Deltares

Enabling Delta Life

Verdiepte aanleg N69 bij de Broekhovense weg

Hoe moet rekening worden gehouden met de passerende ondergrondse geologische breuken?

(Roelof Stuurman en Rein van Schrojenstein Lantman, Deltares)

Samenvatting

Het ontworpen verdiepte wegtraject ligt stroomopwaarts van de breuk of op de breuk.	• *De ligging van de breuk kon met een nauwkeurigheid van 5-10 meter worden bepaald,* • *In deze zone ligt een 1-2 meter dikke (dek-)zandlaag op grind.*
Deze zone wordt gekarakteriseerd door (ijzerrijke) kwel die zeer waarschijnlijk veroorzaakt wordt door grondwater opstuwing t.g.v. de breuk	• *Er moet rekening worden gehouden met opstuwing en grondwaterstandsverhoging in een smalle zone stroomopwaarts van de breuk,* • *Bij bronnering moet rekening worden gehouden met het hoge ijzergehalte,* • *voor tijdelijke grondwaterstandsverlaging tijdens aanleg zijn zeer hoge pompdebieten noodzakelijk,* • *Er moet rekening worden gehouden met de drainage en afwatering van dit kwelwater*
Over het seismisch karakter van de breuk is weinig bekend.	• *Met welke snelheid bewegen de “schollen” aan beide zijde van de breuk?* • *Wat is de kans op een aardbeving?*
2 alternatieve scenario’s	• *Niet verdiept, geen grondwater risico’s*

Inhoudsopgave

- Doelstellingen
- Activiteiten
- Ligging studiegebied
- Resultaten grondboringen
- Onderzoek grondwaterkwaliteit
- Resultaten grondwateronderzoek
- Bodembeweging door breuken
- Bespreking scenario's
  - N69 verdiept, Broekhovenseweg op maaiveld
  - Broekhovenseweg verdiept, N69 op maaiveld
  - N69 op maiveld, broekhovenseweg met viaduct eroverheen
- Bemalings- en funderingsadvies
- Conclusies
- Advies
- Voorstellen voor vervolg
- Bijlage A: berekening

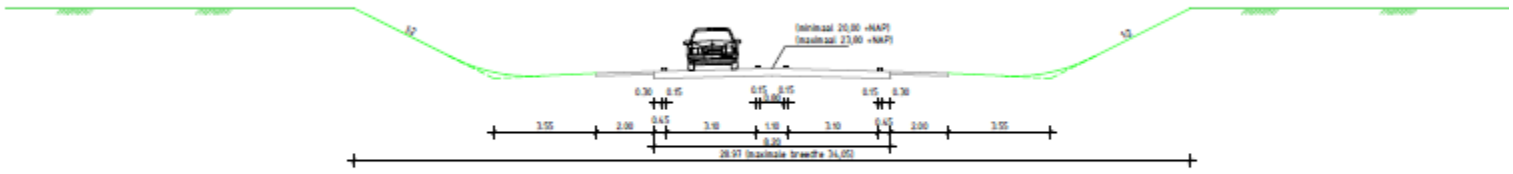
doelstellingen

1. Het zo gedetailleerd mogelijk karteren van de breuk in en rond de geplande verdiepte aanleg van de N69 ten hoogte van de Broekhovense weg;
2. Onderzoeken in hoeverre deze bijzondere hydrogeologische situatie in elkaar steekt (verschil in geologische opbouw aan beide zijden van de breuk en een eventuele invloed van de breuk op grondwaterstroming);
3. Advies geven hoe met deze bijzondere situatie om te gaan bij de wegaanleg.

Activiteiten

1. Geologische boringen om de ligging van de breuk zo gedetailleerd mogelijk vast te stellen;
2. Installeren van grondwaterpeilbuizen om de grondwaterstand ter plaatse te bepalen (handmatige metingen en hoogfrequente divermetingen);
3. Watermonster nemen en chemisch analyseren om de kwelstroom te begrijpen;
4. Situatie ter plaatse beoordelen. O.a. eventuele schade aan de boerderij ter plaatse, omdat deze op de breuk gebouwd is.
5. Literatuuranalyse, o.a. naar informatie over de breukbeweging.
6. Advies geven in verband met de ligging van de breuk, grondwatersituatie en de verdiepte aanleg.
7. overleg

Ligging studiegebied



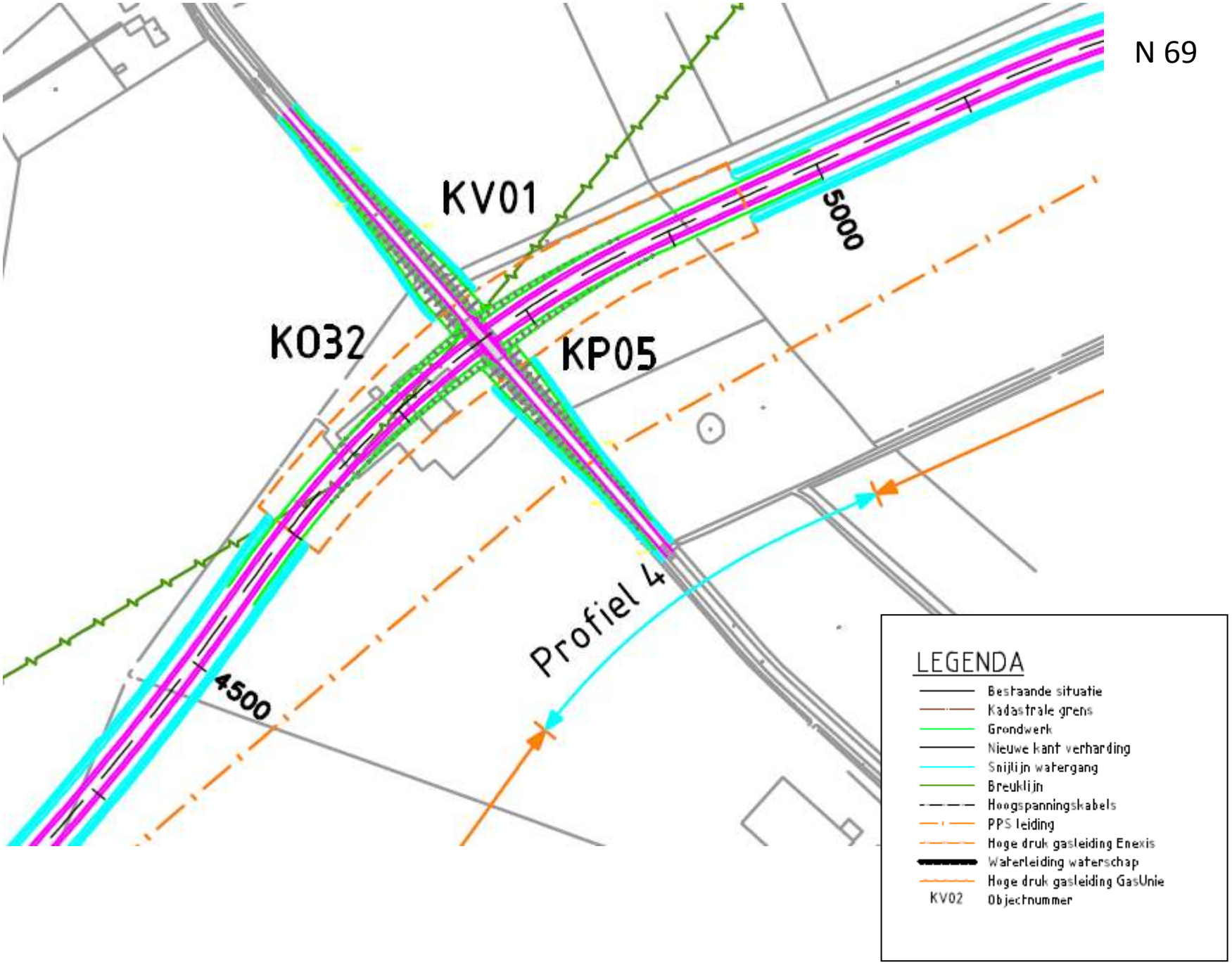
DWP 4 HALFVERDIEPTE LIGGING (2m-mv)

Schaal 1:200

De N 69 wordt volgens het ontwerp bij de passage van de Broekhovenseweg verdiept aangelegd (zie tekening hierboven en volgende sheets). Juist hier bevindt zich een breuk in de ondergrond.


MOLENSTRAAT
- Westparallel half verdiept (-2m) over een lengte van ca. 250m;
- Molenstraat (ca. +4m t.h.v. kunstwerk)
- brede brug geschikt voor lokaal verkeer/landbouwverkeer, fietspad en wandelpad (drie gescheiden rijbanen)
OP PALEN OVER KEERSOP
- weg op palen (250 meter);
- Eco- / recreatieverbinding
ONGELIJKVLOERSE AANSLUITING OP N397
ongelijkvloerse aansluiting
(N69 hoog en N397 op maaiveld i.v.m. combinatie KW03)
BROEKHOVENSEWEG
- Westparallel half verdiept (-2m) over een lengte van ca. 250m;
- Broekhovenseweg (ca. +4m t.h.v. kunstwerk)
Beekdalpassage de Run
- weg op palen (250 meter);
- in combinatie met Gagelgoorsedijk;
- het ontwerp van de waterberging kan ingepast worden
+ MAX. 4 LOKALE VERBINDINGEN
AANSLUITING DE LOCHT

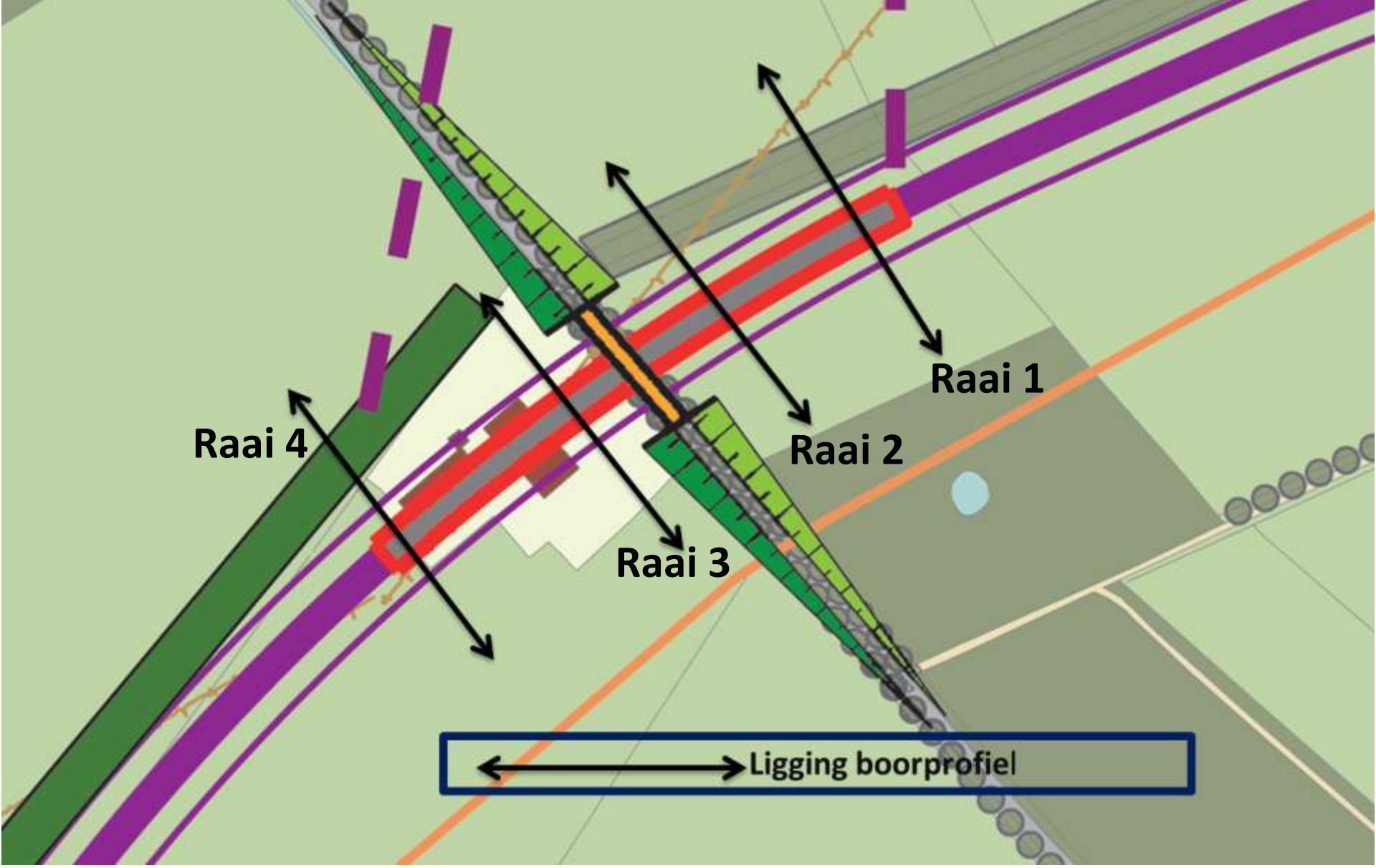
N 69


KV01
5000
KO32
KP05
Profiel 4
4500
LEGENDA
Bestaande situatie
Kadastrale grens
Grondwerk
Nieuwe kant verharding
Snijlijn watergang
Breuklijn
Hoogspanningskabels
PPS leiding
Hoge druk gasleiding Enexis
Waterleiding waterschap
Hoge druk gasleiding GasUnie
KV02
Objectnummer

Resultaten grondboringen

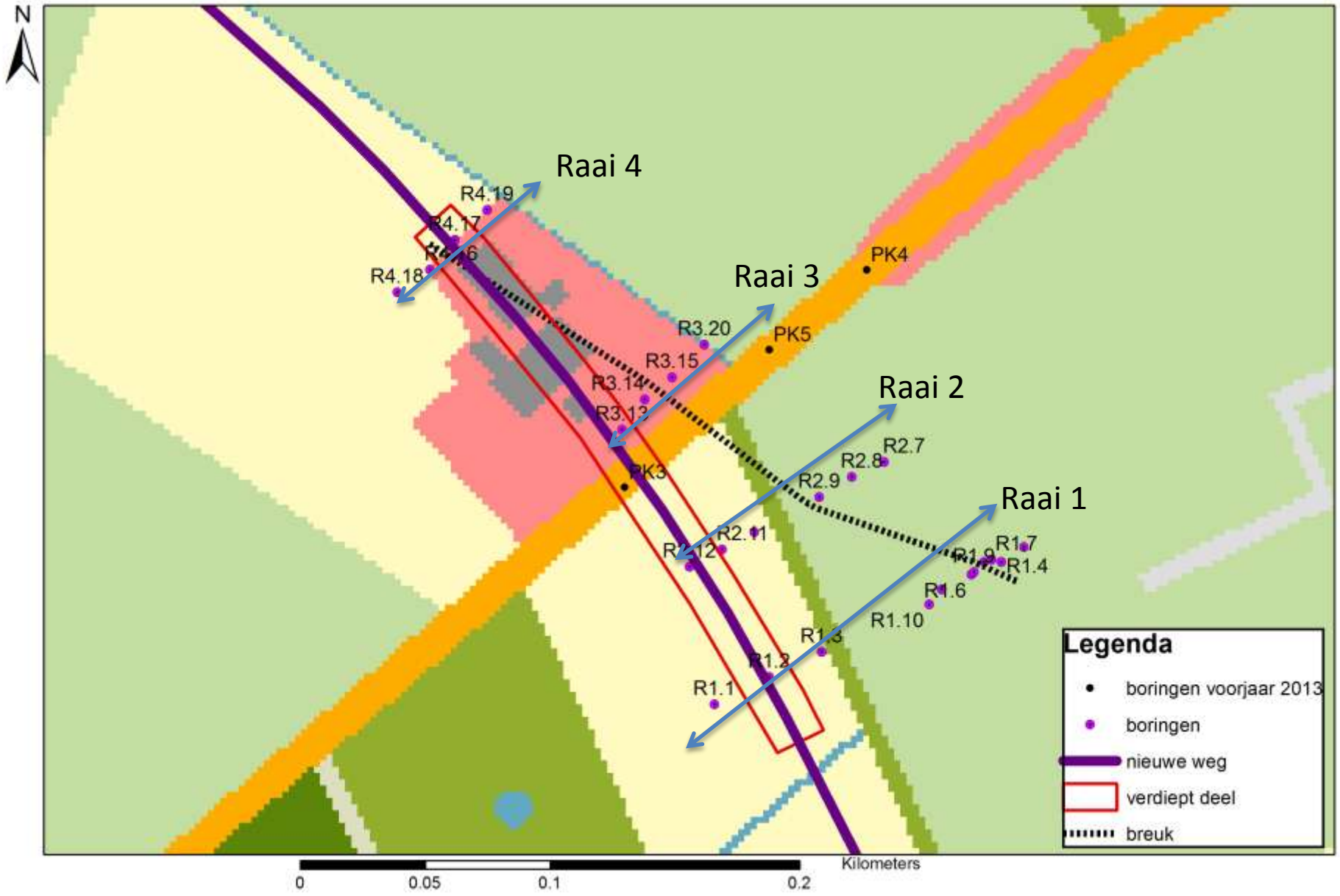




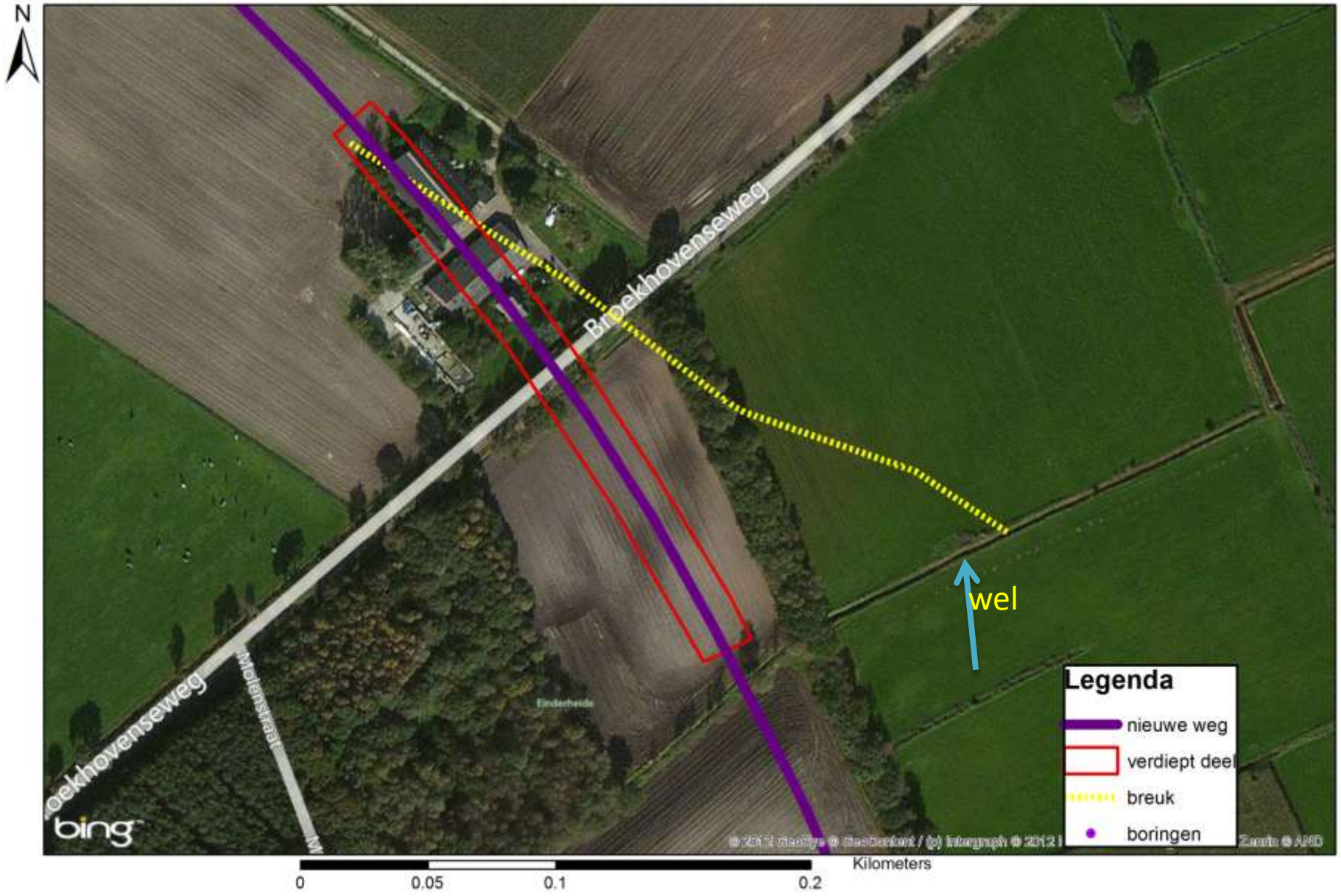


Er zijn 4 raaien loodrecht op de weg aangelegd. De geologische resultaten (geologische profielen worden verder op in deze ppt getoond). Daarnaast konden we nog gebruik maken van onze eerdere broringen langs de Broekhovenseweg (PK 3 t/m 5)

Locatie kaart (met boring nummers)



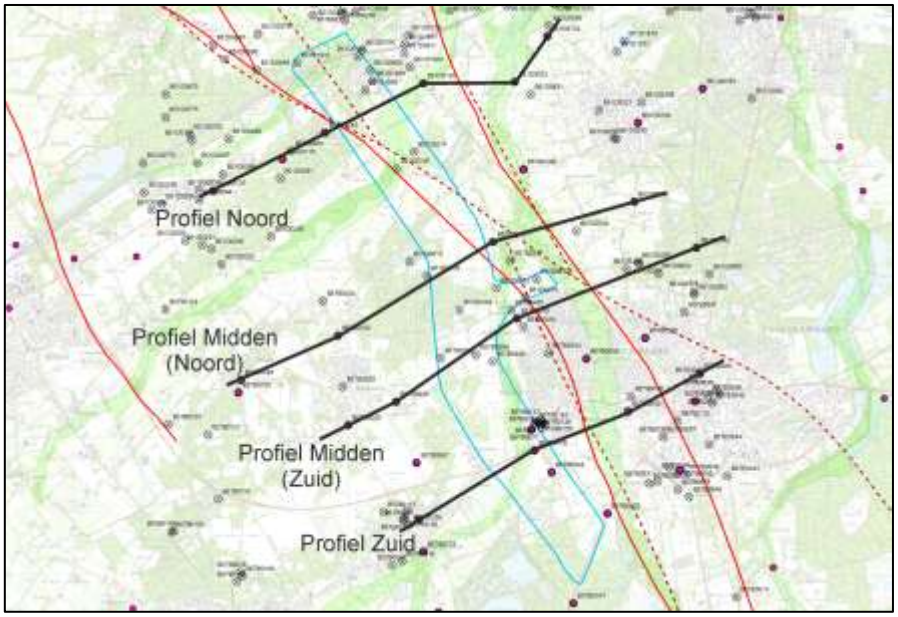
Locatie kaart (BING foto, zie wel-moeras langs sloot net stroomopwaarts van breuk)

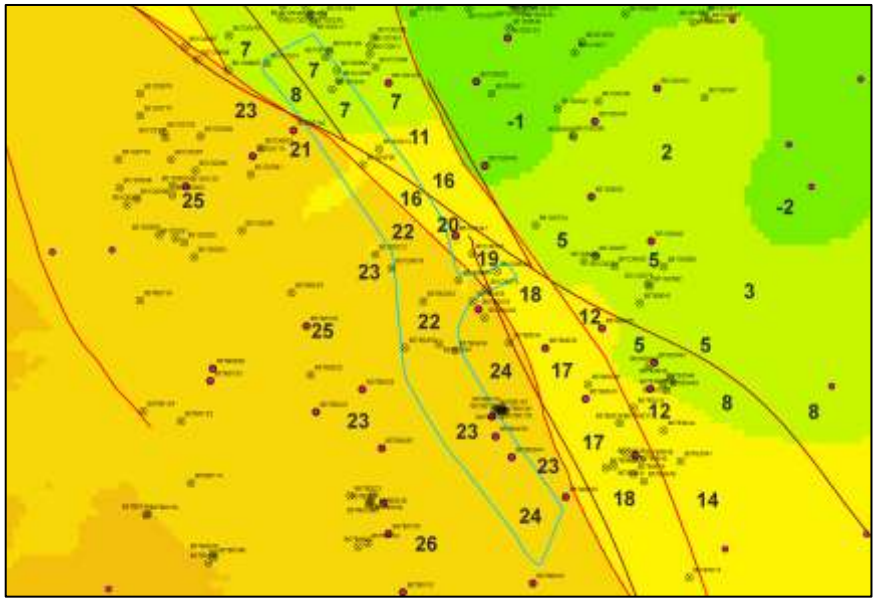




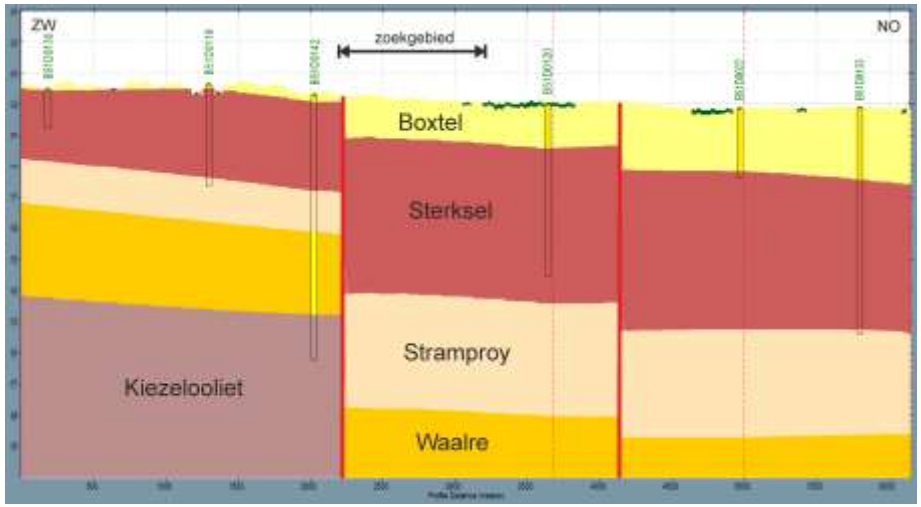
Precies op de plaats van de breuk ten hoogte van raai 1 ligt een “wel” die door de boer als onbruikbaar is afgezet. De wel is ook zichtbaar in de bing-map.

Geologische resultaten van het boven locale (Deltares-TNO) onderzoek uit 2013

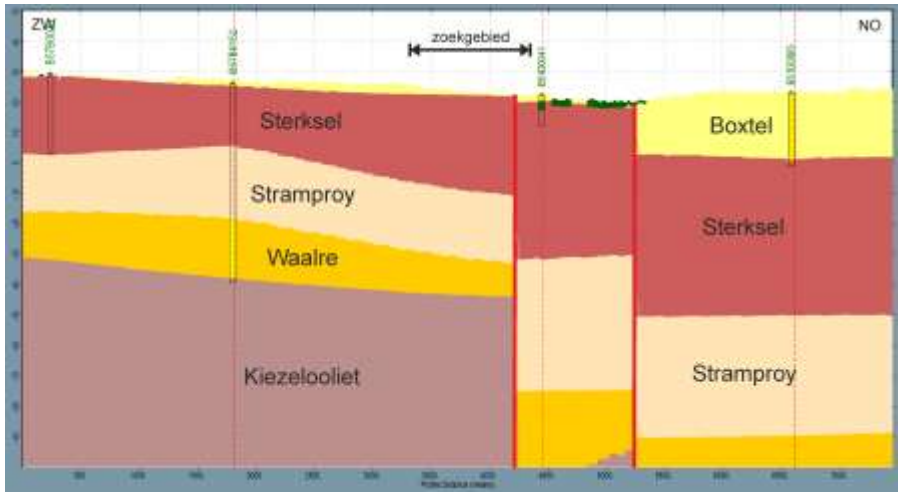




Profiel Noord



Profiel Midden (Noord)

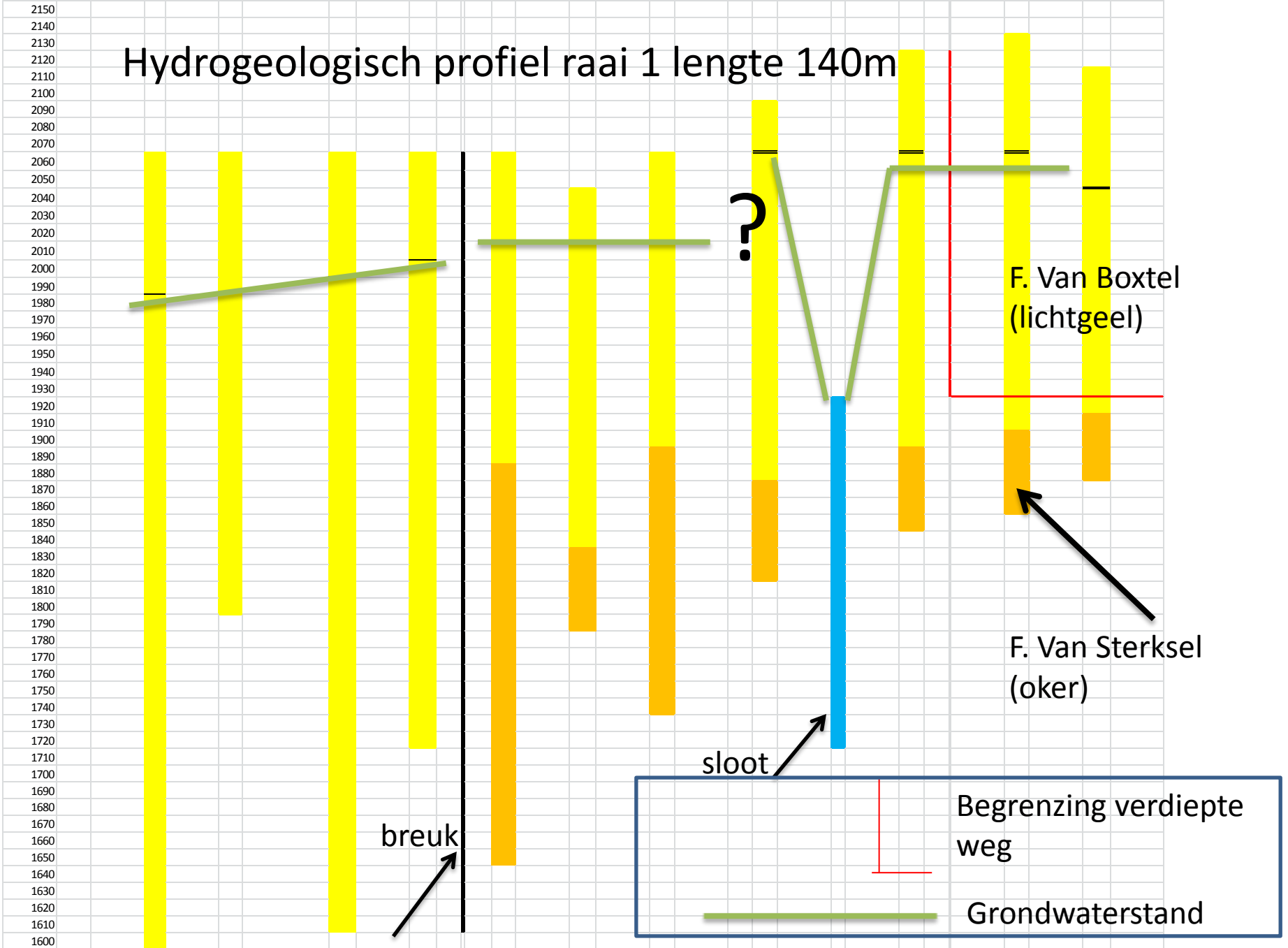


Het onderzoeksgebied ligt tussen profiel Noord en Midden (Noord). Op basis van deze profielen wordt geschat dat de top van F. van Sterksel aan de Roerdalslenk zijde van de breuk op ongeveer 8-10 meter diepte onder maaiveld ligt.

Schematisatie in 4 profielen

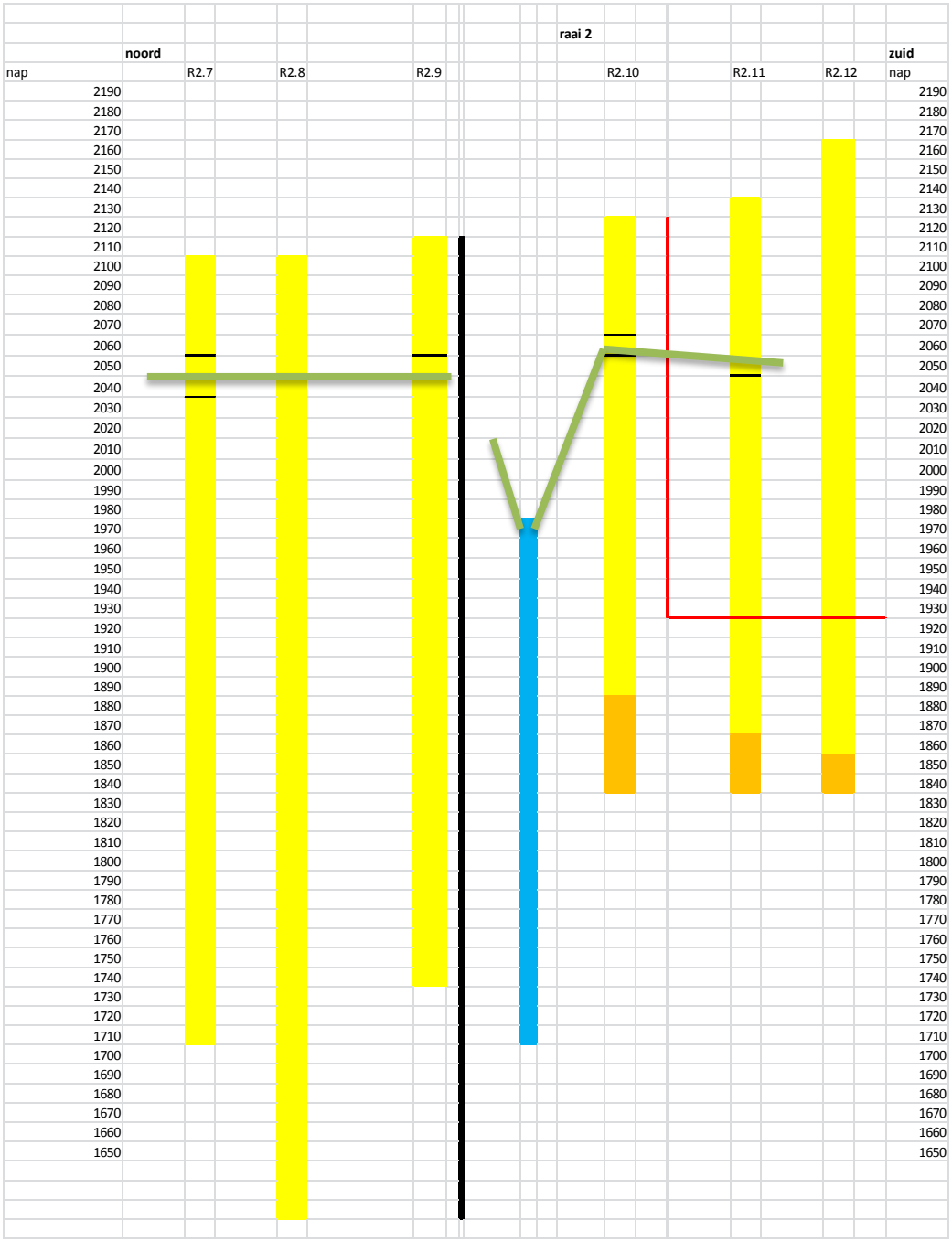
- De boringen geven aan waar de grove zanden/grind van de F. van Sterksel ondiep voorkomen. Dit is het Kempisch Plateau;
- Op de plaats waar deze laag overgang, in de Roerdalslenk, verspringt naar grotere diepte (5-8 m) ligt de breuk;
- Horizontaal kan de breuk op ca. 5 meter nauwkeurig worden bepaald.
  - Interpratie breuk, zie zwarte verticale lijn
- De liging van de geplande verdiepte aanleg is in rood aangegeven

Hydrogeologisch profiel raai 1 lengte 140m



Formatie van Boxtel

- De lithologie van de F. van Boxtel verschilt sterk aan beide zijden van de breuk;
  - Aan de hoge kant (zuidwest) bestaat deze eenheid grotendeels uit relatief goed doorlatend dekzand,
  - Aan de lage kant (noordoost) uit dekzand op fijn zand met leemlagen. Hier is de F. van Boxtel relatief slecht doorlatend.



Hydrogeologisch profiel raai 2 (lengte 100m)

Legenda: zie raai 1



Hydrogeologisch profiel raai 3 (lengte 40m)

Legenda: zie raai 1



Hydrogeologisch profiel raai 4 (lengte 40m)

Op basis van de regionale geologische analyse uit het voorgaande N69 Deltares-TNO onderzoek wordt verwacht dat de leem/fijn zand Boxtel afzettingen, ter plaatse ten noord-oost van de breuk een dikte bezit van 8-10 meter.

Legenda: zie raai 1

Resultaat boringen

- Met behulp van de boring kon zeer nauwkeurig (ca. 5 meter) de ligging van de breuk worden bepaald;
- Deze breuk heeft een stuwende invloed op het grondwater met wijstachtige kwel verschijnselen;
- De verdiepte aanleg moet worden gerealiseerd met behulp van bronnering, zal de grondwaterstand ca. 100 cm moeten worden verlaagd. Hiervoor zal in dit grindrijke gebied veel grondwater moeten worden onttrokken.

Onderzoek grondwaterkwaliteit



Alle grondwaterbuizen zijn bemonsterd. In het veld zijn EC (geleidbaarheid), pH (zuurgraad), zuurstofgehalte en redox gemeten. In het laboratorium van Deltares zijn de macro-parameters (kationen, anionen) bepaald.

Het doel was: onderzoek naar de herkomst van de kwelstroom en onderbouwing van de opstuwende werking voor grondwater door het breuk systeem.

Waarom deze parameters?

- De veldbepalingen (pH, EC, zuurstofgehalte, redox) in combinatie met de laboratorium metingen, kunnen het water typeren: samen kunnen ze een aanwijzing geven over de herkomstdiepte en/of transportweg.
- Voorbeeld: Ondiep water in een gebied met natuurlijke begroeiing heeft in deze omgeving meestal een lage pH, lage EC en laag caliumgehalte.
- Voorbeeld: Water dat opstijgt van tientallen meters diep heeft een neutrale pH (ca. 7), een hogere EC en relatief veel calcium

Waarom deze parameters?

parameter	interpretatie
Calcium (Ca)	Calcium neemt meestal toe bij passage van diepere kalkrijke pakketten. In kwelgebieden kan dit kalkrijke water opstijgen.
Bicarbonaat (HCO3)	Bicarbonaat is vaak gerelateerd aan calciumgehalte.
Nitraat (NO3)	Nitraatrijk water wijst op een lokale herkomst, en vermesting
Sulfaat (SO4)	Diepe kwel heeft vaak zeer lage sulfaatgehalten.
Chloride	Chloride kan wijzen op mest. Schone kwel heeft laag chloride gehalte
EC	EC is maat voor zoutgehalte (ionen som)
pH (zuurgraad)	Ondiep water dat alleen dekzand heeft doorstroomt is zuur
redox	Bij kwel kan de redox vaak gerelateerd worden aan de herkomst diepte. Diep water bezit geen zuurstof, nitraat of sulfaat.
Ammonium (NH4)	Is vaak gerelateerd aan mest. Diep grondwater kan echter ook significante gehalten bezitten
temperatuur	Kan indicatie geven over herkomstdiepte . Kwelwater is relatief warm
Mg, Na, K	Voor controle ionen som en kan informatie leveren over verzoeting/verzilting

Resultaten veldmetingen

Locatie : Veldhoven																				
Datum : 12-12-2013																				
Labcode: 2013029	001.	002.	003.	004.	005.	006.	007.	008.	009.	010.	011.	012.	013.	014.	015.	016.	017.	018.	019.	020.
Peilbuis nummer	R-3 15	R-3 15A	R-2 10	R-2 10A	R-2 7	R-2 7A	R-1 11	R-1 11	R-1 8	R-1 8	R-1 9	R-1 9	R-1 10	R-1 10	R-3 14	R-3 10A	sloot-21	sloot-43	sloot-43	sloot - 43
Filterdiepte	1-2 m	2.5-3.5 m	2-3 m	1-2 m	3,5 m	1,70 m	3,5-4,5 m	1,80-2,80m	1-2 m	2,30-3,30m	2,20-4,20m	2,30-3,30m	2,20-3,20m	0,60-1,60m	2,5-3,5m	1,5-2,5m				
PH	5,54	6,09	6,13	6,27	5,78	5,92	5,9	6,13	6,3	6,16	6,33	6,43	6,2	6,48	5,43	6,11	6,5	6,26	6,84	6,53
EC	296	337	588	633	243	539	477	304	427	392	447	424	477	717	203	328	221	382	266	292
Temp	8,4	10,2	8,4	8,5	7,5	5,3	10,3	8,4	9	7,6	10,2	9,1	9,6	8,2	10	10,4	6,8	63	7	7,4
Redox	194	67	-7	-33	109	68	13	49	-32	102	-43	-44	-23	-79	115	21	190	145	84	162
zuurstof	0,85	0,08	0,32	0,17	0,2	6,4	0,19	0,1	0,1	0,3	0,05	0,7	0,04	0,22	0,9	0,29	1,8	5	11,4	8,05

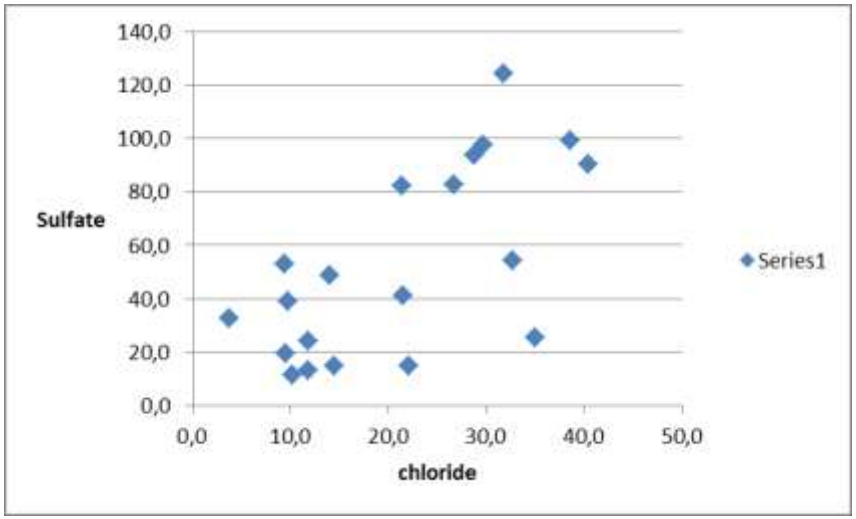
Waterchemie anionen

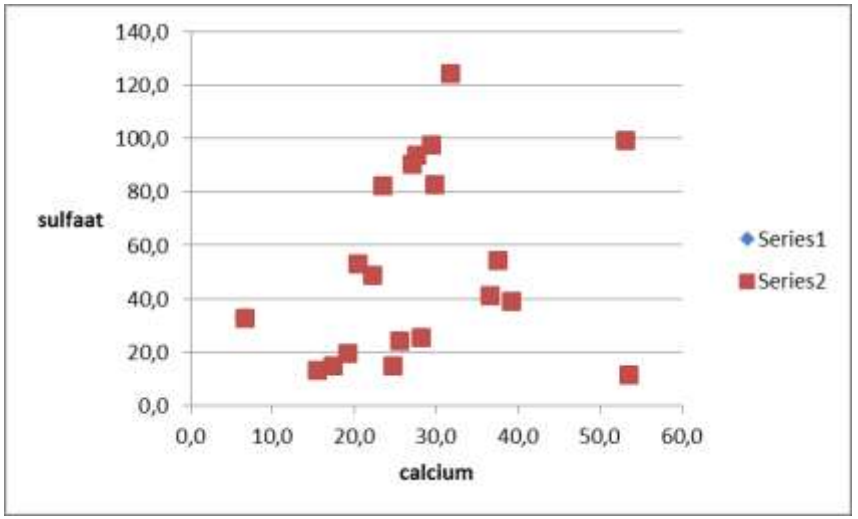
	Diepte onderkant Filter .	Sample Name	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount
	M -mv		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	Filterlengte 1 meter		Fluoride	Chloride	Nitrite	Bromide	Nitrate	Sulfate	Phosphate
			CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1
R3-15	2	2013-029-001	n.a.	3,8	n.a.	n.a.	1,7	32,8	10,2
R3-15A	3.5	2013-029-002	n.a.	9,8	n.a.	n.a.	n.a.	39,2	1,7
R2-10	3	2013-029-003	n.a.	32,7	n.a.	n.a.	n.a.	54,2	n.a.
R2-10A	2	2013-029-004	n.a.	38,5	n.a.	n.a.	n.a.	99,3	2,2
R2-7	4.5	2013-029-005	n.a.	11,8	n.a.	n.a.	29,7	13,1	n.a.
R2-7A	2.7	2013-029-006	n.a.	35,0	n.a.	n.a.	133,4	25,5	n.a.
R1-11	4.5	2013-029-007	n.a.	21,5	n.a.	n.a.	n.a.	41,3	n.a.
R1-11	2.8	2013-029-008	n.a.	9,5	n.a.	n.a.	7,6	19,6	n.a.
R1-8	3.3	2013-029-009	n.a.	28,8	n.a.	n.a.	n.a.	93,7	n.a.
R1-8	2	2013-029-010	n.a.	11,8	n.a.	n.a.	68,6	24,1	n.a.
R1-9	3.2	2013-029-011	n.a.	29,7	n.a.	n.a.	n.a.	97,6	n.a.
R1-9	2	2013-029-012	n.a.	26,7	n.a.	n.a.	n.a.	82,6	n.a.
R1-10	3.2	2013-029-013	n.a.	31,8	n.a.	n.a.	n.a.	124,1	n.a.
R1-10	1.6	2013-029-014	n.a.	10,2	n.a.	n.a.	n.a.	11,6	4,6
R3-14	3.5	2013-029-015	n.a.	14,0	n.a.	n.a.	n.a.	48,7	1,7
R3-14A	2.5	2013-029-016	n.a.	9,4	n.a.	n.a.	n.a.	52,8	n.a.
Sloot 2		2013-029-017	n.a.	14,5	n.a.	n.a.	n.a.	15,0	n.a.
Sloot 1		2013-029-018	n.a.	40,4	n.a.	n.a.	n.a.	90,2	n.a.
Sloot 4		2013-029-019	n.a.	22,1	n.a.	n.a.	n.a.	15,0	n.a.
Sloot 3		2013-029-020	n.a.	21,4	n.a.	n.a.	n.a.	82,1	n.a.

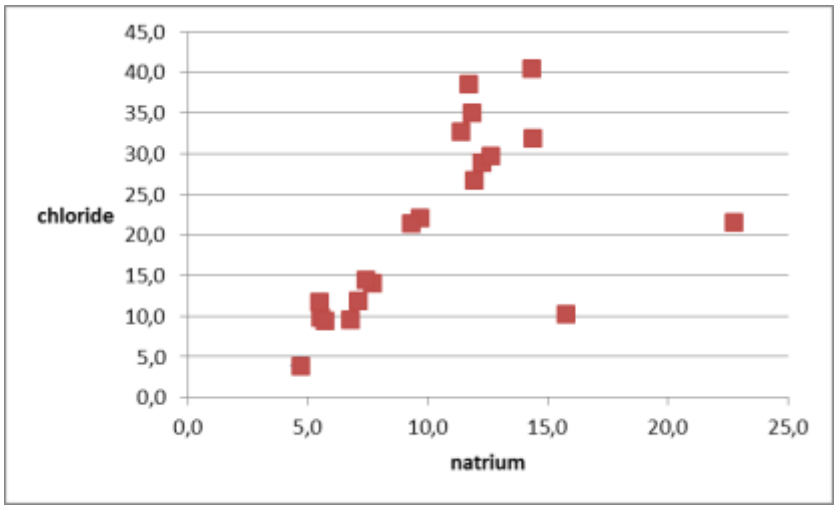
Waterchemie kationen

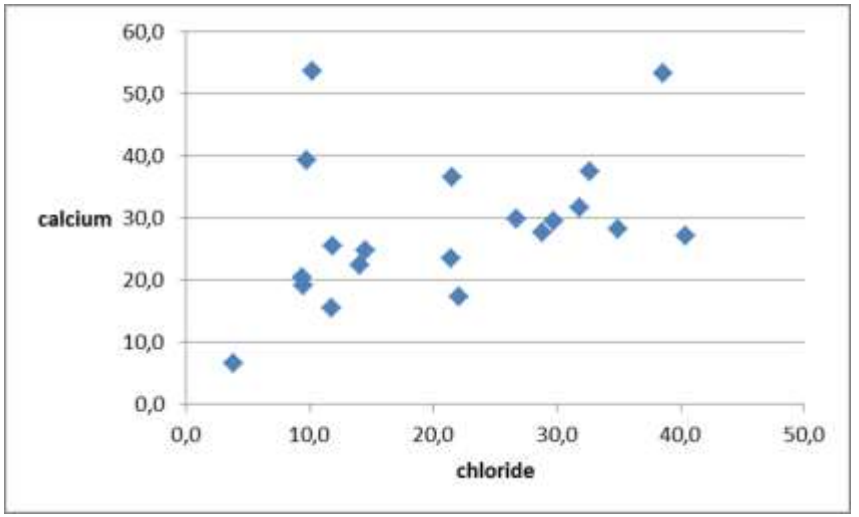
Name		Diepte onderkant Filter .	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount
		M -mv	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		Filterlengte 1 meter	Lithium	Sodium	Ammonium	Potassium	Magnesium	Calcium
			CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1
2013-029-001	R3-15	2	n.a.	4,7	1,7	71,1	0,6	6,6
2013-029-002	R3-15A	3.5	n.a.	5,5	2,7	12,5	4,5	39,2
2013-029-003	R2-10	3	n.a.	11,4	1,3	40,9	17,3	37,5
2013-029-004	R2-10A	2	n.a.	11,7	1,0	19,5	17,1	53,1
2013-029-005	R2-7	4.5	n.a.	5,5	n.a.	5,1	10,9	15,5
2013-029-006	R2-7A	2.7	n.a.	11,8	n.a.	4,4	21,6	28,1
2013-029-007	R1-11	4.5	n.a.	22,7	0,3	11,3	10,1	36,6
2013-029-008	R1-11	2.8	n.a.	6,8	0,4	17,9	14,5	19,1
2013-029-009	R1-8	3.3	n.a.	12,3	n.a.	3,3	8,9	27,6
2013-029-010	R1-8	2	n.a.	7,1	n.a.	18,9	18,0	25,5
2013-029-011	R1-9	3.2	n.a.	12,6	n.a.	3,2	9,2	29,4
2013-029-012	R1-9	2	n.a.	11,9	n.a.	4,0	11,1	29,7
2013-029-013	R1-10	3.2	n.a.	14,4	n.a.	3,7	10,6	31,7
2013-029-014	R1-10	1.6	n.a.	15,8	n.a.	18,1	40,0	53,5
2013-029-015	R3-14	3.5	n.a.	7,7	7,7	10,0	5,0	22,3
2013-029-016	R3-14A	2.5	n.a.	5,7	0,4	3,3	2,6	20,4
2013-029-017	Sloot 2		n.a.	7,4	0,6	1,2	5,0	24,6
2013-029-018	Sloot 1		n.a.	14,3	0,3	3,9	11,5	27,0
2013-029-019	Sloot 4		n.a.	9,7	6,6	5,9	6,9	17,3
2013-029-020	Sloot 3		n.a.	9,3	0,9	3,9	7,7	23,4

Enkele grafieken grondwaterkwaliteit









Uitleg grafieken

- SULFAAT-CHLORIDE: “Diepe” kwel heeft vaak een lage chloride en sulfaat gehalten . Natuurlijke chloride gehalten zijn lager dan 15 ppm.
- CHLORIDE-NATRIUM: in het geval van schoon diep grondwater verhouden zij conform de zeewater verhouding. De bron is meestal atmosferische (natte en droge) depositie.
- SULFAAT-CALCIUM: “Diepe” kwel heeft hoge calciumgehalten en lage sulfaat gehalten.
- CALCIUM-CHLORIDE: “Diepe” kwel bezit lage chloride en hoge calcium gehalten.

Op basis van deze grafieken kan de kans worden ingeschat dat watermonsters op opstijgend diep grondwater wijst. Echter, op basis van deze informatie kunnen hier nu geen uitspraken worden gedaan.

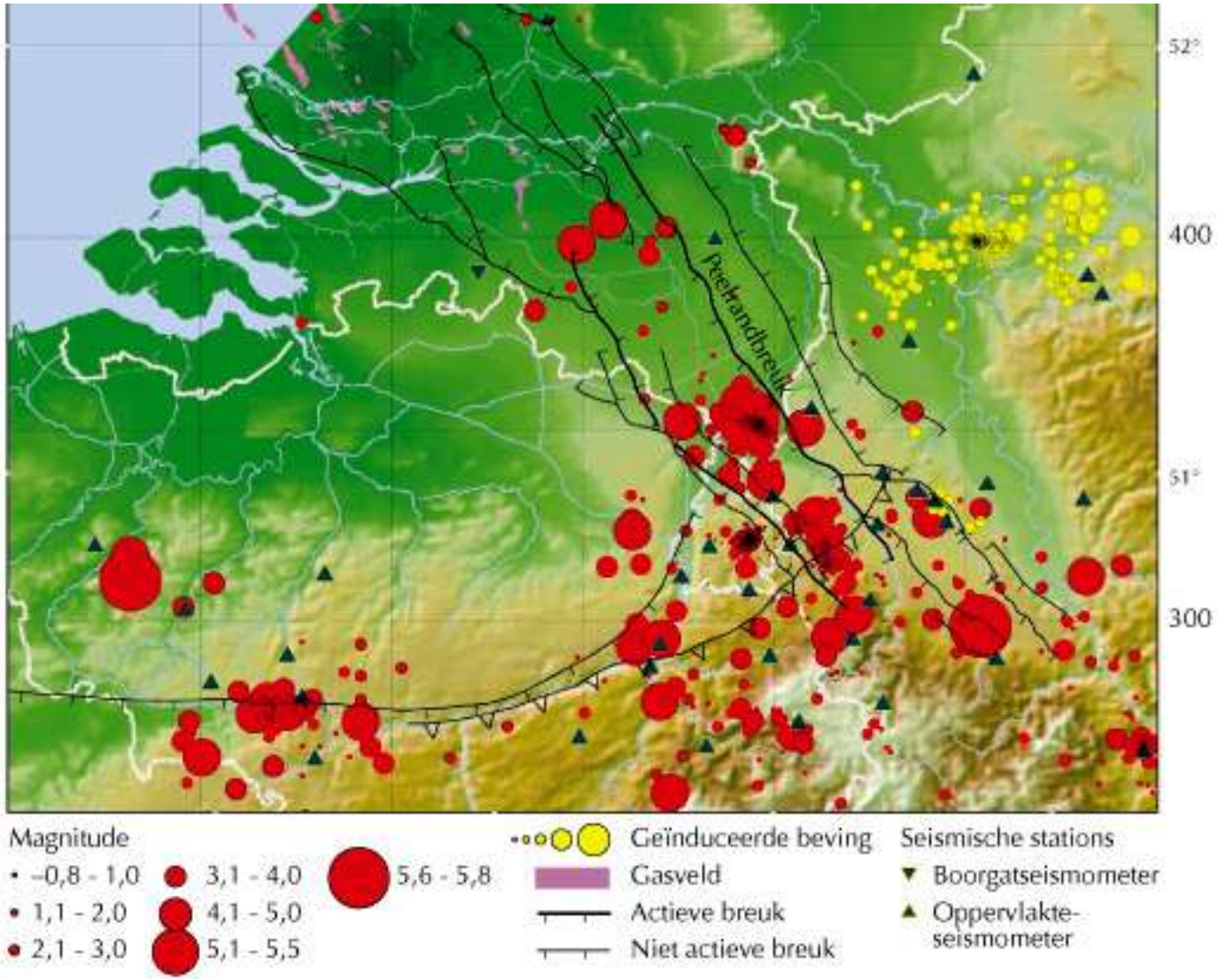
Resultaten grondwateronderzoek

1. De chemische analyse resultaten leverden weinig aanvullende informatie op over de grondwaterstroming;
2. De analyses bezitten allemaal sulfaat, wat er in deze omgeving op wijst dat het water slechts het ondiepe (Sterksel) watervoerende pakket heeft doorstroomt. Dieper grondwater is meestal sterker gereduceerd en sulfaatloos;
3. Enkele monsters stroomopwaarts van de breuk worden gekarakteriseerd door een hoger calciumgehalte (>40 mg/l) en laag chloridegehalte (ca. 10 mg/l). Deze samenstelling wijst op kwel van tientallen meters diepte. Dit water is geïnfiltreerd in een zone met natuurlijke begroeiing (niet vervuild).

Bodembeweging door breuken?

- De weg wordt plaatselijk op de breuk aangelegd:
  - Bestaat er een risico voor schade aan de contructie door breuk beweging?
  - Bestaat er een risico voor schade door aardbevingen?

Bodembeweging door breuken?



Aardbevingen in Zuid-Nederland en omgeving (rode en gele rondjes). Hoe groter, des te zwaarder is de beving. Duidelijk is dat de bevingen geconcentreerd zijn langs breuken in de ondergrond: echte aardbevingen door tektoniek. (www.falw.vu)

Uit bovenstaande kaart blijkt dat “onze” breuk in België, Limburg en Duitsland een relatie bezit met aardbevingen. De breuk kan actief zijn.

Geen zichtbare schade aan boerderij





De af te breken boerderij ligt precies op de breuk. De boerderij is ca. 50 jaar oud. Woonhuis en schuren vertonen geen schade die op breukbeweging kan wijzen.

- Het is echter niet bekend of de gebouwen door breukwerking verzakt zijn.
- Deltariaan Andre Cinjee staat op de breuk

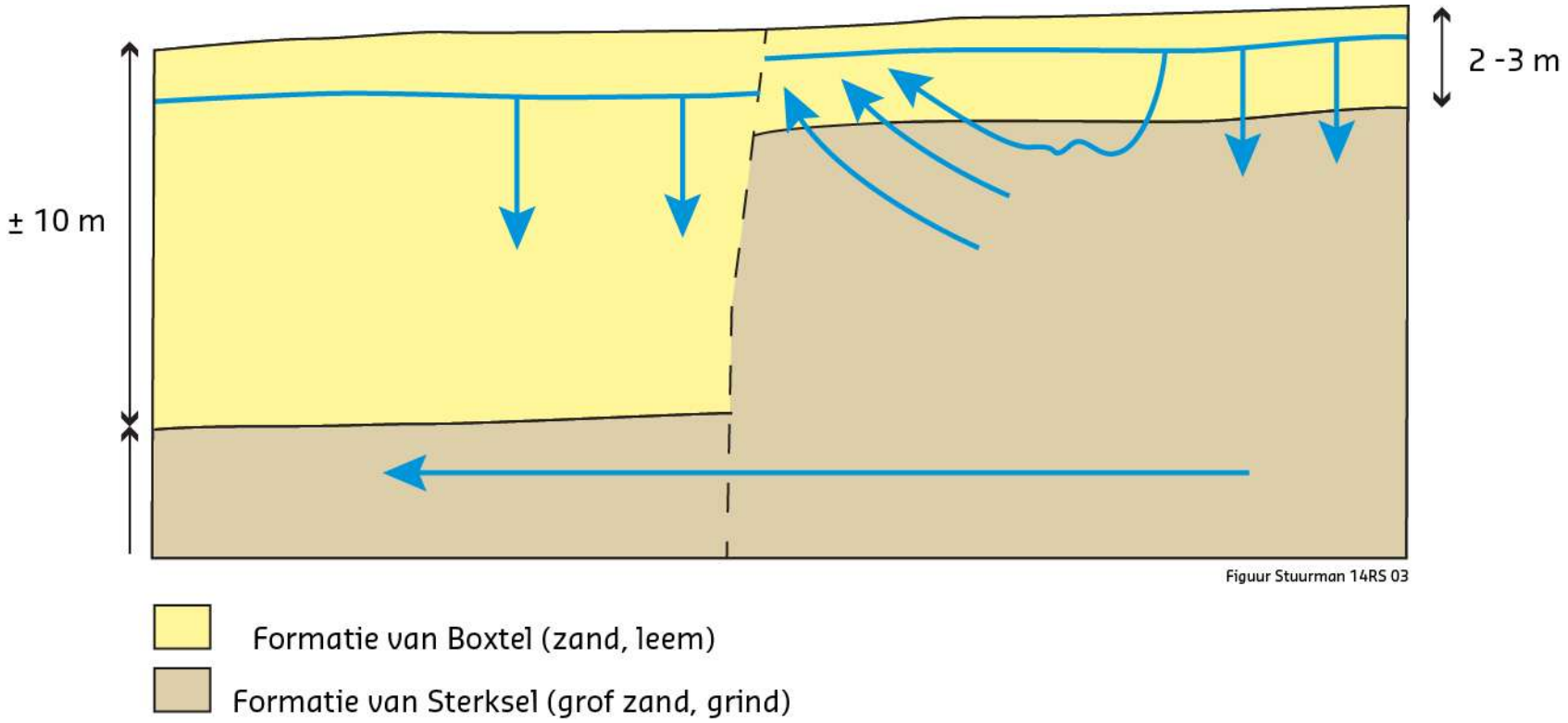
Conclusie bodembeweging

- Er bestaat een kleine kans op verschuiving langs de breuk;

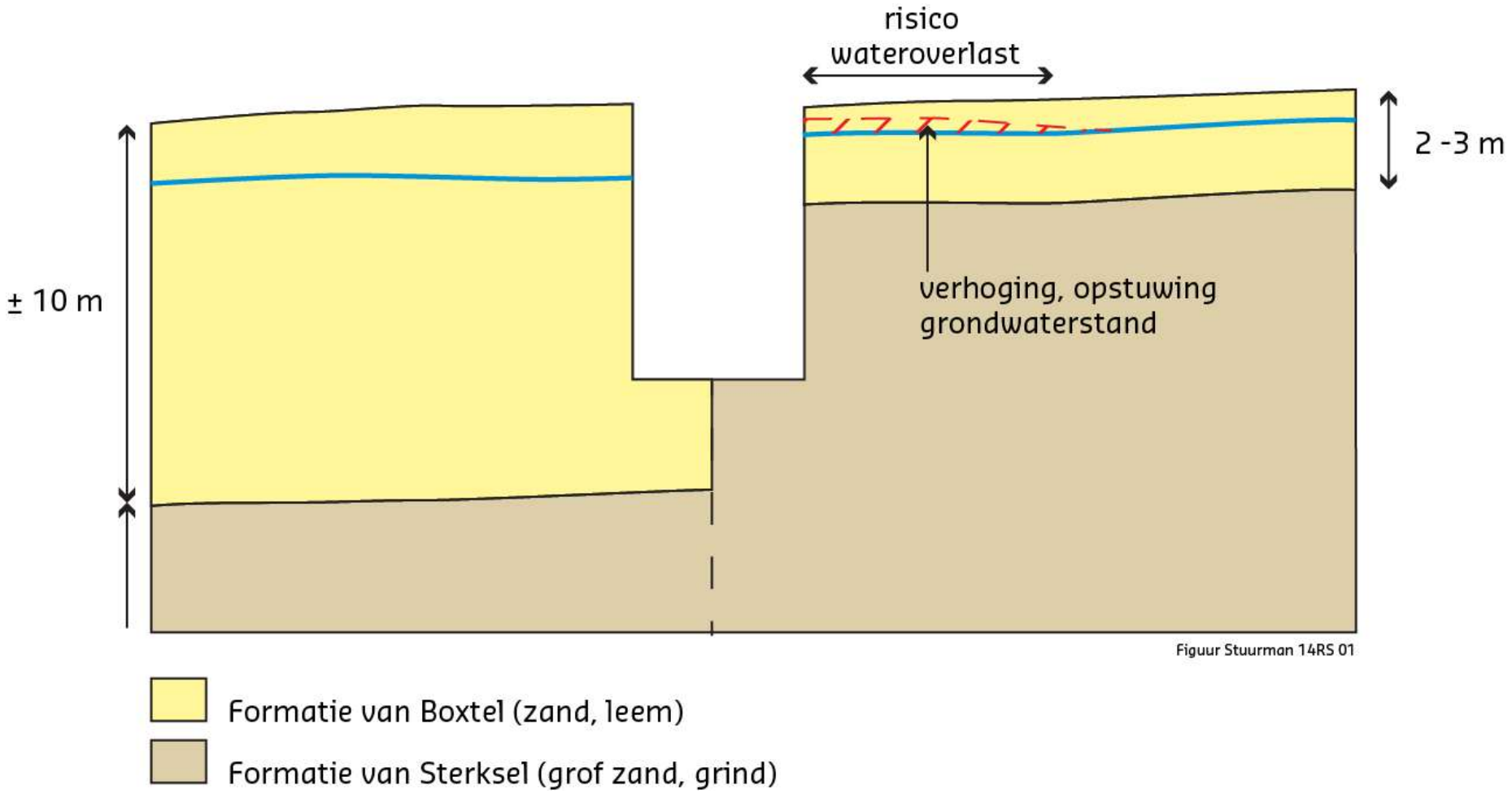
Bespreking scenario’s

- Scenario 1: ontwerpscenario met verdiepte aanleg N69, Broekhovenseweg op maaiveld;
- Scenario 2: Alternatief, Broekhovenseweg verhoogd, N69 op maaiveld;
- Scenario 3: Alternatief, N69 verhoogd op palen, Broekhovense weg op maaiveld

Conceptueel model van natuurlijke grondwatersituatie. (profiel loodrecht op de breuk)



Ter plaatse van de verdieping kan de volgende grondwatersituatie ontstaan.

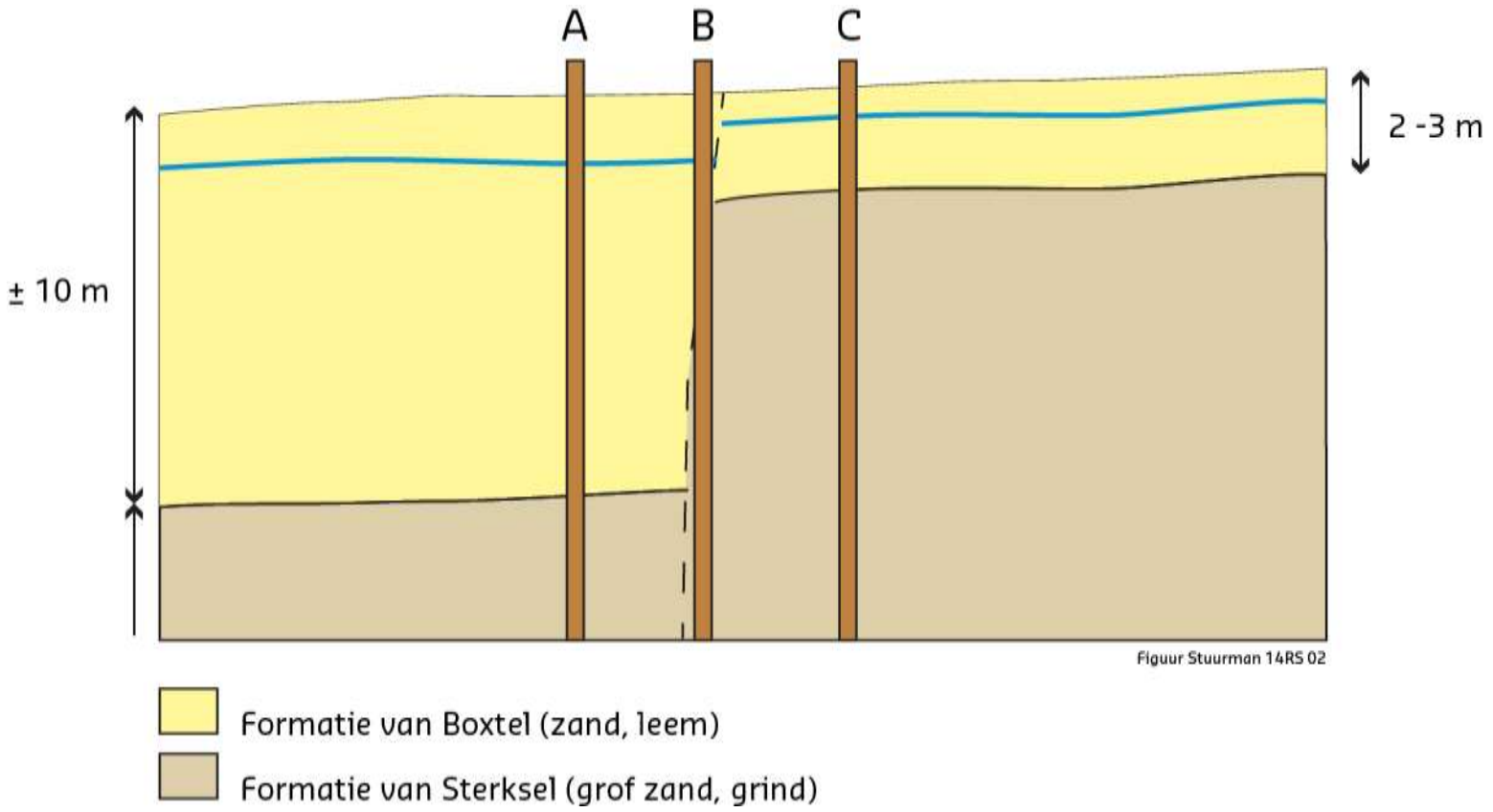


Adviezen i.v.m. funderingstechniek verdiepte bak

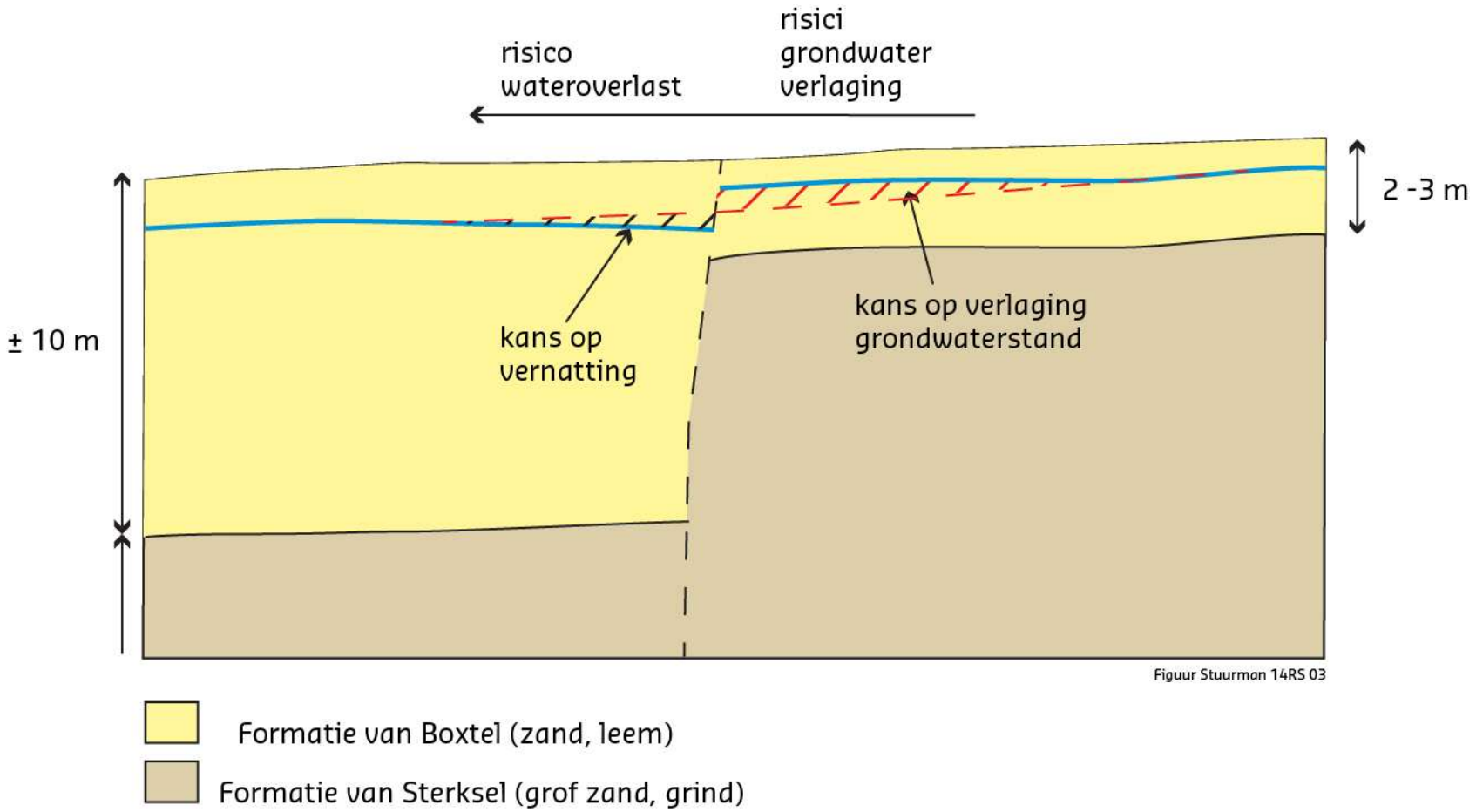
1. Met behulp van (satelliet) INSAR-metingen van laatste 20 jaar aan objecten in de buurt over de breuk heen vast proberen te stellen in hoeverre breuk actief is.
2. verdiepte ligging is starre constructie. Bij lichte beving kan er plotseling verplaatsing orde 1 cm ontstaan. Kans 1/50 jr. Is dat acceptabel?
   - zo ja -> constructief zo flexibel mogelijk maken, bij constructie warning system meenemen voor bevingen boven 3. Dan constructie afsluiten inspecteren en zo nodig herstellen
   - zo nee -> weg 100 m verleggen buiten breukzone

3. Bemaling: Groot waterbezwaar, ijzerhoudend, probleem met lozing > retouren? hoge kosten. Zie bijlage A: per dag zal tussen 3800 en 5500 m3 moeten worden onttrokken (op jaarbasis 1, 4-2 miljoen m3).
4. Hoe is de waterafvoer verzorgd van het slootwater langs de Broekhovenseweg ten zuiden van de bak (breuk)?..en in het aangrenzende maisperceel?

Passage op palen
Risico gering. Voorkom paal aanleg door de breuk (B)



Bij aanleg greppels loodrecht op de breuk kan verdroging en wateroverlast ontstaan. Deze effecten kunnen worden voorkomen door aanleg stuwtjes.



Afweging scenario's

	Grondwater effect	aanleg
Ontwerp scenario N69 verdiept, 2 m - mv	Opstuwing, vernatting aan Kempisch Plateau kant	Hoge kosten voor bronnering of alternatieve verdiepte aanleg. Klein risico op breuk beweging.
Alternatief 1 N69 op maaiveld, Broekh. Weg verhoogd	Geen grondwater effect	Wel rekening houden met kwelsituatie langs de N69 ter plaatse van de breuk.
Alternatief 2 N69 verhoogd, Broekh weg op maaiveld	Geen grondwater effect	

Conclusies

1. De ligging van de breuk ter plaatse kan met grote zekerheid worden aangegeven (fout ca. 5-10 meter);
2. Het verdiepte wegtraject passeert de breuk ter plaatse van de te verwijderen boerderij aan de westzijde van de Broekhovenseweg;
3. De breuk lijkt invloed te hebben op de grondwatersituatie. Stroomopwaarts van de breuk is sprake van kwel.
4. Zogenaamde kwelbuizen, in de sloot bij raai 1, tonen stroomopwaarts van de breuk sterke kwel ter plaatse van het aan te leggen weggedeelte;
5. De stuwende werking van de breuk lijkt, vooral aan de oostzijde van de weg, tot ca. 100 meter merkbaar.
6. Ten hoogte van de boerderij lijkt een grondwatersprongetje aanwezig (ca. 20 cm). Dit is veel minder dan bijvoorbeeld bij Uden!
7. Het verdiepte wegtraject ligt overal vlak boven de zeer goed doorlatende grove zanden en grinden van de F. van Sterksel. De actuele grondwaterstand is meer dan 1 meter hoger dan de geplande diepte van het verdiepte wegtracé.
8. Hiermee moet bij de aanleg rekening worden gehouden. Bronnering lijkt niet een handige optie. Verlaging door bronnering kan alleen door onttrekking van heel veel grondwater;
   - Bij eventuele retourbemaling moet rekening worden gehouden met het hoge ijzergehalte van het grondwater en de hoge grondwaterstand en de lemige bovengrond.
9. De breuk kent nu een zeer geringe snelheid. De 50 jaar oude boerderij die op de breuk is gebouwd toont geen schade. Een kleine kans op effect van aardbevingen bestaat.

Eindconclusie

- Een verdiepte aanleg, zoals hier voorzien, kan verschillende problemen met zich meebrengen:
  - Opstuwing van grondwater stroomopwaarts,
  - Bij gebruik van bronnering moet heel veel, ijzerrrijk, grondwater worden onttrokken,
  - Breukbeweging: de beweging van de breuk lijkt zeer gering, maar is niet uit te sluiten.
- De 2 alternatieve scenario's leveren nauwelijks geologische en grondwater risico's op

Bijlage A: bemaling

Een indicatieve berekening van de omvang van uitvoering met bemaling bij aanleg van verdiepte delen van de nieuw te realiseren weg N69 in de omgeving van Veldhoven (Hans van Meerten, Deltares)

Uitgangspunten

Constructiemethode:
- Open bouwput (geen damwanden)
- Verdiepte delen van weg aanleggen met bemaling

Constructiegegevens:
- Diepte bak NAP + 19,5 m (onderkant constructie)
- Breedte bak 15 m
- Lengte verdiepte ligging 250 m

Bodemopbouw:
- Maaiveldhoogte NAP + 21,4 m
- Fijn zand tot NAP + 19,5 m (Formatie van Twente, Boxtel)
- Grind tot NAP + 9,5 m (Formatie van Sterksel)
- Daaronder aangesloten kleilaag (Formatie van Stamproy)

Grondwaterstand:
- GHG = NAP + 20,6 m
- Benodigde verlaging NAP + 19 m (0,5 m onder constructievloer) = GWS – 1,6 m

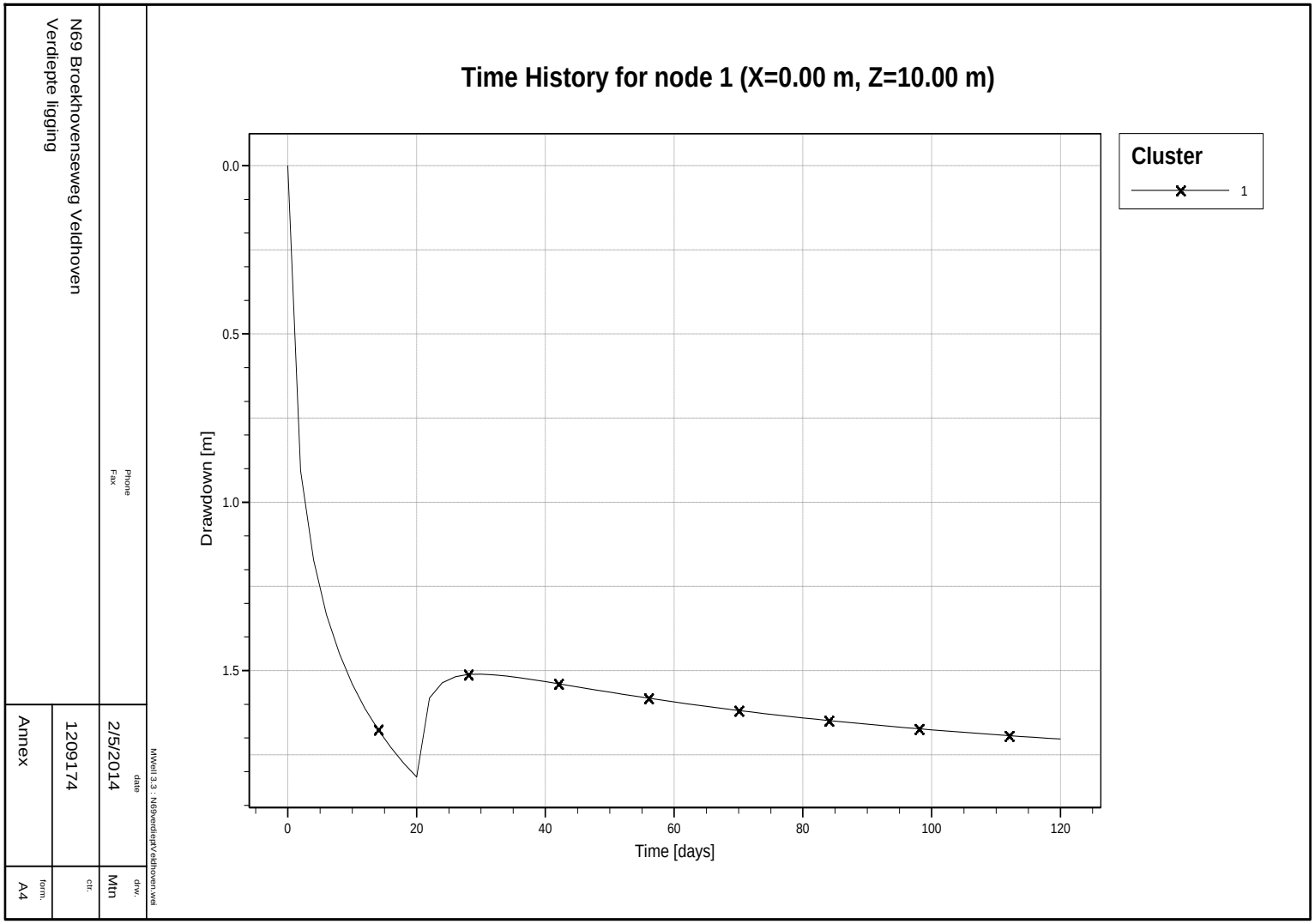
Geohydrologische aannamen:
- aaneengesloten oneindig uitgestrekte lagen
- Geen effect van breuken in schematisatie voor berekening
- Fijn zand doorlatendheid k = 5 m/d
- Grind doorlatendheid k = 60 tot 100 m/d
- Geschematiseerd tot freatisch pakket met bergingsfactor 0,2 en doorlaatvermogen 1000 m^2/d

De berekening is uitgevoerd met het analytische elementen berekeningsprogramma MWell voor tijdsafhankelijke grondwaterstroming in meerdere lagen.
Om de berekening met MWell mogelijk te maken is een voeding aan bovenzijde aangenomen door een fictief aangenomen slecht doorlatende laag aan de top (met een fictieve weerstand van 1000 dagen) zodat met een gemiddelde verlaging van 1 m er in het beïnvloede gebied een infiltratie door neerslag ontstaat van 1 mm/d

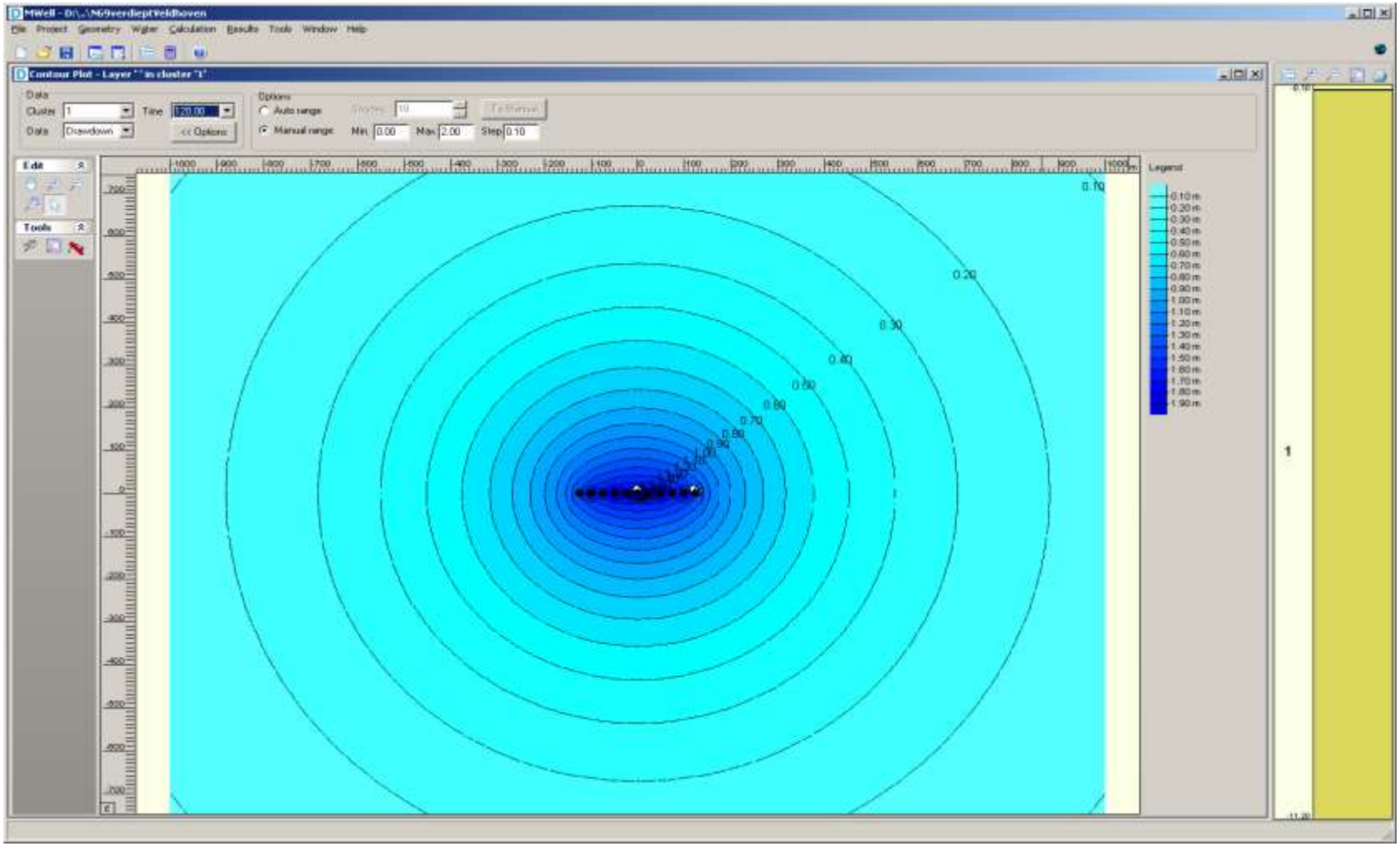
Het benodigd debiet om over 250 m weglengte de grondwaterstand te verlagen is met gekozen uitgangspunten en zonder bemaling te optimaliseren (aan uiteinden is minder verlaging nodig) berekend op:
Onttrekking is circa 5500 m3/d in eerste weken, later af te bouwen naar circa 3800 m3/d.

De verlaging van grondwater in de bouwput is dan voldoende

De verlaging van grondwaterstand is bij het aangegeven onttrekkingsdebiet nog te vinden op 1200 m afstand met een verlaging van 0,1 m aldaar.



Figuur 1. Grafiek van de verlaging van grondwater in de tijd midden in de bouwput



Figuur 2. Kaart van de verlaging van de grondwaterstand [in meter ten opzichte van initiële stand] rond de bouwput na120 dagen bemalen

Opmerkingen

- Omdat de onttrekking tot verdroging zal leiden en dit in Brabant waarschijnlijk niet wordt toegestaan zal een retourbemaling moeten worden toegepast. Een dergelijke uitvoeringswijze is tevens aan de orde als bemalingswater niet mag of kan worden geloosd. Ook dat is vanwege regelgeving waarschijnlijk, mede ingegeven door de verwachting dat het grondwater mogelijk sterk ijzerhoudend is.
- Het waterbezwaar van de bemaling zal door toepassing van een retourbemaling toenemen met een factor die afhankelijk is van de afstand van de retourbemaling tot de onttrekkingslocatie. Bij een afstand van 200 m is die factor bij de gegeven geohydrologische situatie ongeveer 2 en bij een afstand van 400 m is de retourfactor 1,5.