

IFCO Funderingexpertise BV

Limaweg 17
2743 CB Waddinxveen
Postbus 429
2740 AK Waddinxveen

Tel: (0182) 646 646
Fax: (0182) 646 654
E-mail: mail@ifco.nl
Web: www.ifco.nl

Project manager: Ir. A.F. van Weele						
Bepaling toekomstige bodemdaling en de (mogelijke) consequenties voor te realiseren nieuwbouw op voormalig AKZO-terrein "Technology Centre"						
Revisie informatie:						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door	Initialen	Gecontroleerd door	Initialen
001	Concept	24-11-2010	Ir. A.F. van Weele	AF	Ir. J. Bakker	JB
002	Definitief	10-12-2010	Ir. A.F. van Weele	AF	Ir. J. Bakker	JB

Opdrachtgever: Strootbeekpark Ontwikkeling VoF
Postbus 75
7670 AB Vriezenveen

Referentie : r10aa028.fw.1.doc



Op opdrachten is van toepassing RVOI 1998. Na een 1e verzoek wordt een kopie van deze voorwaarden kosteloos aan u verstrekt.

INHOUDSOPGAVE:

1	INLEIDING	2
2	BESCHIKBARE INFORMATIE.....	3
3	RAPPORTAGE GEOCONTROL	3
3.1	INLEIDING	3
3.2	VERKLARING ZAKKINGSGEDRAG	3
3.3	PROGNOSEMODEL GEOCONTROL	4
3.4	SAMENVATTING CONCLUSIES GEOCONTROL.....	5
3.5	PROGNOSE GEOCONTROL	5
4	CONTROLE NAUWKEURIGHEID PROGNOSE-MODEL GEOCONTROL	6
5	ZAKKING GEBOUWEN TERREIN TECHNOLOGY CENTRE.....	10
5.1	INLEIDING	10
5.2	OPBOUW ONDERGROND	10
5.3	GLOBALE FUNDERINGSTECHNISCHE ANALYSE.....	11
5.4	GEMETEN ZETTINGSGEDRAG.....	12
5.5	CONCLUSIE	13
6	ZAKKINGEN TERREIN PERIODE 2010 – 2015, 2010 – 2025 EN 2010 - 2030.....	14

1 Inleiding

Strootbeekpark Ontwikkeling VoF heeft het voornemen het voormalig AKZO-terrein dat werd aangeduid met 'Technology Centre' te herontwikkelen. Het gebied wordt aan de noordzijde begrensd door de Boortorenweg, aan de oostzijde door een groenstrook, aan de zuidzijde door een watergang en aan de westzijde door de Boekeloseweg. Deze ontwikkeling houdt o.a. in dat een deel van de bestaande bebouwing wordt gesloopt, nieuwe infrastructuur wordt aangebracht en dat kavels worden uitgegeven waarop de toekomstige eigenaren nieuwbouw kunnen plegen.

Het terrein bevindt zich echter in een gebied waar AKZO in het verleden zout heeft gewonnen. E.e.a. betekent dat in de diepe ondergrond cavernes zijn gevormd, die opwaarts migreren hetgeen zich uit in een bodemdaling. Zo ook ter plaatse van het onderhavige terrein waar zich de voormalige zoutwinputten B7 tot en met B11, B14 en B15 bevinden.

Sinds tientallen jaren wordt het zettingsgedrag van de bodem en de gebouwen op het voormalige AKZO-terrein geregistreerd door het jaarlijks uitvoeren van waterpassingen. In 2005 – 2007 is de meetdata door Geocontrol geanalyseerd en is op basis van deze data een voorspelling gegeven van het zettingsgedrag van het terrein in de toekomst. Zie hoofdstuk 2, item 1. In hoofdstuk 3 van het voorliggende rapport wordt ingegaan op het rapport van Geocontrol en worden de belangrijkste conclusies uit dit rapport samengevat.

Het rapport van Geocontrol is gebaseerd op data tot en met 2004. Sindsdien zijn de waterpassingen (jaarlijks) gecontinueerd en is het zodoende mogelijk de zettingsprognoses van Geocontrol te vergelijken met de werkelijk opgetreden zettingen. Strootbeekpark Ontwikkeling VoF heeft IFCO Funderingsexpertise BV opdracht gegeven deze analyse uit te voeren en na te gaan of de prognoses van Geocontrol (voldoende) nauwkeurig zijn danwel dat het noodzakelijk is deze prognoses bij te stellen. Kort gezegd: het verifiëren van het prognosemodel van Geocontrol aan de hand van de laatste meetdata. Zie hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 wordt vervolgens ingegaan op het relatief grote verschil in zettingsgedrag van de meetpunten die in het veld zijn aangebracht en de meetpunten die op de (bestaande) bebouwing zijn aangebracht.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 6 een 'vertaling' gegeven van de analyseresultaten in een grafische weergave van de zettingen en verschilzettingen die zich in een periode van 5 jaar, 15 jaar en 20 jaar zullen voordoen. De resultaten worden gepresenteerd in een Autocad-tekening. Hierdoor is het voor de opdrachtgever mogelijk in te zoomen op een toekomstig uit te geven kavel waarin dan eenduidig wordt aangegeven met welke zettingen en zettingsverschillen de toekomstige eigenaar van het kavel rekening dient te houden. De eigenaar kan dan in overleg met zijn architect / constructeur / funderingstechnische adviseur de (maximale) afmetingen van de bouwkundige eenheden bepalen (e.e.a. afhankelijk van de locatie van de bouwkundige eenheid op het kavel en de oriëntatie van de bouwkundige eenheid).

2 Beschikbare informatie

De volgende informatie is door de opdrachtgever danwel AKZO Nobel Industrial Chemicals BV ter beschikking gesteld:

1. Rapport “Bepaling van de mogelijke toekomstige bodemdaling in de omgeving van het Technology Centre”, Geocontrol, rapport S00704, d.d. maart 2007.
2. Excel-spreadsheet: 20100929_08773_Totaal differenties_Twente_Rijn.xls, 5171 kB, meetgegevens waterpaspunten over de periode 1935 – 2009.
3. Autocad tekening: STBK tbv IFCO 09-11-2010_AC2004.dwg.
4. Tekening: herontwikkeling voormalig AKZO terrein te Hengelo, exploitatietekening, Devri Infra, tekening nr. 2831-C6-202, bladnummer 1.1, d.d. 20-04-2010.
5. Autocad tekening: P55_60_24_971(0).dwg.
6. Tekening: Technology Centre en research gebouwen 2 en 4, verticale deformatie meetpunten, AKZO Nobel. Tekening nr. P55.60.24/971, bladnr. 971, d.d. 5 januari 2006.
7. Tekening: Overzichtstekening, lokatie Hengelo, AKZO Nobel. Tekening nr. P55.60.21/901, bladnr. 901, d.d. 1 oktober 1996.
8. Rapport “Meetregister bij het meetplan Twenthe-Rijn – rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Twenthe-Rijn najaar 2009 – Akzo Nobel Industrial Chemicals B.V. te Hengelo”, Ingenieursbureau Oranjewoud BV, documentnr. 08773-43.
9. Autocad tekening: Meetnet_TR_jan2010.dxf
10. Tekening P55.60.12/916, Overzicht Deformatienet Twenthe Rijn, Najaarsmeting 2009, Overzicht differenties, Periode najaar 2008 – najaar 2009, d.d. 14-12-2009.
11. Excel-spreadsheet: Output IFCO.xls, 17 kB, resultaten zakkingsprognose Geocontrol periode 2015 – 2025.

3 Rapportage Geocontrol

3.1 Inleiding

In het rapport wordt een analyse uitgevoerd op zo’n 270 waterpaspunten, die gelegen zijn in een gebied, dat begrensd wordt door de RD x-coordinaten 25040 – 251200 en RD y-coordinaten 473500 – 474150. Het terrein dat Strootbeekpark Ontwikkeling VoF herontwikkeld wordt, wordt begrensd door de RD x-coordinaten 250720 – 251090 en RD y-coordinaten 473640 – 473960. Dit betekent dat het her te ontwikkelen gebied zich volledig bevindt in het gebied waarvan de meetdata door Geocontrol is geanalyseerd.

3.2 Verklaring zakkingsgedrag

De meetpunten in het gebied laten sinds de jaren ’60 een geleidelijk versnellende bodemdaling zien. Omstreeks 1995 wordt de maximale zakkingsnelheid bereikt, waarna de bodemdalingssnelheid geleidelijk maar systematisch afneemt. Een indruk van het zakkingsbeeld van het gebied wordt weergegeven in Figuur 1. In het centrum van de zakkingsstroog wordt een maximale zakkingsnelheid van ca. 70 mm per jaar bereikt.



Waarin:	$S(t)$	de te bepalen bodemdaling in jaar t (na 1995);
	S_{1995}	de totale bodemdaling die tot 1995 is opgetreden;
	V_{1995}	de zakkingsnelheid in 1995;
	a	de (constante) vertraging van de zakkingsnelheid;
	t	het betreffende jaar t (na 1995);
	$V(t)$	de zakkingsnelheid in jaar t (na 1995).

Aan de hand van formule (2) kan worden afgeleid het tijdstip waarop de bodemdaling tot stilstand komt ($\rightarrow V(t) = 0$):

$$t_f = -V_{1995} / a \quad (3)$$

Vervolgens heeft Geocontrol een statistische analyse uitgevoerd op alle beschikbare meetdata om de vertraging a en de zakkingsnelheid in 1995 te bepalen. Aan de hand van deze analyse komt Geocontrol tot de conclusie dat gemiddeld na zo'n 25 jaar er geen verdere bodemdaling meer in het gebied zal optreden. Gezien de spreiding in de meetdata, is er echter sprake is van enige onzekerheid. Uitgaande van standaard normale verdeling van de meetdata (hetgeen niet juist is), concludeert Geocontrol dat met 95% zekerheid gesteld kan worden, dat na zo'n 35 jaar er geen verdere bodemdaling meer in het gebied zal optreden

3.4 Samenvatting conclusies Geocontrol

Op grond van het rapport van Geocontrol kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

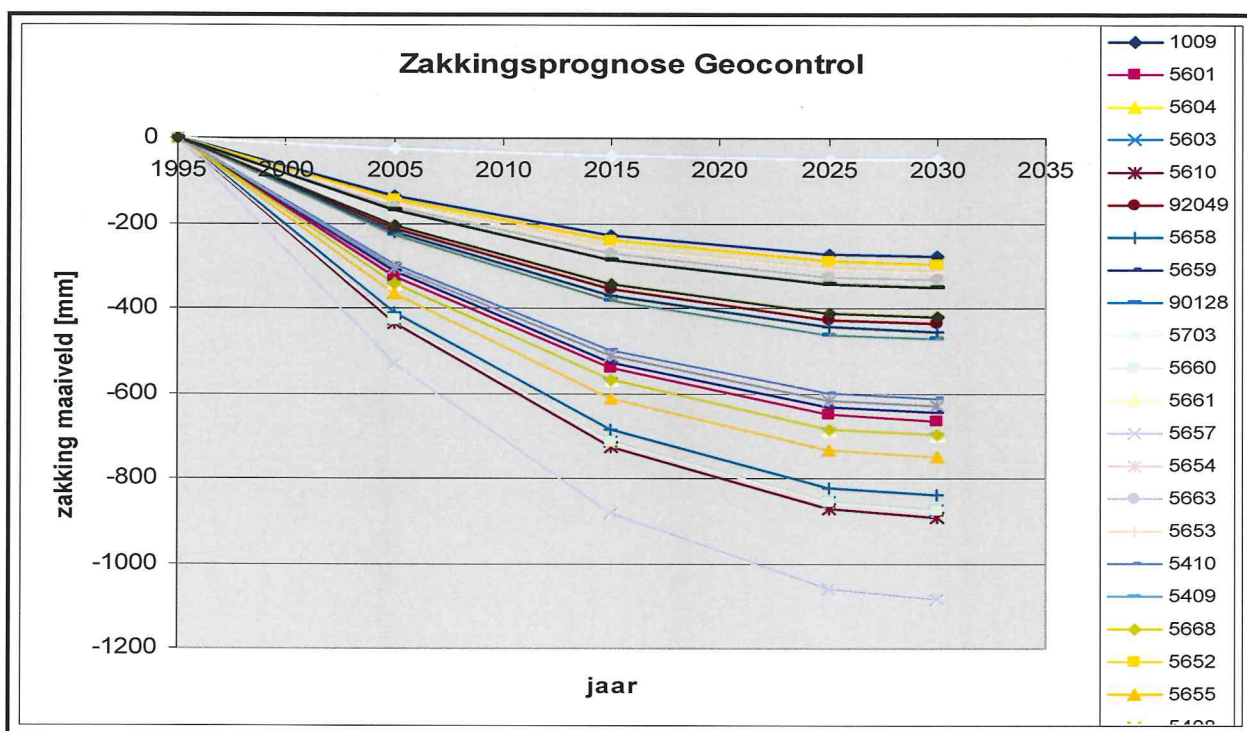
- er is sprake van een afname van de zakkingsnelheid van de bodem in het gebied;
- deze afname is zodanig dat verwacht mag worden, dat in een periode tussen de 25 jaar en 35 jaar (na 1995) er niet of nauwelijks meer een toename van de bodemdaling als gevolg van de zoutcavernes zal optreden;
- anders gesteld: na 2020 cq. 2030 zal er niet of nauwelijks meer een toename van de bodemdaling als gevolg van de zoutcavernes optreden;
- de toename van de bodemdaling in de periode 2005 – 2020/2030 zal ongeveer de helft bedragen van de bodemdaling die zich in dat punt tot 2005 heeft voorgedaan.

3.5 Prognose Geocontrol

In het rapport van Geocontrol is een groot aantal figuren opgenomen waarin door middel van isolijnen de toename van de zakkingen in 2015, 2025 en 2035 wordt weergegeven. Het is echter niet eenvoudig uit deze figuren conclusies te trekken.

Geocontrol heeft de figuren gebaseerd op de resultaten van de door haar uitgevoerde analyses. Zo zijn voor een 25-tal meetpunten in het onderhavige gebied zettingsprognoses gemaakt over de periode 1995 – 2030. De resultaten van deze zakkingsprognoses zijn samengevat in Figuur 2.





Figuur 2: resultaten zakkingsprognose Geocontrol.

Feitelijk is de prognose van Geocontrol als volgt opgebouwd:

1. per meetpunt is eerst de toename van de zakking bepaald over de periode 1995 - 2005. Deze waarden zijn verkregen door de waterpasresultaten in 2005 te vergelijken met de waterpasresultaten in 1995.
2. aan de hand van de afgeleide vertraging van de zakkingsnelheid (zie hoofdstuk 3.3 en 3.4) is vervolgens de toename van de zakking bepaald over de periode 2005 – 2015. Deze toename bleek 66% te bedragen. Met andere woorden: de toename van de zakking in 2015 (ten opzichte van 1995) is 1,67 maal de toename van de zakking over de periode 2005 – 1995.
3. deze analyse is herhaald voor de periode 2025 – 1995 (een verdubbeling van de zakking gemeten over de periode 2005 – 1995) en 2030 – 1995 (2,04 maal de zakking gemeten over de periode 2005 – 1995).

4 Controle nauwkeurigheid prognose-model Geocontrol

Het prognosemodel van Geocontrol is gebaseerd op meetdata tot 2005. Inmiddels zijn ook meetgegevens beschikbaar gekomen van de jaren 2005, 2006, 2007, 2008 en 2009. Omdat de waterpaswerkzaamheden in november door Ingenieursbureau Oranjewoud BV worden uitgevoerd, zijn deze voor 2010 nog niet beschikbaar.

In de loop der tijd zijn er op het (voormalige) AKZO terrein vele honderden waterpaspunten aangebracht. De eerste meetpunten zijn in 1935 aangebracht, de laatste waterpaspunten zijn slechts enkele jaren geleden aangebracht. Omdat in de loop der tijd ook waterpaspunten verloren zijn gegaan (verwijderd, gebouw gesloopt, beschadigd, etc.) danwel dat bepaalde waterpaspunten op een locatie waren aangebracht die niet langer actueel / relevant was, zijn niet al-

le waterpaspunten elk jaar (nadat zij waren aangebracht) ingemeten. Dit betekent dat er sterk wisselende meetreeksen per meetpunt beschikbaar zijn: bij sommige meetpunten is dit een periode van vele tientallen jaren, bij andere meetpunten is dit een periode van slechts enkele jaren.

Om de nauwkeurigheid van het prognose-model van Geocontrol te toetsen, is uit praktische overwegingen besloten om de volgende meetreeksen met elkaar te vergelijken:

- de meetperiode 1997 – 2004 (7 jaar).
- de meetperiode 2004 – 2009 (5 jaar).

In totaal konden 26 meetpunten worden gevonden met (relevante) data over beide meetperiodes. In de Tabel I en II zijn respectievelijk de toename van de zakkings over de periode 1997 – 2004 en over de periode 2004 – 2009 samengevat.

Data Hengelo 1997-2004			
meetpunt #	RD-stelsel		zetting [mm]
	x-coord	y-coord	
100501	251041	473938	-47
1009	250945	473673	-78
101501	250722	473877	-18
101502	250779	473868	-98
101503	250803	473897	-63
101504	250808	473813	-161
3550	250960	473953	-88
5403	250978	473892	-109
5405	250961	473869	-134
5410	250923	473803	-198
5652	250734	473823	-72
5654	250729	473791	-71
5655	250844	473839	-215
5656	250880	473833	-209
5659	250769	473726	-188
5664	250768	473832	-173
5665	250761	473788	-208
5668	250864	473811	-217
5700	250690	473901	-14
5701	250694	473833	-16
5702	250696	473771	-19
5703	250697	473726	-13
5704	250698	473689	-11
5706	250716	473969	-3
5800	250867	473747	-274
8055	251074	473933	-27

Data Hengelo 2004-2009			
meetpunt #	RD-stelsel		zetting [mm]
	x-coord	y-coord	
100501	251041	473938	-25
1009	250945	473673	-36
101501	250722	473877	-7
101502	250779	473868	-56
101503	250803	473897	-36
101504	250808	473813	-134
3550	250960	473953	-48
5403	250978	473892	-57
5405	250961	473869	-70
5410	250923	473803	-99
5652	250734	473823	-40
5654	250729	473791	-39
5655	250844	473839	-112
5656	250880	473833	-109
5659	250769	473726	-94
5664	250768	473832	-103
5665	250761	473788	-115
5668	250864	473811	-122
5700	250690	473901	-6
5701	250694	473833	-7
5702	250696	473771	-7
5703	250697	473726	-7
5704	250698	473689	-7
5706	250716	473969	-1
5800	250867	473747	-131
8055	251074	473933	-19

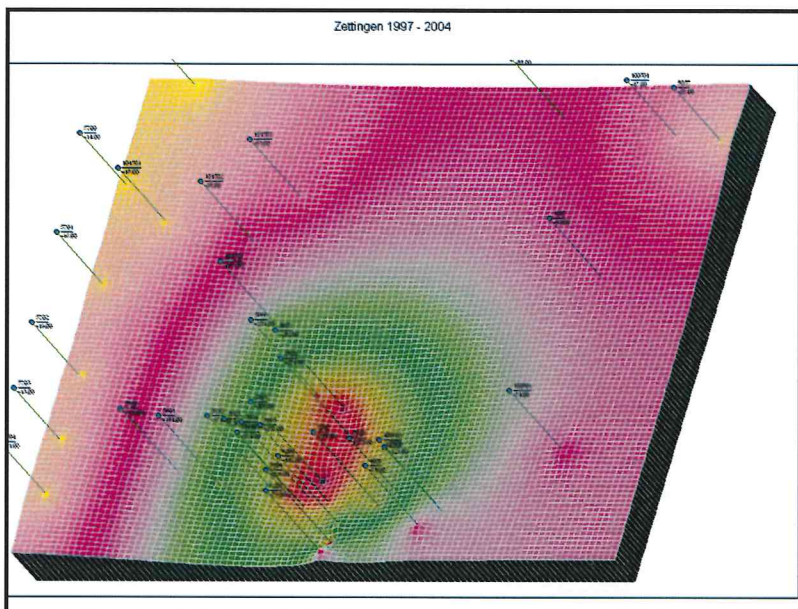
Tabel I: zakkings meetpunten periode 1997 – 2004

Tabel II: zakkings meetpunten periode 2004-2009

De in rood weergegeven meetpunten betreffen geen veldmeetpunten maar meetpunten die op gebouwen zijn aangebracht.

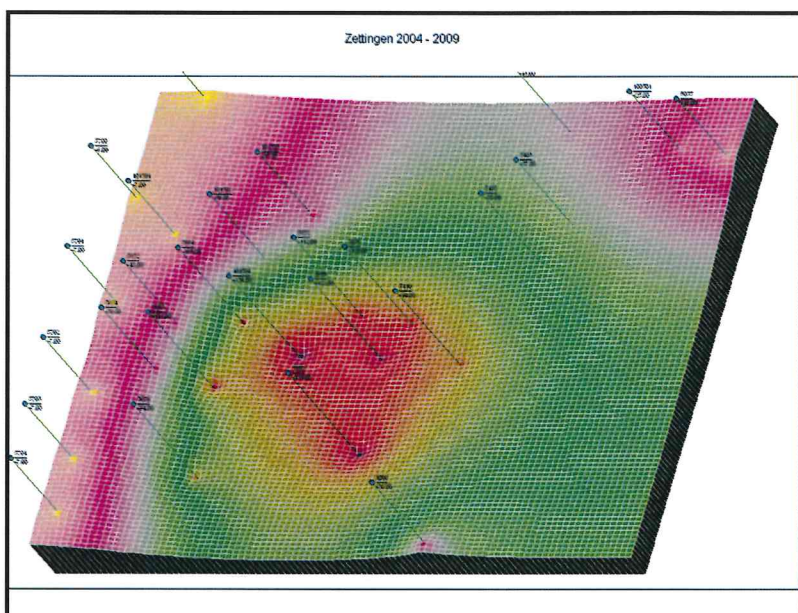
Opmerking: In de uitgevoerde analyses is uitsluitend gebruik gemaakt van de veldmeetpunten. De meetpunten die op de gebouwen zijn aangebracht zijn buiten de beschouwing gelaten. Zie hoofdstuk 5.

Een grafische weergave van het zettingsbeeld is opgenomen in de figuren 3 en 4:



Figuur 3:
Zakkingsbeeld terrein over de periode 1997 – 2004.

Figuur 4:
Zakkingsbeeld terrein over de periode 2004 - 2009.



Indien de zakkings in de periode 1997 – 2004 vergeleken worden met de zakkings in de periode 2004 – 2009, dan kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- a. de grootte van de zakkings in de periode 1997 – 2004 is significant groter dan de zakkings in de periode 2004 – 2009, zelfs indien rekening gehouden wordt met het verschil in duur van beide perioden (respectievelijk 7 jaar en 5 jaar).
- b. de vorm van de zakkingsstrook over de periode 1997 – 2004 is nagenoeg gelijk aan die over de periode 2004 – 2009.

Volgens het prognosemodel van Geocontrol, zou er sprake moeten zijn van een eenparig vertraagde zakkingsnelheid van het maaiveld. Dit betekent dat er een vaste verhouding zou moeten zitten tussen de grootte van de zakking gemeten over in de periode 1997 – 2004 en de grootte van de zakking gemeten over in de periode 2004 – 2009. De resultaten van deze analyses zijn opgenomen in Tabel III:

meetpunt #	RD-stelsel		zetting [mm]		verhouding
	x-coord	y-coord	1997/2004	2004/2009	
100501	251041	473938	-47	-25	0,74
1009	250945	473673	-78	-36	0,65
101501	250722	473877	-18	-7	0,54
101502	250779	473868	-98	-56	0,80
101503	250803	473897	-63	-36	0,80
101504	250808	473813	-161	-134	1,17
3550	250960	473953	-88	-48	0,76
5403	250978	473892	-109	-57	0,73
5405	250961	473869	-134	-70	0,73
5410	250923	473803	-198	-99	0,70
5652	250734	473823	-72	-40	0,78
5654	250729	473791	-71	-39	0,77
5655	250844	473839	-215	-112	0,73
5656	250880	473833	-209	-109	0,73
5659	250769	473726	-188	-94	0,70
5664	250768	473832	-173	-103	0,83
5665	250761	473788	-208	-115	0,77
5668	250864	473811	-217	-122	0,79
5700	250690	473901	-14	-6	0,60
5701	250694	473833	-16	-7	0,61
5702	250696	473771	-19	-7	0,52
5703	250697	473726	-13	-7	0,75
5704	250698	473689	-11	-7	0,89
5706	250716	473969	-3	-1	0,47
5800	250867	473747	-274	-131	0,67
8055	251074	473933	-27	-19	0,99

Tabel III: genormaliseerde vergelijkingzakkingen meetpunten periode 1997 – 2004 en 2004 – 2009.

De in rood weergegeven meetpunten betreffen geen veldmeetpunten maar meetpunten die op gebouwen zijn aangebracht.

Uit Tabel III blijkt dat gemiddeld genomen de zettingen over de periode 2004 – 2009 ca. 27% zijn afgenomen in vergelijking met de zettingen in de periode 1997 – 2004. Bij deze vergelijking is rekening gehouden met het feit dat de periode 2004 – 2009 slechts 5 jaar betreft en de periode 1997 – 2004 7 jaar. De gemeten zakkings in de periode 2004 – 2009 zijn daartoe

eerste met een factor 7/5 vermenigvuldigd en vervolgens gedeeld door de gemeten zakkingsnelheid van hetzelfde meetpunt over de periode 1997 – 2004. De uitkomst van deze berekening is weergegeven in 6^{de} (laatste) kolom van Tabel III.

Gemiddeld blijkt de berekende verhouding 0,74 te bedragen (alle meetpunten) en 0,73 indien uitsluitend de veldmeetpunten in de beschouwing worden betrokken. Deze verhouding komt goed overeen met het prognosemodel van Geocontrol: een vermindering van de zakkingsnelheid met 33% over een periode van 10 jaar.

Conclusie: Op basis van de in dit rapport uitgevoerde analyses wordt de conclusie getrokken, dat het prognosemodel van Geocontrol het zakkingsbeeld over de periode 2004-2009 voldoende nauwkeurig heeft voorspeld. Het prognosemodel van Geocontrol zal dan ook in dit rapport worden gehanteerd om de toekomstige zakkings in het gebied over de perioden 2010 – 2015, 2010 - 2025 en 2010 – 2030 te voorspellen.

5 Zakking gebouwen terrein Technology Centre.

5.1 Inleiding

Uit de analyse van de meetdata blijkt dat de meetpunten die op de gebouwen zijn aangebracht een significant grotere zakkingsnelheid laten zien dan de meetpunten die in het veld zijn aangebracht. Met andere woorden: de gebouwen zouden meer zakken dan het maaiveld rondom de gebouwen.

Het is bekend dat de gebouwen op ‘staal’ zijn gefundeerd. Dit betekent dat geen paalfundering onder de gebouwen is toegepast maar dat de gebouwen op een poer-, strook- of plaatfundering zijn aangebracht. Mogelijk dat, gelet op de aanwezige (ondiepe) grondslag, dit funderingstype op basis van de huidige inzichten, minder geschikt was. In dit hoofdstuk wordt dit punt nader onderzocht.

5.2 Opbouw ondergrond

Om de kwaliteit van fundering op ‘staal’ te kunnen beoordelen, is het noodzakelijk te beschikken over informatie omtrent de ondiepe ondergrond. Deze informatie komt in de vorm van sonderingen en / of boringen. Een aanzienlijk deel van het grondonderzoek dat in Nederland is uitgevoerd, is beschikbaar in een landelijke database die beheerd wordt door TNO-NITG. Uit deze database zijn een aantal sonderingen en boringen geselecteerd die relevant zijn met betrekking tot het terrein Technology Centre:

1. Boring B34F0638

ALGEMENE GEGEVENS BORING

NITG-nummer:	B34F0638
X-coördinaat (m):	250330
Y-coördinaat (m):	473780
Coördinatensysteem:	RD2000
Plaatsnaam:	Hengelo
Provincie:	Overijssel
Kaartblad:	34F
Bepaling locatie:	Onbekend
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	19.00
Bepaling maaiveldhoogte:	Onbekend
Boormethode:	Pulsboring

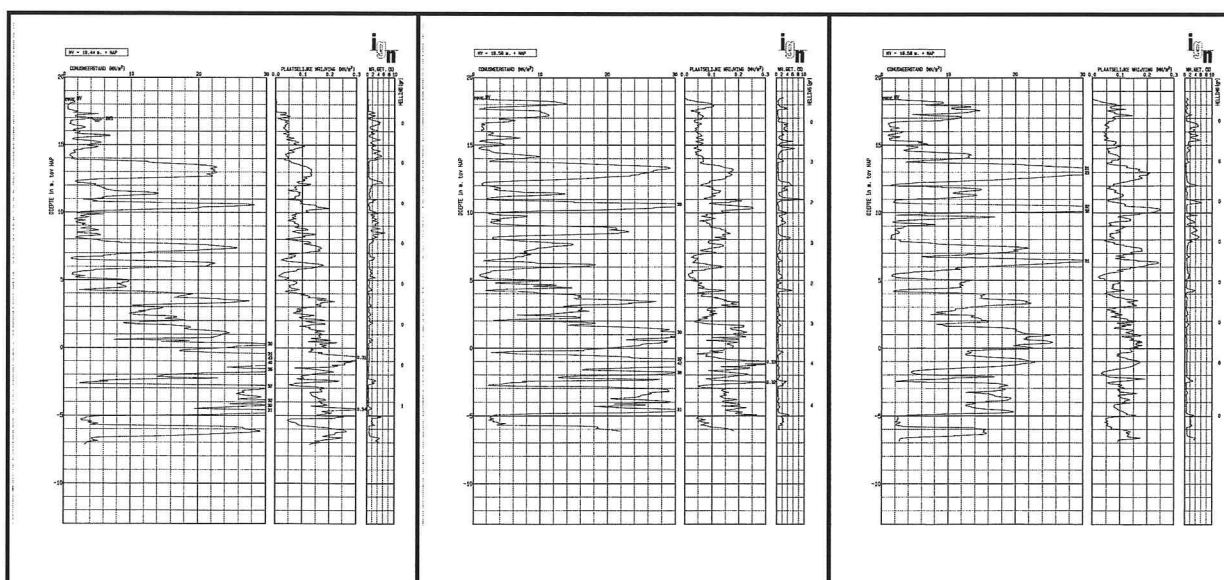


Einddiepte (meter beneden maaiveld): 46.00
 Datum boring: 02-04-1986
 Eigenaar: Onbekend
 Uitvoerder: Onbekend

LITHOLOGIE LAGEN

Bk m-mv	Ok m-mv	kleur	hfdsr
0.00	0.30	donker-bruin	zand
0.30	1.00	bruin	zand
1.00	2.00	licht-grijs	zand
2.00	3.00	donker-grijs	zand
3.00	4.00	donker-grijs	leem
4.00	4.50	donker-grijs	leem
4.50	5.00	donker-grijs	zand
5.00	6.00	grijs	zand
6.00	8.00	donker-bruin	zand
8.00	8.45	donker-bruin	veen
8.45	8.90	donker-bruin	zand
8.90	9.20	donker-bruin	klei
9.20	9.65	donker-bruin	leem
9.65	9.90	donker-bruin	leem
9.90	10.30	donker-bruin	klei
10.30	11.05	donker-bruin	veen
11.05	12.10	donker-bruin	zand
12.10	12.50	donker-bruin	veen
12.50	12.90	donker-bruin	leem
12.90	13.30	donker-bruin	zand

2. Sonderingen S34F00020, S34F00021 en S34F00098



Figuur 4: sonderingen S34F00020, S34F00021 en S34F00098

5.3 Globale funderingstechnische analyse

Uit het beschikbare grondonderzoek blijkt dat de ondergrond bestaat uit een gelaagde structuur van zand, leem en plaatselijk veen. Deze laatste twee lagen zijn zogenaamde cohesieve lagen die in het algemeen minder geschikt zijn als funderingsgrondslag. Uit de sonderingen blijkt tevens dat deze cohesieve lagen relatief geringe conusweerstand laten zien hetgeen duidt op relatief grote zettingen indien deze lagen belast worden.

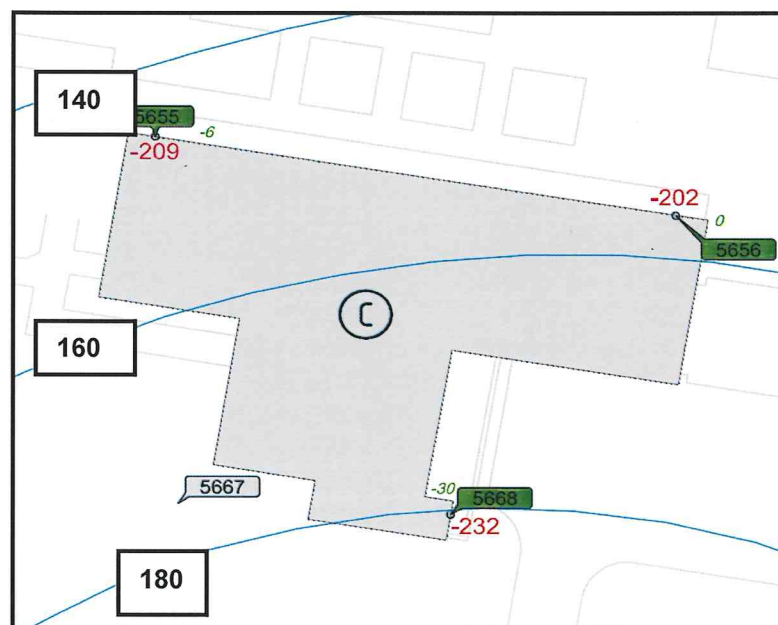
Op grond van het grondonderzoek mag worden verwacht dat het toepassen van een fundering op 'staal' op een dergelijke grondslag gepaard zal gaan met zettingen. De grootte van de zettingen is sterk afhankelijk van de aangebrachte belasting (= funderingsdruk). Het valt buiten het kader van dit onderzoek, om dit aspect nader te onderzoeken. Wel mag worden aangenomen dat de zettingen die zijn opgetreden, gelet op de opbouw van de ondergrond en gemiddelde funderingsdrukken die dit type bebouwing op de ondergrond afgeeft, in de orde van vele centimeters, wellicht meer dan één decimeter moet zijn geweest.

Opmerking: Als gevolg van het zogenaamde seculaire zettingseffect van de grondlagen, neemt de zettingsnelheid wel af in de tijd maar zal praktisch gezien nooit tot 'nul' worden.

5.4 Gemeten zettingsgedrag

Uit de meetresultaten blijkt dat de gebouwen aan een grotere zetting onderhevig zijn (geveest) dan het omliggende maaiveld. Dit wordt voor een aantal gebouwen van het Technology Centre nader geanalyseerd:

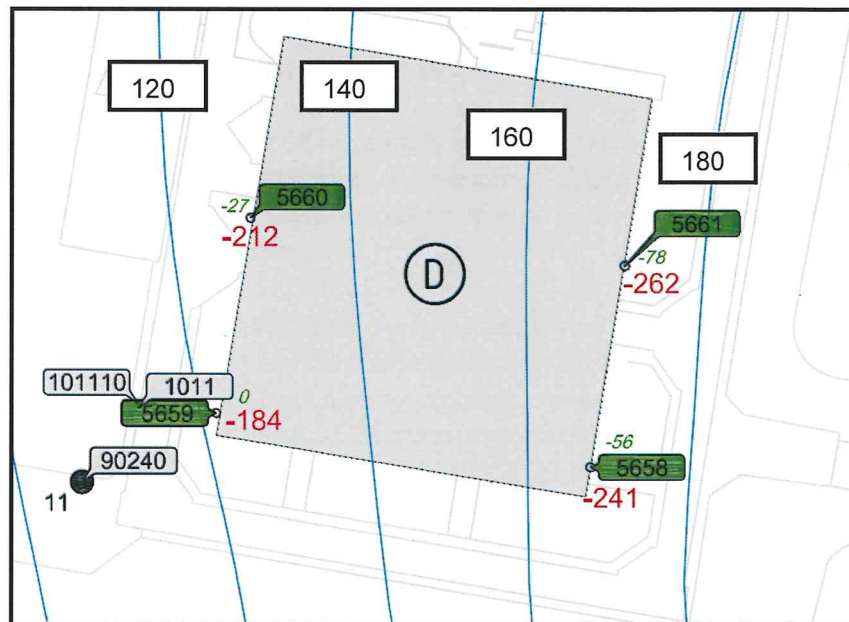
- gebouw C:



Figuur 5: isolijnen maaiveldzakking en gemeten zakkingen gebouw C

Uit figuur 5 blijkt dat gebouw C in de periode 1997 – 2004 ca. 50 mm meer is gezakt dan het omliggende maaiveld. Bij meetpunt 5668 is een zakking gemeten van ca. 232 mm terwijl het maaiveld ter plaatse (geïnterpoleerd) zo'n 180 mm is gezakt. Hetzelfde geldt voor meetpunten 5655 en 5656 waar het gebouw tussen de 50 mm en 60 mm meer is gezakt dan het maaiveld.

- gebouw D:



Figuur 6: isolijnen maaiveldzakking en gemeten zakkingen gebouw D

Uit figuur 6 blijkt dat gebouw D in de periode 1997 – 2004 ca. 70 mm meer is gezakt dan het omliggende maaiveld. Bij meetpunt 5658 is een zakking gemeten van ca. 241 mm terwijl het maaiveld ter plaatse (geïnterpoleerd) zo'n 170 mm is gezakt. Hetzelfde geldt voor meetpunten 5659 en 5660 waar het gebouw tussen de 70 mm en 80 mm meer is gezakt dan het maaiveld.

5.5 Conclusie

Uit de analyse van de meetdata en de relevante geotechnische gegevens van de ondergrond blijkt dat de gebouwen op het voormalige Technology Centre onderhevig zijn aan zakkingen die worden veroorzaakt door:

- zettingen van de ondiepe ondergrond als gevolg van het gekozen funderingstype (fundering op 'staal');
- zakkingen vanuit de diepe ondergrond als gevolg van de aanwezigheid van (oude) zoutcavernes aldaar.

De bijdrage van de zettingen als gevolg van de samendrukking van de ondiep gelegen grondlagen zijn belangrijk kleiner dan de zakkingen veroorzaakt door de zoutcavernes. In hoofdstuk 6 van dit rapport zal uitsluitend aandacht worden besteed aan de zakkingen als gevolg van de aanwezigheid van (oude) zoutcavernes in de ondergrond. Daarbij geldt als uitgangspunt dat toekomstige bebouwing voorzien wordt van een dusdanige fundering, dat zettingen als gevolg van het samendrukken van de ondiepe cohesieve grondlagen niet zullen optreden.

6 Zakkingen terrein periode 2010 – 2015, 2010 – 2025 en 2010 – 2030

Uit de uitgevoerde analyses van de beschikbare meetdata blijkt dat het door Geocontrol gepresenteerde voorspellingsmodel de opgetreden zettingen in de periode 2004 – 2009 voldoende nauwkeurig heeft voorspeld. Dit betekent dat het voorspellingsmodel met succes is gevalideerd. Het prognosemodel van Geocontrol is dan ook in dit rapport als basis gebruikt om het toekomstige zettingsbeeld van het terrein te voorspellen.

Verder is bij de uitgevoerde analyses gebleken dat uitsluitend uitgegaan dient te worden van de veldmeetpunten. De meetpunten die aangebracht zijn op de gebouwen zijn aan grotere zakkingen onderhevig dan het omliggende maaiveld als gevolg van zettingen in de ondiepe ondergrond. Met andere woorden: de gebouwen op het terrein zijn onderhevig aan zettingen die voor een gedeelte veroorzaakt worden door de wijze waarop de gebouwen zijn gefundeerd (op 'staal').

Het prognosemodel van Geocontrol geeft een voorspelling van het zettingsbeeld in 2015, in 2025 en in 2030. Omdat het prognosemodel gebaseerd is op een eenparig vertragende zetting, betekent dit dat de toename van de zettingen na 2030 verwaarloosbaar klein zijn. Anders gezegd: het berekende zettingsbeeld in 2030 is min of meer een eindsituatie.

Aan de hand van de figuren in Bijlage I kan berekend worden met welke zettingsverschillen rekening gehouden dient te worden indien in 2011 nieuwbouw op het terrein wordt gerealiseerd. Dit kan worden bepaald door een plattegrond van de nieuwbouw (op schaal) in de relevante figuur in te tekenen en vervolgens aan de hand van de isolijnen te bepalen welke zettingsverschillen de nieuwbouw in een periode van 5 jaar, 15 jaar of 20 jaar zal ondergaan. Als vuistregel kan worden gehanteerd dat constructieve schade in een pand / nieuwbouw wordt voorkomen indien de zettingsverschillen beperkt blijven tot maximaal 1 : 300.

De contouren in de figuren in Bijlage I liggen minimaal 8 m uit elkaar hetgeen betekent dat twee naastliggende isolijnen een verschil mogen hebben van $8.000 / 300 = 27$ mm. Het blijkt dat het verschil tussen 2 naastliggende isolijnen maximaal 20 mm bedraagt (zie figuur 'deformaties 2010 – 2030'). Kortom: op basis van het prognosemodel van Geocontrol mag verwacht worden dat nergens op het terrein het zakkingsverschil van 1 : 300 zal worden overschreden. Dit betekent dat het risico op constructieve scheurvorming als gevolg van zettingsverschillen als gevolg van terreinzakkingen voldoende klein is.

Ondanks deze conclusie wordt geadviseerd om bij het ontwerp van de nieuwbouw zoveel mogelijk rekening te houden met het zakkingsgedrag van de ondergrond. Dat betekent dat de lange zijde van een nieuwbouw zoveel mogelijk evenwijdig aan de zakkingscontouren geprojecteerd zou moeten worden. Bij gebouwlengten haaks op de zakkingscontour, wordt geadviseerd om een groter aantal dilataties aan te brengen dan normaliter strikt noodzakelijk zou zijn. E.e.a. in overleg met de constructeur van het project.



BIJLAGE I

Isolijnen perioden:

2010 – 2015

2010 – 2025

2010 – 2030







