



Ammoniakemissie bij mesttoediening in wintertarwe op kleibouwland

J.F.M. Huijsmans & J.M.G. Hol





Ammoniakemissie bij mesttoediening in wintertarwe op kleibouwland

J.F.M. Huijsmans¹ & J.M.G. Hol²

¹ Wageningen UR Plant Research International

² Wageningen UR Livestock Research

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Agrosysteemkunde
April 2012

Rapport 446

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 - 48 06 85
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
Summary	5
1. Inleiding	7
2. Materiaal en methode	9
2.1 Meetmethode ammoniakemissie	9
2.2 Metingen	10
2.3 Mesttoediening, mestgift en mestsamenstelling	11
2.4 Weersomstandigheden	11
3. Resultaten	13
3.1 Mestsamenstelling en mestgift	13
3.2 Weersomstandigheden	13
3.3 Ammoniakemissie	14
4. Discussie	19
5. Conclusie en aanbevelingen	21
6. Literatuur	23
Bijlage I. Weersomstandigheden tijdens de metingen	3 pp.

Voorwoord

Binnen de huidige regelgeving wordt aangegeven hoe mest emissiearm toegediend dient te worden op bouwland. Onderbouwing van de ammoniakemissie bij mesttoediening in de graanteelt ontbreekt. In opdracht van het voormalig ministerie van LNV is onderzoek verricht naar de mogelijkheden van mesttoediening in het voorjaar op kleibouland en in het bijzonder naar de verwachte ammoniakemissie bij de mesttoediening in sleuven in de grond of stroken op de grond in wintertarwe geteeld op kleibouland. In dit rapport worden de resultaten van de metingen van de ammoniakemissie weergegeven.

Samenvatting

Binnen de huidige regelgeving voor mesttoediening in Nederland dient de mest op niet beteeld en op beteeld bouwland in één werkgang toegediend te worden, waarbij de mest in sleufjes in de grond wordt toegediend of op het grondoppervlak wordt toegediend en ondergewerkt, op zodanige wijze dat de mest intensief met de grond wordt vermengd en de mest niet meer zichtbaar op het grondoppervlak ligt. Bij de mesttoediening in sleufjes in de grond dienen de sleufjes een maximale breedte te hebben van 5 cm en minimaal 5 cm diep te zijn; de sleufjes mogen 'open' blijven staan.

In de graanteelt (beteeld bouwland) is mesttoediening in sleufjes een voor de hand liggende vorm voor de emissiearme mesttoediening. Direct inwerken en intensief mengen met de grond is in de graanteelt namelijk niet mogelijk. In de praktijk leeft de discussie over de noodzaak om de mest in de grond te brengen in plaats van het toedienen van de mest in stroken op de grond. Het effect op de ammoniakemissie bij mesttoediening in stroken op de grond ten opzichte van mesttoediening in sleuven is onvoldoende bekend. Voor de regelgeving, de nationale emissieregistratie, fabrikanten, loonwerkers en telers is het van belang de hoogte van de ammoniakemissie te weten bij mesttoediening in sleufjes in de graanteelt, maar ook of de mesttoediening in sleufjes een lagere ammoniakemissie geeft dan mesttoediening in stroken op de grond.

Om inzicht te krijgen in de hoogte van de ammoniakemissie bij de methoden 'mesttoediening in sleufjes in de grond' en 'mesttoediening in stroken op de grond' in wintertarwe zijn onder praktijkomstandigheden emissiemetingen verricht. Voor de uitvoering van de metingen werd gebruik gemaakt van de micrometeorologische massabalans methode.

In het uitgevoerde onderzoek resulteerde mesttoediening in sleuven in wintertarwe op kleibouwland in een gemiddelde ammoniakemissie van 21% van de opgebrachte ammoniumstikstof met een spreiding van 9 - 31% (n=10). Mesttoediening in stroken op de grond resulteerde in een gemiddelde ammoniakemissie van 36% van de opgebrachte ammoniumstikstof met een spreiding van 24 - 47% (n=10). De mesttoediening in sleuven gaf een gemiddelde emissiereductie van meer dan 40% ten opzichte van mesttoediening in stroken op de grond. De ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven in wintertarwe komt hiermee in de orde van grootte te liggen van de ammoniakemissie bij mest direct onderwerken op niet beteeld bouwland.

Summary

Low-emission manure application techniques are compulsory in The Netherlands. Low emission manure application on arable land comprises injection, direct incorporation or shallow injection. No data are available on the ammonia emission after shallow injection in winter wheat on clay soil in spring time compared to band application.

Field trials were carried out to get better knowledge on the ammonia volatilisation after shallow injection and band application in winter wheat on clay soil in spring time. In these emission experiments with the various application techniques, the volatilization of NH_3 was determined using the micrometeorological mass balance method.

The experiments showed that the mean ammonia volatilisation following shallow injection in a winter wheat crop was on average 21% of the total ammoniacal nitrogen applied and varied in the ten experiments from 9 - 31% (n=10). Band application resulted in an ammonia emission of on average 36% of the total ammoniacal nitrogen applied with a variation of 24 - 47% (n=10). Shallow injection resulted in an average emission reduction of more than 40% compared to band application. The emission of shallow injection in winter wheat is at a comparable level as for direct incorporation on bare soil.

1. Inleiding

Binnen de huidige regelgeving voor mesttoediening in Nederland dient de mest op niet beteeld en op beteeld bouwland in één werkgang toegediend te worden, waarbij de mest in sleufjes in de grond wordt toegediend of op het grondoppervlak wordt toegediend en ondergewerkt, op zodanige wijze dat de mest intensief met de grond wordt vermengd en de mest niet meer zichtbaar op het grondoppervlak ligt. Bij de mesttoediening in sleufjes in de grond dienen de sleufjes geen grotere breedte te hebben dan 5 cm en minimaal 5 cm diep te zijn; de sleufjes mogen 'open' blijven staan. Voor de mesttoediening in sleufjes worden veelal zodenbemesters toegepast.

Bij mestinjectie en mesttoediening met direct onderwerken op niet beteeld bouwland zijn in het verleden veel metingen uitgevoerd naar de optredende ammoniakemissie. Bij direct onderwerken wordt een emissiereductie bereikt van 70% en bij mestinjectie meer dan 95% ten opzichte van de ammoniakemissie bij bovengronds breedwerpige toediening (Huijsmans *et al.*, 2003; Huijsmans & Schils, 2009).

In de graanteelt (beteeld bouwland) is mesttoediening in sleufjes een voor de hand liggende vorm voor de emissiearme mesttoediening. Direct inwerken en intensief mengen met de grond is in de graanteelt namelijk niet mogelijk. In de praktijk leeft de discussie over de noodzaak om de mest in de grond te brengen in plaats van het toedienen van de mest in stroken op de grond. Immers het maken van de sleuven kan mogelijk snijschade aan het gewas veroorzaken en het toedienen in sleuven vergt meer trekkracht dan toediening van mest in stroken op de grond tussen het gewas. Het effect op de ammoniakemissie bij mesttoediening in stroken op de grond ten opzichte van mesttoediening in sleuven is nog onvoldoende bekend.

Voor de regelgeving, beoordeling en de nationale emissieregistratie is het van belang de hoogte van de ammoniakemissie te weten bij mesttoediening in sleufjes in de graanteelt, maar ook of de mesttoediening in sleufjes een lagere ammoniakemissie geeft dan mesttoediening in stroken op de grond. Fabrikanten van mesttoedieningsapparatuur, landbouwers en loonwerkers willen weten wat geaccepteerde mesttoedieningsmethoden zijn, mede omdat mesttoediening in een gewas gezien wordt als een goede mogelijkheid voor mesttoediening in het voorjaar op kleibouwland.

Om tegemoet te komen aan de vragen rondom de optredende ammoniakemissie bij mesttoediening in sleufjes in de graanteelt is een onderzoek uitgevoerd met de doelstelling om op basis van emissiemetingen, inzicht te verkrijgen in de verwachte ammoniakemissie bij deze mesttoedieningsmethode en bij mesttoediening in stroken op de grond in de graanteelt. In 2007 en 2008 zijn vergelijkende onderzoeken uitgevoerd naar de ammoniakemissie bij toepassing van deze twee methoden van mesttoediening in graan.

2. Materiaal en methode

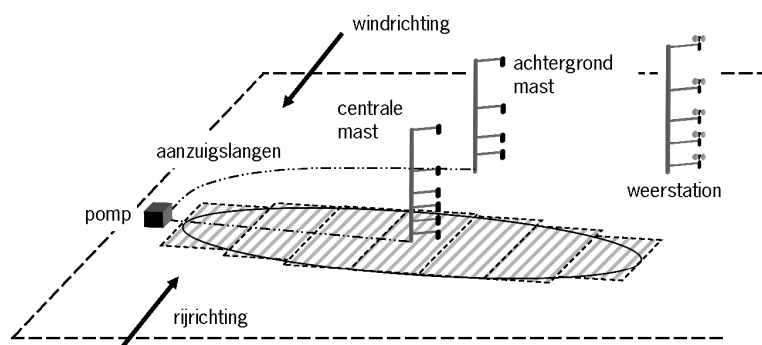
In totaal zijn vijf meetseries uitgevoerd, waarin de ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven en mesttoediening in stroken in graan is gemeten. Een meetserie bestaat uit emissiemetingen op vier verschillende proefvelden. Binnen één meetserie werden 2 velden aangelegd met mesttoediening in sleuven en twee velden met mesttoediening in stroken, zodat ze onderling vergeleken konden worden. Een meting duurde ca. 4 dagen per proefveld, waarna een nieuwe meting/meetserie opgestart kon worden. De emissiemetingen werden uitgevoerd met de micrometeorologische massabalansmethode onder veldomstandigheden zoals die in de praktijk voorkomen. In alle meetseries werd varkensmest toegediend met praktijkmachines.

2.1 Meetmethode ammoniakemissie

De ammoniakemissie werd gemeten met de micrometeorologische massabalans methode. De micrometeorologische massabalansmethode berust op de vergelijking van de 'binnenkomende' ammoniakstroom (flux) met de 'uitgaande' ammoniakstroom (Denmead, 1983). Beide fluxen worden gemeten in een denkbeeldig verticaal vlak dat loodrecht staat op de gemiddelde windrichting. Bij deze meetmethode wordt een cirkelvormig bemest proefveld aangelegd van ca 0,15 ha, waarbij de meetmast die de uitgaande ammoniakflux meet in het midden van de cirkel wordt geplaatst (centrale mast). De binnenkomende ammoniakflux wordt gemeten met een mast die bovenwinds aan de rand van de cirkel staat (achtergrond mast). Figuur 1 toont een overzicht van de opstelling van een meting volgens de micrometeorologische massabalans methode. Bij de centrale mast werden op 5 verschillende hoogtes (logaritmisch verdeeld) de bemonsteringspunten geplaatst (op ca. 0,3, 0,6, 1,0, 1,9, en 3,4 m boven maaiveld, +mv). Bij de achtergrondmast waren dit 3 meetpunten (op ca. 0,3, 1,9 en 3,4 m +mv).

De ammoniak in de lucht werd gemeten met behulp van een nat-chemische bemonsteringsmethode. Met impingers werd door middel van een pomp en aanzuigslangen gemiddeld $2,5 \text{ l min}^{-1}$ te bemonsteren lucht door gaswasflessen gevuld met 20 ml absorptievloeistof ($0,02 \text{ M HNO}_3$) geleid. De ammoniakemissie na het toedienen van mest neemt exponentieel af in de tijd. Daarom werden de monsternamperiodes ingedeeld in de volgende tijdsperiodes (uren na toediening van de mest): 0-1; 1-3; 3-6; 6-9; 9-24; 24-48; 48-72 en 72-96 uren. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof werd bepaald met een 'foto spectrometer'. De hoeveelheid bemonsterde lucht werd tweemaal per bemonsteringsperiode bepaald met behulp van rotorflowmeters.

De bemeste proefvelden hadden een oppervlakte van ca. 0,15 ha en waren bij benadering rond (diameter ca. 45 m), zodat bij verschillende windrichtingen de aanstroombenlangte tot de centrale mast vrijwel gelijk bleef. Een cirkelvormig veld werd verkregen door de mest in banen uit te rijden. De lengte en breedte van deze banen werden opgemeten.



Figuur 1. Opbouw van een proefveld voor metingen volgens de micrometeorologische massabalansmethode. Diameter proefveld ca. 45 m.

Met de gemeten ammoniakconcentraties werd per monsternameperiode het concentratieprofiel bepaald, waarbij de concentratie afneemt met de hoogte van het monsternamepunt op de meetmast. Het concentratieprofiel werd gecorrigeerd voor de gemiddelde inkomende ammoniakflux (achtergrondmast bovenwinds), waarbij de ammoniakconcentratie voor alle drie de monsternamepunten ongeveer gelijk is. Tegelijkertijd werd per monsternameperiode op verschillende hoogten de windsnelheid gemeten (paragraaf 2.4), waarmee een windprofiel kon worden opgesteld. Met de windrichting en de afmetingen van een proefveld werd per monsternameperiode de gemiddelde aanstroomlengte (fetch) tot de centrale mast bepaald. Vervolgens werd met het concentratie- en windprofiel en de fetch, de emissie per monsternameperiode berekend (Denmead, 1983; Mulder & Huijsmans, 1994). De emissie per meetinterval wordt weergegeven als percentage van de met de mest toegediende $\text{NH}_4\text{-N}$. De totale (cumulatieve) emissie gedurende een meetsessie (meetweek) wordt verkregen door optelling van de bepaalde emissies in de aaneengesloten meetintervallen.

2.2 Metingen

De effecten van toedieningstechniek, mestdosering, veld- en weersomstandigheden op de ammoniakemissie kunnen verstrengeld zijn. Bij de opzet van het onderzoek is geprioriteerd om inzicht te krijgen in de methode van toediening: in sleuven in de grond of in stroken op de grond. Dit betekende dat gewerkt werd met één mestsoort en een vooraf gekozen mestdosering en dat de metingen aan de verschillende toedieningsmethoden zoveel mogelijk gelijktijdig werden uitgevoerd. Een keer is de boven op de grond toegediende mest in een tweede werkgang ondergewerkt met een onkruidег. De metingen werden uitgevoerd in het voorjaar in de periode dat in de praktijk de bemesting in wintertarwe toegepast wordt.

De metingen werden uitgevoerd op proefbedrijf Oostwaardhoeve in Slootdorp in 3 meetseries in 2007 en 2 meetseries in 2008. Per meetserie werden vier proefvelden aangelegd met als variant het verschil in de methode van mesttoediening: op twee velden de mest in sleuven in de grond en op twee velden de mest in stroken op de grond. Deze duplometing in een meetserie diende om variatie in de ammoniakemissie binnen dezelfde omstandigheden vast te stellen. Het onderzoek werd gestart zodra de bodemomstandigheden in het voorjaar dusdanig waren dat mesttoediening mogelijk was. Het onderzoek in 2007 werd uitgevoerd op een perceel waarvan de grondsoort gekarakteriseerd wordt als een lichte klei met een lutumgehalte van ca. 26% (40% afslibbaar). In 2008 varieerde de grondsoort op het betreffende onderzoeksperceel van een lichte tot een zware zavel met een lutumgehalte variërend van 15 - 22% (ca. 20 - 31% afslibbaar). De meetsessies werden in beide jaren gespreid over de periode eind maart tot eind april uitgevoerd, opdat ook het gewasstadium van het graan meegenomen kon worden. Tabel 1 geeft een overzicht van de meetperioden.

Tabel 1. Veldnummers, mestplaatsing en begin- en eindtijdstippen van de meetsessie.

Week	Veldnummer + mestplaatsing	Startdatum	Starttijdstip (uur:minuut)	Einddatum	Eindtijdstip (uur:minuut)	
13-2007	1. In de grond	29-03-07	9:41	02-04-07	8:50	
	2. Op de grond + onkruiddeg		10:29		9:22	
	3. In de grond	30-03-07	8:48		03-04-07	8:48
	4. Op de grond		9:21			8:02
16-2007	1. In de grond	18-04-07	10:04	22-04-07	10:00	
	2. Op de grond		9:08		10:08	
	3. In de grond		10:24		9:45	
	4. Op de grond		9:35		10:13	
17-2007	1. In de grond	24-04-07	8:40	28-04-07	10:16	
	2. Op de grond		9:04		10:11	
	3. In de grond		9:32		9:56	
	4. Op de grond		9:51		10:03	
15-2008	1. In de grond	10-04-08	9:54	14-04-08	7:54	
	2. Op de grond		9:30		7:44	
	3. In de grond		10:18		8:07	
	4. Op de grond		10:44		8:16	
17-2008	1. In de grond	21-04-08	9:58	25-04-08	7:30	
	2. Op de grond		10:19		7:40	
	3. In de grond		9:32		7:15	
	4. Op de grond		9:07		7:06	

2.3 Mesttoediening, mestgift en mestsamenstelling

In alle metingen is uitgegaan van vleesvarkensmest en een mestgift van 20 - 30 m³ ha⁻¹. Het toedienen van de mest werd uitgevoerd met een praktijkmachine: een zelfrijdende bemester met aangebouwde 7,20 m brede sleufkouter-/zodenbemester (Figuur 2). De machine was voor de verschillende proefvelden afgesteld om de mest in sleuven in de grond of in stroken op de grond toe te dienen (Figuur 3). Voor de mesttoediening in stroken op de grond werd het toedieningsmechanisme enkele centimeters boven de grond gehouden tijdens het bemesten. Voorafgaand aan de aanleg van ieder proefveld werd de mesttank met mest gevuld en de totale machine gewogen. Na het bemesten van een proefveld werd de machine teruggewogen. Uit het verschilgewicht en de afmetingen van het proefveld werd de mestgift bepaald. Mestmonsters werden genomen bij het vullen van de tanks en werden geanalyseerd op NH₄-N, N_{total}, drogestofgehalte en pH.

2.4 Weersomstandigheden

Gedurende een gehele meetsessie werd de windsnelheid met behulp van cup-anemometers (Vector Instruments type A100R) op 4 hoogtes (logaritmisch verdeeld) gemeten. De gemiddelde meethoogten waren 0,30, 0,75, 2,06 en 3,65 m +mv. De windrichting werd op 3,7 m hoogte gemeten (Vector Instruments W200P). De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden met een rotronic (Hygromer) op 1,5 m hoogte bepaald. De neerslag werd op 0,5 m hoogte bepaald met een regenmeter volgens het weegprincipe. De weersgegevens werden verzameld met behulp van een datalogger, waarin de gemiddelden van de waarnemingen iedere 15 minuten werden opgeslagen.



Figuur 2. Zelfrijdende bemester met sleufkouter-/zodenbemester.



Figuur 3. Mesttoediening in sleuven in de grond (links) en stroken op de grond (rechts) in graan.

3. Resultaten

3.1 Mestsamenstelling en mestgift

In Tabel 2 is de mestgift en de gemiddelde mestsamenstelling per meetserie en per proefveld gegeven. De beoogde mestgiften konden goed gerealiseerd worden met de praktijkmachine.

Tabel 2. Mestgift ($m^3 ha^{-1}$) en samenstelling van de mest.

Week	Veldnummer + mestplaatsing	Mestgift ($m^3 ha^{-1}$)	Mestgift ($kg NH_4-N ha^{-1}$)	NH_4-N ($g kg^{-1}$)	N_{totaal} ($g kg^{-1}$)	Ds (%)	pH
13-2007	1. In de grond	28,9	119,6	4,14	5,90	6,5	8,0
	2. Op de grond ¹⁾	28,2	116,3	4,13	5,94	6,6	8,0
	3. In de grond	28,6	109,5	3,83	5,48	5,8	7,8
	4. Op de grond	29,4	114,3	3,89	5,50	5,7	8,0
16-2007	1. In de grond	28,7	166,0	5,79	8,46	10,0	7,4
	2. Op de grond	29,2	167,4	5,74	8,30	9,9	7,5
	3. In de grond	28,4	164,7	5,80	8,43	10,0	7,4
	4. Op de grond	28,6	164,2	5,75	8,35	9,8	7,6
17-2007	1. In de grond	28,3	140,6	4,97	7,17	9,1	7,8
	2. Op de grond	28,5	140,3	4,92	7,19	8,8	7,8
	3. In de grond	28,9	146,1	5,05	7,18	9,0	7,7
	4. Op de grond	26,5	134,5	5,07	7,29	8,6	7,6
15-2008 ²⁾	1. In de grond	19,5	91,4	4,68	6,75	7,2	-
	2. Op de grond	20,1	94,2	4,68	6,75	7,2	-
	3. In de grond	19,2	90,0	4,68	6,75	7,2	-
	4. Op de grond	18,8	88,1	4,68	6,75	7,2	-
17-2008	1. In de grond	24,3	98,7	4,06	6,14	8,2	-
	2. Op de grond	23,3	95,0	4,08	6,07	8,0	-
	3. In de grond	24,8	99,0	4,00	6,03	8,0	-
	4. Op de grond	23,0	92,8	4,04	6,01	8,0	-

¹⁾ + onkruidg.

²⁾ resultaten mestanalyses zijn het gemiddelde van 2 mestmonsters.

- niet geanalyseerd.

3.2 Weersomstandigheden

Om de emissie van een proefveld te kunnen berekenen werd naast de ammoniakconcentratie, de windsnelheid en de windrichting bepaald. Ook werd per experiment de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en de hoeveelheid neerslag geregistreerd. In Bijlage I worden de weersomstandigheden gedurende de perioden van de ammoniakemissiemetingen weergegeven. In Tabel 3 staan de gemiddelde weergegevens van de eerste 9 uur na de mesttoediening.

Tabel 3. Gemiddelde windsnelheid ($m s^{-1}$) op ca. 2 m hoogte, temperatuur ($^{\circ}C$) en relatieve luchtvochtigheid (%) gedurende de eerste 9 uur na toediening van de mest en de hoeveelheid neerslag (mm) gedurende de gehele meetperiode voor iedere meetserie.

Week	Veld	Wind ($m s^{-1}$)	T ($^{\circ}C$)	RV (%)	Neerslag mm)
13-2007	1 en 2	3,1	16,9	81	0
	3 en 4	3,8	-	-	0
16-2007	1 t/m 4	2,9	13,2	56	0
17-2007	1 t/m 4	2,6	18,2	74	0
15-2008	1 t/m 4	1,3	6,5	77	0
17-2008	1 t/m 4	7,2	16,4	48	0

- geen resultaten door storing meetapparatuur.

3.3 Ammoniakemissie

Tijdens een meting werd gedurende ca. 96 uur, direct volgend op het tijdstip van de mesttoediening, de ammoniakemissie gemeten. Alle metingen gaven het karakteristieke beeld van een verloop van de ammoniakemissie na mesttoediening: gedurende de eerste dag na toediening (de eerste 9 uur overdag) vond een groot aandeel van de emissie plaats en gedurende de daaropvolgende dagen een duidelijk lagere emissie tot een niveau van nauwelijks emissie.

In Figuur 4 en 5 staan de emissieverlopen van de metingen. Tabel 4 geeft de totaal gemeten ammoniakemissie voor de verschillende proefvelden per meetserie. Op veld 4 in week 13-2007 en in week 15-2008 is de meetperiode gedurende 48 - 72 uur na toediening komen te vervallen door het omvallen van een meetmast. Dit is in de betreffende figuren door een horizontale lijn weergegeven en in Tabel 4 voor de totale emissie als geen emissie gedurende deze periode aangenomen. In werkelijkheid zal de emissie gedurende deze uitgevallen periode nog bijdragen aan de totale emissie en de emissie dus hoger zijn dan voor deze velden in Tabel 4 is aangegeven.

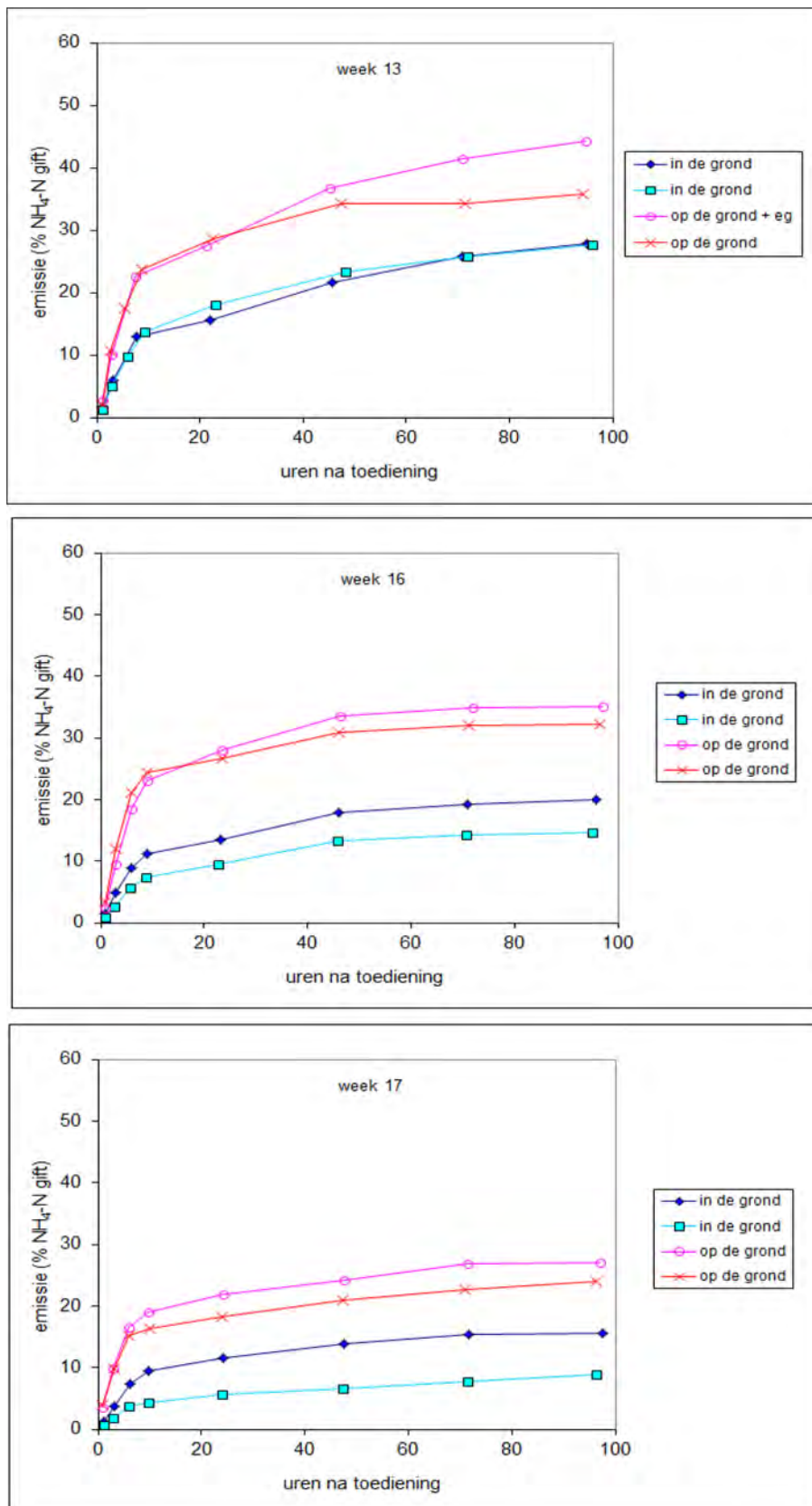
De ammoniakemissie varieerde bij de mesttoediening in sleuven van 9 tot 31% van de toegediende ammoniumstikstof en van 24 tot 47% bij toediening in stroken op de grond. De verschillen in de gemeten ammoniakemissie binnen een meetweek en tussen de verschillende meetweken kunnen een gevolg zijn van de omstandigheden waaronder de metingen zijn uitgevoerd. Deze omstandigheden kunnen variëren als gevolg van andere weersomstandigheden, bodemgesteldheid, mestverdeling en samenstelling en de wijze van toediening. De mesttoediening in sleuven resulteerde in een gemiddelde emissiereductie van meer dan 40% ten opzichte van mesttoediening in stroken op de grond.

Tabel 4. *Cumulatieve emissie over de periode tot ca. 96 uur na uitrijden van de mest als % van de opgebrachte ammoniumstikstof NH₄-N en de emissiereductie die bereikt wordt bij mesttoediening in sleuven in de grond ten opzichte van mesttoediening in stroken op de grond.*

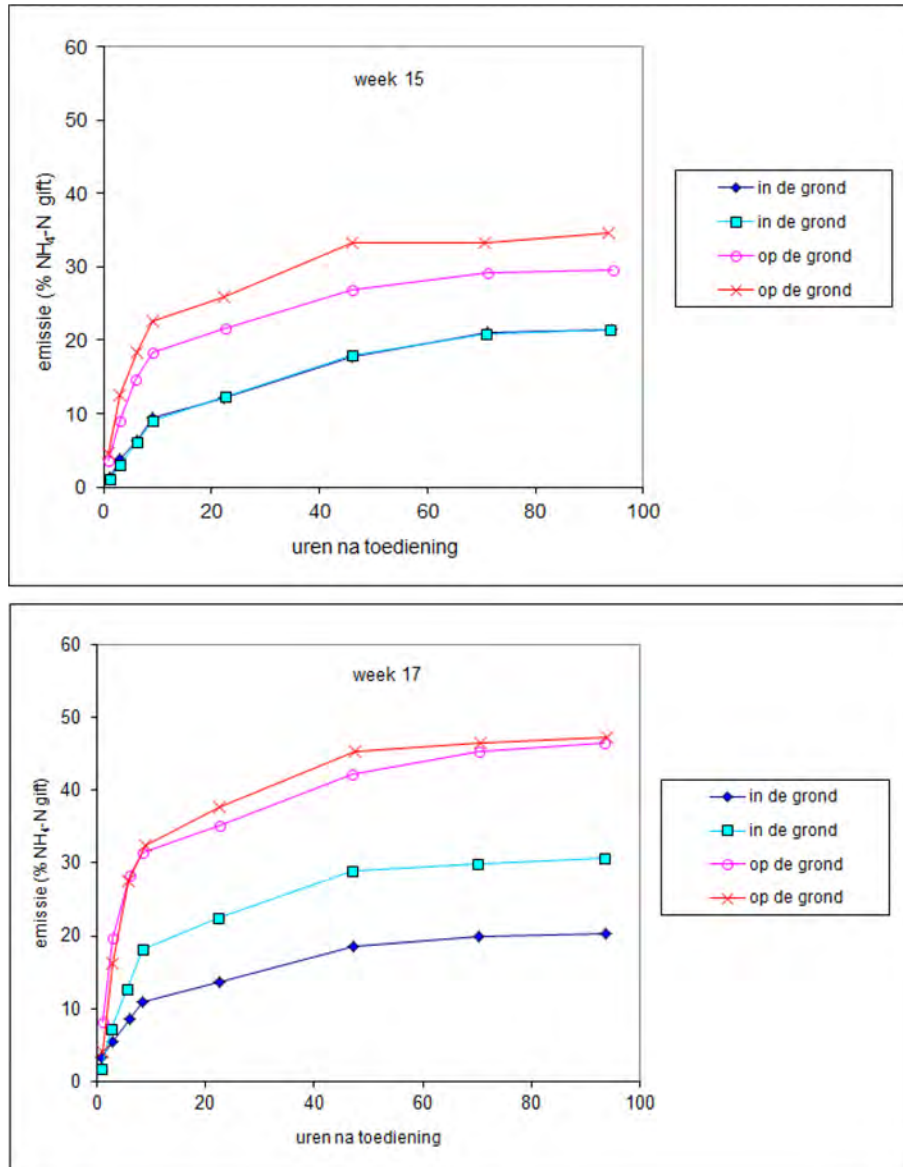
Week	Veldnummer + mestplaatsing	Ammoniakemissie (% NH ₄ -N gift)	Emissiereductie t.o.v. op de grond (%) ¹⁾
13-2007	1. In de grond	27,8	37
	2. Op de grond + onkruiddeg	44,2	
	3. In de grond	27,7	
	4. Op de grond	35,7 ²⁾	
16-2007	1. In de grond	19,9	49
	2. Op de grond	35,0	
	3. In de grond	14,6	
	4. Op de grond	32,1	
17-2007	1. In de grond	15,6	52
	2. Op de grond	27,1	
	3. In de grond	8,8	
	4. Op de grond	23,9	
15-2008	1. In de grond	21,4	33
	2. Op de grond	29,5	
	3. In de grond	21,4	
	4. Op de grond	34,6 ²⁾	
17-2008	1. In de grond	20,3	46
	2. Op de grond	46,5	
	3. In de grond	30,7	
	4. Op de grond	47,2	

¹⁾ *berekend door de gemiddelde emissie bij toediening in de grond te vergelijken met de gemiddelde emissie bij toediening op de grond binnen die meetweek. In week 13-2007 zijn veld 3 en 4 een dag later aangelegd dan veld 1 en 2; voor de berekening van de emissiereductie zijn de velden die gelijktijdig zijn aangelegd vergeleken.*

²⁾ *gedurende de meetperiode van 48 tot 72 uur na mesttoediening kon de emissie niet gemeten worden door omvallen van de mast; bij de berekening van de totale emissie is uitgegaan van geen emissie gedurende deze periode, wat dus een onderschatting van de emissie geeft.*



Figuur 4. Ammoniakemissie na mesttoediening in sleuven in de grond of in stroken op de grond in wintertarwe (2007).



Figuur 5. Ammoniakemissie na mesttoediening in sleuven in de grond of in stroken op de grond in wintertarwe (2008).

4. Discussie

Alle experimenten zijn goed verlopen. De gebruikte machines hebben de mest goed in sleuven in de grond of in stroken op de grond toegediend en de uitvoering van de metingen verliep volgens de vooraf bepaalde meetstrategie. Ook in deze metingen vindt de piek in de emissie plaats in de eerste uren na toediening, zoals dit ook in andere emissieonderzoeken met dierlijke mest is aangetoond (Huijsmans *et al.*, 2001 en 2003). Op veld 4 in week 13-2007 en in week 15-2008 is de meetperiode gedurende 48 - 72 uur na toediening op de velden met mest in stroken op de grond komen te vervallen door het omvallen van een meetmast. Gedurende deze meetperiode kon de emissie niet gemeten worden. Bij de berekening van de totale emissie is uitgegaan van geen emissie gedurende deze periode (Tabel 4), wat dus een onderschatting van de emissie geeft en in deze gevallen ook een overschatting van de emissiereductie bij deze velden. Voor de betreffende metingen kan wel de emissie tot 48 uur na mesttoediening met elkaar vergeleken worden en een emissiereductie berekend worden. Dit resulteerde in een emissiereductie door toediening in sleuven van respectievelijk 32% en 40%, dus hoger dan de in Tabel 4 aangegeven emissiereductie voor de gehele periode bij deze betreffende metingen.

Elke meetsessie (meetweek) moet gezien worden als één meting. Verschillende meetsessies kunnen gezien worden als herhalingen, echter de omstandigheden waaronder gemeten is, zullen verschillend zijn voor de grond, de mest en het weer. Vanuit eerder onderzoek, uitgevoerd op grasland en bouwland, blijkt dat er veel herhalingen nodig zijn om statistisch onderbouwde uitspraken te kunnen doen over effecten van bodem- en weersomstandigheden en mestsamenstelling op de ammoniakemissie (Huijsmans *et al.*, 2001 en 2003). De duplo meting in een meetserie aan één toedieningsmethode diende om variatie in de ammoniakemissie binnen dezelfde omstandigheden vast te stellen. De verschillen in de gemeten ammoniakemissie binnen een meetweek en tussen de verschillende meetweken kunnen een gevolg zijn van de omstandigheden waaronder de metingen zijn uitgevoerd. Deze omstandigheden kunnen variëren als gevolg van andere weersomstandigheden, bodemgesteldheid, mestverdeling en samenstelling en de wijze van toediening.

In dit onderzoek zijn vijf meetseries uitgevoerd, waarbij aan iedere toedieningsmethode in totaal 10 metingen zijn uitgevoerd. De ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven was gemiddeld 21% van de toegediende ammoniumstikstof met een spreiding van 9 tot 31% (n=10). Bij toediening in stroken op de grond was de ammoniakemissie gemiddeld 36% van de toegediende ammoniumstikstof met een spreiding van 24 tot 47% (n=10). Mesttoediening in sleuven resulteert hiermee in een emissiereductie van meer dan 40% ten opzichte van de emissie bij mesttoediening in stroken op de grond. Voor het doen van gefundeerde uitspraken over de ammoniakemissie bij verschillende methoden van mesttoediening zijn meerdere herhalingen (meetsessies over meerdere tijdstippen of seizoenen) noodzakelijk om verschillende omstandigheden in de metingen te betrekken en zo een betere schatting van de emissie te kunnen maken.

In eerdere onderzoeken werd bij mesttoediening in sleuven in wintertarwe een ammoniakemissie gevonden van 23% van de opgebrachte ammoniumstikstof (n=2; 10 - 36%; Mulder & Huijsmans, 1994) en 30% (n=5; 18 - 49%; Huijsmans *et al.*, 2002). Indien de gegevens van het huidige onderzoek samengenomen worden met deze eerder gevonden resultaten, resulteert dit in een gemiddelde ammoniakemissie van 24% van de opgebrachte ammoniumstikstof bij mesttoediening in sleuven in wintertarwe.

Voor de ammoniakemissie bij mestinjectie en bij mesttoediening en direct onderwerken op niet beteeld bouwland zijn in het verleden veel metingen uitgevoerd. Bij direct onderwerken wordt een gemiddelde ammoniakemissie bereikt van 22% (% $\text{NH}_4\text{-N}$ gift) met een spreiding in de emissie van 3 - 45% (n=25; Huijsmans & Schils, 2009). De ammoniakemissie bij de mesttoediening in sleuven in wintertarwe valt dus in de orde van grootte van de ammoniakemissie van de technieken met direct onderwerken op niet beteeld bouwland.

Uit dit onderzoek blijkt dat door de toediening in sleuven in de grond de ammoniakemissie gereduceerd wordt ten opzichte van mesttoediening in stroken op de grond. Onderzoek naar de schade-effecten op de opbrengst veroorzaakt door het snijden bij het maken van de sleuven in de grond heeft aangetoond dat schade veelal beperkt blijft of afwezig is (Huijsmans *et al.*, 2012).

5. Conclusie en aanbevelingen

In het huidige onderzoek resulteert mesttoediening in sleuven in wintertarwe op kleibouland in een gemiddelde ammoniakemissie van 21% van de opgebrachte ammoniumstikstof met een spreiding van 9 - 31% (n=10). Mesttoediening in stroken op de grond resulteerde in een gemiddelde ammoniakemissie van 36% van de opgebrachte ammoniumstikstof met een spreiding van 24 - 47% (n=10). De mesttoediening in sleuven geeft een gemiddelde emissiereductie van meer dan 40% ten opzichte van mesttoediening in stroken op de grond. De ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven in wintertarwe komt hiermee in de orde van grootte te liggen van de ammoniakemissie bij mest direct onderwerken op niet beteeld bouwland.

6. Literatuur

- Denmead, O.T., 1983.
 Micrometeorological methods for measuring gaseous losses of nitrogen in the field, in: J.R. Freney & J.R. Simpson (eds), Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Pub., Den Haag.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & M.M.W.B. Hendriks, 2001.
 Effect of application technique, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49: 323-342.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & B. Verwijs, 2002.
 Mesttoediening op bouwland in het voorjaar. Metingen ammoniakemissie bij mesttoediening in graan. IMAG Nota P2002-83, Wageningen, pp. 21.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & G.D. Vermeulen, 2003.
 Effect of application method, manure characteristics, atmosphere and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmospheric Environment* 37: 3669-3680.
- Huijsmans, J.F.M. & R.L.M. Schils, 2009.
 Ammonia and nitrous oxide emissions following field-application of manure: state of art measurements in the Netherlands. *Proceedings 655, International Fertiliser Society*, 35 pp.
- Huijsmans, J.F.M., G.D. Vermeulen, P.H.M. Dekker & B.R. Verwijs, 2012.
 Mesttoediening in het voorjaar in wintertarwe; effecten op grond en gewas. PRI rapport 443. *Plant Research International, Wageningen*, pp 78
- Mulder, E.M. & J.F.M. Huijsmans, 1994.
 Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening; overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993. *Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 18. DLO, Wageningen*, pp. 71.

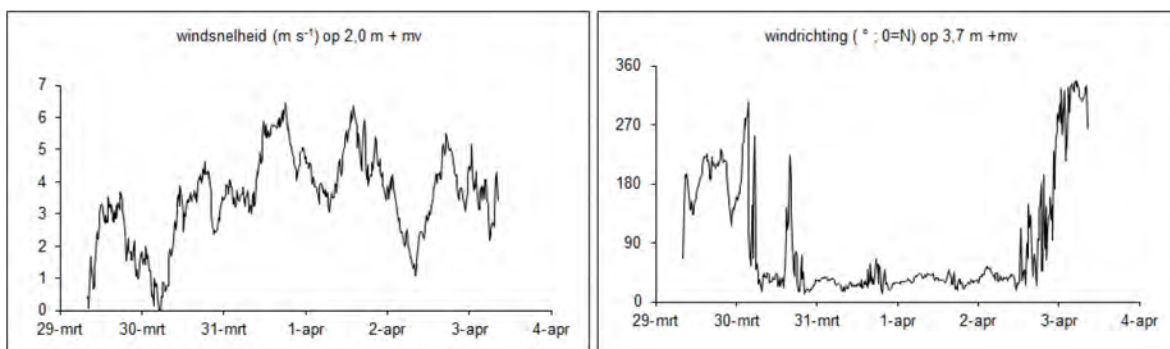
Bijlage I.

Weersomstandigheden tijdens de metingen

Weersomstandigheden week 13-2007 (29-03-2007/02-04-2007).

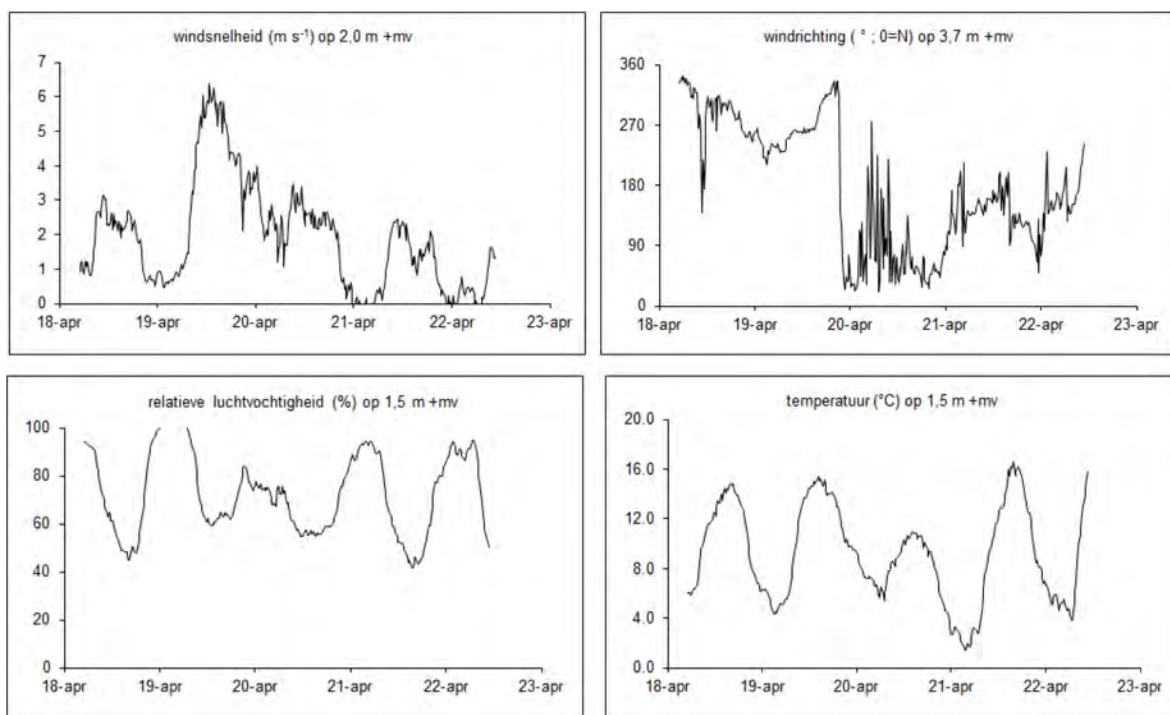
Door technische storing zijn geen metingen beschikbaar van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid.

Er was gedurende deze week geen neerslag.



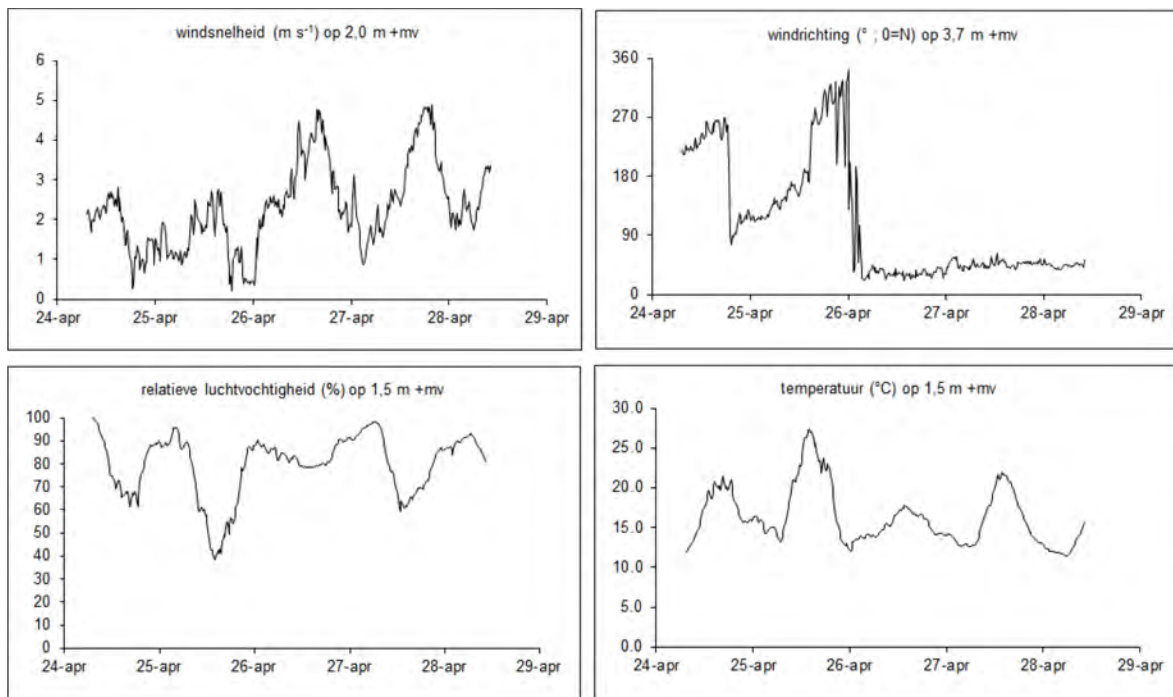
Weersomstandigheden week 16-2007 (18-04-2007/22-04-2007).

Er was gedurende deze week geen neerslag.



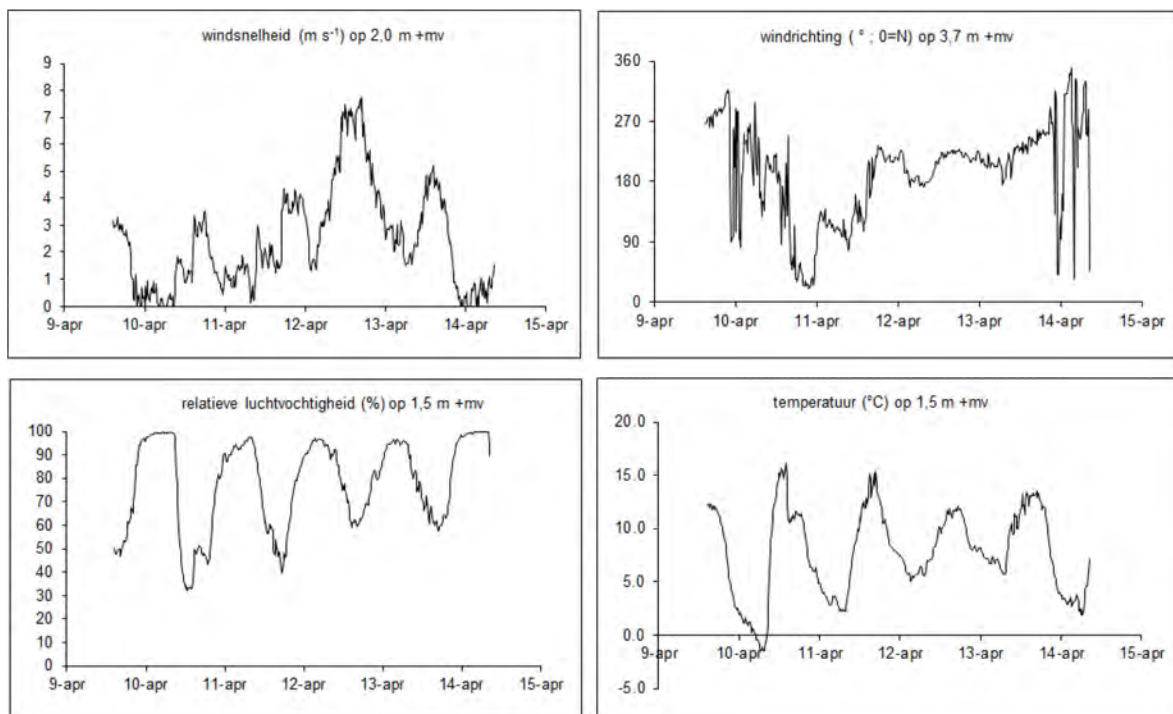
Weersomstandigheden week 17-2007 (24-04-2007/28-04-2007).

Er was gedurende deze week geen neerslag.



Weersomstandigheden week 15-2008 (09-04-2008/14-04-2008).

Er was gedurende deze week geen neerslag.



Weersomstandigheden week 17-2008 (21-04-2008/25-04-2008).

Er was gedurende deze week geen neerslag.

