

Stikstofwerking van mineralenconcentraten

Stikstofwerkingscoëfficiënten en verliezen door denitrificatie en
stikstofimmobilisatie bepaald onder gecontroleerde omstandigheden

Alterra-rapport 2314
ISSN 1566-7197

P.A.I. Ehlert, J. Nelemans en G.L. Velthof

Stikstofwerking van mineralenconcentraten

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van onderzoek voor het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Projectcode BO-12.12-003-007

Stikstofwerking van mineralenconcentraten

Stikstofwerkingscoëfficiënten en verliezen door denitrificatie en stikstofimmobilisatie bepaald onder gecontroleerde omstandigheden

Phillip Ehlert, Jaap Nelemans en Gerard Velthof

Alterra-rapport 2314

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2012

Referaat

Ehler, P.A.I., J. Nelemans en G.L. Velthof, 2012. *Stikstofwerking van mineralenconcentraten. Stikstofwerkingscoëfficiënten en verliezen door denitrificatie en stikstofimmobilisatie bepaald onder gecontroleerde omstandigheden*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2314. 98 blz.; 12 fig.; 14 tab.; 21 ref.

Vervaardiging van mineralenconcentraten uit de dunne fractie van dierlijke mest met omgekeerde osmose biedt perspectief om stikstof uit mest beter te benutten. In veldonderzoek werd vastgesteld dat de stikstofwerkingscoëfficiënt van mineralenconcentraten lager is dan 100% ten opzichte van kalkammonsalpeter.

Mogelijke oorzaken voor deze lagere werking werden onderzocht. Onder geconditioneerde omstandigheden van potproeven en incubatieproeven blijken mineralenconcentraten de werking van kalkammonsalpeter te kunnen benaderen; stikstofwerkingscoëfficiënten ten opzichte van kalkammonsalpeter van 78-98% werden vastgesteld met gras en snijbiet als testgewas. Mineralenconcentraten hebben een hogere stikstofwerkingscoëfficiënt dan onbewerkte varkensdrijfmest die ten opzichte van kalkammonsalpeter 64-77% werking vertoonde. Mineralenconcentraten bevatten naast ammoniumstikstof en kalium ook organische stof en organisch gebonden stikstof. De aanwezigheid van organische stof en organische stikstof verlaagt de stikstofwerking. Bij zandgrond werden hogere werkingscoëfficiënten vastgesteld dan op kleigrond. Gras benut stikstof uit mineralenconcentraten efficiënter dan snijbiet. Mineralenconcentraten blijken onder strikt anaerobe omstandigheden de denitrificatie sterk te verhogen. Stikstofimmobilisatie is geen duidelijk aanwijsbare oorzaak voor een lagere werkingscoëfficiënt. Denitrificatie en het aandeel organisch gebonden stikstof zijn belangrijke factoren die de stikstofwerkingscoëfficiënt bepalen.

Trefwoorden: mineralenconcentraten, varkensdrijfmest, omgekeerde osmose, kalkammonsalpeter, vloeibare stikstofmeststof, ammoniumnitraat, ammoniumsulfaat, ureum, ammoniumchloride, Engels raaigras, snijbiet, zandgrond, kleigrond, stikstofwerkingscoëfficiënt, stikstofefficiëntie.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2012 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2314

Wageningen, juli 2012

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Ammoniumvorm	11
1.2 Denitrificatie	12
1.3 Immobilisatie	14
1.4 Projectdoelstelling	15
2 Materiaal en methoden	17
2.1 Potproeven	17
2.1.1 Algemeen	17
2.1.2 Potproeftechniek	17
2.1.3 Grond	18
2.1.4 Meststoffen	18
2.1.5 Potproef met gras	21
2.1.6 Potproef met snijbiet	23
2.1.7 Grond- en gewasonderzoek	27
2.1.8 Meststofonderzoek	27
2.1.9 Berekeningen	27
2.1.10 Statistische analyse	29
2.2 Incubatieproef denitrificatie	30
2.3 Incubatieproef immobilisatie	31
3 Stikstofwerkingscoëfficiënten	33
3.1 Gras	33
3.1.1 Drogestof	34
3.1.2 Stikstofopname	36
3.1.3 Werkingscoëfficiënten	40
3.1.4 pH-CaCl ₂ en N-min-voorraad na de vierde oogst	42
3.2 Snijbiet	42
3.2.1 Drogestofproductie	43
3.2.2 Stikstofopname	45
3.2.3 Werkingscoëfficiënten	45
3.3 Conclusies	49
4 Denitrificatie en immobilisatie	51
4.1 Denitrificatie	51
4.1.1 Resultaat incubatieproef	51
4.1.2 Conclusies	53
4.2 Stikstofimmobilisatie	54
4.2.1 Resultaat van de incubatieproef	54
4.2.2 Conclusies	58

5	Algemene beschouwingen en conclusies	61
5.1	Beschouwingen	61
5.2	Samenvattende conclusies	64
	Literatuur	65
	Bijlage 1 Journaal gras	67
	Bijlage 2 Journaal snijbiet	69
	Bijlage 3 Meetgegevens potproef gras	71
	Bijlage 4 Meetgegevens potproef snijbiet	83
	Bijlage 5 Meetgegevens DEA	89
	Bijlage 6 Meetgegevens immobilisatie	91

Samenvatting

Mineralenconcentraten zijn producten van bewerking van de dunne fractie van gescheiden dierlijke mest met omgekeerde osmose. Mineralenconcentraten zijn kalium- en stikstofhoudende oplossingen en hebben als zodanig een perspectief om als kunstmestvervanger te worden toegepast. Een aandachtspunt hierbij is dat mineralenconcentraten als kunstmestvervangers nu nog als dierlijke mest worden aangeduid en daardoor ressorteren onder de wettelijke bepalingen voor dierlijke mest. Nederland heeft van de Europese Commissie toestemming gekregen om gedurende drie jaar (2009, 2010 en 2011) de landbouwkundige, economische en milieukundige aspecten te onderzoeken van de productie en het gebruik van mineralenconcentraten in een grootschalige pilot. Dit onderzoek is verlengd tot eind 2013. Hierdoor kunnen de mineralenconcentraten als kunstmest boven de gebruiksnorm van dierlijke mest worden toegepast, maar binnen de totale stikstofgebruiksnorm in het kader van de Nitraatrichtlijn. Als mineralenconcentraten als kunstmest aangemerkt mogen blijven worden, dan is dat een bijdrage aan de noodzakelijke verlaging van het overschot aan dierlijke mest.

In 2009 en 2010 werden mineralenconcentraten in veldproeven onderzocht op hun stikstofwerking. De mate van de werking van stikstof werd daarbij uitgedrukt in een stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC). Een NWC geeft aan welk deel van het totale stikstofgehalte eenzelfde werking heeft als die van kunstmeststikstof (kalkammonsalpeter). De NWC's van mineralenconcentraten bleken lager te zijn dan op basis van hun samenstelling werd verwacht. Dit is toegeschreven aan vier mogelijke oorzaken. Deze zijn:

- de ammoniumvorm van de meststof,
- een verhoogde ammoniakvervluchtiging,
- een verhoogde denitrificatie en
- een verhoogde immobilisatie.

In het onderzoek uit dit rapport werd nagegaan of de ammoniumvorm, denitrificatie en/of immobilisatie verantwoordelijk zijn voor een lagere NWC. Daartoe werden potproeven uitgevoerd met Engels raaigras (*Lolium perenne L.*, BG-3) en snijbiet (*Beta vulgaris L. var. Vulgaris*, 'groene snijbiet') en incubatieproeven. Gras is in staat om ammoniumstikstof te assimileren, snijbiet prefereert nitraatstikstof. In de potproeven werd de werking van korrelvormige kalkammonsalpeter (KAS) en vloeibare kunstmeststoffen ammoniumnitraat (AMN), ammoniumsulfaat (AMS), ammoniumchloride (AMC) en ureum (UR) vergeleken met twee mineralenconcentraten (MC1 en MC2) en de varkensdrijmest (VDM) waaruit MC1 geproduceerd werd.

De potproeven wijzen uit dat gras verschilt van snijbiet in de mate en mogelijkheden om ammoniumstikstof te benutten voor drogestofproductie en stikstofopname. Dit verschil hangt af van de grondsoort.

Vloeibare stikstofmeststoffen geven bij gras lagere waarden voor NWC dan KAS met uitzondering van vloeibaar AMS die een hogere waarde geeft. Op zandgrond worden hogere waarden bij de vloeibare stikstofmeststoffen vastgesteld in vergelijking tot die voor kleigrond. MC1 heeft een met de vloeibare stikstofmeststoffen vergelijkbare NWC, de NWC van MC2 en VDM is lager.

Bij snijbiet op kleigrond geven AMN en AMS een hogere NWC dan KAS, bij zandgrond is de NWC van AMC hoger dan van KAS. Overige meststoffen geven op zand- en kleigrond lagere NWC's. MC1 met een lager gehalte aan organisch gebonden stikstof en organische stof vergeleken met MC2 heeft een NWC die vergelijkbaar is met die van vloeibare kunstmeststoffen bij gras. MC2 met een hoger gehalte aan organisch gebonden stikstof en organische stof heeft een lagere waarde voor de NWC. VDM geeft de laagste waarden (tabel I). Bij kleigrond met snijbiet worden lagere waarden vastgesteld bij de minerale concentraten in vergelijking met de kunstmeststoffen, bij zandgrond is het verschil gering. In het algemeen is de werking van MC1 vergelijkbaar

met die van de vloeibare kunstmeststoffen. MC2 en VDM blijven achter. Gras heeft stikstof efficiënter benut dan snijbiet.

Tabel 1.

NWC's voor gras en snijbiet voor KAS, vloeibare stikstofkunstmeststoffen (AMN, AMS, AMC, UR), mineralenconcentraten (MC1, MC2) en VDM bij breedwerpige korrelvormige toediening (GS) en bij plaatsing in een sleuf (MS).

Behandeling	Gras		Snijbiet	
	Kleigrond	Zandgrond	Kleigrond	Zandgrond
KAS-GS	100	100	100	100
KAS-MS	94	94	*	*
AMN-MS	92	98	115	99
AMS-MS	101	109	112	97
AMC-MS	92	93	92	102
UR-MS	94	98	90	95
MC1-MS	91	98	78	93
MC2-MS	79	81	82	92
VDM-MS	75	72	64	77

Door de aanwezigheid van organische stof in een mineralenconcentraat kan de denitrificatie van nitraat die al in de bodem aanwezig is, tijdelijk worden verhoogd, waardoor de initiële voorraad aan stikstof wordt verlaagd. Het gewas beschikt daardoor over minder stikstof dan bij de referentiemeststof.

In een incubatieproef werd door meting de denitrificatiesnelheid (DEA) onder strikt anaerobe omstandigheden bepaald. Mineralenconcentraten blijken onder deze omstandigheden DEA fors te kunnen verhogen. Een hoger aandeel aan vluchtige vetzuren in de organische stof verhoogt DEA.

Mineralenconcentraten kunnen mogelijk de immobilisatie van stikstof verhogen waardoor opnieuw de gewasbeschikbare hoeveelheid stikstof wordt verlaagd. Dit werd in een incubatieproef onderzocht. Bij bouwland op klei- en zandgrond en in kleigrasland werd geen stikstofimmobilisatie waargenomen. Bij zandgrasland werd bij MC2 en KAS direct na toediening minder stikstof teruggevonden dan was toegediend. Het effect is echter klein waardoor geconcludeerd wordt dat stikstofimmobilisatie niet een verklaring geeft voor de in de veldsituatie vastgestelde lagere stikstofwerkingscoëfficiënten van mineralenconcentraten.

Het onderzoek wijst uit dat de ammoniumvorm van stikstof en denitrificatie van bodemstikstof belangrijke factoren zijn bij de verklaring van de lage werkingscoëfficiënt van stikstof uit mineralenconcentraten.

Stikstofimmobilisatie is een minder belangrijke factor.

1 Inleiding

Verwerking van dierlijke mest wordt, naast voermaatregelen en export van mest, gezien als mogelijkheid om de druk op de mestmarkt in Nederland te verlichten (CDM, 2008). Een van de mogelijkheden is dat mest wordt gescheiden en dat het mineralenconcentraat, dat gemaakt wordt via omgekeerde osmose (OO) van de dunne fractie, gebruikt wordt als kunstmestvervanger.

Het mineralenconcentraat is een met industrieel proces vervaardigde meststof conform de definitie van kunstmest in de Nitraatrichtlijn. Het is te verwachten dat het concentraat andere kenmerken heeft dan dierlijke mest. Maar tegelijk valt het concentraat ook onder de definitie van dierlijke mest uit de Nitraatrichtlijn, zelfs na bewerking. En daarmee blijft gebruik ervan beperkt door de gebruiksnormen voor dierlijke mest.

Het landbouwbedrijfsleven, het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en het ministerie van Infrastructuur en Milieu hebben gedurende 2009 en 2010, met instemming van de Europese Commissie, de landbouwkundige, economische en milieukundige effecten van de productie en gebruik van het mineralenconcentraat ter vervanging van kunstmest onderzocht. Dit past in het streven om tot een verantwoorde afzet van dierlijke meststoffen te komen en het past in het streven om mineralenkringlopen verder te sluiten. De gegevens uit het onderzoek dienen voor het overleg met de Europese Commissie over een eventuele permanente voorziening van gebruik van het mineralenconcentraat als kunstmestvervanger. Dit betekent dat mineralenconcentraat dan bovenop de gebruiksnorm voor dierlijke mest maar binnen de totale gebruiksnorm voor stikstof kan worden toegepast.

Aan de Pilot nemen acht producenten (pilots) deel en honderden gebruikers. Elke producent beheert een installatie waarmee mineralenconcentraat wordt geproduceerd. De gebruikers zijn akkerbouwers en veehouders die het mineralenconcentraat als meststof gebruiken. De gegevens uit het onderzoek dienen ook voor het opstellen van technische dossiers van het concentraat. Dit technische dossier wordt gebruikt voor toetsing van de mineralenconcentraten aan de Europese regelgeving voor minerale meststoffen (EG-meststof) en de nationale regelgeving door toetsing aan het Protocol 'Beoordeling stoffen Meststoffenwet' (Van Dijk et al., 2009).

Gedurende 2009 en 2010 zijn in het kader van de pilots de volgende studies uitgevoerd:

- Monitoring van de deelnemende mestverwerkingsinstallaties.
- Landbouwkundige en milieukundige effecten van toepassing van mineralenconcentraten en andere producten uit deze installaties als meststof.
- Gebruikerservaringen en een economische analyse van het gebruik van mineralenconcentraten in de Pilot.
- Life Cycle Analysis (LCA).

De Pilot werd eind 2010 met maximaal één jaar verlengd tot eind 2011¹. In 2011 werd aanvullend onderzoek uitgevoerd naar milieukundige effecten van het gebruik van mineralenconcentraten.

¹ De Commissie reageerde eind 2011 positief op het verzoek van Nederland om de acht pilots onder dezelfde voorwaarden tot eind 2013 te continueren. <https://www.hetInVloket.nl/onderwerpen/mest/dossiers/dossier/mestbewerking-en-verwerking/onderzoek-mineralenconcentraat>).

Het onderzoek werd gefinancierd door het productschap Zuivel, het productschap Vee en Vlees, het ministerie van EL&I en het ministerie van I&M. De aansturing van het onderzoek en gerelateerde zaken van de Pilot werd uitgevoerd door het ministerie van EL&I, het ministerie van I&M, LTO en NVV.

De pilots zijn in 2008 gestart. Een aantal pilots is ook in 2011 voortgezet. Deze pilots geven informatie over:

- Landbouwkundige waarde van mineralenconcentraten in vergelijking tot die van kunstmest en dierlijke mest.
- Fysisch chemische eigenschappen van mineralenconcentraat, zoals samenstelling, homogeniteit in de tijd, stabiliteit en de gewasbeschikbaarheid van nutriënten voor opname door de gewassen.
- Milieukundige effecten van gebruik van mineralenconcentraten bij verantwoord landbouwkundig gebruik en
- De eventuele risico's op extra milieubelasting bij het gebruik van het mineralenconcentraat in de praktijk bovenop de gebruiksnorm voor dierlijke meststoffen.

Naast de milieutechnische en landbouwkundige aspecten moet uit de pilots ook blijken of de grootschalige productie van mineralenconcentraat economisch haalbaar is.

In 2009 en 2010 werden mineralenconcentraten onderzocht op hun samenstelling, getoetst op hun landbouwkundige werkzaamheid en op milieuhygiënische gevolgen bij verantwoord gebruik. Vastgesteld is dat mineralenconcentraten in hoofdzaak waterige oplossingen zijn van stikstof- en kaliumzouten (Ehlert en Hoeksma, 2011; Hoeksma e.a., 2011). Een mineralenconcentraat heeft daardoor de landbouwkundige functie van een NK-meststof. Hoewel de ervaringen in 2010 gunstiger zijn dan die in 2009, blijkt de effectiviteit van de stikstof van een mineralenconcentraat achter te blijven bij die van de referentiekunstmeststof (kalkammonsalpeter (KAS)). Ook is vastgesteld dat de fysische vorm van de referentiekunstmeststof invloed uitoefent op de effectiviteit van de stikstof. Oplossingen van ammoniumnitraat of ammoniumsulfaat blijven achter in hun stikstofefficiëntie, bepaald als NWC ten opzichte van KAS (Middelkoop en Hulshof, 2011; Van Geel e.a. 2011a, 2011b). De stand van zaken werd besproken in een gemeenschappelijk overleg van beleidsmakers, producenten en onderzoekers (projectgroep) op 7 december 2010. Vier mogelijke oorzaken werden benoemd voor de lagere werkingscoëfficiënt van stikstof:

- ammoniumvorm;
- emissie van ammoniak;
- denitrificatie en
- immobilisatie.

De projectgroep heeft besloten om aanvullend onderzoek uit te laten voeren naar de mogelijke oorzaken voor de lagere NWC. Dit rapport geeft resultaten van onderzoek over drie mogelijke oorzaken voor de lagere werkingscoëfficiënt:

1. het effect van de ammoniumvorm van mineralenconcentraten in samenhang met de fysische vorm en de manier van plaatsen van de meststof;
2. het effect van mineralenconcentraten op een mogelijke verhoging van de denitrificatie waardoor de bodemvoorraad aan minerale stikstof verlaagd wordt;
3. het effect van mineralenconcentraten op een mogelijke verhoging van de immobilisatie van stikstof waardoor eveneens de beschikbare bodemvoorraad aan minerale stikstof verlaagd wordt.

Als dergelijke effecten aangetoond kunnen worden, dan liggen hierin oorzaken besloten voor de lagere werkingscoëfficiënt. In de volgende subparagrafen wordt op elk van deze oorzaken nader ingegaan.

1.1 Ammoniumvorm

De exacte samenstelling van een mineralenconcentraat is nog niet goed bekend. Beschikbare informatie uit het monitoringsprogramma van Wageningen UR Livestock Research wijst uit dat naast ammoniumstikstof vooral kalium, natrium en calcium voorkomen (Hoeksma et al., 2011). Als anionen komen chloride en sulfaat voor. In de producten van de acht pilots komen zeer variabele gehalten aan kat- en anionen voor. De kat- en anionenbalansen zijn bovendien niet sluitend. Ruwweg 40% van de anionen is bekend. Op basis van literatuuronderzoek is het aannemelijk dat bicarbonaten en vluchtige vetzuren de anionbalans sluitend zullen maken maar hun gehalten en chemische aard van de vetzuren zijn feitelijk niet bekend (Ehlert en Hoeksma, 2011). Op basis van de huidige stand van zaken kan een mineralenconcentraat op basis van de aanwezige an- en kationen opgevat worden als een mengsel van ammoniumbicarbonaat, ammoniumchloride, ammoniumsulfaat, kaliumbicarbonaat, kaliumchloride, kaliumsulfaat, natriumchloride, natriumbicarbonaat en in - geringe mate - hydroxiden van genoemde kationen. Daarnaast zullen vetzuren voorkomen van genoemde kationen (bijvoorbeeld ammoniumacetaat, ammoniumpropionaat of isovaleriaanzuur etc.). In welk aandeel is nog niet bekend. Het gehalte aan sulfaat van mineralenconcentraten varieert sterk tussen de acht pilots. Deze variatie is toe te schrijven aan de wisselende aanwezigheid van spuiwater afkomstig van chemische luchtwassers² en hulpstoffen die dienen om drijfmest te flocculeren bij mestscheiding (b.v. ijzersulfaat). De stikstofwerking van een mineralenconcentraat is daardoor de resultante van de werking van ammoniumbicarbonaat, ammoniumchloride en ammoniumsulfaat en mogelijke bijdragen uit ammoniumhoudende vetzuren en mineralisatie van organische stikstofverbindingen (circa 10% in een mineralenconcentraat). Ammoniumbicarbonaat is het hydrolyseproduct van ureum. Ureum, ammoniumsulfaat en ammoniumchloride als ammoniumzout zijn reguliere EG-meststoffen (EG-Verordening 2003)³. Hoe de stikstofwerking van een mineralenconcentraat zich verhoudt tot deze reguliere ammoniummeststoffen is gedeeltelijk duidelijk geworden uit de veldproeven van Livestock Research en PPO-agv (Middelkoop en Holshof, 2011; Van Geel et al., 2011a, 2011b). De beschikbare onderzoeksresultaten wijzen uit dat de keuze voor een referentiemeststof de hoogte van de werkingscoëfficiënt bepaalt. De werkingscoëfficiënten zijn het laagst door een vergelijking uit te voeren met kalkammonsalpeter (KAS). In Nederland vormt KAS de referentie omdat aangetoond is dat deze meststofvorm als stikstofmeststof beter en in de tijd betrouwbaardere resultaten geeft dan andere reguliere stikstofmeststoffen en niet leidt tot ongewenste neveneffecten als te trage werking, verzuring of verzouting (Ehlert en Hoeksma, 2011). In andere EU-landen zijn ook ammoniumnitraat (zonder kalk of calciumcarbonaat als vulstof), ammoniumsulfaat en ureum vaak gebruikte referentiemeststoffen. Hogere werkingscoëfficiënten worden gevonden door te vergelijken met vloeibaar ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat. Een vergelijking met ammoniumchloride ontbreekt. In Nederland is laatstgenoemd ammoniumzout echter niet gangbaar als stikstofkunstmest⁴. Chloride oefent een nitrificatieremmende werking uit. Daarnaast leidt deze stikstofvorm tot verzouting. Dit leidt tot de werkhypothese dat de hoogte van de NWC afhangt van de referentiemeststof. De werkingscoëfficiënt van KAS is hoger dan die van meststoffen die uitsluitend uit de ammoniumvorm bestaan. De tweede werkhypothese is dat een vloeibare stikstofmeststof tot een lagere NWC leidt dan een vaste vorm. De derde werkhypothese is dat ammoniumchloride een lagere werkingscoëfficiënt heeft dan een andere kunstmest met uitsluitend ammoniumstikstof door de aanwezigheid van chloride.

² Dit onderzoek is inmiddels afgesloten. Spuiwater wordt niet meer als grond- of hulpstof gebruikt.

³ Deze meststoffen mogen, mits voldaan wordt aan bepalingen van de EU Verordening 2003/2003, in de EU27 vrij verhandeld worden met aanduiding van 'EG-meststof'.

⁴ Bij winning van kuilvoer voor droogstaande koeien (koeien die geen melk produceren) wordt ammoniumchloride gebruikt. Het is een maatregel die voor een verbetering van de diergezondheid wordt genomen, nl. ter beperking van melkziekte. Tijdens droogstand wordt calciumrijke voer gegeven om het calciumregulatiemechanisme bij de koe in stand te houden. Calciumrijke voer vertraagt dit mechanisme en dat leidt bij lactatie tot calciumtekort (melkziekte). Kuilvoer verkregen door bemesting met ammoniumchloride leidt tot lagere calciumgehalten.

Gewassen verschillen in de mate en mogelijkheden om ammoniumstikstof te assimileren tot stikstofbevattende organische moleculen die nodig zijn voor hun levensprocessen. Monocotylen als gras kunnen ammoniumstikstof goed assimileren. Dicotylen⁵ prefereren nitraatstikstof. Dit leidt tot de vierde werkhypothese. Deze vierde hypothese is dat een monocotyl gewas dat snel ammoniumstikstof kan assimileren, stikstof van een mineralenconcentraat sneller en/of beter kan benutten dan een nitraatstikstof prefererende dicotyl.

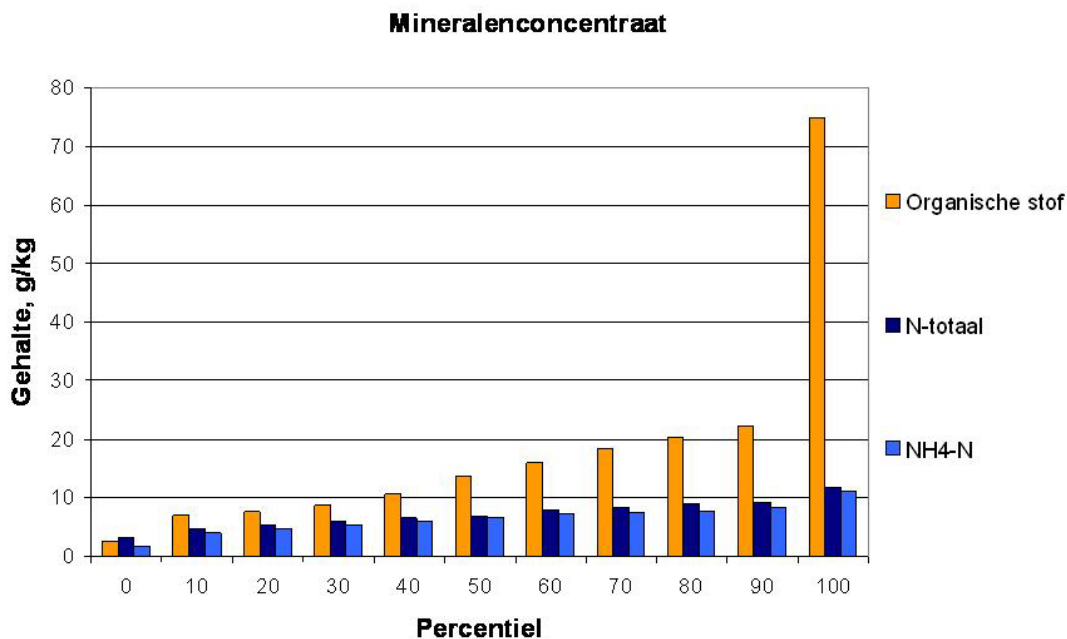
De variatie tussen de veldproeven is dusdanig groot dat onderzoek onder gestandaardiseerde proefomstandigheden wenselijk is om de effectiviteit van een mineralenconcentraat als stikstofmeststof vast te stellen. Het onderzoek heeft tot doel om samen met het voorgestelde aanvullende monitoringsonderzoek van Livestock Research de identiteitsvastlegging van een mineralenconcentraat completer te maken en de stikstofwerking onder geconditioneerde en gecontroleerde proefomstandigheden te onderzoeken in vergelijking met reguliere vaste en vloeibare EG-meststoffen die ook in andere EU landen als referentiemeststof worden toegepast.

1.2 Denitrificatie

Mineralenconcentraten zijn – nog - geen strikt anorganische meststoffen; ze bevatten organische stof. In welke vorm deze organische stof voorkomt, is nog niet goed bekend. Uit het monitoringsprogramma van Hoeksma et al. (2011) is bekend dat het organische stofgehalte hoger is dan bijvoorbeeld het ammoniumstikstofgehalte ($\text{NH}_4^+\text{-N}$). Het totaal-N gehalte is iets hoger dan het ammoniumstikstofgehalte hetgeen uitwijst dat er ook organisch gebonden stikstof aanwezig is (figuur 1).

Beredeneerd is dat een deel van de organische stof uit vetzuren bestaat omdat het uitgangspunt dierlijke mest deze stoffen kan bevatten (Ehlert en Hoeksma, 2011). Verse mest bevat vetzuren. Bij veroudering van mest kunnen deze vetzuren verdwijnen. Vetzuren (acetaat, propionaat, valeriaanzuur, isovaleriaanzuur etc.) worden in de bodem snel omgezet. Of de organische stof volledig uit vetzuren bestaat is niet bekend. Denkbaar is dat ook organische stof als zwevende deeltjes (colloïden of particuliere organische stof) aanwezig is. Het hangt af van de fysische en chemische aard van deze organische stof of er sprake zal zijn van een snelle afbraak.

⁵ Landbouwgewassen kunnen zowel ammonium- als nitraatstikstof assimileren. Ammoniumstikstof is toxisch voor het gewas. Opgenomen ammoniumstikstof moet daarom snel worden omgezet. De snelheid waarmee ammonium omgezet kan worden, verschilt tussen gewassen. Gewassen die zure bodemomstandigheden prefereren, zijn aanzienlijk beter in staat om ammonium te assimileren.



Figuur 1

Percentielen voor de gehalten aan organische stof, N-totaal en NH₄-N van mineralenconcentraten (n=98 organische stof en NH₄-N; n=97 N-totaal).

Afbraak van organische stof verloopt zowel onder aerobe als anaerobe condities. Bij snelle afbraak onder aerobe condities wordt de zuurstofspanning in de bodem snel verlaagd waardoor anaerobie op kan treden. Daardoor kan het proces van denitrificatie worden bevorderd indien de bodem al nitraat bevat. Bacteriën hebben voor hun stofwisseling energie nodig. Onder aerobe omstandigheden wordt deze energie uit zuurstof gehaald; zuurstof fungeert dan als elektronenacceptor. Bij gereduceerde zuurstofgehalten of bij het ontbreken van zuurstof fungeert nitraat als elektronenacceptor. Denitrificatie verloopt in stappen:

nitraat (NO₃⁻) → nitriet (NO₂⁻) → stikstofmonoxide (NO) → distikstofmonoxide (N₂O) → stikstof (N₂)

De bruto-vergelijking is:



Hierin is e een elektron en [H] een reductie-equivalent afkomstig van oxidatie van organische stof of van een anorganische stof. In de bodem fungeert doorgaans organische stof als H-bron.

De werkhypothese van dit onderdeel van het onderzoek is dat door de aanwezigheid van organische stof in een mineralenconcentraat – tijdelijk – de denitrificatie wordt verhoogd van nitraat dat al aanwezig is in de bodem bij het uitrijden van een mineralenconcentraat. De voorraad minerale stikstof (N-min) wordt daardoor verlaagd. Als dit vastgesteld wordt, dan ligt hierin een oorzaak voor de vastgestelde lagere werkingscoëfficiënten van stikstof van een mineralenconcentraat. Op bouwland is deze werkhypothese eenvoudiger te toetsen dan op grasland. Bij grasland wordt door injectie van een mineralenconcentraat de zode beschadigd waardoor organische stof van gras(wortels) vrijkomt. Deze organische stof kan ook bijdragen aan een verhoging van de denitrificatie. Dit leidt tot een tweede werkhypothese bij dit onderdeel. De toediening van een mineralenconcentraat op grasland via injectie leidt – tijdelijk – tot een hogere denitrificatie dan op bouwland.

Denitrificatie is één van de processen binnen de stikstofcyclus in de bodem. Om denitrificatie meetbaar en onderscheidbaar van andere stikstofprocessen in de bodem te kunnen vaststellen, is onderzoek onder gecontroleerde en geconditioneerde omstandigheden nodig. In ons onderzoek is gekozen voor een incubatieproef.

1.3 Immobilisatie

Zoals eerder aangegeven, zijn mineralenconcentraten geen strikt anorganische meststoffen en bevatten zij organische stof (figuur 1).

Afbraak van organische stof verloopt zowel onder aerobe als anaerobe condities. Bij afbraak van organische stof wordt een deel van de vrijkomende energie verbruikt door bodemorganismen (vooral bacteriën) voor het onderhoud van hun metabolisme, terwijl een ander deel wordt ingebouwd in groeiende biomassa. Hierbij worden organische stoffen en stikstofverbindingen omgevormd tot levende biomassa. Deze vorm van stikstofvastlegging wordt stikstofimmobilisatie genoemd. Op korte termijn wordt daardoor de gewasbeschikbare minerale stikstofvoorraad verlaagd. Door afsterven van biomassa en door mineralisatie komt deze stikstof op termijn (deels) weer beschikbaar voor het gewas. De mate waarin stikstof wordt geïmmobiliseerd en de mate waarin deze stikstof weer wordt vrijgegeven, worden bepaald door de grondsoort (met onderscheidenlijke pH), de beschikbaarheid van afbreekbare organische stof en de voorraad aan assimileerbare stikstof. Bacteriën assimileren vrijwel alleen ammoniumstikstof, alleen de specialisten onder de bacteriën kunnen ook nitraat assimileren. Mineralenconcentraten leveren zowel (afbreekbare) organische stof (vetzuren) als ammonium. Deze combinatie van bronnen van organische stof en ammoniumstikstof kan stikstofimmobilisatie stimuleren.

De werkhypothese van dit onderdeel van het onderzoek is dat door de aanwezigheid van afbreekbare organische stof en ammoniumstikstof in een mineralenconcentraat – tijdelijk – de immobilisatie van stikstof in de bodem wordt verhoogd. Een deel van de minerale stikstof in de bodem of in het mineralenconcentraat wordt daardoor (tijdelijk) niet beschikbaar voor het gewas. Als dit vastgesteld wordt, dan ligt hierin een oorzaak voor de vastgestelde lagere werkingscoëfficiënten van stikstof van een mineralenconcentraat. Op bouwland is ook deze werkhypothese eenvoudiger te toetsen dan op grasland. Bij grasland wordt door injectie van een mineralenconcentraat de zode beschadigd waardoor organische stof van gras(wortels) vrijkomt. Deze vrijgekomen organische stof kan ook bijdragen aan een verhoging van de immobilisatie. Dit leidt tot een tweede werkhypothese bij dit onderdeel. De toediening van een mineralenconcentraat via injectie aan grasland leidt - tijdelijk - tot een hogere immobilisatie dan op bouwland. Immobilisatie is een microbiologisch gestuurd proces. De zuurgraad van de bodem (pH) stuurt de microbiologische activiteiten. Dit leidt tot een derde werkhypothese, namelijk dat de grondsoort met onderscheidenlijke pH de mate van immobilisatie bepaalt.

Immobilisatie is één van de processen binnen de stikstofcyclus in de bodem. Om immobilisatie van stikstof meetbaar en onderscheidbaar van andere stikstofprocessen in de bodem te kunnen vaststellen, is onderzoek onder gecontroleerde en geconditioneerde omstandigheden nodig. In ons onderzoek is gekozen voor een incubatieproef.

1.4 Projectdoelstelling

Het onderzoek dient om vast te stellen of de ammoniumvorm, de fysische vorm van de meststof, de wijze van toedienen, denitrificatie en of immobilisatie oorzaken zijn van de lagere NWC van mineralenconcentraten ten opzichte van kalkammonsalpeter (KAS). Dit generieke doel wordt getoetst door vaststelling of:

1. de ammoniumvorm in een mineralenconcentraat de effectiviteit als stikstofmeststof bepaalt en daarmee de hoogte van de werkingscoëfficiënt.
2. een mineralenconcentraat de voorraad minerale stikstof in de bodem verlaagt door denitrificatie.
3. denitrificatie op grasland direct na het toedienen hoger is dan op bouwland.
4. een mineralenconcentraat de immobilisatie van stikstof verhoogt.
5. deze immobilisatie op grasland hoger is dan op bouwland.
6. de mate van immobilisatie bepaald wordt door de grondsoort.

Dit rapport geeft de resultaten van het onderzoek. Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 worden de aanpak, uitvoering en algemene gegevens van proefuitvoering van de pot- en incubatieproeven gegeven. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van het onderzoek naar de NWC's, die zijn bepaald via potproeven met gewassen die ammoniumstikstof snel kunnen assimileren en gewassen die nitraatstikstof prefereren. Het hoofdstuk sluit af met het toetsen van de werkhypotheses. Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van het onderzoek naar het effect van mineralenconcentraten op denitrificatie en op immobilisatie. Per onderwerp van onderzoek worden de resultaten van toetsen op werkhypotheses gegeven. Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 een algemene beschouwing gegeven van de onderzoeksresultaten, wordt samenhang aangebracht en worden de algemene conclusies gegeven.

2 Materiaal en methoden

2.1 Potproeven

2.1.1 Algemeen

De potproeven dienden voor de bepaling van NWC's. De proeftechniek is een potproef met geïmporteerde en gehomogeniseerde gronden en de teelt van gewassen in een onverwarmde kascompartiment. Variatie door veldomstandigheden wordt daardoor in grote mate uitgesloten: de groei en ontwikkeling van het gewas vindt plaats onder geconditioneerde omstandigheden. Licht en temperatuur worden bepaald door de weersomstandigheden.

De gewasreactie op aangebrachte stikstofbehandelingen werd bij twee gewassen bepaald. Als representatief gewas dat snel ammoniumstikstof assimileert, werd een monocotyl gewas gras (*Lolium perenne L.*, BG-3) gekozen. Gras biedt de mogelijkheid om meer sneden te oogsten waardoor de nawerking van een stikstofbehandeling kan worden vastgesteld. Als nitraat-prefererend dicotyl gewas werd snijbiet (*Beta vulgaris L. var. vulgaris* (groene snijbiet)) geselecteerd. Snijbiet is gekozen omdat dit gewas geschikt is voor een potproef en de mogelijkheid biedt om de stikstofnawerking van een mineralenconcentraat te onderzoeken omdat meerdere oogsten mogelijk zijn.

De snelheid waarmee ammonium wordt genitrificeerd, gedenitrificeerd en/of geïmmobiliseerd, wordt beïnvloed door de pH van de bodem. Twee grondsoorten zijn daarom geselecteerd die verschillen in pH. Dit zijn een kalkhoudende zavel uit Lelystad en een zwak zure dekzand uit Rolde. Dit zijn dezelfde grondsoorten als die van de veldproeven op bouwland (Van Geel et al. 2011a).

De proef kent KAS en vloeibare meststoffen van ammoniumsulfaat (zwavelzure ammoniak), ammoniumnitraat en ureum als referentiemeststoffen. Deze reguliere meststoffen worden in ons omliggende landen vaak als referentiemeststof gebruikt. Daarnaast zijn twee mineralenconcentraten die sterk verschillen in gehalten aan vetzuren en andere anionen getoetst. Daarnaast zijn vloeibaar ammoniumchloride als meest voorkomende stikstofverbinding in mineralenconcentraat en een vlees-varkensdrijfmest als onbewerkte vorm van dierlijke mest bij het onderzoek betrokken. Dit geeft acht producten. KAS werd in gekorrelde vorm toegepast, de overige meststoffen werden in vloeibare vorm toegepast.

2.1.2 Potproeftechniek

De potproef is uitgevoerd met Mitscherlich-potten (hoogte 22 cm, Ø 20 cm, 5,2 l). Deze pot is onderin voorzien van een opening voor een goede beluchting. Onderin de pot wordt een plastic kruis van PVC geplaatst (2 cm) met daarop een geperforeerde PVC-plaat. Daarbovenop werd een nylon gaas gelegd om grond in de pot te houden en gasuitwisseling van de bodem mogelijk te maken.

Grond werd na zorgvuldige mengen met meststof (basisbemesting) in de potten aangebracht. Midden in de pot werd bij de kleigrond een PVC-buis geplaatst, gevuld met gewassen kwartszand voor de dagelijkse watergiften door middel van wegen. Bij zandgrond werd de PVC-buis aangebracht zonder een vulling met kwartszand. Een vochtgehalte van 60% van de vloeigrens werd aangehouden gecorrigeerd voor gewasgroei. Op de grond werd circa 1 kg gewassen kwartszand geplaatst als kiemlaag (~2 cm dik).

2.1.3 Grond

De grond uit Lelystad is afkomstig van een belendend perceel met dezelfde bodemeigenschappen als het perceel waarop de veldproeven werden uitgevoerd. De grond uit Rolde is afkomstig van het perceel waarop de veldproef was uitgevoerd. De gronden werden verzameld door Unifarm (onderdeel van Wageningen UR), aan de lucht gedroogd onder een overkapping, gehomogeniseerd en vervolgens over 5 mm gezeefd. De algemene gegevens van grondonderzoek van de zandgrond uit Rolde en de kleigrond uit Lelystad, beide bouwland, worden gegeven in tabel 1.

Tabel 1

Algemene gegevens van grondonderzoek van de zandgrond uit Rolde en kleigrond uit Lelystad.

Parameter	Methode	Eenheid	Zand	Klei
Organische stof	Gloeiverlies (105-550°C)	[%]	5,2	2,7
< 2 µm	Granulair	[%]	3,8	15,3
< 50 µm	Granulair	[%]	50,0	79,5
pH	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[-]	5,1	7,4
CaCO ₃	Carbonaatbepaling volgens Scheibler	[%]	0,0	5,3
Pw-getal	1:60 (v/v) extractie met water	[mg P ₂ O ₅ /l]	39,0	55,0
Gewicht van schepje	Gewicht 1,2 ml grond	[g]	1,5	1,2
P-Al-getal	1:20 (w/v) extractie NH ₄ ⁺ -lactaat-azijnzuur	[mg P ₂ O ₅ /100 g]	57,0	45,8
K-CaCl ₂	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[mg/kg]	104,0	74,0
Mg-CaCl ₂	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[mg/kg]	54,7	44,4
P-CaCl ₂	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[mg/kg]	1,6	4,8
P-PO ₄	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[mg/kg]	1,0	4,5
N-NH ₄	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[mg/kg]	1,7	0,9
N-(NO ₃ +NO ₂)	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[mg/kg]	17,0	8,5
Nts	1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl ₂	[mg/kg]	24,0	12,0
N-NH ₄	1:2,5 (w/v) extractie met 1 M KCl	[mg/kg]	1,1	0,8
N-(NO ₃ +NO ₂)	1:2,5 (w/v) extractie met 1 M KCl	[mg/kg]	17,4	8,5
Vocht	Droogstoof	[% stoof-droog]	1,4	1,4

2.1.4 Meststoffen

In tabel 2 wordt het overzicht gegeven van de behandelingen met meststoffen en de manier waarop zij werden toegediend: breedwerpig of geplaatst in een sleuf (rijenbemesting).

Tabel 2

Stikstofmeststoffen en behandelingen met en zonder aanbrengen van sleuven met codes.

Behandeling	Sleuf	Code
1 Gras - onbemest geen sleuf	Neen	1 GOGS
2 Gras - onbemest met sleuf	Ja	2 GOMS
3 KAS, breedwerpig	Neen	3 KASGS
4 KAS, sleuf	Ja	4 KASMS
5 Ammoniumnitraat, oplossing (vlb.) sleuf	Ja	5 AMNMS
6 Ammoniumsulfaat, vlb. sleuf	Ja	6 AMSMS
7 Ammoniumchloride, vlb. sleuf	Ja	7 AMCMS
8 Ureum, vlb. sleuf	Ja	8 URMS
9 Mineralenconcentraat 1 (MC1), sleuf	Ja	9 MC1MS
10 Mineralenconcentraat 2 (MC2), sleuf	Ja	10 MC2MS
11 Varkensdrijfmest (VDM), sleuf	Ja	11 VDMMS

In tabel 3 worden de samenstellingen van de kunstmeststoffen gegeven. Alle kunstmeststoffen zijn afkomstig van handelshuizen, met uitzondering van de ammoniumchloride en ammoniumsulfaat. Kalkammonsalpeter (KAS) is een korrelvormig product. Korrels > 4 mm werden verwijderd om een product te verkrijgen dat met voldoende aantal korrels breedwerpig in een potproef toegediend kan worden. Het gezeefde product is geanalyseerd. Een vloeibare ammoniumchloride meststof is niet op de markt verkrijgbaar. Vloeibaar ammoniumsulfaat is verkrijgbaar, maar de analyses uitgevoerd door het RIKILT - Instituut voor Voedselveiligheid van Wageningen UR leverden een afwijkend resultaat op ten opzichte van de gedeclareerde gehalten. Bij navraag bij de leverancier werd geen verklaring gegeven voor het geconstateerde verschil en over de werkelijke samenstelling. Voor ammoniumchloride (cat. nr. 1.00924.500) en ammoniumsulfaat (cat. nr. 1.01216.5000) werd daarom gebruik gemaakt van pro analyse kwaliteit chemicaliën van Merck.

Tabel 3

Samenstelling van de stikstofkunstmeststoffen in procent (%) bepaald door het RIKILT.

Meststof	EG-methode					
	2.1	2.2.3	2.3.3	2.5	6.1	8.1+8.6
	Amm.N	Amm.+nitraat N	Ureum N	Biureet	Chloor als chloride	Calciumoxide
Kalkammonsalpeter	13,8	26,8				6,6
vlb. ammoniumnitraat	9,1	18,5				
vlb. ammoniumsulfaat	11,1 ¹					
vlb. ureum			18,6	0,3		
vlb. ammoniumchloride	6,9				17,5	

In tabel 4 wordt de samenstelling van de twee mineralenconcentraten en van onbewerkte varkensdrijfmest gegeven. De mineralenconcentraten zijn afkomstig van de bedrijven B en D van de Pilot Mineralenconcentraten. De varkensdrijfmest is afkomstig van bedrijf B en is de grondstof van het mineralenconcentraat B. De bedrijven B en D werden geselecteerd op basis van verkennende analyse door Livestock Research. Bedrijf B bleek een mineralenconcentraat (MC1) met relatief hoge gehalten aan vetzuren te produceren, bij bedrijf D (MC2) ontbraken vetzuren vrijwel geheel. De mineralenconcentraten werden door twee laboratoria onderzocht. De resultaten van het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) van Alterra, Centrum Bodem (Wageningen UR) worden gegeven in tabel 4. De mestmonsters waren met zoutzuur aangezuurd en bij 70 °C gedroogd. De resultaten van de analyses volgens AP05 door Agrotechnology and Food Sciences Group Milieulaboratorium (van Wageningen UR) staan in tabel 5.

Tabel 4

Samenstelling van aangezuurde en bij 70 °C gedroogde monsters varkensdrijfmest (vdm-B) en mineralenconcentraten volgens geaccrediteerde analyses voor grond- en gewasonderzoek (voor verantwoording methoden zie paragraaf 2.1.8).

Ontsluitings-methode	Meetmethode	Parameters	Eenheid	VDM	MC1	MC1b ¹	MC2
Drogestofbepaling	Droogstoof	Drogestof (vers-105 °C)	% vers ¹	6,95	7,76	8,20	4,76
Vochtbeplating	Droogstoof	Vocht (70-105 °C)	% stoof-droog	6,39	4,35	4,04	1,32
Destructie H ₂ SO ₄ -H ₂ O ₂ -Se	SFA-Nt/Pt	N-totaal	g/kg	69,5	115	123	113
	SFA-Nt/Pt	P-totaal	g/kg	17,5	0,11	0,44	2,48
	ICP-AES Thermo	Ca	g/kg	18,6	2,98	1,72	3,52
	ICP-AES Thermo	K	g/kg	60,8	132,0	129,0	156,0
	ICP-AES Thermo	Mg	g/kg	11,1	9,8	4,1	1,36
	ICP-AES Thermo	Na	g/kg	10,01	24,60	27,85	39,84
	ICP-AES Thermo	S	g/kg	4,60	122,93	74,70	6,11
Extractie 0,01M CaCl ₂	TCTN-analyzer	IC	mg/kg	5,41	5,28	10	5,38
	TCTN-analyzer	TC	g/kg	30,37	15,28	45,65	30,62
	SFA-CaCl ₂	Nts	g/kg	52,35	105,21	110,92	94,55
Gloeiverlies (105-550°C)	Moffeloven	Organische stof	%	72	54,1	59,9	57
Kurmies	Spectrofotometer	C	g/kg	271	50,6	99,0	127
Extractie 0,1 M NaNO ₃	FIA	Cl	g/kg	239	210	295	456

¹ MC1b is alleen getoetst bij de meting van DEA (zie paragraaf 2.2). MC-B2 is geproduceerd uit een andere partij varkensdrijfmest bij bedrijf B.

Tabel 5

Samenstelling van varkensdrijfmest (VDM) en mineralenconcentraten (MC1 en MC2) volgens analyses van AP05 en analyses op vetzuren (resultaten in g/kg in de waar als zodanig).

Meststof	Totaal-N	NH ₄ -N ¹	NH ₄ -N ²	Droge stof	Vetzuren					
					C2	C3	C4	i-C4	C5	i-C5
VDM	5,47	4,05	*	53,8	0,044	<0,010	<0,010	<0,010	0,039	<0,010
MC1	9,30	*	9,22	60,4	1,9	0,35	0,069	<0,010	0,106	<0,010
MB1b	10,6	*	10,0	53,9	6,1	1,63	0,35	<0,010	0,55	0,089
MC2	5,41	*	4,98	30,0	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

¹ volgens WI 4.25 - 103 (zie paragraaf 2.1.8)

² volgens WI 4.25 - 114 (zie paragraaf 2.1.8)

2.1.5 Potproef met gras

De opzet van de potproef was:

Grondsoorten	2	(tabel 1)
Producten	11	(tabel 2)
Stikstoftrappen	2	
Herhalingen	3	
Totaal aantal potten	132	

Stikstoftrappen

Een laag en voldoende hoog niveau stikstof werd toegediend. De lage trap is 60 kg N/ha, de hoge trap is 120 kg N/ha. De gift is omgerekend naar het oppervlak van de Mitscherlichpot. Alle meststoffen werden in hun oorspronkelijk hoedanigheid toegediend d.w.z. als korrel (KAS), als vloeistof (kunstmeststoffen en mineralenconcentraten) of als drijfmest, in goed gehomogeniseerde vorm. De gift is gebaseerd op het totale stikstofgehalte van de producten. De stikstofbemesting is een eenmalige toediening.

De potproef is uitgevoerd met gras (*Lolium perenne L.*, Engels raai gras, BG-3 mengsel). Na opkomst en verzorging gedurende een maand werd de feitelijk proef ingezet door de bemesting met de meststoffen uit te voeren volgens proefopzet en bemestingsschema. De teelt gedurende een maand diende om een graszode te kweken waarmee de feitelijke potproef ingezet werd.

Basisbemesting

De basisbemesting voor de grasproef wordt gegeven in tabel 6.

Tabel 6

Basisbemesting voor gras voor de ontwikkeling van een uitgestoelde graszode.

Grondsoort	Basisbemesting, mg element per pot						
	N	P	K	Mg	B	Cu	Mo
Zand	55	0	210	140	10	1	1
Klei	101	90	80	140	10	1	1

Stikstof werd toegediend als ammoniumnitraat, fosfaat als monocalciumfosfaat, kalium als kaliumsulfaat, magnesium als magnesiumsulfaat, koper als kopersulfaat, borium als boorzuur en molybdeen als ammoniumheptamolybdaattetrahydraat.

De basisbemesting voor N is afgestemd op 50 kg N/ha gecorrigeerd voor de al aanwezige voorraad minerale stikstof. De basisbemesting voor P en K is afgestemd op vigerende bemestingsadviezen voor grasland⁶ omgerekend naar het oppervlak van de Mitscherlich-pot. Stikstof is gebaseerd op 50 kg N/ha. Bij magnesium, Cu, B en Mo zijn per ha respectievelijk giften van 75 kg MgO, 3,5 kg Cu, 0,25 kg B en 0,25 kg Mo aangehouden. Molybdeen is gespiegeld aan de gift aan borium.

Compensatie

De samenstelling van de meststoffen verschilt. Om invloed van andere nutriënten zoveel mogelijk uit te sluiten is een compensatie met kalium, natrium en magnesium uitgevoerd. De bemesting werd afgestemd op de hoogste kaliumgift die veroorzaakt werd door de gift van 120 kg N/ha gegeven met mineralenconcentraat van bedrijf D (MC2). Voor zwavel zou dat leiden tot zeer hoge giften. Om zouteffecten te voorkomen, werd tot de op één na hoogste gift gegeven met ammoniumsulfaat gecompenseerd. De hoogste gift aan ammoniumsulfaat heeft vergeleken met overige behandelingen tot een tweemaal hogere sulfaatgift geleid.

Aanvullende bemesting

Tijdens de ontwikkeling van het gewas trad een vergeling op aan het gewas die niet toegeschreven kon worden aan stikstof. De vergeling duidde op een mogelijk gebrek aan magnesium⁷. Daarop werd een aanvullende bemesting met magnesiumsulfaat gegeven (190 mg Mg/pot als $MgSO_4 \cdot 7H_2O$). De afvoer van kalium was dusdanig hoog dat tijdens de potproef aanvullende bemesting werd uitgevoerd om kaliumgebrek te voorkomen. Deze aanvullende bemesting werd met kaliumsulfaat gegeven. Ook hier volgt de kaliumgift het vigerende bemestingsadvies voor grasland waarbij via een kaliumbalans rekening gehouden werd met de initiële kaliumtoestand en de tot dan toe gerealiseerde kaliumafvoer.

Meetprogramma

Nadat de zode geteeld was en het gras geknipt en vervolgens bemest, werden viermaal een snede geoogst. Bij de laatste snede werd ook de stoppel geoogst. Bij afsluiting van de potproef werd de minerale stikstofvoorraad in de grond bepaald.

⁶ Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2011. Bemestingsadvies. Animal Sciences Group. Lelystad. <http://www.bemestingsadvies.nl/>

⁷ Bij de potproef met snijbiet trad een vergeling op. De symptomen waren bij snijbiet eenduidig te herleiden tot magnesiumgebrek. Uit voorzorg kreeg de potproef met gras ook een aanvullende bemesting met magnesium.



Foto 1

Aanbrengen van sleuf en uitvoering van een bemesting met een mineralenconcentraat.

Journal

Bijlage 1 geeft een overzicht van de handelingen en data van uitvoering van werkzaamheden.

2.1.6 Potproef met snijbiet

De opzet van de potproef was:

Grondsoorten	2	(tabel 1)
Producten	9	(tabel 7)
Stikstoftrappen	2	
Herhalingen	3	
Totaal aantal potten	108	

Stikstoftrappen

De stikstoftrappen zijn gelijk aan die bij gras. Een laag en voldoende hoog niveau stikstof werd toegediend. De lage trap is 60 kg N/ha, de hoge trap is 120 kg N/ha. De gift is omgerekend naar het oppervlak van de Mitscherlichpot. Alle meststoffen werden in hun oorspronkelijk hoedanigheid toegediend, dus als korrel (KAS), als vloeistof (kunstmeststoffen en mineralenconcentraten) of als drijfmest, in gehomogeniseerde vorm. De gift is gebaseerd op het totale stikstofgehalte van de producten. De stikstofbemesting van de feitelijke potproef is eenmalig gegeven.

De potproef is uitgevoerd met Snijbiet of Warmoes (*Beta vulgaris L. var. vulgaris*, 'groene snijbiet').

Tabel 7

Stikstofmeststoffen en behandelingen met en zonder aanbrengen van sleuven met codes.

Behandeling	Sleuf	Code
1 Onbemest geen sleuf	Neen	1 GOGS
2 KAS, breedwerpig	Neen	2 KASGS
3 Ammoniumnitraat, oplossing sleuf	Ja	3 AMNMS
4 Ammoniumsulfaat, oplossing sleuf	Ja	4 AMSMS
5 Ammoniumchloride, oplossing sleuf	Ja	5 AMCMS
6 Ureum, oplossing sleuf	Ja	6 URMS
7 Mineralenconcentraat B (MC1), sleuf	Ja	7 MC1MS
8 Mineralenconcentraat D (MC2), sleuf	Ja	8 MC2MS
9 Varkensdrijfmest (VDM), sleuf	Ja	9 VDMMS

Bemesting

De bemesting voor de potproef met snijbiet wordt gegeven in tabel 8. In beginsel betrof het een eenmalige bemesting die door de grond werd gewerkt. De ontwikkeling van het gewas noopte tot bijsturing met een aanvullende bemesting. Als onderscheid ten opzichte van deze aanvullende bemesting wordt de eerste door de grond gewerkte bemesting basisbemesting genoemd. Snijbiet is een gewas dat voor fosfaat volgens het vigerende bemestingsadvies ingedeeld is in gewasgroep 0; het gewas heeft ook een hoge behoefte aan kalium (gewasgroep 1 van het kaliumbemestingsadvies). De bemesting voor P en K is afgestemd op vigerende bemestingsadviezen gebaseerd op grondonderzoek voor bouwland op zandgrond en kleigrond omgerekend naar het oppervlak van de Mitscherlich-pot. Bij magnesium, Cu, B en Mo waren de giften per ha respectievelijk 150 kg MgO, 2,5 kg Cu en 0,5 kg B. De Mo-gift berust op *expert judgement*.

Tabel 8

Basisbemesting voor snijbiet.

Grondsoort	Basisbemesting, mg element per pot					
	P	K	Mg	B	Cu	Mo
Zand	261	195	284	1,6	7,9	1
Klei	96	625	284	1,6	7,9	1

Stikstof werd toegediend als ammoniumnitraat, fosfaat als monocalciumfosfaat, kalium als kaliumsulfaat, magnesium als magnesiumsulfaat, koper als kopersulfaat, borium als natriumtetraboraat en molybdeen als natriummolybdaat.

Compensatie

De samenstelling van de meststoffen verschilt. Om invloed van andere nutriënten zoveel mogelijk uit te sluiten is bij zandgrond een compensatie met kalium, natrium en magnesium uitgevoerd. Bij kleigrond waren de adviesgiften voor bemesting met kalium en magnesium hoger dan de aanvoer met meststoffen. Hier waren de bemestingsrichtlijnen sturend.

De bemesting bij zandgrond werd afgestemd op de hoogste kaliumgift die veroorzaakt werd door de gift van 120 kg N/ha gegeven met mineralenconcentraat van bedrijf D (MC2). Voor zwavel zou dat leiden tot zeer hoge

giften. Om zouteffecten te voorkomen werd tot de op één na hoogste gift gegeven met ammoniumsulfaat gecompenseerd. De hoogste gift aan ammoniumsulfaat heeft vergeleken met overige behandelingen tot een tweemaal hogere sulfaatgift geleid.

Aanvullende bemesting

Tijdens de ontwikkeling van het gewas trad een vergeling op aan het gewas die niet toegeschreven kon worden aan stikstof. De vergeling met kenmerkende 'tjgering' (streepvorming) duidde op een gebrek aan magnesium. Daarop werd een aanvullende bemesting met magnesiumsulfaat gegeven (190 mg Mg/pot als $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

De afvoer van kalium was dusdanig hoog dat tijdens de potproef aanvullende bemesting werd uitgevoerd om kaliumgebrek te voorkomen. Deze aanvullende bemesting werd als kaliumsulfaat gegeven. Ook hier volgde de kaliumgift het vigerende bemestingsadvies voor grasland waarbij via een kaliumbalans rekening gehouden werd met de initiële kaliumtoestand en de tot dan toe gerealiseerde kaliumafvoer.

Meetprogramma

Na zaai en opkomst van de snijbiet werd twee maal een snede geoogst. Bij de eerste oogst werden de groeipunten ontzien. Bij de tweede oogst werd 1 cm boven het grondoppervlak het gewas afgesneden. Bij de oogst werden de aantallen planten geteld.

Journal

Bijlage 2 geeft een overzicht van de handelingen en data van uitvoering van werkzaamheden bij de potproef met snijbiet. Het gewas werd met zestien zaden opgekweekt, na opkomst werd het aantal planten teruggebracht naar zeven. Tijdens de teelt trad in enkele potten een verwelkingsziekte op die toegeschreven werd aan pythium. Hierbij werd waar mogelijk door transplantatie van planten uit andere herhalingen van de behandeling gecorrigeerd. Incidenteel traden plagen door bladluis en meeldauw op, die werden met gewasbeschermingsmiddelen bestreden.



Foto 2

Uitvoering van bemesting met mineralenconcentraten bij snijbiet. In gehomogeniseerde grond met de basisbemesting werd het te onderzoeken product aangebracht (boven). Hierop werd een onbemest laagje grond aangebracht waarop het zaad van snijbiet werd verdeeld (midden). Daarop werd een laagje kwartzand aangebracht ter voorkoming van structuurbederf (onder).

2.1.7 Grond- en gewasonderzoek

Alle chemische analyses aan grond- en gewasmonsters werden uitgevoerd door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB⁸) van Alterra, Centrum Bodem. De analysemethoden volgen Houba et al. (2000) en Temminghoff en Houba (2004).

CBLB is een op basis van ISO 17025 geaccrediteerd laboratorium voor chemische analyses in grond-, gewas- en watermonsters. De genoemde testen zijn te vinden op www.rva.nl onder nummer L342.

2.1.8 Meststofonderzoek

RIKILT

De identiteitsvastlegging van de reguliere kunstmeststoffen werd uitgevoerd door het RIKILT volgens de voorschriften van de EU-verordening 2003/2003. Tabel 3 geeft de gehanteerde methoden. De analyses werden uitgevoerd in de waar als zodanig. Het RIKILT is geaccrediteerd op basis van ISO 17025 en ILAC G13.

De vastlegging van de identiteit en samenstelling van de mineralenconcentraten en varkensdrijfmest is zowel door CBLB als *Agrotechnology and Food Sciences Group* Milieulaboratorium (Milieulaboratorium), beide van Wageningen UR uitgevoerd.

CBLB

De mineralenconcentraten en varkensdrijfmest werden met zoutzuur aangezuurd ter voorkoming van ammoniakvervluchtiging tijdens drogen. Vervolgens werden de aangezuurde monsters gedroogd. De analysemethoden toegepast op de gedroogde mineralenconcentraten en varkensdrijfmest zijn gegeven in tabel 4.

Agrotechnology and Food Sciences Group Milieulaboratorium

Het Milieulaboratorium heeft analysemethoden toegepast volgens het Accreditatieprogramma Dierlijke Mest (AP05). De analyses werden uitgevoerd in de waar als zodanig. Het laboratorium hanteerde daarbij de volgende methoden:

- WI 4.25-115 Bepaling van het totale gehalte aan stikstof in afwezigheid van nitraat. Methode volgens Kjeldahl.
- WI 4.25-103 Bepaling van het gehalte aan opgelost ammoniumstikstof in dierlijke mest. Destillatie methode.
- WI 4.25-114 Bepaling van het gehalte aan ammoniumstikstof in vloeistof. Fotometrische methode.
- WI 4.25-111 Bepaling van het gehalte aan droge stof in dierlijke mest. Gravimetrische methode.
- WI 4.25-133 Bepaling van het gehalte aan vluchtige vetzuren in dierlijke mest. Gaschromatografische methode.

2.1.9 Berekeningen

De werkingscoëfficiënt is een parameter die uitsluitsel geeft over de effectiviteit van stikstof voor het gewas. De werkingscoëfficiënt geeft aan welk deel van stikstof in een te toetsen meststof dezelfde werking heeft als van kunstmeststikstof. De werkingscoëfficiënten worden afgeleid uit de gewasreactie (opbrengst of stikstof-

⁸ <http://www.cblb.wur.nl/NL>

opname) in een bemestingsproef met een reeks stikstoftrappen. Een vereenvoudigde afleiding kan uitgevoerd worden als met verschillende meststoffen dezelfde hoeveelheid stikstof toegediend wordt. Bij gelijke N-gift wordt de werkingscoëfficiënt (WC) berekend volgens (2):

$$WC_{\text{product}} = \frac{\text{Opbrengst}_{\text{product}} - \text{Opbrengst}_{\text{onbemest}}}{\text{Opbrengst}_{\text{referentiemeststof}} - \text{Opbrengst}_{\text{onbemest}}} \quad (2)$$

Met:

WC_{product}	=	werkingscoëfficiënt van te toetsen product in %
Opbrengst	=	opbrengst gewas, in deze rapportage ⁹ in g drogestof/pot
Onderschrift product	=	zoals gemeten in de potproef met een te toetsen meststof (vloeibare kunstmeststof, mineralenconcentraat of varkensdrijfmest)
Onderschrift referentiemeststof	=	zoals gemeten in de potproef met een referentiemeststof (breedwerpig toegediend kalkammonsalpeter)
Onderschrift onbemest	=	zoals gemeten in de potproef zonder stikstofhoudende meststof

Het N-elementrendement of N-uitbatingspercentage (in de Engelse taal *apparent recovery of nitrogen* (ANR)) is de hoeveelheid stikstof die door het gewas is opgenomen, verminderd met de stikstofopname van een niet met stikstof bemest gewas, gedeeld door de stikstofgift (vergelijking (3)).

$$ANR_{\text{product}} = \frac{N_{\text{opnameproduct}} - N_{\text{opnameonbemest}}}{N_{\text{giftproduct}}} \quad (3)$$

Met:

ANR	=	N-uitbatingspercentage (ANR) in procent
N-opname	=	opname van stikstof door het gewas, in deze rapportage ¹⁰ in mg N/pot
N-gift	=	stikstofgift, in deze rapportage ¹¹ in mg N/pot
Onderschrift product	=	zoals gemeten in de potproef met een te toetsen meststof (vloeibare kunstmeststof, mineralenconcentraat of varkensdrijfmest)
Onderschrift onbemest	=	De behandeling zonder stikstoftoediening

Het aandeel van de N in mest dat even goed werkzaam is als kunstmeststikstof wordt N-werkingscoëfficiënt (NWC) genoemd en wordt berekend uit de verhouding van ANR_{product} ten opzichte van een referentiemeststof ($ANR_{\text{referentie}}$). In formulevorm:

$$NWC_{\text{product}} = \frac{ANR_{\text{product}}}{ANR_{\text{referentiemeststof}}} \quad (4)$$

⁹ In de praktijk bij uitvoering van veldproeven in kg veldgewas/ha of kg drogestof/ha.

¹⁰ In de uitvoeringspraktijk met veldproeven wordt stikstofopname uitgedrukt in kg N/ha.

¹¹ In de uitvoeringspraktijk met veldproeven wordt stikstofgift uitgedrukt in kg N/ha.

Met:

ANR	=	N-uitbatingspercentage (ANR) in procent
Onderschrift product	=	zoals gemeten in de potproef met een te toetsen meststof (vloeibare kunstmeststof, mineralenconcentraat of varkensdrijfmest)
Onderschrift referentiemeststof	=	zoals gemeten in de potproef met een referentiemeststof (breedwerpig toegediend kalkammonsalpeter)

Door het elementrendement van stikstof van een te toetsen product te delen door die van een referentiemeststof (kalkammonsalpeter) krijgt men een indruk van de onderlinge verhouding hetgeen een maat is voor de efficiëntie van stikstof van het te toetsen product. Deze maat wordt meestal als percentage gegeven.

De efficiëntie waarmee N omgezet wordt in drogestof wordt stikstofefficiëntie (*Apparent Nitrogen use Efficiency (ANE)*) genoemd.

$$ANE_{\text{product}} = \frac{\text{Opbrengst}_{\text{product}} - \text{Opbrengst}_{\text{onbemest}}}{N\text{-gift}_{\text{product}}} \quad (5)$$

Met:

WC_{product}	=	werkingscoëfficiënt van te toetsen product in %
Opbrengst	=	opbrengst gewas, in deze rapportage ¹² in g drogestof/pot
Onderschrift product	=	zoals gemeten in de potproef met een te toetsen meststof (vloeibare kunstmeststof, mineralenconcentraat of varkensdrijfmest)
Onderschrift onbemest	=	zoals gemeten in de potproef zonder stikstofhoudende meststof.

Berekeningen werden uitgevoerd voor de gegevens van de 1e snede en de totale opbrengst aan drogestof en stikstof.

2.1.10 Statistische analyse

Statistische analyses zijn gebaseerd op variantie analyse (ANOVA). Testen op paarsgewijze verschillen zijn gebaseerd op het kleinste significante verschil (*least significant difference*, afgekort LSD) en een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5% ($\alpha=0,05$, tweezijdig) tenzij anders vermeld.

De hergroei bij gras zonder stikstofbemesting (controle) was na de 1e snede in enkele gevallen zo gering, dat een drogestofbepaling niet mogelijk was, er kon uitsluitend chemische gewasonderzoek uitgevoerd worden. Bij deze incidentele gevallen is gebruik gemaakt van een gemiddelde voor het drogestofgehalte van de behandelingen.

Bij snijbiet vielen enkele planten uit door Pythium-aantasting. Het aantal planten werd gebruikt als covariabele (*co-variate*) in de ANOVA analyses van snijbiet. Covariantie analyse wees uit dat het ongelijke aantal planten geen invloed had op de opname van stikstof, ook de drogestofproductie van de 1e oogst van snijbiet ondervond geen invloed van het wegvallen van planten. De drogestofproductie van de 2de oogst en de totale

¹² In de praktijk bij uitvoering van veldproeven in kg veldgewas/ha of kg drogestof/ha.

drogestofproductie werd (licht maar significant) mede bepaald door het aantal planten. In deze rapportage zijn de drogestofproductie van de 2de oogst en de totale drogestofproductie gecorrigeerd voor de uitval van planten.

De statistische analyse berust op ANOVA met meststofvormen, gift, grondsoort en herhaling als factoren.

De statistische analyses werden uitgevoerd met het statistisch pakket Genstat 14th Edition (<http://www.vsnl.co.uk/software/genstat>).

2.2 Incubatieproef denitrificatie

Denitrificatie kan met verschillende methoden worden bepaald. Daarbij kan onderscheid aangebracht worden tussen methoden die de actuele of de potentiële (~maximale) denitrificatie bepalen. Bij het ontwerp van het onderzoek is gekozen voor gecontroleerde condities die de denitrificatie maximaal bevorderen. Het effect van een mineralenconcentraat is namelijk vastgesteld door de bepaling van de potentiële denitrificatie enzym activiteit (DEA). Het onderzoek werd uitgevoerd met een incubatieproef bij 20°C.

DEA is gemeten door een korte incubatie in een anaeroob waterig mengsel van grond (slurry) na toevoeging van 10 mM glucose (koolstof- en energiebron) en 10 mM KNO₃ (bron van nitraat als terminale elektron acceptor voor de ademhaling, vergelijking (1))¹³. Acetyleen wordt toegevoegd om de reductie van N₂O te blokkeren. Vervolgens wordt gedurende een aantal uren de ophoping van N₂O gemeten. Door de korte incubatietijd (maximaal 5 uur) krijgen de bacteriën geen gelegenheid zich te vermenigvuldigen waardoor de gemeten DEA zo dicht mogelijk ligt bij de echte activiteit. DEA is een meting van de snelheid waarmee N₂O vrijkomt en wordt uitgedrukt in ppm N₂O/ha.

De incubatieproef bestond uit twee onderdelen:

1. Vaststellen op welk tijdstip gemeten moet worden.

Onbekendheid met de mate en snelheid van afbraak van organische stof van een mineralenconcentraat en het effect daarvan op de snelheid waarmee denitrificatie zou optreden, was reden om hierop een verkenning uit te voeren. Onder de gegeven proefomstandigheden (strikt anaeroob, 20°C, forse gift mineralenconcentraat) trad snel denitrificatie op waarvan het effect na vier dagen niet meer aantoonbaar was. Gekozen werd om na twee dagen DEA te meten.

2. Onderzoek mineralenconcentraat

Het effect werd gemeten door de enzymactiviteit van grond vóór (t=0) en na toediening van het mineralenconcentraat (t=2 dagen). Op t=2 werd ook een controle gemeten waaraan geen mineralenconcentraat was toegevoegd. Daardoor is getest of het concentraat de DEA verhoogt. Door bovendien de DEA-meting met en zonder glucose uit te voeren kan bepaald worden in hoeverre koolstof beperkend is.

Het onderzoek werd uitgevoerd met zandgrond van bouwland en grasland.

Zandgrond van bouwland en grasland werd verzameld op dezelfde locaties waar veldproeven met mineralenconcentraten werden uitgevoerd (Van Geel, 2011a; Van Middelkoop & Holshof, 2011). De grond van bouwland was direct gereed voor het inzetten van de incubatieproef. Grond van grasland werd gedurende een maand onder veldvochtige omstandigheden geïncubeerd om weer een evenwicht in afbraak van organische

¹³ Dit geeft een toevoeging van een koolstof- en stikstofbron met een C/N-quotiënt van 13,5

stof in de bodem tot stand te brengen. In deze proef is hiervoor gekozen omdat het verwijderen van grond uit het veld en het daarbij verwijderen van de graswortels een grotere aanslag is op de organische stofhuishouding dan teweeg gebracht wordt door injectie van een mineralenconcentraat. Er is gekozen voor één grondsoort, dekzand, in verband met het aantonen van het principe. Dekzand is gekozen in verband met de hanteerbaarheid van de grond. Een kleigrond versmeert sneller.

In het onderzoek zijn drie mineralenconcentraten, een controle (geen meststof) en een referentie voor een stikstofmest opgenomen (KAS) en bestaat uit de combinaties opgenomen in tabel 8. De gift van een product werd afgestemd op de gift aan stikstof. KAS, MC1, MC2 en MC1b werden met eenzelfde stikstofgift toegediend. De stikstofgift werd afgestemd op een lokaal optredende stikstofgift bij injectie in een sleuf bij toediening van 120 kg N/ha. In de injectiesleuf komt tijdelijk een veel hogere stikstofconcentratie voor dan bij breedwerpig toegediende stikstof. Als concentratiefactor is 16,67 aangehouden die is afgeleid uit de proefuitvoering van het onderzoek van Van Middelkoop en Holshof (2011). De stikstofgift is omgerekend naar de proefuitvoering met 40 g grond.

Tabel 8

Product- en behandelingen-combinaties voor de bepaling van DAE.

Product	Behandeling
Geen toevoeging	Grond voor toevoeging, t=0
Geen toevoeging	Grond zonder product, zonder glucose, t=2
Glucose toevoeging	Grond zonder product, met glucose, t=2
KAS	Grond met KAS, t=2, zonder glucose
Mineralenconcentraat 1 (MC1)	Grond met MC1, t=2, zonder glucose
Mineralenconcentraat 2 (MC2)	Grond met MC2, t=2, zonder glucose
Mineralenconcentraat 3 (MC1b)	Grond met MC1b, t=2, zonder glucose

Alle behandelingen hebben overmaat KNO_3 toegediend gekregen (10 mM KNO_3).

Elke combinatie had drie herhalingen.

Deze opzet had daardoor 1 grondsoort x 2 culturen (bouw- en grasland) x ((4 behandelingen met producten) + grond voor toevoeging + grond zonder toevoeging (met en zonder glucose)) x 3 herhalingen. Dit onderdeel van het onderzoek omvatte daardoor 42 metingen van DAE.

2.3 Incubatieproef immobilisatie

Immobilisatie van stikstof kan met directe en indirecte methoden bepaald worden. Indirecte methoden zijn sneller en daardoor goedkoper uit te voeren. Directe methoden vragen meting van de daadwerkelijke groei van de bacteriepopulatie. Dit laatste kan onder meer door het meten van de inbouw van C^{12} -gelabelde thymidine (een nucleoside van thimine en desoxyribose) en leucine (een aminozuur) in bacteriën en door de ontwikkeling van het aantal bacteriën te tellen. In dit rapport wordt een verkenning gerapporteerd die werd uitgevoerd om vast te stellen of er sprake is van immobilisatie van minerale stikstof. Dit werd afgeleid uit een mogelijke verlaging van de voorraad minerale stikstof kort na toediening van een mineralenconcentraat.

De verkenning is uitgevoerd met een incubatieproef van KAS en MC met grond, zonder gewas, bij 15°C. De behandelingen zijn:

Grondsoorten (zandgrond, kleigrond)	2
Cultuur (grasland, bouwland)	2
Producten (twee mineralenconcentraten (MC1, MC2), KAS, controle)	4
Stikstoftrap	1
Incubateduur (0, 3, 7, 28 en 56 dagen)	5
Herhalingen	3
Totaal aantal monsters	240

De incubatie werd uitgevoerd met audiotheen zakjes waardoor zuurstofuitwisseling mogelijk blijft. De grond werd in een dunne laag (plat rechthoekig zakje) aangebracht. Verlies van ammoniak en verliezen van stikstof door denitrificatie werd zoveel mogelijk uitgesloten door producten direct met veldvochtige grond te mengen en aerob te incuberen door een rulle structuur in het grondmonster aan te brengen.

Verzamelen van grond van grasland leidt tot beschadiging van graswortels. Hoewel deze graswortels door zeven verwijderd worden, komt toch organische stof vrij die ook leidt tot immobilisatie van stikstof. Deze immobilisatie zal door de manier van verzamelen en voorbehandeling hoger zijn dan die in het veld optreedt bij het injecteren van een mineralenconcentraat. Grond van grasland werd daarom gedurende een maand onder veldvochtige omstandigheden geïncubeerd om weer een evenwicht in afbraak van organische stof in de bodem tot stand te brengen. Grond van bouwland is direct gereed voor het inzetten van de incubatieproef. De pH en het gehalte aan organische stof wordt gegeven in tabel 9.

Tabel 9

Zuurgraad en organische stofgehalte van de klei- en zandgrond van bouwland en grasland gebruikt voor de incubatieproef naar het effect van mineralenconcentraten op de mate van immobilisatie.

Grondsoorten	pH-CaCl ₂	Organische stof (105-550 °C) [%]
1 Kleigrond, Lelystad PPO-agv, bouwland ¹	7,39	2,6
2 Kleigrond, Lelystad, Waiboerhoeve, grasland	7,56	5,6
3 Zandgrond, Rolde, bouwland ¹	5,18	5,6
4 Zandgrond, Aver Heino, praktijkbedrijf, grasland	5,31	4,2

¹ Deze gronden zijn identiek aan die zijn opgenomen in tabel 2. De gronden zijn vochtig bewaard dat tot geringe wijzigingen in zuurgraad en organische stofgehalte heeft geleid.

De stikstoftrap was 240 kg N/ha. De gift is omgerekend van een bouwvoor van 25 cm (bouwland) of een zode van 10 cm (grasland) door rekening te houden met het organische stofgehalte en het daaruit te berekenen volumegegewicht. De stikstofgift was 0 mg N/200 g grond bij de blanco en 38,6 mg N/200 g grond bij toediening als kalkammonsalpeter of mineralenconcentraat.

Na intensieve menging werden de audiotheen zakjes dicht geseald en in een klimaatcel in het donker geïncubeerd bij 15°C. Op aangegeven tijdstippen werden zakjes grond bemonsterd en werd een minerale stikstof bepaling uitgevoerd.

De incubatieproef werd uitgevoerd door het CBLB.

3 Stikstofwerkingscoëfficiënten

3.1 Gras

Vier sneden gras werden geoogst. De oogsttijdstippen waren 21, 62, 111 en 132 dagen na bemesting met de stikstofmeststoffen. Bij de eerste drie oogsten is gras op ca. 2 cm boven potoppervlak geoogst, bij de vierde oogst werd ook de stoppel afgesneden. Daardoor werd aanzienlijk meer drogestof geoogst dan bij de derde snede (bijlage 3). Het effect van bemesting op drogestofproductie en stikstofopname wordt gegeven voor vergelijkbaar oogstmateriaal: voor de eerste drie sneden en voor de totale productie en opnamen (sneden 1 t/m 4).

De reactie van gras op aangebrachte behandelingen was visueel sterk contrasterend tussen wel of geen bemesting, verschillen tussen de behandelingen per stikstofgift waren bij de eerste snede niet groot. De tweede snede reageerde visueel nog wel op opgelegde verschillen in stikstofgift maar vanaf de derde snede waren de verschillen visueel nauwelijks waarneembaar. Verschillen tussen meststoffen bij eenzelfde stikstofgift waren visueel niet groot (foto's 3 a-d).

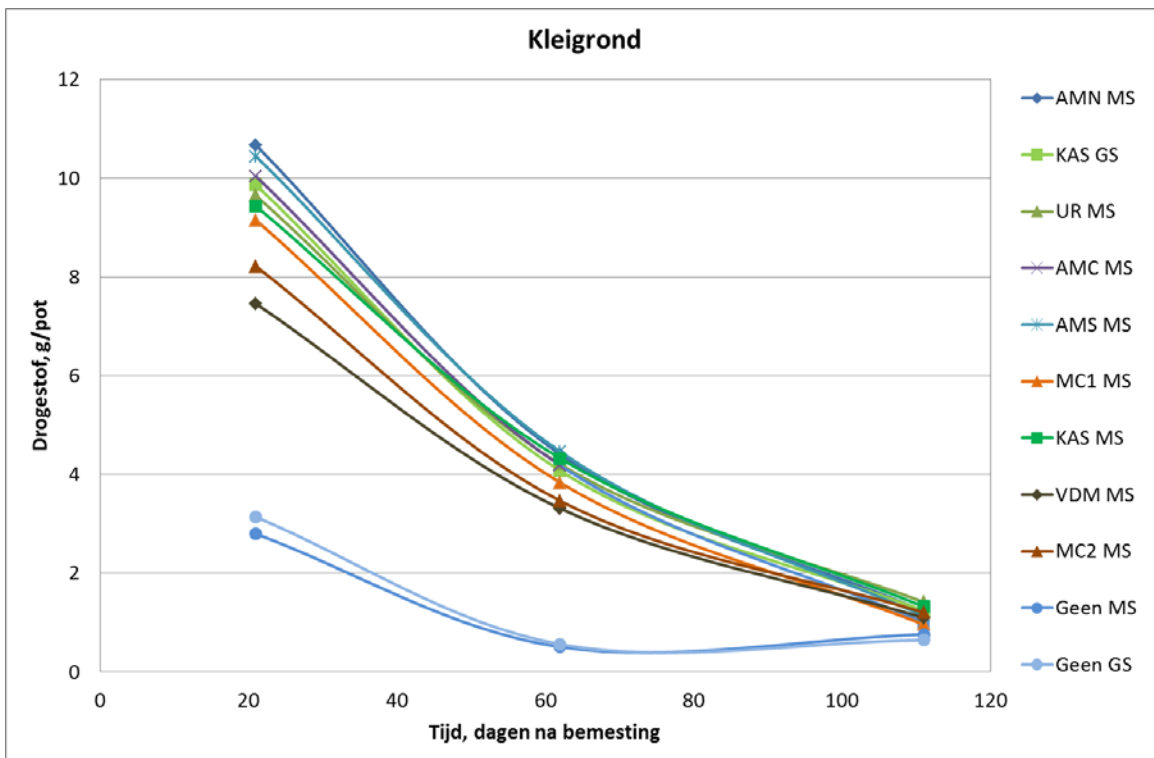


Foto 3 a-d

Overzichtsfoto's van de stand van het Engels raaigras vlak voor de eerste, tweede, derde en vierde oogst, respectievelijk links boven, rechts boven, links onder en rechts onder.

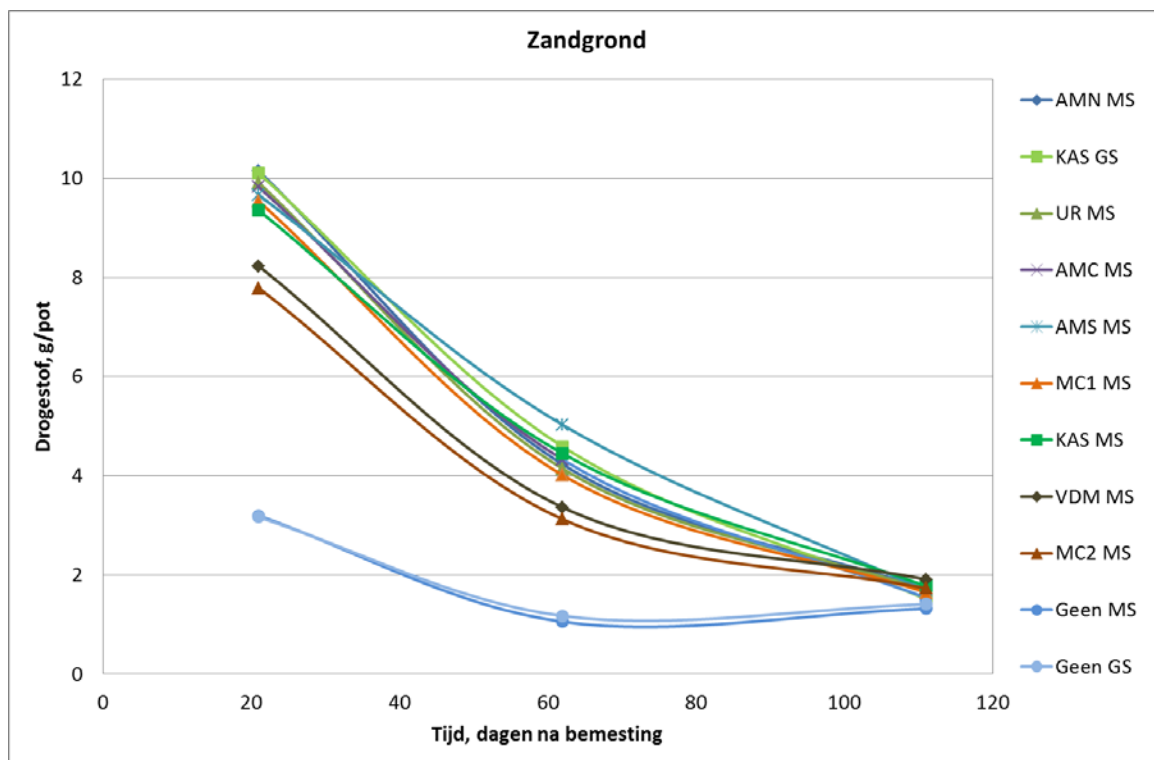
3.1.1 Drogestof

De drogestofproductie was het hoogst bij de eerste snede en nam vervolgens sterk en zeer significant af bij volgende sneden. Bij de derde snede werden geen wezenlijke verschillen meer gevonden tussen de behandelingen (figuren 2 en 3).



Figuur 2

Drogestofproductie van gras op kleigrond voor drie opeenvolgende oogsten bij de hoogste stikstofgift met ammoniumnitraat (AMN), kalkammonsalpeter (KAS), ureum (UR), ammoniumchloride (AMC), ammoniumsulfaat (AMS), mineralenconcentraten (MC1 en MC2) en varkensdrijfmest (VDM) aangebracht in een sleuf (MS) of breedwerpig toegediend en een controle zonder stikstofbemesting (Geen) met een sleuf en zonder een sleuf (GS).



Figuur 3

Drogestofproductie van gras op zandgrond voor drie opeenvolgende oogsten bij de hoogste stikstofgift gegeven met verschillende meststoffen. Voor de verklaring van acroniemen en symbolen zie figuur 2.

Grondsoort, bemesting, meststofvorm, stikstofgift en oogsttijdstippen hadden een significant effect op de drogestofopbrengst. Breedwerpig toegediende KAS gaf de hoogste opbrengst bij de eerste snede maar deze verschilde niet significant van de opbrengst bij vloeibare stikstofkunstmeststoffen. KAS aangebracht in een sleuf en MC1 gaven een licht lagere opbrengst, MC2 en VDM gaven duidelijk lagere opbrengsten. Zonder stikstofbemesting werd de laagste opbrengst vastgesteld.

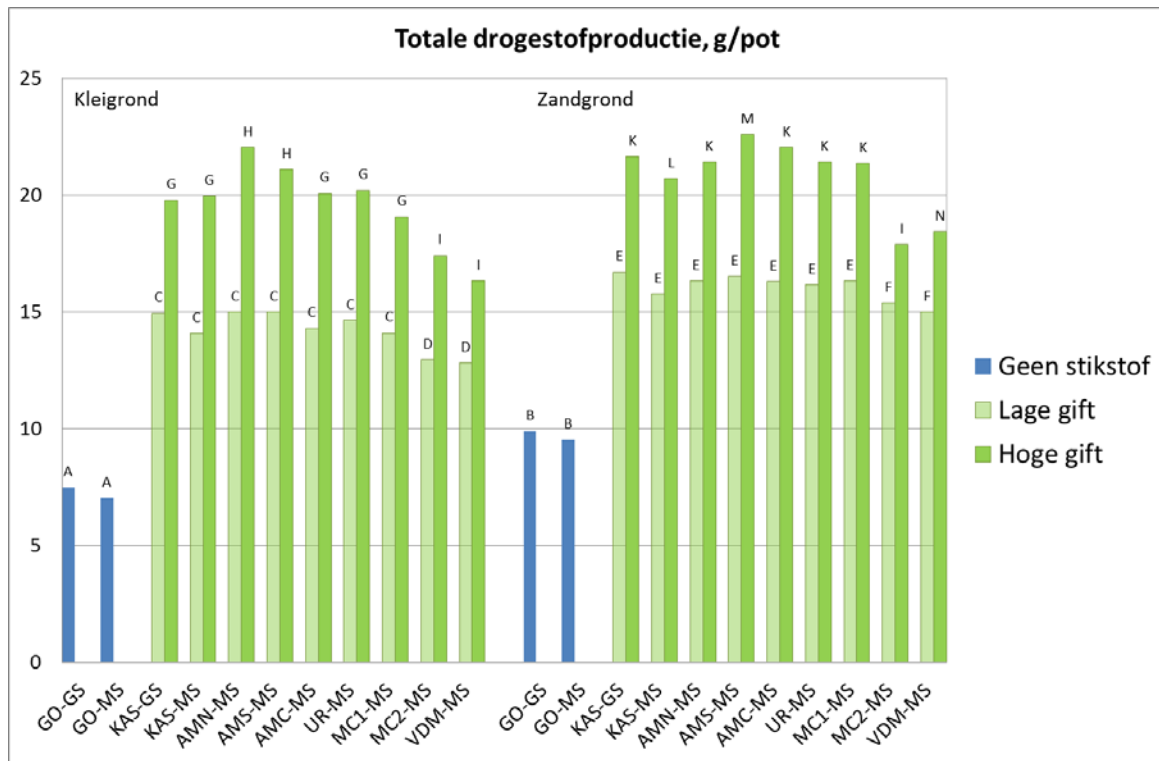
De zandgrond had een hoger productieniveau dan de kleigrond. Dit kan worden toegeschreven aan de voorraad minerale stikstof (tabel 1).

Zonder stikstofbemesting had het wel of niet aanbrengen van een sleuf geen invloed op de drogestofopbrengst. KAS in een sleuf geplaatst gaf op kleigrond een lagere opbrengst dan bij breedwerpig toegediende KAS, op zandgrond was er geen verschil. Bij de lage stikstofgift was er geen significant verschil tussen de KAS breedwerpig toegediend en de vloeibare stikstofkunstmeststoffen of MC1. MC2 en VDM hadden significant lagere drogestofopbrengsten. Bij de hoge stikstofgift hadden AMN en AMS significant hogere drogestofopbrengsten dan KAS breedwerpig. KAS breedwerpig had bij deze hoge gift een vergelijkbare opbrengst als overige kunstmestvormen. MC1, MC2 en VDM hadden significant lagere opbrengsten dan de kunstmestvormen.

Bij de tweede snede hadden MC2 en VDM ook significant lagere opbrengsten t.o.v. overige behandelingen op beide grondsoorten, MC1 met de hoge stikstofgift gaf op zandgrond een significant lagere opbrengst. Bij de derde snede was er geen verschil tussen de behandelingen in drogestofopbrengst.

Bij de vierde snede werden zowel hergroei van gras als stoppel geoogst. Zandgrond leverde bij deze oogst een hogere productie dan kleigrond. Bemesting met stikstof leverde eveneens een hogere drogestofproductie.

Bij een hogere stikstofgift was de stoppel beter ontwikkeld. Een hogere stikstofgift leidde dan ook tot een hogere opbrengst aan drogestof. Verschillen tussen behandelingen per stikstofgift waren doorgaans niet significant verschillend. De totale drogestofproductie van gras wordt gegeven in figuur 4.



Figuur 4
Totale drogestofproductie van gras op kleigrond (links) en zand grond (rechts) bij drie stikstofbemestingsniveaus (geen, laag en hoog) met kunstmeststoffen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest. Voor verklaring van acroniemen en symbolen zie figuur 2. Kolommen met eenzelfde letter verschillen voor de betreffende grondsoort niet significant. KAS-GS is als referentie genomen.

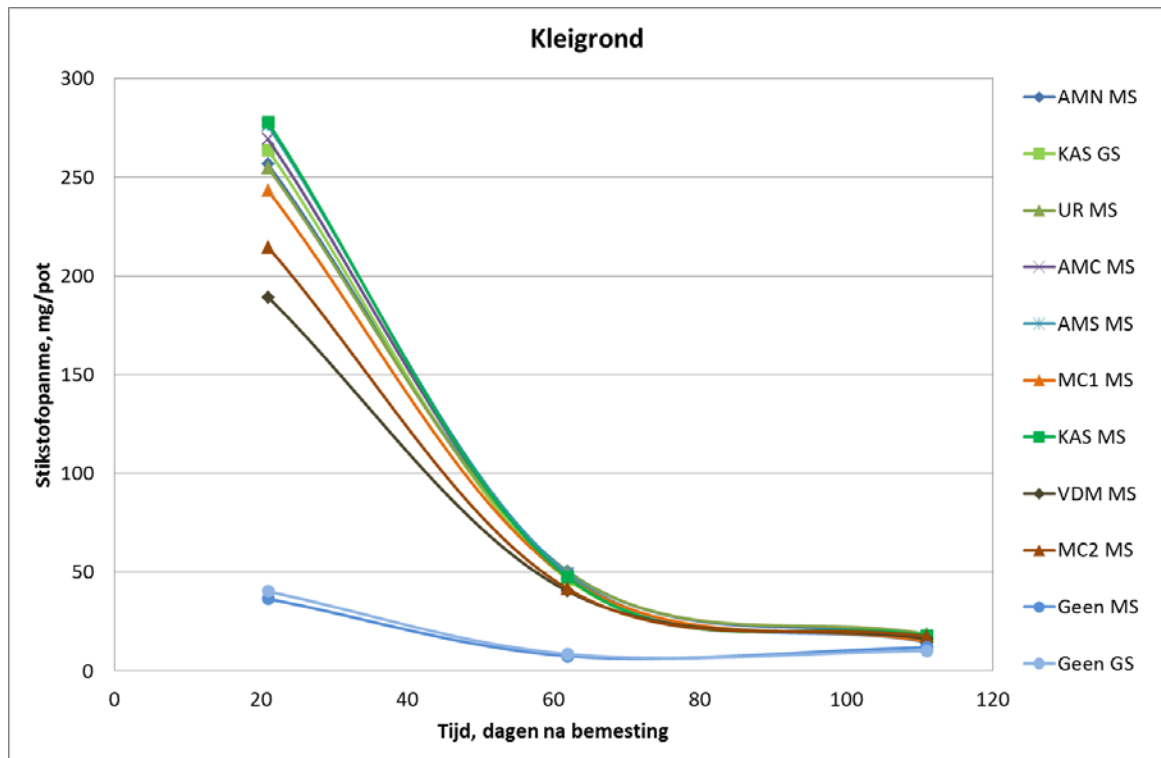
Zandgrond produceerde meer gras dan kleigrond. Door bemesting met stikstof te geven, werd de opbrengst verhoogd, deze opbrengst nam verder toe bij de hogere stikstofgift. Bij lage stikstofgift verschillen de kunstmeststikstofvormen en MC1 niet. MC2 en VDM hadden significant lagere opbrengsten. Bij de hoge stikstofgift werden verschillen tussen behandelingen met kunstmeststikstofvormen en grondsoorten vastgesteld. Op kleigrond gaven AMN en AMS namelijk significant hogere producties, op zandgrond gaf AMS een significant hogere productie en KAS in een sleuf aangebracht een significant lagere productie. MC1 gaf een met overige kunstmestvormen vergelijkbare productie; MC2 en VDM leverden t.o.v. andere behandelingen significant lagere producties. Op kleigrond was er geen verschil tussen MC2 en VDM. Op zandgrond leverde VDM een significant hogere productie dan MC2.

3.1.2 Stikstofopname

De stikstofopname door gras vond vooral plaats in de periode tussen bemesting en de oogst van de eerste snede. De stikstofopname door gras van de tweede en derde snede was een fractie van die van de eerste snede (figuren 4 en 5). Grondsoort, bemesting, meststofvorm, stikstofgift en oogsttijdstippen hadden een significant effect op de stikstofopname. Bemesting verhoogde de stikstofopname. De stikstofopname van AMS

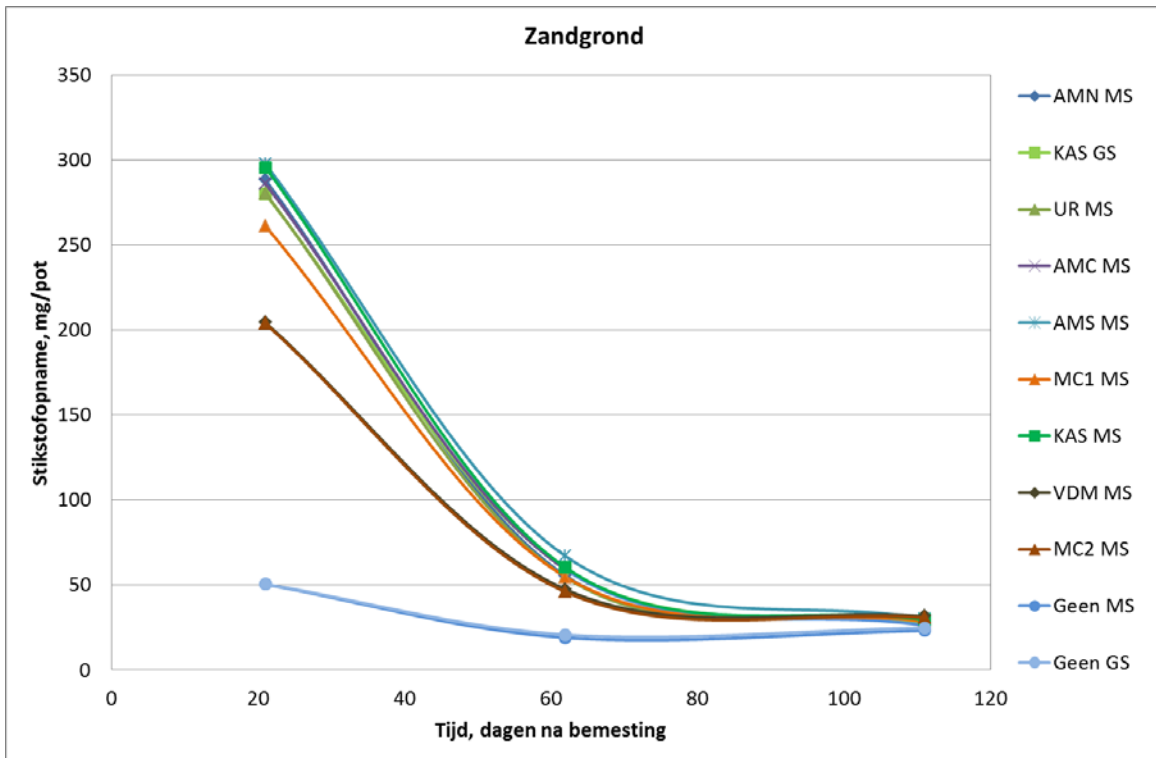
op zandgrond was significant hoger dan die van andere meststoffen, maar overige verschillen tussen KAS en vloeibare stikstofkunstmeststoffen waren niet verschillend. De stikstofopname bij MC1, MC2 en VDM was significant lager dan bij de kunstmeststoffen. VDM gaf een significant lagere stikstofopname dan de andere meststoffen. MC2 op zand gaf weliswaar een hogere stikstofopname maar dit was niet significant. De controles zonder stikstofbemesting gaven significant de laagste stikstofopnames.

De stikstofopname op zandgrond was significant hoger dan die op kleigrond.



Figuur 4

Stikstofopname door gras op kleigrond voor drie opeenvolgende oogsten bij de hoogste stikstofgift gegeven met verschillende meststoffen. Voor verklaring van acroniemen en symbolen zie figuur 2.

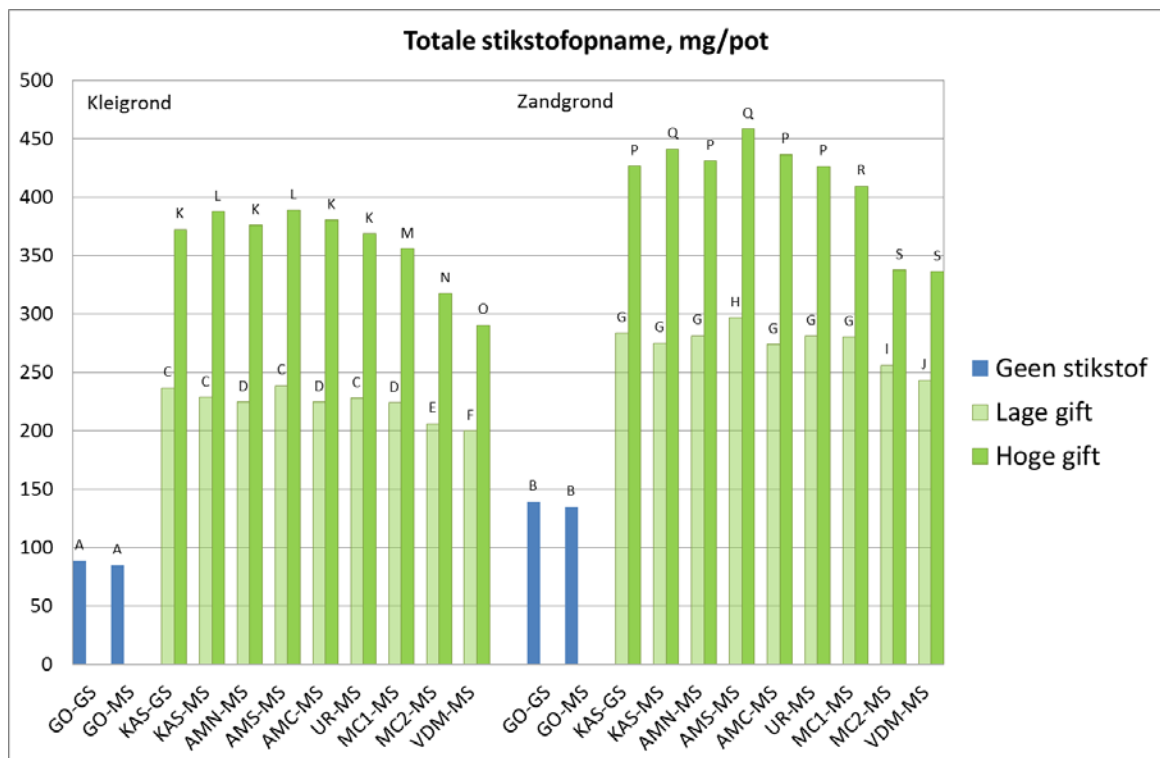


Figuur 5

Stikstofopname door gras op zandgrond voor drie opeenvolgende oogsten bij de hoogste stikstofgift gegeven met verschillende meststoffen. Voor de verklaring van acroniemen en symbolen zie figuur 2.

Verschillen in stikstofopname werden vooral bij de eerste snede vastgesteld. Bij de lage stikstofgift gaven KAS breedwerpig en AMS een vergelijkbare stikstofopname, overige behandelingen met kunstmeststoffen leidden tot een significant lagere stikstofopname. Op kleigrond gaven MC1, MC2 en VDM een significant lagere stikstofopname, op zandgrond gaven MC2 en VDM een significant lagere stikstofopname dan de overige behandelingen met stikstofbemesting.

Bij de hoge stikstofgift werd bij de eerste snede bij zand- en kleigrond bij KAS in een sleuf geplaatst en AMS een hogere stikstofopname vastgesteld dan bij KAS breedwerpig. AMN en UR leidden op kleigrond tot lagere stikstofopnames dan bij KAS breedwerpig toegediend. Op zandgrond daarentegen gaf AMN een hogere stikstofopname dan met KAS breedwerpig, terwijl AMC en UR een vergelijkbare stikstofopname gaven. MC1, MC2 en VDM hadden op beide grondsoorten lagere stikstofopnames. Bij de tweede en derde snede werden geen verschillen in stikstofopname vastgesteld bij behandelingen met stikstofbemesting. Bij MC1, MC2 en VDM op zandgrond werden bij de tweede snede t.o.v. de kunstmeststoffen significant lagere stikstofopnames gevonden.



Figuur 6

Totale stikstofopname door gras op kleigrond (links) en zand grond (rechts) bij drie stikstofbestedingsgiften (geen, laag en hoog) met kunstmeststoffen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest. Voor verklaring van acroniemen en symbolen zie figuur 2. Kolommen met eenzelfde letter verschillen voor de betreffende grondsoort niet significant. KAS-GS is de referentie.

Bij de vierde oogst van aangroei van gras en stoppel was de stikstofopname door gras op zandgrond hoger dan op kleigrond. Bemesting met stikstof leidde tot een hogere stikstofopname. Een hogere stikstofgift veroorzaakte een hogere stikstofopname dan de lagere stikstofgift. Verschillen tussen behandelingen per stikstofgift waren doorgaans niet significant.

De totale stikstofopname door gras wordt gegeven in figuur 6. Zandgrond gaf hogere stikstofopnames dan kleigrond. De stikstofopname is het laagst bij behandelingen zonder stikstofbemesting. Door stikstofbemesting te geven stijgt de stikstofopname. Een hogere stikstofgift geeft een hogere stikstofopname. De verschillen tussen de behandelingen zijn bij de lage stikstofgift kleiner dan bij de hoge stikstofgift. MC2 en VDM leidden tot lagere stikstofopnames dan overige behandelingen. In het algemeen zijn de verschillen tussen behandelingen met kunstmestvormen en MC1 bij de lage stikstofgift beperkt. Op kleigrond zijn AMN, AMC en MC1 significant lager in stikstofopname dan de overige kunstmestvormen maar groot zijn deze verschillen niet. Op zandgrond doet AMS het wat beter (significant) qua stikstofopname dan de overige behandelingen. De grootste contrasten worden vastgesteld bij de hoge stikstofgift. Voor kleigrond wordt de volgende rangorde vastgesteld: KAS-MS = AMS > KAS-GS = AMN = AMC = UR > MC1 > MC2 > VDM. Bij zandgrond is deze rangorde: AMS = KAS-MS > KAS-GS = AMN = AMC = UR > MC1 > MC2 = VDM.

3.1.3 Werkingscoëfficiënten

De effectiviteit van stikstof uit kunstmeststoffen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest kan met verschillende parameters worden vastgelegd. In deze rapportage wordt de effectiviteit met vier parameters vastgelegd:

- De werkingscoëfficiënt afgeleid van de drogestofproductie (WC).
- Het stikstofuitbatingspercentage (ANR).
- De stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC).
- De efficiëntie waarmee stikstof omgezet wordt in drogestof (ANE).

De berekeningswijzen van WC, ANR, NWC en ANE zijn gegeven in paragraaf 2.1.9. Tabel 10 geeft een samenvatting van de parameters voor klei- en zandgrond, voor de eerste snede en voor de totale opbrengst. De hoogte van de stikstofgift bepaalt de waarden van de WC, ANR, NWC en ANE. Doorgaans worden deze waarden gerapporteerd in het responsieve deel van de opbrengstcurve. Er is sprake van een toename in respons (drogestof, stikstofopname) bij verhoging van de gift (zie voorafgaande paragrafen). Omdat er sprake is van een duidelijke toename in gewasreactie bij verhoging van de stikstofgift, wordt in deze rapportage het beeld van beide stikstofbemestingsniveaus besproken. Bij de werking van mineralenconcentraten wordt de NWC als meest belangrijke parameter gezien. In deze rapportage is de behandeling met kalkammonsalpeter, breedwerpig toegediend, de referentie (werking op 100% gesteld).

Werkingscoëfficiënt

In het algemeen is de WC op basis van de eerste snede wat lager dan die op basis van de totale drogestofproductie. Met name bij MC2 en VDM worden bij de eerste snede lagere waarden vastgesteld dan bij de totale drogestofproductie, dit moet een gevolg zijn van nawerking van stikstof door mineralisatie van organisch gebonden stikstof (tabellen 4 en 5).

Door KAS in een sleuf te plaatsen wordt een lagere WC vastgesteld dan bij breedwerpige toediening. Op kleigrond leiden AMN en AMS tot hogere WC dan KAS, AMC, UR of MC1. MC2 en VDM leiden tot lagere WC dan kunstmeststoffen of MC1. MC1 benadert de werking van een kunstmest.

Stikstofuitbatingspercentage

Van de toegediende stikstof wordt 73-82% bij de eerste snede teruggevonden, het resterende deel werd door de twee – vierde snedes opgenomen.

ANR wordt niet beïnvloed door KAS in een sleuf te plaatsen: breedwerpige toediening of plaatsing in een sleuf leiden tot identieke ANR's. Op zandgrond wordt stikstof beter benut dan op kleigrond. ANR's voor kunstmeststoffen en MC1 zijn identiek, voor MC2 en VDM zijn ze lager.

Stikstofwerkingscoëfficiënt

AMS heeft hogere waarden voor de NWC dan KAS. Overige kunstmeststoffen hebben t.o.v. KAS vergelijkbare NWC's. MC1 verschilt nauwelijks van KAS breedwerpig toegediend: 97% werking t.o.v. deze referentie. MC2 en VDM leiden tot lagere NWC's. Op kleigrond is er sprake van, relatief gezien, een licht betere benutting dan op zandgrond als vergeleken wordt met KAS. Voor MC2 is dat respectievelijk 80% en 76%, voor VDM is dat respectievelijk 73% en 71%.

Tabel 10

Werkingscoëfficiënt (WC), stikstofuitbatingspercentage (apparent nitrogen recovery, ANR), stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC) en efficiëntie van stikstofgebruik (apparent nitrogen use efficiency, ANE) van kunstmeststikstofvormen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest voor klei- en zandgrond en twee bemestingsniveaus voor stikstof voor de eerste snede en voor de totale opbrengst gras.

	Stikstofgift	Object ¹	Werkingscoëfficiënt (WC)		Stikstofuitbatingspercentage (ANR)		Stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC)		Efficiëntie van stikstofgebruik (ANE)	
			1 ^e snede	Totaal	1 ^e snede	Totaal	1 ^e snede	Totaal	1 ^e snede	Totaal
Klei	Laag	KAS-GS	100	100	61	78	100	100	22	40
		KAS-MS	81	88	56	74	92	94	18	35
		AMN-MS	100	101	55	72	91	92	22	40
		AMS-MS	100	101	61	79	100	101	22	40
		AMC-MS	95	91	56	72	93	92	21	36
		UR-MS	98	96	56	74	93	94	22	38
		MC1-MS	88	89	54	72	89	91	20	35
		MC2-MS	65	73	45	62	74	79	14	29
		VDM-MS	65	72	43	59	71	75	14	28
	Hoog	KAS-GS	100	100	59	75	100	100	18	33
		KAS-MS	94	101	63	79	106	105	17	33
		AMN-MS	112	118	57	76	97	101	20	39
		AMS-MS	109	111	63	80	106	106	19	36
		AMC-MS	103	102	61	77	102	103	18	33
		UR-MS	97	103	57	74	96	99	17	34
		MC1-MS	89	94	54	71	91	94	16	31
		MC2-MS	76	81	46	61	78	81	13	26
		VDM-MS	64	72	40	54	67	71	11	23
Zand	Laag	KAS-GS	100	100	60	77	100	100	21	36
		KAS-MS	96	87	60	72	101	94	21	31
		AMN-MS	93	95	57	75	96	98	20	34
		AMS-MS	102	98	66	83	111	109	22	35
		AMC-MS	89	94	57	71	96	93	19	34
		UR-MS	96	92	59	75	99	98	21	33
		MC1-MS	94	95	58	75	98	98	20	34
		MC2-MS	84	81	48	62	80	81	18	29
		VDM-MS	64	75	40	55	67	72	14	27
	Hoog	KAS-GS	100	100	61	75	100	100	18	31
		KAS-MS	89	96	65	80	107	106	16	29
		AMN-MS	101	99	63	77	104	103	19	31
		AMS-MS	94	104	66	85	108	112	17	34
		AMC-MS	96	102	63	79	103	105	18	32
		UR-MS	97	99	61	76	100	101	18	31
		MC1-MS	92	99	56	72	92	95	17	30
		MC2-MS	67	83	41	53	67	70	12	21
		VDM-MS	73	85	41	52	67	69	14	23

¹ KAS-GS : kalkammonsalpeter oppervlakkig en breedwerpig toegediend.

KAS-MS : kalkammonsalpeter in sleuf toegediend.

AMN-MS: vloeibaar ammoniumsalpeteroplossing in sleuf toegediend.

AMS-MS: vloeibaar ammoniumsulfaatoplossing in sleuf toegediend.

UR-MS: vloeibaar ureum in sleuf toegediend.

MC1: mineralenconcentraat van bedrijf B.

MC2: mineralenconcentraat van bedrijf D.

VDM: varkensdrijfmest van bedrijf B waaruit MC1 gemaakt is.

Efficiëntie waarmee stikstof wordt omgezet tot drogestof

Van de toegediende stikstof wordt bij de eerste snede 49 tot 62% omgezet in drogestof. De volgende sneden benutten resterende stikstofvoorraden. De eerste snede heeft meer stikstof opgenomen dan omgezet is in drogestof, bij de volgende sneden werd de groei gelimiteerd door de beschikbaarheid van stikstof.

Door KAS in een sleuf te plaatsen wordt minder drogestof geproduceerd per kg stikstof t.o.v. breedwerpig toegediende stikstof. Op kleigrond leidden AMN en AMS tot licht hogere ANE dan overige kunstmestvormen en MC1, op zandgrond waren er geen wezenlijk grote verschillen. MC2 en VDM leidden tot lagere ANE. Er is bij deze behandelingen minder stikstof opgenomen en ook minder drogestof geproduceerd in vergelijking met andere behandelingen.

3.1.4 pH-CaCl₂ en N-min-voorraad na de vierde oogst

Na de oogst werden grondmonsters genomen waarin pH-CaCl₂ en de minerale stikstofvoorraad werden bepaald met een extractie van 0,01 M CaCl₂.

pH-CaCl₂

Er deden zich slechts zeer kleine verschillen voor tussen de behandelingen met de meststoffen. Bij kleigrond was het grootste geconstateerde verschil tussen behandelingen 0,06 pH-eenheid, bij zandgrond 0,14 pH-eenheid.

N-min-voorraad

Er was praktisch geen stikstof meer in minerale vorm aanwezig. De bodem was na vier oogsten vrij van minerale stikstof.

3.2 Snijbiet

Bij snijbiet werden twee oogsten uitgevoerd. De eerste oogst werd 46 dagen na zaai uitgevoerd, de tweede oogst volgde 49 dagen daarna. Tijdens de ontwikkeling van het gewas voor de eerste oogst werden symptomen van magnesiumgebrek waargenomen: het gewas werd gelig van kleur. Na een corrigerende aanvullende magnesiumgift verdween deze gelige kleur. Het is aannemelijk dat het magnesiumgebrek opgewekt werd door de hoge kaliumgiften die het gevolg zijn van een standaardisatie naar de hoogste kaliumgift met MC2 en de hoge kaliumbehoefte van snijbiet. Daardoor is naar beeldvorming het antagonisme tussen de opname van kalium en magnesium tot expressie gekomen. Het verschijnsel kon niet teruggevoerd worden op een bepaalde behandeling.

Bij de ontwikkeling van het gewas na de eerste oogst trad bij enkele potten met zandgrond bij de hoogste stikstofgift verwelking van planten op. Die verwelking bleek door Pythium te worden veroorzaakt. Het aantal planten bij de oogst is geteld en betrokken bij de statistische analyse (covariantie-analyse). Het verschil in aantal planten oefende alleen een effect uit op de nagroei na de eerste oogst en daardoor op de totale drogestofproductie. Er is bij een significant effect van het aantal planten gecorrigeerd. De mate van correctie was gering (~3% van de drogestofproductie bij aangetaste behandelingen¹⁴). Bij de eerste oogst en bij de stikstofopname werd geen effect van een verschil in aantal planten vastgesteld op de productie van drogestof. Het optreden van Pythium en de daardoor optreden uitval van planten had geen effect op de stikstofopname.

De gewasontwikkeling bij de eerste oogst was fors (foto 4), de nawerking van de behandelingen bij de twee oogst was beperkt (foto 5). Bij de tweede oogst vertoonden alle behandelingen symptomen van stikstofgebrek. Het verschil met de controle was nauwelijks zichtbaar.

¹⁴ Aangetaste behandelingen: alleen zandgrond, alleen de hoogste stikstofgift, KAS, AMN, AMS en MC2.



Foto 4

Stand van snijbiet bij de eerste oogst op kleigrond (links) en zandgrond (rechts) met van links naar rechts behandelingen zonder stikstofbemesting (controle), kalkammonsalpeter, MC1, MC2 en VDM bij de hoogste stikstofgift.



Foto 5

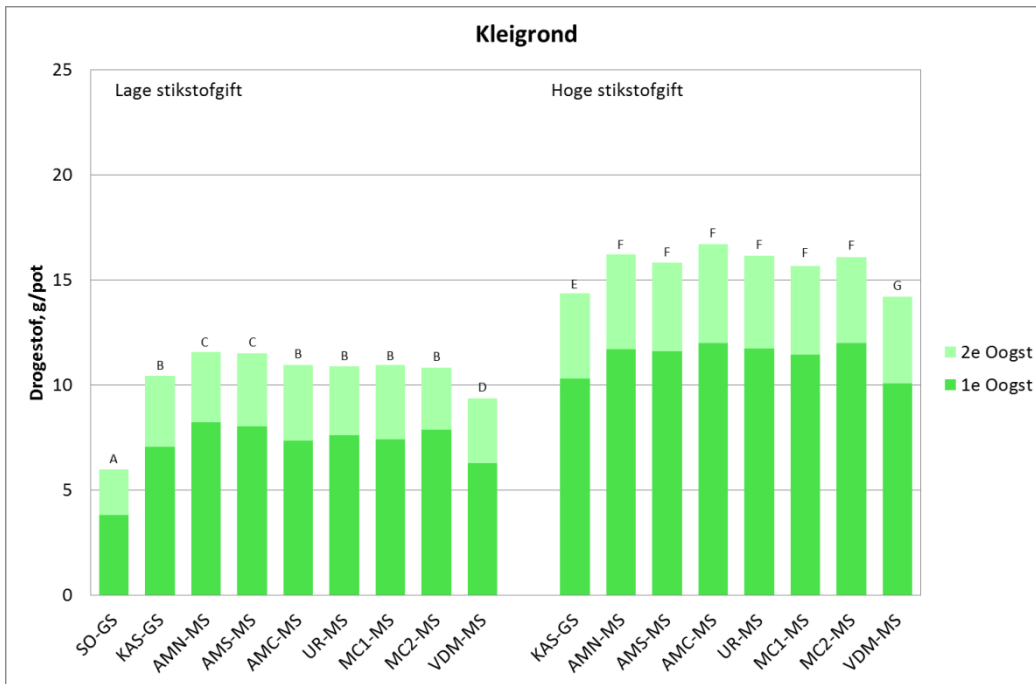
Stand van snijbiet bij de tweede oogst op kleigrond (links) en zandgrond (rechts) met van links naar rechts behandelingen zonder stikstofbemesting (controle), kalkammonsalpeter, MC1, MC2 en VDM bij de hoogste stikstofgift.

3.2.1 Drogestofproductie

De drogestofproductie op zandgrond was significant hoger dan op kleigrond. Dit verschil wordt toegeschreven aan de hogere minerale stikstofvoorraad en magnesiumtoestand van de zandgrond bij aanvang van de potproef. Stikstofbemesting verhoogde de drogestof-opbrengst, de hogere stikstofgift gaf een hogere productie dan de lage stikstofgift (figuren 7 en 8).

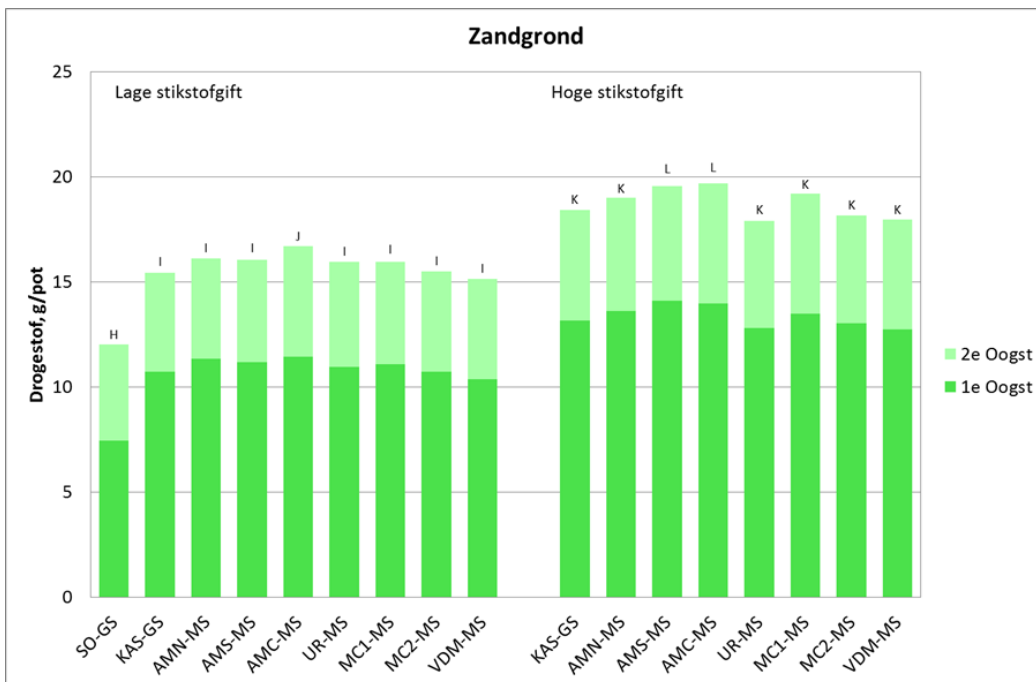
Bij de lage stikstofgift op kleigrond gaven AMN en AMS hogere opbrengsten dan de referentiemeststof KAS, AMC, UR en de mineralenconcentraten. VDM gaf een kleinere opbrengstverhoging dan de andere meststoffen. Bij de hoge stikstofgift was de opbrengst met KAS significant lager dan die van overige behandelingen met uitzondering van VDM dat een (net) significant lagere productie gaf dan KAS.

Op zandgrond gaf AMC bij de lage stikstofgift een - net - significant hogere opbrengst dan andere meststofvormen, bij de hoge stikstofgift gaven AMS en AMC een significant hogere opbrengst dan overige behandelingen die onderling niet verschilden.



Figuur 7

De totale drogestofproductie van snijbiet gegeven als som van de eerste en tweede oogst bij kleigrond voor drie stikstofgiften (geen (SO), lage en hoge gift) voor stikstofkunstmestvormen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest. De acroniemen zijn identiek aan die gegeven bij figuur 2. Kolommen met eenzelfde letter verschillen voor de betreffende grondsoort niet significant. KAS-GS is als referentie genomen.



Figuur 8

De totale drogestofproductie van snijbiet gegeven als som van de eerste en tweede oogst bij zandgrond voor drie stikstofgiften (geen (SO), lage en hoge gift) voor stikstofkunstmestvormen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest. De acroniemen zijn identiek aan die verklaard bij figuur 2. Kolommen met eenzelfde letter verschillen voor de betreffende grondsoort niet significant. KAS-GS is als referentie genomen.

3.2.2 Stikstofopname

De stikstofopname van snijbiet op zandgrond was hoger dan die op kleigrond. Bemesting met stikstof leidde tot een hogere stikstofopname; de hoge stikstofgift leidde tot significant hogere stikstofopname dan de lage stikstofgift. De stikstofopname van de eerste oogst was bepalend voor de stikstofwerking, de nawerking vastgesteld door de tweede oogst was een fractie van de opname van de eerste oogst. Op kleigrond bij de lage stikstofgift werd bij de tweede oogst 22-38% van de stikstof opgenomen van de totale opname, bij de hoge stikstofgift werd 8-20% van de hoeveelheid stikstof opgenomen. Voor zandgrond waren deze percentages respectievelijk 25-44% en 18-21%.

Op kleigrond verschilden de stikstofopnames bij beide stikstofgiften bij de kunstmestvormen niet van elkaar, de mineralenconcentraten en de varkensdrijfmest namen significant minder stikstof op en varkensdrijfmest weer minder dan de mineralenconcentraten.

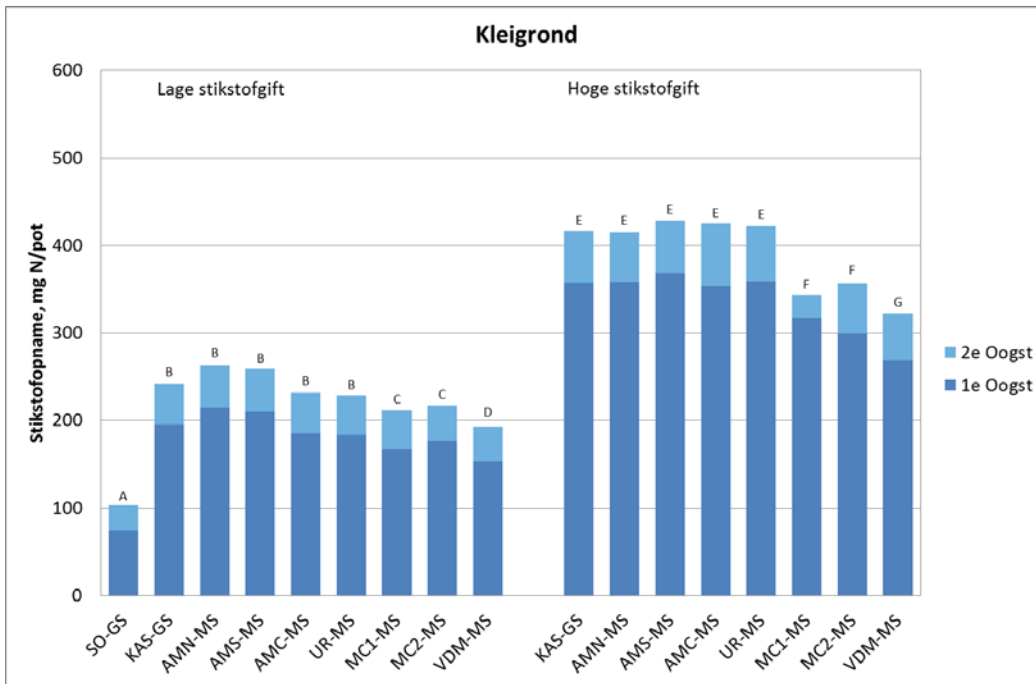
Op zandgrond verschilden de stikstofopnames bij beide stikstofgiften bij de kunstmestvormen en MC1 niet van elkaar. Bij de lage stikstofgift leidde bemesting met VDM tot een significant lagere opnamen. Bij de hoge stikstofgift gaven MC2 en VDM lagere stikstofopnames en VDM was daarbij significant lager dan MC2.

3.2.3 Werkingscoëfficiënten

De eerste oogst heeft geprofiteerd van de bemesting, de hergroei na de eerste oogst was aanzienlijk lager qua opbrengst en qua stikstofopname. De gegevens worden in tabel 11 samengevat voor de eerste oogst en de totale oogst. De referentie is KAS breedwerpig toegediend (KAS-GS).

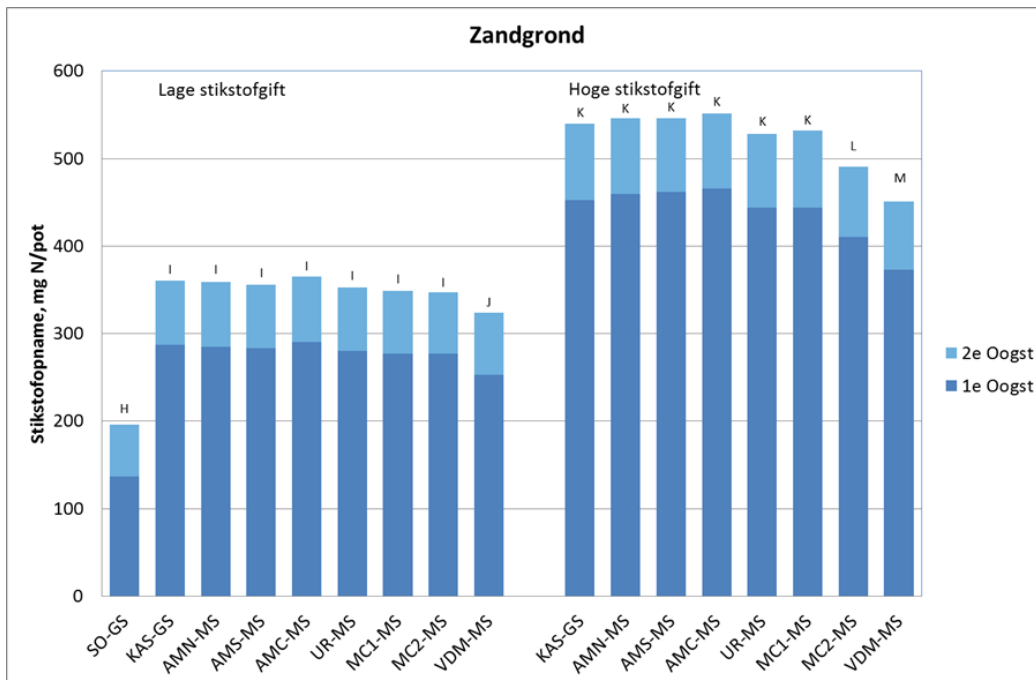
Werkingscoëfficiënt

In het algemeen zijn de werkingscoëfficiënten van de eerste oogst en van de totale opbrengst aan drogestof vergelijkbaar; de verhouding tot de referentiemest verandert niet. Op basis van de drogestofproductie doen de vloeibare meststoffen en de mineralenconcentraten het beter dan de referentiemeststof. Bij de lage stikstofgift op kleigrond hebben AMN en AMS een hogere werkingscoëfficiënt dan AMC, MC1 en MC2. Alle waarden zijn hoger dan 100%, dus KAS heeft minder goed gepresteerd. Alleen VDM heeft een lagere werkingscoëfficiënt, met name bij de lage gift. Op zandgrond is het beeld bij de lage stikstofgift vergelijkbaar met dat voor kleigrond.



Figuur 9

De totale stikstofopname van snijbiet gegeven als som van de eerste en tweede oogst bij kleigrond voor drie stikstofgiften (geen (SO), lage en hoge gift) voor stikstofkunstmestvormen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest. De acroniemen zijn identiek aan die gegeven bij figuur 2. Kolommen met eenzelfde letter verschillen voor de betreffende grondsoort niet significant. KAS-GS is als referentie genomen.



Figuur 10

De totale stikstofopname van snijbiet gegeven als som van de eerste en tweede^e oogst bij zandgrond voor drie stikstofgiften (geen (SO), lage en hoge gift) voor stikstofkunstmestvormen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest. De acroniemen zijn identiek aan die gegeven bij figuur 2. Kolommen met eenzelfde letter verschillen onderling niet significant. KAS-GS is als referentie genomen.

Tabel 11

Werkingscoëfficiënt (WC), stikstofuitbatingspercentage (apparent nitrogen recovery, ANR), stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC) en efficiëntie van stikstofgebruik (apparent nitrogen use efficiency, ANE) van kunstmeststikstofvormen, mineralenconcentraten en varkensdrijfmest voor klei- en zandgrond en twee bemestingsniveaus voor stikstof voor de eerste oogst en voor de totale opbrengst snijbiet.

Grond	Stikstofgift	Object ¹	Werkingscoëfficiënt (WC)		Stikstofuitbatingspercentage (ANR)		Stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC)		Efficiëntie van stikstofgebruik (ANE)	
			1 ^e oogst	Totaal	1 ^e oogst	Totaal	1 ^e oogst	Totaal	1 ^e oogst	Totaal
Klei	Laag	KAS-GS	100	100	64,4	74,2	100	100	17,3	23,5
		AMN-MS	135	126	74,7	85,2	116	115	23,4	29,7
		AMS-MS	130	125	72,3	83,0	112	112	22,5	29,3
		AMC-MS	108	112	58,9	68,6	91	92	18,7	26,3
		UR-MS	117	111	57,9	67,0	90	90	20,3	26,1
		MC1-MS	111	112	49,5	58,0	77	78	19,2	26,3
		MC2-MS	125	109	54,4	60,6	85	82	21,6	25,8
		VDM-MS	76	76	42,1	47,8	65	64	13,2	17,9
	Hoog	KAS-GS	100	100	75,0	83,2	100	100	17,2	22,2
		AMN-MS	121	122	75,4	82,9	100	100	20,9	27,1
		AMS-MS	120	117	77,9	86,2	104	104	20,7	26,0
		AMC-MS	126	128	74,0	85,5	99	103	21,7	28,4
		UR-MS	122	121	75,5	84,7	101	102	21,0	27,0
		MC1-MS	117	116	64,4	63,9	86	77	20,2	25,7
		MC2-MS	126	121	59,7	67,4	80	81	21,7	26,8
		VDM-MS	96	98	51,5	58,2	69	70	16,6	21,7
Zand	Laag	KAS-GS	100	100	80,1	87,5	100	100	17,5	18,2
		AMN-MS	118	119	78,7	86,4	98	99	20,7	21,7
		AMS-MS	114	118	78,2	85,1	98	97	19,8	21,4
		AMC-MS	122	137	81,8	89,7	102	102	21,2	24,8
		UR-MS	106	114	76,5	83,5	95	95	18,5	20,8
		MC1-MS	110	115	74,9	81,2	93	93	19,2	20,9
		MC2-MS	100	101	74,8	80,2	93	92	17,4	18,4
		VDM-MS	88	91	61,8	67,7	77	77	15,4	16,6
	Hoog	KAS-GS	100	100	83,1	91,1	100	100	15,4	18,2
		AMN-MS	105	109	86,0	92,8	103	102	16,2	18,1
		AMS-MS	112	118	87,1	92,8	105	102	17,3	18,7
		AMC-MS	112	120	87,3	94,2	105	103	17,3	20,3
		UR-MS	92	92	81,5	88,1	98	97	14,2	15,6
		MC1-MS	104	113	81,5	89,0	98	98	16,0	19,0
		MC2-MS	95	96	72,8	78,1	88	86	14,7	15,8
		VDM-MS	91	93	62,8	67,5	75	74	14,0	15,7

Bij de hoge stikstofgift hebben UR, MC2 en VDM een lagere werking dan KAS, overige behandelingen leiden tot hogere waarden voor de werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS. De verschillen zijn minder groot dan bij kleigrond.

Stikstofuitbatingspercentage

Het stikstofuitbatingspercentage (ANR) van de eindogst gebaseerd op de opbrengst van de twee oogsten is hoger dan die gebaseerd op de eerste oogst. Gemiddeld bedraagt ANR van de eerste oogst 91% van die van de totale stikstofopname.

Bij de lage stikstofgift worden AMN en AMS op kleigrond beter benut dan KAS. AMC, UR en de mineralenconcentraten worden minder goed benut, VDM geeft het laagste uitbatingspercentage. Bij de hogere stikstofgift is er geen wezenlijk onderscheid tussen de kunstmeststoffen qua uitbatingspercentage, de mineralenconcentraten hebben lagere waarden. Opnieuw geeft VDM het laagste uitbatingspercentage.

Op zandgrond zijn de verschillen in uitbatingspercentage bij lage en bij hoge stikstofgift bij de kunstmeststoffen en MC1 van eenzelfde orde van grootte. MC2 bij de hoge gift en VDM bij beide giften hebben lagere uitbatingspercentages.

Stikstofwerkingscoëfficiënt

De resultaten bij de uitbatingspercentages vertalen zich naar de stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC). De NWC's op basis van de eerste oogst en die gebaseerd op de totale stikstofopname zijn in het algemeen vergelijkbaar. Op kleigrond bij de lage stikstofgift geven AMN en AMS hogere NWC's dan de referentiemeststof KAS. AMS, UR, de mineralenconcentraten en VDM geven lagere waarden dan KAS. Bij de hoge stikstofgift benaderen de kunstmeststoffen qua NWC elkaar bij eenzelfde methode van toediening. MC1 en MC2 hebben lagere NWC's maar deze zijn hoger dan VDM.

Op zandgrond bij de lage stikstofgift geeft AMC een iets hogere NWC dan KAS, overige kunstmeststoffen hebben lagere waarden. Deze waarden worden benaderd door de mineralenconcentraten. VDM heeft opnieuw de laagste waarde. Bij de hoge gift hebben de vloeibare kunstmeststoffen, met uitzondering van UR, een hogere waarde dan KAS. In het algemeen kan gesteld worden dat de vloeibare kunstmeststoffen beter presteren dan KAS en KAS en MC1 werkingscoëfficiënten hebben van eenzelfde orde van grootte. MC2 en VDM hebben een lagere NWC dan KAS of MC1, VDM heeft steeds de laagste waarde.

Mineralenconcentraten worden op zandgrond beter benut dan op kleigrond.

Efficiëntie waarmee stikstof omgezet tot drogestof (ANE)

Van de toegediende stikstof wordt bij de eerste oogst 71 tot 96% van de totale hoeveelheid opgenomen stikstof omgezet in drogestof. De bijdrage van de tweede oogst is beperkt geweest doordat de groei werd gelimiteerd door stikstof.

Op kleigrond hebben de vloeibare kunstmeststoffen een hogere efficiëntie dan de referentiemeststof KAS. Ook de mineralenconcentraten hebben een hogere efficiëntie dan KAS maar deze is lager dan die van AMN. VDM is minder efficiënt.

Op zandgrond is bij de lage stikstofgift de efficiëntie van de vloeibare kunstmeststoffen en de mineralenconcentraten hoger dan voor KAS. Bij de hoge stikstofgift zijn de verschillen qua ANE gering. UR, MC2 en VDM hebben een lagere efficiëntie.

3.3 Conclusies

De potproef diende de beantwoording van vier werkhypothesen:

1. De hoogte van de stikstofwerkingscoëfficiënt hangt van de referentiemeststof.
2. Een vloeibare stikstofmeststof leidt tot een lagere stikstofwerkingscoëfficiënt dan een vaste vorm.
3. Ammoniumchloride heeft een lagere werkingscoëfficiënt dan een andere kunstmest met uitsluitend ammoniumstikstof door de aanwezigheid van chloride.
4. Een gewas (veelal een monocotyl) dat snel ammoniumstikstof assimileert benut stikstof van een mineralenconcentraat sneller en/of beter dan een nitraatstikstof prefererend gewas (veelal een dicotyl).

In de voorafgaande paragrafen zijn de resultaten gegeven voor de drogestofproductie, de stikstofopname en coëfficiënten die de werking kwantificeren: WC, ANR, NWC en ANE. De beantwoording van de werkhypothesen maakt gebruik van de resultaten voor NWC. De vergelijking van NWC met WC en ANE geeft een aanwijzing dat de stikstofopname en de drogestofproductie grotendeels, maar niet volledig, synchroon verlopen is. Er is, vooral bij de hoge stikstofgift, meer stikstof opgenomen dan teruggevonden wordt in een verhoging van de drogestofproductie. Voor de beantwoording van de werkhypothesen bepaalt de keuze voor de lage of hoge stikstofgift het antwoord. De lage stikstofgift geeft een relatief grotere respons van het gewas dan de hoge stikstofgift. De lage stikstofgift geeft daardoor eenduidiger de reactie van het gewas op stikstofvorm weer. De toetsing van de vier werkhypothesen wordt daarom gebaseerd op de resultaten verkregen bij de lage stikstofgift.

Werkhypothese 1

Bij de lage stikstofgift is de stikstofwerkingscoëfficiënt van vloeibaar AMS hoger dan van de referentiemeststof KAS breedwerpig toegediend (gras en snijbiet); bij snijbiet op zand heeft ook AMN een hogere NWC dan KAS. Bij overige vloeibare kunstmeststoffen wordt een lagere werkingscoëfficiënt vastgesteld. Bij gras verschilt MC1 niet wezenlijk van de overige vloeibare kunstmeststoffen; bij snijbiet geeft MC1 een lagere NWC dan de vloeibare kunstmeststoffen. MC2 en VDM leiden tot lagere NWC dan MC1. Op zandgrond worden hogere NWC's vastgesteld dan op kleigrond. Aansnijden van de graszode en plaatsing van KAS in een sleuf leidt tot een lagere NWC. Dit uitsluitsel toetst de werkhypothese als juist maar nuanceert gelijktijdig. Niet alleen de referentiemeststof bepaalt het resultaat, maar ook het gewas, de grondsoort en de methode van toediening.

Werkhypothese 2

Bij een lage stikstofgift wordt bij kleigrond m.u.v. AMS bij gras en snijbiet en AMN bij snijbiet bij vloeibare stikstofkunstmeststoffen een hogere NWC vastgesteld t.o.v. breedwerpig toegediende KAS. Bij zandgrond blijkt AMC bij snijbiet een hogere NWC te geven dan KAS breedwerpig. De verschillen in stikstofopname zijn echter niet significant. In het algemeen leiden vloeibare stikstofmeststoffen tot lagere waarden voor NWC dan KAS breedwerpig maar bijster groot zijn de verschillen niet.

Dit resultaat toetst de werkhypothese als juist maar bij AMN en AMS bij snijbiet op kleigrond als onjuist d.w.z. dat, omdat er geen significant verschil aanwezig is qua N-opname (hoewel die hoger is), er geen aanwijzing is dat de stikstofuitbating lager is.

Injectie van AMN en AMS bij snijbiet op kleigrond blijkt effectiever te zijn dan breedwerpige toediening. Ook KAS breedwerpig op kleigrond heeft slechter gepresteerd. Bij gras op kleigrond zou door de potproeftechniek ammoniakvervluchtiging een rol kunnen spelen. Bij snijbiet op kleigrond speelt ammoniakvervluchtiging geen rol omdat de meststof onder het kwartszand op de onbemeste kleigrondlaag is aangebracht.

Ammoniaktoxiciteit, dat eerder bij hoge pH-waarden tot expressie komt, lijkt daarom niet een oorzaak te zijn.

Het getoetste AMS product is een p.a. kwaliteit zout¹⁵, dit is een zeer zuiver zout hetgeen afwijkt van de kunstmestvormen met ammoniumsulfaat als hoofdbestanddeel. Dit is - naast de samenstelling - het enige resterende verschil tussen AMS en andere stikstofkunstmestvormen.

De snelheid waarmee ammoniumstikstof genitrificeerd wordt, is onderzocht (zie hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 wordt hierop teruggekomen.

Werkhypothese 3

Bij de lage stikstofgift heeft AMC op kleigrond een lagere NWC dan KAS (beide gewassen).

Op zandgrond bij snijbiet is NWC hoger dan KAS, maar het verschil in stikstofopname is niet significant; er is echter geen aanwijzing dat bij snijbiet AMC slechter presteert dan KAS. Op kleigrond bij gras verschilt de NWC van AMC niet van AMN, wel van AMS; op zandgrond bij gras heeft AMC een lagere NWC dan andere kunstmeststoffen met uitsluitend ammoniumstikstof (AMN, AMS, AMC). Op kleigrond is er een aanwijzing, op zandgrond is er geen duidelijke aanwijzing dat er een omstandigheid is, die de beschikbaarheid van ammoniumstikstof uit ammoniumchloride (AMC) verlaagt. De werkhypothese blijkt juist voor kleigrond en onjuist voor zandgrond.

Werkhypothese 4

De gegeven waarden voor NWC in tabel 10 voor Engels raaigras kan niet met de waarden voor snijbiet in tabel 11 vergeleken worden om de werkhypothese te toetsen. Daarvoor verschilt het gewas met bijhorende condities van teelt en oogst teveel. De werkhypothese kan beantwoord worden door vergelijking per gewas en grondsoort.

Er is geen aanwijzing gevonden dat meststoffen die uitsluitend stikstof in ammoniumvorm aanbieden een lagere beschikbaarheid geven bij snijbiet in vergelijking tot gras. De werkhypothese blijkt dus niet juist. Daartoe zijn de verschillen tussen de ammoniumhoudende stikstofmeststoffen t.o.v. de ammonium-nitraathoudende stikstofmeststoffen te variabel om één lijn te kunnen trekken. De vraag is hierbij of het aanbod van ammoniumstikstof in de tijd voldoende lang verschillend geweest is van KAS om tot een verschil te kunnen leiden. Mogelijke oorzaken worden besproken bij de discussie in hoofdstuk 5 na presentatie van de resultaten van de incubatieproeven in hoofdstuk 4.

¹⁵ De kunstmest ammoniumsulfaatoplossing die beoogd werd om in de toetsing op te nemen, bleek niet te voldoen aan de gedeclareerde samenstelling; andere producten voldeden aan vigerende eisen voor samenstelling en kwaliteit.

4 Denitrificatie en immobilisatie

4.1 Denitrificatie

4.1.1 Resultaat incubatieproef

Door toediening van organische stof aan een nitraathoudende bodem kan denitrificatie worden bevorderd. Door de manier waarop WC, ANR, NWC en ANE worden berekend, leidt een verlies aan stikstof bij behandelingen met een meststof tot een lagere waarde. Het verlies treedt immers niet op bij een behandeling zonder een meststof (controle) of meststof zonder organische stof. De werkhypothese van dit onderdeel van het onderzoek is dat door de aanwezigheid van organische stof in een mineralenconcentraat - tijdelijk - de denitrificatie van nitraat, dat al aanwezig is in de bodem bij het uitrijden van een mineralenconcentraat, wordt verhoogd. Op bouwland is deze werkhypothese eenvoudiger te toetsen dan op grasland. Bij grasland wordt door injectie van een mineralenconcentraat de zode beschadigd waardoor organische stof van gras(wortels) vrijkomt. Deze organische stof kan ook bijdragen aan een verhoging van de denitrificatie. Dit leidt tot een tweede werkhypothese bij dit onderdeel. De toediening van een mineralenconcentraat op grasland leidt - tijdelijk - tot een hogere denitrificatie dan op bouwland.

Denitrificatie is één van de processen van de stikstofcyclus in de bodem. Om denitrificatie meetbaar en onderscheidbaar van andere stikstofprocessen in de bodem te kunnen vaststellen, is een incubatieproef onder gecontroleerde en geconditioneerde omstandigheden uitgevoerd (hoofdstuk 2.2).

Er werden drie mineralenconcentraten getest. Naast MC1 en MC2 (zie hoofdstuk 3) is een derde MC getest ook afkomstig van bedrijf B; dit mineralenconcentraat is MC1b. MC1 en MC1b betreffen twee verschillende tijdstippen van bemonstering bij bedrijf B en zijn daardoor afkomstig van de verwerking van verschillende partijen varkensdrijfmest. De samenstelling van de MC1 en MC1b verschilt sterk in gehalten aan vluchtige vetzuren. MC2 wordt gemaakt door bedrijf D van opgeslagen - verouderde - varkensmest en is daardoor vrijwel vrij van vetzuren.

Zandgrond en kleigrond van bouwland werden gezeefd. Beschadiging van de zode werd gesimuleerd door grond van grasland op zandgrond en kleigrond door een zeef te drukken waardoor graswortels verkleind werden. Tussen deze voorbehandeling en inzetten van de incubatieproef werden de gezeefde monsters bij 15-20 °C vochtig maar met een goede bodemstructuur, aerob, bewaard gedurende zo'n twee maanden. Tabel 12 geeft de resultaten van deze verkennende proef met grond van bouwland en grasland die bij aanvang al rijk waren aan nitraatstikstof. De snelheid waarmee denitrificatie wordt gegeven is uitgedrukt in ppm N₂O per uur. Dit is de concentratie die gemeten wordt in het gasmengsel boven het homogene grondmonster in een afgesloten flessen (*headspace*).

Het aandeel vluchtige vetzuren (VA) in mineralenconcentraten varieert sterk. MC1b heeft, gerelateerd aan het aandeel in de organische stof, driemaal zoveel VA als MC1. Bij MC1b is 18% van de organische stof VA, bij MC1 is dat 6%. MC2 bevat nauwelijks/geen VA, dat verklaard wordt uit het gebruik van verouderde varkensdrijfmest.

Incubatie van grond van bouwland zonder glucose en nitraat leidt na twee dagen tot een verlaging van DEA, terwijl op grasland er een toename is van DEA. Dit wijst op een effect van verstoring van de grond door voorbehandeling waardoor bij de grond van grasland meer organische stof beschikbaar kwam dan bij de grond van bouwland.

Glucose toediening aan de behandeling met KAS leidde bij grond van bouwland tot een verdubbeling van DEA en bij grond van grasland tot een vervijfvoudiging. Door toediening van mineralenconcentraten nam de DEA sterker toe. Het effect bij grasland was aanzienlijk groter dan bij bouwland. Het effect bij KAS zonder glucose bij vergelijking van bouwland met grasland wijst op een verhoging van ca. 1,2 ppm N₂O/uur van de DEA, terwijl

Tabel 12

Waardegevende bestanddelen, gehalten aan vluchtige vetzuren (VA), het aandeel van VA in de organische stof en de denitrificatie enzymactiviteit (DEA) zonder en met toevoeging van glucose in aanwezigheid van een overmaat nitraatstikstof.

Object	Samenstelling producten								DEA ppm N ₂ O per uur		
	Drogestof	Organische stof (OS)	C-Kurmies	totaal-N	ammonium-N	N-organisch	C/N	VA ¹	Aandeel VA/OS	Bouwland Rolde ²	Grasland, Wijnhold ³
	g/kg	g/kg ds	g/kg ds	g/kg	g/kg	g/kg		g/kg	[-]		
Aanvang (t=0)	* ⁴	*	*	*	*	*	*	*	*	0,67	0,48
Na 2 dagen incubatie zonder glucose	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,14	0,90
Na 2 dagen incubatie met glucose	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5,62	12,90
KAS na 2 dagen zonder glucose	*	*	*	268	138	*	*	*	*	1,31	2,56
MC1 na 2 dagen	78	541	50,6	9,30	9,22	0,08	5,44	2,45	0,06	9,25	21,97
MC2 na 2 dagen	48	570	127,0	5,41	4,98	0,43	23,48	0,01	0,00	39,93	74,50
MC1b na 2 dagen	82	599	99,0	10,60	10,10	0,50	9,34	8,77	0,18	52,99	83,46

¹ VA: vluchtige vetzuren, som van C2, C3, C4, iC4, C5 en iC5 met C2: acetaat, C3: propionaat, C4: butyraat, iC4: isobutyraat, C5: valeriaat, iC5: isovaleriaat

² Bij aanvang bevatte bouwland van Rolde 61 mg NO₃-N/kg grond;

³ Bij aanvang bevatten grasland van het praktijkbedrijf bij Rolde 72 mg NO₃-N/kg grond.

⁴ *: geen toevoeging van een meststof.

bij MC1, MC1b en MC2 er sprake is van een toename van 12,7-34,6 ppm N₂O/uur. Vergelijking van bouwland met grasland, bij eenzelfde mineralenconcentraat en daardoor bij een gelijke dosering aan organische stof, wijst op een toename van DEA die noch aan de gift aan organische stof met een mineralenconcentraat noch aan de afbraak van makkelijk beschikbare organische stof in grasland kan worden toegeschreven. Dit resultaat wijst uit dat naast de toevoeging van organische stof met een mineralenconcentraat er een ander effect is bij grasland, die sterker aan de verhoging van DEA heeft bijgedragen dan de toevoeging van organische stof met een mineralenconcentraat. Mogelijk heeft de voorbehandeling van de grond van grasland bijgedragen aan door bevordering van de ontwikkeling van (facultatief anaerobe) denitrificerende bacteriën of heeft de toevoeging van een mineralenconcentraat een voor DEA gunstigere pH ingesteld. Welk oorzaak hiervoor verantwoordelijk is, is niet duidelijk.

MC1b gaf de hoogste waarden voor DEA, gevolgd door MC2. MC2 gaf hogere waarden dan MC1.

De producten werden toegediend op basis van een stikstofgift van 120 kg N/ha waarbij aangenomen is, op basis van uitvoering in het veldonderzoek, dat bij plaatsing in een sleuf een concentratiefactor van 16,67 geldt. Het C/N-quotiënt van MC2 is 23,48, van MC1b en MC1 is deze quotiënt respectievelijk 9,34 en 5,44 (tabel 12). Er is daardoor met MC2 aanzienlijk meer organische stof toegediend dan met MC1b en MC2. Ook met MC1b is meer organische stof toegediend dan met MC1. De verkennende incubatieproef wijst uit dat toediening van een organische stof-bron de potentiële denitrificatiesnelheid verhoogt.

Verhoudingsgewijs is met MC2 een 2,5 maal grotere organische stofgift (uitgedrukt in koolstof) toegediend dan met MC1b en een 4,3 maal hogere organische stofgift dan bij MC1. Op bouwland veroorzaakt MC1b de hoogste DEA, MC2 blijft achter. Niet alleen de hoogte van de gift aan organische stof maar ook de samenstelling van de organische stof blijkt effect uit te oefenen. Het hogere aandeel aan VA in MC1b t.o.v. MC1 doet zich hier gelden.

4.1.2 Conclusies

De incubatieproef naar het effect van mineralenconcentraten op de snelheid waarmee nitraat wordt gedenitrificeerd, diende de beantwoording van twee werkhypothesen.

1. Door de aanwezigheid van organische stof in een mineralenconcentraat wordt - tijdelijk - de denitrificatie van nitraat, dat al aanwezig is in de bodem bij het uitrijden van een mineralenconcentraat, verhoogd.
2. De toediening van een mineralenconcentraat op grasland leidt - tijdelijk - tot een hogere denitrificatie dan op bouwland.

Mineralenconcentraten veroorzaken een hogere DEA dan KAS met glucose. Zowel de hoogte van de gift aan organische stof als de samenstelling van die organische stof oefenen een effect uit op de hoogte van DEA. Een hogere gift aan organische stof leidt tot een hoger DEA, een hoger aandeel van de VA in de organische stof leidt eveneens tot een hogere DEA.

De incubatieproef wijst uit dat beide werkhypothesen als juist getoetst kunnen worden. Er zijn daardoor kwalitatieve aanwijzingen dat de organische stof in mineralenconcentraten bij kunnen dragen aan een verlies aan nitraatstikstof bij toediening in een veldsituatie. De bevindingen bij grasland wijzen uit dat er een ander effect betrokken is bij de verhoging van DEA. Dit effect is groter dan uit de toevoeging van organische stof met een mineralenconcentraat afgeleid kan worden en is ook groter dan uit verstoring van organische stof van grasland afgeleid kan worden. Welke oorzaak daarvoor verantwoordelijk is, kan niet worden aangegeven. Toch is er een aanwijzing dat toediening op grasland risicovoller is voor wat betreft het aspect van verlies aan nitraatstikstof door denitrificatie ten opzichte van bouwland. De incubatieproef is uitgevoerd onder condities die denitrificatie optimaal faciliteren. Deze condities gelden doorgaans niet in een veldsituatie. Zo zal er geen mineralenconcentraat uitgereden worden in een waterverzadigde bodem. De incubatieproef geeft daarom weliswaar een aanwijzing voor een oorzaak van de geconstateerde lagere werkingscoëfficiënten voor stikstof.

Het is echter niet mogelijk om de gegevens van deze incubatieproef om te rekenen naar een kwantitatieve bijdrage in de veldsituatie.

4.2 Stikstofimmobilisatie

De eerste werkhypothese van dit onderdeel van het onderzoek is dat door de aanwezigheid van afbreekbare organische stof en ammoniumstikstof in een mineralenconcentraat - tijdelijk - de immobilisatie van stikstof in de bodem wordt verhoogd. Een deel van de minerale stikstof van de bodem of van het mineralenconcentraat wordt daardoor (tijdelijk) niet beschikbaar voor het gewas. Als dit vastgesteld wordt, dan ligt hierin een oorzaak voor de vastgestelde lagere werkingscoëfficiënten van stikstof van een mineralenconcentraat.

Op bouwland is deze werkhypothese eenvoudiger te toetsen dan op grasland. Bij grasland wordt door injectie van een mineralenconcentraat de zode beschadigd waardoor organische stof van gras(wortels) vrijkomt. Deze vrijgekomen organische stof kan ook bijdragen aan een verhoging van de immobilisatie. De tweede werkhypothese bij dit onderdeel is dat de toediening van een mineralenconcentraat op grasland - tijdelijk - leidt tot een hogere immobilisatie dan op bouwland.

Immobilisatie is een microbiologisch gestuurd proces. De zuurgraad van de bodem (pH) heeft invloed op de microbiologische activiteiten. De derde werkhypothese is dat de grondsoort met onderscheidenlijke pH de mate van immobilisatie bepaalt.

4.2.1 Resultaat van de incubatieproef

Immobilisatie is één van de processen van de stikstofcyclus in de bodem. Om immobilisatie van stikstof meetbaar en onderscheidbaar van andere stikstofprocessen in de bodem te kunnen vaststellen, is onderzoek onder gecontroleerde en geconditioneerde omstandigheden uitgevoerd met een incubatieproef. Het effect van één stikstofgift (herleid van 240 kg N/ha) op de ontwikkeling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem werd in de tijd gevolgd. Bij toediening van de stikstof werd de gift bepaald door het totaalgehalte aan stikstof van KAS of mineralenconcentraat. De hoeveelheid minerale stikstof werd vastgesteld door de gehalten aan ammoniumstikstof ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) en nitraatstikstof ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) te meten met een 1 M KCl-extractie en de gehalten aan ammoniumstikstof en nitraatstikstof te sommeren. Gronden zijn afkomstig van grasland, bouwland en van zand- en kleigrond.

De N-min voorraad van de gronden was bij aanvang al hoog, zandgrond van bouwland en grasland hadden hogere gehalten dan kleigrond van bouwland en grasland. Het effect van stikstoftoediening met KAS of mineralenconcentraten is berekend als netto effect door per tijdstip van incubatie de ammonium- en nitraatgehalten van behandelingen zonder stikstof-toediening in mindering te brengen op de behandelingen met stikstof. De resultaten worden gegeven in de figuren 11 en 12 voor respectievelijk bouwland en grasland.

Ammoniumstikstof ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)

Mineralenconcentraten bevatten in hoofdzaak ammoniumstikstof en wat organisch gebonden stikstof. Nitraatstikstof ontbreekt. Kalkammonsalpeter (KAS) bestaat voor de helft uit ammoniumstikstof en voor de andere helft uit nitraatstikstof. Vanaf het begin van de incubatie was het gehalte aan ammoniumstikstof in grond met mineralenconcentraten significant hoger dat bij KAS. De nitrificatiesnelheid verschilt tussen cultuur en grondsoort.

In grond van grasland werd ammoniumstikstof sneller omgezet tot nitraat dan in grond van bouwland, in kleigrond verliep deze nitrificatie sneller dan in zandgrond.

Gedurende de eerste zeven dagen waren in de kleigrond van bouwland de ammoniumstikstofgehalten significant hoger bij de mineralenconcentraten dan bij KAS. In de daaropvolgende periode verminderde het verschil tussen de mineralenconcentraten en KAS en na 28 dagen was het netto effect van toevoeging van ammoniumstikstof niet meer aantoonbaar. MC1 en MC2 startte met eenzelfde voorraad ammoniumstikstof en werden met eenzelfde snelheid genitrificeerd. Ammoniumstikstof van MC2 werd in grond van kleibouwland sneller omgezet tot nitraat dan ammoniumstikstof van MC1.

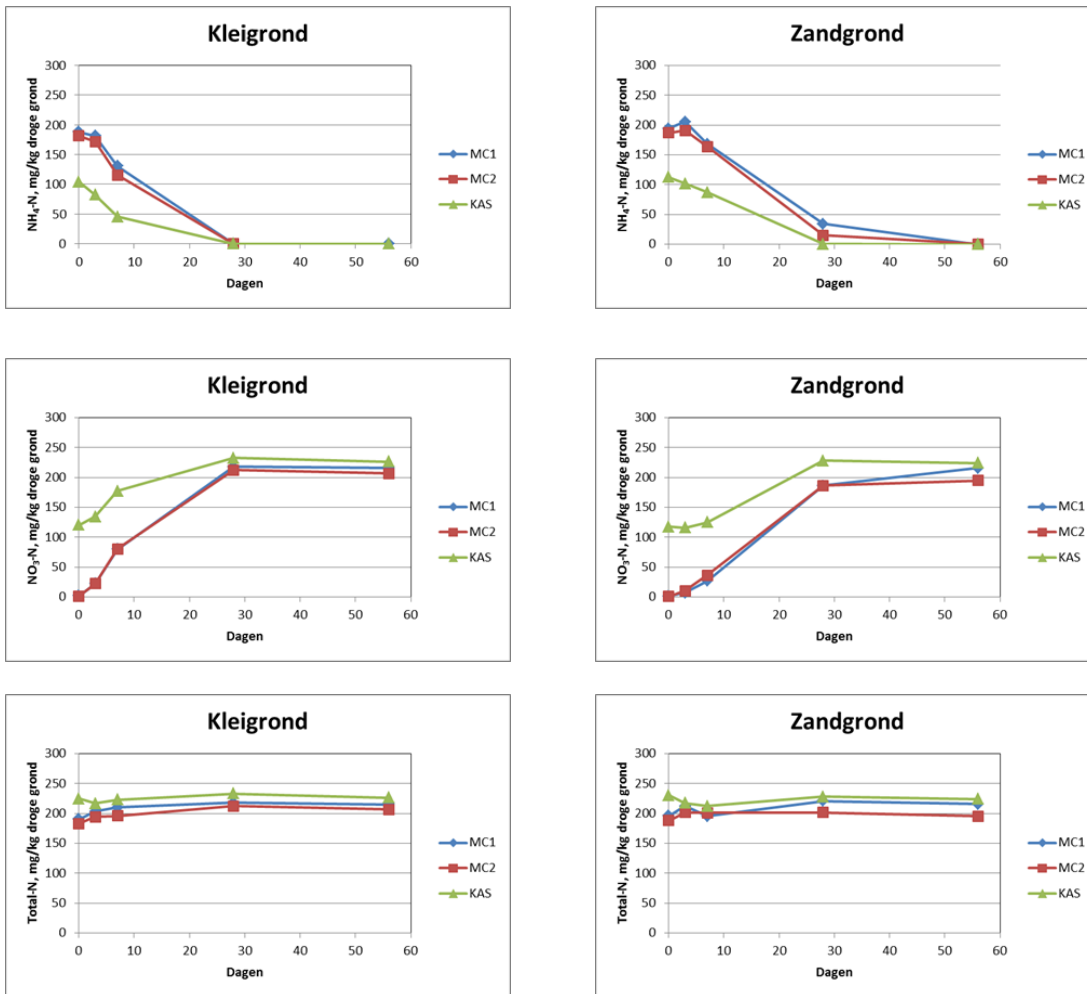
Bij zandgrond van bouwland werden ook na 28 dagen bij MC1 en MC2 nog verhoogde ammoniumstikstofgehalten meetbaar vastgesteld terwijl bij KAS vrijwel alle ammoniumstikstof omgezet was tot nitraat. Na 56 dagen incubatie was ook bij de mineralenconcentraten alle ammoniumstikstof omgezet en niet meer meetbaar. Op grasland verliep de nitrificatie sneller. Ammoniumstikstof van KAS was in grond van kleigrasland na zeven dagen niet meer aantoonbaar, bij zandgrond na 28 dagen niet meer. Op kleigrond hadden de mineralenconcentraten eenzelfde voorraad aan ammoniumstikstof bij de start. Ammoniumstikstof van MC2 werd sneller omgezet dan ammoniumstikstof van MC1. Bij kleigrond was na 28 dagen geen ammoniumstikstof meer aantoonbaar bij de mineralenconcentraten.

Op zandgrond van grasland waren bij KAS en MC2 na 28 dagen geen meetbare ammoniumstikstofgehalten meer aantoonbaar, bij MC1 was dat niet meer het geval na 56 dagen.

Nitraatstikstof (NO₃-N)

Op kleigrond nemen de gehalten aan nitraatstikstof sneller toe dan op zandgrond. In grond van grasland wordt sneller nitraatstikstof gevormd dan in grond van bouwland.

In grond van bouwland wordt na 56 dagen van incubatie meer nitraatstikstof afkomstig van KAS teruggevonden dan van mineralenconcentraten. Bij MC1 wordt meer teruggevonden dan bij MC2. Bij kleigrond van bouwland wordt na 56 geen verschil tussen het nitraatgehalte van de behandeling met MC1 en de behandeling met MC2 vastgesteld. Bij zandbouwland wordt bij MC2 een significant lager gehalte gevonden. MC1 verschilt niet van KAS. Na 56 dagen wordt in grond van kleibouwland van MC1 95% van het nitraatstikstofgehalte teruggevonden in vergelijking tot het nitraatstikstofgehalte bij de behandeling met KAS; voor MC2 is dat 91%. Voor zandgrond zijn deze waarden respectievelijk 96% en 87%.



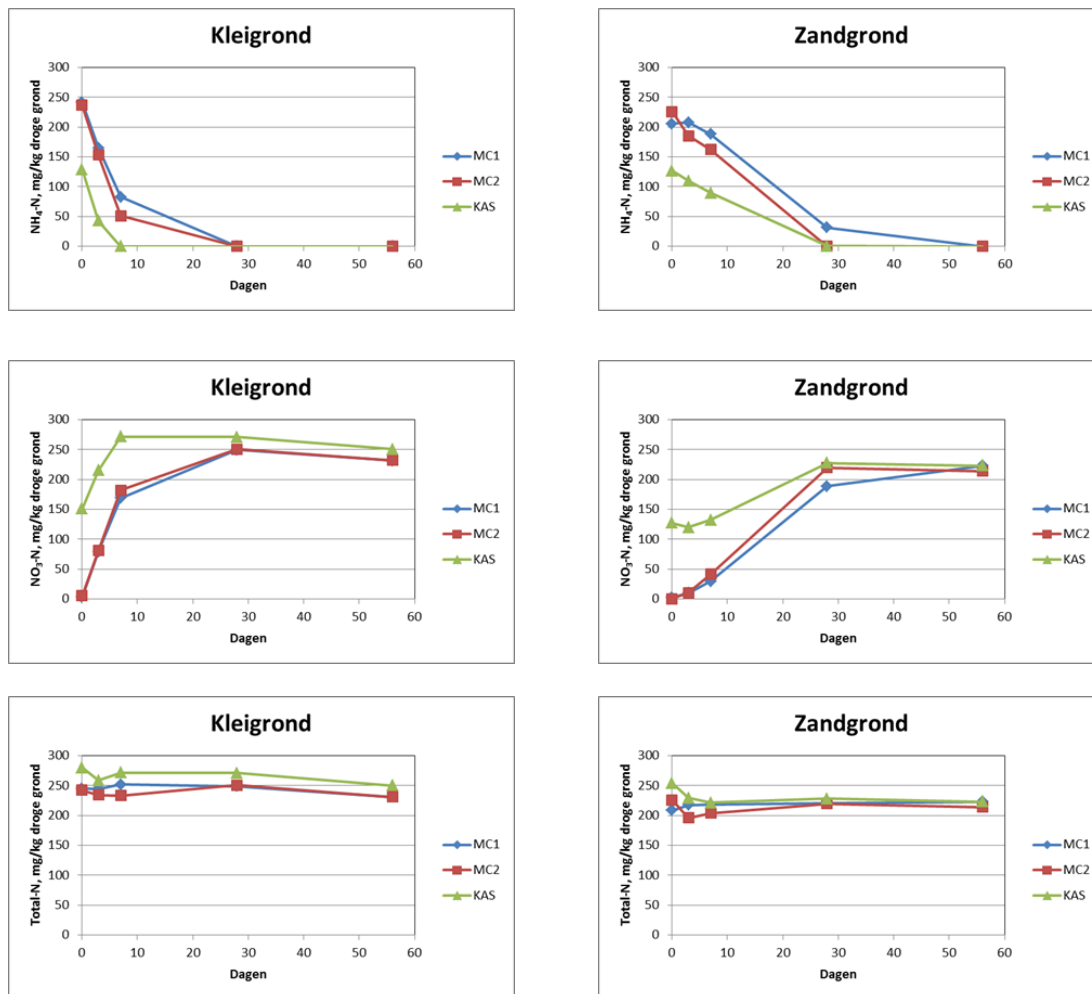
Figuur 11

Netto minerale stikstofvoorraad in kleigrond (links) en zandgrond (rechts) van bouwland bij incubatie van kalkammonsalpeter (KAS) en mineralenconcentraten (MC1 en MC2) bij een stikstofbemestingsgift overeenkomstig met 240 kg N/ha, bij 15 °C gedurende 56 dagen.

In grond van kleigrasland piekt KAS met nitraatgehalten na zeven dagen, dit gehalte blijft op dit niveau tot en met 28 dagen, daarna daalt het nitraatgehalte significant. Na 56 dagen wordt 95% van het niveau van zeven dagen vastgesteld. MC1 en MC2 vertonen een tragere verhoging van het nitraatstikstofgehalte dan KAS. Ook na 28 dagen worden de hoogste waarden bereikt waarbij er geen verschil is tussen de mineralenconcentraten bij kleigrasland. Daarop daalden ook de nitraatgehalten significant t.o.v. de bemonstering na 28 dagen. Na 56 dagen van incubatie van de kleigronden worden bij beide mineralenconcentraten 92% van het nitraatstikstofgehalte vastgesteld t.o.v. KAS.

In grond van grasland op zandgrond vertoont KAS geen toename in nitraatstikstofgehalte gedurende de eerste zeven dagen van incubatie, daarna stijgt het gehalte om na 28 dagen van incubatie op eenzelfde niveau gehandhaafd te blijven.

De nitraatstikstofgehalten bij de behandelingen met MC1 en MC2 stijgen van meet af aan, maar trager dan bij kleigrasland. Bij MC2 bereikt het nitraatstikstofgehalte een maximale waarde na 28 dagen, het gehalte bij MC1 blijft doorstijgen bij voortschrijdende incubatie. Na 56 dagen van incubatie bereikt MC1 eenzelfde niveau als KAS (i.e. 100%), bij MC2 is het nitraatstikstofgehalte 96% van dat van KAS.



Figuur 12

Netto minerale stikstofvoorraad in kleigrond (links) en zandgrond (rechts) van grasland bij incubatie van kalkammonsalpeter (KAS) en mineralenconcentraten (MC1 en MC2) bij een stikstofbemestingsgift overeenkomstig met 240 kg N/ha, bij 15°C gedurende 56 dagen.

Totaal gehalte aan minerale stikstof

Het totaal stikstofgehalte aan minerale stikstof (som van ammoniumstikstof en nitraatstikstof in de drogestof) vertoonde geen belangrijke veranderingen gedurende de incubatie. Bij kleigrond en bij grasland werden hogere gehalten vastgesteld dan bij zandgrond en bouwland. Bij KAS werden hogere gehalten vastgesteld dan bij de mineralenconcentraten.

Bij KAS in kleigrond en zandgrond van bouwland worden weliswaar lichte dalingen van de voorraad vastgesteld maar de onderlinge verschillen zijn niet significant. Bij mineralenconcentraten werd geen daling vastgesteld. De totaalgehalten veranderden niet significant gedurende de periode van incubatie.

Bij KAS op kleigrasland werd na drie dagen incubatie een lichte maar significante verlaging van het gehalte aan minerale stikstof vastgesteld die na zeven dagen weer op het uitgangsniveau was teruggekeerd. Bij KAS op zandgrasland werd deze significante verlaging eveneens vastgesteld maar daarna bleef het totaal gehalte aan minerale stikstof op dit zelfde niveau maar t.o.v. de uitgangssituatie lagere niveau.

MC2 vertoont bij kleigrasland eveneens een lichte - maar niet significante - daling van het totaal gehalte aan minerale stikstof om dan na zeven dagen licht te stijgen om na 28 dagen weer licht te dalen. Al deze schommelingen zijn niet significant. MC1 vertoont na zeven dagen een lichte - niet significante - stijging om vervolgens te dalen; ook deze wijzigingen zijn niet significant.

MC2 vertoont bij zandgrasland eveneens een lichte daling van het totaal gehalte aan minerale stikstof bij de bemonsteringen na 7 en 28 dagen van incubatie en deze zijn significant verschillend t.o.v. de bemonstering bij aanvang van incubatie. MC2 vertoont geen wezenlijke verandering in het totaal gehalte aan minerale stikstof.

4.2.2 Conclusies

De werkhypothese van dit onderdeel van het onderzoek is dat door de aanwezigheid van afbreekbare organische stof en ammoniumstikstof in een mineralenconcentraat - tijdelijk - de immobilisatie van stikstof in de bodem wordt verhoogd. Een deel van de minerale stikstof van de bodem of van het mineralenconcentraat wordt daardoor (tijdelijk) niet beschikbaar voor het gewas. De tweede werkhypothese is dat door toediening van een mineralenconcentraat op grasland tot een hogere immobilisatie leidt dan op bouwland doordat graswortels beschadigd zijn waardoor organische stof vrijkomt voor afbraak. De derde werkhypothese is dat de grondsoort door een onderscheidenlijke pH de mate van immobilisatie bepaalt.

Bij aanvang was de minerale stikstofvoorraad al hoog bij de gronden van grasland en de zandgrond van bouwland. De bijdrage door bemesting aan de verhoging van de voorraad minerale stikstof is bij de gekozen gift goed meetbaar. De mate van bijdrage van immobilisatie werd bepaald door een verschildmeting in de voorraad aan minerale stikstof tussen een bemeste en een onbemeste behandeling. Dit introduceert wel een grotere ruis waardoor minder snel een significant effect wordt vastgesteld.

Het onderzoek wijst het volgende uit:

Op zandgrond verloopt het nitrificatieproces trager dan op kleigrond. Op kleigrond onder gras verloopt de nitrificatie het snelst.

Een mineralenconcentraat houdt langer ammoniumstikstof in de bodem dan KAS. Dit is een gevolg van de samenstelling (bij gelijke stikstofgift wordt een hogere ammoniumgift toegediend). Nitrificatie komt in de eerste dagen na toediening al op gang. Een bemonsteringstijdstip tussen 7 en 28 dagen ontbreekt waardoor geen robuust uitsluitel verkregen is wanneer de ammoniakstikstof van KAS volledig genitrificeerd is.

Als er al een effect van N-immobilisatie is, dan is dit effect klein. In één geval kan een statistische betrouwbare verlaging van het gehalte aan minerale stikstof in de tijd (MC2, grasland) worden vastgesteld, maar bij overige behandelingen met mineralenconcentraten is het effect niet betrouwbaar aantoonbaar. Bij MC2, het mineralenconcentraat met hoogste gehalte aan organische stof, wordt bij grasland een significante verlaging van het gehalte aan minerale stikstof vastgesteld. Ook bij KAS wordt een significante verlaging van het gehalte aan minerale stikstof vastgesteld, bij zandgrond is dat groter dan bij kleigrond. Een mineralenconcentraat met een hogere aanvoer van organische stof leidt tot een verlaging van het minerale stikstofgehalte. Dit wordt echter ook bij KAS vastgesteld. De aanvoer van organische stof is daardoor niet een verklarende factor. Daardoor toetst de eerste werkhypothese als niet-juist.

Een verlaging van het gehalte aan minerale stikstof wordt bij grasland gevonden, het effect bij bouwland is niet aantoonbaar. Er is daardoor wel een aanwijzing dat de tweede werkhypothese juist is zij het dat het vastgesteld effect klein is.

Het gevonden effect van toediening van mineralenconcentraten op stikstofimmobilisatie verschilt niet wezenlijk tussen kleigrond en zandgrond. De derde werkhypothese toetst daardoor als niet-juist. De pH blijkt bij deze incubatieproef geen sturende factor te zijn geweest.

Onder de condities van de incubatieproef is stikstofimmobilisatie bij mineralenconcentraten geen factor van groot belang. Mogelijk is deze bevinding een gevolg van de al grote voorraad aan minerale stikstof bij aanvang van de incubatie. Het valt niet uit te sluiten dat bij zeer lage voorraden aan minerale stikstof er wel een meetbaar effect is.

Nitratgehaltes tenderden te dalen bij afsluiting van de incubatieproef. Denitrificatie van nitraatstikstof heeft mogelijk een rol gespeeld in de laatste fase van de incubatieproef. Groot is de invloed van denitrificatie niet geweest.

5 Algemene beschouwingen en conclusies

5.1 Beschouwingen

Van Geel et al. (2011a; 2011b) rapporteerden stikstofwerkingscoëfficiënten van mineralenconcentraten, deze waarden zijn gegeven in tabel 13. Bij aanvullend onderzoek met diverse akkerbouwgewassen en snijmaïs werd bij toepassing van het MC via bouwlandinjectie vóór poten of zaaien van het gewas een aan KAS gelijkwaardige werking van mineralenconcentraten vastgesteld.

Tabel 13

Stikstofwerkingscoëfficiënten (NWC) voor aardappel op kleigrond en zandgrond voor 2009 en 2010 bij verschillende toedieningswijzen van mineralenconcentraten (MC) volgens Van Geel (2011a en 2011b).

Product, behandeling	Kleigrond, Lelystad		Zandgrond, Rolde	
	2009	2010	2009	2010
MC basisbemesting	78	81	86	78(n.s.) ¹
Vlb. Ammoniumnitraat basisbemesting	-	65	-	-
MC bij rugopbouw	58(n.s.) ¹	121(n.s.)	-	-
MC bij knolzetting	44(n.s.)	104(n.s.)	40	112(n.s.)

¹ Gecorrigeerde waarde (mondelijke mededeling G. Velthof).

Voor bouwland werd bij aardappel vastgesteld dat de werkingscoëfficiënt gemiddeld 80% was op kleigrond en 92% op zandgrond (Velthof, 2011). Er is echter een aanzienlijke spreiding waardoor verschillen in stikstofuitbating niet snel significant zijn. Bij snijmaïs op zandgrond werd een NWC van 77% vastgesteld (Schröder et al., 2011).

Bij grasland stelden Van Middelkoop en Holshof (2011) een NWC van 58% vast, een effect van grondsoort werd niet gevonden. Een mineralenconcentraat had een vrijwel vergelijkbare werking als vloeibare ammoniumnitraat (96%).

Aan mineralenconcentraten als stikstofkunstmestvervanger werd eenzelfde stikstofwerking toegeschreven als aan stikstofkunstmest. Dit werd echter niet vastgesteld. Als mogelijke oorzaken werden genoemd (Ehlert en Hoeksma, 2011):

- de ammoniumvorm van de meststof,
- een verhoogde ammoniakvervluchtiging,
- een verhoogde denitrificatie en
- een verhoogde immobilisatie van stikstof.

Drie van deze mogelijke oorzaken werden onderzocht met de potproef met gras en snijbiet en met twee incubatieproeven.

De potproef geeft voor het effect van grondsoort resultaten voor NWC (lage stikstofgift) die de resultaten van veldonderzoek bevestigen. Het verschil in effectiviteit van mineralenconcentraten op zandgrond bij de potproeven is op bouwland groter ten opzichte van kleigrond dan bij gras (tabel 14). Daarentegen worden bij gras aanzienlijk hogere NWC 's vastgesteld dan in veldonderzoek. Die hogere NWC's worden al bij de eerste oogst vastgesteld. Bij deze oogst heeft ongeveer 75% van de totale stikstofopname plaatsgevonden. Onder gecontroleerde omstandigheden blijken de verschillen tussen de meststoffen en de mineralenconcentraten veel minder uiteen te lopen dan in de veldsituatie. MC1 met een relatief laag gehalte aan organische stof en organisch gebonden stikstof geeft een hogere NWC dan MC2 op grasland, bij zandgrond hebben zij een vergelijkbare efficiëntie. VDM geeft steeds de laagste waarde voor de NWC. Deze gecontroleerde omstandigheden betreffen zowel een homogenisering van de grond, een optimale vochtvoorziening, een gestandaardiseerde vorm van bemesting met hoofdelementen, secundaire elementen en spoorelementen en een uniforme wijze van uitvoering van proeven en oogsten. De variabiliteit die in de veldsituatie voorkomt, is daardoor voor een belangrijk deel uitgesloten. Uitspoeling van stikstof door zware regenbuien en/of anaerobe omstandigheden tijdens de teelt zoals die in de veldsituatie voorkomt, is eveneens uitgesloten. Ook omstandigheden die leiden tot denitrificatie ontbraken. In de veldsituatie heeft ook de toedieningsapparatuur een effect op de mate van benutting van stikstof. Dit aspect is niet betrokken bij dit onderzoek.

Tabel 14

Stikstofwerkingscoëfficiënten voor gras en snijbiet voor KAS, vloeibare stikstofkunstmeststoffen (AMN, AMS, AMC, UR), mineralenconcentraten (MC1, MC2) en VDM afgeleid uit de lage stikstofgift.

Behandeling	Gras		Snijbiet	
	Kleigrond	Zandgrond	Kleigrond	Zandgrond
KAS-GS	100	100	100	100
KAS-MS	94	94	*	*
AMN-MS	92	98	115	99
AMS-MS	101	109	112	97
AMC-MS	92	93	92	102
UR-MS	94	98	90	95
MC1-MS	91	98	78	93
MC2-MS	79	81	82	92
VDM-MS	75	72	64	77

Het onderzoek naar de bijdrage van stikstofimmobilisatie heeft aangegeven dat ammoniumstikstof van KAS snel omgezet wordt in nitraat, terwijl bij mineralenconcentraten ammoniumstikstof langer aanwezig blijft. Op grasland op kleigrond verloopt het nitrificatieproces sneller dan op zandgrasland of op bouwland. Of ammoniumstikstof van de vloeibare kunstmeststoffen net zo snel worden omgezet als bij KAS, werd niet onderzocht. Weliswaar vertraagt plaatsing van ammoniumstikstof de omzetting naar nitraat maar plaatsing van KAS in een sleuf heeft geen hogere NWC dan de vloeibare kunstmeststoffen. Het is dan aannemelijk dat ammoniumstikstof van de vloeibare kunstmeststoffen met een aan KAS vergelijkbare snelheid genitrificeerd wordt. Daarin zou een verklaring besloten kunnen liggen voor de betere werking van vloeibare kunstmeststoffen t.o.v. de mineralenconcentraten bij snijbiet, omdat van snijbiet bekend is dat dit gewas een voorkeur heeft voor nitraatvoeding (Santamaria et al., 1999; Hessini et al., 2009). Ook kan ammoniumstikstof de opname van nitraatstikstof door gewassen blokkeren (Wieneke, 1995; Glass, 2003). Santamaria et.al.

(1999) vonden dat verhoging van het aandeel van ammoniumstikstof ten opzichte van het nitraataandeel de ontwikkeling van snijbiet onderdrukte. Nitraatstikstof werd door snijbiet geprefereerd boven ammoniumstikstof. Hessini et.al. (2009) vonden dat bij een hoog aanbod aan ammoniumstikstof de drogestofopbrengst van snijbiet lager was dan bij voeding met nitraatstikstof. Bij een laag aanbod van stikstof kwam de onderdrukking van de drogestofopbrengst niet tot expressie. Engelbrecht et.al. (2010) vonden daarentegen geen verschil in opbrengst van snijbiet tussen ammoniumnitraat, ammoniumsulfaat of ureum in een potproef. Geciteerde onderzoeksresultaten uit de literatuur verschillen in proefuitvoering. In watercultures waarbij ammoniumstikstof gemonitord werd en gehandhaafd op het gewenste niveau wordt remming van de groei door ammoniumstikstof vastgesteld. De vraag is echter of bij de in dit rapport beschreven potproef de vloeibare kunstmeststoffen over langere tijd ammoniumstikstof aan het gewas hebben aangeboden. Het is aannemelijk dat dit niet het geval is bij deze vloeibare kunstmeststoffen (paragraaf 4.2.2). Het wordt dan begrijpelijk waarom het remmend effect van ammoniumstikstof bij snijbiet niet werd waargenomen.

Ammoniumchloride leidt tot een remming van het nitrificatieproces (zie literatuur geciteerd door Ehlert en Hoeksma, 2011). Een vertraagde nitrificatie van ammoniumstikstof bij incubatie van de mineralenconcentraten is in dit onderzoek vastgesteld bij het onderzoek dat diende om vast te stellen of stikstofimmobilisatie een oorzaak voor de lagere NWC's gevonden in het veldonderzoek zou kunnen zijn. Dit kan veroorzaakt zijn door de circa tweemaal hogere ammoniumgift bij MC's. Mineralenconcentraten bevatten chloride, KAS bevat geen chloride. Er is daardoor een aanwijzing dat chloride een nitrificatie-onderdrukkend effect heeft uitgeoefend. Het is slechts een aanwijzing, specifiek daartoe opgericht onderzoek is nodig om enig effect van chloride op remming van nitrificatie te kunnen vaststellen. Bij de potproef is onderzocht of ammoniumchloride een t.o.v. KAS afwijkende stikstofwerking heeft. Dit is niet nadrukkelijk vastgesteld, bij gras worden wat lagere waarden voor NWC gevonden en ook bij snijbiet op kleigrond, bij snijbiet op zandgrond wordt eenzelfde waarde bereikt als bij KAS (tabel 14). Een vertragend effect van nitrificatie heeft zich niet nadrukkelijk getoond in wezenlijk afwijkende (vooral bij snijbiet lagere) NWC. Bij drie van de vier combinaties van gewas en grondsoort is het onderdrukkend effect circa 1-8%, bij één andere combinatie is het verhogend effect circa 1%. Een effect van de aanwezigheid van chloride in mineralenconcentraten op de gewasopbrengst dat landbouwkundig betekenis heeft, wordt dan ook niet verwacht. Gras en snijbiet zijn gewassen die respectievelijk zouttolerant en zeer zouttolerant zijn (Van Bakel en Stuyt, 2011; Westerdijk en Visser, 2003). Chloride kan wel de nitraatopname door een gewas onderdrukken. Het is daardoor mogelijk dat de verschillen veroorzaakt zijn door een planten-fysiologisch effect, en niet door een effect via onderdrukking van een bodem-microbiologisch proces.

Mineralenconcentraten kunnen, als de omstandigheden zich daarvoor lenen, wel de denitrificatie verhogen. In eerste instantie is de gift aan organische stof daarvan de oorzaak. Als een substantieel deel van die organische stof uit vluchtige vetzuren bestaat, dan leidt dat tot een forsere bijdrage aan de mate van denitrificatie. Het verwijderen van organische stof uit een mineralenconcentraat is een eerste stap om denitrificatie te beheersen. Vluchtige vetzuren kunnen worden voorkomen door gebruik te maken van dierlijke mest die al enige tijd (maand-maanden) bewaard is. Door bewaring worden vluchtige vetzuren afgebroken en/of omgezet. Ook door gebruik te maken van een vergiste dierlijke mest (digestaat) of door een behandeling van de dunne fractie uit te voeren waardoor de vluchtige vetzuren verdwijnen, kunnen gehalten aan vluchtige vetzuren aanzienlijk worden verlaagd. Bewerkingsstappen kunnen bijvoorbeeld zijn: een kort durende vergistingsstap, een biologische filterstap over actief slib of een chemische bewerking. Natuurlijk is uitrijden onder omstandigheden waarbij de bodem niet verdicht wordt maar aeroob blijft het meest geëigende middel om denitrificatie te voorkomen. Een tweede aanbeveling is om mineralenconcentraten niet te gebruiken als de bodem al een hoge voorraad aan nitraatstikstof heeft. Het verdient aanbeveling om te streven naar een mineralenconcentraat met een zo laag mogelijk gehalte aan organische stof en organisch gebonden stikstof.

Stikstofimmobilisatie lijkt geen belangrijke factor te zijn. Mogelijk is deze bevinding mede veroorzaakt door het feit dat de gronden al een aanzienlijke voorraad aan minerale stikstof (nitraat) hadden. Maar ook hier geldt de

aanbeveling om te streven naar een mineralenconcentraat met een zo laag mogelijk gehalte aan organische stof en organisch gebonden stikstof. Enig risico op het optreden van immobilisatie wordt daardoor vermeden.

5.2 Samenvattende conclusies

De stikstofwerkingscoëfficiënt van een mineralenconcentraat is onder gecontroleerde omstandigheden van een potproef qua orde van grootte vergelijkbaar met die van vloeibare stikstofkunstmeststoffen, als het gehalte aan organische stof en organisch gebonden stikstof laag zijn. Een mineralenconcentraat met hoge gehalten aan organische stof en organisch gebonden stikstof heeft ten opzichte van kalkammonsalpeter (NWC=100%) een lagere werkingscoëfficiënt.

Stikstofwerkingscoëfficiënten van mineralenconcentraten zijn hoger dan die van onbehandelde varkensdrijfmest.

De stikstofwerkingscoëfficiënten van mineralenconcentraten verkregen bij de potproef met zandgrond zijn hoger dan die verkregen bij de potproef met kleigrond.

Bij de potproef benutte gras mineralenconcentraten efficiënter dan snijbiet.

Stikstofimmobilisatie is geen duidelijk aanwijsbare oorzaak voor een lagere werkingscoëfficiënt. Denitrificatie en het aandeel organisch gebonden stikstof zijn belangrijke factoren die de stikstofwerkingscoëfficiënt bepalen.

Literatuur

CDM, 2008. Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Naar evenwicht op de Mestmarkt. Themamiddag 24 juni 2008. <http://edepot.wur.nl/5786>.

Clevering, O.A., 2002. Toepassingsmogelijkheden van vloeibare NPK-meststoffen in de akkerbouw. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Sector AGV. Projectrapport nr. 1125246.

EG Verordening, 2003. Verordening (EG) nr. 2003/2003 van het Europees parlement en de Raad van 13 oktober 2003 inzake meststoffen Publicatieblad van de Europese Unie 21.11.2003 NL, L 304/1.

Ehlert, P.A.I. en P. Hoeksma, 2011. Landbouwkundige en milieukundige perspectieven van mineralenconcentraten. Deskstudie in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Wageningen, Alterra, rapport 2185. <http://edepot.wur.nl/178675>.

Engelbrecht, G., C.M. Ceronio en P.C. Motseki, 2010. Effects of nitrogen levels and sources on the production of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *Cicla*). *S. Afr. J. Plant & Soil* 27 (3): 229-234.

Glass, 2003. Nitrogen Use Efficiency of Crop Plants: Physiological Constraints upon Nitrogen Absorption. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(5): 453-470.

Hessini, K., M. Lachaâl en A. Soltani, 2005. Physiological Response to Sodium Chloride of Wild Swiss Chard, *Journal of Plant Nutrition*, 28: 5, 877-888.

Hessini, K., M. Lachaâl, C. Cruz en A. Soltani, 2009. Role of ammonium to limit nitrate accumulation and to increase water economy in wild Swiss chard. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 821-836. DOI: 10.1080/01904160902787917.

Hoeksma, P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert en J.H. Horrevorts, 2011. Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring van pilot bedrijven. Wageningen UR Livestock Research, rapport 481. <http://edepot.wur.nl/177153>.

Houba, V.J.G., E.J.M. Temminghoff, G.A. Gaikhorst en W. van Vark, 2000. Soil analysis procedures using 0.01 M Calcium Chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31:1299-1396.

Santamaria, P., A. Elia, F. Serio, M. Gonella en A. Parente, 1999. Comparison between nitrate and ammonium nutrition in fennel, celery and Swiss Chard. *Journal of Plant Nutrition* 22 (7): 1091-1106.

Schröder, J.J., D. Uenk, W. de Visser, F.J. de Ruijter, F. Assinck, G.L. Velthof en W. van Dijk, 2011. Stikstofwerking van organische meststoffen op bouwland. Resultaten van veldonderzoek in Wageningen in 2010/2011. Tussentijdse rapportage. Plant Research International, Wageningen UR, Wageningen, mei 2011. <http://edepot.wur.nl/178677>.

Temminghoff, E.J.M. en V.J.G. Houba, 2004. Plant analysis: procedures. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004 - ISBN 1402027699.

Van Bakel, P.J.T. en L.C.P.M. Stuyt, 2011. Actualisering van de kennis van zouttolerantie van landbouwgewassen. Op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaring. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2201.

Van Dijk, T.A., J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius en O. Oenema, 2009. Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet. Versie 2.1. WOT werkdocument 167, <http://edepot.wur.nl/15311>.

Van Geel, Willem, Wim van Dijk en Wim van den Berg, 2011a. Stikstofwerking van mineralenconcentraten bij aardappelen. Verslag van veldonderzoek in 2009 en 2010. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondgroenten. PPO projectnr. 32 501 316 00. <http://edepot.wur.nl/177080>.

Van Geel, Willem, Wim van den Berg, Wim van Dijk en Romke Wustman, 2011b. Aanvullend onderzoek mineralenconcentraten 2009-2010 op bouwland en grasland. Samenvatting van de resultaten uit de veldproeven en bepaling van de stikstofwerking. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondgroente PPO projectnummers 32 501 792 00 en 32 501 793 00. <http://edepot.wur.nl/163685>.

Van Middelkoop, J.C. en G. Holshof, 2011. Stikstofwerking van mineralenconcentraten op grasland. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Rapport 475. <http://edepot.wur.nl/177150>.

Velthof, G.L., 2011. Synthese van het onderzoek in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2211. <http://edepot.wur.nl/178302>.

Westerdijk, C.E. en A.J. Visser, 2003. Voorstudie Zoute landbouw. Gevolgen verzouten oppervlaktewater op aangrenzende landbouw. Lelystad. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving. Sector AGV. PPO 530068.

Wieneke, J., 1995. A contribution to the repressing effect of ammonium on nitrate uptake. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 158: 407-409.

Bijlage 1 Journaal gras

De potten worden dagelijks door weging met water op het aangebrachte gewicht gebracht. Bij de weging worden de potten gerouleerd. Daarvoor werd de vloeigrens bepaald en een proefvulling uitgevoerd.

Kleigrond: vloeigrens 330 ml per kg. 60% 198 ml per kg.

Zandgrond: vloeigrens 290 ml per kg. 60% 174 ml per kg.

Proefvulling zand: opgebouwd uit:

4.5 kg droog, plus bemesting, plus water

1 kg droog plus water.

800 gram vochtig kwartszand. (180 ml/kg)

Proefvulling klei: opgebouwd uit:

5 kg droog, plus bemesting, plus water (30% van de vloeigrens) na vullen nogmaals 30% toedienen)

Kwartszand kolom van Ø5 cm en 3.5-4 cm hoog.

1 kg droog plus water.

800 gram vochtig kwartszand. (180 ml/kg)

09-05-2011

Potproef kleigrond gras ingezet. Pot nr. 1 t/m 66.

10-05-2011

Potproef zandgrond gras ingezet. Pot nr. 67 t/m 132.

Het zand was niet geheel droog, bleek nog 4% vocht te bevatten. Hiervoor is gecorrigeerd.

13-05-2011

Gras op de potten met kleigrond gekiemd.

14-05-2011

Gras op potten met zandgrond gekiemd.

06-06-2011

Ggras op klei geknipt en verwijderd. Pot nr. 1 t/m 66.

07-06-2011

Gras op zand geknipt en verwijderd. Pot nr. 67 t/m 132.

15-06-2011

Potproef gras pot nr. 1 t/m 66 ingezet en bemest volgens proefschema (klei).

16-06-2011

Potproef gras pot nr. 67 t/m 132 ingezet en bemest volgens proefschema (zand).

Vanaf 17-06 werd de potproef berekend (maandag, woensdag en vrijdag).

06-07-2011

Eerste oogst gras pot nr. 1 t/m 66 (klei).

07-07-2011

Eerste oogst gras pot nr. 67 t/m 132 (zand).

16-08-2011

Tweede oogst gras pot nr. 1 t/m 66 (klei).

17-08-2011

Tweede oogst gras pot nr. 67 t/m 132 (zand).

18-08-2011

Extra bemesting met Mg 189.3 mg per pot.

18-08-2011

Bespuiting tegen luis uitgevoerd met ADMIRE.

06-09-2011

Bijbemesting met K (K_2SO_4) uitgevoerd.

04-10-2011

Derde oogst gras kleigrond.

05-10-2011

Derde oogst gras zandgrond.

25-10-2011

Vierde en laatste oogst gras kleigrond.

26-10-2011

Vierde en laatste oogst gras zandgrond.

Bijlage 2 Journaal snijbiet

Data snijbiet

27-06-2011 Potproef snijbiet kleigrond ingezet.

28-06-2011 Potproef snijbiet zandgrond ingezet.

01-07-2011 Snijbiet op kleigrond gekiemd.

02-07-2011 Snijbiet op zandgrond gekiemd.

03-07-2011 Proef in blokken gezet en de plantjes op 1.

14-07-2011 Planten verder uitgedund tot zeven planten per pot. Bij vier potten één of meerdere planten bijgeplant.

Van pot 220 twee planten overgepoot op pot 221

Van pot 234 één plant overgepoot op pot 236.

Van pot 222 één plant overgepoot op pot 224.

Van pot 238 één plant overgepoot op pot 237.

Besloten is om de planten vandaag ook te spuiten met Previcur tegen Pythium.

26-07-2011: alle potten met snijbiet opgebonden.

10-08-2011: eerste oogst snijbiet nr. 201 t/m 254

11-08-2011: eerste oogst snijbiet nr. 255 t/m 308

18-08-2011; extra bemesting met Mg 189.3 mg per pot (oplossing van $MgSO_4 \cdot 7H_2O$).

18-08-2011: Bespuiting tegen luis uitgevoerd met ADMIRE.

25-08-2011: bij pot nr. 272 en 277 verwelken planten(verwelkingsziekte)?

Later nogmaals terug geweest en uit pot 272 en 277 één plant verwijderd.

Eén aangetaste plant op pot 277 laten staan.

Wortelhals blijkt duidelijk ingesnoerd, dit duidt op Pythium.

26-08-2011: bij iedere plant 22 ml gegoten van een oplossing tegen Pythium (Alliette).

29-08-2011: op pot 301 ook één door Pythium aangetaste plant.

08-09-2011: K-bijbemesting uitgevoerd.

12-09-2011: Snijbietproef gespoten met Ortiva tegen meeldauw.

22-09-2011: Bespuiting tegen meeldauw herhaald.

27-09-2011: Eindoogst potten met kleigrond nr. 201 t/m 254.

28-09-2011: Eindoogst potten met zandgrond nr. 255 t/m 308.

Bijlage 3 Meetgegevens potproef gras

Kolomnummer	Parameter, toelichting, dimensie
1	Nummer
2	nvt
3	mg N/pot
4	Object
	01 GOGS geen stikstofbemesting, geen snede
	02 GOMS geen stikstofbemesting, met snede
	03 KASGS Kalkammonsalpeter, geen snede
	04 KASMS Kalkammonsalpeter, met snede
	05 AMNMS Ammoniumnitraat met snede
	06 AMSMS Ammoniumsulfaat met snede
	07 AMCMS Ammoniumchloride met snede
	08 URMS Ureum met snede
	09 MC1MS Mineralenconcentraat 1, met snede
	10 MC2MS Mineralenconcentraat 2, met snede
	11 VDMMS Varkensdrijfmest met snede
5	herhaling
6	opbrengst vers 1e snede, g/pot
7	opbrengst droog 1e snede, g/pot
8	1e snede, % drogestof, 105 graden Celsius
9	1e snede K-gehalte, mg K/kg droog-70 graden Celsius
10	1e snede N-gehalte, mg N/kg droog-70 graden Celsius
11	1e snede % drogestof, 70-105 graden Celsius
12	opbrengst vers 2e snede, g/pot
13	opbrengst droog 2e snede, g/pot
14	2e snede, % drogestof, 105 graden Celsius
15	2e snede K-gehalte, mg K/kg droog-70 graden Celsius
16	2e snede N-gehalte, mg N/kg droog-70 graden Celsius
17	2e snede % drogestof, 70-105 graden Celsius
18	2e snede Mg, mg Mg/kg droog-70 graden Celsius
19	opbrengst vers 3e snede, g/pot
20	opbrengst droog 3e snede, g/pot
21	3e snede, % drogestof, 105 graden Celsius
22	3e snede K-gehalte, mg K/kg droog-70 graden Celsius
23	3e snede N-gehalte, mg N/kg droog-70 graden Celsius
24	3e snede % drogestof, 70-105 graden Celsius
25	opbrengst vers 4e snede, g/pot
26	opbrengst droog 4e snede, g/pot
27	4e snede, % drogestof, 105 graden Celsius
28	4e snede K-gehalte, mg K/kg droog-70 graden Celsius
29	4e snede N-gehalte, mg N/kg droog-70 graden Celsius
30	4e snede % drogestof, 70-105 graden Celsius
31	Grondonderzoek pH-CaCl ₂ , 0,01 M CaCl ₂
32	Grondonderzoek NH ₄ -N, 0,01 M CaCl ₂
33	Grondonderzoek (NO ₃ +NO ₂)-N, 0,01 M CaCl ₂
34	Grondonderzoek Nts-N, 0,01 M CaCl ₂
35	Vochtgehalte grondmonster, %

*: ontbrekend gegeven

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	zand	188.4	06 AMSMS	1	41,32	7,31	17,69	39,7	24,0	1,75	9,93	2,28	22,96	25,1	14	1,53	
2	zand	188.4	05 AMNMS	1	40,04	6,91	17,26	36,8	23,2	1,86	10,77	2,40	22,28	25,1	15,1	1,53	
3	zand	376.8	09 MC1MS	1	63,62	10,20	16,03	44,5	26,6	1,31	19,27	4,18	21,69	23,8	12,8	1,90	
4	klei	188.4	09 MC1MS	1	39,51	6,92	17,51	40,1	20,7	1,58	9,50	2,11	22,21	23,6	12,9	1,77	
5	klei	376.8	09 MC1MS	1	50,26	8,61	17,13	42,1	27,0	1,94	16,12	3,88	24,07	22,3	11,6	1,89	
6	zand	188.4	07 AMCMS	1	45,45	7,51	16,52	39,1	22,6	1,57	11,29	2,37	20,99	28,7	14,4	1,64	
7	zand	0	02 GOMS	1	16,00	3,07	19,19	35,1	15,7	1,87	4,61	0,96	20,82	29,9	17	1,79	
8	klei	188.4	07 AMCMS	1	44,84	7,81	17,42	38,9	19,4	1,90	10,74	2,36	21,97	26	11,2	2,38	
9	zand	376.8	04 KASMS	1	58,61	9,46	16,14	39,9	31,2	1,79	17,16	4,04	23,54	23,2	13,3	1,71	
10	klei	188.4	08 URMS	1	36,85	6,56	17,80	38,6	21,9	1,77	10,98	2,62	23,86	22,7	12,8	1,90	
11	klei	0	01 GOGS	1	12,44	2,70	21,70	30,7	12,8	1,83	2,12	0,48	22,64	24,3	14,7	*	
12	klei	376.8	05 AMNMS	1	62,83	11,02	17,54	36,0	22,7	1,85	15,42	3,91	25,36	21,4	11,4	1,66	
13	klei	188.4	04 KASMS	1	39,40	7,24	18,38	36,7	20,6	1,82	11,40	2,78	24,39	22,9	11,2	1,98	
14	klei	0	01 GOGS	1	14,98	2,99	19,96	33,8	13,4	1,78	3,16	0,67	21,20	27	14,9	*	
15	klei	376.8	03 KASGS	1	60,20	10,37	17,23	37,2	25,9	1,85	17,53	4,30	24,53	21	11,4	2,05	
16	zand	188.4	09 MC1MS	1	38,66	6,73	17,41	40,4	24,1	1,26	10,42	2,34	22,46	24,9	13,9	1,95	
17	klei	188.4	06 AMSMS	1	38,14	7,17	18,80	37,1	20,6	1,85	10,16	2,57	25,30	23,3	11,6	1,70	
18	klei	376.8	07 AMCMS	1	65,95	10,37	15,72	41,0	25,5	1,88	19,77	4,40	22,26	26,5	11,2	2,13	
19	klei	376.8	11 VDMMS	1	44,74	7,31	16,34	42,1	26,0	2,01	14,33	3,13	21,84	24,1	12,4	1,66	
20	klei	188.4	03 KASGS	1	39,87	7,17	17,98	37,4	21,8	1,84	10,19	2,41	23,65	21,2	11,8	1,99	
21	klei	188.4	05 AMNMS	1	36,58	6,91	18,89	36,3	19,8	1,78	9,76	2,40	24,59	22,8	11,5	1,76	
22	zand	376.8	11 VDMMS	1	52,33	8,63	16,49	42,4	23,8	1,23	15,28	3,34	21,86	24,5	13,8	1,80	
23	zand	0	02 GOMS	1	16,65	3,12	18,74	35,8	16,2	1,88	5,13	1,05	20,47	30,8	18	1,93	
24	zand	376.8	08 URMS	1	61,31	9,82	16,02	39,0	28,4	1,25	17,21	3,97	23,07	24,2	13,7	1,88	
25	zand	0	01 GOGS	1	14,65	2,78	18,98	34,9	16,6	2,27	5,44	1,20	22,06	27,6	17,6	1,64	
26	klei	376.8	10 MC2MS	1	49,33	8,45	17,13	41,1	25,9	1,86	15,76	3,53	22,40	22,8	11,9	1,85	
27	zand	376.8	10 MC2MS	1	48,66	7,51	15,43	43,3	26,5	1,58	16,50	3,41	20,67	25,7	14,7	1,94	
28	klei	0	02 GOMS	1	13,52	2,76	20,41	30,4	12,8	1,55	2,22	0,47	21,17	23,5	16	*	
29	klei	376.8	04 KASMS	1	58,61	9,99	17,04	35,7	28,0	2,09	17,13	4,36	25,45	20,9	10,3	2,01	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
30	klei	188.4	10 MC2MS	1	33,41	5,99	17,93	37,8	21,4	1,92	9,16	1,98	21,62	22,9	14,4	1,31	
31	zand	188.4	04 KASMS	1	37,34	6,47	17,33	38,5	23,4	1,84	10,33	2,41	23,33	26,1	14	1,56	
32	klei	376.8	08 URMS	1	56,16	9,90	17,63	38,1	24,9	1,73	16,42	4,17	25,40	21,8	11,2	2,02	
33	zand	188.4	08 URMS	1	41,05	7,18	17,49	38,2	21,7	1,43	10,99	2,41	21,93	25	14,7	1,43	
34	zand	0	01 GOGS	1	17,39	3,17	18,23	37,3	16,1	1,79	5,81	1,16	19,97	31,7	17,5	1,84	
35	zand	188.4	03 KASGS	1	39,11	6,91	17,67	38,2	21,9	2,07	10,54	2,36	22,39	27,3	14,3	1,58	
36	zand	188.4	11 VDMMS	1	31,50	5,39	17,11	40,7	23,0	1,41	11,18	2,42	21,65	27,2	15,4	1,79	
37	klei	376.8	06 AMSMS	1	65,01	11,37	17,49	40,2	24,7	2,18	16,91	4,32	25,55	20,8	10,4	2,03	
38	klei	188.4	11 VDMMS	1	34,27	6,30	18,38	37,1	18,9	1,82	8,77	1,94	22,12	23,9	12,8	1,57	
39	zand	376.8	05 AMNMS	1	62,61	9,91	15,83	37,8	27,8	1,79	20,24	4,81	23,76	24	12,4	1,68	
40	klei	0	02 GOMS	1	10,05	2,17	21,59	31,3	13,8	1,97	2,47	0,51	20,65	27,9	14,8	*	
41	zand	376.8	06 AMSMS	1	57,52	9,39	16,32	41,2	31,3	1,56	22,36	5,33	23,84	23,2	13,4	1,67	
42	zand	188.4	10 MC2MS	1	40,16	6,82	16,98	40,9	20,9	1,57	11,63	2,47	21,24	26,3	14,6	1,69	
43	zand	376.8	03 KASGS	1	64,79	10,16	15,68	40,1	26,6	1,84	20,06	4,69	23,38	24,8	12,3	1,90	
44	zand	376.8	07 AMCMS	1	59,80	9,03	15,10	42,1	30,5	1,36	22,13	4,75	21,46	25,5	13	1,83	
45	klei	376.8	06 AMSMS	2	56,60	9,88	17,46	38,4	26,0	1,98	16,90	4,42	26,15	21,6	11	1,74	
46	zand	0	02 GOMS	2	18,60	3,67	19,73	35,4	14,7	1,80	4,96	0,98	19,76	29,6	17,8	1,84	
47	zand	188.4	05 AMNMS	2	44,47	7,32	16,46	39,5	21,8	1,78	11,03	2,45	22,21	28,5	14	1,64	
48	zand	376.8	05 AMNMS	2	64,92	10,20	15,71	37,0	28,3	1,86	15,95	3,68	23,07	26,3	13,7	1,93	
49	zand	376.8	09 MC1MS	2	59,20	9,86	16,66	43,0	25,9	1,39	17,29	3,72	21,52	26	14	1,74	
50	klei	0	02 GOMS	2	12,09	2,81	23,24	32,8	13,3	1,78	1,47	0,37	25,17	25,5	14,5	*	
51	zand	376.8	11 VDMMS	2	48,30	7,96	16,48	43,2	25,1	1,39	15,43	3,35	21,71	25,9	14,2	2,03	
52	zand	376.8	08 URMS	2	62,13	9,66	15,55	40,6	29,1	1,28	17,44	4,07	23,34	25,8	12,5	2,09	
53	zand	188.4	03 KASGS	2	42,93	7,41	17,26	39,2	23,0	1,81	10,36	2,41	23,26	28,5	14,1	1,73	
54	zand	0	02 GOMS	2	15,30	2,90	18,95	35,3	16,3	1,91	5,14	1,14	22,18	31,7	17,2	1,41	
55	klei	376.8	08 URMS	2	54,84	9,61	17,52	37,6	26,1	1,50	14,73	3,77	25,59	23	12,5	1,78	
56	zand	376.8	07 AMCMS	2	65,44	10,25	15,66	41,6	28,6	1,66	19,40	4,18	21,55	27,4	14,4	1,95	
57	zand	188.4	11 VDMMS	2	32,37	5,68	17,55	39,9	20,8	1,19	10,59	2,25	21,25	26	15,3	1,72	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
58	klei	0	01 GOGS	2	14,10	2,90	20,57	32,9	13,1	1,66	2,81	0,62	22,06	26,9	14,9	*	
59	klei	188.4	11 VDMMS	2	29,22	5,54	18,96	37,3	21,6	2,26	7,76	1,89	24,36	22,4	12,5	1,79	
60	klei	188.4	03 KASGS	2	37,02	6,94	18,75	37,4	21,2	2,05	9,37	2,37	25,29	22,1	11,5	1,82	
61	zand	188.4	08 URMS	2	40,41	7,13	17,64	37,5	23,3	1,61	10,36	2,40	23,17	25,9	14,8	1,51	
62	klei	188.4	10 MC2MS	2	31,76	5,67	17,85	38,4	20,1	1,99	10,00	2,33	23,30	23,4	13,2	1,51	
63	zand	188.4	07 AMCMS	2	34,75	5,98	17,21	39,2	23,6	1,68	13,06	2,85	21,82	28,2	14,4	1,66	
64	klei	376.8	07 AMCMS	2	61,11	9,96	16,30	40,3	26,3	1,73	17,09	4,03	23,58	26,2	10,9	2,14	
65	zand	188.4	09 MC1MS	2	38,10	6,91	18,14	39,7	22,5	1,32	9,92	2,26	22,78	25,5	14,1	1,79	
66	klei	0	02 GOMS	2	13,03	2,83	21,72	30,9	12,6	1,76	2,00	0,44	22,00	26,7	15,2	*	
67	klei	188.4	09 MC1MS	2	36,81	7,05	19,15	36,4	19,1	1,81	11,08	2,70	24,37	21,5	11,3	1,76	
68	klei	0	01 GOGS	2	17,10	3,87	22,63	31,6	12,3	1,74	2,98	0,63	21,14	26,7	15,4	*	
69	zand	0	01 GOGS	2	16,63	3,32	19,96	34,6	15,6	1,90	5,17	1,09	21,08	31,2	16,7	2,35	
70	zand	188.4	10 MC2MS	2	36,64	6,41	17,49	38,4	20,9	1,47	10,33	2,29	22,17	26,3	15,1	2,02	
71	zand	0	01 GOGS	2	18,28	3,64	19,91	33,5	14,7	1,86	6,26	1,31	20,93	29,1	16,6	1,68	
72	klei	188.4	07 AMCMS	2	40,37	7,20	17,84	37,9	20,4	2,02	10,78	2,35	21,80	26,7	12,4	2,03	
73	zand	376.8	06 AMSMS	2	55,94	9,58	17,13	42,5	30,4	1,64	21,68	5,04	23,25	24,4	13	1,62	
74	klei	376.8	05 AMNMS	2	58,02	9,99	17,22	35,2	25,4	2,01	19,47	5,02	25,78	22,8	11,5	1,92	
75	zand	376.8	04 KASMS	2	56,10	9,42	16,79	38,6	31,2	1,72	18,63	4,47	23,99	23,5	13,5	1,71	
76	zand	188.4	06 AMSMS	2	40,84	7,33	17,95	39,2	23,6	1,56	10,96	2,48	22,63	27,1	15,1	1,73	
77	klei	376.8	10 MC2MS	2	49,55	8,43	17,01	42,3	25,1	1,74	15,32	3,47	22,65	22,7	11,4	1,71	
78	klei	376.8	11 VDMMS	2	44,83	7,40	16,51	43,5	24,8	2,11	14,86	3,40	22,88	25,3	12	1,79	
79	zand	376.8	10 MC2MS	2	49,42	7,79	15,76	42,8	26,9	1,50	17,19	3,36	19,55	26,4	14,2	2,11	
80	zand	188.4	04 KASMS	2	42,40	7,50	17,69	38,2	22,6	1,77	8,93	2,12	23,74	26,8	15,5	1,67	
81	klei	376.8	03 KASGS	2	51,99	9,23	17,75	38,7	27,9	1,84	13,97	3,83	27,42	21,7	11	1,92	
82	klei	188.4	08 URMS	2	39,11	7,37	18,84	35,9	19,6	1,96	10,27	2,49	24,25	21,3	12	1,93	
83	zand	376.8	03 KASGS	2	62,10	9,90	15,94	39,6	28,0	1,71	19,53	4,34	22,22	25,6	13,5	1,75	
84	klei	376.8	09 MC1MS	2	57,48	9,54	16,60	43,5	25,8	1,93	18,45	4,25	23,04	24,5	12,6	1,67	
85	klei	188.4	04 KASMS	2	34,11	6,34	18,59	35,7	23,2	1,87	7,40	1,95	26,35	21,7	12,8	1,80	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
86	klei	188.4	05 AMNMS	2	39,11	7,50	19,18	34,0	19,4	2,04	7,36	2,06	27,99	21,5	11	1,69	
87	klei	188.4	06 AMSMS	2	42,98	7,96	18,52	36,6	20,6	2,08	9,79	2,41	24,62	22,3	11,5	1,85	
88	klei	376.8	04 KASMS	2	54,30	9,37	17,26	37,9	28,4	1,85	16,08	4,17	25,93	22,5	11,4	1,77	
89	klei	188.4	11 VDMMS	3	31,54	5,75	18,23	37,2	20,7	2,01	7,20	1,79	24,86	22,5	12,6	1,76	3,28
90	klei	188.4	07 AMCMS	3	35,94	6,32	17,58	37,1	21,1	1,81	8,05	1,88	23,35	26,7	12	2,05	2,63
91	zand	0	01 GOGS	3	18,34	3,46	18,87	35,0	15,1	1,85	6,10	1,18	19,34	30,3	17,8	1,90	5,53
92	klei	376.8	10 MC2MS	3	45,23	7,77	17,18	41,7	25,9	1,97	14,97	3,40	22,71	22	12	1,71	2,73
93	klei	188.4	10 MC2MS	3	31,63	5,89	18,62	37,6	21,2	2,03	8,67	2,07	23,88	22,1	12,2	1,58	2,88
94	klei	376.8	04 KASMS	3	51,96	8,94	17,21	35,4	30,2	2,26	15,87	4,45	28,04	19,4	10,5	1,84	2,41
95	zand	188.4	08 URMS	3	38,15	6,75	17,69	39,0	23,2	1,44	10,63	2,42	22,77	25,3	13,9	1,65	4,47
96	zand	376.8	03 KASGS	3	62,14	10,25	16,50	38,2	27,1	1,70	20,27	4,73	23,33	24,3	12,6	1,60	4,11
97	klei	188.4	09 MC1MS	3	37,62	6,52	17,33	41,4	21,6	2,03	9,28	2,26	24,35	22,2	11,9	1,85	3,13
98	klei	376.8	03 KASGS	3	57,44	9,99	17,39	38,7	25,1	1,80	16,02	4,10	25,59	21	11	1,76	2,75
99	zand	188.4	05 AMNMS	3	36,70	6,50	17,71	37,3	22,7	1,83	10,27	2,35	22,88	24,3	14,4	1,72	4,74
100	zand	188.4	07 AMCMS	3	39,40	6,70	17,01	40,1	23,2	1,42	11,73	2,56	21,82	26,6	13,2	1,62	3,49
101	zand	0	01 GOGS	3	14,44	2,63	18,21	36,8	16,4	1,96	5,65	1,10	19,47	31,7	18,1	1,70	5,25
102	zand	376.8	04 KASMS	3	58,86	9,18	15,60	38,2	30,8	1,72	20,92	4,83	23,09	24,8	13,2	1,65	3,74
103	klei	188.4	04 KASMS	3	32,58	5,94	18,23	36,4	22,5	1,93	9,46	2,39	25,26	20,7	11,7	1,96	2,94
104	zand	376.8	09 MC1MS	3	52,53	8,56	16,30	44,7	28,8	1,35	18,28	4,14	22,65	25,7	13,5	1,80	3,87
105	zand	188.4	04 KASMS	3	38,50	7,06	18,34	35,9	22,8	1,77	9,99	2,38	23,82	21,9	12,9	1,74	4,22
106	zand	188.4	06 AMSMS	3	40,00	7,20	18,00	39,6	23,5	1,49	12,99	2,71	20,86	26,9	14,6	1,65	4,25
107	zand	376.8	06 AMSMS	3	59,48	10,03	16,86	41,3	29,4	1,34	19,80	4,71	23,79	23,4	12,9	1,68	3,54
108	klei	376.8	07 AMCMS	3	64,23	9,78	15,23	45,8	27,3	1,66	18,76	4,12	21,96	27,8	12,3	2,07	2,22
109	klei	376.8	05 AMNMS	3	62,34	11,00	17,65	37,4	22,8	1,94	16,17	4,30	26,59	20,9	10,7	1,92	2,53
110	zand	188.4	09 MC1MS	3	40,42	7,18	17,76	40,2	22,0	1,18	12,85	2,72	21,17	27,2	14,5	2,10	4,24
111	klei	0	02 GOMS	3	13,19	2,88	21,83	31,5	13,9	1,76	2,62	0,66	25,19	27,3	13,3	*	3,58
112	klei	376.8	06 AMSMS	3	61,89	10,08	16,29	40,9	27,2	1,86	18,37	4,65	25,31	21,7	11,1	1,78	2,49
113	klei	376.8	08 URMS	3	55,17	9,43	17,09	38,0	27,0	1,51	19,21	4,69	24,41	21,9	11,5	1,93	2,67

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
114	zand	188.4	03 KASGS	3	39,61	7,25	18,30	36,7	21,7	1,90	12,61	2,89	22,92	27	13,3	1,66	4,11
115	zand	376.8	11 VDMMS	3	47,24	8,10	17,15	41,9	24,7	1,53	14,86	3,40	22,88	25	13,4	2,35	4,18
116	klei	188.4	03 KASGS	3	41,57	7,83	18,84	36,8	19,5	1,78	10,08	2,56	25,40	21,5	11,9	1,79	2,87
117	klei	376.8	11 VDMMS	3	44,67	7,66	17,15	42,0	23,8	2,21	14,17	3,41	24,06	23,3	11,5	1,93	3,02
118	zand	188.4	10 MC2MS	3	35,77	6,35	17,75	37,9	21,9	1,38	11,87	2,32	19,55	25,7	15,4	1,99	4,34
119	klei	0	01 GOGS	3	12,82	2,80	21,84	30,6	12,9	1,91	1,78	0,45	25,28	25,3	14,5	*	3,65
120	zand	376.8	08 URMS	3	59,80	10,25	17,14	38,8	26,4	1,32	18,89	4,39	23,24	23,5	12,6	1,97	4,04
121	zand	188.4	11 VDMMS	3	35,60	6,15	17,28	40,2	21,3	1,11	12,00	2,37	19,75	27,2	15,1	1,65	4,56
122	zand	376.8	05 AMNMS	3	65,83	10,33	15,69	38,5	27,7	1,50	18,57	4,20	22,62	25	12,7	1,82	4,08
123	zand	0	02 GOMS	3	15,35	2,99	19,48	34,2	15,7	1,87	5,28	1,05	19,89	30,6	18,6	1,67	5,02
124	zand	376.8	10 MC2MS	3	47,02	8,06	17,14	40,2	24,1	1,45	12,18	2,60	21,35	24,9	14,3	1,96	4,17
125	zand	376.8	07 AMCMS	3	64,75	10,19	15,74	41,9	27,2	1,50	18,23	4,05	22,22	25,6	12,9	1,71	3,57
126	klei	0	01 GOGS	3	15,53	3,58	23,05	30,4	11,5	1,83	2,20	0,52	23,64	24,1	14,6	*	3,75
127	klei	376.8	09 MC1MS	3	53,83	9,30	17,28	41,7	25,5	1,85	13,88	3,38	24,35	23,2	12,1	1,52	2,81
128	klei	0	02 GOMS	3	13,63	3,34	24,50	28,0	11,2	1,83	2,44	0,60	24,59	25,6	14,9	*	3,51
129	klei	188.4	06 AMSMS	3	36,13	6,79	18,79	37,6	21,4	1,95	6,04	1,75	28,97	21,4	12,2	1,77	3,35
130	klei	188.4	05 AMNMS	3	39,07	7,59	19,43	34,2	18,8	1,87	7,83	2,05	26,18	20,6	11,5	1,76	3,20
131	klei	188.4	08 URMS	3	39,81	7,75	19,47	36,1	18,5	1,88	9,00	2,26	25,11	21,6	11,6	1,90	3,05
132	zand	0	02 GOMS	3	17,42	3,40	19,52	34,2	14,8	1,66	5,70	1,15	20,18	31	18	1,45	5,25

1	2	3	4	5	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	zand	188,4	06 AMSMS	1	6,81	1,42	20,85	32	19,3	1,17	15,3	5,49	35,88	23,3	10,7	2,01	5,01	0	0	1	13,90
2	zand	188,4	05 AMNMS	1	7,42	1,57	21,16	31,2	18,2	1,39	16,18	5,79	35,78	21,2	10,4	1,95	5,08	0	0	1	14,20
3	zand	376,8	09 MC1MS	1	6,89	1,48	21,48	27,6	17,4	0,84	15,83	5,54	35,00	20,7	9,8	1,62	5,05	0	-0,1	1	13,80
4	klei	188,4	09 MC1MS	1	2,41	0,64	26,56	26,4	17,3	1,30	8,85	3,48	39,32	18,5	10,5	2,11	7,75	0	0	0	17,90
5	klei	376,8	09 MC1MS	1	3,56	1,02	28,65	24,4	14,3	1,49	11,76	5,00	42,52	17,6	9,3	2,03	7,75	0	0	0	17,50
6	zand	188,4	07 AMCMS	1	6,81	1,38	20,26	31,7	17,5	1,15	16,38	5,71	34,86	22,3	9,8	1,9	5,08	0	0,1	0	14,40
7	zand	0	02 GOMS	1	5,79	1,23	21,24	29,1	17,2	1,77	10,56	3,85	36,46	22,4	10,3	1,93	5,08	0	0	1	14,40
8	klei	188,4	07 AMCMS	1	3,92	0,83	21,17	26,5	14,9	1,43	9,28	3,59	38,69	17,8	9,4	1,44	7,74	0	0,1	1	17,80
9	zand	376,8	04 KASMS	1	7,92	1,71	21,59	28,6	16,4	1,55	14,86	5,21	35,06	20,7	11	1,59	5,05	-0,1	0	1	14,00
10	klei	188,4	08 URMS	1	3,26	0,79	24,23	25,9	15,3	1,66	9,64	3,95	40,98	18,2	9,7	1,98	7,72	0	0	0	17,60
11	klei	0	01 GOGS	1	2,98	0,68	22,82	25,3	15,6	1,45	8,18	3,37	41,20	17,9	9,3	1,69	7,67	0	0	0	17,50
12	klei	376,8	05 AMNMS	1	5,16	1,40	27,13	22,3	13,4	1,63	14,76	5,94	40,24	17,8	8,6	1,61	7,71	0	0	1	17,30
13	klei	188,4	04 KASMS	1	3,48	0,79	22,70	24,3	14,9	1,22	9,53	3,77	39,56	17,2	9,3	1,69	7,75	0	-0,1	0	17,40
14	klei	0	01 GOGS	1	2,68	0,57	21,27	26,3	16,4	1,45	7,40	2,91	39,32	19	9,9	1,52	7,66	0	0	0	17,40
15	klei	376,8	03 KASGS	1	5,23	1,25	23,90	23,3	14,6	1,49	10,12	4,02	39,72	17,3	9,6	1,53	7,69	0	0,1	1	17,40
16	zand	188,4	09 MC1MS	1	7,91	1,71	21,62	28,9	17,4	1,44	14,41	5,2	36,09	21,1	10,3	1,54	5,09	0	-0,1	1	13,80
17	klei	188,4	06 AMSMS	1	3,48	0,93	26,72	23,6	13,4	1,95	12,19	4,89	40,11	18,4	8,7	1,74	7,73	0	0	0	17,40
18	klei	376,8	07 AMCMS	1	4,52	1,08	23,89	25,7	13,8	1,43	11,46	4,42	38,57	18,4	9,5	2,46	7,73	0	0	0	17,50
19	klei	376,8	11 VDMMS	1	5,33	1,20	22,51	23,2	14,4	1,71	9,96	3,60	36,14	17,5	10,3	2	7,76	-0,1	0	0	18,00
20	klei	188,4	03 KASGS	1	3,99	0,95	23,81	22,9	15	1,41	9,21	3,72	40,39	15,9	9,3	1,68	7,71	-0,1	0,1	1	17,70
21	klei	188,4	05 AMNMS	1	3,62	0,97	26,80	24,1	14	1,95	11,08	4,52	40,79	18,4	8,8	1,45	7,73	0	-0,1	0	17,90
22	zand	376,8	11 VDMMS	1	9,26	2,02	21,81	28,2	15,7	1,31	15,73	5,22	33,18	21,5	10,3	1,68	5,08	0,1	0	1	14,00
23	zand	0	02 GOMS	1	4,60	0,94	20,43	32,2	18,4	1,77	9,74	3,62	37,17	22,6	10,4	1,7	5,11	0	0,1	1	15,20
24	zand	376,8	08 URMS	1	8,04	1,65	20,52	29,5	17,8	1,41	15,89	5,49	34,55	22,3	10,5	1,44	5,03	0	0	1	14,20
25	zand	0	01 GOGS	1	6,76	1,45	21,45	26,9	16,7	1,93	11,97	4,33	36,17	19,6	10,5	2,14	5,14	0	0	1	14,20
26	klei	376,8	10 MC2MS	1	5,23	1,23	23,52	23,8	14,2	1	11,86	4,49	37,86	17,1	9,6	1,72	7,75	0	0	0	18,10

1	2	3	4	5	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
27	zand	376,8	10 MC2MS	1	9,38	1,94	20,68	28,5	16,9	1,39	14,37	4,79	33,33	21,8	11,2	1,37	5,14	0,1	0	1	13,80
28	klei	0	02 GOMS	1	3,13	0,72	23,00	26,4	16	1,45	5,74	2,18	37,98	19,5	10,7	1,66	7,66	0	0	0	17,90
29	klei	376,8	04 KASMS	1	4,80	1,11	23,13	23,5	14,4	1,23	9,56	3,77	39,44	17,7	9,6	1,65	7,72	0	-0,1	0	17,90
30	klei	188,4	10 MC2MS	1	4,71	1,06	22,51	23,8	15	1,05	8,06	3,19	39,58	15,3	9,8	2,16	7,70	0	0	0	18,20
31	zand	188,4	04 KASMS	1	5,51	1,22	22,14	29,5	17,4	0,98	14,75	5,44	36,88	21,7	10,1	1,67	5,07	0	0,1	1	14,20
32	klei	376,8	08 URMS	1	5,20	1,41	27,12	22,9	12,3	1,81	12,13	4,92	40,56	19,2	9	1,97	7,76	0,1	0	0	17,70
33	zand	188,4	08 URMS	1	7,62	1,57	20,60	30,6	18,2	1,34	14,91	5,2	34,88	23	10,1	1,77	5,00	0	0	1	14,10
34	zand	0	01 GOGS	1	6,70	1,38	20,60	30,4	17,5	1,6	11,67	4,15	35,56	23	10,3	2,06	5,13	0	0,2	1	14,10
35	zand	188,4	03 KASGS	1	6,91	1,43	20,69	30	19	1,45	15,91	5,51	34,63	21,2	10,8	1,9	5,09	0	0	2	14,00
36	zand	188,4	11 VDMMS	1	6,81	1,46	21,44	28,3	16,3	1,47	16,56	6,02	36,35	21,4	9,4	1,57	5,12	0,1	0	1	14,00
37	klei	376,8	06 AMSMS	1	4,48	1,15	25,67	24,2	14	1,7	11,10	4,45	40,09	19,5	9,4	1,54	7,73	0	0	0	17,40
38	klei	188,4	11 VDMMS	1	3,39	0,71	20,94	26,6	17	1,48	9,88	3,71	37,55	18,6	9,6	2,07	7,74	0	0	0	18,10
39	zand	376,8	05 AMNMS	1	7,46	1,60	21,45	30	17,3	1,42	17,67	6,53	36,96	19,6	9,8	1,82	5,02	0	0	1	14,10
40	klei	0	02 GOMS	1	3,21	0,77	23,99	25,5	14,8	1,45	6,10	2,49	40,82	17,6	9,4	1,74	7,72	0	0	1	17,40
41	zand	376,8	06 AMSMS	1	8,62	1,86	21,58	29,6	16,7	1,03	18,54	6,57	35,44	21,1	9,6	2,09	5,04	0,2	-0,1	0	13,90
42	zand	188,4	10 MC2MS	1	7,23	1,49	20,61	30,1	18,4	1,35	14,47	4,83	33,38	21,5	10,4	1,61	5,10	0,1	0	1	14,50
43	zand	376,8	03 KASGS	1	7,51	1,50	19,97	30,4	18,3	1,1	15,45	5,53	35,79	22,2	10,9	1,78	5,04	0	0	1	14,20
44	zand	376,8	07 AMCMS	1	8,22	1,63	19,83	32,4	16,9	1,44	16,86	6,02	35,71	22,4	10,3	1,81	4,99	0	0	1	13,90
45	klei	376,8	06 AMSMS	2	5,09	1,35	26,52	24,3	13,4	1,73	13,88	5,72	41,21	19,5	9,3	1,71	7,73	0	0	0	17,30
46	zand	0	02 GOMS	2	6,58	1,42	21,58	30,4	16,7	1,86	10,68	3,71	34,74	22,8	10,4	1,76	5,10	0	0	1	14,40
47	zand	188,4	05 AMNMS	2	6,80	1,42	20,88	32,4	18,4	1,37	11,28	4,39	38,92	23,6	10,7	1,73	5,00	0	0,1	1	14,80
48	zand	376,8	05 AMNMS	2	8,27	1,70	20,56	31,3	17,5	1,42	13,16	4,75	36,09	23,6	10,9	2,06	5,02	0	0,1	1	13,80
49	zand	376,8	09 MC1MS	2	7,48	1,52	20,32	28,9	17,8	1,15	16,51	6,19	37,49	21	10,5	1,57	5,08	0	-0,1	1	14,50
50	klei	0	02 GOMS	2	3,29	0,79	24,01	27,1	15,9	1,45	9,00	3,84	42,67	19,5	8,9	1,59	7,72	-0,1	0	0	17,40
51	zand	376,8	11 VDMMS	2	9,14	1,98	21,66	28,5	16,8	1,48	12,83	4,51	35,15	22,9	11,1	2,13	5,10	0,1	0	1	13,80
52	zand	376,8	08 URMS	2	7,93	1,66	20,93	30,5	17,8	1,25	14,51	5,47	37,70	24,6	11	1,36	5,04	0	-0,1	1	14,10
53	zand	188,4	03 KASGS	2	6,83	1,39	20,35	31,6	18,8	1,23	12,52	4,98	39,78	23,1	10,5	1,94	5,09	0	0	1	14,30

1	2	3	4	5	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
54	zand	0	02 GOMS	2	5,21	1,12	21,50	29,6	17,2	1,69	10,29	4,25	41,30	23	10,3	1,92	5,07	0	0,1	1	14,40
55	klei	376,8	08 URMS	2	5,96	1,59	26,68	22,8	12,8	1,84	12,12	4,76	39,27	19	8,8	2,17	7,76	0	-0,1	0	17,30
56	zand	376,8	07 AMCMS	2	7,41	1,56	21,05	31,7	17,2	1,42	17,17	6,43	37,45	23,8	10	1,83	4,99	0,1	0	1	14,00
57	zand	188,4	11 VDMMS	2	7,78	1,64	21,08	28,6	17,5	1,6	12,94	4,95	38,25	22,5	10,1	1,47	5,09	0	0	1	13,70
58	klei	0	01 GOGS	2	2,83	0,65	22,97	26,2	14,9	1,45	7,02	2,84	40,46	18,4	9,7	1,76	7,58	0,1	0	0	17,60
59	klei	188,4	11 VDMMS	2	3,80	0,88	23,16	24,3	15,1	1,46	10,26	4,32	42,11	17,5	9,6	1,85	7,73	-0,1	0	0	17,70
60	klei	188,4	03 KASGS	2	3,66	0,87	23,77	26,7	15,7	1,02	10,50	4,36	41,52	18	9,1	1,57	7,70	0	0	0	17,40
61	zand	188,4	08 URMS	2	7,15	1,47	20,56	31,2	18,8	1,18	12,73	5,12	40,22	24,8	11	1,75	5,06	0,1	0	1	14,50
62	klei	188,4	10 MC2MS	2	3,07	0,64	20,85	25,4	16,5	1,10	10,94	4,44	40,59	18,1	9,6	2,1	7,71	0	0	0	17,70
63	zand	188,4	07 AMCMS	2	6,72	1,37	20,39	31,1	16,8	1,39	14,1	5,64	40,00	21,1	10,1	1,93	5,07	0,2	0,1	1	14,40
64	klei	376,8	07 AMCMS	2	3,97	0,89	22,42	26,1	14,9	1,43	11,97	4,81	40,18	18,4	9,8	2,51	7,72	0	0	0	17,70
65	zand	188,4	09 MC1MS	2	7,13	1,50	21,04	30,3	18	1,18	14,8	5,48	37,03	21,8	10,2	1,6	5,07	0	-0,1	1	14,20
66	klei	0	02 GOMS	2	3,41	0,83	24,34	26,7	14,8	1,45	7,91	3,34	42,23	19,2	9,1	1,52	7,71	-0,1	0	0	17,30
67	klei	188,4	09 MC1MS	2	3,13	0,69	22,04	26,1	16,4	1,30	10,46	4,25	40,63	17,7	9,1	2,06	7,73	0	0	0	17,50
68	klei	0	01 GOGS	2	2,63	0,55	20,91	25,9	16,5	1,45	7,34	2,89	39,37	18,8	9,9	1,62	7,69	0	0	0	17,70
69	zand	0	01 GOGS	2	6,35	1,27	20,00	31,4	19	1,66	11,4	4,35	38,16	23,5	10,1	2,02	5,07	0	0,1	1	14,30
70	zand	188,4	10 MC2MS	2	8,42	1,66	19,71	29,8	17,1	1,21	13,59	4,91	36,13	20,9	10,2	1,31	5,11	0	0	1	14,30
71	zand	0	01 GOGS	2	7,45	1,56	20,94	29,1	16,9	1,72	10,9	3,86	35,41	22,3	10,3	2,09	5,07	0	0	1	14,00
72	klei	188,4	07 AMCMS	2	3,20	0,69	21,56	26,2	14,7	1,43	10,62	4,05	38,14	18,8	9,1	1,39	7,74	0,1	0	0	17,60
73	zand	376,8	06 AMSMS	2	8,08	1,65	20,42	31,7	18,1	1,42	16,46	5,82	35,36	22,7	10,2	1,89	4,99	0	0	0	14,20
74	klei	376,8	05 AMNMS	2	4,66	1,05	22,53	22,9	15,1	1,45	13,13	5,55	42,27	17,1	9,2	1,47	7,66	-0,1	0	0	17,70
75	zand	376,8	04 KASMS	2	8,88	1,87	21,06	27,9	15,5	1,35	14,18	5,28	37,24	20,4	10,2	1,7	5,08	0	0	0	14,10
76	zand	188,4	06 AMSMS	2	6,49	1,35	20,80	30,3	18,6	1,33	14,94	5,45	36,48	23,2	10,7	2	5,05	0,1	0	1	14,20
77	klei	376,8	10 MC2MS	2	5,32	1,19	22,37	24	14,7	1,04	11,08	4,18	37,73	17,2	9,9	1,99	7,75	-0,1	0	0	17,80
78	klei	376,8	11 VDMMS	2	4,58	1,02	22,27	24,4	15,1	1,17	12,18	4,63	38,01	18,2	9,6	1,94	7,76	0	0,1	0	18,10
79	zand	376,8	10 MC2MS	2	8,80	1,68	19,09	30,2	17,8	1,49	16,43	5,41	32,93	20,5	11	1,64	5,06	0,1	0	1	14,10
80	zand	188,4	04 KASMS	2	7,73	1,60	20,70	31,6	18,2	1,42	12,6	4,36	34,60	23,9	11,2	1,73	5,06	0	0	1	14,10

1	2	3	4	5	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
81	klei	376,8	03 KASGS	2	5,47	1,34	24,50	24,5	13,8	1,7	11,89	4,79	40,29	19	9,9	1,56	7,69	0	0	0	17,50
82	klei	188,4	08 URMS	2	3,30	0,77	23,33	25	15,2	1,42	10,27	4,25	41,38	18,4	9,1	1,82	7,72	0	0	0	17,70
83	zand	376,8	03 KASGS	2	7,57	1,59	21,00	30	17,6	1,19	14,37	5,38	37,44	21,4	11,2	1,74	5,02	0	0	0	14,10
84	klei	376,8	09 MC1MS	2	4,79	1,04	21,71	25	15,2	1,08	12,07	4,77	39,52	17,7	9,7	2	7,73	0	0	0	17,50
85	klei	188,4	04 KASMS	2	4,33	1,04	24,02	24,9	15	0,88	10,81	4,51	41,72	17,3	9,1	1,61	7,71	0	-0,1	0	17,70
86	klei	188,4	05 AMNMS	2	4,12	1,12	27,18	24,6	13,8	1,56	10,35	4,30	41,55	20	9,2	1,69	7,70	0	0	0	17,40
87	klei	188,4	06 AMSMS	2	3,17	0,71	22,40	26,3	16,1	2,01	10,11	4,16	41,15	19,6	9,6	1,68	7,67	0	0	0	17,70
88	klei	376,8	04 KASMS	2	4,90	1,19	24,29	24,2	14,2	1,13	12,24	5,02	41,01	19,1	9,7	1,7	7,74	0	0	0	17,50
89	klei	188,4	11 VDMMS	3	4,01	1,05	26,18	24,2	14,3	1,53	11,24	4,60	40,93	17,4	9,1	1,89	7,76	0	-0,1	0	17,80
90	klei	188,4	07 AMCMS	3	3,18	0,73	22,96	26,8	14,6	1,43	12,39	5,09	41,08	19,3	9,3	2,16	7,71	0	0	0	17,00
91	zand	0	01 GOGS	3	6,75	1,41	20,89	29,8	17,1	1,91	11,04	4,06	36,78	22,7	10,3	1,9	5,06	0	0	1	14,10
92	klei	376,8	10 MC2MS	3	5,10	1,20	23,53	23,4	14,1	1,3	12,59	4,91	39,00	16,3	9,3	1,81	7,76	0	0,1	0	18,00
93	klei	188,4	10 MC2MS	3	3,42	0,81	23,68	24,1	15,1	1,10	11,74	4,82	41,06	16,9	8,9	2,02	7,71	0	0,1	0	17,40
94	klei	376,8	04 KASMS	3	6,05	1,68	27,77	21,9	11,9	1,59	13,96	5,85	41,91	17,5	8,1	1,5	7,72	0	-0,1	0	17,60
95	zand	188,4	08 URMS	3	6,13	1,33	21,70	31,1	19,3	1,29	15,33	5,5	35,88	22,4	10,3	1,36	5,05	0	0	1	14,40
96	zand	376,8	03 KASGS	3	6,88	1,46	21,22	31,3	18	1,2	14,32	5,41	37,78	21,2	10,2	1,71	4,85	0	0	0	14,10
97	klei	188,4	09 MC1MS	3	3,45	0,87	25,22	25,6	15,4	1,30	11,52	4,82	41,84	17,3	9,5	1,82	7,71	0	0	0	17,90
98	klei	376,8	03 KASGS	3	4,38	1,14	26,03	22,1	12,9	1,42	12,03	5,01	41,65	16,9	9,3	1,75	7,74	-0,1	0	0	17,30
99	zand	188,4	05 AMNMS	3	7,83	1,74	22,22	30,8	18,6	1,57	15,87	6,15	38,75	22	10,3	2,08	5,04	0	0	1	13,90
100	zand	188,4	07 AMCMS	3	5,04	1,06	21,03	31,9	17,6	1,06	14,95	5,76	38,53	21,4	9,5	2,01	5,06	0	0	1	13,90
101	zand	0	01 GOGS	3	6,51	1,38	21,20	29,3	16,9	1,81	10,35	4,1	39,61	22,8	9,9	2,21	5,06	-0,1	0	1	14,00
102	zand	376,8	04 KASMS	3	8,64	1,75	20,25	31,6	17,3	1,42	13,72	4,9	35,71	22,4	10,9	1,69	5,04	0	0	0	13,90
103	klei	188,4	04 KASMS	3	2,90	0,74	25,52	24	14,7	1,21	10,90	4,79	43,94	17,8	9,4	1,6	7,72	0	-0,1	0	17,40
104	zand	376,8	09 MC1MS	3	9,16	1,95	21,29	29,1	16,6	1,24	18,12	6,77	37,36	22,3	10,6	1,36	5,05	0	-0,1	1	14,00
105	zand	188,4	04 KASMS	3	5,75	1,26	21,91	28,9	17,4	1,44	14,68	5,55	37,81	21,3	10	1,63	5,07	0	0,1	1	14,60
106	zand	188,4	06 AMSMS	3	6,79	1,44	21,21	30,6	18,8	1,41	13,52	5,15	38,09	21,4	10,1	1,84	5,05	0	0,1	1	14,40
107	zand	376,8	06 AMSMS	3	7,23	1,57	21,72	29,5	18,3	1,29	15,77	6,23	39,51	22,3	10,2	1,76	4,96	0	0	0	13,80

1	2	3	4	5	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
108	klei	376,8	07 AMCMS	3	4,59	1,06	23,09	26,6	14,2	1,45	13,24	5,33	40,26	19,2	9,5	2,13	7,72	-0,1	0	0	0	17,50
109	klei	376,8	05 AMNMS	3	4,85	1,25	25,77	22,6	13,6	1,72	13,70	5,71	41,68	17,7	8,8	1,46	7,73	0	0	0	0	17,40
110	zand	188,4	09 MC1MS	3	7,36	1,55	21,06	31	18,2	1,13	14,56	5,44	37,36	23,1	10,3	1,42	5,08	0,1	0,1	1	1	14,70
111	klei	0	02 GOMS	3	3,06	0,74	24,18	26,8	15,7	1,45	6,48	2,72	41,98	21,6	9,6	1,6	7,73	0	0	0	0	17,60
112	klei	376,8	06 AMSMS	3	3,73	0,91	24,40	22,7	14,2	1,53	12,00	4,99	41,58	18,3	9,2	1,46	7,73	0	-0,1	0	0	17,60
113	klei	376,8	08 URMS	3	4,88	1,25	25,61	23	14	1,54	12,64	5,14	40,66	17,8	9,2	2,09	7,72	0	0	0	0	17,50
114	zand	188,4	03 KASGS	3	6,53	1,41	21,59	30,3	17,6	1,36	16,6	6,16	37,11	21,8	9,8	1,96	5,04	0	0	1	1	13,90
115	zand	376,8	11 VDMMS	3	7,69	1,73	22,50	27,7	16,5	1,78	13,79	5,1	36,98	21,8	10,1	2,06	5,10	0,1	0	1	1	13,10
116	klei	188,4	03 KASGS	3	2,79	0,62	22,22	25,4	15,2	1,41	12,06	5,06	41,96	19,2	8,6	1,48	7,70	0	0	0	0	17,80
117	klei	376,8	11 VDMMS	3	4,64	1,08	23,28	24,3	14,8	1,5	12,93	5,14	39,75	18	9,6	1,92	7,76	0	0	0	0	18,00
118	zand	188,4	10 MC2MS	3	7,79	1,57	20,15	28,7	17,3	1,36	13,33	5,07	38,03	19,6	10,2	1,59	5,12	-0,1	0	1	1	13,90
119	klei	0	01 GOGS	3	2,99	0,71	23,75	25,6	14,8	1,45	8,61	3,47	40,30	17,8	8,7	1,74	7,70	0	0	0	0	17,60
120	zand	376,8	08 URMS	3	8,16	1,77	21,69	29,5	17,8	1,35	16,37	6,08	37,14	21,9	10,2	1,55	5,05	0	-0,1	1	1	13,90
121	zand	188,4	11 VDMMS	3	8,01	1,61	20,10	29,7	17,2	1,43	14,04	5,08	36,18	22,6	10,2	1,65	5,09	0,1	0	1	1	14,20
122	zand	376,8	05 AMNMS	3	8,69	1,84	21,17	32,7	18	1,4	12,36	4,72	38,19	22,6	10,7	2,03	5,04	0	0,1	1	1	14,10
123	zand	0	02 GOMS	3	7,92	1,75	22,10	27,7	17,7	1,56	11,69	4,42	37,81	21,7	10,9	1,94	5,07	0,1	0	1	1	14,50
124	zand	376,8	10 MC2MS	3	7,46	1,58	21,18	29,3	18	1,39	15,68	5,51	35,14	19,1	10	1,3	5,12	0,1	0	1	1	14,00
125	zand	376,8	07 AMCMS	3	6,59	1,43	21,70	29,1	16,4	1,11	18,68	6,65	35,60	21,1	9,8	1,93	4,99	0	0	1	1	14,00
126	klei	0	01 GOGS	3	3,04	0,73	24,01	25,7	15,4	1,45	7,84	3,34	42,60	19,9	9	1,43	7,62	0	0	0	0	17,00
127	klei	376,8	09 MC1MS	3	3,62	0,84	23,20	27,6	16,7	1,30	13,36	5,59	41,84	19,6	10	1,99	7,69	0	0	0	0	17,90
128	klei	0	02 GOMS	3	3,18	0,73	22,96	25,3	15,4	1,45	7,51	3,24	43,14	16,5	10,3	1,55	7,71	0	0	0	0	17,50
129	klei	188,4	06 AMSMS	3	3,61	0,83	22,99	25,5	15,7	1,89	11,39	4,81	42,23	18,9	9,8	1,76	7,74	0	0	0	0	17,50
130	klei	188,4	05 AMNMS	3	3,41	0,88	25,81	24,8	15,2	1,67	11,49	4,68	40,73	18,4	8,8	1,75	7,68	0	-0,1	0	0	17,20
131	klei	188,4	08 URMS	3	2,80	0,68	24,29	25,5	15,1	1,66	10,50	4,42	42,10	18,9	8,7	1,78	7,75	0	0	0	0	17,40
132	zand	0	02 GOMS	3	7,06	1,46	20,68	29,8	16,8	1,2	10,51	3,88	36,92	22,5	10,7	1,83	5,09	-0,1	0	1	1	14,10

Bijlage 4 Meetgegevens potproef snijbiet

1	Lotingsnummer
2	Herhaling
3	Grondsoort
4	Stikstofgift, mg N/pot
5	Object
6	1e oogst, vers g/pot
7	1e oogst, droog g/pot
8	1e oogst, drogestofgehalte, vers-105 graden Celsius
9	1e oogst, mg K/kg droog-70 graden Celsius
10	1e oogst, mg N/kg droog-70 graden Celsius
11	1e oogst, drogestofgehalte, 70-105 graden Celsius
12	aantal planten per pot
13	aantal overgeplante zaailingen
14	2e oogst, vers g/pot
15	2e oogst, droog g/pot
16	2e oogst, drogestofgehalte, vers-105 graden Celsius
17	2e oogst, mg K/kg droog-70 graden Celsius
18	2e oogst, mg N/kg droog-70 graden Celsius
19	2e oogst, drogestofgehalte, 70-105 graden Celsius

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1	zand	188	8 MC2MS	115,28	11,26	9,77	63,80	23,30	2,92	7	0	35,05	4,84	13,81	63,00	14,30	2,01
2	1	zand	188	1 SOGS	56,26	7,40	13,15	75,00	18,10	2,60	7	0	30,78	4,36	14,17	75,60	13,20	1,89
3	1	zand	377	8 MC2MS	143,37	12,46	8,69	53,60	30,60	3,26	7	0	34,60	4,71	13,61	56,10	16,30	2,63
4	1	klei	377	8 MC2MS	140,64	11,82	8,40	67,50	24,50	4,28	7	0	24,72	3,46	14,00	73,10	13,10	1,85
5	1	zand	377	9 VDMMS	129,97	12,78	9,83	57,30	27,70	2,96	7	0	33,24	5,14	15,46	59,20	14,70	2,57
6	1	zand	377	5 AMCMS	163,56	13,76	8,41	64,10	33,70	3,54	7	0	45,16	5,90	13,06	43,80	13,80	3,05
7	1	zand	377	7 MC1MS	146,26	13,03	8,91	57,30	32,80	3,90	7	0	37,87	5,81	15,34	54,40	14,70	2,42
8	1	klei	188	2 KASGS	70,49	6,18	8,77	86,50	28,80	2,80	7	0	27,23	3,86	14,18	76,60	13,80	1,94
9	1	zand	188	7 MC1MS	112,49	11,40	10,13	64,30	23,50	3,27	7	0	31,70	4,59	14,48	65,90	14,60	2,34
10	1	klei	377	9 VDMMS	112,23	10,91	9,72	69,10	25,30	3,72	7	0	26,52	4,13	15,57	66,40	13,40	1,91
11	1	klei	188	9 VDMMS	65,23	5,65	8,66	80,40	23,70	3,33	7	0	24,20	3,08	12,73	75,30	12,70	1,64
12	1	klei	188	5 AMCMS	78,09	6,97	8,93	76,30	24,60	2,87	7	0	30,83	3,98	12,91	66,70	12,90	1,96
13	1	zand	188	5 AMCMS	130,76	11,64	8,90	65,80	24,30	3,24	7	0	35,66	4,98	13,97	57,50	14,00	2,52
14	1	klei	188	3 AMNMS	77,84	8,10	10,41	69,00	25,80	3,91	7	0	20,98	2,95	14,06	73,10	13,40	1,59
15	1	klei	0	1 SOGS	33,18	3,60	10,85	86,40	18,30	3,00	7	0	14,13	1,85	13,09	80,80	13,40	1,83
16	1	zand	377	6 URMS	137,06	12,58	9,18	61,30	34,30	3,98	7	0	35,99	5,14	14,28	63,80	15,60	2,43
17	1	zand	188	2 KASGS	111,73	10,55	9,44	64,00	26,60	3,53	7	0	33,77	4,48	13,27	70,00	15,40	1,84
18	1	zand	188	4 AMSMS	111,74	11,00	9,84	68,40	24,80	3,87	7	0	34,14	4,97	14,56	61,50	15,10	2,64
19	1	klei	188	8 MC2MS	87,02	8,66	9,95	71,20	24,60	3,63	7	0	21,72	3,42	15,75	75,40	12,40	1,48
20	1	klei	377	3 AMNMS	124,46	11,99	9,63	65,30	30,00	4,30	7	0	32,25	4,43	13,74	66,20	12,30	1,79
21	1	klei	188	7 MC1MS	73,30	7,30	9,96	77,40	22,20	3,65	7	1	24,56	3,72	15,15	71,20	12,60	1,95
22	1	zand	188	9 VDMMS	111,94	10,32	9,22	67,80	24,80	2,79	7	0	30,58	4,22	13,80	68,50	14,90	1,99
23	1	klei	188	4 AMSMS	79,94	7,69	9,62	75,40	24,60	3,48	7	0	24,46	4,04	16,52	74,00	13,40	1,82
24	1	zand	377	3 AMNMS	145,19	13,74	9,46	55,80	31,00	4,50	7	0	32,24	5,19	16,10	61,70	16,10	2,40
25	1	zand	377	4 AMSMS	145,42	14,35	9,87	56,40	31,20	4,19	7	0	32,75	5,22	15,94	51,00	15,80	2,69
26	1	zand	377	2 KASGS	133,30	13,09	9,82	53,90	32,50	4,26	7	0	35,15	5,28	15,02	63,60	17,10	2,06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
27	1	klei	188	6 URMS	76,08	6,90	9,07	76,60	25,30	3,92	7	0	25,80	3,76	14,57	75,40	13,60	1,63
28	1	zand	188	6 URMS	111,40	10,96	9,84	64,50	24,60	4,06	7	0	34,94	4,69	13,42	66,50	15,00	1,92
29	1	zand	188	3 MNMS	115,16	11,31	9,82	63,40	23,90	3,80	7	0	30,64	4,59	14,98	65,10	15,60	2,14
30	1	klei	0	1 SOGS	33,62	4,02	11,96	87,70	19,00	2,66	7	0	19,86	2,46	12,39	78,90	12,50	1,67
31	1	klei	377	7 MC1MS	123,25	11,23	9,11	68,90	26,00	4,05	7	0	33,23	4,46	13,42	72,10	13,10	2,04
32	1	zand	188	1 SOGS	55,11	7,19	13,05	75,30	18,30	2,65	7	0	27,60	4,47	16,20	75,70	13,50	1,98
33	1	klei	377	5 AMCMS	130,34	11,56	8,87	69,60	29,00	3,33	7	0	34,99	4,96	14,18	67,70	14,80	1,91
34	1	klei	377	6 URMS	117,63	10,99	9,34	66,50	31,70	4,33	7	0	26,46	4,26	16,10	73,70	13,80	2,01
35	1	klei	377	2 KASGS	98,29	9,82	9,99	68,00	34,90	3,50	7	0	26,55	4,41	16,61	67,90	15,10	1,74
36	1	klei	377	4 AMSMS	115,10	10,87	9,44	64,10	32,90	4,04	7	0	28,09	4,04	14,38	73,30	14,30	2,11
37	2	klei	188	7 MC1MS	69,56	7,22	10,38	78,70	21,60	3,52	7	0	24,29	3,61	14,86	75,60	12,00	1,81
38	2	klei	0	1 SOGS	33,60	3,60	10,71	89,40	18,80	2,58	7	0	15,36	1,96	12,76	84,10	13,40	1,35
39	2	klei	377	5 AMCMS	131,58	11,85	9,01	71,00	27,80	3,34	7	0	32,07	4,88	15,22	72,10	15,40	1,82
40	2	zand	188	9 VDMMS	109,64	10,78	9,83	68,90	23,00	2,85	7	0	35,09	5,00	14,25	63,80	13,70	2,00
41	2	klei	188	5 AMCMS	80,56	7,95	9,87	77,10	22,60	2,88	7	0	27,03	3,59	13,28	71,30	12,20	1,79
42	2	klei	377	4 AMSMS	120,04	11,34	9,45	65,20	30,20	4,31	7	0	26,89	4,26	15,84	74,70	13,30	2,14
43	2	zand	377	8 MC2MS	136,72	12,77	9,34	53,60	31,70	3,19	6	0	33,59	4,79	14,26	59,10	16,00	2,39
44	2	klei	188	6 URMS	82,56	8,16	9,88	75,40	21,60	4,08	7	0	16,52	3,05	18,46	77,10	14,30	1,33
45	2	zand	188	4 AMSMS	114,78	11,80	10,28	65,90	23,30	3,87	7	0	33,71	5,07	15,04	61,60	14,20	2,70
46	2	klei	188	9 VDMMS	65,25	6,75	10,34	75,50	22,60	3,59	7	0	19,72	2,87	14,55	71,30	12,20	1,77
47	2	zand	188	8 MC2MS	110,81	10,56	9,53	65,80	25,20	2,96	7	0	35,27	4,87	13,81	61,90	13,80	2,08
48	2	zand	188	2 KASGS	102,87	10,71	10,41	64,00	24,80	3,57	7	0	34,35	4,81	14,00	64,00	15,10	2,00
49	2	klei	188	2 KASGS	76,76	6,95	9,05	81,30	28,00	3,05	7	0	22,33	3,04	13,61	78,40	14,00	1,74
50	2	zand	377	9 VDMMS	141,16	12,79	9,06	58,30	29,30	3,30	7	0	37,08	5,34	14,40	60,80	14,50	2,54
51	2	zand	188	3 AMNMS	108,27	11,34	10,47	66,60	22,80	3,87	7	0	33,51	4,76	14,20	64,90	14,70	2,08
52	2	klei	377	3 AMNMS	112,51	11,30	10,04	62,90	29,80	3,66	7	0	32,90	4,81	14,62	65,00	11,70	1,76
53	2	zand	188	5 AMCMS	129,00	11,42	8,85	69,60	25,70	3,45	7	0	35,86	5,38	15,00	52,30	14,30	2,57

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
54	2	zand	188	1 SOGS	67,32	7,91	11,75	74,10	18,60	2,80	7	0	33,91	4,95	14,60	70,10	12,00	2,16
55	2	zand	377	3 AMNMS	138,60	13,29	9,59	55,60	32,00	4,11	7	0	36,17	5,58	15,43	53,30	14,50	2,75
56	2	zand	188	7 MC1MS	117,32	11,18	9,53	66,00	24,60	3,48	7	0	34,99	4,97	14,20	65,30	14,10	2,36
57	2	zand	188	1 SOGS	61,30	7,28	11,88	78,40	17,80	2,66	7	0	29,29	4,38	14,95	72,10	13,30	1,89
58	2	klei	0	1 SOGS	34,85	3,91	11,22	91,50	19,00	2,78	7	0	19,24	2,48	12,89	84,90	12,30	1,81
59	2	klei	188	3 AMNMS	76,70	7,93	10,34	72,30	25,90	3,60	7	0	22,12	3,74	16,91	72,70	14,40	1,52
60	2	klei	377	8 MC2MS	131,26	12,26	9,34	66,40	24,10	3,87	7	0	30,17	4,27	14,15	68,90	14,30	1,76
61	2	klei	188	4 AMSMS	83,49	7,91	9,47	75,80	25,90	3,41	7	0	19,67	3,16	16,07	77,90	13,60	2,02
62	2	zand	377	4 AMSMS	138,77	13,69	9,87	58,30	32,10	4,28	4	0	26,02	3,97	15,26	51,20	16,90	2,67
63	2	klei	377	9 VDMMS	106,18	9,38	8,83	76,10	26,00	3,61	7	0	30,27	4,33	14,30	68,90	12,30	1,89
64	2	klei	377	7 MC1MS	129,40	11,80	9,12	72,90	25,30	4,01	7	0	31,16	4,25	13,64	74,20	2,20	1,86
65	2	klei	377	2 KASGS	111,07	11,06	9,96	65,40	30,90	3,95	7	0	23,68	3,74	15,79	72,40	14,60	1,64
66	2	klei	188	8 MC2MS	73,50	7,62	10,37	71,70	20,00	3,38	7	0	20,49	3,05	14,89	74,60	12,90	1,45
67	2	zand	377	7 MC1MS	144,16	13,00	9,02	60,40	33,00	3,91	7	0	37,71	5,48	14,53	54,50	15,20	2,29
68	2	zand	377	5 AMCMS	152,46	13,70	8,99	62,80	33,60	3,58	7	0	39,46	5,46	13,84	43,70	15,60	3,01
69	2	zand	377	2 KASGS	137,13	13,25	9,66	54,10	33,30	4,30	7	0	37,41	5,71	15,26	56,90	14,80	2,26
70	2	klei	377	6 URMS	116,56	11,84	10,16	67,20	27,80	4,01	7	0	25,98	4,13	15,90	74,10	14,90	1,83
71	2	zand	188	6 URMS	111,45	10,89	9,77	62,90	22,60	4,33	7	0	32,55	4,98	15,30	62,50	14,10	2,28
72	2	zand	377	6 URMS	137,28	12,83	9,35	59,80	32,40	3,88	7	0	35,01	5,08	14,51	59,80	17,10	2,58
73	3	klei	188	5 AMCMS	77,69	7,11	9,15	78,50	26,40	2,99	7	0	25,21	3,26	12,93	71,90	13,10	1,70
74	3	zand	188	1 SOGS	69,49	7,79	11,21	75,90	16,70	2,81	7	0	31,44	4,73	15,04	70,90	12,50	2,02
75	3	klei	188	6 URMS	78,66	7,82	9,94	74,10	22,60	4,02	7	0	21,59	3,06	14,17	75,70	13,10	1,50
76	3	klei	377	4 AMSMS	120,96	12,64	10,45	62,50	28,30	4,29	7	1	28,56	4,33	15,16	66,70	14,10	2,12
77	3	zand	188	9 VDMMS	106,92	9,99	9,34	64,40	23,30	2,82	7	0	34,46	5,19	15,06	60,90	14,80	2,09
78	3	klei	0	1 SOGS	31,18	3,82	12,25	88,80	19,40	2,60	7	0	17,71	2,23	12,59	80,60	12,40	1,53
79	3	zand	377	6 URMS	143,78	13,03	9,06	65,10	33,20	3,77	7	0	33,47	5,11	15,27	57,00	15,70	2,60
80	3	klei	188	9 VDMMS	64,35	6,50	10,10	78,80	24,30	3,31	7	0	26,00	3,29	12,65	74,70	12,60	2,09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
81	3	zand	377	2 KASGS	135,99	13,52	9,94	54,40	31,50	4,14	10	0	36,42	5,83	16,01	55,30	15,30	2,13
82	3	klei	377	6 URMS	122,54	12,39	10,11	67,40	28,50	4,47	7	1	30,29	4,92	16,24	68,70	13,40	2,10
83	3	klei	188	4 AMSMS	94,55	8,53	9,02	77,00	25,10	3,85	7	2	21,69	3,25	14,98	84,10	14,10	1,81
84	3	zand	188	2 KASGS	110,03	10,98	9,98	65,00	25,90	3,59	7	0	32,38	4,86	15,01	67,40	15,40	2,02
85	3	klei	377	3 AMNMS	113,16	11,79	10,42	63,70	28,50	3,95	7	0	28,37	4,37	15,40	67,30	13,00	1,82
86	3	klei	377	9 VDMMS	108,54	9,96	9,18	70,80	25,70	3,54	7	0	24,41	3,91	16,02	72,90	12,90	1,93
87	3	zand	188	8 MC2MS	115,44	10,41	9,02	65,30	26,80	2,71	7	0	30,82	4,57	14,83	61,20	15,00	2,21
88	3	zand	188	7 MC1MS	101,64	10,67	10,50	66,00	24,40	3,43	7	0	32,34	5,14	15,89	66,70	14,20	2,40
89	3	klei	188	8 MC2MS	78,65	7,37	9,37	74,50	19,70	3,97	7	0	16,65	2,44	14,65	80,40	15,10	1,31
90	3	klei	377	2 KASGS	109,72	10,06	9,17	66,80	34,50	3,78	7	0	28,70	4,06	14,15	69,30	13,20	1,60
91	3	klei	188	3 AMNMS	80,60	8,64	10,72	69,90	23,80	3,72	7	0	20,44	3,43	16,78	75,20	14,40	1,41
92	3	klei	188	2 KASGS	76,54	8,09	10,57	72,70	24,20	3,27	7	0	22,57	3,18	14,09	79,40	13,30	1,63
93	3	zand	188	5 AMCMS	112,99	11,31	10,01	65,90	23,40	3,48	7	0	39,47	5,43	13,76	53,10	13,20	2,43
94	3	klei	377	7 MC1MS	123,87	11,28	9,11	66,60	28,60	3,94	7	0	28,97	4,06	14,01	67,50	2,50	1,89
95	3	zand	188	3 AMNMS	124,88	11,41	9,14	66,90	25,60	3,69	7	0	33,50	4,97	14,84	63,40	15,40	2,26
96	3	klei	377	8 MC2MS	130,38	11,92	9,14	68,60	23,30	3,78	7	0	28,78	4,59	15,95	73,90	13,60	1,80
97	3	klei	188	7 MC1MS	75,84	7,76	10,23	71,40	21,40	3,71	7	0	23,17	3,25	14,03	75,60	12,40	1,90
98	3	zand	377	9 VDMMS	135,82	12,68	9,34	59,60	28,00	3,19	7	0	35,63	5,20	14,59	60,00	14,20	2,47
99	3	zand	377	8 MC2MS	156,06	13,76	8,82	58,60	29,60	3,23	7	0	39,61	5,57	14,06	56,30	14,30	2,42
100	3	zand	188	6 URMS	109,87	10,99	10,00	67,40	26,50	3,64	7	0	34,95	5,36	15,34	61,30	13,70	2,22
101	3	zand	377	7 MC1MS	147,61	14,49	9,82	56,00	29,10	4,15	7	0	38,79	5,86	15,11	53,60	15,30	2,13
102	3	zand	377	4 AMSMS	142,58	13,93	9,77	56,80	32,30	3,85	7	0	41,09	6,14	14,94	52,20	14,30	2,79
103	3	klei	0	1 SOGS	36,09	3,97	11,00	89,50	19,00	2,58	7	0	16,64	2,16	12,98	77,30	13,20	1,37
104	3	klei	377	5 AMCMS	135,80	12,58	9,26	68,90	28,50	3,75	7	0	31,17	4,32	13,86	72,20	14,60	1,89
105	3	zand	377	3 AMNMS	143,91	13,70	9,52	58,20	34,40	4,21	6	0	31,17	5,07	16,27	57,30	16,90	2,46
106	3	zand	377	5 AMCMS	157,44	14,51	9,22	58,00	29,00	4,15	7	0	40,24	5,80	14,41	42,20	14,20	3,01
107	3	zand	188	4 AMSMS	109,12	10,78	9,88	67,60	25,00	3,86	7	0	30,90	4,58	14,82	59,40	14,30	2,55
108	3	zand	188	1 SOGS	60,28	7,22	11,98	76,80	17,20	2,62	7	0	30,82	4,62	14,99	69,40	12,40	1,73

Bijlage 5 Meetgegevens DEA

Behandeling	Zandgrond bouwland	Zandgrond grasland
inzet t=0	B 0	G 0
t=2 dagen	B cont	G cont
glucose op t=2	B ref	G ref
kalkammonsalpeter	B kas	G kas
concentraat 1 bedrijf B (MC1)	B 1	G 1
concentraat 2 bedrijf D (MC2)	B 2	G 2
concentraat 3 bedrijf B, andere partij varkensdrijfmest (MC1b)	B 3	G 3

Behandeling	Herhaling	Tijdstip	
		1 uur	5 uur
		N ₂ O	N ₂ O
B 0	1	1,24	0,825
	2	1,58	4,63
	3	1,72	7,18
G 0	1	1,6	7,33
	2	1,8	2,05
	3	1,86	1,6
B cont	1	2,26	2,58
	2	1,46	2,11
	3	1,27	1,97
G cont	1	1,28	4,67
	2	0,98	4,66
	3	0,9	4,59
B ref	1	1,42	22,3
	2	1,56	24,9
	3	1,52	24,7
G ref	1	2,64	53,7
	2	1,64	52,9
	3	3,98	56,5
B kas	1	1,82	8,86
	2	1,59	6,2
	3	1,46	5,56
G kas	1	1,75	13,4
	2	1,69	12,6
	3	1,65	9,86
B 1	1	2,24	42,3
	2	1,98	30,1
	3	2,93	45,8
G 1	1	5,39	81,8
	2	6,52	99,8
	3	6,05	100
B 2	1	12,9	165
	2	12,7	184
	3	14,3	170
G 2	1	46,5	332
	2	54	352
	3	50,5	361
B 3	1	30,6	247
	2	32,8	239
	3	41,7	255
G 3	1	55,5	389
	2	42	358
	3	54	406

Bijlage 6 Meetgegevens immobilisatie

1	Plaatsnummer
2	Plaatsnummer binnen herhaling
3	Grondsoort
4	Cultuur
5	Product
6	Herhaling
7	Incubateduur, dagen
8	NH ₄ -N, mg N/kg
9	(NO ₃ +NO ₂)-N, mg N/kg
10	vocht, %stoofdroog

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	Klei	Grasland	KAS	1	56	0,3	251,0	32,7
2	2	Zand	Grasland	MC1	1	7	135,0	84,3	19,9
3	3	Zand	Grasland	MC2	1	0	222,0	56,1	20,3
4	4	Klei	Grasland	MC2	1	0	161,0	64,4	32,9
5	5	Zand	Grasland	KAS	1	56	0,1	255,0	19,9
6	6	Klei	Bouwland	MC1	1	56	-0,1	195,0	19,8
7	7	Klei	Grasland	MC1	1	56	0,1	238,0	32,6
8	8	Zand	Bouwland	blanco	1	7	0,0	48,9	17,2
9	9	Zand	Bouwland	KAS	1	28	0,2	238,0	17,0
10	10	Zand	Grasland	MC1	1	28	28,2	216,0	19,8
11	11	Klei	Grasland	KAS	1	7	0,5	242,0	32,7
12	12	Klei	Grasland	MC1	1	3	109,0	114,0	32,7
13	13	Zand	Grasland	blanco	1	7	0,1	59,8	20,6
14	14	Klei	Bouwland	blanco	1	28	0,0	18,5	19,6
15	15	Klei	Grasland	MC2	1	28	0,0	239,0	32,1
16	16	Zand	Bouwland	KAS	1	0	95,0	148,0	17,1
17	17	Klei	Bouwland	KAS	1	3	64,0	120,0	20,2
18	18	Zand	Bouwland	KAS	1	56	0,0	242,0	17,3
19	19	Klei	Grasland	blanco	1	3	0,7	59,8	32,5
20	20	Zand	Bouwland	MC1	1	56	0,1	235,0	17,1
21	21	Zand	Bouwland	MC2	1	56	0,3	215,0	17,0
22	22	Zand	Bouwland	KAS	1	3	82,4	146,0	17,0
23	23	Klei	Grasland	KAS	1	3	30,0	199,0	32,9
24	24	Zand	Grasland	KAS	1	0	113,0	168,0	20,1
25	25	Zand	Bouwland	KAS	1	7	72,7	158,0	17,2
26	26	Klei	Bouwland	MC2	1	28	0,1	192,0	19,6
27	27	Klei	Grasland	MC1	1	7	60,9	169,0	32,5
28	28	Klei	Bouwland	blanco	1	7	-0,1	16,2	20,0
29	29	Klei	Grasland	MC2	1	56	0,0	241,0	32,4
30	30	Zand	Grasland	blanco	1	56	0,1	69,2	20,1
31	31	Zand	Grasland	MC1	1	56	0,1	245,0	19,9
32	32	Klei	Grasland	MC2	1	7	28,2	191,0	32,5
33	33	Zand	Grasland	MC1	1	0	159,0	60,8	19,8
34	34	Klei	Grasland	KAS	1	0	95,0	168,0	33,0
35	35	Klei	Bouwland	KAS	1	28	0,0	200,0	19,9
36	36	Klei	Bouwland	MC1	1	28	0,1	197,0	19,7
37	37	Zand	Bouwland	blanco	1	0	0,4	50,0	17,5
38	38	Zand	Bouwland	MC2	1	3	158,0	57,8	16,8
39	39	Zand	Bouwland	blanco	1	28	0,0	50,3	17,6
40	40	Zand	Grasland	blanco	1	28	0,1	63,4	20,2

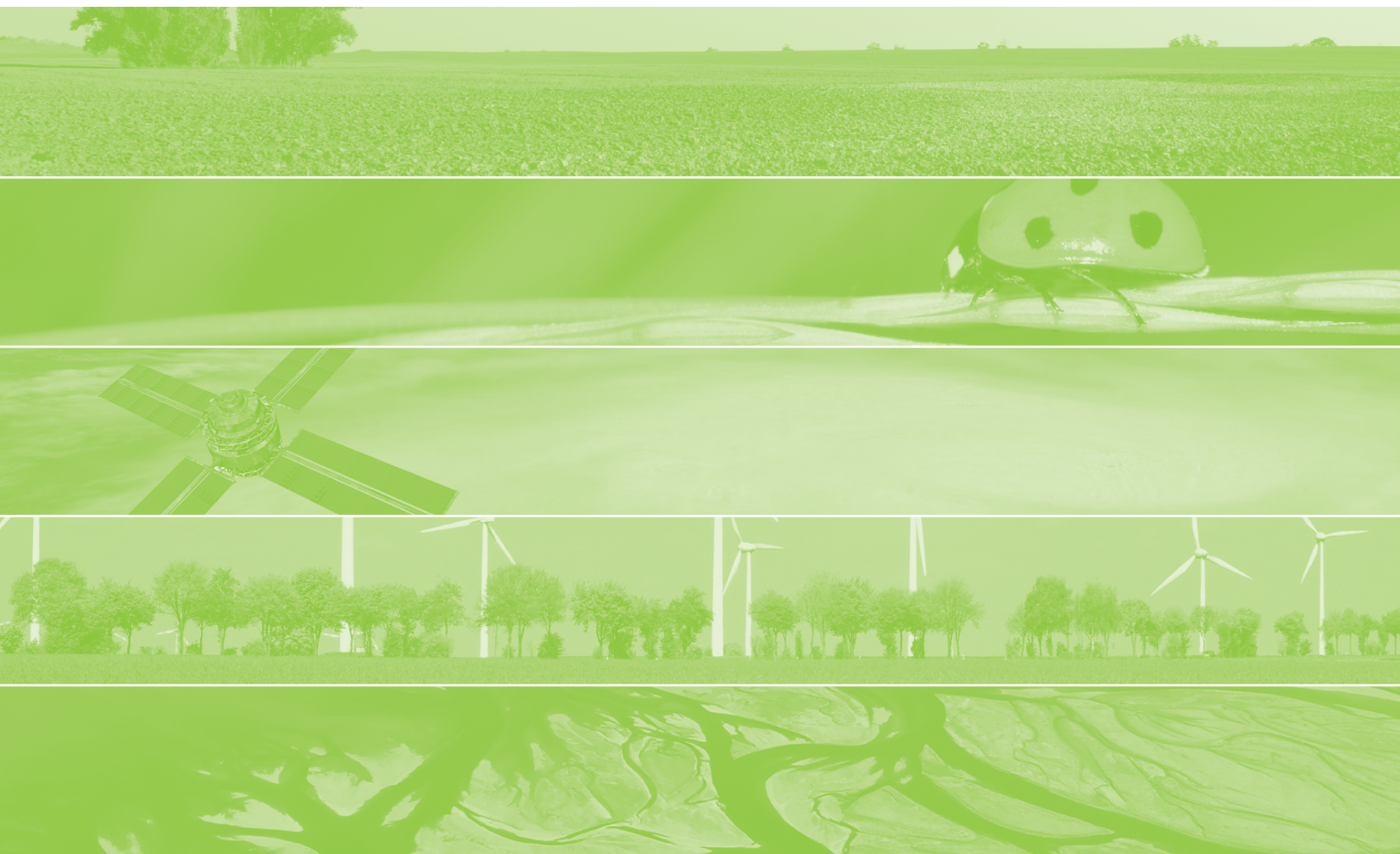
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41	41	Klei	Bouwland	KAS	1	0	80,8	107,0	20,3
42	42	Klei	Grasland	KAS	1	28	0,0	247,0	32,3
43	43	Klei	Bouwland	blanco	1	56	0,0	20,8	19,9
44	44	Klei	Bouwland	KAS	1	56	-0,1	205,0	19,9
45	45	Klei	Bouwland	MC1	1	7	105,0	81,6	19,9
46	46	Klei	Bouwland	blanco	1	3	0,1	15,7	20,1
47	47	Zand	Bouwland	MC1	1	0	153,0	53,1	17,2
48	48	Zand	Bouwland	MC1	1	28	28,7	204,0	16,7
49	49	Klei	Bouwland	MC2	1	7	91,2	81,4	19,8
50	50	Klei	Grasland	MC1	1	0	164,0	63,5	32,4
51	51	Zand	Grasland	MC2	1	7	124,0	91,0	20,4
52	52	Klei	Bouwland	MC1	1	3	150,0	33,5	20,0
53	53	Zand	Bouwland	MC2	1	0	138,0	52,2	16,7
54	54	Klei	Bouwland	MC2	1	56	-0,1	188,0	19,8
55	55	Klei	Bouwland	blanco	1	0	0,2	14,5	20,4
56	56	Zand	Grasland	MC1	1	3	161,0	65,8	19,8
57	57	Zand	Grasland	MC2	1	3	166,0	66,4	20,4
58	58	Zand	Bouwland	MC1	1	3	167,0	55,7	16,6
59	59	Zand	Grasland	KAS	1	3	84,1	150,0	20,3
60	60	Zand	Grasland	MC2	1	28	0,2	239,0	19,8
61	61	Klei	Grasland	MC1	1	28	0,0	234,0	31,9
62	62	Klei	Bouwland	MC2	1	0	142,0	16,8	20,0
63	63	Zand	Grasland	KAS	1	28	1,0	250,0	19,6
64	64	Zand	Bouwland	blanco	1	56	0,0	55,6	17,3
65	65	Klei	Grasland	blanco	1	56	1,0	82,1	32,6
66	66	Klei	Grasland	blanco	1	7	0,5	61,9	32,5
67	67	Zand	Grasland	MC2	1	56	0,1	243,0	19,8
68	68	Klei	Bouwland	MC1	1	0	155,0	17,2	20,3
69	69	Zand	Grasland	KAS	1	7	71,5	165,0	20,5
70	70	Klei	Bouwland	MC2	1	3	139,0	33,5	20,0
71	71	Klei	Grasland	blanco	1	0	0,5	60,9	33,0
72	72	Zand	Bouwland	blanco	1	3	0,1	49,0	16,9
73	73	Klei	Grasland	blanco	1	28	0,0	68,8	32,8
74	74	Zand	Grasland	blanco	1	0	0,4	57,6	20,0
75	75	Zand	Bouwland	MC2	1	28	12,8	211,0	16,7
76	76	Zand	Bouwland	MC1	1	7	145,0	71,7	17,1
77	77	Klei	Bouwland	KAS	1	7	34,2	157,0	20,0
78	78	Klei	Grasland	MC2	1	3	108,0	114,0	32,4
79	79	Zand	Grasland	blanco	1	3	0,3	57,1	19,9
80	80	Zand	Bouwland	MC2	1	7	127,0	79,9	17,0
101	1	Zand	Grasland	KAS	2	56	0,1	240,0	19,8
102	2	Klei	Grasland	MC1	2	7	52,2	186,0	32,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
103	3	Zand	Grasland	MC1	2	3	169,0	65,0	19,8
104	4	Zand	Bouwland	MC2	2	7	138,0	78,9	17,4
105	5	Zand	Bouwland	KAS	2	56	0,0	237,0	17,2
106	6	Zand	Grasland	MC1	2	28	24,5	216,0	19,7
107	7	Klei	Bouwland	blanco	2	0	0,2	15,5	20,2
108	8	Zand	Bouwland	MC1	2	56	0,1	233,0	17,0
109	9	Zand	Grasland	blanco	2	7	0,0	57,8	19,9
110	10	Klei	Bouwland	MC2	2	28	0,1	187,0	19,4
111	11	Zand	Bouwland	KAS	2	3	80,5	140,0	17,5
112	12	Klei	Grasland	MC1	2	28	0,0	245,0	32,1
113	13	Zand	Grasland	MC1	2	56	0,1	248,0	19,9
114	14	Zand	Grasland	KAS	2	3	91,2	153,0	19,9
115	15	Zand	Bouwland	MC2	2	3	157,0	57,5	17,0
116	16	Klei	Bouwland	MC1	2	28	0,1	194,0	19,9
117	17	Klei	Bouwland	MC2	2	0	151,0	16,6	19,9
118	18	Klei	Bouwland	blanco	2	28	0,1	18,7	20,2
119	19	Zand	Bouwland	KAS	2	0	85,0	141,0	17,4
120	20	Zand	Bouwland	blanco	2	56	0,0	54,8	17,1
121	21	Klei	Bouwland	MC2	2	3	139,0	33,7	19,5
122	22	Zand	Bouwland	blanco	2	28	0,0	51,3	17,3
123	23	Zand	Bouwland	KAS	2	7	72,9	150,0	17,4
124	24	Klei	Bouwland	KAS	2	56	0,0	195,0	20,1
125	25	Klei	Bouwland	KAS	2	28	0,0	209,0	19,9
126	26	Klei	Grasland	KAS	2	7	0,2	230,0	32,9
127	27	Zand	Grasland	blanco	2	28	0,1	63,7	19,9
128	28	Klei	Grasland	KAS	2	56	0,2	254,0	32,6
129	29	Zand	Grasland	blanco	2	56	0,1	70,7	20,0
130	30	Klei	Bouwland	blanco	2	56	0,0	20,6	20,1
131	31	Klei	Bouwland	KAS	2	0	86,6	114,0	20,3
132	32	Klei	Bouwland	KAS	2	3	65,4	123,0	20,1
133	33	Zand	Grasland	KAS	2	28	0,5	251,0	20,0
134	34	Klei	Grasland	MC1	2	3	121,0	109,0	32,7
135	35	Klei	Grasland	MC1	2	56	0,2	238,0	32,7
136	36	Klei	Bouwland	blanco	2	7	0,1	17,7	20,0
137	37	Zand	Grasland	MC2	2	3	159,0	65,4	19,3
138	38	Klei	Grasland	blanco	2	0	0,2	60,5	33,6
139	39	Zand	Grasland	KAS	2	7	70,5	163,0	19,8
140	40	Klei	Grasland	blanco	2	7	0,1	60,0	32,5
141	41	Zand	Bouwland	MC2	2	28	13,6	201,0	16,7
142	42	Klei	Grasland	blanco	2	56	0,6	82,1	32,7
143	43	Klei	Bouwland	blanco	2	3	-0,1	15,8	20,2
144	44	Zand	Bouwland	MC2	2	56	0,5	202,0	17,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
145	45	Klei	Grasland	blanco	2	3	0,2	60,5	32,7
146	46	Klei	Grasland	MC2	2	56	0,3	236,0	32,2
147	47	Zand	Grasland	KAS	2	0	100,0	158,0	20,3
148	48	Klei	Bouwland	MC2	2	7	90,2	78,8	20,2
149	49	Klei	Grasland	MC2	2	28	0,0	237,0	32,6
150	50	Klei	Bouwland	MC2	2	56	0,0	186,0	19,5
151	51	Klei	Bouwland	KAS	2	7	37,1	157,0	20,1
152	52	Klei	Grasland	MC2	2	3	97,0	117,0	32,7
153	53	Klei	Bouwland	MC1	2	56	-0,1	193,0	20,0
154	54	Klei	Bouwland	MC1	2	7	104,0	79,8	19,8
155	55	Zand	Grasland	MC1	2	0	170,0	59,8	20,5
156	56	Klei	Grasland	KAS	2	0	87,6	164,0	33,4
157	57	Klei	Grasland	MC2	2	7	54,9	172,0	32,6
158	58	Zand	Bouwland	MC1	2	0	145,0	52,3	16,9
159	59	Klei	Grasland	MC1	2	0	165,0	63,2	32,7
160	60	Zand	Grasland	MC2	2	28	0,1	243,0	19,9
161	61	Zand	Grasland	MC2	2	0	161,0	58,5	20,3
162	62	Zand	Bouwland	KAS	2	28	0,4	244,0	17,6
163	63	Zand	Grasland	MC1	2	7	167,0	82,4	20,0
164	64	Zand	Bouwland	blanco	2	0	0,2	50,8	17,6
165	65	Klei	Bouwland	MC1	2	0	147,0	16,9	19,8
166	66	Zand	Bouwland	MC1	2	7	128,0	71,2	16,6
167	67	Klei	Bouwland	MC1	2	3	143,0	34,7	19,8
168	68	Klei	Grasland	blanco	2	28	0,1	69,3	32,3
169	69	Zand	Grasland	MC2	2	56	0,2	236,0	19,6
170	70	Zand	Grasland	blanco	2	3	0,3	57,6	20,0
171	71	Zand	Grasland	blanco	2	0	0,3	56,5	20,4
172	72	Zand	Bouwland	blanco	2	7	0,0	47,1	17,1
173	73	Zand	Bouwland	MC1	2	3	166,0	54,4	16,7
174	74	Klei	Grasland	KAS	2	28	0,0	264,0	32,7
175	75	Klei	Grasland	MC2	2	0	154,0	65,3	32,8
176	76	Zand	Bouwland	blanco	2	3	0,1	49,0	16,9
177	77	Zand	Bouwland	MC1	2	28	27,8	206,0	16,8
178	78	Klei	Grasland	KAS	2	3	31,7	209,0	33,1
179	79	Zand	Bouwland	MC2	2	0	157,0	52,1	17,3
180	80	Zand	Grasland	MC2	2	7	122,0	90,9	20,2
201	1	Klei	Grasland	MC1	3	56	0,0	241,0	32,4
202	2	Klei	Grasland	KAS	3	0	76,9	152,0	33,2
203	3	Zand	Grasland	MC1	3	56	0,1	250,0	20,0
204	4	Zand	Grasland	MC2	3	3	122,0	64,8	19,4
205	5	Zand	Grasland	MC1	3	7	150,0	81,9	20,0
206	6	Zand	Bouwland	blanco	3	28	0,0	51,2	17,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
207	7	Zand	Grasland	MC2	3	0	158,0	59,8	20,2
208	8	Zand	Bouwland	KAS	3	3	90,0	147,0	17,4
209	9	Zand	Grasland	MC2	3	7	143,0	93,8	20,0
210	10	Zand	Grasland	KAS	3	56	0,1	248,0	20,0
211	11	Zand	Grasland	MC1	3	28	23,3	213,0	19,7
212	12	Klei	Grasland	KAS	3	7	0,2	258,0	32,7
213	13	Klei	Grasland	MC2	3	7	20,8	189,0	32,4
214	14	Zand	Bouwland	blanco	3	3	0,1	47,9	17,1
215	15	Zand	Bouwland	blanco	3	7	0,0	49,7	17,4
216	16	Zand	Bouwland	KAS	3	28	0,1	238,0	17,0
217	17	Klei	Grasland	blanco	3	3	0,3	60,3	32,9
218	18	Zand	Grasland	KAS	3	0	91,5	153,0	20,1
219	19	Klei	Bouwland	MC2	3	28	0,0	191,0	19,4
220	20	Zand	Bouwland	KAS	3	0	101,0	155,0	17,2
221	21	Klei	Grasland	blanco	3	28	0,1	70,5	32,4
222	22	Zand	Bouwland	MC2	3	56	0,1	232,0	17,1
223	23	Klei	Bouwland	MC1	3	28	0,1	191,0	19,4
224	24	Klei	Bouwland	blanco	3	3	0,0	16,0	20,2
225	25	Klei	Grasland	MC2	3	56	0,1	242,0	32,7
226	26	Zand	Grasland	KAS	3	3	88,6	154,0	20,2
227	27	Klei	Bouwland	MC1	3	0	150,0	16,8	20,0
228	28	Klei	Bouwland	KAS	3	56	-0,1	207,0	19,9
229	29	Klei	Grasland	MC2	3	0	163,0	64,1	32,6
230	30	Zand	Bouwland	MC1	3	7	147,0	70,8	16,9
231	31	Klei	Grasland	MC1	3	7	55,7	170,0	32,5
232	32	Klei	Grasland	KAS	3	3	25,8	205,0	33,0
233	33	Klei	Grasland	blanco	3	7	0,1	61,1	32,7
234	34	Klei	Bouwland	blanco	3	0	0,3	15,8	20,1
235	35	Klei	Bouwland	MC2	3	56	0,0	187,0	19,8
236	36	Zand	Bouwland	MC2	3	3	164,0	57,1	16,0
237	37	Klei	Bouwland	blanco	3	56	0,0	21,2	20,0
238	38	Klei	Bouwland	blanco	3	28	0,0	19,2	20,1
239	39	Zand	Bouwland	MC1	3	28	29,1	210,0	16,8
240	40	Zand	Bouwland	KAS	3	7	70,3	148,0	17,5
241	41	Klei	Grasland	blanco	3	56	0,2	83,7	32,6
242	42	Klei	Grasland	MC1	3	0	160,0	62,6	32,9
243	43	Klei	Grasland	KAS	3	56	0,2	250,0	32,6
244	44	Klei	Grasland	MC1	3	28	-0,1	238,0	32,6
245	45	Klei	Bouwland	KAS	3	28	0,2	208,0	19,7
246	46	Klei	Bouwland	MC1	3	3	143,0	33,1	19,8
247	47	Zand	Grasland	blanco	3	0	0,2	59,5	20,1
248	48	Klei	Bouwland	MC2	3	7	96,0	82,7	20,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
249	49	Zand	Grasland	MC1	3	3	172,0	63,7	19,4
250	50	Zand	Bouwland	MC2	3	7	143,0	78,3	17,1
251	51	Klei	Grasland	MC1	3	3	104,0	118,0	32,8
252	52	Zand	Bouwland	MC1	3	0	186,0	50,4	17,1
253	53	Zand	Grasland	MC2	3	56	0,1	244,0	20,0
254	54	Klei	Bouwland	MC2	3	0	143,0	16,6	19,9
255	55	Zand	Grasland	blanco	3	28	0,1	62,6	20,2
256	56	Klei	Bouwland	KAS	3	0	83,2	113,0	20,0
257	57	Klei	Grasland	blanco	3	0	0,3	59,6	33,0
258	58	Zand	Grasland	KAS	3	28	0,2	237,0	19,8
259	59	Klei	Bouwland	KAS	3	7	38,1	162,0	20,1
260	60	Zand	Bouwland	blanco	3	0	0,2	49,8	17,6
261	61	Zand	Grasland	KAS	3	7	71,7	165,0	20,5
262	62	Klei	Grasland	KAS	3	28	0,0	248,0	32,1
263	63	Klei	Bouwland	KAS	3	3	67,8	127,0	20,2
264	64	Klei	Bouwland	MC2	3	3	136,0	33,9	19,9
265	65	Zand	Grasland	blanco	3	7	0,1	59,1	20,0
266	66	Klei	Bouwland	blanco	3	7	-0,1	16,3	20,0
267	67	Zand	Bouwland	MC1	3	56	0,1	232,0	17,0
268	68	Klei	Grasland	MC2	3	28	-0,1	243,0	32,2
269	69	Zand	Grasland	blanco	3	56	0,1	67,0	19,9
270	70	Zand	Bouwland	MC2	3	28	10,7	208,0	17,0
271	71	Zand	Grasland	blanco	3	3	0,2	55,5	19,9
272	72	Zand	Grasland	MC1	3	0	165,0	59,9	20,0
273	73	Klei	Bouwland	MC1	3	7	105,0	80,7	19,9
274	74	Zand	Bouwland	KAS	3	56	0,0	241,0	17,2
275	75	Klei	Grasland	MC2	3	3	106,0	114,0	32,7
276	76	Zand	Bouwland	MC1	3	3	181,0	53,8	16,8
277	77	Zand	Bouwland	MC2	3	0	171,0	49,9	17,2
278	78	Zand	Grasland	MC2	3	28	0,2	237,0	19,7
279	79	Klei	Bouwland	MC1	3	56	-0,1	193,0	19,8
280	80	Zand	Bouwland	blanco	3	56	0,0	52,3	17,5



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl