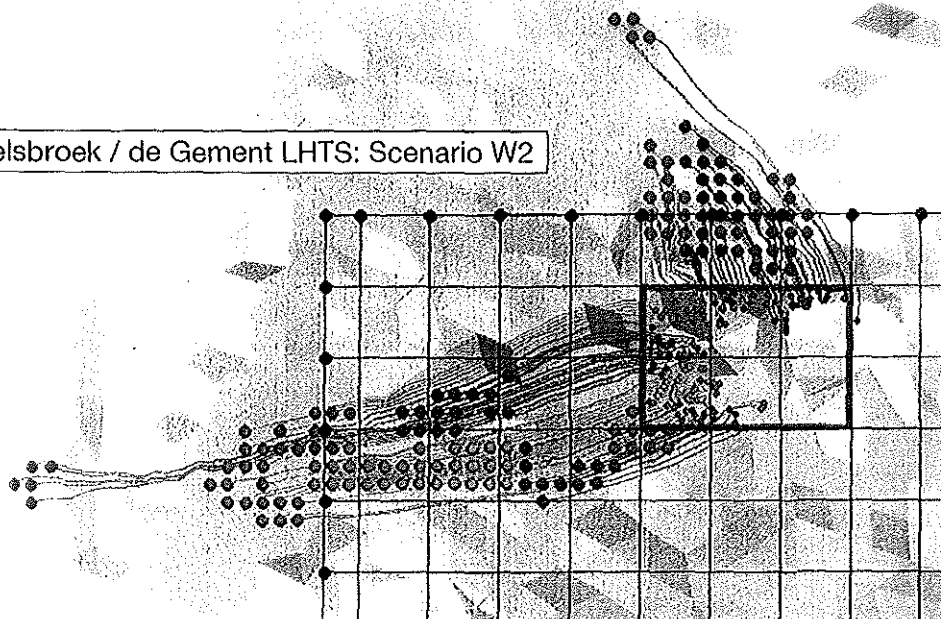
In Figuur 9 en 10 zijn boven- en zijaanzichten weergegeven van drie scenarioberekeningen in de natuurontwikkelingsgebieden:

Scenario W2	negen lagenmodel. Regionale schematisering van 5 naar 9 lagen aan de hand van de ondiepe boringen van de RGD;
Scenario W3	negen lagenmodel. Als W2 met toekenning hydrogeologische parameters volgens onderscheiden lithologische eenheden;
Scenario W4	negen lagenmodel. Als W3 met lokale toekenning dimensies (dikte en voorkomen) van lagen in het topsysteem volgens interpretatie ondiepe RGD boringen in proefkaartblad 51A.

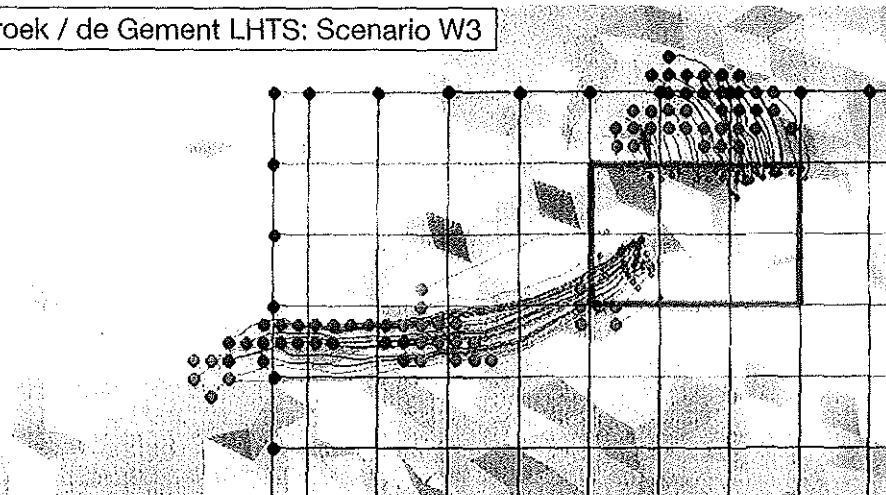
In het bovenaanzicht geven de grote "bolletjes" de startpunten aan van de stroomlijnen. De verschillende kleuren geven de verschillende, tijdens de classificatie, onderscheiden grondwatersystemen aan. De dagzoming van de stroomlijnen in de rood omrande natuurontwikkelingsgebieden is duidelijk te onderscheiden.



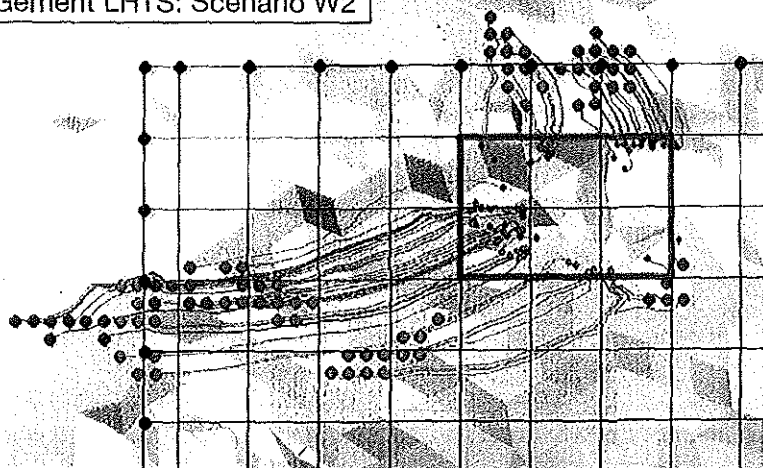
Helsbroek / de Gement LHTS: Scenario W2



Helsbroek / de Gement LHTS: Scenario W3

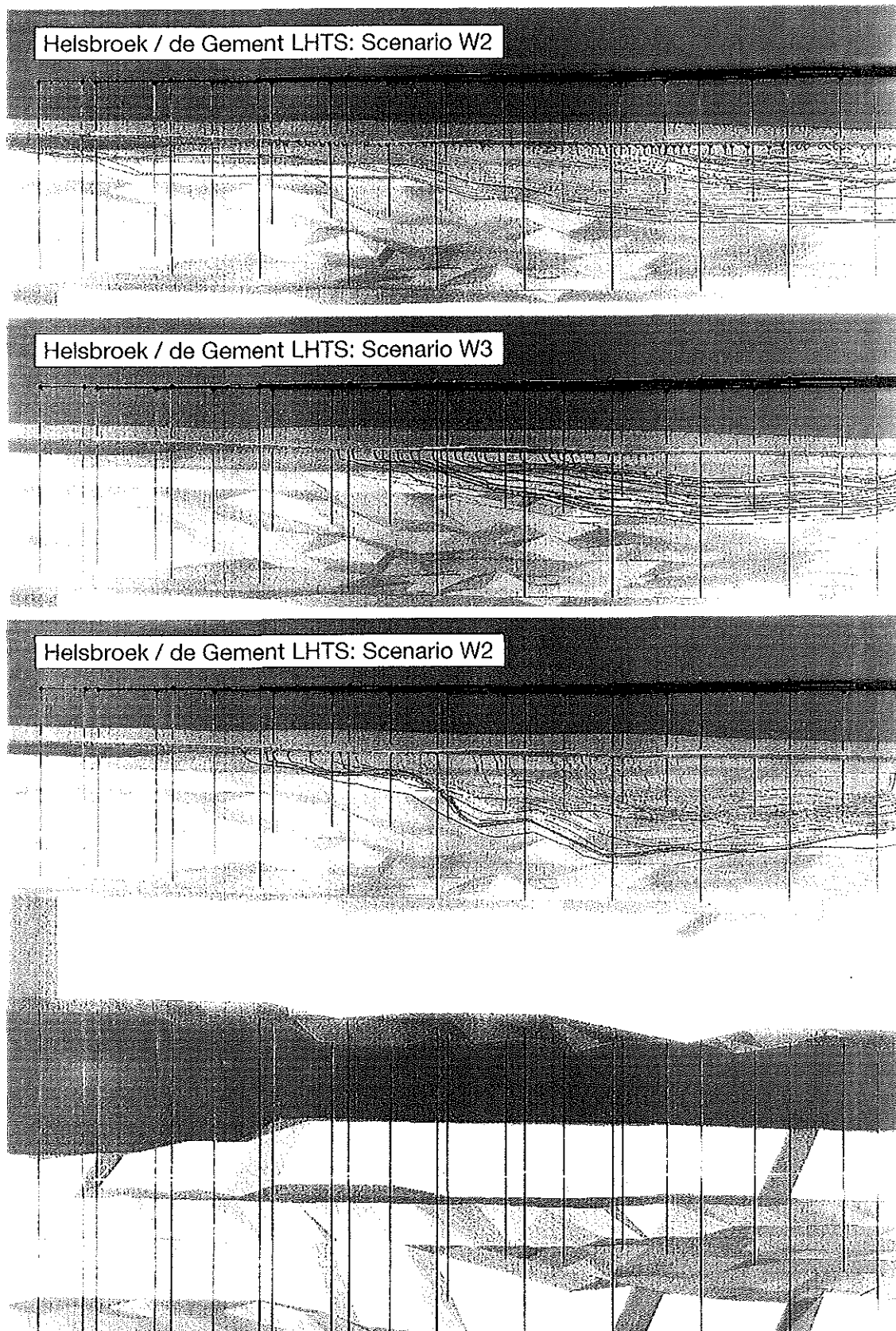


Helsbroek / de Gement LHTS: Scenario W2



McGraw-Hill

Figuur 9 Bovenanzichten van de ligging van enkele hydrologische systemen bij verschillende schematisaties van de Nuenen-groep



Figuur 10 Zijaanzicht van de ligging van enkele hydrologische systemen bij verschillende schematisaties Nuenen-groep

Conclusies

Enkele conclusies die getrokken kunnen worden op basis van de modelberekeningen zijn:

- Dikten, doorlatendheden en heterogeniteit van watervoerende pakketten en scheidende lagen zijn van beslissende betekenis bij het berekenen van stroomlijnen en dus bij het kwantificeren van hydrologische systemen. Het in het model onderbrengen van een gedetailleerd "topsysteem" (tussen het maaiveld en ca 20m-mv) leidt tot nauwkeuriger berekeningen van hydrologische systemen;
- Bij toenemende heterogeniteit worden de hydrologische systemen kleiner geclassificeerd;
- gedurende opeenvolgende seizoenen kunnen grondwater-'compartimenten' afwisselend tot verschillende systemen behoren;
- Om de samenstelling en ouderdom van bijvoorbeeld kwelwater of opgepompt water vast te stellen, lijkt een (pseudo-)dynamische benadering noodzakelijk;
- Een te globale hydrogeologische schematisatie leidt vrijwel zeker tot onbetrouwbare modelresultaten;
- Kaarten met hydrologische systemen zijn afhankelijk van ruimte- en tijdschaal.

6.2 Geologische inventarisatie van de Holocene deklaag in Zeeland

6.2.1 Lithologische inventarisatie Holocene afzettingen

Het tweede proefgebied betreft de provincie Zeeland. Om de ontsloten informatie van een hydrogeologische karakterisatie in het kader van een LHTS project te illustreren wordt onder deze paragraaf de geologische inventarisatie van de Provincie Zeeland beschreven die in de periode 1994-1996 door de voormalige RGD is uitgevoerd op basis van interpretatie van de ondiepe boringen.

De specifieke geohydrologische gesteldheid en het ontbreken van grote grondwaterontrekkingen in de provincie Zeeland maakt dat de aandacht met betrekking op het waterbeheer vooral gericht is op het topsysteem en minder op het regionale grondwatersysteem.

Om een beter begrip te krijgen van de hydrogeologie van de ondiepe zoete systemen in Zeeuwsch Vlaanderen, met name de invloed van de Westerschelde, en de mogelijkheden van sturing van deze systemen werd het noodzakelijk geacht om een beter inzicht te krijgen in de weerstand van de deklaag en de relatie oppervlaktewater-grondwater.

Daartoe heeft de Provincie Zeeland in 1992 opdracht gegeven voor een geologische inventarisatie van Zeeuwsch Vlaanderen (Geologische inventarisatie Zeeuwsch Vlaanderen, RGD, 1994). De inventarisatie omvatte de verbreiding, dikte en diepteligging van een aantal hydrologisch belangrijke lithologische eenheden. Met

name betrof dit een aantal lagen uit de Westland Formatie, de klei-, leem en veenlagen in de aquifer tussen de Westland Formatie en de Klei van Boom, en de diepteligging van de bovenkant van de Klei van Boom en de Klei van Asse.

De geologische inventarisatie werd uitgevoerd door de RGD en had als doel om in eerste instantie een digitaal gegevensbestand op te bouwen, zowel in puntinformatie als in kaartbeelden van de diverse lithologische eenheden.

Voor de inventarisatie is gebruik gemaakt van de geologische kaart, schaal 1:50.000 van Zeeuwsch-Vlaanderen en de in de archieven van de RGD aanwezige boorgegevens. Voor het bepalen van de verbreidingsgrenzen van de diverse afzettingen uit de Westland Formatie is met name de geologische kaart gebruikt. In totaal werden ca. 3.100 handboringen (max. diepte ongeveer 8 m -mv.) en ca. 400 mechanisch uitgevoerde boringen (diepte van 10-200m -mv.) voor de inventarisatie gebruikt.

In het werkproces werden een aantal fasen onderscheiden:

- het digitaliseren van de geologische kaarten (ARC/INFO);
- het interpreteren van de gegevens ;
- het vervaardigen van contourkaarten (manuele interpretatie en daarna digitalisatie)(ARC/INFO exportfiles).

Nadat in 1994 de inventarisatie voor Zeeuwsch-Vlaanderen was afgerond en het gebruik van de resultaten ervan functionele toepassing vonden, onder andere, in het "Voorbeeldplan Waterspil - Peilverhoging in de ruilverkaveling Axel" gaf de Provincie Zeeland opdracht aan de RGD om lithologische inventarisaties uit te voeren voor Walcheren, Beveland en Schouwen. Eenzelfde methode als bovenstaand werd uitgevoerd.(Lithologische inventarisatie Holocene afzettingen in Zeeland, RGD,1996).

Voor het gebied van Walcheren en Beveland werden daartoe in totaal 7.002 ondiepe en 902 matig diepe boringen verwerkt. Voor Schouwen Duiveland betrof dit 3.049 ondiepe en 279 matig diepe boringen.

De lithologische inventarisaties hebben gezorgd voor het beschikbaar komen van digitale gegevensbestanden met de volgende provinciedekkende eigenschappen en parameters van de deklaag:

- Ligging en begrenzing van laaggelegen kreken en kreekrestanten (fossiele getijdegeulen);
- Dikte en spreiding van kleilagen in de getijdegeulopvullingen;
- Spreiding en dikte van Holocene zand-, veen- en kleilagen buiten de fossiele getijdegeulen;
- Laagopvolging van de Holocene afzettingen;
- Diepteligging onderkant holocene afzettingen;

De lithologische inventarisatie en aangelegde databestanden zijn aangewend voor het maken van de volgende kaarten:

Digitale geologische kaarten (schaal 1:25.000);
Locatiekaart boorpunten (schaal 1:100.000);
Dikte Duinkerke-Klei (schaal 1:100.000);
Dikte Hollandveen (schaal 1:100.000)
Dikte Calais-Klei (schaal 1:100.000);
Dikte Basisveen (schaal 1:100.000);
Diepteligging onderkant Holocene afzettingen (schaal 1:100.000)

In Bijlage G zijn als voorbeeld 3 figuren uit de lithologische inventarisaties opgenomen die de locaties laten zien van de geïnterpreteerde ondiepe en matig diepe boorpunten op Walcheren en Beveland, en die de diktes en spreiding weergeven van respectievelijk de Duinkerke-klei en het Hollandveen.

6.2.2 Toepassing in de analyse van het topsysteem in het gebied Axel

In een tweetal gebieden heeft de provincie Zeeland de resultaten van de lithologische inventarisaties toegepast in de analyse van het topsysteem, namelijk in het project "Waterspil" en "A2-groen Passageule" (Provincie Zeeland, 1995, 1996).

In beide projecten zijn de hydrologische aspecten uitgewerkt in deelonderzoeken waarin de gevolgen van verschillende varianten van peilverhoging voor het grondwater zijn bepaald.

In het navolgende zullen we ons concentreren op het project Waterspil in het gebied nabij Axel in het oosten van Zeeuwsch-Vlaanderen.

Waterspil is een van de projecten in het kader van de Voorbeeldplannen Vierde Nota Ruimtelijke Ordening 1992, waarbij invulling gegeven wordt aan de "bruine koers". De bruine koers heeft betrekking op de inrichting van het landelijk gebied waarbij de ontwikkeling van grondgebonden landbouw de belangrijkste functie is.

Het Waterspilgebied is een zeekeigebied en bestaat uit verschillende polders die begrensd zijn door dijken en doorsneden door kreken en kreekrestanten. Het is een landbouwgebied met veel akkerbouw. De laaggelegen kreken en kreekrestanten hebben (potentiële) natuur- en landschapswaarden. Het grondwater is overal opgebouwd uit een relatief zoete bovenlaag op een brak tot zoute onderlaag.

De gerichtheid van de waterbeheersing in het gebied op het voorkomen van de wateroverlast voor de landbouw, heeft ertoe geleid dat er vochttekorten ontstonden in de hoger gelegen gebieden en dat een deel van het areaal natuur in en langs de kreken verloren is gegaan.

het doel van het onderzoek in het Waterspil-gebied is het bepalen van de consequenties van de voorgestelde peilverhoging voor het grondwater, waarbij het ging om de volgende aspecten:

- de freatische grondwaterstand;
- de diepteligging van het zoet-zout grensvlak;

- de mate van kwel en wegzijging;
- de kwaliteit van vooral het kwelwater

Voor het bepalen van de effecten op het grondwater is gebruik gemaakt van twee hydrologische modellen:

1. het regionale grondwater model TRIWACO om het effect van de peilverhoging op de kwel en wegzijging te berekenen;
2. het oppervlaktewater-grondwaterstromingsmodel HYDROM om het effect van de peilverhoging en de gewijzigde kwel en wegzijging op het freatisch grondwater te berekenen.

De berekeningsresultaten zijn verwerkt in kaarten waarop de verandering van de kwel en wegzijging zijn weergegeven, grafieken met de verandering van het grondwaterstandsverloop over het jaar en kaarten waarop per alternatief de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) zijn weergegeven.

Bijlage H geeft een schematisch overzicht van de uitgevoerde analyse van het topsysteem in het Axel gebied. Hierin wordt aangegeven hoe drie topsysteemthema's (hydrologische karakterisering, weerstand deklaag, relatie oppervlaktewater-grondwater) zijn uitgewerkt en:

- aan welke factoren processen, eigenschappen en parameters met betrekking op het topsysteem aandacht is gegeven;
- welke databestanden daarbij zijn geraadpleegd;
- welke analyse methode daarbij is gebruikt;
- met behulp van wat voor instrumentarium;
- welke eindproducten het opleverde.

Het topsysteem thema met betrekking op de weerstand van de deklaag wordt hieronder speciaal toegelicht in de tekst om aan te geven op welke manier de lithologische inventarisatie van de Holocene topklaag, uitgevoerd door de RGD aan de hand van de ondiepe boringen, in de analyse van het topsysteem is toegepast.

De lithologische inventarisatie uitgevoerd door de RGD heeft ertoe bijgedragen dat er een betere karakterisatie van het lokale hydrologische systeem gemaakt kon worden; bijvoorbeeld kaartjes met diktes en spreiding van de klei- en veenlagen behoudende tot de Westlandformatie, diepteligging van de geohydrologische basis gevormd door de Boomse Klei en gedetailleerde geohydrologische dwarsdoorsneden van de bovenste 10 meter.

De primaire toepassing heeft echter plaatsgevonden in de regionale hydrogeologische modellering door middel van de invoer van een meer gedetailleerde weerstand van de deklaag.

De weerstand van de deklaag, gebruikt als invoergegeven voor TRIWACO, is berekend als de som van de weerstand van de onderscheidende lagen Duinkerke-klei, Hollandveen, Calais-klei en Basisveen. Voor de specifieke weerstand van de 4

onderscheiden lagen zijn 4 waardes genomen voor geheel Zeeuwsch Vlaanderen aan de hand van bekende resultaten van pompproeven en ervaringen met modelleringen. Door het vermenigvuldigen van de specifieke weerstand met de dikte van elke onderscheiden laag en sommatie werd de weerstand van de deklaag verkregen. Voor de drainageweerstand zijn drie verschillende waarden gebruikt, afhankelijk van de dikte van de deklaag. Er is namelijk aangenomen dat er intensiever wordt gedraineerd bij een dikkere deklaag.

De informatie over de deklaag heeft geen toepassing gevonden in het oppervlaktewater-grondwater model HYDROM.

6.2.3 Conclusie over de toepassingen van de lithologische inventarisatie van de Holocene topklaag in Zeeland

De lithologische inventarisatie zoals uitgevoerd door de RGD voor geheel Zeeland heeft een databestand opgeleverd dat zeer frequent wordt geraadpleegd voor verschillende soorten toepassingen.

In eerste instantie worden de gedetailleerde deklaag gegevens gebruikt voor het inschatten van de effecten van ingrepen in de waterhuishouding gebruikt in lokale modelleringsstudie waarin ook de relatie grondwater-oppervlaktewater gemodelleerd worden. De lithologische inventarisatie zoals uitgevoerd door de voormalige RGD heeft het mogelijk gemaakt om een gedetailleerde hydrogeologische schematisatie van de topklaag te maken die is gebruikt in de modelstudie. Dit heeft naar grote waarschijnlijkheid geresulteerd in een verhoging van de betrouwbaarheid van de modelresultaten

Andere toepassingen van de lithologische inventarisatie zijn o.a. ondersteuning bij het verlenen van vergunningen door beter inzicht in gevolgen winningen door zettingen en het beter kunnen begrenzen van natuurgebieden door de kennis met betrekking op de ligging van kreekstelsels en geulen.

6.3 Integrale grondwaterverkenning stadsregio Rotterdam

6.3.1 Introductie

Het derde proefgebied betreft een stedelijk gebied namelijk de stadsregio Rotterdam.

De Afdeling Milieubeleid van de dienst van Gemeentewerken Rotterdam (MR) heeft behoefte aan informatie met betrekking tot grondwater voor het optimaal realiseren van haar taken in het beheersen van ernstige milieurisico's. Een van de taken die het meest gewicht heeft is de prioriteitsstelling in het kader van het bodemsaneringsprogramma. Er ontbreekt een instrumentarium waarmee een

rangschikking kan worden gemaakt van bodemverontreinigingsgevallen in volgorde van urgentie.

Relevante informatie met betrekking tot het grondwater is zowel binnen de Gemeente Rotterdam als daarbuiten volop aanwezig. Er is echter geen systematische en integrale informatievoorziening met betrekking tot de toestand van het bovenste grondwater.

Vanuit dit perspectief is MR een integrale verkenning van de toestand van het grondwater in de stadsregio Rotterdam begonnen. Het integrale karakter van de verkenning wordt als volgt omschreven:

- zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten worden behandeld;
- het onderzoeksgebied is niet beperkt tot de Gemeente Rotterdam maar betreft de stadsregio Rotterdam;
- de verkenning betreft niet alleen het vaststellen van de actuele situatie maar beoogt ook het opzetten van een monitoringnetwerk en de verwerking van de verzamelde informatie in een interactief informatiesysteem. Het informatiesysteem moet kunnen fungeren als gegevensbron voor het doen van voorspellingen aan de hand van modelsimulatie wat de mogelijkheid biedt om beleidsvarianten te simuleren.

Het onderzoeksgebied beslaat een gebied van 40*20 km² en omvat de stadskern van Rotterdam, de Nieuwe Waterweg en aanliggende havengebieden in Europoort en Botlek gebied, alsmede de aanliggende poldergebieden ten noorden en ten zuiden van de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas. De oostgrens van het gebied loopt over Kinderdijk.

Het project is in juni 1996 begonnen en wordt uitgevoerd door het Ingenieursbureau Rotterdam en NITG-TNO. Het project zal drie fasen omvatten met de volgende doelstellingen en activiteiten:

Fase 1:

- Inventarisatie van digitale beschikbare grondwaterinformatie bij NITG-TNO en Ingenieursbureau Rotterdam;
- Aanduiding van aanvullende vereiste informatie;
- Aanduiding beschikbare aanvullende informatie;
- Karakterisatie van het grondwatersysteem in de vorm van een conceptueel model;
- Aanvulling kennisleemtes.

Fase 2:

- Verzameling aanvullende informatie (in principe d.m.v. metingen);
- Kwantificatie bedreigingen grondwater d.m.v. simulatiemodel;
- Formulering aanbevelingen voor gemeentelijk beleid (met name monitoring).

Fase 3:

- Implementatie, indien nodig, van het monitoring netwerk;
- Operationalisering van het informatiesysteem.

Een Concept verslag van de eerste fase is in oktober 1996 uitgekomen. De bevindingen uit dit Concept verslag worden inde volgende secties weergegeven.

6.3.2 Gehanteerde methodologie

Het hoofddoel van het project is te komen tot een methodiek voor de prioritering van onderzoek en saneringen op het gebied van bodemverontreiniging met betrekking op het aspect bedreiging van de kwaliteit van het grondwater in de Stadsregio Rotterdam. De prioritering zal gebaseerd worden op de kwetsbaarheid en de bedreiging van het grondwatersysteem. Hiertoe veronderstelde men een gedetailleerde karakterisatie van het bovenste grondwatersysteem noodzakelijk.

De methodologie die gevolgd wordt volgt min of meer de beschrijving van het topsysteem aan de hand van de drie hoofdthema's:

1. hydrogeologische karakterisatie;
2. weerstand deklaag;
3. relatie oppervlaktewater-grondwater.

Als basis van het informatiesysteem wordt REGIS gebruikt. REGIS is een generiek software ontwikkel platform waarmee een voor een specifiek gebruik toegesneden systeemkan worden opgezet. In het kader van de eerste fase van het project zijn gegevens in REGIS verwerkt afkomstig van de volgende bronnen:

- Bodem Informatie Systeem (BIS) van het Ingenieursbureau Gemeentewerken van de gemeente Rotterdam;
- On-Line GrondwaterArchief (OLGA) van NITG-TNO;
- Digitale Grondwaterkaart van Nederland (basis van REGIS);
- Landelijke Hydrologische Systeemanalyse (LHS), deelrapport Noord -en Zuid-Holland ten zuiden van het Noordzeekanaal;
- Nationaal Grondwater Model (NAGROM) van Nederland.

Bijlage I geeft een overzicht van de geladen bestanden en gegevens per topsysteemthema.

Met behulp van beschikbare en binnen het project ontwikkelde functionaliteiten in REGIS en de opgeslagen informatie is kaartmateriaal vervaardigd met betrekking op de bodemopbouw, regionale grondwaterstromingen, grondwaterkwaliteit en grondwaterverontreinigingen.

Aangenomen wordt dat de beschikbare gegevens in OLGA, REGIS, LHS en NAGROM bekend zijn. Hieronder wordt het BIS verder beschreven daar het specifiek een informatiebestand voor de stadsregio Rotterdam betreft. Het Bodem Informatie Systeem van Ingenieursbureau Rotterdam bevat, onder andere:

- grondwaterstand;
- grondwaterkwaliteit;
- locaties van sonderingen;

- sondeergegevens;
- locaties en beschrijvingen van geotechnische boringen
- resultaten van geotechnische laboratoriumproeven op geotechnische boringen.

De grondwaterkwaliteitsgegevens hebben merendeel betrekking op het freatische grondwater tot 3m -mv en volgen uit onderzoeken die sinds 1993 door het Ingenieursbureau Rotterdam (Milieu) uitgevoerd zijn. Grondwatermonsters van grotere diepte werden in principe alleen bemonsterd en beschreven indien in de bovengrond of in het freatische grondwater verontreinigingen werden aangetroffen. Deze werden alleen geanalyseerd op de verdachte parameter en de gegevens zijn niet representatief voor de kwaliteit van het grondwater in het algemeen. In het diepte interval van 15-35 m zijn meer dan 5.000 analyses uitgevoerd.

Verdere gegevens van het diepe grondwater in BIS zijn verkregen in het kader van het "diep grondwateronderzoek", uitgevoerd in opdracht van Milieubeleid Rotterdam. Dit betreft een dertigtal bestaande nooddrinkwater en brandputten, met filters in het eerste watervoerende pakket, die tweemaal bemonsterd en geanalyseerd zijn op een breed pakket van parameters.

De geotechnische gegevens zijn ingevoerd sinds 1992 in BIS en hebben voornamelijk betrekking op de deklaag en het eerste watervoerende pakket.

Het grondwaterstand-informatiesysteem PROWAT van het Ingenieursbureau Rotterdam bevat gegevens met betrekking tot 1800 ondiepe peilbuizen en 180 diepe peilbuizen. De metingen vanaf 1990 van het vaste bestand zijn in REGIS geladen, ter aanvulling van de OLGA gegevens.

6.3.3 Ontsloten kennis en gevonden hiaten en leemten tijdens Fase 1

Hydrologische karakterisering

Op grond van geohydrologische analyse werd gesteld dat een tweelagensysteem bestaande uit een slechtdoorlatende deklaag en het eerste watervoerende pakket de grondwaterstroming determineren. Een globale aanduiding van infiltratie en kwelgebieden in de stadsregio werd reeds gegeven in de LHS. Deze gebieden zullen echter nader gedetailleerd moeten worden door toepassing van een simulatiemodel. De verdeling van freatische peilbuizen is te grof om een kaart te maken van de grondwaterstanden en van de kwel/infiltratie situatie.

Van het tweede watervoerende pakket is nauwelijks informatie beschikbaar waardoor het niet mogelijk is van dit pakket een betrouwbare stijghoogtekaart te produceren.

Om tot een gebiedsdekkend beeld van kwel/infiltratie te komen is men van plan om de geïnterpoleerde kaart van de gemiddelde freatische grondwaterstand te combineren met de kaart van polderpeilen.

Op basis van de beschikbare informatie uit BIS-MIL en OLGA kon een gebiedsdekkend beeld van de waterkwaliteit met betrekking op de macro-parameters

van de grondwaterkwaliteit in het eerste watervoerende pakket verkregen worden. Deze gegevens vindt de Gemeente Rotterdam van belang in het kader van verschillende functies van het grondwater zoals, nooddrinkwatervoorziening, ontwikkeling of handhaving van grondwaterafhankelijke natuurgebieden en om inzicht te kunnen bieden in de te verwachten grondwaterkwaliteit in planvormingsgebieden.

Ten aanzien van de micro-parameters kon op basis van de beschikbare gegevens geen gebiedsdekkend beeld van de waterkwaliteit gegeven worden.

Toch kon men uit de waterkwaliteitsgegevens concluderen dat er geen sprake is van een integrale verontreiniging van het eerste watervoerende pakket. Er konden gebieden aangegeven worden waar de concentraties van enkele parameters de streefwaarden overschreden.

Door Milieubeleid Rotterdam is een lijst opgesteld met puntbronnen die mogelijk of met zekerheid hebben geleid tot verontreiniging van het eerste watervoerende pakket. Dit is het resultaat van de Bijzonder Inventariserende Onderzoeken (BIO's) naar voormalige bedrijfsterreinen. Het is bekend om welke verontreinigingen het gaat. Deze locaties bevinden zich met name bij de havens langs de Maas en de Nieuwe Waterweg.

Weerstand deklaag

De kwetsbaarheid van het diepe grondwater wordt in grote mate bepaald door de dikte en samenstelling van de deklaag en de aanwezige grondwaterstromingsrichting (kwel of infiltratie).

De dikte van de deklaag is nagenoeg bekend maar de samenstelling is aanzienlijk moeilijker te beschrijven. De samenstelling wordt namelijk gekenmerkt door een grote ruimtelijke variabiliteit die enerzijds is veroorzaakt door de natuurlijke variatie in het afzettingspatroon van de samenstellende lagen en anderzijds door de kleinschalige antropogene beïnvloeding.

Men is van plan om het de informatie van de ondergrond zoals geleverd door TNO te controleren met aanvullende informatie binnen uit boringen en sonderingen beschikbaar in het BIS.

Relatie oppervlaktewater-grondwater

Digitale gegevens met betrekking tot het oppervlaktewater, waarvoor de Waterstaatskaart werd gebruikt, zijn niet gebiedsdekkend aanwezig voor het onderzoeksgebied. Bij de afdeling waterhuishouding van Gemeentewerken Rotterdam is voor een belangrijk deel van de stadsregio digitale informatie beschikbaar m.b.t. streefpeilen en de bijbehorende beheersgebieden. Deze informatie is ook ingevoerd in het informatiesysteem. Voor een gedeelte van de stadskern zijn echter geen gegevens beschikbaar.

De verschilkaart stijghoogte eerste watervoerende pakket minus oppervlaktewaterpeil werd als uitgangspunt genomen voor de definitie van de

kwetsbaarheid. Op die plaatsen waar het grondwater neerwaarts stroomt is het grondwater potentieel kwetsbaar voor verontreiniging.

De analyse van het topsysteem in de stadsregio Rotterdam ten behoeve van prioritering van saneringslocaties is in een beginfase. Het ter beschikking komen en de operationalisatie van verschillende landelijke en lokale gegevensbestanden voor de gemeente Rotterdam is de basis van de analyse. De antropogene bovenlaag heeft grote invloed op de hydraulische parameters van het topsysteem. Gegevensbestanden in eigen beheer bij de Gemeente Rotterdam, zoals ondiepe boringen en sonderingen, alsook freatische peilhoogtemetingen zullen ontsloten moeten worden om juiste analyse van de stroming van het grondwater te kunnen maken. In de analyse van het topsysteem in de stadsregio van Rotterdam zullen landelijke bestanden minder belangrijk zijn. De functionaliteiten van een LHTS data-en informatiesysteem zullen van belang zijn voor de analyse van de stedelijke hydrologie. Het gaat dan met name om de koppeling tussen REGIS en een functionaliteit om de lokale watersystemen op basis van stroomlijnen te berekenen met bijvoorbeeld MODFLOW/MODPATH of SIMGRO/SIMPAT/SIMSYS.

7 Voorstel Pilot LHTS

■ Doelstelling

- Methodologie en werkplan voor het uitvoeren van het LHTS project
- Aanduiding van mogelijke co-financiering in de uitvoering van het LHTS project

7.1 Inleiding

7.1.1 Doel van het voorstel

In het onderhavige Inceptierapport zijn de wensen en behoeften geïdentificeerd van een Landelijke Hydrologische analyse van het Top Systeem. Er is duidelijk behoefte aan een systematiek voor de analyse van het topsysteem op basis van ontsluiting en interpretatie van grote hoeveelheden bestaande gegevens.

Het doel van het voorstel wat in dit hoofdstuk beschreven is, is om een Pilot LHTS uit te voeren voor een aantal gebieden in Nederland over een periode van twee jaar. Na een succesvolle uitvoering van de Pilot LHTS zou een verdere landsdekkende LHTS ten uitvoering gebracht moeten worden.

7.1.2 Status

Dit voorstel maakt integraal deel uit van het rapport over de Inceptiefase van de LHTS. In hoofdstuk 5 zijn topsysteem thema's aangegeven die in een vervolgproject op de Inceptiefase uitgewerkt moeten worden.

Volgens de opdrachtverstrekking voor de Inceptiefase moet het Inceptierapport een voorstel doen voor een LHTS vervolgproject. Op basis van de informatie in het Inceptierapport en een toetsing van de haalbaarheid van het hier voorgestelde Pilot LHTS project moet er een beslissing genomen worden.

7.1.3 Achtergrond

De Inceptiefase van het LHTS project is officieel in juni 1996 gestart. Het belangrijkste product van de Inceptiefase zou een Inceptierapport moeten zijn op basis waarvan een beslissing genomen kan worden of een landsdekkende analyse van het topsysteem zinvol en haalbaar is.

De toepassingsmogelijkheden van een LHTS zijn in het Inceptierapport geïllustreerd aan de hand van voorbeeldgebieden. Hoewel de uitwerking van enkele topsysteemthema's in de proefgebieden zeer illustratief is voor de betekenis van een LHTS project en de producten die het kan opleveren, zijn verschillende aspecten niet voldoende of niet integraal met andere topsysteemthema's

uitgewerkt. Hiervoor was te weinig tijd beschikbaar. De proefgebieden zijn ook minder representatief om het concept van een landsdekkende exercitie voldoende beproefd te hebben. De toegepaste methodologieën in de proefgebieden kunnen wel voor een landsdekkende operatie gebruikt worden, maar er is tijdens de Inceptiefase nog geen data- en informatie management systeem ontwikkeld met analyse functionaliteiten, bijvoorbeeld aansluitend op REGIS, wat een belangrijk product van een LHTS project zou moeten zijn. Er is wel een aanzet gemaakt in de richting van de functionaliteiten van het systeem door middel van het aangeven van de te behandelen thema's.

De behoefte aan een systematiek voor de analyse van het topsysteem met ontsluiting van grote hoeveelheden beschikbare gegevens en de mogelijkheden die dat oplevert, is ook aangetoond tijdens de Inceptiefase.

Een volledige LHTS zou volgens de schattingen globaal de duur hebben van 6 jaar en een omvang van NLG 11.1 miljoen. De doelstellingen van een volledige LHTS zijn aangegeven in Hoofdstuk 4. De activiteiten die onderscheiden kunnen worden in een volledige LHTS zijn aangegeven in Tabel 4 op basis van thema's. Uitvoering zal echter plaatsvinden per lokale of regionale eenheid. Tevens is een indicatie aangegeven van het benodigde bedrag voor de uitvoering van de verschillende activiteiten.

De stap om reeds nu, op basis van de resultaten van de LHTS Inceptiefase, met een volledig landsdekkend LHTS project te beginnen is groot. Het lijkt zinvol en praktisch om een Pilot LHTS te beginnen voor enkele gebieden in Nederland met doelstellingen die afgeleid zijn van een volledige LHTS project. De producten van een Pilot LHTS zijn bouwstenen voor een volledige LHTS. Hierbij wordt een Pilotgebied gedacht als de eerste in een serie en als afgerond product

Als Pilotgebieden wordt voorgesteld om twee gebieden te kiezen, één in hoog-Nederland en één in laag-Nederland.

7.1.4 Doelstellingen

De doelstellingen van een Pilot LHTS zijn vierledig:

1. Methodologie voor bewerking van de geselecteerde topsysteemthema's;
2. Prototype van het LHTS data- en informatie management systeem;
3. Toegepaste LHTS methode en operationeel Prototype van het LHTS informatie systeem voor een aantal pilotgebieden in Nederland;
4. Co-financieringsmodel voor het volledige LHTS project.

Tabel 3 Activiteiten en budget van een volledig LHTS project (kNLG) op basis van thema's

Omschrijving van hoofd activiteit	Omschrijving van deel activiteit	Bedrag
Hydrogeologische karakterisering	inventarisatie van gegevens en geologische interpretatie	3.600
	veld en laboratorium onderzoek	400
	toolbox:	2.000
	afleiden geohydrologisch schema, in relatie tot schaal	
Relatie grondwater-oppervlaktewater	toekennen parameters kh, kv, porositeit	
	maken van digitale kaarten voor modelinvoer	
	ontwateringsdichtheden (Top10vector)	200
	vaststellen karakteristieken (inclus. veldonderzoek):	800
Topografie (watervoerendheid waterlopen)	intreeweerstand	
	dimensies waterlopen	
	ontwateringskarakteristiek voor Centrale Slenk, Westen (Holoceen), Keileem	
	toolbox:	300
Data verwerking en opslag	afleiden dichtheid, klasse en dimensies ontwateringsstelsel	
	bepalen drainageweerstand, ontwateringskarakteristiek	
	staalkaart	
	karakterisering maaiveldshoogtverdeling	500
Voorbeeldkaarten	ligging en grootte peilvlakken	
	ligging en dichtheid kunstwerken	
	diepte grondwater	
	veldonderzoek: toetsing beheersbaarheid en hydrologische werking	
Project management en rapportage	toolbox:	
	hydrologische werking ontwateringsmiddelen in relatie tot de grondwaterstand	
	ontwikkelen data toegang- en conversie modules	2.500
	ontwikkelen van programmatuur tv verschillende toolboxes	
Totaal	koppeling stroomlijnenprogramma	
	ontwikkelen procesflow management systeem	
	op- en neerschaalfunctionaliteit	
	representatieve kaarten die toepassing LHTS inzichtelijk maken	400
Totaal	rapportage/overleg/workshops	400
		11.100

De Hydrogeologische kartering en het ontwikkelen van het parametermodel van de deklaag is een activiteit van grote omvang. De benodigde inspanning is afhankelijk van het aantal ondiepe boringen per kaartblad en de status van de geologische

kartering. Een gedetailleerde weergave van de berekening van de benodigde inspanningen is gegeven in Bijlage F.

7.2 De producten van een Pilot LHTS

Tijdens de Inceptiefase is er al een gedeelte van de LHTS methodologie ontwikkeld en toegepast of beschreven aan de hand van proefgebieden. De ontwikkelde methodologie is echter niet voor alle topsysteem thema's integraal toegepast op een gebied. Tijdens een Pilot LHTS zal de methodologie verder uitgewerkt en getest moeten worden. De uitkomst van de Pilot LHTS zal een geconsolideerde methodologie zijn die verder landsdekkend toegepast kan worden.

De producten voor de pilotgebieden in de Pilot LHTS zijn:

Hydrogeologische karakterisering van het topsysteem

- Hydrogeologische schematisatie van het topsysteem
- parameter model voor de hydrogeologische schematisatie (kh, kv, porositeit)
- digitale kaarten geschikt voor modelinvoer

Karakterisatie van de relatie grondwater-oppervlaktewater

- dichtheden, klasse en dimensie van het ontwateringsstelsel
- drainageweerstanden en ontwateringskarakteristiek
- staalkaart

Topografie

- maaiveldhoogteverdeling
- hydrologische werking ontwateringsmiddelen in relatie tot grondwaterstand

Prototype van het topsysteem data- en informatie management systeem

- prototype van het LHTS data- en informatie management systeem met o.a. data opslag en conversie functionaliteiten, alsmede koppelingen met een stroomlijnenprogramma.
- toolboxes voor onder andere: schaalafhankelijke generatie van geohydrologisch schematisatie; toekenning van parameters kh, kv en porositeit; geochemische karakterisatie; digitale kaarten; genereren van dichtheden, klasse en dimensies ontwateringsstelsels; genereren van drainage weerstand; toekennen van hydrologische werking ontwateringsmiddelen in relatie tot grondwaterstand

Voorbeeldkaarten

- Representatieve kaarten van de verschillende ontwikkelde digitale bestanden met betrekking op de topsysteemthema's.
- Toepassingen van systeemanalyse kaarten zoals kwel en wegzijgingsgebieden.

Technische rapportage

- Een technisch rapport zal geschreven worden wat de methodologieën en ontsloten databestanden beschrijft en tevens aanmaakprocedures presenteert voor de ontwikkeling van typische topsysteem projecten door gebruik van het ontwikkelde topsysteem data en informatie prototype.

7.3 Planning

7.3.1 Deelprojecten

De Pilot LHTS kan in een aantal deelprojecten worden onderscheiden in verband met de ontwikkeling van verschillende topsysteemthema's en de ontwikkeling van het prototype data en informatie instrumentarium. De deelprojecten zullen uitgevoerd worden door verschillende organisaties.

De deelprojecten zijn:

- Deelproject 1 Hydrogeologische karakterisering van het topsysteem
- Deelproject 2 Topografie & Relatie grondwater-oppervlakte water
- Deelproject 3 Prototype LHTS data- en informatie management systeem

Deelproject 1, en 3 zullen uitgevoerd worden door het NITG (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, het voormalige TNO-GG en de RGD). De betrokken Afdelingen zullen Grondwater, Geo-Kartering en Geo-Informatiesystemen zijn. Het zwaartepunt van uitvoering voor Deelproject 1 ligt bij de Afdeling Grondwater en Geo-Kartering, en het zwaartepunt van Deelproject 3 bij Geo-Informatiesystemen.

Deelproject 2 zal uitgevoerd worden door het SC-DLO (Staring Centrum). De tijdsduur van de Pilot LHTS is 2 jaar. De gekozen proefgebieden zullen in volgorde behandeld worden.

De kosten raming voor de Deelprojecten in de Pilot LHTS is het volgende:

Deelproject 1	kNLG	500
Deelproject 2	kNLG	200
Deelproject 3	kNLG	400
Totaal Pilot project	kNLG	1.100

Voor de financiering van het Pilotproject wordt gedacht aan deelname van het Rijk (V&W, LN&V en VROM), de twee provincies waarvoor de Pilot wordt uitgevoerd, en de uitvoerende instituten. Op jaarbasis zou de verdeling voor de Pilot als volgt kunnen zijn:

Rijk (V&W, LN&V en VROM)	NLG ????
De 2 deelnemende provincies	NLG ????
De 2 uitvoerende instituten	NLG ????

Pilot project op jaarbasis NLG 550.000

De deelname van het Rijk in de Pilot LHTS wordt gerechtvaardigd omdat tijdens de Pilot LHTS nog een stuk methodologie verder uitgewerkt moet worden en het LHTS data en informatie management prototype ontwikkeld moet worden. In een volledig LHTS project zal de deelname van het Rijk aanzienlijk minder moeten zijn en de deelname van de Provincies toenemen.

7.3.2 Specificatie van de activiteiten

De activiteiten komen overeen met de activiteiten genoemd in Tabel 4 “Activiteiten en budget van een volledig LHTS project”, echter toegepast op de gekozen pilotgebieden.

Gezien de werkomvang van het ontwikkelen van het parametermodel van de deklaag zijn de benodigde activiteiten in detail beschreven in Bijlage F. De keuze van de Pilotgebieden bepaalt de omvang van de activiteiten en dus het budget.

7.4 Pilot LHTS project organisatie

De uitvoering van de Pilot LHTS voorziet, net zoals de LHTS Inceptiefase, in een nauwe samenwerking tussen het NITG-TNO en SC-DLO. De hoofduitvoerder van het project is het NITG-TNO die de algehele leiding en coördinatie van de Pilot LHTS op zich zal nemen.

Voor de onderscheiden deelprojecten worden er aanspreekpunten aangesteld bij de twee instituten.

De Pilot LHTS zal begeleid worden door een Begeleidingscommissie bestaande uit vertegenwoordigers van het Rijk, Provincies, Waterschappen en ander potentiële gebruikers van de LHTS eindproducten.

Naast een landelijke afspiegeling zal de Begeleidingscommissie een relatief sterke vertegenwoordiging hebben uit de pilotgebieden.

7.5 Pilot LHTS middelen en methoden

De LHTS Inceptiefase was verkennend, inventariserend en definiërend van karakter en heeft de behoefte onderzocht naar een landelijke hydrologische analyse van het topsysteem. Het Rijk en de deelnemende uitvoerende instituten hebben bijgedragen in de financiering van de Inceptiefase.

Het Pilot LHTS project wordt een gerichte toepassing in een aantal pilotgebieden van de in de LHTS Inceptiefase gedefinieerde methodologieën en concepten.

Naast de toepassing in een aantal pilotgebieden zal er verder gewerkt worden aan de methodologie ontwikkeling en zal er een data- en informatie management instrumentarium ontwikkeld moeten worden.

Het lijkt zinvol, logisch en gewenst om dit data- en informatie instrumentarium op REGIS te laten aansluiten.

De huidige REGIS implementatie bij de provincies laat een financieringsstructuur zien waarin het Rijk en de Provincies deelnemen in de kosten van ontwikkeling en implementatie.

Naaste de provinciale implementaties zijn er ook de eerste lokale REGIS implementatie zoals REGIS voor waterschappen in Drente en Overijssel en de toepassing van REGIS in Rotterdam voor een integrale grondwaterverkenning (zie ook paragraaf 6.3).

Het is gewenst om voor de Pilot LHTS en de latere mogelijk volledige landelijke invulling een financieringslijn op te bouwen bestaande uit Rijk, Provincie en mogelijke lokale gebruikers (Waterschappen, Drinkwaterleidingbedrijven, Terreinbeheerders) voor bijdragen in de kosten van ontwikkeling, implementatie en onderhoud.

7.6 Voortgangsbewaking

De Pilot LHTS zal voor de gekozen gebieden in volgorde worden uitgevoerd. De resultaten en producten van elk deelgebied zullen door de Begeleidingscommissie geëvalueerd worden om feedback te geven voor de aanpak van de andere pilotgebieden.

Er zullen kwartaal rapportages opgesteld worden die de voortgang van de Pilot LHTS beschrijven, de aangetroffen knelpunten en de acties die ondernomen zullen moeten worden en door wie om de knelpunten op te lossen. Tevens zal er aangegeven worden wat de doelen zijn voor de volgende kwartaalrapportage periode. Het kwartaalverslag bevat ook een onder over het kostenverloop van de Pilot LHTS.

De Pilot LHTS zal na afronding in zijn totaliteit geëvalueerd worden door een externe evaluatie commissie. Conclusie en aanbevelingen zullen gegeven worden voor het vervolg en de aanpak op landelijke schaal.

8 Toetsing haalbaarheid LHTS project

8.1 Nut van een methodiek voor een hydrologische analyse van het topsysteem

De resultaten van de uitwerking van de hydrogeologische schematisering in het Beerze en Reusel proefgebied spreken voor zich. De gedetailleerde hydrogeologische schematisatie op basis van de ondiepe boringen van de RGD heeft het mogelijk gemaakt om veel ondiepe watersystemen te classificeren, die anders onmogelijk gemodelleerd zouden kunnen worden. Invoering van de nauwkeurige geohydrologische parameters heeft een aanzienlijke invloed op de modelresultaten. Gezien de belangrijke functie van de watersystemen als “een van de dragers” van het omgevingsbeleid is het noodzaak om de ondiepe watersystemen zo nauwkeurig mogelijk te karakteriseren. Tevens is het noodzakelijk om de invloed van waterhuiskundige ingrepen in het topsysteem zo nauwkeurig mogelijk in te schatten vanuit het oogpunt van strategisch en operationeel waterbeheer.

In de twee andere beschrijvingen van de proef- of voorbeeldgebieden hebben zowel de vraagstelling van de provincie Zeeland als die van de Gemeente Rotterdam concreet betrekking op een analyse van het topsysteem. Er is een duidelijke behoefte naar de ontsluiting van gegevens omtrent het topsysteem.

Bij de Provincie Zeeland is verondersteld dat een geologische inventarisatie van de Holocene deklaag een realistischer geohydrologische schematisering oplevert waardoor de uitkomsten van subregionale grondwatermodellering die toegepast wordt voor de effecten voorspelling van ingrepen in de waterhuishouding nauwkeuriger zijn. Naast de directe toepassing voor de modellering wordt de geologische inventarisatie ook voor van andere onderwerpen gebruikt zoals de goedkeuring van onttrekkingen op basis van zettingsberekeningen.

Het project in de Gemeente Rotterdam is nog in een te vroeg ontwikkelingsstadium om nu al conclusies te trekken of de sanerings prioritering aan de hand van de integrale grondwaterverkenning met focus op het topsysteem zal lukken.

Een groot aantal digitaal beschikbare gegevens is in het data en informatie systeem REGIS opgenomen. Aan de hand van enkele gecombineerde bestanden kunnen wel al een gebiedsdekkend beeld van de grondwaterkwaliteit gemaakt worden op basis van de macro-parameters.

Er liggen echter nog veel belangrijke gegevens te wachten, zoals bijvoorbeeld sonderingen en ondiepe boringen die nog geïnterpreteerd moeten worden voordat zij meer informatie opleveren over de weerstand van de deklaag. Ook de anthropogene invloeden zullen gekarteerd moeten worden, met name die factoren die de weerstand van de deklaag in sterke mate beïnvloedt hebben zoals het aanbrengen van zandpalen, en de constructies van tunnels en diepe havenbekkens.

De identificatie van kwel en infiltratiegebieden en de stromingsrichting (aan te tonen door modelberekeningen) van het ondiepe grondwater is een belangrijk element in de risicoanalyse.

8.2 Rijpheid van de LHTS producten

De rijpheid van de LHTS producten kan het best gezien worden per topsysteemthema.

Hydrogeologische karakterisering

De producten zullen bestaan uit gegevensbestanden die een geohydrologische schematisering en een parameter model van de deklaag geven. De geologische schematisering van de deklaag is een geconsolideerde methode die zal toegepast worden op een bestaand stuwwater van gegevens. De parameterisering van de deklaag op landsdekkende uniforme schaal wordt gedaan aan de hand van een nieuwe methode die nog in ontwikkeling is.

Relatie grondwater-oppervlaktewater

De methode voor het vaststellen van de relatie is ontwikkeld in het kader van het Waternood project uitgevoerd door het Staring Centrum.

Topografie

Betreft een statistische bewerking en selectie van gegevens uit bestanden die beschikbaar komen.

Data- en informatie management systeem

Wanneer gekozen wordt voor het REGIS data-en informatie systeem en voldaan wordt aan koppelingsmogelijkheden (stekkerdoosfunctie) met andere informatiesystemen, dan vormt dit een zeer goede uitgangspositie. Hieraan zullen operationeel bewezen fysische modellen (zoals MODFLOW of SIMGRO) gekoppeld worden voor de stroomlijnberekeningen en andere analyses

8.3 Commitering eindgebruikers LHTS producten

De Pilot LHTS is een eerste stap in het vormen van een draagvlak voor de LHTS, wanneer twee provincies, naast het Rijk deelnemen. Tijdens de uitvoering van de Pilot LHTS moet het draagvlak met de potentiële eindgebruikers vergroot worden. Naarmate de Pilot LHTS met resultaten komt, worden de mogelijkheden voor draagvlakvergroting en co-financiering groter.

8.4 Kosten LHTS producten

In dit stadium kunnen de kosten voor de potentiële eindgebruikers van de LHTS producten, behalve de deelnemende partijen in de Pilot, nog niet aangegeven worden.

8.5 Uitvoeringsmodaliteiten LHTS project

LHTS Pilot project als eerste uitvoerende fase van een LHTS. De Pilot LHTS zal een thematische benadering volgen in Deelprojecten voor twee complete provincies. Kosten NLG 1,1 miljoen. Duur 2 jaar.

Er is deelname voorzien van het Rijk, de Provincies waarvoor de Pilot wordt uitgevoerd en eventueel Waterschappen.

De Pilot LHTS zal na 2 jaar geëvalueerd worden.

Na de Pilot kan een volledige LHTS starten, welke een gebiedsbenadering gaat volgen: Deelprojecten per Provincie. Totaal voorziene kosten op NLG 10 miljoen. De totale duur zal 4 jaar bedragen.

9 Referenties

- Baalen, S.J.A. van, Stoppelenberg, F.J., Garritsen, A.C., 1996
Kennisoverzicht instrumentarium verdrogingsbestrijding, NOV-rapport 13,
RIZA werkdocument WD96.142X
- Bakel, P.J.T. van, Braal, A.F. de, Geldof, G.D., Marsman, D.J., Remesal, L.M.,
van Merode en Luijendijk, J., 1995
Verstedelijking en verdroging. NOV-rapport 4-1
- Boumans, L., Breeuwsma, A., Duijvenboden van, W., Groot Obbink, D.J.,
Jelgersma, S., Straten van, H. en Wösten, J.H.M.
Kwetsbaarheid van het grondwater. Kartering van kenmerken van de
Nederlandse bodem in relatie tot de kwetsbaarheid van het grondwater voor
verontreiniging.
RIVM rapport 8403877003.
- Broers, H.P., Hoogendoorn, J.H., Houtman, H., 1994
Opbouw van het geohydrologisch lagenmodel van REGIS/Digitale
Grondwaterkaart, TNO Rapport nr. OS 94-04 A.
- Gemeentewerken Rotterdam/TNO-GG, 1996
Integrale Grondwaterverkenning Stadsregio Rotterdam
- Hoogendoorn, J.H., 1990.
Enige gedachtenvorming met betrekking tot ecohydrologie. TNO-GG.
Rapport PN 90-01-A.
- Kloosterman, F.H.; Witte, J.Ph.M.; Meijden, R.; van der, en Groen, C.L.G.; 1993.
Landelijke Hydrologische Systeemanalyse. Rapport deel II Midden-
Nederland. IGG-TNO. Rapport 93-41.
- Provincie Zeeland, 1995
Waterspil - Hydrologische aspecten
- Provincie Zeeland, Milieu en Waterstaat, Afdeling Waterbeheer, Bureau
grondwater
- Provincie Zuid-Holland, 1995
Leven door water - Waterhuishoudingsplan 95-96-97-98
- RGD, 1994
Geologische Inventarisatie Zeeuwsch Vlaanderen
Rijks Gelogische Dienst, Rapport nr BP 11.047

RGD, 1996

Lithologische Inventarisatie Holocene Afzettingen in Zeeland -Walcheren en Schouwen Duiveland
Rijks Geologische Dienst, Rapport nr 11.171

SAG, 1994

Catalogus digitale aardkundige bestanden
Samenwerkende Aardkundige Gegevensverstreckende instituten (SAG),
Wageningen

Stuyt, L.C.P.M., Cordes, C. en Tank, R.G.B.M. 1997

Three-dimensional path line modules 'SIMPATh' and 'SIMSYS' for finite element models.
Report 125 SC-DLO, Wageningen

Tank, R.G.B.M. en Stuyt, L.C.P.M. 1997.

Zicht op grondwaterstromingen met de modulen SIMPATh en SIMSYS.
Rapport 470 SC-DLO, Wageningen

Unie van Waterschappen, 1995.

De kaarten van tafel.

Unie van Waterschappen, 1995

Informatievoorziening in waterschapsland 1996-1998

VROM, 1996

Brochure Ruimtelijke Ordening op waterbasis-acht bouwstenen voor beleidsinnovatie van het Studieprogramma Ruimte Water Milieu

Weerts, H.T.J., 1996

Complex Confining Layers - Architecture and hydraulic properties of Holocene and Late Weichselian deposits in the fluvial Rhine-Meuse Delta, The Netherlands, Proefschrift Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen
Universiteit Utrecht

Waterschap De Drie Ambachten, Provincie Zeeland, Landinrichtingsdienst, 1997

Voorbeeldplan Waterspil -Peilverhoging in de ruilverkaveling Axel-
Inspecteur LBL, Landbouwcentrum, Goes

Zijl, W.; 1990. Three-dimensional flow systems analysis: II, Steady and unsteady flow systems and their relation to field-scale convective-dispersive transport of chemical constituents. DGV-TNO Rapport OS 90-14-B.

Bijlage A

**Bijlage A Overzicht van Zoekarchieven, bestanden en
Bronhouders van belang voor een analyse van
het Topsysteem**

BIJLAGE A Overzicht van Bestanden, Thema's en Bronhouders van belang voor een analyse van het Topsysteem

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
Bodemkaart	GWT	GWT is een code voor de grondwatertrap, een grondwatertrap geeft informatie over de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand	SC-DLO	1:50.000	1960-1990	ARC/INFO
Bodemkaart	Code	Code voor de bodemopbouw volgens de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000	SC-DLO	1:50.000	1960-1985	ARC/INFO
Profielbeschrijvingen	Laagnummer	Volgnummer van een horizont in het laagprofiel	SC-DLO		1960-	ORACLE
	Granulaire gegevens	Het percentage minerale delen per korrelgrootteklasse				
	Chemische gegevens	Analyse uitkomsten van chemische bepalingen aan een bodemhorizont				
	Fysische gegevens	Analyse uitkomsten van fysische bepalingen aan een bodemhorizont				
Boringen	GHG, GLG, Gt	Gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand en de vertaling naar een grondwatertrap ter plaatse van de boring	SC-DLO		1980-	ORACLE
	Grondgebruik	Het grondgebruik ter plaatse van de boring				
	Bewortelingsdiepte	Diepte van de beworteling				
	Laagnummer	Volgnummer van een horizont in een bodemprofiel				
	Korrelgrootte	Granulaire beschrijving van een bodemhorizont				
	Organische stofgehalte	% organische stof in een bodemhorizont				
Landelijk Grondgebruik NL	Grondgebruik	Dominante grondgebruik binnen een gridcel van 25 x 25 m	SC-DLO	25x25m	86,87,88,90,92,93	GIS raster
Landschapsecologische	Geomorf	Informatie over reliëf, aard van de	RPD	1x1 km	1965-1991	NEDMAP

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
Kartering Nederland	Bodemgt	terreinvorm en het vormingsproces				ARC/INFO ORACLE
	Grondwater	Relevante bodem- en grondwatertrapinformatie voor een ecologische standplaatsbeschrijving				
	Landschap	Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van het grondwater en oppervlaktewater				
	Fauna	Indeling in hiërarchische ecosysteemclassificatie d.m.v. ardinatie en clustertechnieken				
	IpiEco	Aanwezigheid van fauna onderverdeeld in groepen				
	EKG	Gegevens over landgebruik (IP) en vegetatie (ECO). Informatie over het aantal plantensoorten met een gelijke milieu-indicatie				
Bodemkwetsbaarheid voor verzuring en eutrofiering	Verzuring Eutrofiering	Gevoeligheid voor verzuring Gevoeligheid voor eutrofiëring	SC-DLO	1:250.000	1989	ARC/INFO
Bodemfysische kartering		Schematisatie van de gronden naar bodemfysische eigenschappen	SC-DLO		1988	ARC/INFO
Geschiktheid van de Nederlandse gronden voor ammoniakemissiearme mesttoediening		Geschiktheid voor emissiearme mesttoediening	SC-DLO	1:250.000	1991	ARC/INFO
Fysisch- en chemische karakterisering van de eenheden van de Bodem-	Horizont beschrijving	Een beschreven laag binnen een bodemprofiel	SC-DLO		1993	ARC/INFO
	Kenmerken	Modale waarden en spreiding per				

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
kaart van Nederland		horizont				
Fosfaatverzadigde gronden in mestoverschotgebieden	Klvpopp	Relatieve oppervlakte fosfaatverzadigde landbouwgronden binnen de cel, aangegeven in klassen	SC-DLO	2,5x2,5 km	1990-1992	ARC/INFO
Geschiktheid voor bosdoeltypen	Bosdoeltype	Geschiktheid voor bosdoeltypen	SC-DL	1:100.000	1991-1992	ARC/INFO
OLGA-geochemie	Locatieaanduiding Rijksnummer Maaiveld Bovenkant filter Onderkant filter Lengte filter Hoofdelementen Gassen Organische parameters Sporen elementen Isotopen Laboratorium Analyse label 1 Analyse label 2 Dichtheidsparameters	De gemeten waarden van de volgende componenten EC (ms/m) , pH9(-), KMnO4, CO2, Na, K, Mg, Fe, Mn, NH4, Al, Cl, HCO3, CO3, SO4, NO3, NO2, PO4, SiO2, NaHCO3, Hardheid (mmol/l), Kleur (mgPt/l)	NITG-TNO		1900-heden	OLGA
OLGA-geofysica	Locatieaanduiding Rijksnummer Maaiveld Litho-code boring K-waarde boring		NITG-TNO	1:50.000		OLGA

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
OLGA-geohydrologie	Datum Kwaliteit Afstand Richting Diepte Weerstand Datum boorgatmeting Kwaliteit Diepte boorgatmeting Litho-code boorgatmeting K-waarde boorgatmeting Locatieaanduiding Rijksnummer Maaiveld Bovenkant filter Onderkant filter Lengte filter Diameter filter Diameter stijgbuis meetpunt hoogte NAP Peil stand Bijzondere peiling Geohydrologische gebiedscode Formatie Watervoerende pakket code		NITG-TNO	1:50.000		OLGA
REGIS gidslagen	Morfologie Top Basis Dikte Verbreiding		NITG-TNO	1:50.000	-1992	ARC/INFO ORACLE
REGIS geohydrologisch	Top		NITG-TNO	1:50.000	-1992	ARC/INFO

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
lagenmodel	Basis Dikte Verbreiding Doorlatendheid Bergingscoefficient Waterlopen					ORACLE
REGIS Oppervlaktewater	Waterloop attributen	Ligging van de waterlopen op basis van informatie van de waterschappen Gegevens van waterloop segmenten: dimensies, peilen, watertoevoer, bodemweerstand	NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
	Watervlak attributen Kunstwerken	Ligging van de watervlakken Ligging van de kunstwerken op basis van informatie van waterschappen				
REGIS Isohyps	Grondwaterdiepte	Diepteligging van het stijghoogtevlak van het grondwater	NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
REGIS grondwaterkwaliteit			NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
REGIS zoet/zout grensvlakken			NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
REGIS kwel/Infiltratiekaarten			NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
REGIS bodemverontreinigingslocaties			NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
REGIS grondwateronttrekkingslocaties			NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
REGIS grondwaterbeschermings-zones			NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
REGIS Maaiveldshoogte	Maaiveldshoogtepunten	Gedigitaliseerde punten van 1:25.000	NITG-TNO			ARC/INFO ORACLE
		Topografische kaart met maaiveldshoogte				
Locatie bestand matig	Metagegevens van boringen dieper dan 10m		NITG-TNO	1:10.000	1820-nu	FORTAN

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
diepe boringen Matig diepe boringen	Algemene gegevens van boringen dieper dan 10 meter	Dit bestand bevat van boringen dieper dan 10m., de algemene gegevens en de lithologische laagbeschrijvingen	NITG-TNO	1:25.000	1820-nu	FORTTRAN
Geologische Kaart Hoofdkaart Profielen tot 100m Thematische kaarten Geomorfologische kaart	Geologische formaties	De naam van de formatie, hetgeen ook informatie geeft over de periode en ontstaanswijze van dit deel van de ondergrond	NITG-TNO	1:100.000	1964-	n.v.t.
	Geomorfologische kenmerken	De kenmerkende vorm van het aardoppervlak, welke ook informatie geeft over de ontstaanswijze van dit deel van de ondergrond	NITG-TNO	1:50.000	1975-1993	n.v.t.
Bovenkant Pleistoceen	Hoogte bovenkant Pleistoceen of, bij afwezigheid de bovenkant van vroeger gevormde formaties	Hoogtelijnen	NITG-TNO	1:500.000	1992-1993	ARC/INFO
Breukenkaart	Breukenkaart bovenkant van de Formatie van Maassluis	Deze kaart geeft de ligging van breuken aan, welke zichtbaar zijn in de bovenkant van een formatie. Een voorbeeld is de breukenkaart van de bovenkant van de Formatie van Maassluis	NITG-TNO	1:600.000	1970-1976	n.v.t.
Glaciale Bekkens	Diepte glaciale bekkens		NITG-TNO	1:600.000		n.v.t.
Verbreiding grind	Aanwezigheid grind		NITG-TNO	1:600.000	1980-1990	ARC/INFO
Verbreiding grof zand	Aanwezigheid zand		NITG-TNO	1:600.000	1964-	ARC/INFO
Verbreiding klei	Aanwezigheid klei		NITG-TNO	1:600.000	1990-1993	
Bovenkant formaties	Hoogte bovenkant formatie	Hoogtelijnen	NITG-TNO	1:100.000	1970-1993	ARC/INFO
Onderkant formaties	Hoogte bovenkant formatie	Hoogtelijnen	NITG-TNO	1:100.000	1970-1993	ARC/INFO
Dikte Hollandveen	Type veen	Indeling veen naar voedingsmilieu tijdens afzetting	NITG-TNO	1:100.000	1990-1993	ARC/INFO

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
Verbreiding kalksteen			NITG-TNO	1:600.000	1990-1993	ARC/INFO
Deklaagkaart IJsselmeer			NITG-TNO	1:250.000	1980-1985	ARC/INFO
Eemklei IJsselmeer	Dikte Eemklei	Isolijnen van gelijke dikte	NITG-TNO	1:250.000	1980-1985	ARC/INFO
Drenteklei IJsselmeer	Dikte Drenteklei	Isolijnen van gelijke dikte	NITG-TNO	1:250.000	1980-1985	ARC/INFO
Glaciale Bekkenkaart	Diepte glaciale bekkens		NITG-TNO	1:250.000	1980-1985	ARC/INFO
IJsselmeergebied						
Bovenkant grof zand	Hoogte bovenkant grof zand	Hoogtelijnen	NITG-TNO	1:250.000	1980-1985	ARC/INFO
IJsselmeergebied						
Bovenkant zand	Hoogte bovenkant zand	Hoogtelijnen	NITG-TNO	1:250.000	1980-1985	ARC/INFO
IJsselmeergebied						
Zuid-Limburg	Formatie of afzetting	Naam van de formatie	NITG-TNO	1:50.000	1990-1992	ARC/INFO
Overzichtskaarten						
Landelijk Meetnet	Algemene en meetbare kenmerken van het diepe grondwater (10, 15 en 25m beneden het maaiveld)	Fysisch chemische kenmerken Anorganische kenmerken Organische kenmerken	RIVM	400plus meetpunten	1985-nu	ARC/INFO INGRES
Grondwaterkwaliteit (LGM)						
Landelijk Meetnet	Algemene en meetbare kenmerken van de kwaliteit van de bodem en het bovenste grondwater	De volgende meetbare kenmerken worden jaarlijks opgenomen: bodempysische analyse veldmetingen anorganische macro-componenten spoorelementen bodemonsters grondwatermonsters Ca Cl ₂ -extracten bodemonsters organische micro's N-belasting van de bodem	RIVM	1:10.000	n.v.t.	ARC/INFO INGRES
Bodemkwaliteit (LMB)						
Belasting N,P,K, zware metalen	N-belast		RIVM	500 m	n.v.t.	ARC/INFO
Kwaliteitskaarten	N-concentratie	Nitraatstikstofconcentratie in het bovenste grondwater	RIVM	divers	n.v.t.	ARC/INFO
bovenste Grondwater (N,P,K, zware metalen)			RIVM	4000m	n.v.t.	ARC/INFO
Landelijk beeld kwaliteit diepe grondwater (5-15)			RIVM	4000m	n.v.t.	ARC/INFO
Landelijk beeld kwaliteit			RIVM	4000m	n.v.t.	ARC/INFO

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bronhouder	Schaal	Opname periode	Software type
diepe grondwater(15-30) Kwetsbaarheid Nitraatuitspoeling	N-kwetsbaarheid	Kwetsbaarheid van de nederlandse bodem voor nitraatuitspoeling op basis van bodemtype, grondwatertrap en gewas	RIVM	500m	n.v.t	ARC/INFO
N-stikstofconcentratie klein oppvlaktewater (zomer) N-stikstofconcentratie klein oppervlaktewater (winter)	N-concentratie	Nitraat-stikstofconcentratie klein oppervlaktewater	RIVM	25 km	n.v.t.	ARC/INFO
Gevoeligheid Atrazin	Residu	Residu 1 jaar na dosering in percentage van de dosering	RIVM	500m	n.v.t.	ARC/INFO
Kaartselectie nuttige neerslag Bodemdegradatiekaart Maaiveldhoogtebestand N.A.P. bestand WIS	Gemiddeld Neerslagoverschot	Gemiddeld neerslagoverschot	RIVM	500m	n.v.t.	ARC/INFO
Grootschalige Basis Kaart Nederland (GBKN)	Topografie		ISRIC Meetk. Dienst Meetk. Dienst Meetk. Dienst Kadaster	1:500 1:1.000 1:2.000 1:10.000		SUF2 DUF
Top10vector	Topografische punt-, lijn- en vlakinformatie	Uniform topografische bestand van geheel Nederland. De verschillende topografische elementen kunnen afzonderlijk of gecombineerd worden geselecteerd	Topografische Dienst			SUF2, DGN, DXF
Geologische DataBase (GDB) Ondiepe boringen	Grondsoortclassificaties		NITG-TNO	streefaantal van 5 per km ²	1957-nu	Digitaal
Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)	Maaiveldhoogte	Door middel van laser-altimetrie wordt een actueel landsdekkend	Meetkundige Dienst	1 hoogtepunt	1997-1999	

Bestandsnaam	Thema	Korte omschrijving	Bron- houder	Schaal	Opname periode	Software type
		hoogtebestand van Nederland opgebouwd in de periode 1997-1999		per 16m ²		

BIJLAGE A 2

Beschrijving gegevenssoorten in de landelijke versie van REGIS

Het volgende overzicht geeft een opsomming van de in de landelijke (werkstation) versie van REGIS voorkomende gegevenssoorten.

N.B. Dit overzicht is geen complete beschrijving van alle attributen van het datamodel!

1. PUNTGEGEVENS

Van elk puntgegeven worden basisgegevens opgeslagen zoals: TNO identificatiecode, coördinaten, maaiveldhoogte, kwaliteitslabel enz.

- a) **Litho/k-waarde kolommen**
Uit boorbeschrijvingen worden kenmerken geselecteerd die relevant zijn om hydraulische contrasten te onderkennen. Dit zijn met name textuurkenmerken. Deze kenmerken zijn op een eenduidige wijze gecodeerd. Aan elke in de boorbeschrijving onderscheiden laag is een permeabiliteit (k-waarde) toegekend. Deze k-waarden zijn gebaseerd op een aantal empirische verbanden tussen lithologische kenmerken en doorlatendheid.
- b) **Stratigrafische kolommen**
Voor circa 20% van de boorbeschrijving is door de RGD een volgens de nieuwste inzichten samengestelde stratigrafische kolom vastgesteld. De stratigrafie wordt weergegeven middels een eenduidige codering.
- c) **Geo-elektrische kolommen**
Van de geo-elektrische kolommen worden de geïnterpreteerde weerstandmodellen opgeslagen. (dus niet de veldmetingen).
- d) **Boorgatmeting kolommen**
De meetcurves van boorgatmetingen uit het archief van TNO worden vertaald in een lithologische beschrijving. De structuur van deze gegevens is gelijk aan de structuur voor litho/k-waarde kolommen. Elke onderscheiden laag is wederom voorzien van een k-waarde. De meetcurves van de boorgatmeting zoals gamma en weerstand worden niet in REGIS opgenomen.
- e) **Geohydrologische kolommen**
Geohydrologische kolommen zijn geohydrologische interpretaties van litho/k-waarde kolommen, boorgat kolommen en geo-elektrische kolommen. Aangegeven is de ligging van geohydrologische grensvlakken en k-waarden (K-vert., k-horiz. en bergingscoëff.) voor onderscheiden geohydrologische (gids)lagen.
- f) **Put- en pompproeven**
Opgeslagen worden de resultaten van put- en pompproeven zoals de afgeleide hydraulische parameters, gebruikte formules enz. (de meetcurves worden dus niet opgeslagen).
- g) **Grondwaterstanden**
In REGIS is ruimte voor de opslag van grondwaterstandstijdreeksen. Deze gegevens worden niet standaard door TNO aangeleverd doch alleen op verzoek.

- h) Grondwaterkwaliteitsgegevens
In REGIS kunnen grondwaterkwaliteitsanalyses worden opgenomen. Deze gegevens worden niet standaard door TNO aangeleverd doch alleen op verzoek.
- i) Grondwateronttrekkingen
In REGIS kunnen tijdreeksen met frequenties van maand-, kwartaal- of jaartotalen worden opgeslagen. Deze debieten kunnen worden gerelateerd aan een pompfilter, pompput of winningsveld. In het landelijke REGIS systeem van TNO bevinden zich geen tijdelijke- en kleine winningen (kleiner dan ca 10.000 m³/jaar).
- j) Zoet/zout kolommen
Zoet/zout kolommen zijn interpretaties uit grondwaterkwaliteitsgegevens, geo-elektrische gegevens, en boorgatmetingen. Zoet/zout kolommen geven aan op welke dieptes grensvlakken tussen zoet - brak - zout grondwater voorkomen.
- k) Bodemverontreinigingslokaties
De ligging van bodemverontreinigingslokaties worden in REGIS als puntgegevens opgeslagen. Attributen zijn: type verontreinigingslokatie, identificatie, gebruikscod (bij vuilstorten), bron en datum.
- l) Kunstwerken oppervlaktewater
In REGIS wordt de ligging van oppervlaktewaterkunstwerken zoals stuwen, gemalen, sluizen, overlaten enz. als puntgegevens opgeslagen.
- m) Maaiveldhoogte
REGIS bevat maaiveldhoogte gegevens afkomstig van de topografische kaart 1:25.000. Deze gegevens worden aangevuld met maaiveldhoogtegegevens van TNO (onder andere maaiveld bij peilputten) en indien beschikbaar gegevens uit andere bronnen..

2. LIJNEN, VLAKKEN en RASTERS
- a) Verbreiding gidslagen als lijn en vlak
 - b) Contouren en rasters van de top en basis van gidslagen en watervoerende pakketten
 - c) Contouren en rasters van de geohydrologische parameters zoals KD- en c-waarden en bergingscoëfficiënten.
 - d) Kwel en infiltratiegebieden als vlak en raster. Onderscheiden zijn kwel- intermediaire- en infiltratiegebieden voorzien van een hoeveelheidsklasse.
 - e) Isohypsens van de voorjaarsgrondwaterstand in de vorm van contouren en rasters.
 - f) Grondwaterbeschermingszones als vlak met als attribuut naam beschermingszone en type gebied.
 - g) Maaiveldhoogte als raster van 100 m x 100 m
 - h) Waterlopen als lijnen. Attributen zijn o.a.: identificatie codes, type waterloop, zomer en winterpeil, dimensies waterlopen (natte omtrek), intreeweerstand, wateraanvoermogelijkheden enz.
 - i) Waterlopen als vlakinformatie, met als attributen: percentage open water, gemiddeld cq representatief zomer- en winterpeil, gemiddelde cq representatieve intreeweerstand, dimensies enz.
 - j) Basistopografie
Deze topografie is afkomstig van een bestand van Topografische Dienst (schaal 1:200.000). Attributen zijn: wegen, waterkenmerken (kustlijnen en waterlopen), spoorlijnen, landsgrenzen, provinciegrenzen, gemeentegrenzen, steden en dorpen. Deze topografische kaart wordt niet standaard door TNO geleverd, maar moet worden aangeschaft bij de TDN-Emmen. Het is mogelijk andere topografische kaarten te gebruiken binnen REGIS.

Bijlage B

**Bijlage B Analyse schema gewenste grondwatersituatie
Noord-Brabant sector Natuur**

Bijlage B Analyseschema gewenste grondwatersituatie Noord-Brabant sector Natuur

Doelstelling (primair): Het ontwikkelen en beproeven van een methode waarmee voor de gehele provincie Noord-Brabant een voor de natuur optimale grondwatersituatie kan worden bepaald. Deze grondwatersituatie dient ruimtelijk te kunnen worden weergegeven met behulp van kaarten

Topsysteem Analyse	Factoren, Processen, Eigenschappen, Trends, Situaties en Parameters	Data Analyse-methode	Gebruikte Databestanden	Eindproducten	Conclusies
Hydrologische karakterisering	Referentiegrondwaterstand	Hydrologische karakterisering bodemtypen Percentuele verdeling referentie-gws over grondwatertrappen	- Bodemkaart 1:50.000 - Hoogtepunten 1:10.000	Referentie grondwater-standenkaart	In het Pleistocene en Holocene deel van Noord-Brabant bestaat een duidelijke relatie tussen bodemvorming en hydrologische condities
	Referentie kwelgebieden	Toedeling kwelkans (klasse indeling) aan bodemeenheden door middel van combineren van verschillende onafhankelijke gegevensbronnen	- Bodemkaart 1:50.000 - Militaire kaart 1850 - Hoogtepunten 1:10.000 - Stijghoogtenkaart - Gradiëntenkaart	Referentie-kwelgebieden kaart	Plausibele indicatie van kwelgebieden geconfirmeerd door combineren van gegevensbronnen. Voldoende aanwezigheid van informatie
Toetsing	Ecosystemen Historische flora- en vegetatiegegevens Freatische GWS '52-'58 Vroegere hydrologische condities	Toetsing referentie grondwaterstanden en kwelgebieden	- FLORIVON-0 - FLORBASE - C.O.L.N. gegevens - Veldstudies - Archiefgegevens	Toetsing kaartbladen referentie grondwaterstand en kwelgebieden	- FLORIVON levert beperkte informatie. - Goede overeenstemming tussen historische vegetatiegegevens (archief) en de natuurlijk wenselijk geachte hydrologische situatie. - C.O.L.N. gegevens geven geen eenduidige onderbouwing. - Er moet meer aandacht aan inundatie gegeven worden
	Chemische samenstelling kwelwater	Kwel/infiltratie karakteristiek op basis van historische vegetatiegegevens Analyse van chemische samenstelling geologische formaties, het vermoedelijke traject van geïnfilteerd water en actuele grondwater-kwaliteitsmetingen	Grondwaterkwaliteitsmetingen	Kwelkwaliteitskaart	Grote overeenstemming tussen kwelkwaliteitskaart en historische vegetatiegegevens Beperkte mate van detail door het ontbreken van voldoende historische grondwaterkwaliteitsmetingen
Synthese	Ecosystemen	Overeenkomst tussen de hydrologische referentiesituatie en potentiële standsplaatsenkaart met ecologische streefbeelden provincie	- Ecoserie-typologie CML - Natuurdoelen provincie	Ecologische streefbeeld Potentiële standplaatskaarten	

Bijlage C

**Bijlage C Samenstelling Begeleidingcommissie
Inceptiefase LHTS**

LHTS Begeleidingscommissie:

Naam	Instelling	Afdeling/Functie	Adres	PC/woonplaats	Tel.	Fax
H.R. van Otterloo	Ministerie van VROM/DGM/DWL		Postbus 30945	2500 GX DEN HAAG	070-3394230	070-3391317
N.G.J. Straathof	Ver. tot Behoud Natuurmonumenten		Noordeinde60	1243 JJ 's-GRAVELAND	035-6559727	035-6561314
H.L.M. Rolf	NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Senior Geohydroloog	Postbus 5	2060 BA BLOEMENDAAL	023-5413333	023-5256105
A.C. Garritsen	Rijkswaterstaat	RIZA	Postbus 17	8200 AA LELYSTAD	0320-298795	0320-249218
A. Oldenkamp	Waterschap IJsselland-Baakse Beek		Kerkplein 8	7261 AZ RUURLO	0573-452310	0573-451160
G. Hof	Ministerie van LNV	Directie Wetenschap en Kennis-overdracht	Postbus 20401	2500 EK DEN HAAG	070-3793911	070-3479147
R.H.C.M. Awater	NV Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland	Diensthooft Stafbureau	Postbus 15	7000 AA DOETINCHEM	0314-328111	0314-328234
G. Kant	Waterschap de Dommel	Hoofd Afdeling Beleid	Postbus 10001	5280 DA BOXTEL	0411-618421	0411-618375
Z.C. Vonk	Hoogheemraadschap Alblasserwaard en Vijfherenlanden		Postbus 102	4200 AC GORINCHEM	0183-653899	0183-633882
P.W. Veel	Provincie Noord-Holland	Dienst Milieu en Water	Houtplein 33	2012 DE HAARLEM	023-5174242	023-5143830
A. Molenaar	Gemeentewerken R'dam	Milieubeleid	Postbus 6633	3002 AP ROTTERDAM	010-4897026	010-4896231
P.J.Kusse	LBL	Hydrologie en bodem	Postbus 20021	3502 LA UTRECHT	030-2858650	030-2858999
J.W. Stellingwerf	Provincie Zuid-Holland	Hoofd Afd. Water en Milieu	Postbus 90602	2509 LP DEN HAAG	070-4416227	070-4417831

Projectteam LHTS:

Naam	Instelling	Afdeling/Functie	Adres	PC/woonplaats	Tel	Fax
P.J.T. van Bakel	Staring Centrum	Afd. Waterbeheer	Postbus 125	6700 AC WAGENINGEN	0317-474305	0317-424812
H.Th.L. Massop	SC-DLO	Afd. Toegepaste Hydrologie	Postbus 125	6700 AC WAGENINGEN	0317-474307	0317-424812
J.P. Weijers	NITG-TNO	Afd. Hydrogeologie	Postbus 126	6400 AC HEERLEN	045-5763763	045-5716909
P. Kiden	NITG-TNO	District Zuid	Postbus 35	5670 AA NUENEN	040-2832798	040-2832245
A.J.H. Negenman	NITG-TNO	Afd. Grondwater	Postbus 6012	2600 JA DELFT	015-2696818	015-2564800

(Filenaam: m/gw98/adres/lhts9872.doc)

**Bijlage D Discussiestuk Eerste Bijeenkomst LHTS
Begeleidingscommissie en Verslag van de
Eerste Bijeenkomst**

Discussienota

De Landelijke Hydrologische Analyse van het Top Systeem (LHTS)

TNO Grondwater
en Geo-Energie
Staring Centrum-DLO
Rijks Geologische Dienst

Discussienota ten behoeve van de eerste bijeenkomst van
de LHTS Begeleidingscommissie op 18 September 1996

Schoemakerstraat 97
Postbus 6012
2600 JA Delft

Datum

11 September 1996

Telefoon 015 269 69 00
Fax 015 256 48 00
Telex 38071 zptno nl

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 1996 TNO

Inhoud

1	Inleiding	1
	1.1 Het beleidskader.....	1
	1.2 Recente ontwikkelingen.....	1
	1.3 Nadere uitwerking van de watergebonden samenhang.....	2
	1.4 De hydrologische systeemanalyse	3
2	Het schaalprobleem in de hydrologie in relatie tot de systeemanalyse	5
	2.1 Nadere analyse van het schaalprobleem	5
	2.2 De topsysteemanalyse	6
	2.3 Mogelijke consequenties voor de LHTS.....	6
3	Geraadpleegde literatuur	8
4	Vraag- en discussiepunten.....	9

1 Inleiding

1.1 Het beleidskader

In een dicht bevolkt land als Nederland wordt zeer intensief gebruik gemaakt van de beschikbare leefomgeving. Er zijn grenzen aan de manier waarop van de ruimte gebruik wordt gemaakt. Het betekent ook dat de verschillende vormen van bodemgebruik elkaar beïnvloeden. De opgave van het omgevingsbeleid is de wensen van de verschillende gebruikers van de ruimte af te wegen en te komen tot een evenwichtig beleid en beheer op het gebied van ruimtelijke ordening, water en milieu.

Om de opgave van goed omgevingsbeleid goed te kunnen invullen is daarnaast o.m. kennis nodig over:

- a. de wijze waarop de verschillende vormen van gebruik de fysieke omgeving beïnvloeden;
- b. welke eisen aan de fysieke leefomgeving worden gesteld. Daarbij is een splitsing in de omgevingscomponenten: bodem, water en atmosfeer gebruikelijk.

Het kenmerk van water en atmosfeer is het zogenoemde vlottende karakter, hetgeen zoveel betekent dat water en lucht stromen en er via deze media een ruimtelijke samenhang is. Immers, water of lucht die door een bepaalde vorm van gebruik worden beïnvloed kunnen via water- en luchtstromingen een andere plaats (met een andere bestemming) bereiken, alwaar de opgetreden beïnvloeding als ongewenst kan worden beschouwd. Het 'in beeld brengen' van deze samenhang is een noodzakelijke voorwaarde om goed omgevingsbeleid te voeren.

Één van de 'beeldvormers' is de ruimtelijke samenhang via de grondwaterstroming. Alvorens dit nader uit te werken zullen recente ontwikkelingen worden geschetst die maken dat er een versterkte aandacht is voor water als een van de 'dragers' van het omgevingsbeleid.

1.2 Recente ontwikkelingen

Recente ontwikkelingen geven aanleiding tot een versterkte aandacht voor de relatie tussen bestemming en inrichting enerzijds en het water- en milieubeleid en -beheer anderzijds:

- in de Vinex is een van de leidende principes voor ruimtelijke ordening de indeling van Nederland in grondwatersystemen. Doel daarvan is dat mogelijke negatieve gevolgen van verandering van bestemming zoveel mogelijk worden vermeden en de ruimtelijke uitstraling te beperken;
- in de voorbereiding op de 4e Nota waterhuishouding is er een versterkte aandacht voor de ruimtecomponent van het water ('Ruimte voor water', 1996);
- in diverse provincies worden studies uitgevoerd (o.a. Zuid-Holland) of acties ondernomen (o.a. Noord-Brabant) om bij de vastlegging van bestemmingen in

streekplannen en in bestemmingsplannen meer rekening te houden met de ruimtelijke relaties via grond- en oppervlaktewater, teneinde een duurzame inrichting en beheer te realiseren;

- in het overleg tussen gemeenten en waterschappen wordt in toenemende mate gelet op de samenhang tussen ruimtelijke ordening en waterbeheer;
- realisatie van de natte ecologische hoofdstructuur vindt vooral plaats op locaties die grondwater van elders krijgen aangevoerd. Daarbij is het van belang te weten waar het grondwater vandaan komt, welke belasting in de intrekgebieden heeft plaatsgevonden of welke belasting nog zal optreden en hoe lang het duurt voordat de belasting het gebied bereikt;
- een eis bij uitbreiding van bebouwd gebied is dat het grondwatersysteem niet wordt beïnvloed (van Bakel e.a., 1995). Voldoen aan deze eis betekent dat kennis nodig is over de grondwaterstroming en de invloed van inrichtingsmaatregelen hierop;
- op het gebied van regionaal integraal waterbeheer en verdrogingsbestrijding zijn of worden talrijke projecten uitgevoerd. Één van de succesfactoren daarbij is dat wordt aangesloten op de grondwatersystemen;
- voor (het stop zetten van) de winning van grondwater is de herkomst van het opgepompte water van het grootste belang, in verband met het aanwijzen van bodembeschermingsgebieden. Ook is de beïnvloeding van de kwelsituatie in natuurgebieden (i.c. de beïnvloeding van de grondwaterstroming) hierbij een belangrijk aspect. Een gedetailleerde systeemanalyse kan, zeker in de planvormingsfase, op beide vragen een antwoord geven.

1.3 Nadere uitwerking van de watergebonden samenhang

Vanuit het oogpunt van gebruik van de omgeving is er sprake van grondgebonden en watergebonden gebruik. In het vervolg zullen we ons beperken tot gebruik van de ruimte waarbij de kwantitatieve en/of kwalitatieve hoedanigheid van het grondwater een rol speelt.

Bij elke vorm van gebruik zijn twee aspecten van belang:

- a. de eisen die gesteld worden aan de waterhuishouding;
- b. de beïnvloeding van de milieucompartiment water.

Ad a: van m.n. de economisch belangrijke vormen van grondgebruik, zoals landbouw en bebouwing, is goed bekend welke eisen worden gesteld aan het grondwaterstandsverloop en aan de chemische samenstelling van het grondwater (bijvoorbeeld het chloridegehalte). Voor ecologisch belangrijke vormen van bodemgebruik zijn de eisen veel minder bekend, temeer daar het hierbij niet alleen gaat om de kwantitatieve grondwatersituatie maar ook om een meer gedetailleerde chemische samenstelling van het grondwater (in vergelijking met bijvoorbeeld de landbouw) ter plaatse van de standplaats. Indien nu het gewenste grondgebruik bekend is (bijvoorbeeld via streekplannen of de functiekaart in de provinciale waterhuishoudingsplannen), kan de gewenste grondwatersituatie ruimtelijk nader worden weergegeven.

Ad b: de kwantitatieve en kwalitatieve beïnvloeding van het grondwater is sterk afhankelijk van de vorm en intensiteit van het gebruik en vormt onderwerp van talrijke studies, o.a. in het kader van de WSV.

Door middel van grondwaterstroming vindt transport van water plaats. Dit betekent dat water afkomstig van bestemming x bestemming y kan bereiken en het dus voor realisatie van bestemming y van belang welke mogelijke beïnvloedingen van x afkomstig zijn. Voor realisatie van bestemming x kan het van belang zijn of daardoor op andere plaatsen een ongewenste beïnvloeding plaats vindt. De consequentie hiervan is dat min of meer bekend moet zijn hoe de ruimtelijke samenhang is via de grondwaterstroming. Een hulpmiddel bij het in beeld brengen van deze ruimtelijke samenhang is de hydrologische systeemanalyse. Indien de systeemanalyse is uitgevoerd voor verschillende tijdssituaties, dan kan daaraan tevens kennis over de temporele samenhang aan worden toegevoegd. Te denken valt hierbij aan de dynamiek van de systemen (permanent/alleen in de winter, 's winters lokaal/ 's zomers steeds groter wordend, etc.).

In het verleden is onvoldoende aandacht geweest voor de onderlinge samenhang lucht en water, met als gevolgen o.a. verdroging, verzuring, vermisting en versnippering. De reden voor deze onachtzaamheid is veelal geweest een onvoldoende kennis van de ruimtelijke (en temporele) samenhang van allerlei ingrepen in het grondwatersysteem. Er was en is derhalve grote behoefte aan een instrument om deze samenhang goed in beeld te brengen. De toepasbaarheid van dit instrument wordt sterk bepaald door de mogelijkheid de relevante processen op het geëigende schaalniveau te beschrijven. In hoofdstuk 2 wordt betoogd dat daarvoor een goede analyse van het zogenoemde topsysteem noodzakelijk is. Een dergelijke analyse is een verbijzondering van de hydrologische systeemanalyse, die hieronder in het kort zal worden beschreven.

1.4 De hydrologische systeemanalyse

Bij een hydrologische systeemanalyse wordt o.a. een kaart of figuur gemaakt waarop grondwatersystemen staan weergegeven. Een grondwatersysteem of grondwaterstromingstelsel is een in de ondergrond en aan het landoppervlak begrensde 3-dimensionale eenheid die bestaat uit een dynamisch stelsel van stroombanen met infiltratie- en kwelgebieden. Binnen die eenheid zijn de infiltratiegebieden gekoppeld aan de kwelgebieden (Claessen, workshop LHS, 25-9-92). Het bekendste produkt zijn de kaarten vervaardigd in het kader van de Landelijke Hydrologische systeemanalyse: LHS (Kloosterman e.a., 1993). Ze geven grondwatersystemen weer op een schaal 1 : 400.000. Bij de vervaardiging is vooral gebruik gemaakt van gegevens van het diepe grondwater en veel minder van gegevens van het ondiepe grondwater en het oppervlaktewatersysteem.

Door diverse auteurs (o.a. Hoogendoorn, 1990; Zijl, 1990) is gewezen op het feit dat grondwatersystemen afhangen van de schaal waarop ze worden afgebeeld, en

de kwaliteit van de gebruikte gegevens. Dit kan betekenen dat grondwater a.h.w. anders gaat stromen als wordt ingezoomd of meer gedetailleerde gegevens worden gebruikt. De bestaande systemenkaarten kunnen derhalve voor sommige toepassingen een fundamenteel onjuist beeld schetsen van de grondwaterstroming (veelal aangeduid als het schaalprobleem in de hydrologie). Juist als het gaat om het weergeven van de lotgevallen van water heeft deze constatering verregaande consequenties. Hierop zal nader worden ingegaan via een uiteenzetting van het schaalprobleem.

2 Het schaalprobleem in de hydrologie in relatie tot de systeemanalyse

2.1 Nadere analyse van het schaalprobleem

Het voornaamste doel van een hydrologische systeemanalyse is het weergeven van de ruimtelijke samenhang via het grondwater. Om een aantal redenen is dat niet eenvoudig:

- a. systemen zijn afhankelijk van de schaal;
- b. systemen zijn probleemafhankelijk;
- c. systemen zijn ingreepafhankelijk;
- d. systemen zijn tijdafhankelijk.

Al deze punten vragen om een nadere toelichting die hieronder zal worden gegeven.

De schaalafhankelijkheid

Water stroomt van plaatsen met een hoge potentiaal naar plaatsen met een lage potentiaal, waarbij de fluxdichtheid evenredig is met de gradiënt in stijghoogte en de doorlatendheid (wet van Darcy). In een 3-dimensionale ruimte, zoals een grondwatersysteem, is de verdeling van de potentialen in de regel zeer grillig. De richting van de stroming is daarbij de resultante van dit potentiaalveld. Er zijn als het ware meerdere krachten werkzaam. Echter, water kan maar op één manier stromen. Bij opschaling wordt het microreliëf in de stijghoogtes glad gestreken, met als gevolg dat sommige krachten wegvallen (denk bijvoorbeeld aan een waterloop als aantrekker van grondwater). Dit kan tot gevolg hebben dat water bij verschaling volgens de theorie anders gaat stromen. Dit is natuurlijk niet het geval maar een gevolg van het verschalen.

Ook bij een weergave van een 3-dimensionale stroming in een 2-dimensionaal vlak kan dit verschijnsel optreden omdat krachten die niet in het vlak zijn opgenomen maar toch werkzaam zijn, worden weggelaten.

De probleemafhankelijkheid

De wijze waarop systemen moeten worden weergegeven hangt af van de vraagstelling. Bijvoorbeeld, het intrekgebied van een waterwinning is vooral afhankelijk van de regionale grondwaterstroming. Echter, het 'intrekgebied' van de standplaats van een natuurterrein is vooral afhankelijk van de lokale grondwaterstroming.

De ingreepafhankelijkheid

Ingrepen die de kwantitatieve grondwaterstroming beïnvloeden, beïnvloeden daarmee ook de grondwatersystemen. Bijvoorbeeld, een grondwaterwinning creëert zijn eigen systeem, bestaande uit het intrekgebied van de winning en de winning zelf.

De tijdafhankelijkheid

Hiervoor is gesteld dat de grondwaterstroming de resultante is van potentiaalverschillen. Één van de werkzame potentialen is de freatische grondwaterstand maar zeker in Nederland de open-waterstand. Deze kennen een jaarlijkse gang. Daardoor zal de grondwaterstroming ook een jaarlijkse gang kennen met als mogelijk gevolg een voortdurend wisselen van de systeemgrenzen, inclusief het tijdelijk wegvallen van bepaalde systemen. Het is duidelijk dat deze wisseling sterker is naarmate de seizoenswisseling sterker is in verhouding tot de min of meer permanente potentiaalverschillen.

2.2 De topsysteemanalyse

Het topsysteem is grofweg de bovenste 10 à 20 m van het grondwatersysteem. Uitgezonderd gebieden zonder ontwateringsstelsel kan gesteld worden dat het merendeel van de grondwaterstroming plaats vindt in deze laag en wel om de volgende redenen:

- Nederland kent een intensief ontwateringssysteem;
- door de anisotropie (verticale doorlatendheid kleiner dan de horizontale) wordt de grondwaterstroming a.h.w. gedwongen ondiep plaats te vinden (is wiskundig eenvoudig aantoonbaar).

Daardoor heeft de grondwaterstroming vooral in de winter een lokaal karakter. Voor de Achterhoek bijvoorbeeld is berekend dat meer dan 80% van het neerslagoverschot via lokale grondwaterstroming (op het niveau van percelen) wordt afgevoerd. Bij een regionale systeemanalyse wordt deze stroming niet (goed) in beeld gebracht. Zoals hiervoor is betoogd kan dit leiden tot een verkeerde voorstelling van zaken.

Een andere constatering is dat de kennis over de hydrologische eigenschappen van het topsysteem en van de interactie van het grondwater met het oppervlaktewater van het grootste belang zijn en dat de gegevens daarover slecht bekend zijn. Er zijn derhalve redenen om te onderzoeken of de LHS hiaten vertoont en of het zinvol is nader in te zoomen op het topsysteem via een Landelijke Hydrologische Analyse van het Top Systeem (LHTS).

2.3 Mogelijke consequenties voor de LHTS

De bovengeschetste problemen overziende kan men zich de volgende vragen stellen:

- heeft het maken van systeemanalyse van het topsysteem wel zin;
- zo ja, op welke wijze dient deze LHTS te worden uitgevoerd;
- en op welke wijze dienen de resultaten van een dergelijke systeemanalyse te worden gepresenteerd en gebruikt.

De zinvolheid

Op de eerste vraag kan vooralsnog bevestigend worden geantwoord. Immers, vooral bij ingrepen die niet of nauwelijks de grondwaterstroming kwantitatief

beïnvloeden, verschaft een goede systeemanalyse een onmisbaar inzicht in de ruimtelijke samenhang via het grondwater. De bestaande systeemanalyse is qua schaal voor sommige toepassingen echter niet of minder geschikt. De inceptiefase dient hierover meer duidelijkheid te verschaffen.

De wijze van uitvoering

Bij elke systeemanalyse wordt impliciet of expliciet gekozen voor een bepaalde ruimte- en tijdschaal, heeft de systeemanalyse betrekking op een bepaalde toestand (bijvoorbeeld de huidige situatie) en wordt uitgegaan van een bepaalde kennis over de parameters en variabelen.

Ook bij een eventuele uitvoering van de LHTS moet hierover expliciet van gedachten worden gewisseld. In hoofdstuk 4 wordt hiertoe een eerste aanzet gegeven.

Wijze van presentatie en gebruik

Bij de wijze van presentatie en gebruik zijn 3 hoofdoplossingen denkbaar:

- a. er wordt een systemenkaart met toelichting gepresenteerd;
- b. er wordt (een) methode(n) aangereikt om de systeemanalyse voor elk specifiek probleem uit te voeren;
- c. er worden meerdere systemenkaarten gepresenteerd (verschillende schalen, ingrepen en situaties), op grond waarvan de gebruiker kan inschatten wat voor zijn situatie toepasbaar is.
- d. (een mix van voorafgaande oplossingen).

Methode a. is gevolgd bij de landelijke hydrologische systeemanalyse maar heeft als nadeel het beschrijvend karakter die alleen adequaat is voor 1 schaalniveau.

Methode b. levert de mogelijkheid tot maatwerk maar betekent een grotere belasting voor de gebruiker. Bovendien veronderstelt het dat de conceptuele problemen bij verschalen zijn opgelost. De flexibiliteit van deze methode is echter groot. In het licht van de verwachting dat door het gebruik van GIS, geostatistiek e.d. steeds meer 'kaarten van tafel verdwijnen' (Unie van waterschappen, 1995), is dat een steeds groter wordend voordeel.

Methode c. lijkt het meest aantrekkelijk maar vergt de grootste inspanning. Het gebrek aan flexibiliteit (nieuwe data vergen een voortdurende aanpassing, zelfs indien ingreep en schaal vast staan), blijft echter als nadeel bestaan.

Ook op dit punt is discussie gewenst (zie hoofdstuk 4).

3 Geraadpleegde literatuur

- Bakel, P.J.T.; van, Braal, A.F.; de, Geldof, G.D.; Marsman, D.J.; Remesal, L.M.; van Merode en Luijendijk, J.; 1995. Verstedelijking en verdroging. NOV-rapport 4-1.
- Hoogendoorn, J.H.; 1990. Enige gedachtenvorming met betrekking tot ecohydrologie. DGV-TNO. Rapport PN 90-01-A.
- Kloosterman, F.H.; Witte, J.Ph.M.; Meijden, R.; van der, en Groen, C.L.G.; 1993. Landelijke Hydrologische Systeemanalyse. Rapport deel II Midden-Nederland. IGG-TNO. Rapport 93-41.
- Unie van Waterschappen, 1995. De kaarten van tafel.
- Zijl, W.; 1990. Three-dimensional flow systems analysis: II, Steady and unsteady flow systems and their relation to field-scale convective-dispersive transport of chemical constituents. DGV-TNO Rapport OS 90-14-B.

4 Vraag- en discussiepunten

De workshop heeft tot doel te komen tot een gedachtenwisseling over de volgende hoofdpunten:

- I. De allereerste vraag is of de mogelijke toepassingen en doelgroepen, zoals hierboven en in het projectvoorstel geschetst, aanvulling behoeven (bijvoorbeeld drinkwaterleidingbedrijven).
- II. De inhoudelijke discussie zal worden gevoerd aan de hand van de volgende stellingen.
 1. Op allerlei terreinen is er behoefte aan een adequate beschrijving van de hydrologie van het topsysteem.
 2. Bij de vervaardiging van de kaarten van de landelijke hydrologische systeem-analyse is om allerlei redenen minder aandacht geschonken aan het topsysteem.
 3. De lappendeken (en wellicht ook overlap) van te beschouwen gebieden waarvoor een analyse van het topsysteem wenselijk wordt geacht noopt tot een geïntegreerde en landelijke aanpak.
 4. De bestaande producten van de landelijke hydrologische systeemanalyse zijn minder geschikt voor de toepassingen op subregionale en locale schaal en behoeven een nadere detaillering.
 5. De LHTS moet inzicht verschaffen in de schaalafhankelijkheid (zowel ruimte als tijd), de probleemafhankelijkheid (welke problemen) en de gevoeligheid van de systemen voor ingrepen in de waterhuishouding.
 6. Voor de LHTS zijn 2 productielijnen denkbaar:
 - a. het levert primair kaarten voor subregionale en regionale toepassingen (schaal 1 : 100.000) en secundair methoden om hierop in te zoomen;
 - b. het levert primair een methodiek om systemenkaarten te maken en secundair daadwerkelijk systemenkaarten (ter illustratie).
 7. De LHTS gaat uit van bestaande gegevenbestanden die algemeen, landsdek-kend en digitaal beschikbaar zijn.
 8. De gegevens van het oppervlaktewatersysteem en de geohydrologische eigen-schappen van de bovenste 10 à 20 m behoeven een nadere interpretatie en ana-lyse.
 9. De LHTS gaat uit van de huidige situatie m.b.t. het bodem- en watergebruik en

-beheer en van een gemiddelde winter- en zomersituatie.

10. Voor het vervaardigen van een systeemanalyse is het gebruik van numerieke methoden voor bepaling van de grondwaterstroming en stroomlijnen c.q. padlijnen een noodzakelijk onderdeel.
11. De LHTS moet ook extra informatie opleveren over de chemische eigenschappen van het topsysteem, voor zover van belang voor het beschrijven van het gedrag van stoffen die in water worden meegevoerd.
12. De vorm en inhoud van de producten van de LHTS kunnen per regio verschillen.

Verslag Eerste Bijeenkomst LHTS Begeleidingscommissie
18 september 1996

Presentielijst:

Tabel 1 LHTS Begeleidingscommissie

Naam	Instelling	Mutatie
H.R. van Otterloo	VROM/DGM	vervangt G.W Ardon
N.G.J. Straathof	Ver. tot Behoud Natuurmonumenten	
H.L.M. Rolf	NV Prov. Waterleidingbedrijf Noord-Holland	
F.A.M. Claessen	Rijkswaterstaat	wordt vervangen door Garritsen
A. Oldenkamp	Waterschap IJsselland-Baakse Beek	
T. Garritsen	Rijkswaterstaat	zal Claessen vervangen
R.H.C.M. Awater	NV Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland	
G. Kant	Waterschap de Dommel	
Z.C. Vonk	Hoogheemraadschap Alblasserwaard en Vijfherenlanden	
P.W. Veel	Provincie Noord-Holland	vervangt Stellingwerf
J. Bouwmans	LBL	verving deze sessie Kusse
A. Roelofsen	Gemeentewerken Rotterdam	aanvulling representatie Gemeente Rotterdam, verving Molenaar

Tabel 2 Projectteam LHTS Inceptiefase

Naam	Instelling	Mutatie
P.J.T. van Bakel	SC-DLO	
H.Th.L. Massop	SC-DLO	
J.P. Weijers	Rijks Geologische Dienst	
B.B.T Wassing	Rijks Geologische Dienst	verving Kiden en de De Groot, beiden RGD
A.J.H. Negenman	TNO Grondwater en Geo-Energie	

Opening

De middagleider *Claessen* opent de bijeenkomst. De presentie van de LHTS Begeleidingscommissieleden en het LHTS projectteam worden vastgesteld en zijn vermeld in Tabel 1 en 2. Er wordt een kennismakingsronde gemaakt.

Mutaties in de samenstelling van de LHTS Begeleidingscommissie zijn als volgt:

Garritsen zal *Claessen* per omgaande vervangen als begeleider van de LHTS bij Rijkswaterstaat. *Van Otterloo* vervangt *Ardon* bij VROM/DGM

De heer *Veel* zal hoogstwaarschijnlijk *Stellingwerf* vervangen. De heer *Veel* neemt dan deel voor het IPO Grondwater Vakberaad.

De Gemeente Rotterdam (en de VNG) zal waarschijnlijk door *Molenaar en Roelofsen* vertegenwoordigd worden.

Claessen licht de totstandkoming van de LHTS Inceptiefase toe.

Toelichting op de LHTS Inceptiefase

Negenman, van TNO Grondwater en Geo-Energie, geeft een toelichting op de ontwikkelingsdoelstelling en de specifieke doelstellingen van de LHTS Inceptiefase en de rol van de Begeleidingscommissie. De ontwikkelingsdoelstelling van de Inceptiefase is het aantonen van de wenselijkheid en haalbaarheid van een LHTS project. De Begeleidingscommissie heeft hierin een belangrijke adviserende en sturende rol.

Op een informatieve vraag van *Oldenkamp* of de LHTS een databestand wordt, een methode, of een model antwoordt *Negenman* dat de beantwoording van deze vraag een van de doelstellingen is van de Inceptiefase.

Garritsen noemt de mogelijke link van de NOV projecten 13 en 14 met de LHTS.

Introductie Discussienota "De Landelijke Hydrologische Analyse van het Top Systeem"

Van Bakel, van het Staring Centrum DLO, geeft een introductie van de Discussienota die de basis vormt voor de discussie.

Er worden een aantal informatieve vragen gesteld en opmerkingen geplaatst:

Roelofsen vraagt of het rioleringsysteem in de stedelijke gebieden ook onderwerp is van de analyse en of het effect van lekkende rioleringen (drainerend of infiltrerend) op het hydrologische systeem wordt medebestudeerd.

Van Otterloo benadrukt de noodzaak voor een analyse van de kwalitatieve aspecten van het grondwater en dat deze in de LHTS moeten worden meegenomen.

Awater stelt dat het belangrijk is onderscheid te maken in parameters (k-waarde) en toestandsvariabelen. Hij benadrukt ook de tijdsafhankelijkheid van de processen in het topsysteem.

Claessen merkt op dat de LHS is ontwikkeld voor een landsdekkende kartering van (regionale) grondwatersystemen. De LHTS dient hiermee compatibel te zijn. *Claessen* geeft tevens een

nadere toelichting op de doelstellingen van de eerder uitgevoerde LHS en de geproduceerde kaartbeelden.

Garritsen vraagt of de verzadigde zone onderdeel uitmaakt van de LHS. *Van Bakel* stelt van niet.

Inhoudelijke discussie aan de hand van de Discussienota

Op voorstel van *Claessen* en in overleg met Van Bakel wordt de volgorde van bespreking van de Stellingen in de Discussienota aangepast.

Stelling 2: Bij de vervaardiging van de kaarten van de landelijke hydrologische systeemanalyse is om allerlei redenen minder aandacht geschonken aan het topsysteem

Claessen: Of wat mist er in de LHS?

Veel: Aspecten met betrekking op Verdroging worden in de LHS niet toegelicht omdat het processen in de subsystemen betreft. Ook de processen in het duinsysteem zijn van andere orde grootte en vallen buiten het schaalbereik van de LHS.

Roelofsen: Stedelijk gebied lijkt een blinde vlek op de "Flyer" van de LHS die met de Discussienota is verzonden (dit betreft Utrecht in Midden Nederland) en lijkt niet in overweging te zijn genomen. In het stedelijk gebied zou je op een schaal van 1:25.000 moeten werken.

Rolf: De LHS voldoet misschien voor ondersteuning van landelijke beleidsvorming, maar voor gedetailleerd onderzoek zoals bij de PWN mist het detail. De LHS is een startpunt van het onderzoek in een bepaald gebied.

Claessen: Wat is er dan wel nodig?

Rolf: Wat nodig is, is een methodiek die de ingreep-, tijd-, en probleemafhankelijk in het topsysteem aankan. Kaarten zijn niet echt nodig, maar wel kennis van relevante parameters. Relevante parameters zijn o.a.:

- bodemweerstand en slootweerstand;
- doorlatendheden deklaag;
- ruimtelijke ligging en eigenschappen watergangen.

Roelofsen: Voor het stedelijk gebied moet detail informatie verzameld worden. Bv. het rioleringsstelsel moet integraal opgenomen worden.

Oldenkamp: Het waterschap is vooral geïnteresseerd met betrekking op informatie op standplaats niveau. De bodemkaart van 1:50.000 geeft onvoldoende informatie: bij een detail kartering van 1:10.000 komen nogal grote verschillen aan de dag.

Awater: Er is onvoldoende geld beschikbaar om massaal gegevens te gaan verzamelen. Langzamerhand zal dit opgebouwd moeten worden.

Veel: Er moet niet opnieuw gedacht worden aan het ontwikkelen van kaartbladen, maar meer aan een methodiek die aansluit op bestaande databases en informatiesystemen. LHS voldoet in een aantal gevallen maar is te grof voor een probleemgericht onderzoek.

Claessen: Recapituleert dat de LHS een globale aanduiding geeft, maar dat er behoefte is aan informatie met betrekking op bodemweerstand, gegevens van waterlopen en eigenschappen van de deklaag.

Stelling 4. :De bestaande producten van de landelijke hydrologische systeemanalyse zijn minder geschikt voor de toepassingen op subregionale en lokale schaal en behoeven een nadere detaillering.

Iedereen is het hiermee eens. Veel aspecten met betrekking op deze Stelling zijn onder Stelling 2 besproken.

Stelling 5: De LHTS moet inzicht verschaffen in de schaalafhankelijkheid (zowel ruimte als tijd), de probleemafhankelijkheid (welke problemen) en de gevoeligheid van de systemen voor ingrepen in de waterhuishouding

Claessen: Een landelijk systematiek zoals een LHS wordt wenselijk geacht, maar lijkt ondoenlijk op een voor de waterschappen benodigde schaal van 1:10.000. Er moet gedacht worden aan een verfijning van REGIS, een "top-REGIS", waarbij een concept aangereikt dient te worden hoe om te gaan met het schaalniveau.

Stelling 7 De LHTS gaat uit van bestaande gegevensbestanden die algemeen, landsdekkend en digitaal beschikbaar zijn.

Men is het eens met deze stelling. REGIS dient hiervoor als basis gebruikt te worden. Een landelijk toepasbare systematiek moet hierbij ontwikkeld worden met een vastgesteld dataformat.

Stelling 8: De gegevens van het oppervlaktewatersysteem en de geohydrologische eigenschappen van de bovenste 10 à 20 m behoeven een nadere interpretatie en analyse.

Er wordt gesteld dat er nog een interpretatieslag gedaan moet worden van een aantal bestaande gegevensbestanden zoals de interpretatie van de ondiepe ondergrond/daklaag gegevens van de RGD en de oppervlaktewatergegevens van de waterschappen (waterschapslegger). De vraag is welke gegevens c.q. parameters nodig zijn.

Stelling 6: Voor de LHTS zijn 2 productielijnen denkbaar:

- het levert primair kaarten voor subregionale en regionale toepassingen (schaal 1 : 100.000) en secundair methoden om hierop in te zoomen;
- het levert primair een methodiek om systemenkaarten te maken en secundair daadwerkelijk systemenkaarten (ter illustratie).

Kaarten worden niet wenselijk geacht, zeker niet op landelijke schaal. In plaats van landsdekkende bestanden wordt er meer over een uniforme systematiek gesproken die inzicht kan verschaffen op de effecten van ingrepen op lokaal niveau en die kaarten kan produceren.

Rolf: Kaarten géén doel. Wat nodig is een bestand met essentiële informatie en consistente data voor modellering, d.w.z. een methodiek die de schaalproblematiek aankan.

Stelling 9.: De LHTS gaat uit van de huidige situatie m.b.t. het bodem- en watergebruik en -beheer en van een gemiddelde winter- en zomersituatie.

Dit is vooral ingreep- en probleemafhankelijk. Daarnaast is er een verschil tussen stedelijk en landelijk gebied.

Stelling 10: Voor het vervaardigen van een systeemanalyse is het gebruik van numerieke methoden voor bepaling van de grondwaterstroming en stroomlijnen c.q. padlijnen een noodzakelijk onderdeel.

Men is het daarmee eens.

Stelling 11: De LHTS moet ook extra informatie opleveren over de chemische eigenschappen van het topsysteem, voor zover van belang voor het beschrijven van het gedrag van stoffen die in water worden meegevoerd.

Roelofsen: Met betrekking op de micro-parameters is dit een stap te ver.

Awater: Wel macro-parameters meenemen

Rolf: In ieder geval is het noodzakelijk om te weten hoe het water stroomt. In het algemeen is er weinig informatie beschikbaar over een aantal parameters. Wel dié parameters meenemen die bekend zijn.

Stelling 12: De vorm en inhoud van de producten van de LHTS kan per regio verschillen.

Men is het eens met deze Stelling.

Stelling 3: De lappendeken (en wellicht ook overlap) van te beschouwen gebieden waarvoor een analyse van het topsysteem wenselijk wordt geacht noopt tot een geïntegreerde en landelijke aanpak.

Het gaat meer om een landelijke toepasbare methode die bijvoorbeeld aansluit op REGIS, integreerbaar is met andere bestanden en uniform toegepast kan worden.

Stelling 1: Op allerlei terreinen is er behoefte aan een adequate beschrijving van de hydrologie van het topsysteem.

Te algemene Stelling om nu nog op te reageren.

Samenvattend:

- Er is behoefte aan samenhangende informatie over het topsysteem;
- Een systematiek, bestaande uit opslag van informatiebestanden, moet worden ontwikkeld die toepasbaar is voor de analyse van het Topsysteem;
- Bij de systematiek behoort een handleiding die aangeeft hoe de systematiek toe te passen bij het bepalen van effecten van ingrepen en hoe kaarten gemaakt kunnen worden;
- Er moeten géén systeemkaarten gemaakt worden. De ontwikkelde systematiek moet het wél mogelijk maken om kaarten te maken. Het moet geen landelijk kaartstelsel worden. Wel met voorbeelden van kaarten die ontwikkeld kunnen worden;
- De systematiek moet het liefste aansluiten op bestaande systemen e.g. REGIS;
- De chemie moet in beperkte mate meegenomen worden.

Op de vraag of er nog meer toepassingen zijn voor een LHTS wordt er geantwoord:

1. Verdrogingseffecten van drainerende riolen in stedelijk gebied;
2. Hydrogeologie van de VINEX locaties;
3. Neerslag afvoer van woonwijken;
4. Verstoring deklaag bij grote infrastructurele werken (tunnels);
5. Het stopzetten van grondwateronttrekkingen;
6. Ontwerp van "tailormade" monitoringnetwerken;

7 Regenwater aanwezigheid in kwelgebieden.

Op de vraag of er nog meer doelgroepen zijn die gebruik kunnen maken van een LHTS wordt er geantwoord: adviesbureaus (via ONRI).

Rondvraag

Claessen vraagt wat er met de uitkomsten van deze discussiemiddag gedaan wordt.

Negenman zegt dat er een verslag gemaakt zal worden van de bijeenkomst welke verspreid zal worden onder de leden van de Begeleidingscommissie.

De volgende bijeenkomst van de Begeleidingscommissie zal plaatsvinden op 13 december 1996, om 9:30 in Utrecht. Het vergaderzalen complex in het Beatrixgebouw wordt als een goede accommodatie geëvalueerd en is goed bereikbaar voor iedereen en wordt aanbevolen voor 13 december.

Er wordt nagesproken over de bijeenkomst onder het genot van een drankje.

Bijlage E Overzicht van Holocene en Pleistocene profieltypen

Holocene profieltypen

H1:

Voor het Holocene deklaag-profieltype H1 (zie tabel. . mariene en fluviatiele afzettingen langs de grote rivieren) bieden de geologische profieltypen voldoende informatie. In gebieden waar de kartering is afgerond kan de verbreiding en diepte van de slechtdoorlatende lagen direct uit de geologische kaart in combinatie met boorgegevens worden gehaald (zie project Zeeland). In gebieden waar de kartering nog niet is afgerond, kan een indeling gemaakt worden in: kartering in eindfase en/of in bewerking en kartering moet nog beginnen.

Kartering in bewerking en/of eindfase:

Ten opzichte van de afgeronde kartering dienen hier vaak nog inspanningen verricht te worden om te komen tot een eindmodel van het stratigrafisch model, dat wil zeggen aanvullende lithostratigrafische interpretatie van gegevens (b.v. boringen) en het verwerken tot geologische kaarten. Dit is bijvoorbeeld het geval bij kaartblad 40west (tussen Arnhem en Nijmegen).

Kartering in beginfase:

In het Overijssels-Vechtgebied, Bommelerwaard en langs de Maas in noord-Limburg heeft nog geen systematische kartering plaatsgevonden. Ten eerste zullen hier de basisgegevens, boringen, sonderingen enz. verzameld dienen te worden. Voor enkele gebieden zijn deze reeds door anderen verzameld, zoals in het rivieren gebied door de Universiteit van Utrecht. In andere gebieden zal afhankelijk van het gewenste detail het nodig zijn gegevens in het veld te verzamelen, door middel van boren en/of sonderen.

H2:

Dit is een uitbreiding van het H1-profieltype met slecht-doorlatende afzettingen uit de Formatie van Twente.

Naast de geologische kaart dienen hier ook in beperkte mate diepere gegevens voorhande te zijn, zoals boringen tot enkele 10-talle meters en/of verbreidingskaarten van de afzettingen van de Formatie van Twente. Hier kan men een indeling maken in gebieden die wat betreft de kartering, in een afgerondings- of in een beginstadium verkeren.

Gekarteerd:

Dit zijn bijvoorbeeld de zeeuwse-eilanden Schouwen-Duiveland (kaartbladen: 42 en 43) en Utrecht (kaartblad 31oost).

Kartering in beginstadium:

Dit zijn de gebieden Oost-Flevoland (kaartblad 20 en 26oost), IJsselmonding (21west) en delen van Noord- en Zuid-Holland.

H3:

Onder de afzettingen uit het H2-type liggen hier afzettingen uit het Eemien en/of Formatie van Drente, Urk of Eindhoven.

Dit type treft men voornamelijk aan in Noord-Nederland.

De kartering afgerond op de kaartbladen 10 en 11west gelegen in Friesland.

De kartering moet nog beginnen op de kaartbladen: 5 (noord-Friesland), 6 (Groningen), 14 (noord-Holland), 15 en 16west (zuid-Friesland en noordelijk deel Noordoost-polder), 33oost (Ijssel),

H4:

Dit zijn de gebieden waar de afzettingen in de glaciale bekkens uit de Formatie van Drente tot de deklaag dienen te worden gerekend. Dit zijn de Bekkens van Haarlem, Amsterdam en Flevoland. Sommige delen van deze bekkens zijn met meer dan 100 meter fijnkorrelige afzettingen gevuld. Naast de informatie uit de geologische profielen dienen ook gegevens over de diepere afzettingen gebruikt te worden.

Kaartblad 25oost (Amsterdam) is in een vergevorderd stadium van de kartering, dit in tegenstelling tot kaartblad 26west (zuid-Flevoland).

H5:

Onder Holocene afzettingen van de Westland Formatie liggen afzettingen van de Formatie van Twente op keileem van de Formatie van Drente of Peelo (potklei). Deze gebieden vinden we voornamelijk in noord-Groningen op de kaartbladen 3, 7 en 8. Deze kaartbladen zijn in bewerking. Zowel de ondiepe als ook de matig-diepe gegevens dienen nog nader onderzocht te worden.

H6:

In Zeeuw-Vlaanderen, Walcheren, noord- en zuid-Beveland en West-Brabant ligt onder de Westland Formatie en Formatie van Twente afzettingen van de Formatie van Tegelen.

Deze gebieden zijn gekarteerd.

H7:

Dit zijn de duingebieden. De geologische kaart geeft hier geen uitsluitel over de ligging van slechtdoorlatende lagen. Hier is men afhankelijk van aanvullende gegevens, te denken is aan bijvoorbeeld georadar.

H8:

Dit betreft de rivierduinen in het rivierengebied. Inhoeverre hier spraken is van een afdekkend pakket dient nog onderzocht te worden.

Pleistocene profieltypen

P1:

Dit profieltype betreft de gestuwde gebieden, gelegen in midden-Nederland, in Overijssel, Montferland en bij Nijmegen. In deze gebieden bestaat een dikke onverzadigde zone en is er geen sprake van een deklaag.

P2:

In deze gebieden bestaat de deklaag uit slechtdoorlatende afzettingen van de Formatie van Twente. Deze vinden we in zuid-oost-Drente, Salland, Achterhoek, randen van de stuwwallen in midden-Nederland, de Peel en midden-Brabant. Deze afzettingen kunnen 20 meter dik zijn.

Gekarteerd is kaartblad 52west (Peel).

In bewerking is het kaartblad 34west (Achterhoek).

In een beginstadium verkeren de kaartbladen: 21oost (zuid-oost-Drente), 27oost en 28west (Salland en Twente), 41west (Achterhoek) en 57west (Kempen).

P3:

Afzettingen van de Formatie van Twente liggen op Eemien afzettingen en/of op keileem (Formatie van Drente). Deze profielopbouw vinden we in de Gelderse vallei (kaartblad 32), Leuvenumse beek, Oostrand Veluwe, Twente en zuidwestelijk deel Drents-plateau (zie kaartbladen: 32, 28oost/29 en 22). De totale diepte kan oplopen tot 50 meter minus maaiveld. Gekarteerd is kaartblad 28/29oost (Twente). De resterende gebieden zijn of in bewerking of moet nog mee begonnen worden.

P4:

Onder het P3 profieltype liggen afzettingen uit de Formatie van Peel, Eindhoven en/of Urk, die tot de deklaag worden gerekend. Dit profiel type treffen we aan in Drente en Groningen. Diepten kunnen tot meer dan 100 meters oplopen (kaartbladen: 11, 12, 17, 18 en 23). De kaartbladen 11, 12 en 17 zijn gekarteerd, met 18 moet begonnen worden. Het aantal boringen per km² met een einddiepte van 50 tot 100 meter bedraagt 0.3 op kaartblad 11 op kaartblad 12 is dit 0.6, op kaartblad 17 is dit 0.4 en op kaartblad 18 is dit 0.2. Vergeleken met de dichtheden in de rest van Nederland is de dichtheid op kaartbladen 11 en 12 en 17 als redelijk te beschouwen en op 18 als gering. Op kaartblad 18 zijn aanvullende gegevens zowel ondiep en alsook matig diep nodig.

P5:

Onder de afzettingen van de Formatie van Twente liggen slechtdoorlatende afzettingen uit de Formaties van Tegelen, Kedichem en/of Maassluis. Dit profieltype komt voor in west-Brabant (zie kaartbladen: 49oost en 50). De dikte van de deklaag varieert tussen 20 en 70 meter. De kartering van kaartblad 49 is ver gevorderd en die van 50 bevindt zich in het beginstadium. Het aantal boringen per km² in het betreffende dieptebereik ligt rond de 0.5 en is als redelijk te beschouwen.

P6:

Bijlage E

In de Centrale Slenk in Brabant en midden-Limburg liggen slechtdoorlatende afzettingen uit de Formatie van Nuenen aan of dichtbij het oppervlak (zie kaartbladen: 51, 57oost, 58west en 60). Dikten variëren tussen enkele en 20 meter. Kaartblad 51 is gekarteerd, de rest is in het beginstadium van bewerking. De dichtheid van de boringen met een diepte bereik van 10 tot 50 meter op de kaartblad 57oost is 0.5 boringen per km². Op de kaartbladen 58west is dit 2.4 en op 60 is dit 5.7. Het aantal boringen op 57 lijkt te gering.

P7:

Dit is het profieltype dat wordt aangetroffen in zuid-Limburg. Löss-afzettingen uit de Formatie van Twente liggen hier op Tertiaire of Mesozoïsche afzettingen. Vaak is er geen watervoerend pakket aanwezig.

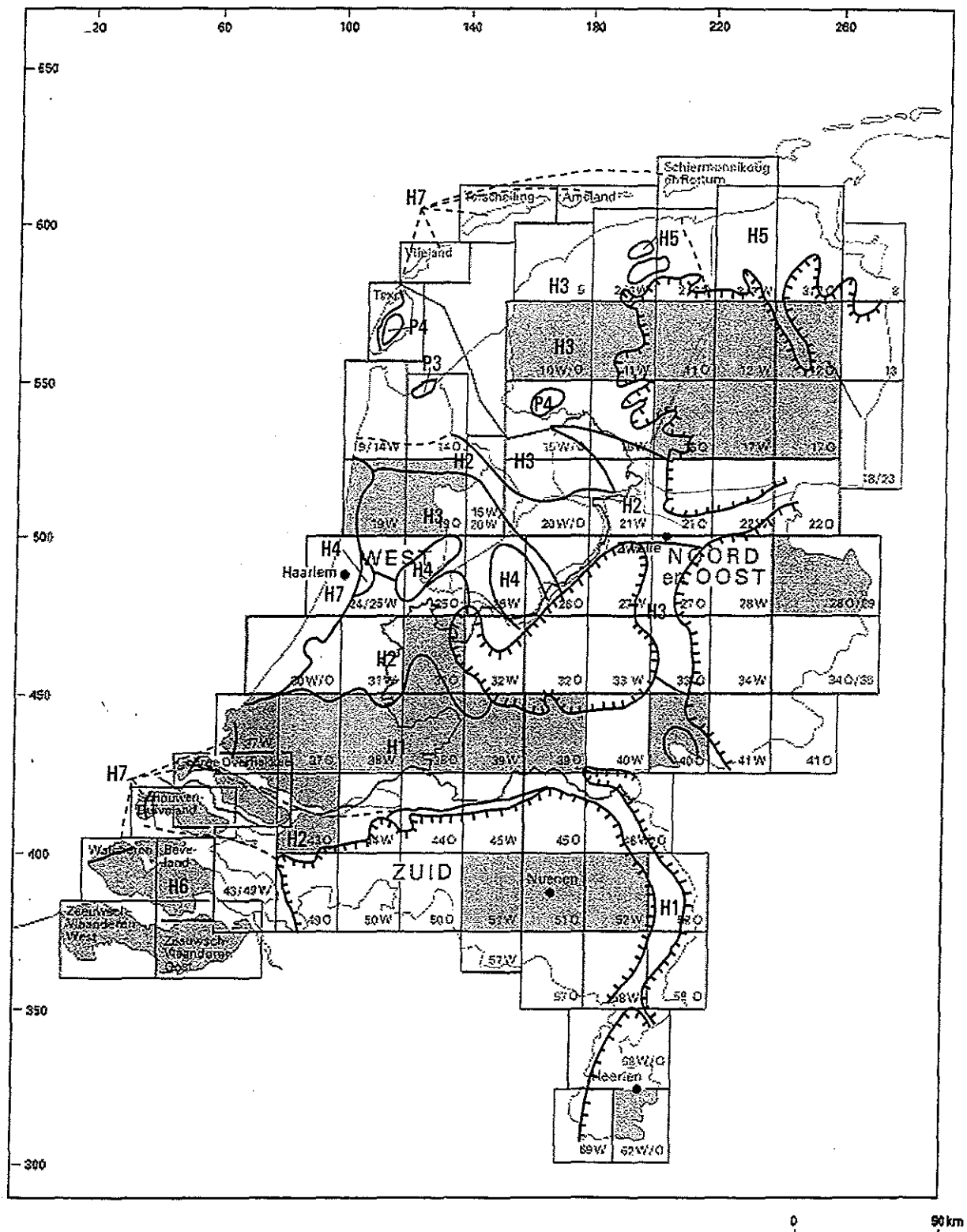


Fig. 1. Ligging Holocene hydrogeologische profieltypen en stand geologische kartering.

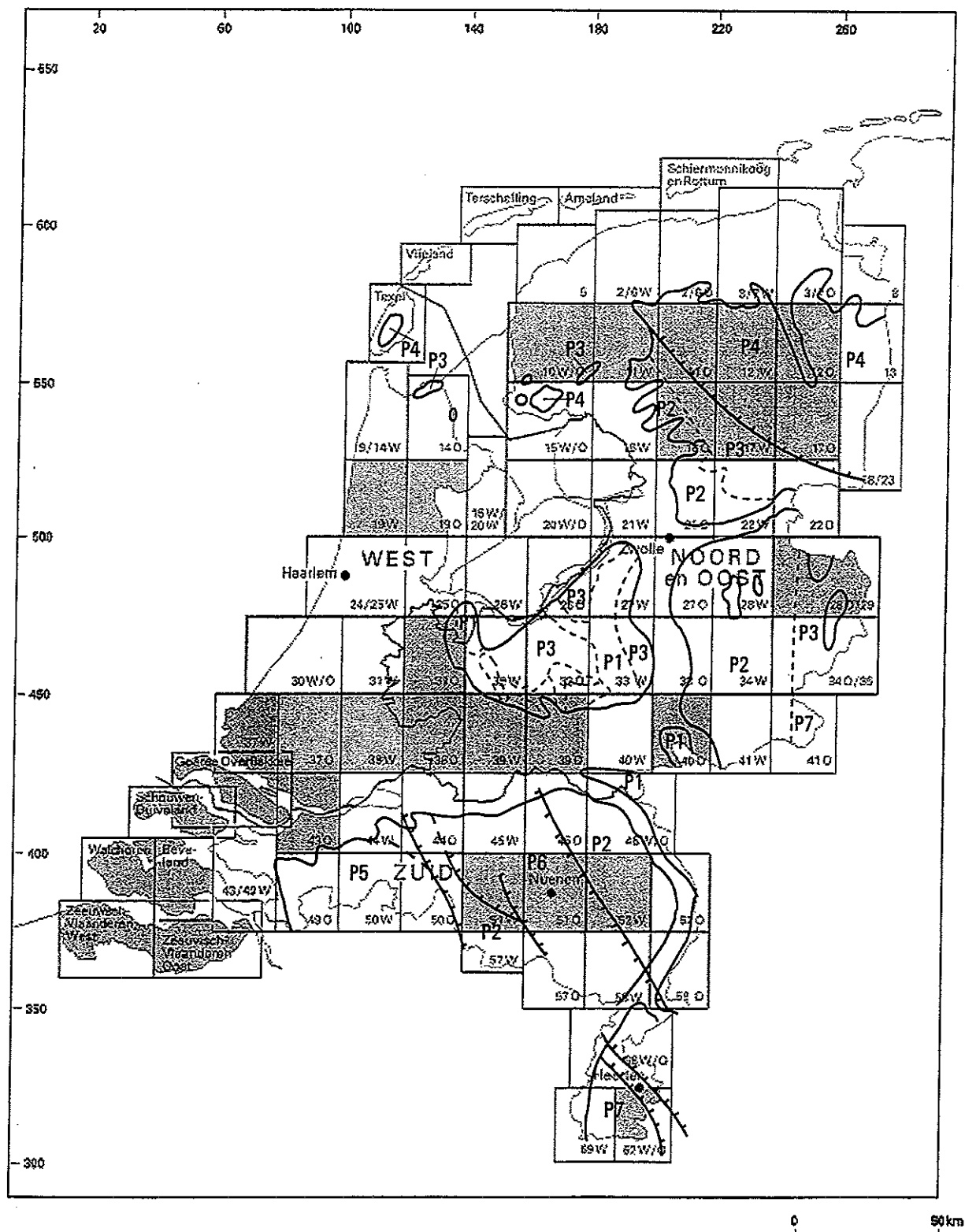


Fig. 2. Ligging Pleistocene hydrogeologische profieltypen en stand geologische kartering.

Bijlage F Benodigde tijd en kosten voor de hydrogeologische schematisaties

Benodigde tijd en kosten voor de hydrogeologische schematisatie

Op basis van de in hoofdstuk 5 verwoorde werkwijze is een schatting gemaakt van de tijd en kosten voor de uitvoering per kaartblad. De kostenelementen vallen in 5 groepen uiteen:

1. Inventarisatie
2. Geologische interpretatie
3. Verzamelen nieuwe gegevens
 - 3a. Geologische
 - 3b. Hydrogeologische
4. Hydrogeologische schematisatie
 - 4a. Profieltypen
 - 4b. Parameterisering
5. Doorgeven parametermodel aan LHTS.

De kostengroepen 1 en 5 zijn te beschouwen als onafhankelijk in tegenstelling tot 2, 3 en 4.

Ten aanzien van de geologische interpretatie (groep 2), het verzamelen van nieuwe geologische gegevens (3a) en het onderkennen van profieltypen (4a) zijn de volgende kostensoorten meegenomen en gewogen:

hoeveelheid gegevens met name ondiepe boringen, opgesplitst naar diepte (zie tabel 2.)

de stand van de geologische kartering (zie tabel 3.)

het hydrogeologisch profieltype (zie tabel 1 en 3).

Per kostensoort heeft een weging plaatsgevonden. Deze weging is bepaald aan de hand van de ervaringen uit in het verleden uitgevoerde projecten. Hieronder worden de wegingsklassen met bijbehorende kostenfactor gegeven.

Het aantal ondiepe boringen per km² is opgesplitst in 4 groepen:

aantal boringen/km ²	factor
< 1	4
1 - 5	3
5 - 9	2
> 9	1

Ten aan zien van de stand van de geologische kartering zijn eveneens 4 groepen gemaakt:

Stand geol. kart	factor
beginnen	4
geg. opgenomen	3
in bewerking/concept	2
klaar	1

Bij het wegen van de hydrogeologische profieltype is gebruik gemaakt van de geschatte dikte van de deklaag per profieltypen en de complexiteit van het gebied.

CODE	Geol.tijd	Formaties	min. dikte	max. dikte	WAAR	diepte/ geol. factor
H1	Holoceen	We en/of Be	6	24	daling Pleistoocene rivieren	1
H2	Holoceen	Hol op Tw	8	25	buiten daling Pleistoocene rivieren, kop van Nid. Holland	2
H3	Holoceen	Hol op Tw op Be of Diklop Ur/Eh	10	30	Nid Holland, Nid O polen Flevoland, Friesland	2
H4	Holoceen	We op Tw op Be Dikfjl		>100	gheele bekens	4
H5	Holoceen	We op Tw op Diklof Be of Pepk of Ur		>100	Friesland, Groningen, noord Nid Holland	4
H6	Holoceen	We op Tw op Te	20	50	ten noorden van Westerschelde Zeeland	2
H7	Holoceen	We, duib			Kustgebied, geen afleidend pakket	2
H8	Holoceen	Tw, rivierduinen			Riviergebied, geen afleidend pakket	2
P1	Pleistoceen	Stuwwallen			N riden Nederland, geen afleidend pakket	4
P2	Pleistoceen	Tw	2	20	IJsselvallei, zand Geleise vallei Vechtstreek	2
P3	Pleistoceen	Tw op Diklen/of Ee op Eh of Ur	5	50	Zd Friesland, Noord-oostpolen Geleise vallei Flevoland, W st D zante	3
P4	Pleistoceen	Tw op Diklop Eh op Pepk of Ur	2	>100	Drenthe, Friesland, Groningen	4
P5	Pleistoceen	Tw op Te/Kes sm s Ma	20	70	Babant ten westen van centrale Slenk	4
P6	Pleistoceen	Nu(Tw en Eh)	2	30	Centrale Slenk (dik), zanden Peehoosten zuidelijke en westelijke zand dun	4
P7	Pleistoceen	Löss op Eh of B ren Ru of Va en Ak	2	10	Afleidend pakket in eest in overzigtige zone geen watervoerend pakket aanwezig	2

De kostenfactoren zijn gesommeerd en gedeeld door het getal 8, resulterend in één vermenigvuldigingsfactor. Deze vermenigvuldigingsfactor geldt in principe voor een kaartblad van 125 km². Hiermee kan de tijd nodig voor het schematiseren per km² en dus ook voor kaartbladen met grotere oppervlakten dan 125 km² worden berekend. In tabel 3 worden zowel de te investeren tijd (in dagen) als ook de kosten per kaartblad gegeven, waarbij is uitgegaan van 0.2 kf/h zijnde het tarief van een geoloog/senior assistent.

Voor het begroten van activiteit 3b (verzamelen nieuwe hydrologische gegevens) is geprobeerd een schatting te maken van de hoeveelheid laboratoriummetingen die nodig zijn om een goed idee van de variabiliteit van de doorlatendheden en porositeiten te krijgen. Hierbij wordt uitgegaan van:

- het geschatte aantal kleilagen per profieltype,
- het geschatte aantal zandlagen per profieltype,
- een minimale dikte van de deklaag per kaartblad,
- een maximale dikte van de deklaag per kaartblad,
- aantal metingen per kleilaag,
- aantal metingen per zandlaag,
- kosten meting kleimonster,
- kosten meting zandmonster,

Dit resulteert in laboratoriumkosten per kaartblad (zie tabel 3). In deze kosten zijn het aantal metingen per kleilaag en/of zandlaag als variabelen te beschouwen. In deze berekening is geen rekening gehouden met metingen van bepaalde lagen op een bepaald kaartblad ook bruikbaar kunnen zijn voor andere kaartbladen, waardoor de kosten voor metingen op het laatste kaartblad lager kunnen uitvallen. De metingen kunnen in principe bij de vestiging Heerlen van het NITG worden uitgevoerd.

Voor het begroten van het parameteriseren van het hydrogeologisch model (activiteit 4b) is gebruik gemaakt van de ervaringen bij anderen projecten, onder andere Beerze Reuzel. De benodigde tijd is berekend per km². Vermenigvuldigd met de geschatte oppervlakte per kaartblad geeft dit de geschatte tijd, die nodig is voor het parameteriseren van het hydrogeologisch model per kaartblad. In tabel 3 worden zowel de te investeren tijd in dagen) als ook de kosten per kaartblad gegeven, waarbij is uitgegaan van 0.2 kf/h zijnde het tarief van een geoloog/senior assistent.

De hierboven genoemde kosten per kaartblad en per soort worden gesommeerd. Dit resulteert in een schatting van het totale bedrag voor het schematiseren van de hydrogeologische opbouw van de deklaag in Nederland en het parameteriseren hiervan.

Tabel 2. Aantal boringen per kaartblad en per diepte interval

kaartblad	aantal boringen						aantal boringen per km2				
	totaal + onbek.	0-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m	geschatte oppervl. km2	totaal	0-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m
09w/o	1313	847	413	42	11	200	6.6	4.2	2.1	0.2	0.1
Vlleland	230	153	65	12	0	100	2.3	1.5	0.7	0.1	0.0
03noord	400	150	16	3	3	200	2.0	0.8	0.1	0.0	0.0
01w/o	854	674	170	10	0	200	4.3	3.4	0.9	0.1	0.0
Schierm.	601	420	175	6	0	100	6.0	4.2	1.8	0.1	0.0
05w/o	2307	1335	221	26	9	600	3.8	2.2	0.4	0.0	0.0
02/06w/o	6542	4944	1228	309	61	1100	5.9	4.5	1.1	0.3	0.1
03/07w/o	8524	6866	1233	358	66	1200	7.1	5.7	1.0	0.3	0.1
08w	1157	933	178	30	16	300	3.9	3.1	0.6	0.1	0.1
10w/o	6697	5680	869	129	19	700	9.6	8.1	1.2	0.2	0.0
11w	5571	5048	380	116	27	500	11.1	10.1	0.8	0.2	0.1
11o	5239	4870	167	159	43	500	10.5	9.7	0.3	0.3	0.1
12w	5676	5069	232	292	83	500	11.4	10.1	0.5	0.6	0.2
12o	4415	3814	252	275	74	500	8.8	7.6	0.5	0.6	0.1
13w	2437	1839	389	143	65	300	8.1	6.1	1.3	0.5	0.2
14w/o	4349	3631	658	39	21	1100	4.0	3.3	0.6	0.0	0.0
15w/o	4905	4282	490	92	41	700	7.0	6.1	0.7	0.1	0.1
16w	5498	5157	228	89	24	500	11.0	10.3	0.5	0.2	0.0
16o	6193	5791	309	84	8	500	12.4	11.6	0.6	0.2	0.0
17w/o	10151	9262	398	439	52	1000	10.2	9.3	0.4	0.4	0.1
18w	456	304	86	61	5	300	1.5	1.0	0.3	0.2	0.0
19w/o	8550	6017	1921	396	124	1000	8.6	6.0	1.9	0.4	0.1
20w/o	7965	6389	1510	56	8	1000	8.0	6.4	1.5	0.1	0.0
21w	2691	2192	378	65	16	500	5.4	4.4	0.8	0.1	0.0
21o	1453	641	594	129	31	500	2.9	1.3	1.2	0.3	0.1
22w/o	2083	1360	492	178	33	1000	2.1	1.4	0.5	0.2	0.0
23a	126	95	22	9		100	1.3	1.0	0.2	0.1	
24/25w	6411	2798	3088	349	164	700	9.2	4.0	4.4	0.5	0.2
25o	6214	3607	2335	202	68	500	12.4	7.2	4.7	0.4	0.1
26w	7451	6618	692	108	30	500	14.9	13.2	1.4	0.2	0.1
26o	5724	4966	554	96	48	500	11.4	9.9	1.1	0.2	0.1

Tabel 2. Aantal boringen per kaartblad en per diepte interval

kaartblad	aantal boringen						aantal boringen per km2				
	totaal + onbek.	0-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m	geschatte oppervl. km2	totaal	0-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m
27w	1107	495	403	92	25	500	2.2	1.0	0.8	0.2	0.1
27o	1209	607	389	51	63	500	2.4	1.2	0.8	0.1	0.1
28w	2735	2008	509	140	22	500	5.5	4.0	1.0	0.3	0.0
28o/29	6493	5276	964	64	21	600	10.8	8.8	1.6	0.1	0.0
30w/o	11417	9487	1713	140	68	600	19.0	15.8	2.9	0.2	0.1
31w	3538	3034	452	39	12	500	7.1	6.1	0.9	0.1	0.0
31o	7570	6260	854	165	122	500	15.1	12.5	1.7	0.3	0.2
32w/o	8735	6681	1151	468	139	1000	8.7	6.7	1.2	0.5	0.1
33w	1130	346	437	241	39	500	2.3	0.7	0.9	0.5	0.1
33o	3815	2929	682	72	48	500	7.6	5.9	1.4	0.1	0.1
34w	3310	2604	541	70	4	500	6.6	5.2	1.1	0.1	0.0
34o/35	5023	3943	723	51	84	600	8.4	6.6	1.2	0.1	0.1
36h	230	109	106	15		100	2.3	1.1	1.1	0.2	
37w	6757	5573	1102	67	6	500	13.5	11.1	2.2	0.1	0.0
37o	9383	7119	2158	71	34	500	18.8	14.2	4.3	0.1	0.1
38w	10353	6477	3691	126	58	500	20.7	13.0	7.4	0.3	0.1
38o	9295	7178	1745	117	80	500	18.6	14.4	3.5	0.2	0.2
39w/o	16477	14450	1403	297	101	1000	16.5	14.5	1.4	0.3	0.1
40w	10191	8436	1053	380	88	500	20.4	16.9	2.1	0.8	0.2
40o	6646	5827	663	81	2	400	16.6	14.6	1.7	0.2	0.0
41w	1951	1595	274	34	3	400	4.9	4.0	0.7	0.1	0.0
41o	540	118	256	57	21	300	1.8	0.4	0.9	0.2	0.1
42w/o	4362	2278	1948	103	26	500	8.7	4.6	3.9	0.2	0.1
43w/o	8202	6142	1903	138	19	1000	8.2	6.1	1.9	0.1	0.0
44w/o	5559	3229	1679	236	410	1000	5.6	3.2	1.7	0.2	0.4
45w/o	6150	4630	1070	245	201	1000	6.2	4.6	1.1	0.2	0.2
46w/o	2120	1452	578	66	22	500	4.2	2.9	1.2	0.1	0.0
47h	210	155	54	1		100	2.1	1.6	0.5	0.0	
48w/o	8894	6453	2302	100	19	1000	8.9	6.5	2.3	0.1	0.0
49w	7549	5082	2306	110	51	500	15.1	10.2	4.6	0.2	0.1
49o	5048	3536	944	367	201	500	10.1	7.1	1.9	0.7	0.4

Tabel 2. Aantal boringen per kaartblad en per diepte interval

kaartblad	aantal boringen						aantal boringen per km2					
	totaal + onbek.	0-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m	geschatte oppervl. km2	totaal	0-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m	
50w	1899	1154	229	401	115	500	3.8	2.3	0.5	0.8	0.2	
50o	2536	1512	713	189	119	500	5.1	3.0	1.4	0.4	0.2	
51w	6397	5465	589	251	89	500	12.8	10.9	1.2	0.5	0.2	
51o	7906	6541	966	294	100	500	15.8	13.1	1.9	0.6	0.2	
52w	7254	6251	869	94	38	500	14.5	12.5	1.7	0.2	0.1	
52o	5300	4404	710	155	28	300	17.7	14.7	2.4	0.5	0.1	
53f	248	212	31	5	0	100	2.5	2.1	0.3	0.1	0.0	
54w/o	2247	1722	502	14	8	500	4.5	3.4	1.0	0.0	0.0	
55/56f	871	544	297	20	9	200	4.4	2.7	1.5	0.1	0.0	
57w	503	238	179	52	34	200	2.5	1.2	0.9	0.3	0.2	
57o	928	618	192	55	53	400	2.3	1.5	0.5	0.1	0.1	
58w	3199	1899	1176	66	50	500	6.4	3.8	2.4	0.1	0.1	
58o	665	190	346	80	47	200	3.3	1.0	1.7	0.4	0.2	
59h	5		4	1	0	100	0.1		0.0	0.0	0.0	
60w/o	5377	2720	2282	136	234	400	13.4	6.8	5.7	0.3	0.6	
61o	1125	717	299	95	10	200	5.6	3.6	1.5	0.5	0.1	
62w/o	8798	6870	1571	201	130	500	17.6	13.7	3.1	0.4	0.3	
Totalen	363,440	280,318	64,751	10,615	1,335							

Tabel 3.

Kosten hydrogeologische schematisatie en parameterisering

kaartbladen	aantal bor/km2 0-10m	factor ond.	status kartering	factor kart.	hydrogeol. hoofd- profieltype	geo- bijtypen	factor	bewer- kings- factor	kosten/ km2 kf	geschatte in oppervl. km2	kosten/ per kbl. in kf	kosten lab. kf	kosten in param. in kf
Texel 9	4.2	3	beginnen	4	H7	H3, P4	2.5	1.2	119	200	24	5	10
Vlieland 4	1.5	3	opgenomen	3	H7		2	1.0	100	100	10	0	5
Terschelling 5A	0.8	4	klaar	1	H7		2	0.9	88	200	18	0	10
Ameland 1H	3.4	3	concept	2	H7		2	0.9	88	200	18	0	10
Schiermon.2	4.2	3	beginnen	4	H7		2	1.1	113	100	11	0	5
5	2.2	3	beginnen	4	H3		2	1.1	113	600	68	9	29
6 en 2	4.5	3	beginnen	4	H3	H5, P4	2	1.1	113	1100	124	17	53
7 en 3	5.7	2	in bewerking	2	H5	P4	4	1.0	100	1200	120	18	58
8	3.1	3	in bewerking	2	H5		4	1.1	113	300	34	12	14
10	8.1	2	klaar	1	H3		2	0.6	63	700	44	7	34
11west	10.1	1	klaar	1	H3	P3	2	0.5	50	500	25	11	24
11oost	9.7	1	klaar	1	P4	P3	4	0.8	75	500	38	11	24
12west	10.1	1	klaar	1	P4		4	0.8	75	500	38	12	24
12oost	7.6	2	klaar	1	P4	H5	4	0.9	88	500	44	12	24
13	6.1	2	beginnen	4	P4		4	1.3	125	300	38	12	14
14	3.3	3	beginnen	4	H3	H2,	2.5	1.2	119	1100	131	7	53
15	6.1	2	beginnen	4	H3	H2, P3	2.5	1.1	106	700	74	6	34
16west	10.3	1	beginnen	4	H3	H2, P3	2.5	0.9	94	500	47	3	24
16oost	11.6	1	klaar	1	P3	H3	3	0.6	63	500	31	3	24
17	9.3	1	klaar	1	P4	P3	4	0.8	75	1000	75	11	48
18	1.0	3	beginnen	4	P4		4	1.4	138	300	41	7	14
19	6.0	2	klaar	1	H3	H2, H7	2	0.6	63	1000	63	3	48
20	6.4	2	beginnen	4	H2	H3	2	1.0	100	1000	100	9	48
21west	4.4	3	beginnen	4	H2	H3	2	1.1	113	500	56	2	24
21oost	1.3	3	beginnen	4	P2	H2	2	1.1	113	500	56	1	24
22	1.4	3	beginnen	4	P3	H2, P2	3	1.3	125	1000	125	2	48
23	1.0	3	beginnen	4	P4	P3	4	1.4	138	100	14	5	5
24/25west	4.0	3	concept	2	H7	H2, H3, H4	2.5	0.9	94	700	66	5	34
25oost	7.2	1	concept	2	H4	H2, H3,	4	0.9	88	500	44	14	24
26west	13.2	1	beginnen	4	H4	H3	4	1.1	113	500	56	14	24
26oost	9.9	1	beginnen	4	H2	H3, H4, P3	2.5	0.9	94	500	47	14	24

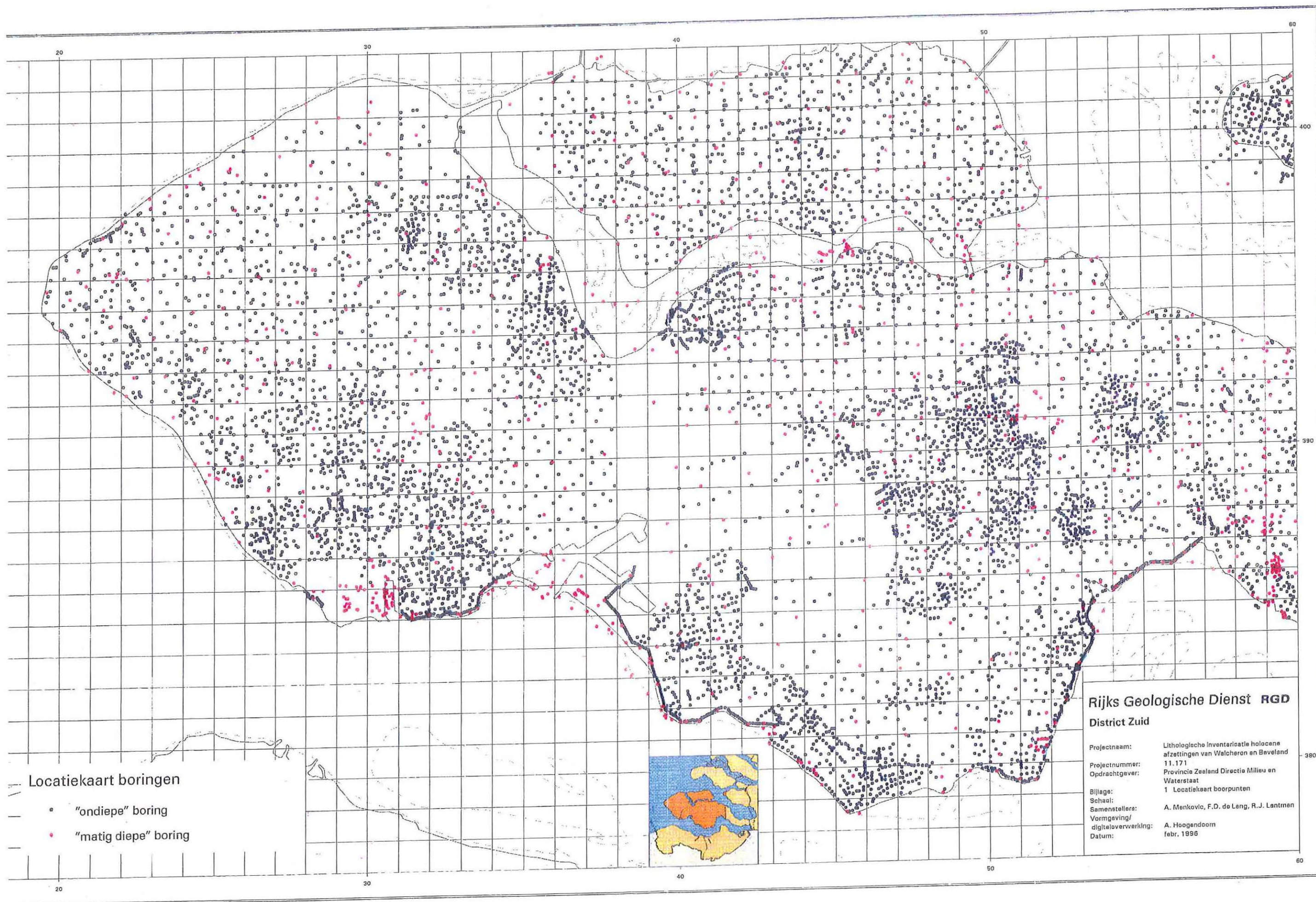
Tabel 3.

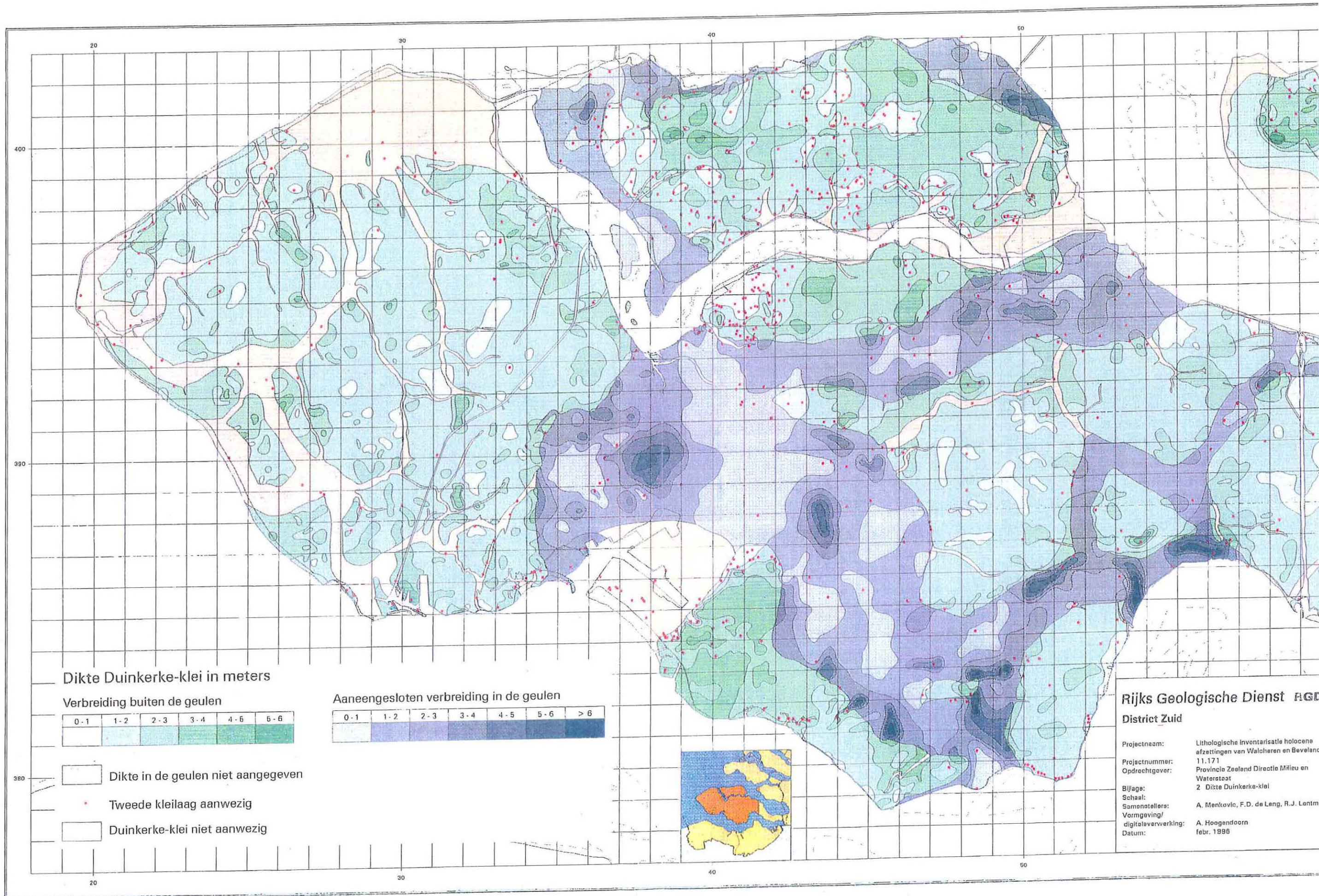
kaartbladen	aantal bor/km2 0-10m	factor ond.	status kartering	factor kart.	hydrogeol. hoofd- profieltype	geo- blijtypen	factor	bewer- kings- factor	kosten/ km2	geschatte In oppervl. km2	kosten/ per kbl. In kf	kosten lab. kf	kosten In param. In kf
27west	1.0	3	beginnen	4	P1	P3, H2, H3	4	1.4	138	500	69	3	24
27oost	1.2	3	beginnen	4	P2	H2, H3	2	1.1	113	500	56	0	24
28west	4.0	3	beginnen	4	P2	P1	2	1.1	113	500	56	3	24
28oost/29	8.8	2	beginnen	4	P3	P1	3	1.1	113	600	68	5	29
30	15.8	1	concept	2	H7	H2	2	0.6	63	600	38	2	29
31west	6.1	2	beginnen	4	H2		2	1.0	100	500	50	3	24
31oost	12.5	1	klaar	1	H2	P2	2	0.5	50	500	25	3	24
32	6.7	2	concept	2	P3	H2, P1,	3	0.9	88	1000	88	5	48
33west	0.7	3	beginnen	4	P1	P3	4	1.4	138	500	69	5	24
33oost	5.9	2	beginnen	4	H3	P2	2	1.0	100	500	50	1	24
34west	5.2	2	concept	2	P2		2	0.8	75	500	38	2	24
34oost/35	6.6	2	concept	2	P3	P1, P2	3	0.9	88	600	53	1	29
36	1.1	3+	klaar	1	H1	H7	1.5	0.4	44	100	4	1	5
37west	11.1	1	klaar	1	H1	H7	1.5	0.4	44	500	22	3	24
37oost	14.2	1	concept	2	H1		1	0.5	50	500	25	4	24
38west	13.0	1	concept	2	H1		1	0.5	50	500	25	3	24
38oost	14.4	1	klaar	1	H1	H2	1.5	0.4	44	500	22	2	24
39	14.5	1	klaar	1	H1	P1	1.5	0.4	44	1000	44	2	48
40west	16.9	1	concept	2	H1	P1	1.5	0.6	56	500	28	1	24
40oost	14.6	1	klaar	1	H1	P1	1.5	0.4	44	400	18	7	19
41west	4.0	3	beginnen	4	P2		2	1.1	113	400	45	1	19
41oost	0.4	4	beginnen	4	P7	P2	2	1.3	125	300	38	1	14
42	4.6	3+	klaar	1	H2	H7	2	0.5	50	500	25	4	24
43	6.1	2	klaar	1	H2	H1	2	0.6	63	1000	63	11	48
44	3.2	3	beginnen	4	H1	H2, P2, P5	1.5	1.1	106	1000	106	2	48
45	4.6	3	beginnen	4	P6	H1, P2	4	1.4	138	1000	138	3	48
46	2.9	3	beginnen	4	H1	P1, P2	1.5	1.1	106	500	53	7	24
47	1.6	3+	klaar	1	H7		2	0.5	50	100	5	2	5
48	6.5	2	klaar	1	H6	H7	2	0.6	63	1000	63	8	48
49west	10.2	1	concept	2	H6		2	0.6	63	500	31	5	24
49oost	7.1	2	concept	2	P5	H6	4	1.0	100	500	50	8	24
50west	2.3	3+	In bewerking	2	P5		4	0.9	88	500	44	8	24
50oost	3.0	3+	In bewerking	2	P5	P2	4	0.9	88	500	44	3	24

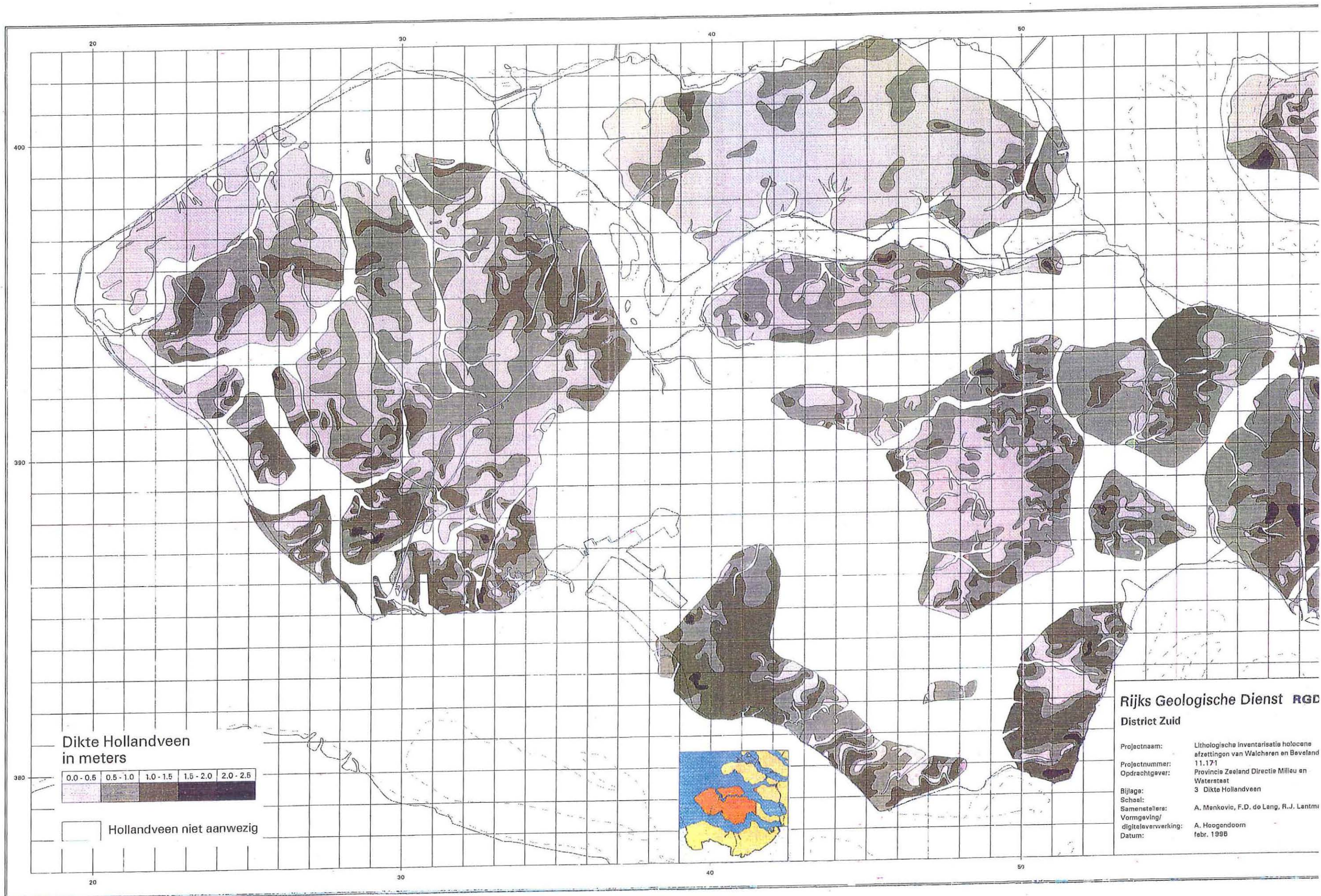
Tabel 3.

kaartbladen	aantal bor/km2 0-10m	factor ond.	status kartering	factor kart.	hydrogeol. hoofd- profieltype	bijtypen	geo- factor	bewer- kings- factor	kosten/ km2 kf	geschatte in oppervl. km2	kosten/ per in kf	kosten kbl. lab. kf	kosten in param. in kf
51west	10.9	1	klaar	1	P6	P2	4	0.8	75	500	38	2	24
51oost	13.1	1	klaar	1	P6		4	0.8	75	500	38	4	24
52west	12.5	1	klaar	1	P2	P6	2	0.5	50	500	25	1	24
52oost	14.7	1	concept	2	H1	P2	1.5	0.6	56	300	17	2	14
53	2.1	3	klaar	1	H7	H6	2	0.8	75	100	8	3	5
54	3.4	3	klaar	1	H7		2	0.8	75	500	38	7	24
55	2.7	3	klaar	1	H7		2	0.8	75	200	15	4	10
57west	1.2	3	beginnen	4	P2		4	1.4	138	200	28	2	10
57oost	1.5	3	beginnen	4	P6	P2	4	1.4	138	400	55	2	19
58west	3.8	3	beginnen	4	P6	P2	4	1.4	138	500	69	3	24
58oost	1.0	3	beginnen	4	H1	P5	1.5	1.1	106	200	21	2	10
59		3	beginnen	4	H1		1	1.0	100	100	10	2	5
60	6.8	2	beginnen	4	P6	H1, P7	4	1.3	125	400	50	2	19
61	3.6	3	concept	2	H1	P7	1.5	0.8	81	200	16	8	10
62	13.7	1	klaar	1	P7		2	0.5	50	500	25	9	24
Subtotalen in kf											3674	407	1973
											Totaal in kf 6055		

Bijlage G Lithologische inventarisatie Zeeland- voorbeeldkaarten







Bijlage H

Bijlage H Topsysteem analyseschema Waterspil Axel-Zeeland

Doelstelling: Voorspelling verandering grondwaterpeil als gevolg van verandering oppervlaktewaterpeil

Topsysteem thema	Factoren/Processen/Eigenschappen en Parameters	Analyse-methode	Gebruikte Databestanden	Gekoppeld analyse instrumentarium	Eindproducten
Ecohydrologische karakterisering	Soort van kwel	Systeemanalyse	Hydrogeologische doorsnedes en waterkwaliteitsgegevens		
	Herkomst van kwel	Systeemanalyse	Hydrogeologische doorsnedes en waterkwaliteitsgegevens		
	Kwel en inzijging zomer en-wintersituatie	Geohydrologische schematisatie en regionale modellering • weerstand scheidende laag • k_h aquifer 1 • k_h aquifer 2 Schematisatie ingevoerde oppervlaktewaterlopen: • natte omtrek • peil • drainageweerstand • infiltratieweerstand Topsysteem: • neerslagoverschot • weerstand deklaag • drainageweerstand • infiltratieweerstand Gemeten stijghoogte	Grondwaterkaart	TRIWACO	Locatie van hydrologische belangrijk gebied/ Karakterisatie van het topsysteem/Huidige situatie t.a.v. het topsysteem: • Kwel- en wegzijgingskaart huidige situatie
	Grondwaterkwaliteit • chloride • fosfaat • ammonium • nitraat		Bemonstering waterkwaliteit uitgevoerd		
	Verzoeting	Systeemanalyse	Waterkwaliteitsanalyse		
	Verziltiging	Systeemanalyse	Waterkwaliteitsanalyse		
	Diepte grensvlak zoet en zout grondwater	Regionale grondwatermodellering	Meting van grensvlak	ARC/INFO TRIWACO	Karakterisatie van het Topsysteem: • Kaart met diepte grensvlak tussen zoet en

Bijlage H

Topsysteem thema	Factoren, Processen, Eigenschappen en Parameters	Analyse-methode	Gebruikte Databestanden	Gekoppeld analyse-instrumentarium	Eindproducten
	Grondwaterstand	Gemeten grondwaterstanden in 1993			zout grondwater
Geohydrologische karakterisering	Specifieke weerstanden voor de onderscheiden lagen Duinkerke-klei, Hollandveen, Calais-klei en Basisveen	toekennen van k_v en k_h waarden dmv pompproef-resultaten en uit ervaring	RGD ondiepe monsters, pompproefresultaten en ervaring uit modellering		Karakterisatie van het topsysteem: Grid met weerstand deklaag
	Voorkomen zand en kleilagen	Geologische inventarisatie RGD	RGD ondiepe monsters	ARC/INFO	Karakterisatie van het topsysteem: Verspreidings-en contourkaarten van zand en klei-lagen
Relatie oppervlaktewater-grondwater	Vormgeving en topologie oppervlaktewaterstelsel - taktype - taklengte - bodemhoogte (t.o.v. NAP) - bodembreedte - stromingsfactor - oppvl. kavelsloot - bodemhoogte kavelsloot - oppvl. takgebied - bodemtype - niveau top duiker - afvoer of lange overlaat - weerstand of gevulde pijp - afvoer of stuw - kruinbreedte stuw - kruinhoogte - stuwperiode		Topkaart 1:10.000 en gegevens waterschappen	HYDROM	
	Lozingen en onttrekkingen				
	Peilbeheer		Waterschapslegger		
	Aanwezigheid drainage		Lokale kennis		
	Drainage diepte		Empirisch		
	Ondiepe geologie	Lithologische inventarisatie	Ondiepe boringen RGD		
	Bodemtype/Bodemprofiel	Studie SC-DLO	Bodemkaart 1:10.000		
	Landgebruik		Satellietopname's		

Bijlage H

Topsysteem thema	Factoren, Processen, Eigenschappen en Parameters	Analyse-methode	Gebruikte Databestanden	Gekoppeld analyse-instrumentarium	Blindproducten
	Neerslagoverschot (stationair en niet-stationaire berek.)	neerslagoverschot 1986 en 25 jarig gem voor stationaire berekeningen	Lokaal station Axel en weer station Westdorpe		
	Maaiveldhoogte		Topkaart 1:10.000 en aanvullingen LBL	ARC/INFO	
	Verzadigde- en onverzadigde zone: • Kortsluitfactor • Gewasverdamping • Bergingscoefficient boven en beneden drainage • Nuttige bodemvochtvoorraad • c-waarde deklaag • c-waarde sloot • capillaire opstijging • worteldiepte • drainage afvoerfc 1&2 • drainagediepte	LINMOD-types Toekenning waarden afhankelijk van: bodemtype; geologie; maaiveldhoogte; landgebruik; drainage		ARC/INFO TRIWACO HYDROM	Beïnvloedingsmanieren en perspectieven t.a.v. het topsysteem: • kaart die verschillen in kweel en wegzijging t.o.v. huidige situatie laat zien; • grafieken met de verandering van het grondwaterstandsverloop; • kaarten, per alternatieve peilverandering, waarop de laagste gemiddelde grondwaterstand (GLG) zijn weergegeven

Bijlage I

Bijlage I Topsyteem analyseschema stadsregio Rotterdam

Doelstelling (primair): Prioriteitsstelling in het kader van het bodemsaneringsprogramma

Topsyteem thema	Factoren, Processen, Eigenschappen en Parameters	Data Analyse-methode	Gebruikte Databestanden	Gekoppeld Informatie Analyse Instrumentarium	Eindproducten
Hydrologische karakterisering	Bodemverontreinigingslokaties	600 bodemonderzoeken			Actuele momentopname: • Basiskaart • Bodemopbouw • Grondwaterstroming en kwantiteit • Grondwaterkwaliteit Eindproducten zijn kaarten
	Industriële activiteit • Bedrijfstak • Bodemverontreinigingslokatie • Ouderdom	BIO's	Centraal Technisch Archief Archief DCMR Bibliotheek Gemeentewerken ander BIO's		
	Grondwaterstanden			BIS OLGA	
	Kwaliteitsgegevens: Macroparameters • pH • EC • SO₄ • NO₃ • Ca • K • NH₄ • PO₄ • Chloride			OLGA BIS-MIL	
	Kwaliteitsgegevens: Microparameters (van BIS-MIL locaties met gegevens dieper dan 5m.) • Arseen • Chroom • Kwik • Zink • Aromaten • Fenolen • Gechloreerde koolwaterstoffen • Cyanide • PAK's		BIS-MIL OLGA		

Bijlage I

Topsysteem thema	Factoren, Processen, Eigenschappen en Parameters	Data Analyse-methode	Gebruikte Databestanden	Gekoppeld Informatie Analyse Instrumentarium	Eindproducten
	- Minerale olie - Bestrijdingsmiddelen				
	Polderpeilen				
	Topografie		Topografische kaart 1:40.000	REGIS	
	Litho/k-waarden kolommen			REGIS	
	Geohydrologische kolommen			REGIS	
	Maaiveldhoogte			REGIS	
	Verbreiding gidslagen			REGIS	
	Gidslagen model				
	Geohydrologisch model				
	Maaiveldhoogte als rasterkaart			REGIS (100*100m)	
	Basistopografie		TDN 1:250.000		
	Diepte zoet-brak grensvlak			REGIS	
	Diepte brak-zout grensvlak			REGIS	
	Grondwaterstromings-systemen	Systeemanalyse		LHS	
	Meetpunten chloride			LHS	
	Contouren berekende dichtheden (10,30,55 en 90m -NAP)			LHS	
	Stijghoogteverschillen eerste en tweede watervoerende pakket			LHS	
	Stijghoogten eerste watervoerende pakket en polderpeilen			LHS	
	Onttrekkingen 1990 (>50.000m3/jr)			LHS	
	Ecotoopgroepen		Florbase, Rijksherbarium in Leiden		
	Organische stof		1:400.000		
	Locaties boringen m.b.t. deklaag en het eerste watervoerende pakket				
	Onttrekkingen 1993		Provincie Zuid-Holland		
	Kwel/inzijging door deklaag	Verschilkaart polderpeilen en stijghoogten eerste watervoerende pakket		LHS	
	Polderpeilen		Waterstaatskaart 1:50.000		
Weerstand deklaag	Anthropogene bovenlaag - spreiding - dikte - verstoring	?????			

