

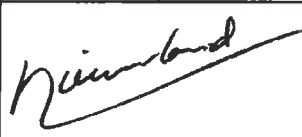
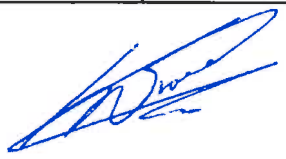



Bergermeer Gasopslag Microseismisch monitoring

Maandrapportage

Augustus 2011

Het maandelijkse rapport geeft verslag van de microseismische monitoring van het Bergermeer veld, inclusief de resultaten zoals die gerapporteerd zijn door het KNMI. Het KNMI maakt gebruik van de data die dagelijks rechtstreeks via een ADSL verbinding worden doorgestuurd van het microseismisch monitoring systeem dat is geïnstalleerd in het Bergermeer veld in de put BGM-3A. De wekelijkse rapportages door Magnitude (het bedrijf dat de metingen technisch verzorgd) worden als basis gegevens voor dit rapport gebruikt. De resultaten van microseismisch monitoring vormen de basis voor het verkeerslicht veiligheids systeem, zoals ingediend door TAQA bij SodM en geaccepteerd door SodM.

Sign.	Date	Sign.	Date	Sign.	Date
					
D. Nieuwland		S. Vroemen		B. Teuben	
Author		Process Owner		Head of Department	
Prepared		Approved		Authorized by	





CONCLUSIES

- Het microseismisch monitoring systeem werkt goed en detecteert bijzonder kleine trillingen tot een magnitude $M \geq -3$.
- Gedurende de maand augustus 2011 hebben zich geen categorie-I trillingen voorgedaan; er waren dus geen trillingen die over de hele lengte van de breuk waargenomen kunnen worden.
- Gedurende de maand augustus 2011 zijn er twee categorie-II microseismische trillingen en een categorie-III trilling gemeten.
- Sinds het begin van de metingen (januari 2010) zijn 3 categorie-I trillingen gemeten.
- Alle tot nu toe gemeten trillingen vallen ruim binnen de groene zone van het 'verkeerslicht veiligheids management systeem' (Ref. 1).
- Aanpassing van de huidige activiteiten is niet noodzakelijk.

MICROSEISMISCHE OBSERVATIES

Op basis van de tot nu toe waargenomen microseismische trillingen worden drie categorieën herkend:

Categorie-I: Trillingen die sterk genoeg zijn om langs de gehele lengte van de centrale Bergermeer breuk waargenomen te kunnen worden en zich ook in de buurt van de breuk gemanifesteerd hebben.

Categorie-II: Trillingen die sterk genoeg zijn om langs de gehele lengte van de centrale Bergermeer breuk waargenomen te kunnen worden, maar die buiten het Bergermeer veld liggen of duidelijk niet met de centrale breuk geassocieerd zijn.

Categorie-III: Trillingen die te zwak zijn om langs de gehele lengte van de centrale breuk waargenomen te kunnen worden ($M \leq -1.4$). Deze categorie trillingen vormt een cluster rond de observatie put. De locaties van dergelijke trillingen zijn daarom niet representatief voor de gehele breuk.

De detectiegrens van de gefoons is aangegeven in Figuur 2. De detectiegrens wordt mede bepaald door de snelheidseigenschappen van de gesteentes die zich tussen een trilling (hypocentrum) en de observatieput bevinden. Hierdoor kunnen in enkele gevallen relatief lichte bevingen toch op grotere afstand gemeten worden. Deze worden weergegeven als ze bij of op de breuk liggen. Bij dergelijke waarnemingen kan echter de plaatsbepaling een probleem vormen vanwege het relatief zwakke signaal. De afstand kan vaak wel uitgerekend worden. Dergelijke trillingen worden voor de volledigheid wel maandelijks vermeld onderaan Tabel 1 (en tevens in Tabel 2), maar zijn niet opgenomen in de grafische weergaven..

- Categorie-I trillingen sinds januari 2010 zijn weergegeven in Figuur 1. In augustus vonden dergelijke trillingen niet plaats.
- In augustus 2011 zijn twee trillingen met magnitude $M = -1.6$ waargenomen, die buiten het Bergermeer veld vallen (Tabel 1). Deze trillingen vallen in categorie-II.
- In augustus 2011 vond 1 zwakke trilling in de buurt van de gefoon plaats: een categorie-III trilling (Tabel -1).
- Tabel 2 geeft een overzicht van alle waarnemingen en de druk veranderingen sinds januari 2010.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-#55492	3	27-september-2011	2 of 6



OVERZICHT INTERPRETATIES KNMI

Het verschil in aankomst tijd tussen de 'P' golf en de 'S' golf wordt gebruikt om de afstand tot het hypocentrum te berekenen (Tabel 1 en 2). De sterkte van het signaal wordt in combinatie met de afstand gebruikt om de magnitude te bepalen. Omdat het signaal in drie richtingen gemeten wordt door zes gefoons waarvan de absolute en relatieve posities precies bekend zijn, kunnen ook posities in 3D berekend worden. Met name de diepte is lastig te bepalen, voor een goede plaatsbepaling is een duidelijk signaal nodig.

De gemiddelde druk in het reservoir (berekend met behulp van reservoir modellen en drukmetingen) en het drukverschil tussen beide reservoir blokken ten tijde van de waargenomen trillingen staan in Tabel 1 en 2. Op basis van deze gegevens is geen trend vast te stellen die een verband legt tussen microseismische trillingen, drukk niveau, drukverschil over de centrale breuk injectie of productie snelheid.

Het ruisniveau is sinds de gefoon servicebeurt in april zeer laag (Figuur 3). Dit maakt registratie van zeer zwakke microseismische trillingen mogelijk ($M \geq -3.0$). De signaal/ruis verhouding is erg hoog: 25000/150. Het detectieniveau is onveranderd goed gebleven.

Seismische magnitudes worden weergegeven volgens de logaritmische schaal van Richter.

$M = 3$ betekent $M = {}^{10}\log 10^3 = 3$.

$M = -3$ betekent $M = {}^{10}\log 10^{-3} = -3$, dit is dus een miljoen (10^6) keer kleiner dan $M = 3$!

Trillingen met $M < 1.5$ worden als microseismische trillingen beschouwd, omdat trillingen pas vanaf $M = 1.5$ geregistreerd worden door gefoons aan de oppervlakte. Voor kleine magnitudes ($M < 1.5$) is een gefoon in het reservoir nodig, zoals de gefoons in BGM-3A.

Tabel 1. KNMI interpretatie van microseismische trillingen.

Volg nr.	Datum yyyy-mm-dd	tijd	x	y	Z	Magn.	afstand (m)	P_{Res}	ΔP_{breuk}
Categorie-I: trillingen die over de gehele breuk waarneembaar zijn (vanaf januari 2010)									
10	2010-09-04	08:21:31	109504	518104	1948	-1.1	1110	37	13
17	2010-12-12	15:17:08	109130	518317	1992	-0.2	788	42	19
33	2011-05-11	08:42:29	108963	516814	2116	-1.2	2281	45	21
Categorie-II: Trillingen die buiten het Bergermeer veld liggen (augustus 2011)									
46	2011-08-15	03:55:43	?	?	?	-1.6	~3000	51	27
47	2011-08-16	03:11:38	?	?	?	-1.6	~3000	51	27
Categorie-III: uitsluitend dicht bij de observatie put waarneembare trillingen (augustus 2011)									
48	2011-08-13	14:17:43	109110	518674	2217	-2.3	442	51	27

De vermelde reservoir druk (P_{Res}) is de gemiddelde druk over het gehele reservoir voor de betreffende kalender maand. Het drukverschil over de breuk (ΔP_{breuk}) is het verschil tussen de gemiddelde reservoir drukken voor blok-1 en blok-2 over de kalender maand.

De lokaties van waarnemingen 46 en 47 konden niet bepaald worden (relatief zwak signaal en grote afstand) de afstand wordt geschat op 3000 m.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-#55492	3	27-september-2011	3 of 6



SPECIALE ACTIVITEITEN

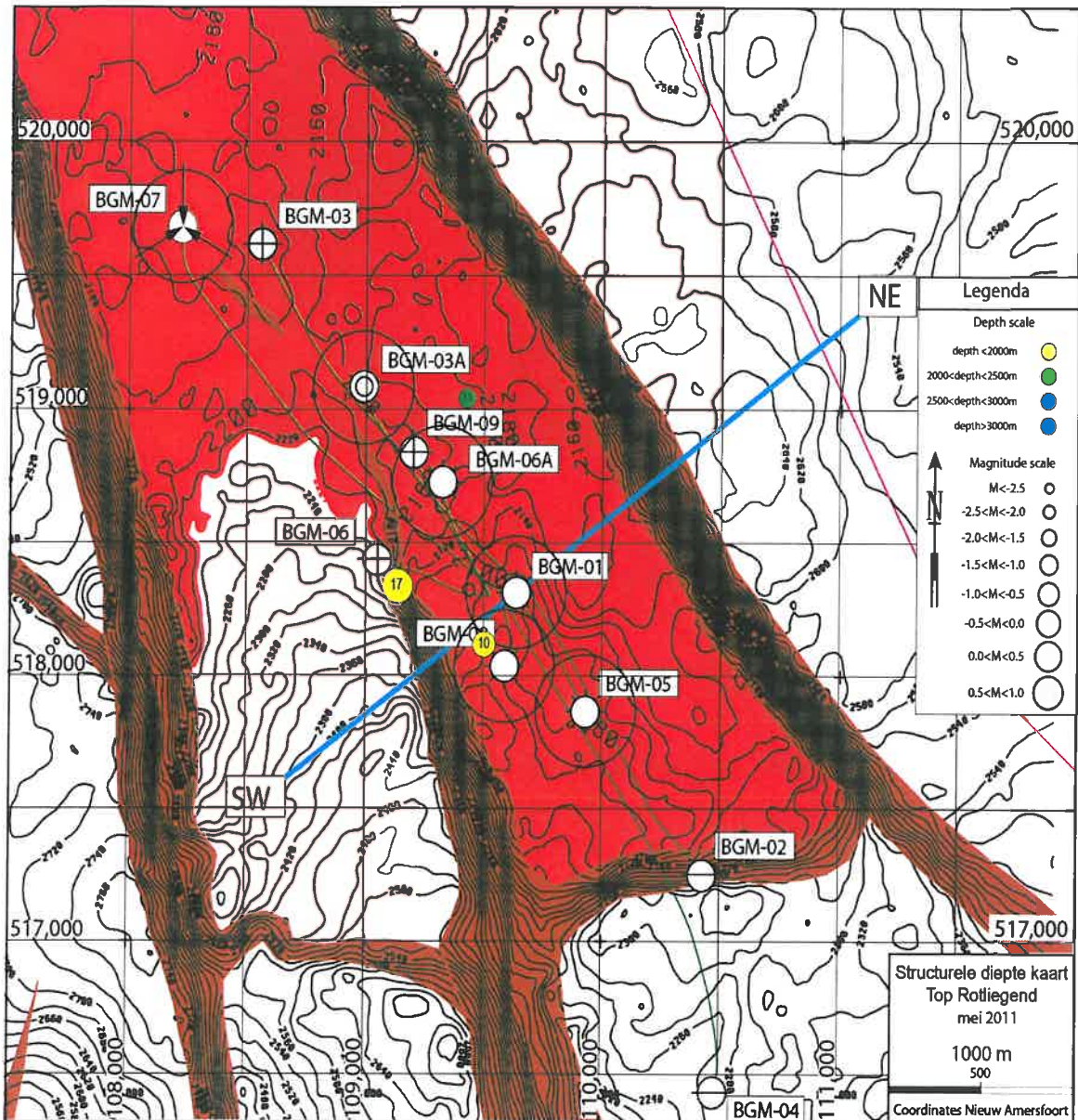
Er zijn twee checkshots gebruikt gedurende de maand augustus. Het eerste checkshot was nodig vanwege korte periodes van uitval van de waarnemingen; gedurende deze periodes zijn de gefoons mogelijk los gekomen waardoor de oriëntatie veranderd zou kunnen zijn. De uitval is vermoedelijk het gevolg van een lokale storing in de stroomvoorziening. Het eerste checkshot (op 23 augustus) was kort voor de gefoons ontkoppeld en naar de oppervlakte gehaald werden voor controle en onderhoud. Het tweede checkshot (op 30 augustus) is het standaard controle punt dat nodig is om de gefoons na (her)plaatsing te kunnen oriënteren.

REFERENTIES

Ref.1:

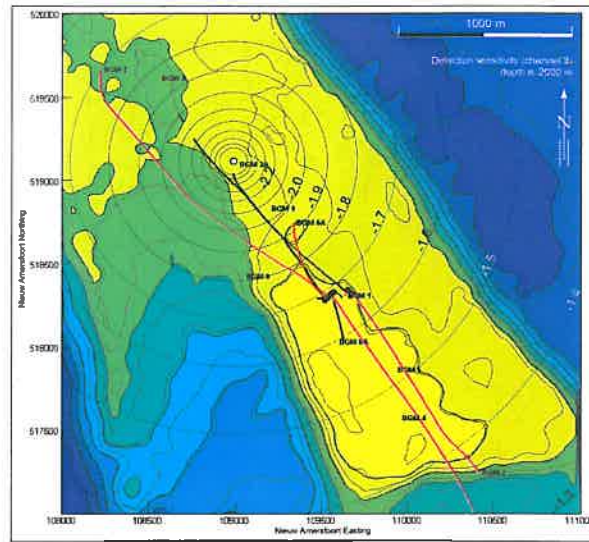
Plan van maatregelen tot voorkoming of beperking van bodembewegingen gebaseerd op microseismische monitoring bij de gasopslag in het Bergermeer veld", 31 maart 2011.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-#55492	3	27-september-2011	4 of 6

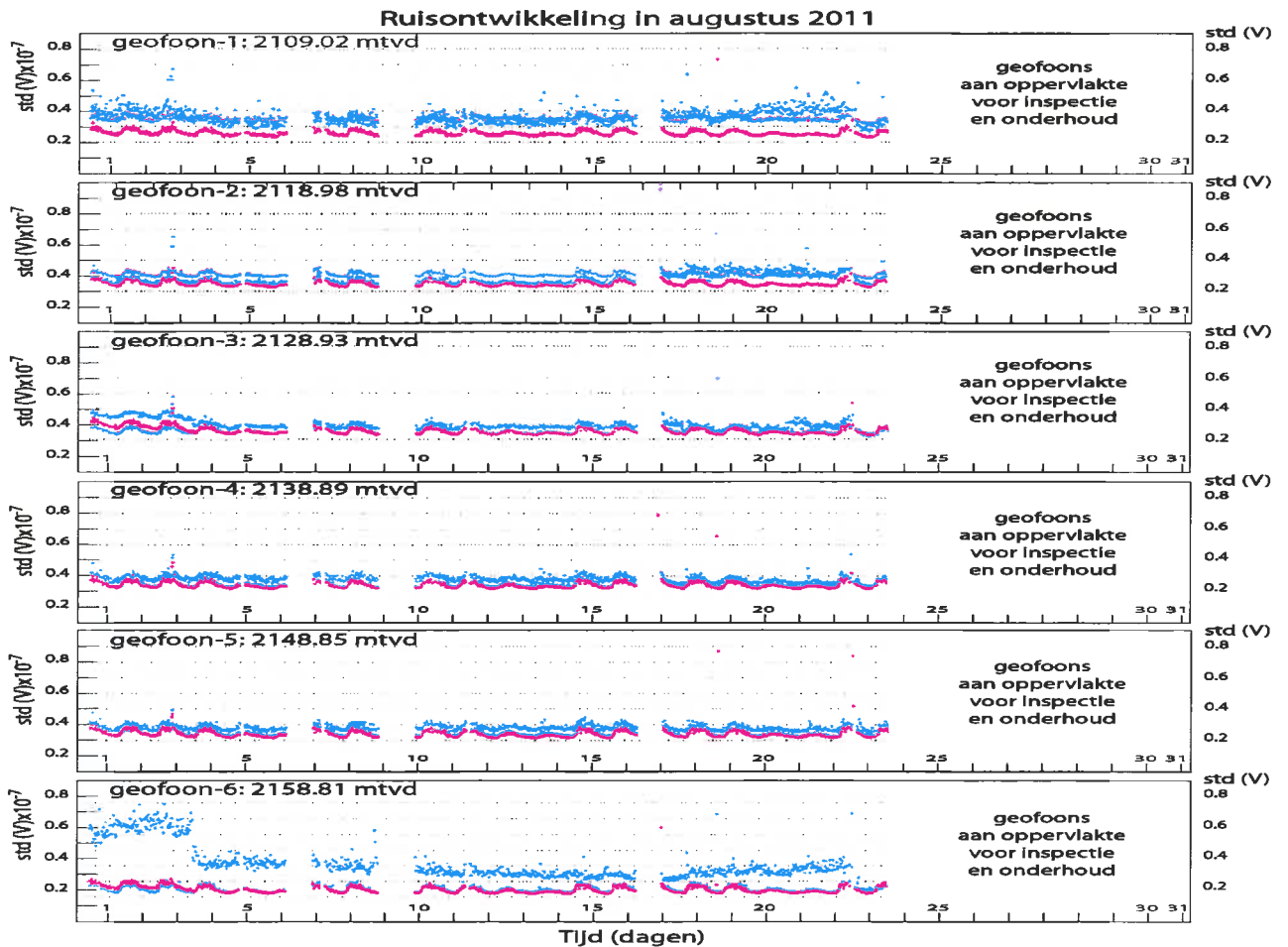


Figuur 1. Dieptekaart op Top Rotliegend niveau, met categorie-I trillingen. De trillingen vinden plaats op verschillende dieptes en zijn daarom met een kleur codering weergegeven. De magnitudes van de bevingen zijn proportioneel met de cirkel grootte weergegeven.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-#55492	3	27-september-2011	5 of 6



Figuur 2. Detectiegevoeligheid voor microseismische trillingen op Top Rotliegend niveau. Trillingen met $M \leq -1.4$ aan de zuidrand van het veld worden niet waargenomen. Recente waarnemingen wijzen uit dat in sommige gevallen, trillingen met $M < -1.4$ gemeten kunnen worden, ook op grotere afstanden dan de gevoeligheidskaart aangeeft (Tabel 1, nrs 47 en 48).



Figuur 3. Ruisontwikkeling in augustus 2011. De 6 grafieken representeren de 6 gefoons.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-#55492	3	27-september-2011	6 of 6



Tabel 2. Alle gemeten microseismische trillingen sinds aanvang van de metingen.

Volg nr.	datum	tijd	x	y	z	magnitude	afstand	AvP _{Res}	ΔP_{breuk}
1	2-Feb-2010	14:15:29	108813.9	518787.8	2565.65	-2.0	561	27	3
2	2-Feb-2010	14:30:58	108710.3	518841.2	2399.71	-2.0	468	27	3
3	6-Feb-2010	16:23:53	108875.4	518688.5	2229.34	-2.2	435	27	3
4	9-Feb-2010	21:03:48	109009.2	518328.9	2153.26	-2.4	765	27	3
5	13-Feb-2010	18:29:10	109441.1	518360.4	2200.32	-2.3	858	27	3
6	14-Feb-2010	00:57:39	108732.7	519023.9	2251.94	-2.1	301	27	3
7	15-Feb-2010	03:39:37	109048.2	518749.5	2348.15	-2.5	408	27	3
8	18-Feb-2010	05:30:30	108892.4	518877.3	2103.88	-2.0	244	27	3
9	26-Aug-2010	11:57:45	109805.7	519402.7	1880.69	-1.4	897	36	15
10	4-Sep-2010	08:21:31	109503.5	518104.2	1947.60	-1.1	1,125	37	13
11	5-Sep-2010	07:16:05	108919.4	519101.2	2209.52	-2.0	111	37	13
12	5-Nov-2010	22:12:49	109235.6	518704.6	2152.85	-2.2	455	40	17
13	27-Nov-2010	20:44:13	116965.6	522762.7	2550.60	0.5	8,778	40	17
14	6-Dec-2010	19:28:45	108927.2	519090.9	2185.73	-2.4	90	42	19
15	11-Dec-2010	13:49:01	109127.8	518686.1	2197.94	-2.0	432	42	19
16	11-Dec-2010	13:56:42	109177.1	518707.1	2202.05	-2.0	430	42	19
17	12-Dec-2010	15:17:08	109129.5	518316.9	1992.32	-0.2	800	42	19
18	31-Dec-2010	23:42:43	109127.8	518828.4	2297.76	-2.3	337	42	19
19	11-Jan-2011	04:46:40	108856.2	518950.6	2215.01	-2.2	219	43	20
20	11-Jan-2011	04:46:40	108957.4	518898.1	2173.37	-2.4	205	43	20
21	11-Jan-2011	04:46:44	109746.6	518818.3	3013.19	-2.0	1,185	43	20
22	20-Jan-2011	06:22:05	109125.6	518862.3	2364.46	-2.3	349	43	20
23	02-Feb-2011	22:27:38	109835.2	519233.7	1887.42	-2.2	880	44	20
24	9-Feb-2011	02:27:58	109844.0	519115.0	1916.97	-2.2	870	44	20
25	14-Feb-2011	02:28:32	108848.9	518946.4	2133.54	-2.4	212	44	20
26	16-Feb-2011	22:38:10	108863.7	518981.7	2239.27	-2.6	206.	44	20
27	19-Feb-2011	13:44:31	109023.6	518767.2	2283.47	-2.4	360	44	20
28	21-Feb-2011	01:53:40	109163.8	518791.1	2278.89	-2.4	373	44	20
29	24-Feb-2011	07:59:47	109252.7	518799.9	2211.70	-2.3	394	44	20
30	24-Feb-2011	16:47:52	109284.8	518821.1	2146.84	-2.4	394	44	20
31	24-Feb-2011	21:04:52	108757.0	519395.8	2217.94	-2.4	397	44	20
32	3-May-2011	7:05:30	109363.0	518786.0	2128.00	-2.2	475	45	21
33	11-May-2011	8:42:29	108962.7	516814.2	2115.90	-1.2	2,280	45	21
34	28-May-2011	4:32:39	108888.0	519107.6	2098.10	-2.5	119	45	21
35	28-May-2011	4:28:49	109082.6	519110.5	2203.60	-1.9	108	45	21
36	28-May-2011	4:23:06	108917.7	519045.6	2132.90	-2.7	96	45	21
37	2-Jun-2011	2:37:27	111213.8	520057.9	1336.10	-1.5	3965	47	23
38	6-Jun-2011	15:46:41	109763.9	519559.6	2185.80	-1.7	1167	47	23
39	7-Jun-2011	16:12:15	108482.2	526296.5	2898.40	-0.1	5910	47	23
40	9-Jun-2011	18:03:52	108616.5	519498.9	2497.70	-2.1	353	47	23
41	15-Jun-2011	15:20:18	109326.4	518792.3	2146.20	-2.3	1.8 ?	47	23
42	28-Jun-2011	13:38:15	108749.5	519471.9	2129.90	-2.2	121	47	23
43	5-Jul-2011	2:02:27	109746.0	519438.0	1715.00	-1.8	920	49	25
44	16-Jul-2011	19:15:37	109834.0	519409.0	1906.00	-1.9	920	49	25
45	24-Jul-2011	16:32:09	109759.0	519346.0	1730.00	-2.3	890	49	25
46	13-Aug-2011	14:17:43	109110.0	518674.0	2217.00	-2.3	442	51	27
47	15-Aug-2011	03:55:43	--	--	--	-1.6	~3000	51	27
48	16-Aug-2011	03:11:38	--	--	--	-1.6	~3000	51	27

De drukken in deze tabel zijn gebaseerd op berekeningen. Deze berekeningen worden regelmatig bijgesteld om de meest recente gegevens en inzichten mee te nemen. Dit betekent dat de getabelleerde drukken iets kunnen wijzigen.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-#55492	3	27-september-2011	7 of 6