

---

# Ammoniakemissie bij toediening van verdunde mest met een sleevoetenmachine op grasland

J.F.M. Huijsmans, J.M.G. Hol en H.A. van Schooten

PRI-rapport 633



**WAGENINGEN UR**  
*For quality of life*

---

---

---

# Ammoniakemissie bij toediening van verdunde mest met een sleepvoetenmachine op grasland

J.F.M. Huijsmans<sup>1</sup>, J.M.G. Hol<sup>2</sup> en H.A. van Schooten<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR Plant Research International

<sup>2</sup> Wageningen UR Livestock Research

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Productschap Zuivel en de provincies Friesland en Zuid-Holland uitgevoerd door Wageningen UR (University & Research centre).

Wageningen UR is een samenwerkingsverband tussen Wageningen Universiteit en Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek.

Wageningen, november 2015

---

PRI-rapport 633

---

Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol en H.A. van Schooten 2015. *Ammoniakemissie bij toediening van verdunde mest met een sleepvoetenmachine op grasland*. Wageningen, the foundation Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Research Institute Praktijkonderzoek Plant & Omgeving / Plant Research International, Wageningen UR (University & Research centre), PRI-rapport 633. 33 blz.; 5 fig.; 8 tab.; 6 ref.

Trefwoorden: ammoniakemissie, mest, sleepvoetenmachine

© 2015 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Research Institute Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wageningenur.nl](http://www.wageningenur.nl)

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). 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.

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

PRI-rapport 633

Foto's omslag: Jan Huijsmans

---

# Inhoud

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
|                  | <b>Woord vooraf</b>                               | <b>5</b>  |
|                  | <b>Samenvatting</b>                               | <b>7</b>  |
|                  | <b>Summary</b>                                    | <b>9</b>  |
| <b>1</b>         | <b>Inleiding</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>2</b>         | <b>Materiaal en methode</b>                       | <b>12</b> |
|                  | 2.1 Meetmethode ammoniakemissie                   | 12        |
|                  | 2.2 Metingen                                      | 13        |
|                  | 2.3 Mesttoediening, mestgift en mestsamenstelling | 15        |
|                  | 2.4 Weersomstandigheden                           | 16        |
| <b>3</b>         | <b>Resultaten</b>                                 | <b>18</b> |
|                  | 3.1 Mestsamenstelling en mestgift                 | 18        |
|                  | 3.2 Ammoniakemissie                               | 20        |
| <b>4</b>         | <b>Discussie</b>                                  | <b>24</b> |
| <b>5</b>         | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>                | <b>26</b> |
|                  | <b>Literatuur</b>                                 | <b>27</b> |
| <b>Bijlage 1</b> | <b>Weersomstandigheden tijdens de metingen</b>    | <b>28</b> |

---

---

# Woord vooraf

Binnen de huidige regelgeving wordt aangegeven hoe mest emissiearm toegediend dient te worden. Om een verdere emissiereductie te verkennen is door Wageningen UR en VIC Zegveld een onderzoek verricht naar het effect van het verdunnen van de mest op de ammoniakemissie en gewasopbrengst bij toediening met een sleepvoetenmachine. In het voorliggende rapport wordt het onderzoek naar de optredende ammoniakemissie besproken. Opzet van het onderzoek, voortgang en resultaten zijn besproken in een begeleidingsgroep met melkveehouders en vertegenwoordigers van LTO en CUMELA. Het onderzoek werd gefinancierd vanuit het Productschap Zuivel, het ministerie van EZ en de provincies Zuid-Holland en Friesland.





---

# Samenvatting

Reductie van ammoniakemissie ( $\text{NH}_3$ -emissie) is noodzakelijk om voor veehouders ontwikkelingsruimte in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) te realiseren. Nationaal staat het gebruik van de sleepvoetenmachine, die veel toegepast wordt op veengronden en zware klei, in de toekomst onder druk tenzij stappen in een verdere emissiereductie gezet kunnen worden. Om tegemoet te komen aan de vragen rondom een verder terugdringen van de ammoniakemissie bij mesttoediening is een onderzoek uitgevoerd met de doelstelling om de emissie vast te stellen bij perspectiefvolle emissiebeperkende methoden. Een van de onderzochte methoden is het uitrijden van verdunde mest met een sleepvoetenmachine.

De keuze voor het verdunnen werd gemaakt, omdat bij de mesttoediening in het veenweidegebied en op zware klei regelmatig, met name in het voorjaar, de mest via een slang naar de toedieningsmachine wordt getransporteerd om zo het gebruik van een tank te voorkomen. Hierbij wordt vaak water gebruikt om de mest te verdunnen en de mest daardoor beter verpompbaar te maken. Tot op heden is de hoogte van de ammoniakemissie na het verdunnen van mest bij toediening met een sleepvoetsysteem nog onbekend. Mogelijk gaat de emissie hierdoor omlaag, want de ammoniumconcentratie ( $\text{NH}_4^+$ ) in de mest wordt verlaagd en de mest 'spoelt' gemakkelijker in de bodem. Anderzijds kan door deze verdunning oppervlaktevergroting optreden, met extra emissie tot gevolg. In 2013 zijn emissiemetingen gestart bij een verdunning van 1 deel mest en 1 deel water (1:1). Voor deze relatief grote verdunning werd gekozen om vast te stellen of het verdunnen wel tot een substantiële emissiereductie kan leiden. In 2014 is het onderzoek voortgezet bij een verdunning van 1 deel mest en 0,5 deel water (1:0,5).

De metingen werden uitgevoerd op het Kennistransfer Centrum (KTC) Zegveld te Zegveld (veengrond) en op het melkveehouderijbedrijf van Mts. Kastelijn-Hol te Kamerik (kleigrond). Binnen een proef werd steeds de ammoniakemissie gelijktijdig gemeten op één veld met verdunde mest en één veld met niet verdunde mest, zodat ze onderling vergeleken konden worden. De mest werd toegediend met een sleepvoetenmachine. In 2013 én in 2014 zijn proeven uitgevoerd op veengrond en op kleigrond; in beide jaren in het vroege voorjaar en op een tijdstip na de eerste snede. In alle metingen werd rundermest toegediend met praktijkmachines. De ammoniakemissie werd gemeten met de micro-meteorologische massabalans methode.

De ammoniakemissie was bij de toediening van de onverdunde mest in 2013 gemiddeld 36% en varieerde van 28 tot 46% van de toegediende ammoniumstikstof. Bij de verdunning 1 deel mest : 1 deel water (1:1) in dat jaar was de gemiddelde ammoniakemissie 18% en varieerde van 9 tot 27%. De verdunning van 1 : 1 gaf een gemiddelde emissiereductie van ca. 51%.

In 2014 was de gemiddelde ammoniakemissie bij de onverdunde mest 25% en varieerde van 8 tot 36% en bij de verdunning 1 deel mest : 0,5 deel water (1:0,5) was de gemiddelde ammoniakemissie 13% en varieerde van 4 tot 24%. De verdunning van 1 : 0,5 deel water gaf daarmee een gemiddelde emissiereductie van ca. 44%.

De gemeten ammoniakemissie van de onverdunde mest was gemiddeld over 2013 en 2014 samen 31% en daarmee gemiddeld hoger dan het gemiddelde van metingen in het verleden. Dit is mogelijk te verklaren door weers- en bodemomstandigheden, mestsamenstelling, toedieningsmethode en eventuele andere factoren die een rol hebben gespeeld. Om hier een beter zicht op te krijgen is een verdere statistische analyse naar invloedsfactoren noodzakelijk.

In het onderzoek is uitgegaan van een vaste verdunningsfactor voor het betreffende meetjaar. Aangevoerd is dat het verdunnen in beide jaren met een verschillende verdunningsfactor een significante emissiereductie kan geven. Door de keuze van een vaste verdunningsfactor in ieder jaar is het niet mogelijk verschillende verdunningsfactoren onderling te vergelijken en een optimale verdunning te bepalen. Hiertoe zouden meerdere verdunningsfactoren onderling vergeleken moeten worden onder dezelfde omstandigheden.



---

# Summary

Low-emission manure application techniques are compulsory in The Netherlands. Low emission manure application on grassland comprises shallow injection and narrow band application by trailing feet. An additional reduction may be required in the future, therefore new ways to reduce ammonia losses are investigated.

Field trials were carried out to get better knowledge on the ammonia volatilisation after the application of diluted manure applied as narrow band application with trailing feet on grassland on a clay and peat soil. In these emission experiments, the volatilization of  $\text{NH}_3$  was determined using the micrometeorological mass balance method.

The experiments in 2013 showed that the mean ammonia volatilisation following the non-diluted manure was on average 36% and varied from 28 to 46% of the applied ammoniacal nitrogen. The dilution 1 part manure : 1 part water (1:1) in that year resulted in an average emission of 18% and varied from 9 to 27%. This dilution resulted in an average emission reduction of ca. 51%. In 2014 the average ammonia volatilisation of the non-diluted manure was 25% and varied from 8 to 36% and the dilution 1 part manure : 0.5 part water (1:0.5) resulted in an average emission of 13% and varied from 4 to 24%. This dilution resulted in an average emission reduction of ca. 44%.

Average ammonia emission of the non-diluted was higher than the average measured emission of manure application by trailing feet in the past. Further analyses of all the influencing factors will be needed to clarify this difference. In the research set up a fixed dilution rate per year was chosen. To find an optimal dilution rate more dilution steps should be compared within an experiment.



---

# 1 Inleiding

Nationaal staat het gebruik van de sleepvoetenmachine, die veel toegepast wordt op veengronden en zware klei, in de toekomst onder druk tenzij stappen in een verdere emissiereductie gezet kunnen worden. Ammoniakemissie bij mest uitrijden is een grote emissiebron. Stikstof die niet emitteert kan door het gras worden benut, waardoor op kunstmest kan worden bespaard. Er is de veehouderij alles aan gelegen efficiënte, betaalbare en werkbare mestuitrijmethoden te ontwikkelen, die de ammoniakemissie aanzienlijk verlagen. Het bedrijfseconomische belang is het besparen van de hoeveelheid kunstmest en het open houden van extra ontwikkelingsruimte en ondernemersvrijheid voor veehouders in en rondom Natura 2000 gebieden.

Om tegemoet te komen aan de vragen rondom een verder terugdringen van de ammoniakemissie bij mesttoediening is een onderzoek uitgevoerd met de doelstelling om de emissie vast te stellen bij perspectiefvolle emissiebeperkende methoden zoals het uitrijden van met water verdunde mest met de sleepvoetenmachine. Naast het emissieonderzoek zijn screeningsproeven uitgevoerd voor het vaststellen van de grasopbrengst en N-recovery bij verschillende methoden van mesttoediening. Ook hierbij was een van de onderzochte methoden het uitrijden van verdunde mest met een sleepvoetenmachine. De resultaten van de screeningsproeven zijn beschreven door Schooten *et al.* (2015).

De keuze voor het uitrijden van verdunde mest met een sleepvoetenmachine werd gemaakt, omdat bij de mesttoediening in het veenweidegebied en op zware klei regelmatig, met name in het voorjaar, de mest via een slang naar de toedieningsmachine wordt getransporteerd om zo het gebruik van een tank te voorkomen. Hierbij wordt vaak water gebruikt om de mest te verdunnen en daardoor beter verpompaar te maken. Tot op heden is de hoogte van de ammoniakemissie na het verdunnen van mest bij toediening met een sleepvoetsysteem nog onbekend. Mogelijk gaat de emissie hierdoor omlaag, want de mest 'spoelt' gemakkelijker in de bodem en de ammoniumconcentratie ( $\text{NH}_4^+$ ) wordt verlaagd. Anderzijds kan door deze verdunning oppervlaktevergroting optreden, doordat bij een gelijkblijvende stikstofgift een groter volume mest uitgereden moet worden met mogelijk extra emissie tot gevolg. In 2013 zijn emissiemetingen gestart bij een verdunning van 1 deel mest en 1 deel water (1:1). Voor deze relatief grote verdunning werd gekozen om vast te stellen of het verdunnen wel tot een substantiële emissiereductie kan leiden. In 2014 is het onderzoek voortgezet bij een verdunning van 1 deel mest en 0,5 deel water (1:0,5). In de voorliggende rapportage worden de emissiemetingen die in 2013 en 2014 zijn uitgevoerd besproken.

---

## 2 Materiaal en methode

De metingen werden uitgevoerd op KTC Zegveld te Zegveld (veengrond) en op het melkveehouderijbedrijf van Mts. Kastelijn-Hol te Kamerik (kleigrond). Binnen een proef werd steeds de ammoniakemissie gelijktijdig gemeten op één veld met verdunde mest en één veld met niet verdunde mest, zodat ze onderling vergeleken konden worden. De mest werd in beide gevallen toegediend met een sleepvoetenmachine. In 2013 zijn 4 proeven op veengrond en 2 op kleigrond uitgevoerd en in 2014 4 proeven op veengrond en 4 op kleigrond. Een meting startte direct na toediening van de mest en duurde ca. 2 dagen per proefveld. Er werden geen duplometingen binnen een meetserie uitgevoerd, maar de metingen werden na de eerste proef op de locatie gelijk herhaald in een volgende proef op die locatie. Dit werd zowel in het vroege voorjaar als op een tijdstip na de eerste snede zo uitgevoerd. Het onderzoek werd gestart zodra de bodemomstandigheden in het voorjaar dusdanig waren dat de mesttoediening goed uitgevoerd kon worden. In alle metingen werd rundermest toegediend met praktijkmachines.

### 2.1 Meetmethode ammoniakemissie

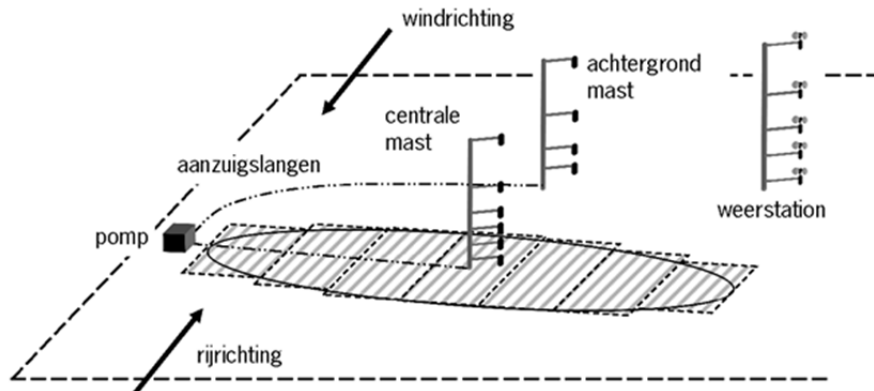
De ammoniakemissie werd gemeten met de micro-meteorologische massabalans methode. De micro-meteorologische massabalansmethode berust op de vergelijking van de 'binnenkomende' ammoniakstroom (flux) met de 'uitgaande' ammoniakstroom (Denmead, 1983; Ryden and McNeill, 1984). Beide fluxen worden gemeten 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. Bij de centrale mast werden op 5 verschillende hoogtes (logaritmisch verdeeld) de bemonsteringspunten geplaatst (op ca. 0,3, 0,5, 1,0, 2,0 en 3,3 m boven maaiveld, +mv). Bij de achtergrondmast waren dit 3 meetpunten (op ca. 0,3, 2,0 en 3,3 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 circa  $2,5 \text{ l min}^{-1}$  te bemonsteren lucht door gaswasflessen gevuld met 20 ml absorptievloeistof (0,02 M  $\text{HNO}_3$ ) geleid. De ammoniakemissie na het toedienen van mest neemt exponentieel af in de tijd. Daarom werden de monsternameperiodes ingedeeld in de volgende tijdsperiodes (uren na toediening van de mest): 0-1; 1-3; 3-6; 6-9; 9-24 en 24-48 uur. 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 van ca. 0,15 ha waren bij benadering rond (diameter ca. 45 m), zodat bij verschillende windrichtingen de aanstroamlengte 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.

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, waarmee een windprofiel kon worden opgesteld. Met de gemeten windrichting en de afmetingen van een proefveld werd per monsternameperiode de gemiddelde aanstroamlengte (fetch) tot de centrale mast bepaald. Vervolgens werd met het concentratie- en windprofiel en de fetch, de emissie per monsternameperiode berekend (Denmead, 1983; Ryden and McNeill, 1984). De emissie

per meetinterval wordt weergegeven als percentage van de met de mest toegediende ammoniumstikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). De totale (cumulatieve) emissie gedurende een meetsessie wordt verkregen door optelling van de bepaalde emissies in de aaneengesloten meetintervallen.



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

## 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 het effect van de verdunning door een vergelijking te maken tussen de emissie bij toediening van verdunde en onverdunde mest. Dit betekende dat gewerkt werd met één mestsoort en een vooraf gekozen mestdosering en dat de metingen op de velden met verdunde en onverdunde mest zoveel mogelijk gelijktijdig werden uitgevoerd. De metingen werden in 2013 én 2014 in het voorjaar voorafgaand aan de eerste grassnede en op een tijdstip na de eerste snede uitgevoerd om zo ook verschillende veld- en weersomstandigheden binnen de metingen te betrekken. Tabel 1 en 2 geven een overzicht van de uitgevoerde metingen in 2013 en in 2014.

Tabel 1. *Tijdstip, proef en grondsoort, begin- en eindtijdstippen van de proeven in 2013.*

| Week-jaar | Proefnummer en grondsoort | Verdunning  | Startdatum | Starttijdstip (uur:min) | Einddatum              | Eindtijdstip (uur:min) |
|-----------|---------------------------|-------------|------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 15A-2013  | 1 veen                    | Onverdund   | 10-04-13   | 9:47                    | 12-04-13               | 9:22                   |
|           |                           | Verdund 1:1 |            | 9:24                    |                        | 9:29                   |
| 15B-2013  | 2 veen                    | Onverdund   | 13-04-13   | 9:28                    | 15-04-13               | 9:06                   |
|           |                           | Verdund 1:1 |            | 9:08                    |                        | 9:12                   |
| 16A-2013  | 3 klei                    | Onverdund   | 18-04-13   | 9:05                    | 19-04-13 <sup>1)</sup> | 8:47                   |
|           |                           | Verdund 1:1 |            | 9:23                    | 20-04-13               | 6:58                   |
| 16B-2013  | 4 klei                    | Onverdund   | 20-04-13   | 8:31                    | 22-03-13               | 7:13                   |
|           |                           | Verdund 1:1 |            | 8:46                    |                        | 7:18                   |
| 24A-2013  | 5 veen                    | Onverdund   | 12-06-13   | 9:08                    | 14-06-13               | 6:47                   |
|           |                           | Verdund 1:1 |            | 8:50                    |                        | 6:39                   |
| 24B-2013  | 6 veen                    | Onverdund   | 14-06-13   | 8:29                    | 16-06-13               | 9:03                   |
|           |                           | Verdund 1:1 |            | 8:11                    |                        | 8:54                   |

<sup>1)</sup> *proef meting onverdunde mest eerder gestopt*



Tabel 2. Tijdstip, proef en grondsoort, begin- en eindtijdstippen van de proeven in 2014.

| Week-jaar | Proefnummer en grondsoort | Verdunning    | Startdatum | Starttijdstip (uur:min) | Einddatum              | Eindtijdstip (uur:min) |
|-----------|---------------------------|---------------|------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 11-2014   | 1 klei                    | Onverdund     | 14-03-14   | 10:12                   | 16-03-14               | 8:16                   |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            | 9:51                    |                        | 8:22                   |
| 12A-2014  | 2 klei                    | Onverdund     | 17-03-14   | 8:55                    | 19-03-14               | 6:59                   |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            | 8:40                    |                        | 6:41                   |
| 12B-2014  | 3 veen                    | Onverdund     | 19-03-14   | 9:22                    | 21-03-14               | 8:04                   |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            | 9:05                    |                        | 7:55                   |
| 13-2014   | 4 veen                    | Onverdund     | 24-03-14   | 9:03                    | 25-03-14 <sup>1)</sup> | 19:03                  |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            | 8:43                    |                        | 19:11                  |
| 17-2014   | 5 klei                    | Onverdund     | 25-04-14   | 9:03                    | 27-04-14               | 9:09                   |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            | 8:47                    |                        | 9:02                   |
| 18-2014   | 6 klei                    | Onverdund     | 28-04-14   | 8:32                    | 30-04-14               | 8:04                   |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            | 8:17                    |                        | 7:55                   |
| 20-2014   | 7 veen                    | Onverdund     | 16-05-14   | 8:58                    | 17-05-14 <sup>2)</sup> | 8:48                   |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            | 8:44                    |                        | 8:34                   |
| 21-2014   | 8 veen                    | Onverdund     | 19-05-14   | 8:48                    | 20-05-14 <sup>3)</sup> | 20:20                  |
|           |                           | Verdund 1:0,5 |            |                         |                        | 20:38                  |

<sup>1)</sup> proef beide nachten na uitrijden van de mest niet gemeten vanwege verwachte nachtvorst

<sup>2)</sup> proef eerder gestopt vanwege stroomstoring tijdens tweede meetdag

<sup>3)</sup> proef eerder gestopt vanwege verwachte hevige regenval en onweer

## 2.3 Mesttoediening, mestgift en mestsamenstelling

In alle metingen is uitgegaan van rundermest en een mestgift van circa  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . In 2013 werd voor de verdunde mest uitgegaan van 1 deel mest: 1 deel water (1:1). Voor de verdunde mest werd een gift van circa  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aangehouden om zo een gelijke stikstof/ammonium gift te creëren als met de onverdunde mest. In 2014 was de verdunning 1 deel mest: 0,5 deel water (1:0,5) en was de gift bij de verdunning circa  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . De verdunde mest werd bij iedere meetserie vlak voor het uitrijden aangemaakt in een tussenopslag. Hierbij werd een tankinhoud onverdunde mest gemengd met een tankinhoud water (2013) of twee tankinhouden onverdunde mest met een tankinhoud water (2014). Het toedienen van de mest werd uitgevoerd met praktijkmachines: een getrokken tank met een 6 meter brede sleepvoetenmachine en een getrokken tank met een 5.2 meter brede sleepvoetenmachine (Figuur 2 en 3). De sleepvoetenmachines waren van eenzelfde type (merk). Voorafgaand aan de aanleg van ieder proefveld werd de mesttank met verdunde of onverdunde mest gevuld en de totale machine gewogen. Na het bemesten van een proefveld werd de totale machine teruggewogen. Uit het verschilgewicht en de afmetingen van het proefveld werd de mestgift bepaald. Per proefveld werden twee mestmonsters genomen tijdens of direct na de aanleg van de proefvelden aan de uitloop van de sleepvoeten. De mestmonsters werden geanalyseerd op  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{N}_{\text{totaal}}$ , drogestofgehalte en pH.



*Figuur 2. Toegepaste bemesters voor het uitrijden van de niet verdunde mest (links) en verdunde mest (rechts).*



*Figuur 3. Mesttoediening niet verdunde mest (links) en detail van toediening verdunde mest (rechts).*

## 2.4 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. Gedurende een gehele meetsessie werd de windsnelheid met behulp van cup-anemometers (Vector Instruments type A100R) op 6 hoogtes (logaritmisches verdeeld) gemeten. De gemiddelde meethoogten waren 0,30, 0,45, 0,90, 1,40, 2,40 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. De weersgegevens werden verzameld met behulp van een datalogger, waarin de gemiddelden van de waarnemingen iedere 15 minuten werden opgeslagen. In Bijlage I worden de weersomstandigheden gedurende de perioden van de ammoniakemissiemetingen weergegeven. In Tabel 3 en 4 staan de gemiddelde weergegevens van de eerste 9 uur na de mesttoediening in 2013 en 2014.

Tabel 3. Gemiddelde windsnelheid ( $m s^{-1}$ ) op ca. 2 m hoogte, temperatuur ( $^{\circ}C$ ) en relatieve luchtvochtigheid (%) gedurende de eerste 9 uur na toedienen van de mest en de hoeveelheid neerslag (mm) gedurende de gehele meetperiode voor iedere meetserie in 2013.

| Week     | Proef  | Wind ( $m s^{-1}$ ) | T ( $^{\circ}C$ ) | RV (%) | Neerslag (mm) |
|----------|--------|---------------------|-------------------|--------|---------------|
| 15A-2013 | 1 veen | 3,9                 | 8,2               | 82     | 0             |
| 15B-2013 | 2 veen | 5,0                 | 12,0              | 72     | 0             |
| 16A-2013 | 3 klei | 10,9                | 12,4              | 55     | 0             |
| 16B-2013 | 4 klei | 6,8                 | 8,7               | 59     | 0             |
| 24A-2013 | 5 veen | 4,3                 | 18,2              | 73     | 0             |
| 24B-2013 | 6 veen | 4,1                 | 16,1              | 60     | 0             |

Tabel 4. Gemiddelde windsnelheid ( $m s^{-1}$ ) op ca. 2 m hoogte, temperatuur ( $^{\circ}C$ ) en relatieve luchtvochtigheid (%) gedurende de eerste 9 uur na toedienen van de mest en de hoeveelheid neerslag (mm) gedurende de gehele meetperiode voor iedere meetserie in 2014.

| Week     | Proef  | Wind ( $m s^{-1}$ ) | T ( $^{\circ}C$ ) | RV (%) | Neerslag (mm) |
|----------|--------|---------------------|-------------------|--------|---------------|
| 11-2014  | 1 klei | 3,9                 | 8,2               | 82     | 0             |
| 12A-2014 | 2 klei | 5,0                 | 12,0              | 72     | 0             |
| 12B-2014 | 3 veen | 1,5                 | 4,5               | *      | 0             |
| 13-2014  | 4 veen | 1,6                 | 5,7               | *      | 0             |
| 17-2014  | 5 klei | 3,8                 | 21,4              | 61     | 0             |
| 18-2014  | 6 klei | 2,5                 | 16,4              | 73     | 0             |
| 20-2014  | 7 veen | 2,6                 | 17,6              | 45     | 0             |
| 21-2014  | 8 veen | 2,3                 | 24,0              | 51     | 0             |

\* door een technische storing zijn er geen data beschikbaar

## 3 Resultaten

### 3.1 Mestsamenstelling en mestgift

In Tabel 5 en 6 is de mestgift en de gemiddelde mestsamenstelling per proef en per proefveld gegeven voor 2013 en 2014. De beoogde mestgiften op de proefvelden konden niet in alle gevallen precies gerealiseerd worden met de praktijkmachines. De verdunningen waren in beide jaren goed gelukt. De relatieve gehalten bij de verdunningen (gehalte verdund/gehalte onverdund) waren in 2013 voor het NH<sub>4</sub>-N, N<sub>totaal</sub> en drogestof gehalte respectievelijk 50%, 50% en 48% (50% is 1 deel mest en 1 deel water) en in 2014 65%, 66% en 65% (66,6% is 2 delen mest en 1 deel water).

Tabel 5. Mestgift en samenstelling van de onverdunde en verdunde mest <sup>1)</sup> in 2013.

| Week           | Proefnummer en grondsoort | Verdunning  | Mestgift (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) | Mestgift (kg NH <sub>4</sub> -N ha <sup>-1</sup> ) | NH <sub>4</sub> -N (g kg <sup>-1</sup> ) | N <sub>totaal</sub> (g kg <sup>-1</sup> ) | Ds (%) | pH  |
|----------------|---------------------------|-------------|---|--|--|---|--------|-----|
| 15A-20131 veen |                           | Onverdund   | 24,3  | 46,9   | 1,93                                     | 4,08                                      | 8,8    | 7,1 |
|                |                           | Verdund 1:1 | 36,5  | 38,2   | 1,05                                     | 2,21                                      | 4,7    | 6,9 |
| 15B-20132 veen |                           | Onverdund   | 24,6  | 51,3   | 2,09                                     | 4,28                                      | 9,0    | 7,1 |
|                |                           | Verdund 1:1 | 53,8  | 51,6   | 0,96                                     | 1,96                                      | 3,8    | 7,0 |
| 16A-20133 klei |                           | Onverdund   | 23,4  | 49,8   | 2,13                                     | 4,42                                      | 8,6    | 7,1 |
|                |                           | Verdund 1:1 | 38,1  | 40,0   | 1,05                                     | 2,26                                      | 4,3    | 7,0 |
| 16B-20134 klei |                           | Onverdund   | 18,0  | 37,8   | 2,10                                     | 4,37                                      | 8,7    | 7,1 |
|                |                           | Verdund 1:1 | 37,0  | 39,3   | 1,06                                     | 2,24                                      | 4,5    | 7,2 |
| 24A-20135 veen |                           | Onverdund   | 20,2  | 30,7   | 1,52                                     | 3,27                                      | 7,3    | 6,7 |
|                |                           | Verdund 1:1 | 36,4  | 27,3   | 0,75                                     | 1,63                                      | 3,4    | 6,7 |
| 24B-20136 veen |                           | Onverdund   | 21,5  | 32,9   | 1,53                                     | 3,28                                      | 7,5    | 6,7 |
|                |                           | Verdund 1:1 | 36,6  | 27,5   | 0,75                                     | 1,61                                      | 3,4    | 6,7 |

<sup>1)</sup> resultaten mestanalyses zijn het gemiddelde van 2 mestmonsters genomen tijdens het uitrijden

Tabel 6. Mestgift en samenstelling van de onverdunde en verdunde mest <sup>1)</sup> in 2014.

| Week     | Proefnummer en grondsoort | Verdunning    | Mestgift (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) | Mestgift (kg NH <sub>4</sub> -N ha <sup>-1</sup> ) | NH <sub>4</sub> -N (g kg <sup>-1</sup> ) | N <sub>totaal</sub> (g kg <sup>-1</sup> ) | Ds (%) | pH  |
|----------|---------------------------|---------------|---|--|--|---|--------|-----|
| 11-2014  | 1 klei                    | onverdund     | 26,2  | 59   | 2,24                                     | 4,66                                      | 9,5    | 7,0 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 26,6  | 37   | 1,39                                     | 2,99                                      | 6,0    | 7,0 |
| 12A-2014 | 2 klei                    | onverdund     | 20,7  | 46   | 2,22                                     | 4,57                                      | 9,1    | 7,0 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 31,6  | 46   | 1,44                                     | 3,02                                      | 5,9    | 7,1 |
| 12B-2014 | 3 veen                    | onverdund     | 21,9  | 37   | 1,70                                     | 3,08                                      | 5,4    | 7,0 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 37,0  | 42   | 1,14                                     | 2,20                                      | 3,8    | 7,2 |
| 13-2014  | 4 veen                    | onverdund     | 21,2  | 34   | 1,62                                     | 2,99                                      | 5,2    | 7,1 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 35,0  | 37   | 1,06                                     | 2,00                                      | 3,5    | 7,2 |
| 17-2014  | 5 klei                    | onverdund     | 20,2  | 45   | 2,21                                     | 4,66                                      | 9,6    | 7,1 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 32,9  | 48   | 1,47                                     | 3,03                                      | 6,1    | 7,2 |
| 18-2014  | 6 klei                    | onverdund     | 19,0  | 42   | 2,22                                     | 4,64                                      | 9,4    | 7,0 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 31,9  | 47   | 1,48                                     | 3,02                                      | 5,8    | 7,3 |
| 20-2014  | 7 veen                    | onverdund     | 20,5  | 36   | 1,76                                     | 3,49                                      | 7,2    | 7,2 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 31,8  | 37   | 1,16                                     | 2,31                                      | 4,8    | 7,2 |
| 21-2014  | 8 veen                    | onverdund     | 18,4  | 31   | 1,71                                     | 3,45                                      | 7,2    | 7,2 |
|          |                           | verdund 1:0,5 | 27,0  | 29   | 1,09                                     | 2,21                                      | 4,5    | 7,3 |

<sup>1)</sup> resultaten mestanalyses zijn het gemiddelde van 2 mestmonsters genomen tijdens het uitrijden

## 3.2 Ammoniakemissie

Tijdens een meting werd gedurende ca. 48 uur, direct volgend op het tijdstip van de mesttoediening, de ammoniakemissie gemeten. In Tabel 7 staat de totaal gemeten ammoniakemissie voor de verschillende proefvelden per meettijdstip in 2013 weergegeven en in Figuur 4 staan de gemeten emissieverlopen voor de proeven in 2013. In Tabel 8 en Figuur 5 staan de resultaten van de metingen in 2014. 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 dag een duidelijk lagere emissie.

De ammoniakemissie was bij de toediening van de onverdunde mest in 2013 gemiddeld 36% en varieerde van 28 tot 46% van de toegediende ammoniumstikstof; bij de verdunning 1 deel mest : 1 deel water (1:1) was de gemiddelde ammoniakemissie 18% en varieerde van 9 tot 27%. De verdunning van 1:1 gaf een gemiddelde emissiereductie van ca. 51%.

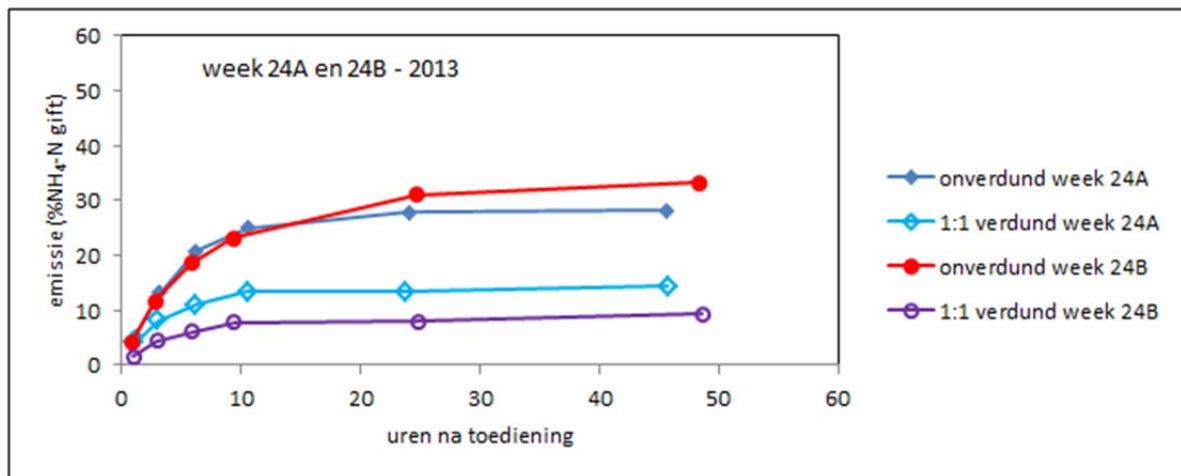
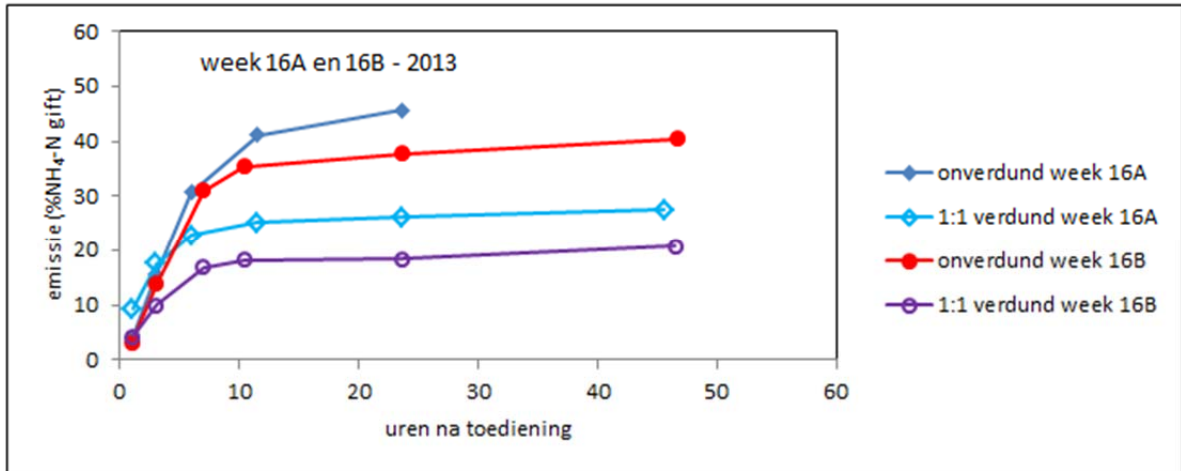
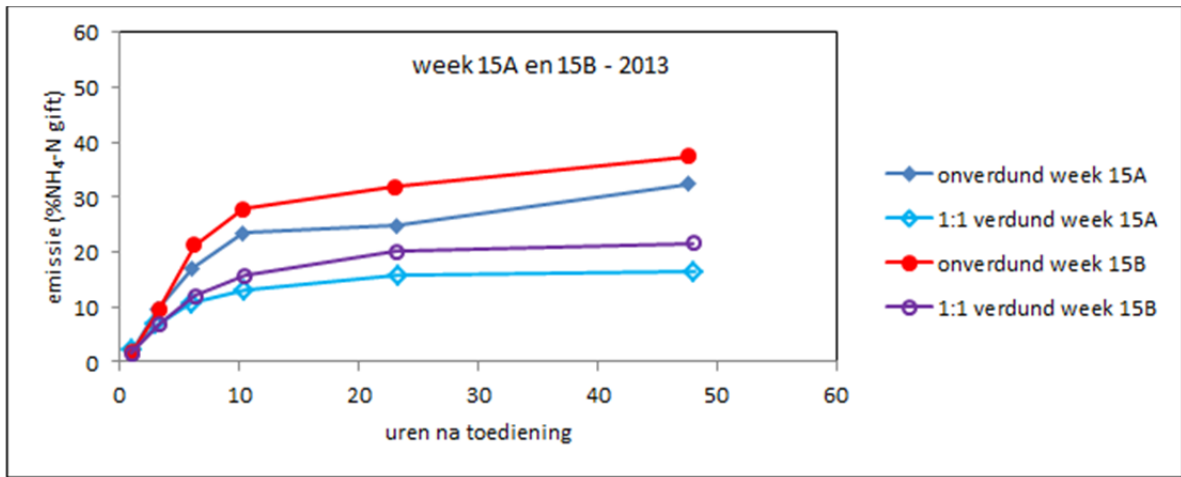
In 2014 was de gemiddelde ammoniakemissie bij de onverdunde mest 25% en varieerde van 8 tot 36% en bij de verdunning 1 deel mest : 0,5 deel water (1:0,5) was de gemiddelde ammoniakemissie 13% en varieerde van 4 tot 24%. De verdunning van 1 : 0,5 gaf daarmee een gemiddelde emissiereductie van ca. 44%.

*Tabel 7. Cumulatieve emissie over de periode tot ca. 48 uur na uitrijden van de mest als % van de opgebrachte ammoniumstikstof NH<sub>4</sub>-N en de emissiereductie die bereikt wordt bij 1:1 verdunning van de mest ten opzichte van onverdunde mest (2013).*

| Week     | Proefnummer en grondsoort | Verdunning  | Ammoniakemissie (% NH <sub>4</sub> -N gift) | Emissiereductie onverdund <sup>1)</sup> |
|----------|---------------------------|-------------|---|---|
| 15A-2013 | 1 veen                    | Onverdund   | 32,5  |   |
|          |                           | Verdund 1:1 | 16,4  | 50                                      |
| 15B-2013 | 2 veen                    | Onverdund   | 37,4  |   |
|          |                           | Verdund 1:1 | 21,7  | 42                                      |
| 16A-2013 | 3 klei                    | Onverdund   | 45,8 <sup>2)</sup>                          |   |
|          |                           | Verdund 1:1 | 27,4  | 43 <sup>2)</sup>                        |
| 16B-2013 | 4 klei                    | Onverdund   | 40,5  |   |
|          |                           | Verdund 1:1 | 20,7  | 49                                      |
| 24A-2013 | 5 veen                    | Onverdund   | 28,1  |   |
|          |                           | Verdund 1:1 | 14,4  | 49                                      |
| 24B-2013 | 6 veen                    | Onverdund   | 33,3  |   |
|          |                           | Verdund 1:1 | 9,4   | 72                                      |

<sup>1)</sup> berekend door de gemeten emissie bij toediening verdunde mest te vergelijken met de gemeten emissie bij toediening onverdunde mest in de betreffende meting

<sup>2)</sup> proef meting onverdunde mest eerder gestopt



Figuur 4. Verloop cumulatieve ammoniakemissie na mesttoediening met de sleepvoetenmachine met onverdunde en 1:1 verdunde rundermest (2013). In week 16A is de meting van het veld met onverdunde mest eerder gestopt.

Tabel 8. Cumulatieve emissie over de periode tot ca. 48 uur na uitrijden van de mest als % van de opgebrachte ammoniumstikstof NH<sub>4</sub>-N en de emissiereductie die bereikt wordt bij 1:0,5 verdunning van de mest ten opzichte van onverdunde mest (2014).

| Week     | Proefnummer en locatie | Verdunning    | Ammoniakemissie (% NH <sub>4</sub> -N gift) | Emissiereductie onverdund <sup>1)</sup> |
|----------|------------------------|---------------|---|---|
| 11-2014  | 1 klei                 | Onverdund     | 35,4  |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 18,3  | 48                                      |
| 12A-2014 | 2 klei                 | Onverdund     | 34,5  |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 17,9  | 48                                      |
| 12B-2014 | 3 veen                 | Onverdund     | 8,3   |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 8,2   | 1                                       |
| 13-2014  | 4 veen                 | Onverdund     | 9,8 <sup>2)</sup>                           |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 4,2 <sup>2)</sup>                           | 57                                      |
| 17-2014  | 5 klei                 | Onverdund     | 36,3  |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 11,9  | 67                                      |
| 18-2014  | 6 klei                 | Onverdund     | 16,3  |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 6,2   | 62                                      |
| 20-2014  | 7 veen                 | Onverdund     | 28,1 <sup>3)</sup>                          |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 16,8 <sup>3)</sup>                          | 40                                      |
| 21-2014  | 8 veen                 | Onverdund     | 31,9 <sup>4)</sup>                          |   |
|          |                        | Verdund 1:0,5 | 24,0 <sup>4)</sup>                          | 25                                      |

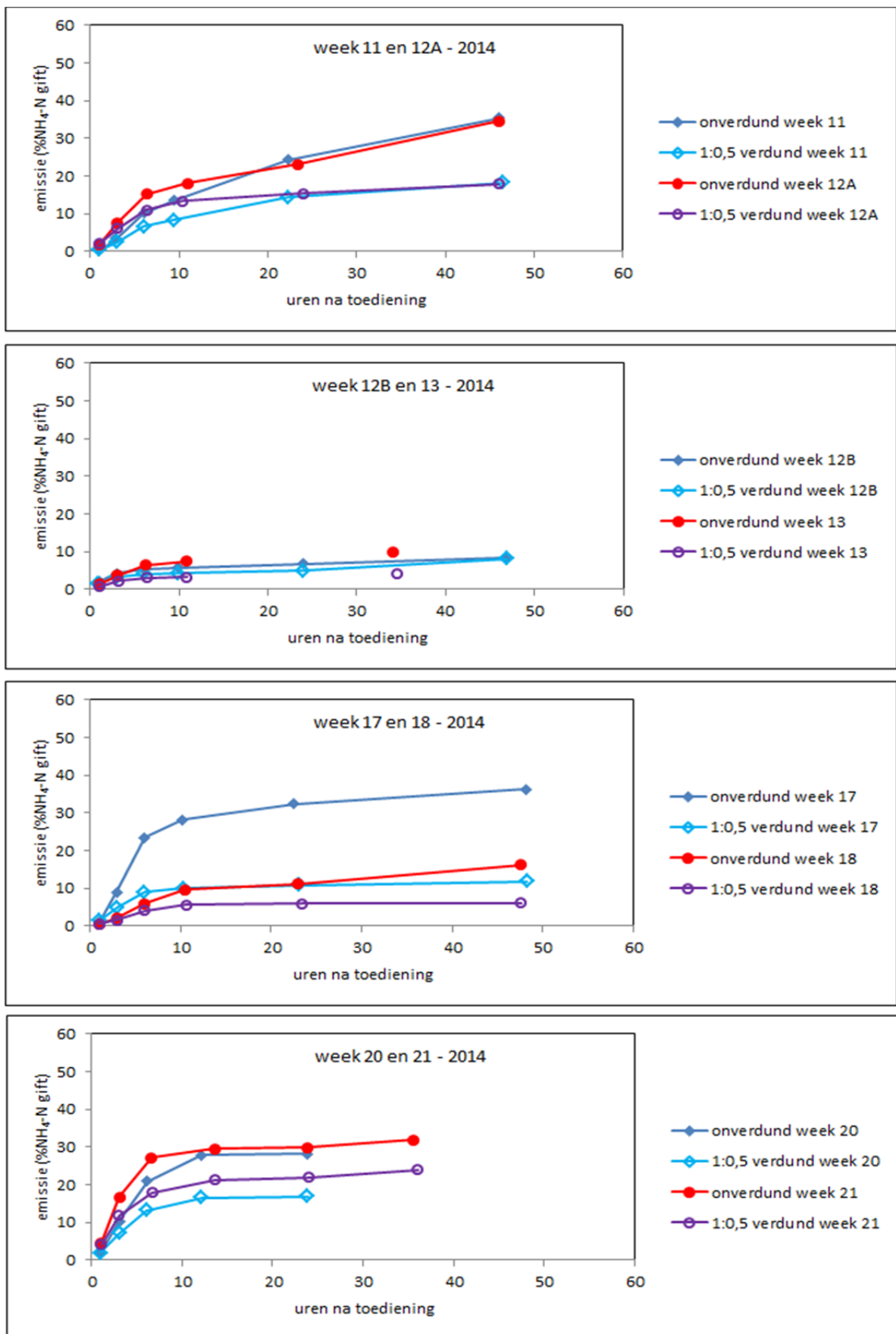
<sup>1)</sup> berekend door de gemeten emissie bij toediening verdunde mest te vergelijken met de gemeten emissie bij toediening onverdunde mest in de betreffende meting

<sup>2)</sup> geen meting uitgevoerd in beide nachten na uitrijden vanwege verwachte nachtvorst

<sup>3)</sup> proef eerder gestopt vanwege stroomstoring tijdens tweede meetdag

<sup>4)</sup> proef eerder gestopt vanwege verwachte hevige regenval en onweer





Figuur 5. Verloop cumulatieve ammoniakemissie na mesttoediening met de sleepvoeten-machine met onverdunde en 1:0,5 verdunde rundermest (2014). In week 13 geen meting uitgevoerd in beide nachten vanwege verwachte nachtvorst. In week 20 meting eerder gestopt vanwege een stroomstoring en in week 21 verwachte grote hoeveelheid neerslag en onweer.

---

## 4 Discussie

Voor het uitrijden van de verdunde en onverdunde mest is eenzelfde type machine toegepast om zo eventuele effecten als gevolg van de toedieningsmethode zo veel mogelijk uit te sluiten. De gebruikte machines hebben de mest in stroken op de grond zoveel mogelijk tussen het gras toegediend. De uitvoering van de metingen verliep volgens de vooraf bepaalde meet-strategie. Ook in deze metingen vindt de piek in de emissie plaats in de eerste uren na toediening, zoals dit ook in andere emissie-onderzoeken met dierlijke mest is aangetoond (Huijsmans et al., 2001 en 2003). Meestal wordt de emissie gedurende een langere periode gemeten (circa 96 uur). In het voorliggende onderzoek is bewust gekozen voor een kortere meetperiode en meer herhalingen van de metingen in de tijd. Het grootste aandeel van de emissie vindt het eerste etmaal plaats, waardoor er bij de gekozen meetperiode van 48 uur (twee etmalen) de meeste emissie wordt gemeten. Daarentegen konden door meer herhalingen van de metingen in de tijd uit te voeren (per tweetal metingen kort na elkaar) meer omstandigheden van bodem en weer in het onderzoek betrokken worden.

Elke proef moet gezien worden als één meting. Verschillende proeven 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 verschillen in de gemeten ammoniakemissie 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. Zo was de gemiddelde emissie van de onverdunde mest in 2013 én 2014 bij de proeven op de locatie met kleigrond hoger dan bij de proeven op de locatie op veengrond. Dit gold ook voor de verdunde mest in 2013; in 2014 was de gemiddelde emissie bij de verdunde mest voor beide locaties gelijkwaardig. De verschillen in de gemiddelde emissie tussen de klei- en veenlocatie kunnen naast de grondsoort echter ook afhangen van de weersomstandigheden tijdens de metingen of een verschil in de mestsamenstelling op beide locaties.

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 stroken op de grond (sleepvoetenmachine) een ammoniakemissie gevonden van gemiddeld 26% van de opgebrachte ammoniumstikstof ( $n=29$ ; 9 tot 52%; Huijsmans & Schils, 2009). In het huidige onderzoek was de ammoniakemissie over 2013 en 2014 samen gemiddeld 30% ( $n=14$ ; 8 tot 46%) en daarmee gemiddeld hoger dan hetgeen in het verleden gemeten is. De gemeten gemiddeld hogere ammoniakemissie in dit onderzoek is mogelijk te verklaren door weers- en bodemomstandigheden, toedieningsmethode en eventuele andere factoren die een rol hebben gespeeld.

In het uitgevoerde onderzoek is in 2013 en in 2014 gekozen voor een vaste verdunningsfactor gedurende alle metingen in dat jaar om zo voor de omstandigheden waaronder gemeten is een gemiddeld effect van de gekozen verdunningsfactor te kunnen bepalen. Voor de vergelijking met onverdunde mest is er wel voor gekozen om bij de onverdunde en verdunde mest een gelijke mestgift (kg N) te realiseren. Bij de verdunde mest werd dus een groter volume ( $m^3 ha^{-1}$ ) toegepast om tot een gelijke mestgift (kg N) te komen. Dit leidde niet tot een verhoging van de emissie.

Bij de presentatie van resultaten wordt vaak bij de vergelijking van emissies (in dit onderzoek verdund ten opzichte van niet verdund) een gemiddelde emissiereductie berekend. Het is echter beter om te kijken naar de hoogte van de absolute emissies. Met name bij lage emissie kunnen kleine verschillen in de hoogte van de emissie leiden tot getalsmatig grote emissiereducties, terwijl de absolute emissies

---

van een vergelijkbaar laag niveau zijn. Een mooi voorbeeld hiervan zijn de resultaten van proef 3 en 4 in 2014. De gemeten emissies zijn op een vergelijkbaar laag niveau zowel bij verdund als niet verdund (Tabel 8) echter de kleine verschillen geven getalsmatig wel een grote spreiding in de emissiereducties 2% ten opzichte van 57%.

---

## 5 Conclusies en aanbevelingen

In het voorliggend onderzoek is de emissie vergeleken bij toediening van onverdunde en verdunde mest, beide toegediend met een sleepvoetenmachine op grasland op veen- en kleigrond. De ammoniakemissie was bij de toediening van de onverdunde mest in 2013 gemiddeld 36% en varieerde van 28 tot 46% van de toegediende ammoniumstikstof. Bij de verdunning 1 deel mest : 1 deel water (1:1) in dat jaar was de gemiddelde ammoniakemissie 18% en varieerde van 9 tot 27%. De verdunning van 1 : 1 gaf een gemiddelde emissiereductie van ca. 51%.

In 2014 was de gemiddelde ammoniakemissie bij de onverdunde mest 25% en varieerde van 8 tot 36% en bij de verdunning 1 deel mest : 0,5 deel water (1:0,5) was de gemiddelde ammoniakemissie 13% en varieerde van 4 tot 24%. De verdunning van 1 : 0,5 gaf daarmee een gemiddelde emissiereductie van ca. 44%.

De gemeten ammoniakemissie van de onverdunde mest was gemiddeld over 2013 en 2014 samen 30% en daarmee gemiddeld hoger dan het gemiddelde van metingen in het verleden. Dit is mogelijk te verklaren door weers- en bodemomstandigheden, mestsamenstelling, toedieningsmethode en eventuele andere factoren die een rol hebben gespeeld. Om hier een beter zicht op te krijgen is een verdere statistische analyse naar invloedsfactoren noodzakelijk.

In het onderzoek is uitgegaan van een vaste verdunningsfactor voor het betreffende meetjaar. Aangetoond is dat het verdunnen in beide jaren met een verschillende verdunningsfactor een duidelijke emissiereductie kan geven. Door de keuze van een vaste verdunningsfactor in het onderzoek is het niet mogelijk verschillende verdunningsfactoren onderling te vergelijken en een optimale verdunning te bepalen. De optimale verdunning wordt dan mede bepaald door de behaalde emissie en bedrijfseconomische aspecten. Hiertoe zouden meerdere verdunningsfactoren onderling vergeleken moeten worden onder dezelfde omstandigheden.

---

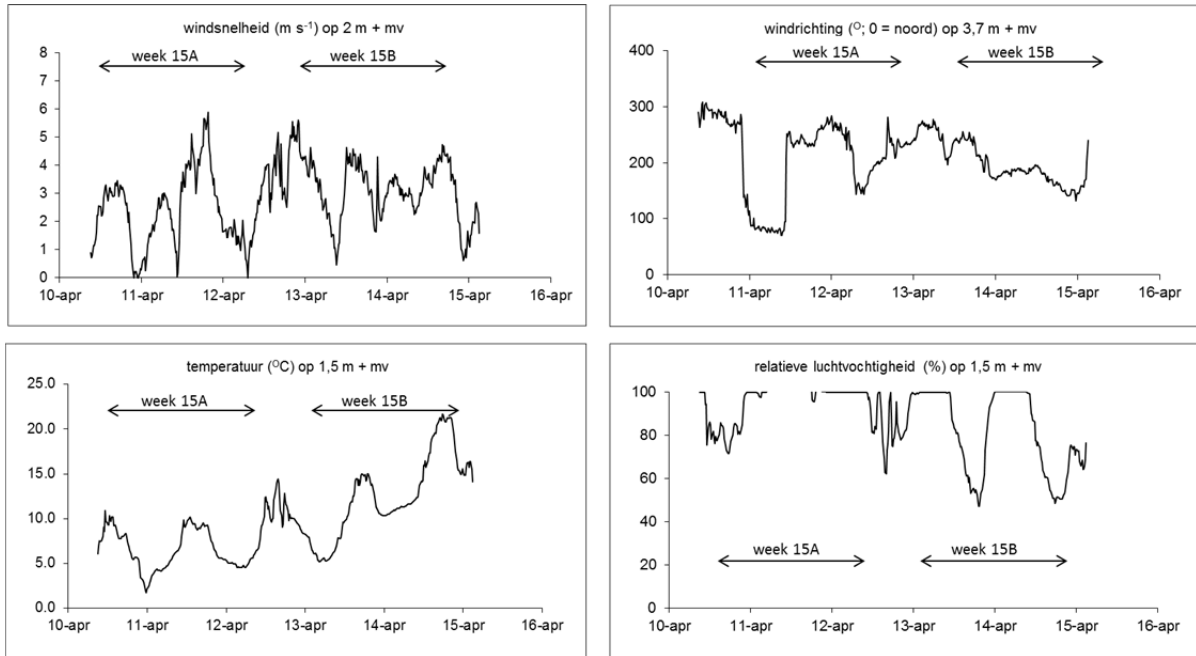
# Literatuur

- 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 & 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.
- Ryden, J.C. and McNeill, J.E., 1984. Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 1297-1310.
- Schooten, H.A., K.M. van Houwelingen en J.F.M. Huijsmans, 2015. Effect van alternatieve mestaanwendingsmethoden op mestbenutting door gras. Resultaten van twee oriënterende veldproeven. *Livestock Research*, Wageningen UR, Wageningen, rapport 912, 39 pp.

# Bijlage 1 Weersomstandigheden tijdens de metingen

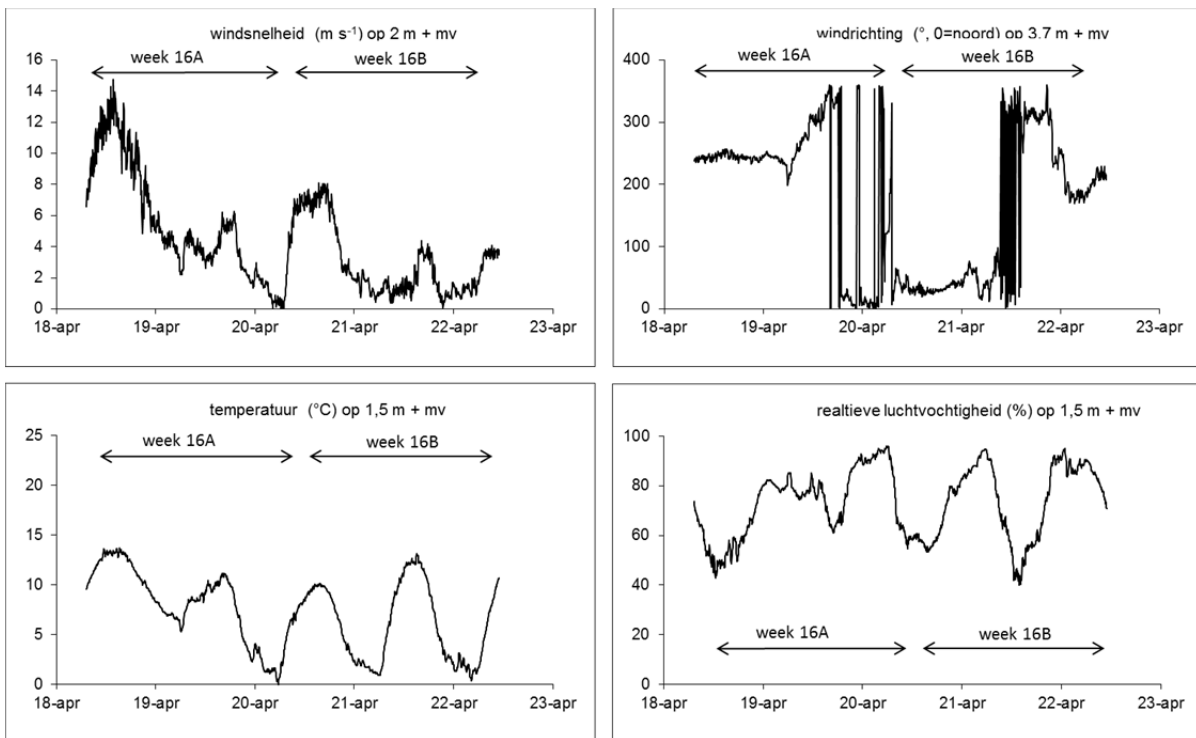
Weersomstandigheden week 15A en 15B-2013 (10-04-2013/15-04-2013).

Er was gedurende de meetperioden geen neerslag.



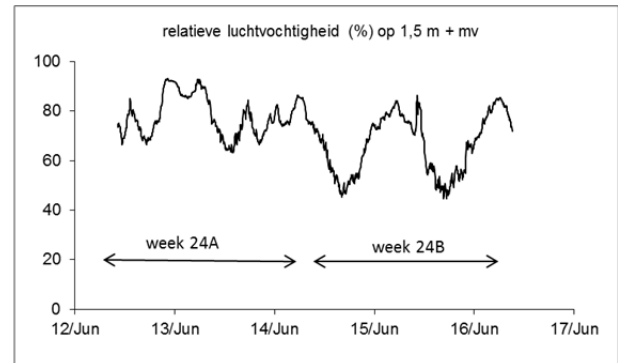
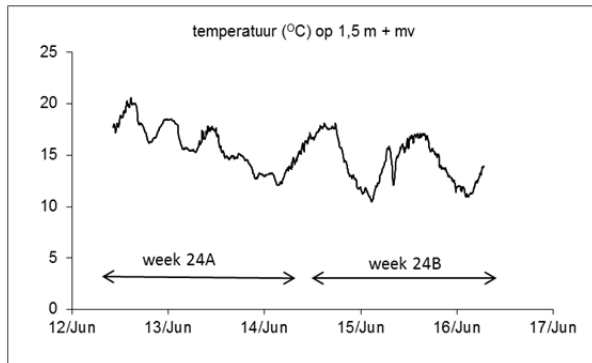
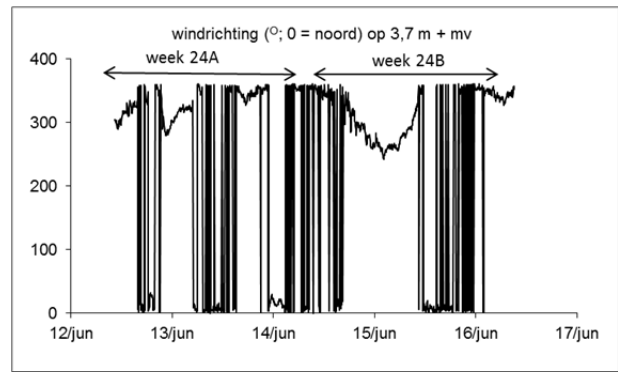
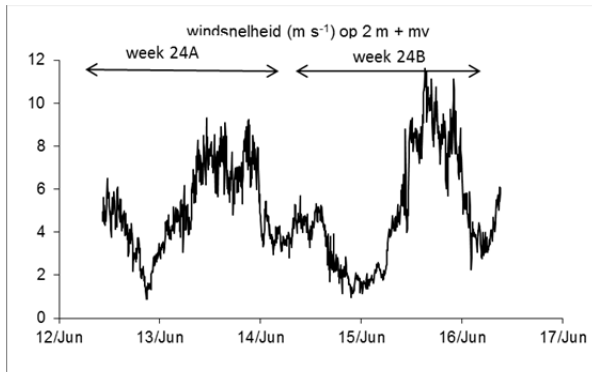
Weersomstandigheden week 16A en 16B-2013 (18-04-2013/22-04-2013).

Er was gedurende de meetperioden geen neerslag.



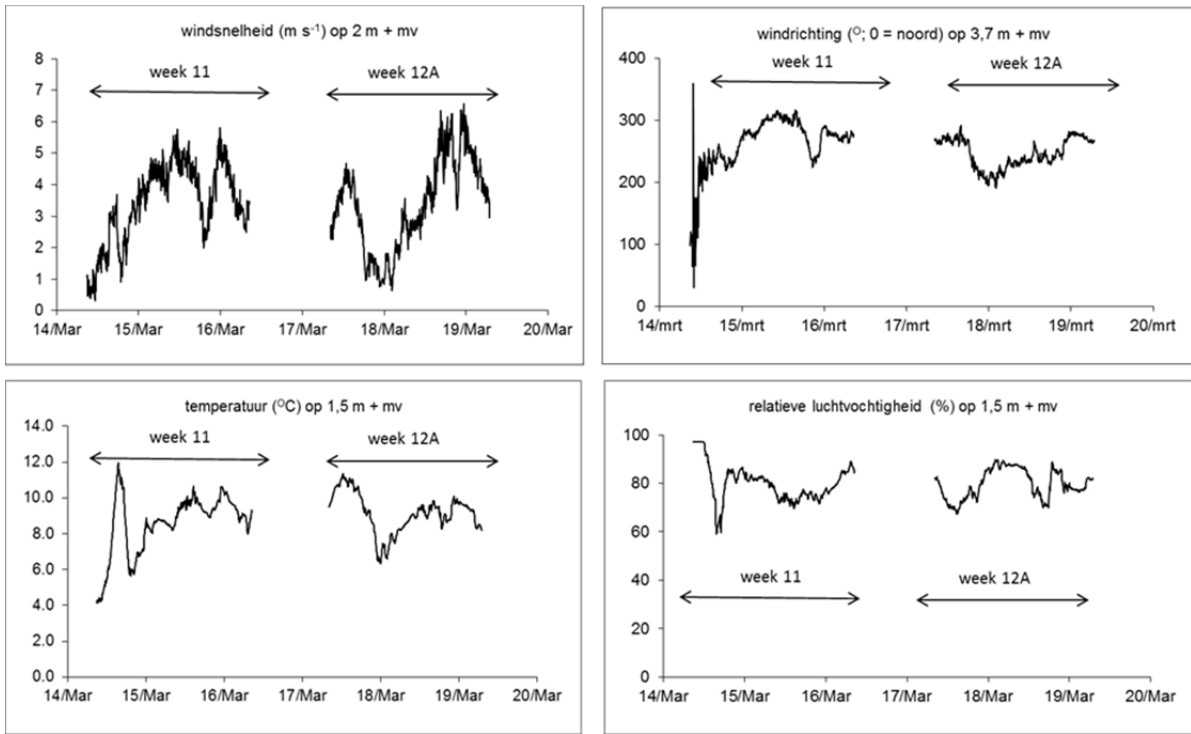
Weersomstandigheden week 24A en 24B-2013 (12-06-2013/16-06-2013).

Er was gedurende de meetperioden geen neerslag.



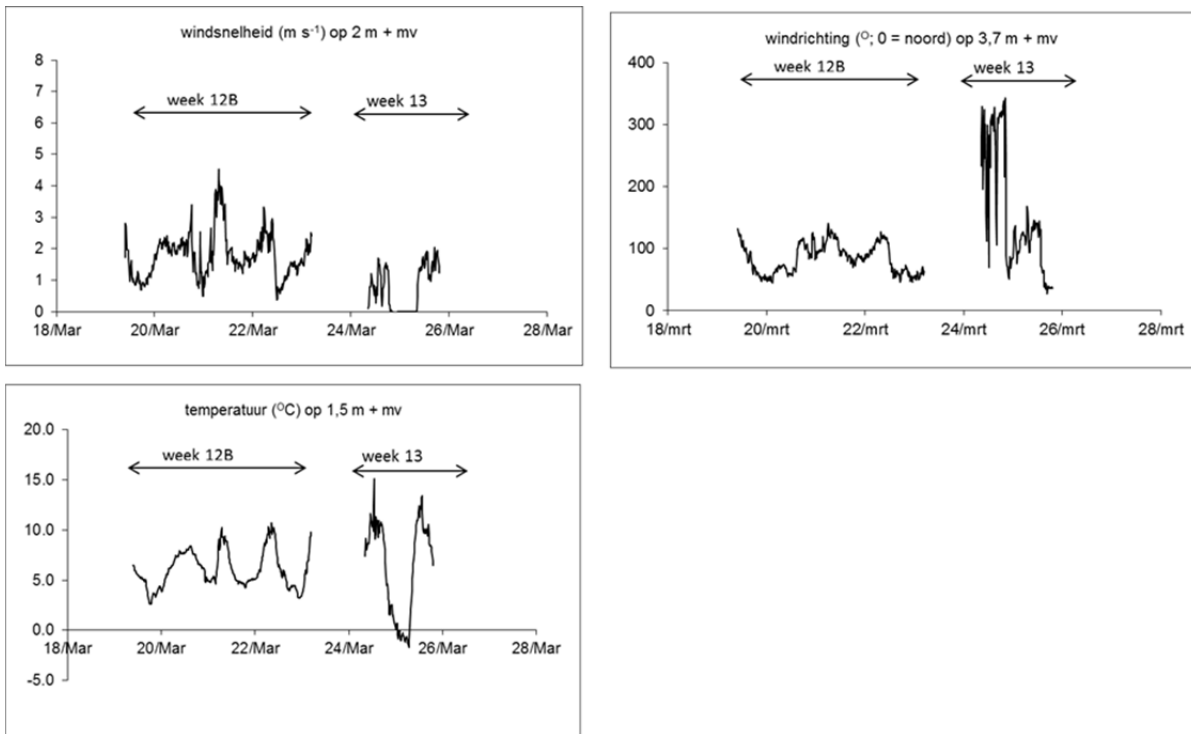
Weersomstandigheden week 11 en 12A-2014 (14-03-2014/19-03-2014).

Er was gedurende de meetperioden geen neerslag.



Weersomstandigheden week 12B en 13-2014 (19-03-2014/26-03-2014).

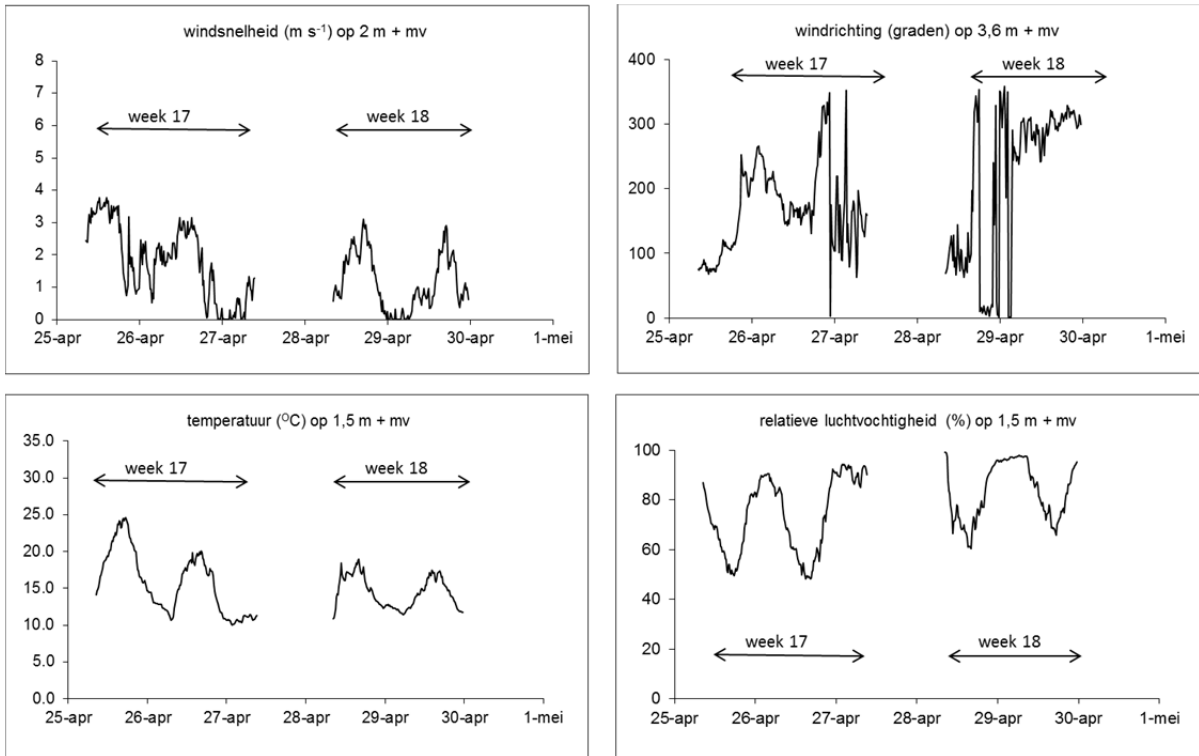
Er was gedurende deze week geen neerslag. Door een technische storing zijn er geen gegevens van de relatieve luchtvochtigheid beschikbaar.





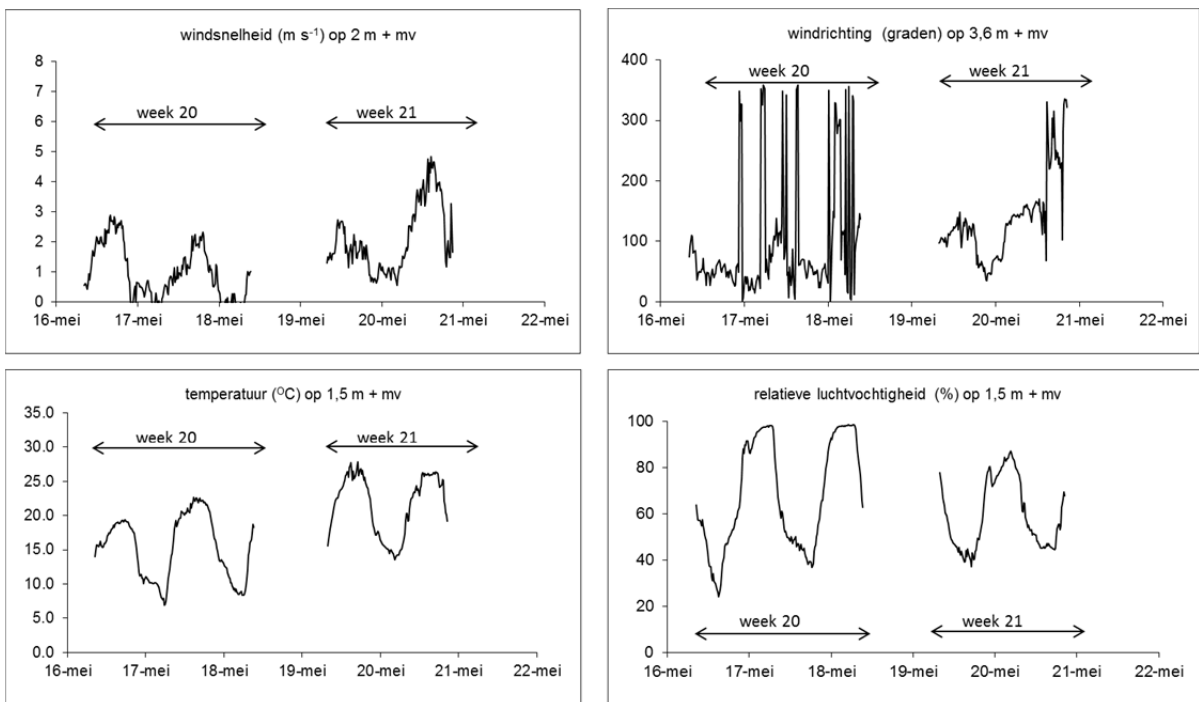
Weersomstandigheden week 17 en 18-2014 (25-04-2014/30-04-2014).

Er was gedurende deze week geen neerslag.



Weersomstandigheden week 20 en 21-2014 (16-05-2014/20-05-2014).

Er was gedurende deze week geen neerslag.





---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wageningenUR.nl](http://www.wageningenUR.nl)

PRI-rapport 633



---

Bij Wageningen UR proberen plantonderzoekers de eigenschappen van planten te benutten om problemen op het gebied van voedsel, grondstoffen en energie op te lossen. Zo worden onze kennis van planten en onze moderne voorzieningen ingezet om de kwaliteit van leven in het algemeen en de innovatiekracht van onze opdrachtgevers in het bijzonder te vergroten.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wageningenUR.nl](http://www.wageningenUR.nl)

PRI-rapport 633

---

Bij Wageningen UR proberen plantonderzoekers de eigenschappen van planten te benutten om problemen op het gebied van voedsel, grondstoffen en energie op te lossen. Zo worden onze kennis van planten en onze moderne voorzieningen ingezet om de kwaliteit van leven in het algemeen en de innovatiekracht van onze opdrachtgevers in het bijzonder te vergroten.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

