

Goede landbouwpraktijken voor de opslag van stalmest op de kopakker

Coördinatie onderzoeks- en voorlichtingsplatform Duurzame bemesting

Versie 08/04/2016

1	Achtergrond.....	2
2	Problematiek van de opslag van stalmest op de kopakker	3
3	Onderzoek in Vlaanderen: Stand van zaken	4
3.1	Proeven ILVO	4
3.1.1	Voorjaar 2014	4
3.1.2	Winter 2014-2015	6
3.1.3	Voorjaar 2015	11
3.1.4	Algemene besluiten.....	12
3.2	Proeven Inagro.....	15
3.2.1	Voorjaar 2014	15
3.2.2	Voorjaar 2015	15
4	Buitenlands onderzoek.....	16
5	Onderzoeksnoden in het kader van goede landbouwpraktijken voor de opslag van stalmest op de kopakker.....	19
5.1	Prioritair onderzoek nodig in het kader van waterkwaliteit.....	19
5.2	Extra onderzoek om totale stikstofverliezen te kwantificeren	19
6	Referenties.....	20

1 Achtergrond

De beperking van opslag van organische meststoffen op het land binnen de huidige mestwetgeving geniet weinig draagvlak bij de landbouwsector. Indien Vlaanderen de voorwaarden van de opslag van mest op de kopakker wil aanpassen, is er nood aan een wetenschappelijke onderbouwing om Europa te overtuigen. Hierbij stelt zich de vraag in welke mate de opslag van stalmest op de kopakker bijkomende N-verliezen naar het milieu zal veroorzaken, wat de verschillen zijn ten opzichte van opslag op het landbouwbedrijf en welke bijkomende maatregelen ervoor zorgen dat de verliezen zoveel mogelijk beperkt worden. Deze geïdentificeerde prioritaire onderzoeksnoed werd zowel in de ontwerp tekst van Mestactieplan (MAP) V (Anonymus, 2015) als door het Onderzoeks- en voorlichtingsplatform Duurzame bemesting in de visietekst 'Onderzoeksnoden in het kader van de nutriëntenproblematiek in de landbouw gelinkt aan de waterkwaliteitsdoelstellingen van MAP V' opgenomen (Onderzoeks- en voorlichtingsplatform Duurzame bemesting, 2015).

In deze nota worden de reeds uitgevoerde Vlaamse onderzoeken over strategieën voor opslag van mest op de kopakker in detail besproken, en een beknopte literatuurstudie gaat in op de bevindingen van buitenlands onderzoek ter zake. Het is de bedoeling om na te gaan of er reeds voldoende informatie beschikbaar is en/of bijkomend onderzoek nodig is naar goede landbouwpraktijken voor opslag van mest op de kopakker.

Op de vergadering van 8 april 2016 van het onderzoeksplatform werd deze tekst bediscussieerd en gefinaliseerd.

2 Problematiek van de opslag van stalmest op de kopakker

Nutriëntenverliezen uit stalmest kunnen optreden in de stal, tijdens de opslag buiten de stal, en tijdens en na het uitrijden van de mest op het veld. Tijdens de opslag van mest kan stikstof verloren gaan via vervluchtiging naar de lucht (als $\text{NH}_3\text{-N}$) of via uitspoeling naar de bodem. De hoge zuurtegraad ($\text{pH-H}_2\text{O} > 7$) van stalmest begunstigt de NH_3 -vervluchtiging. Hogere pH-waarden en temperaturen drijven de evenwichtsreactie tussen NH_4^+ en NH_3 richting NH_3 . Uitspoeling van stikstof vindt plaats wanneer regenwater op de mesthopen valt, door de hopen sijpelt en nutriënten uit de mest opneemt. Uitspoeling van stikstof vindt ook plaats als mestvocht door het toenemend volumegewicht uit de hoop geperst wordt. Het stikstofverlies uit de mest naar de bodem toe gebeurt doorgaans onder de vorm van $\text{NH}_4^+\text{-N}$, terwijl $\text{NO}_3^-\text{-N}$ de stikstofvorm is die uit de bodem naar het oppervlakte- of grondwater spoelt (Kolenbrander & de la Lande Cremer, 1967).

Omwille van het risico op nutriëntenverliezen naar het milieu, geldt een verbod van opslag van vaste mest op de kopakker in de periode van 16 november tot en met 15 januari en een maximale opslagduur van twee maanden op landbouwgrond buiten die periode (VLM, 2015¹). Dit zorgt voor de nodige uitdagingen bij vleesveebedrijven, melkveebedrijven met potstal en akkerbouwers/groentetelers die mest in de winterperiode lieten aanvoeren om in het voorjaar op hun akkers uit te rijden. De veehouders worden bijgevolg genoodzaakt om te investeren in een mestopslag op het bedrijf. VLAREM geeft aan dat de mestopslagplaats op het bedrijf aan enkele milieueisen moet voldoen: de vloer moet vloeiend dicht zijn, langs drie zijden moet ze omgeven zijn door mestdichte wanden van voldoende hoogte en de vierde zijde moet dermate aangelegd zijn dat afspoeling van mestsappen niet mogelijk is. Ervaringen in bestaande mestopslagruimtes geven echter aan dat door interne verhitting de mest in de bovenste zone vaak te droog wordt en er potentieel veel stikstof vervluchtigt, waardoor de mestkwaliteit daalt. Verliezen van 20-40% stikstof (voornamelijk gasvormig) worden gerapporteerd (Eghball et al., 1997). Onderin zit los gestorte mest bovendien vaak te nat waardoor rotting en nutriëntenverliezen met sapverlies optreden. De wettelijk opgelegde eisen zullen dus niet zomaar tot lagere stikstofverliezen leiden.

In de toelichting 'Actieprogramma ter uitvoering van de Nitraatrichtlijn, 2015-2018'² bij MAP V, wordt aangegeven dat de opslag van stalmest op de kopakker tijdens de winterperiode (15 november – 15 januari) herzien zal worden in het licht van de resultaten van de lopende pilootstudies. Indien uit deze studies kan worden besloten dat de opslag van stalmest op de kopakker geen bijkomende verliezen naar het milieu zal veroorzaken, zal dit in de winterperiode worden toegelaten indien men beschermende maatregelen neemt. Mogelijke beschermende maatregelen kunnen o.a. zijn:

- Strolaag onder de opgeslagen mest
- Bedekking van de mest met een halfdoorlatende bedekking

¹https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Bedrijfsadvies/Fiches%20BA/20151210_BAS_FICHE_Mestopslag.pdf

² https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Mestbank/Algemeen/Definitief_Actieprogramma_2015-2018_NL.pdf

3 Onderzoek in Vlaanderen: Stand van zaken

3.1 Proeven ILVO

ILVO voerde in het voorjaar van 2014, de winter van 2014-2015, en in het voorjaar van 2015 proeven uit, met als doel de opslag en behandeling van runderstalmest op de kopakker te optimaliseren.

3.1.1 Voorjaar 2014 (Viaene et al., 2015; Viaene et al., submitted)

In dit proefopzet werden vier behandelingen op praktijkschaal met elkaar vergeleken:

- Onbehandelde, niet afgedekte opslag van runderstalmest op de kopakker;
- Extensief composteren (2x omzetten met compostkeerder: 1x bij opzetten en 1x tussentijds) van runderstalmest op de kopakker, afgedekt met TopTex-doek;
- Extensief composteren van runderstalmest op een vloeistofdichte vloer, afgedekt met TopTex-doek;
- Inkuilen van runderstalmest (met toevoeging van effectieve micro-organismen) op een vloeistofdichte vloer, afgedekt met plastic (+ TopTex-doek³ om inpikken van vogels te vermijden).

De proef liep van 16/04/2014 tot 17/06/2014. Het betrof strorijke, relatief droge potstalmest van de melkveestal op het ILVO. Ter homogenisatie van de potstalmest werd deze afgedraaid door de mestkar voor opstarten van de proef. Volgende onderzoeksvragen werden gesteld:

- In welke mate verschillen procesverloop en productkwaliteit bij een extensieve compostering van mest op de **kopakker** van een compostering op een **vloeistofdichte vloer**?
- Hoe groot is het **risico op uitspoeling en gasvormige verliezen** bij niet afgedekte opslag van stalmest op de kopakker en kunnen die risico's teruggedrongen worden via extensieve compostering waarbij de hoop wordt afgedekt met Toptex-doek? Is er een verschil in kwaliteit van het eindproduct tussen opslag en composteren van stalmest op de kopakker?
- Welke veranderingen vinden plaats tijdens een **inkuilproces** van runderstalmest? Wat is het verschil in procesverloop en kwaliteit van het eindproduct met extensief composteren?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, werden bovenstaande behandelingen vergeleken op vlak van procesverloop (temperatuur en CO₂-productie), productkwaliteit (organische stof, nutriëntensamenstelling,...), en nutriëntenverliezen naar bodem (nitraat en ammonium)/lucht (CO₂, NH₃, CH₄, N₂O, H₂O).

³ TopTex doek is een beschermzeil dat geen water, maar wel gasuitwisseling doorlaat. Hierdoor kan geen regenwater in de hoop dringen, maar wordt er wel voldoende zuurstof doorgelaten, hetgeen nodig is voor compostering.

Op basis van het proefopzet op ILVO werden volgende besluiten getrokken:

In welke mate verschillen procesverloop en productkwaliteit bij een extensieve compostering van mest op de kopakker met verloop en kwaliteit van een extensieve compostering op een vloeistofdichte vloer?

De verschillen in compostkwaliteit waren in deze proef beperkt, al werd een vlotter composteerproces (snellere afbraakactiviteit) bij de extensieve compostering op de beton waargenomen ten opzichte van de extensieve compostering op de kopakker. Dit verschil in procesverloop kon gerelateerd worden aan het verschillend vochtgehalte van de hopen. Er werd immers vastgesteld dat bij beide composthopen vocht een limiterende factor was voor het afbraakproces, gerelateerd aan het hoge droge stofgehalte van de mest (32% op versgewicht). De hoop op de beton capteerde het van de betonvloer afstromende water, wat na inmengen (keren van de hoop na 1 maand opslag) in een iets beter composteerproces resulteerde. In de hoop op de beton werden dan ook hogere temperaturen waargenomen in vergelijking met de hoop op de kopakker. Aangezien er echter geopteerd werd voor een extensieve boerderijcompostering, en dus de arbeids- en tijdsinvestering te beperken, werd geen extra vocht toegediend aan de hopen.

Conclusie: De verschillen in kwaliteit van het compostproduct zijn beperkt, en de verschillen in procesverloop zijn met name gerelateerd aan variatie in vochtgehalte van de hopen. Onder andere weersomstandigheden of bij extensieve compostering met een nattere mest, is het onzeker of de voorvermelde conclusies bevestigd zouden worden.

Hoe groot is het risico op gasvormige en uitspoelingsverliezen bij opslag van stalmest op de kopakker en kunnen die risico's teruggedrongen worden via extensieve compostering? Is er een verschil in kwaliteit van het eindproduct tussen opslag en extensief composteren van stalmest op de kopakker?

Bij het extensief composteren van stalmest op de kopakker waren de temperaturen tijdens het proces minder hoog en het eindproduct droger in vergelijking met onbehandelde opslag op de kopakker. Dit werd verklaard door de afdekking met een semipermeabele doek (waardoor neerslag niet kon insijpelen) en door het keren van de gecomposteerde hoop waarbij vocht verdampte. Op vlak van eindsamenstelling werden echter geen grote kwaliteitsverschillen waargenomen, maar de gecomposteerde stalmest was droger, homogener en fijner dan de los opgeslagen stalmest. Indien het vochtgehalte in de gecomposteerde hoop op peil zou zijn gebracht door water bij te steken tijdens het keren, zou het verschil in kwaliteit tussen de gecomposteerde en onbehandelde hoop waarschijnlijk groter geweest zijn.

Bij gebruik van een relatief droge mest wijst deze proef uit dat het risico op N-uitspoeling bij extensieve compostering onder doek sterk gereduceerd wordt, vermits onder de gecomposteerde stalmest een ca. zeven keer lagere NH_4^+ -N-concentratie in de bouwlaag (0-30 cm) werd gemeten in vergelijking met de onbehandelde, onafgedekte stalmest (respectievelijk 6.8 g N/m² en 48.3 g N/m²; rekening houdend met de oppervlakte waarop de mesthoop zich bevond (24 m²), komt de laatste concentratie overeen met ca. 2% van de initiële N-inhoud van de hoop). Redenen voor de lagere NH_4^+ -N-concentratie in de bodem onder de extensief gecomposteerde mest waren:

- Een droger mestproduct bij de compostbehandeling, hetgeen een neerwaarts vochttransport belette. De mest was droger door de afdekking, die het insijpelen van regenwater belette, en door verdamping van vocht bij omzetten van de mest;

- In de los opgeslagen hoop bleef de microbiële activiteit en vrijstelling van ammoniakale N aanhouden, door een grotere beschikbaarheid aan vocht. Deze vrijgestelde N kon uitspoelen via regenwater dat door de hoop sijpelde.

Naarmate de mest droger is door een hogere strogift is het uitsijpelen van mestvocht minder waarschijnlijk. Zonder afdekking echter, kan regenwater mogelijks makkelijk door de hoop percoleren.

Door een grotere vochtbeschikbaarheid door het insijpelen van regenwater in de niet afgedekte onbehandelde hoop bleef de microbiële activiteit en de vrijstelling daarbij van ammoniakale N aanhouden. De vrijgestelde N kon uitspoelen via regenwater dat door de hoop sijpelde. Doorsijpelend regenwater bleek hier de voornaamste oorzaak te zijn van de verhoogde NH_4^+ -N-concentratie in de bodem.

Aangezien er in dit proefopzet geen met Toptex-doek afgedekte, onbehandelde mestopslag als behandeling voorkwam, is er geen vergelijking mogelijk tussen 'extensieve compostering' (twee maal omzetten) en onbehandelde mestopslag los van de factor afdekking met Toptex-doek.

Wat gasvormige verliezen betreft konden er geen uitspraken gedaan worden over de verschillen tussen de behandelingen. Vooraleer hierover uitspraken te doen, dient de meetmethodiek verder geoptimaliseerd te worden. Het is nochtans niet uitgesloten dat door het keren bij het composteren er meer gasvormige verliezen optreden (zie '4. Buitenlands onderzoek').

Conclusie: De resultaten onder de omstandigheden van deze proef wijzen duidelijk op een sterk gereduceerd risico op N-uitspoeling bij extensieve compostering onder doek. Op vlak van samenstelling werden geen grote kwaliteitsverschillen waargenomen, maar de extensief gecomposteerde stalmest was droger, homogener en fijner.

Welke veranderingen vinden plaats tijdens een inkuilproces van runderstalmest? Wat is het verschil in procesverloop en kwaliteit van het eindproduct met verloop en kwaliteit bij composteren?

Hoewel een beperkte afbraakactiviteit werd waargenomen, is het inkuilen te beschouwen als een bewaarproces. Het inkuilproduct bevat in vergelijking met de compost meer NH_4^+ -N en is nog energierijk (hoog gehalte makkelijk afbreekbare koolstof), wat maakt dat bij toepassing het risico op gasvormige stikstofverliezen groter zal zijn en er na inbrengen in de bodem nog veel organisch materiaal zal worden afgebroken. Bij onbehandelde opslag en extensieve compostering situeren de gasvormige stikstofverliezen en de afbraak van organische stof zich eerder tijdens de opslag.

3.1.2 Winter 2014-2015 (Nelissen et al., 2015; Viaene et al., submitted)

In dit proefopzet werden volgende behandelingen qua opslag van stalmest op praktijkschaal met elkaar vergeleken:

- Los gestorte stalmest, zonder afdekking;
- Los gestorte stalmest, afgedekt met plastic (+ TopTex-doek om inpikken van vogels te vermijden);
- Los gestorte stalmest, afgedekt met TopTex-doek;

- Extensief gecomposteerde stalmest (2x omgezet: 1 x bij opzetten en 1 x tussentijds), afgedekt met TopTex-doek.

In vergelijking met het proefopzet bij ILVO (voorjaar 2014) betrof het hier een vrij natte mest met een lage C/N-verhouding door een geringere strogift.

De proef werd op drie locaties aangelegd (Zie Figuur 1): in Zoersel en Zwevezele op de kopakker, in Wachtebeke in het midden van de akker. Op dit laatste perceel lagen er nog korrelmaïsresten op het veld. De proef duurde twee maanden (half december 2014 tot half februari 2015). Voor de compostbehandelingen werden de hopen opgezet door afdraaien van de mest door de molen van de mestkar en werden de hopen eenmaal gekeerd met de compostkeerder, 1 maand na opzet.

De doelstelling van deze proef is de vergelijking van bovenstaande technieken voor de opslag en behandeling van runderstalmest op de kopakker. Daarbij wordt gezocht naar de techniek die resulteert in de minste stikstofverliezen naar de bodem door uitspoeling, en die de beste resultaten geeft betreffende agronomische kwaliteit van het eindproduct. Gasvormige stikstofverliezen door NH_3 -vervluchtiging werden niet bepaald.

Bovenstaande behandelingen werden vergeleken op vlak van procesverloop (temperatuur en CO_2 -productie), productkwaliteit (organische stof, nutriëntensamenstelling,...), en nutriëntenverliezen naar de bodem (nitraat en ammonium). In Wachtebeke werd op 10 cm diepte onder de los gestorte hoop, afgedekt met TopTex-doek, de bodemtemperatuur continu opgevolgd met een temperatuurlogger. Op basis van deze metingen werd de temperatuur ingesteld in een incubatieproef met dezelfde bodem. Doelstelling van deze incubatieproef was de extra stikstofmineralisatie uit de bodemorganische stof door een verhoogde bodemtemperatuur onder de hopen te kunnen inschatten.



Figuur 1 Proefopzet in Wachtebeke (boven), Zoersel (midden) en Zwevezele (onder).

Op basis van de proeven in Wachtebeke, Zwevezele en Zoersel werd volgend algemeen besluit getrokken:

Bij deze relatief natte mest bleek dat uitsijpelend mestvocht de voornaamste oorzaak was van verhoogde NH_4^+ -N-concentraties in de bodem. Indien tussentijds omzetten van natte mest, in geval van extensieve compostering, tot hogere temperaturen in de hoop leidde (zoals in Wachtebeke en Zoersel het geval was; de mest was er iets strorijker dan in Zwevezele, maar nog steeds nat), zorgde dit voor extra N-uitspoeling door extra N-mineralisatie in de hoop, en daarmee extra N die met het mestvocht in de bodem spoelde. Het omzetten zelf kan ook het verlies aan mestvocht hebben doen toenemen.

Op basis van het proefopzet op het ILVO en de proefopzetten in Wachtebeke, Zwevezele en Zoersel werden volgende besluiten getrokken:

Hoe groot is het risico op stikstofuitspoeling bij opslag van vaste rundveemest op de kopakker?

De verhoogde NH_4^+ -N-concentratie onder de stalmesthopen in vergelijking met de concentratie in de bodem weg van de mestopslag kan verklaard worden door (i) uitspoeling van minerale N uit de hoop en (ii) de hogere bodemtemperaturen onder de hopen (tot 37°C) die resulteren in extra vrijstelling van stikstof door mineralisatie van bodemorganische stof en mineralisatie van uit de mesthoop uitgeloopte organische verbindingen. Wat extra mineralisatie van bodemorganische N betreft, werd in een incubatieproef (met bodem van de proeven in Wachtebeke, Zwevezele, en Zoersel) echter vastgesteld dat er maximaal 4,5 g N/m² extra gemineraliseerd wordt door een hogere bodemtemperatuur in vergelijking met een normale bodemtemperatuur zoals gemeten in veldomstandigheden. Rekening houdend met (i) de extra gemineraliseerde hoeveelheid N zoals gemeten in de incubatieproef, en (ii) de oppervlakte waarop de mesthoop zich bevond, komt de uitgespoelde hoeveelheid NH_4^+ -N overeen met hoeveelheden tussen 0,28 en 0,95 kg NH_4^+ -N die uit de mesthoop uitloogde naar de 0-10 cm laag in de bodem onder de hoop (voor de verschillende behandelingen in de proeven in Wachtebeke, Zwevezele, en Zoersel). Globaal over de verschillende behandelingen en locaties heen, bedroeg de hoeveelheid NH_4^+ -N onder de hopen bij afloop van de proeven tussen 0,3 en 2% van de totale, bij aanvang in de mest aanwezige hoeveelheid N, wat relatief weinig is in vergelijking met gasvormige verliezen tijdens opslag en met verliezen in de stal of na uitrijden. Literatuur toont namelijk aan dat tijdens composteren van stalmest meer dan 50% van de initiële N hoeveelheid in de mest verloren kan gaan via NH_3 -verliezen (zie '4. Buitenlands onderzoek'). Aangezien de NH_4^+ -N voornamelijk geconcentreerd is in de 0-10 cm toplaag en niet omgezet werd naar NO_3^- -N omwille van anaërobe omstandigheden, is er nauwelijks risico op uitspoeling tot het einde van de opslag. De hierboven vermelde puntvervuiling onder een mesthoop (0,28 tot 0,95 kg NH_4^+ -N) kan omgerekend worden naar perceelsniveau: rekening houdend met een op één hectare op te slaan, want toe te passen volume mest volgens een bemestingsnorm van 75 kg P_2O_5 per ha, komt dit neer op een extra 0,4 tot 4,1 kg NH_4^+ -N in de bodem voor die hectare land (vermits de hoop om 1 ha te bemesten groter zal zijn dan de hopen opgezet in de proef). Hoe verder de mestopslag van waterlopen gebeurt, hoe kleiner het risico op N-uitspoeling vanuit de bodem naar de waterloop (min. 10 m volgens het voorzorgsprincipe van de VLM).

Welke manier van opslaan op de kopakker leidt tot het minste stikstofverlies naar de bodem?

Er werd besloten dat:

- Natte stalmest met een lage C/N-verhouding best los gestort (onbehandeld) en afgedekt wordt opgeslagen op de kopakker. Afdekken met plastic heeft daarbij het voordeel dat microbiële afbraak wordt beperkt, waardoor geen extra N door mineralisatie in het mestvocht terecht komt. Anderzijds werd geen extra N in de bodem teruggevonden bij afdekken met TopTex in vergelijking met afdekken met plastic, en kunnen er geen uitspraken gedaan worden over verschillen tussen plastic en TopTex in risico op gasvormige verliezen, tijdens de opslag en na de toepassing.
- Drogere stalmest met een gunstige C/N-verhouding best intensief gecomposteerd (inclusief tussentijds bevochtigen) kan worden: door gecontroleerde microbiële activiteit kunnen N-verliezen beperkt worden en wordt een stabiel eindproduct bekomen.
- Bijmengen met structuurrijke materialen enkel gunstig is indien de hoop ook wordt afgedekt. Zonder afdekking kan regenwater makkelijk door de hoop percoleren omwille van de aanwezigheid van meer drainageporiën, hetgeen de uitspoeling van stikstof met mestvocht of doorsijpelend regenwater kan verhogen.

De stikstofverliezen tijdens en na toepassing op het veld werden hier niet in rekening gebracht. De effecten op bodemstructuur werden tijdens deze proef niet gemeten, maar structuurschade werd tijdens deze proef zo veel mogelijk vermeden. In de praktijk echter, is het bij natte omstandigheden niet evident om de stalmest tussentijds om te zetten zonder de bodem te beschadigen.

Conclusie: Bij rundveestalmest met een laag volumetrisch vochtgehalte zorgt composteren en afdekken met TopTex-doek voor minder stikstofverlies naar de bodem, ten opzichte van los storten en niet afdekken. Bij stalmest met hoge volumetrische vochtgehaltenes is het aangewezen om de stalmest los te storten en af te dekken.

Wat is de rol van de eigenschappen van de stalmest en de manier van opslag op de agronomische waarde van het eindproduct?

Uit de proeven in Wachtebeke, Zwevezele en Zoersel blijkt dat rundveemest met een lagere verse bulkdichtheid en volumetrisch vochtgehalte (door de aanwezigheid van meer stro), in een hogere temperatuurontwikkeling in de mest tijdens de proef resulteerde. Enkel de extensieve compostbehandeling in Wachtebeke had temperaturen boven de 55°C, wat afdoding van onkruidzaden en pathogenen stimuleert. Bij de extensieve compostbehandeling in Zwevezele vond geen temperatuurstijging en dus geen verteringsproces plaats door het te hoge volumetrische vochtgehalte en het gebrek aan zuurstof (temperaturen < 30°C, beperkte daling in organische stof, C/N en C/P-verhouding, geen omvorming van $\text{NH}_4^+\text{-N}$ naar $\text{NO}_3^-\text{-N}$).

Ook de manier van opslag beïnvloedde de temperatuur in de hoop en de productkwaliteit: de temperatuur was het hoogste in de extensief gecomposteerde hopen, en het laagste in de los gestorte, onbehandelde hopen afgedekt met plastic. Afdekken met TopTex-doek zorgde voor hogere temperaturen dan losse opslag zonder afdekken en afdekken met plastic. Losse opslag zonder afdekking zorgde voor het hoogste volumetrische vochtgehalte in de mest (regenval), terwijl afdekking met plastic zorgde voor het laagste volumetrische vochtgehalte. Een hogere

temperatuur wijst op microbiële afbraakactiviteit, die zorgt voor stabilisatie van het product en meer omvorming van $\text{NH}_4^+\text{-N}$ naar $\text{NO}_3^-\text{-N}$.

Conclusie: Hoe lager de verse bulkdichtheid en het volumetrische vochtgehalte van de mest (hetgeen bereikt kan worden door meer stro en/of stockeren onder afdak), hoe hoger de temperaturen die zich ontwikkelen in de hoop tijdens de opslag, en hoe stabiel het eindproduct. Extensief composteren (één tot enkele malen omzetten van de mest) van niet al te natte mest leidt tot microbiële afbraakactiviteit en temperatuuropbouw, waarbij men van een verteringsproces kan spreken.

3.1.3 Voorjaar 2015 (Viaene et al., submitted)

Natuurbeherende instanties zijn zoekende naar een waardevolle en economisch interessante afzet voor beheerresten zoals maaisel uit graslandbeheer. Dit maaisel is vaak van onvoldoende kwaliteit voor benutting als bijvoorbeeld veevoeder of grondstof voor vergisting. **Akker- en tuinbouwers** zoeken naar kwaliteitsvolle bodemverbetersaars en organische meststoffen, waarmee het koolstofgehalte en de bodemlevenactiviteit opgekrikt kunnen worden, zonder N- of P-normen te overschrijden. **Rundveehouders** hebben vaak stalmest in de aanbieding, en zijn zoekende naar een geschikte (zonder risico op nutriëntenverliezen) én haalbare (zonder grote investeringskosten) manier van opslag en behandeling van die mest.

In het kader van deze context werd de compostering van natuurmaaisel en stalmest onderzocht. Dit biedt zeker kansen, vermits samenwerking en dus delen van de inspanningen en kosten kan helpen om hindernissen te overwinnen, zoals:

- Beschikbaarheid van een goede mix van verse groene stromen (waaronder mest) en koolstofrijk structuurmateriaal (rijp maaisel), voor een optimaal startmengsel voor compostering.
- Tijds- en arbeidsinvestering: opzetten, opvolging en omzetten van de compostrollen, transport van grondstoffen en eindproduct.
- Aankoop en inzet van het nodige materieel: compostkeerder, temperatuur- en CO_2 -sensor, compostdoeken.

Maar:

- Het huidige regelgevend kader vormt vaak een belemmering. De milieuvergunningsplicht leidt tot moeilijk haalbare investeringen.
- Er is vaak gebrek aan kennis en ervaring om te composteren.
- Composter en compost toepassen wordt vaak niet als winstgevend gezien op korte termijn.

ILVO voerde, in samenwerking met Natuurpunt en een landbouwer, een proef uit met als doel de vergelijking van volgende technieken voor de opslag en behandeling van runderstalmest op de kopakker:

- Composter van runderstalmest
- Compostering van een mengsel van runderstalmest en ruw maaisel
- Compostering van een mengsel van runderstalmest en voorgecomposteerd maaisel

De proef duurde twee maanden. De compostbehandeling werd tweemaal gekeerd: 1 maand en 48 dagen na opzet. De hopen waarin mest en maaisel gecombineerd werden, werden opgezet door de mest bovenop het maaisel te storten en vervolgens te mengen met de compostkeerder. Deze behandelingen werden met elkaar vergeleken op vlak van procesverloop (temperatuur en CO₂-productie), productkwaliteit (organische stof, nutriëntensamenstelling,...), en nutriëntenverliezen naar de bodem (nitraat en ammonium).

Volgende besluiten werden getrokken:

Bijmenging van maaisel bij stalmest resulteerde in een beter composteerproces, vermits het startmengsel geoptimaliseerd werd (gunstigere C/N-verhouding), en bijgevolg een stabielere eindproduct in vergelijking met compostering van pure stalmest. Onder de gecomposteerde hoop met uitsluitend stalmest lagen de NH₄⁺-concentraties in de bodem hoger dan bij de hopen waarbij maaisel werd bijgemengd. Bij de gecomposteerde hoop met uitsluitend stalmest bedroeg de hoeveelheid NH₄⁺-N onder de hoop bij afloop van de proef 4,2% van de totale hoeveelheid N aanwezig in de stalmest bij aanvang. De hopen met stalmest en maaisel bevatten maar de helft van de hoeveelheid mest in vergelijking met de hoop met uitsluitend stalmest. Echter, wanneer de hoeveelheid NH₄⁺-N in de bodem bij afloop van de proef relatief wordt uitgedrukt ten opzichte van de initiële hoeveelheid N in de mest, blijkt dat bijmengen van maaisel de hoeveelheid uitgeloopte N reduceert (4,2% bij de gecomposteerde mest zonder maaisel; 1,7% bij de mest met ruw en voorgecomposteerd maaisel). Opvallend was dat in dit experiment de NH₄⁺-concentraties in de bodem hoger lagen dan in de eerste twee experimenten. Mogelijke verklaring is het feit dat de hopen een 2^{de} keer gekeerd werden (in de eerste twee experimenten werden ze slechts eenmaal gekeerd), vermits de concentraties van nutriënten in het uitgeloopte mestvocht zouden toenemen naarmate de hoop vaker gekeerd wordt (Parkinson, 2000). Bijkomend zou op deze locatie, een weideperceel, de extra stikstofmineralisatie door een verhoogde bodemtemperatuur hoger kunnen zijn in vergelijking met de eerder uitgevoerde proeven, waar het telkens akkerpercelen betrof.

3.1.4 Algemene besluiten

Uit de hierboven besproken proeven (Viaene et al., 2015 en submitted; Nelissen et al., 2015) wordt geconcludeerd dat de opslag van stalmest op de kopakker resulteert in hogere NH₄⁺-N-concentraties onder de hopen in vergelijking met een bodem waar geen mest wordt opgeslagen. In de 0-90 cm bodemlaag, bedragen deze bodem NH₄⁺-N-concentraties maximum 4,2% van de initiële totale stikstofhoeveelheid in de mest. Hoofdoorzaken zijn directe uitspoeling van NH₄⁺-N en mineralisatie van uitgespoelde organische N door verhoogde bodemtemperaturen onder de hoop. Zowel de initiële eigenschappen van de mest als de wijze waarop de mest tijdens de opslag behandeld en afgedekt wordt bepalen hoe groot het N verlies naar de bodem is.

Voor droge stalmest met een lagere bulkdichtheid en hoge C/N-verhouding, dit betekent stro-rijke stalmest of stalmest waar een ander structuurrijk materiaal werd bijgemengd, resulteert composteren in een stabielere eindproduct en minder N-verliezen naar de bodem. Voor nattere stalmest met een hogere bulkdichtheid en lage C/N-verhouding, dus mest met weinig stro, resulteert losse opslag en afdekken in de laagste N-verliezen naar de bodem toe.

Viaene et al. (2015, submitted) en Nelissen et al. (2015) wijzen op verschillende onderzoeksnoden en verder te bestuderen aspecten:

- **Validatie van de resultaten:** De optimale range van verse bulkdichtheid, volumetrische vochtgehaltes en C/N-verhoudingen van de stalmest waarbij de minste uitspoeling plaatsvindt, zou kunnen bepaald worden door de proef uit te breiden met verschillende types stalmest (variatie in vochtgehalte, volumegewicht, C/N-verhouding). Dit kan ook verkennend uitgevoerd worden op laboschaal, waarbij verschillende types stalmest telkens op verschillende vochtgehaltes getest worden op temperatuurontwikkeling via de zelfverhittingstest in Dewar-vaten (dubbelwandige vaten).
- **Opvang van sapverliezen onder de hopen:** In de proeven uitgevoerd in de winter van 2014-2015 en in het voorjaar van 2015 werden de sapverliezen onder de hopen opgevangen met containers met een geperforeerd deksel die in de bodem ingegraven werden. Besluit is dat er een grote variatie zit in de hoeveelheid mestvocht opgevangen door de containers, en in de NH_4^+ -N- concentraties in het mestvocht. Meer containers zijn nodig, of containers met een groter oppervlak, om deze variatie volledig gedetailleerd in beeld te brengen. Ondanks de grote variatie tonen de resultaten op betrouwbare en duidelijke wijze aan dat uitspoeling van mestvocht naar de bodem toe de voornaamste oorzaak is van de verhoogde NH_4^+ -N- concentraties in de toplaag, en dat dit een grotere impact had dan het indirecte effect van een hogere bodemtemperatuur op mineralisatie.
- **Effect van hoge NH_4^+ -N-concentraties in de bodem:** De zuurstofloze omstandigheden onder de hopen beperken de omzetting van NH_4^+ -N naar NO_3^- -N. Eventueel toxische effecten op microbiologie/plantengroei van deze verhoogde NH_4^+ -N-concentraties dienen verder bekeken worden. Bovendien kan onderzocht worden wat er gebeurt met de NH_4^+ -N na verwijdering van de hopen: vervluchtiging kan optreden bij bewerking in het voorjaar, of de N kan uitspoelen na omzetting naar NO_3^- -N bij een neerslagoverschot. Ook kan de minerale N opgenomen worden door de volgende teelt.
- **Gasvormige verliezen in relatie tot de kwaliteit van de rundveestalmest en de wijze van opslag, behandeling:** Gezien de stikstofverliezen door uitspoeling gering zijn in vergelijking met mogelijke gasvormige verliezen is het aangewezen ook de gasvormige verliezen te onderzoeken in relatie tot de kwaliteit van de rundveestalmest en de wijze van opslag en behandeling, zeker in het kader van Programmatorisch Aanpak Stikstof (PAS). Om de gasvormige verliezen te kwantificeren wordt best met een gesloten systeem gewerkt.
- **Verschil in N-uitspoeling ten opzichte van opslag op beton:** Op basis van de verschillende proeven, blijken de risico's op N-uitspoeling bij opslag op de kopakker eerder beperkt te zijn. Om alle risico uit te sluiten, wordt de opslag van stalmest op een vloeistofdichte vloer als alternatief vooropgesteld in de regelgeving. Ook hier ontstaan echter sapverliezen, waardoor een opvangput voor mestsappen en regenwater doorgaans tot de verplichtingen bij een vergunning hoort. Toch kent dit systeem beperkingen. Zo wordt het probleem (sapverliezen) eigenlijk gewoon verschoven, en beperken de verplichte opstaande wanden eventuele extensieve compostering op het bedrijf. Bovendien is er, naast het risico op sapverliezen, ook het risico op gasvormige verliezen en verlies aan agronomische waarde van de mest. Onderin de hoop zit de mest vaak te vochtig en lekken nutriënten met mestsappen weg. Bovenin is de hoop vaak te droog en te luchtig waardoor verhitting optreedt met stikstofvervluchtiging tot gevolg. Geconditioneerde opslag is daarom aangeraden bij dergelijke stockage op het bedrijf: een licht anaërobe bewaring van

stromest in de opslag kan gerealiseerd worden door de mest zorgvuldig te stapelen/aan te dammen en strorijke mest eventueel bijkomend te bevochtigen. Vergelijk dit met de situatie in potstalsystemen (waarin doorgaans ruim stro gebruikt wordt): de mest wordt aangetrapt door de dieren hetgeen leidt tot een licht anaërobe situatie met beperkte verliezen van N en organische stof tot gevolg.

Er is dus ruimte voor bijkomend onderzoek naar verschillen in mestkwaliteit en N-verliezen bij opslag op een vloeistofdichte vloer op het bedrijf in vergelijking met opslag op de kopakker.

- **Stikstofverliezen tijdens en na uitrijden van de mest:** Om de totale stikstofverliezen te kunnen vergelijken tussen verschillende opslagmethodes moeten zowel de verliezen in de stal, tijdens de opslag als tijdens en na het uitrijden gekwantificeerd worden. Ook de effecten, na toepassing, van het eindproduct op bodemkwaliteit (bv. koolstofopslag) kunnen vergeleken worden.
- **Alternatieve materialen voor bijmenging:** De nutriëntenuitspoeling kan beperkt worden door de waterretentiecapaciteit van de hoop te verhogen (Krogmann & Woyczehowski, 2000) via toevoegen van bulkmaterialen zoals stro (Ulén, 1993), houtsnippers (Lafrance et al., 1996) of andere structuurrijke materialen zoals ruw maaisel (Viaene et al., submitted). Dit zal ook de C/N-verhouding van het mengsel doen toenemen wat ook de gasvormige verliezen kan doen afnemen (mits vocht geen limiterende factor is). Uit de proeven uitgevoerd door ILVO (Viaene et al., 2015) kon echter besloten worden dat, wat stikstofuitspoeling betreft, bijmengen met structuurrijke materialen enkel gunstig is indien de hoop ook wordt afgedekt. Zonder afdekking kan regenwater makkelijk door de hoop percoleren omwille van de aanwezigheid van meer drainageporiën, hetgeen de uitspoeling van mestvocht kan verhogen. De resultaten van Viaene et al. (2015) geven aan dat composteren van stalmest met een gunstig vochtgehalte en C/N-verhouding N-uitspoeling kan beperken, terwijl een stabiel eindproduct bekomen wordt. Composteren ter beperking van de stikstofverliezen tijdens de opslag kan dus, maar vraagt om een aanpassing van de mestsamenstelling en een gerichte aansturing van het proces, hetgeen de intensiteit van de werkzaamheden verhoogt.

Niet elke landbouwer beschikt over structuurrijke materialen voor bijmenging. Naargelang de lokale omstandigheden kunnen landbouwers echter soms bepaalde reststromen uit terreinbeheer (ruw maaisel van beheergraslanden, hooi, stro, heideplagsel, heidechopper, riet, etc.) op hun bedrijf opmengen met stalmest. Deze beheerresten, vaak gratis beschikbaar, kunnen eventueel ter plekke reeds voorgecomposteerd worden (door de terreinbeherende instanties), zodat het te transporteren volume gereduceerd wordt en eventueel aanwezige onkruidzaden afgedood worden. Bij eigen gebruik van de stalmest vormt het extra gecreëerde volume (door toevoeging van de externe stromen) geen probleem. Bij mestafzet geeft een analyseverslag van deze stalmest een correct beeld van de afgevoerde stikstofhoeveelheid. Indien dit een efficiënte en haalbare piste blijkt te zijn, dient in overleg met de betrokken overheden bekeken te worden hoe deze praktijk gestimuleerd kan worden.

De proef van Viaene et al. (submitted), waarbij ruw maaisel werd bijgemengd met stalmest, wijst erop dat bijmenging van structuurrijke materialen N verliezen naar de bodem kan

reduceren. Er is echter nog ruimte voor bijkomend onderzoek om co-composteren te optimaliseren naar minimale N verliezen (zowel gasvormig als naar de bodem) toe.

3.2 Proeven Inagro

3.2.1 Voorjaar 2014 (Inagro, Vertrouwelijk verslag)

In dit proefopzet werden volgende behandelingen op praktijkschaal met elkaar vergeleken:

- 1 hoop stalmest afgekipt op het perceel (= controle);
- 1 hoop stalmest afgekipt op het perceel en continu afgedekt met Toptex zeil;
- 1 hoop stalmest afdraaien op het perceel, waarna 1 keer gekeerd met een compostkeerder;
- 1 hoop stalmest afdraaien op het perceel en continu afgedekt met Toptex zeil, waarna 1 keer gekeerd met een compostkeerder.

De proef werd aangelegd op twee locaties, in Poperinge en Aartrijke. De proef duurde 2 maanden. Op de locatie in Aartrijke betrof het stalmest die al enkele maanden in de mestopslag op het bedrijf had gelegen en daardoor meer verteerd was. De stalmest op de locatie in Poperinge kwam nog maar net uit de stal.

De doelstelling van deze proef was de vergelijking van bovenstaande technieken voor de opslag en behandeling van runderstalmest op de kopakker.

Om de doelstelling te bereiken, werden bovenstaande behandelingen vergeleken op vlak van procesverloop (temperatuur en CO₂-productie), productkwaliteit (organische stof, nutriëntensamenstelling,...), en nutriëntenverliezen naar de bodem (nitraat en ammonium).

Volgende besluiten werden getrokken:

Uit de resultaten van de ammoniumanalyse blijkt het volgende:

Uitgezonderd voor de onbehandelde mest in Poperinge, bleek dat door afdekken de NH₄⁺-N-concentraties onder de hopen lager waren. Keren en niet afdekken scoorde het slechtste wat NH₄⁺-N-concentraties in de bodem betreft.

Op de locatie in Aartrijke lagen de NH₄⁺-N-concentraties in de bodem echter hoger bij de behandelde objecten dan bij de onbehandelde objecten. Dit in tegenstelling tot in Poperinge, waar het afgedekte behandelde object resulteerde in de laagste NH₄⁺-N-concentratie in de bodem in vergelijking met de andere objecten.

3.2.2 Voorjaar 2015 (Inagro, Vertrouwelijk verslag)

In dit proefopzet werden volgende behandelingen op praktijkschaal met elkaar vergeleken:

- 1 hoop stalmest afgekipt op het perceel (= controle);
- 1 hoop stalmest afgekipt op het perceel en continu afgedekt met Toptex zeil;
- 1 hoop stalmest afgekipt op het perceel op een bodem bedekt met stro;
- 1 hoop stalmest afgekipt op het perceel op een bodem bedekt met stro en continu afgedekt met Toptex zeil.

De proef werd aangelegd op twee locaties, in Poperinge en Aartrijke. De proef duurde 3,5 maanden in Poperinge en 4 maanden in Aartrijke.

De doelstelling van deze proef was de vergelijking van bovenstaande technieken voor de opslag en behandeling van runderstalmest op de kopakker.

Om de doelstelling te bereiken, werden bovenstaande behandelingen vergeleken op vlak van procesverloop (temperatuur), productkwaliteit (organische stof, nutriëntensamenstelling,...), en nutriëntenverliezen naar de bodem (nitraat en ammonium).

Volgende besluiten werden getrokken:

Op beide locaties was een verhoogde concentratie van $\text{NH}_4^+\text{-N}$ te merken onder de hopen op het einde van de bewaring. De hoogste verhoging werd vastgesteld indien de bewaring gebeurde op bodem zonder stro onder afdekking. Rond de hopen was er geen verandering in ammoniumwaarde waarneembaar.

Naar het einde van de bewaring was er een toename van het nitraatgehalte in de bodem rond de hoop ten opzichte van de beginsituatie. Deze toename was het laagst bij gebruik van stro+zeil. Als je deze waarden vergelijkt met het nitraatgehalte op 3 m en 5 m afstand van de hoop (referentie), dan was de gemeten waarde van het object stro+zeil quasi gelijk aan de referentie. Er was dus bijna geen toename van het nitraatgehalte bij gebruik van stro+zeil. De grootste toename van het nitraatgehalte werd vastgesteld tussen 5 maart en 14 april op de lichte grond. In deze periode viel maar lichte neerslag. Waarschijnlijk heeft dit te maken met vrijstelling van stikstof door mineralisatie uit bodemorganische stof.

4 Buitenlands onderzoek

Uit de verschillende proeven uitgevoerd door ILVO blijkt dat de $\text{NH}_4^+\text{-N}$ -concentratie in de bodem onder een hoop stalmest bij afloop van de mestopslag maximum 4.2% van de initiële N-hoeveelheid in de mest bedroeg. Deze resultaten stemmen overeen met de resultaten uit buitenlands onderzoek. In verschillende buitenlandse studies worden echter niet enkel de uitspoelingsverliezen, maar ook de gasvormige emissies gemeten. NH_3 -emissies worden in sterke mate beïnvloed door de stikstofinhoud van de mest en de temperatuur (meer emissies bij hogere temperatuur) (LNE, 2006).

In de studie van Petersen et al. (1998), uitgevoerd in Denemarken, bedroegen de N-verliezen tijdens de opslag van niet afgedekte stalmest (9-14 weken) via **uitspoeling** 2-4% van de initiële totale N-hoeveelheid in de mest, terwijl de **$\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen** 4-5% daarvan bedroegen.

Parkinson (2000) rapporteerde in een Britse studie minerale **N-uitspoelingsverliezen** van 2.5% van de initiële N-hoeveelheid in de mest, bij afloop van een proef uitgevoerd tussen januari en april 1999, waarbij stalmest niet afgedekt gecomposteerd werd (3 x keren) op beton. In een ander experiment uitgevoerd door Parkinson (2000) tussen juni en september 1999 op beton, werden cumulatieve **gasvormige $\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen** gemeten tussen 11 en 51% van de initiële N-hoeveelheid in de mest, dit voor verschillende compostbehandelingen met stalmest: 11% indien 1 x keren met een frontlader, 17% indien 1 x keren met een mestverspreider, 51% indien 1 x keren met een mestverspreider en 2 x keren met een frontlader, en 18% indien 3 x keren met een frontlader. In

compostproeven die uitgevoerd werden tussen september en december van datzelfde jaar bedroegen de cumulatieve gasvormige $\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen slechts 1 à 2% van de initiële N-hoeveelheid in de mest. Deze experimenten vonden echter plaats onder nattere en koudere omstandigheden.

Eghball et al. (1997) voerden in Nebraska (V.S.) tijdens drie opeenvolgende jaren (1992-1994) composteerproeven uit op beton. De compost werd met een frontlader elke 7-10 dagen gekeerd, of er werd gekeerd op basis van de temperatuur in de hopen indien het nodig was. Ook werd er water toegediend indien het vochtgehalte in de hoop te laag was. Uit deze proeven blijkt dat de N-verliezen tijdens composteren 19 tot 42% van de initiële totale N-hoeveelheid in de mest bedroegen. Het merendeel (>92%) ging verloren via **$\text{NH}_3\text{-N}$ -vervluchtiging**, terwijl slechts een klein deel (<0.5%) verloren ging door uitspoeling onder de vorm van **minerale N**.

Martins en Dewes (1992) onderzochten in een Duitse studie de N-verliezen tijdens composteren van verschillende types mest in een soort compostreactor, gedurende een periode van 98 tot 114 dagen. De hopen werden 3 tot 7 keren gekeerd, indien de temperatuur in de hopen minder dan 30°C bedroeg. Om uitdroging tegen te gaan, werd het uitgeloopte mestvocht gebruikt om de hoop te bevochtigen. Composteren resulteerde in **N-uitspoelingsverliezen** van 9.6 tot 19.6% van de initiële totale N-hoeveelheid in de mest plus de hoeveelheid N toegediend door irrigatie, waarbij het merendeel van de uitspoelingsverliezen (>70%) binnen de eerste tien dagen na aanvang van de proef plaatsvond (vooraleer de hoop bevochtigd werd). De grootste N-verliezen, tussen 46.8% (voor rundermest) en 77.4% (voor kippenmest) van de initiële N-hoeveelheid in de mest plus de hoeveelheid N toegediend door irrigatie, werden echter veroorzaakt door **gasvormige N-verliezen**, (grotendeels NH_3 , en in mindere mate NO_x). De auteurs geven aan dat de voornaamste factoren die de gasvormige emissies beïnvloeden het totale N-gehalte bij aanvang, de temperatuur in de hoop, en het keren van de hoop zijn.

Sommer en Dahl (1999) vergeleken in een Deense studie de **gasvormige N-verliezen** tussen drie niet afgedekte behandelingen gedurende 197 dagen: (i) gecompacteerd mest, (ii) gecomposteerde mest (extensief composteren: 1 x keren na 30 dagen), en (iii) onbehandelde mest. De $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissies waren het hoogste gedurende de eerste 10 dagen na start van de proef, en in de compostbehandeling ook 2-3 dagen na het keren van de hoop. De $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissies bij de onbehandelde hoop waren lager dan bij de andere twee behandelingen: 1.2% van de totale N-hoeveelheid in de mest voor de onbehandelde hoop, 3.0% voor de gecompacteerd en 2.6% voor de gecomposteerde hoop. In de onbehandelde hoop was er ook nauwelijks een stijging in temperatuur, hetgeen er op wijst dat $\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen gereduceerd kunnen worden door de temperatuuroptimaal tijdens de opslag te beperken. In de gecompacteerd en gecomposteerde hoop waren de $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissies gelijkaardig. Sommer en Dahl (1999) geven aan dat de $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissies tijdens composteren laag waren in vergelijking met verliezen gemeten door Lammers et al. (1998), waarschijnlijk omdat immobilisatie in de stal, veroorzaakt door een hoge C:N-verhouding van de mest (21), de $\text{NH}_4^+\text{-N}$ -concentratie in de mest reduceerde.

Chadwick (2005) vergeleek in een Britse studie de **gasvormige N-verliezen** tijdens de opslag van stalrest bij twee behandelingen: (i) een gecompacteerd en met plastic afgedekte hoop, en (ii) een conventionele, los opgeslagen niet afgedekte hoop. Bij een proef uitgevoerd tussen mei en augustus 1999, waren de $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissies bij de conventionele hoop het hoogste tijdens de eerste twee weken na start van de proef, wat overeenkomt met de bevindingen van Sommer en Dahl (1999): ook zij stelden vast dat de $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissies het hoogste waren gedurende de eerste 10 dagen na start van de proef. De $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissies bedroegen 4.5% van de initiële totale N-hoeveelheid van

de mest. Bij de gecompacteerdde en afgedekte hoop bedroegen de $\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen slechts 0.3%. Tijdens een gelijkaardige proef uitgevoerd tussen december 1999 en maart 2000, lagen de $\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen veel lager: bij de conventioneel opgeslagen stalmest bedroegen de verliezen 0.3% van de totale N-hoeveelheid in de mest, bij de gecompacteerdde en afgedekte hoop slechts 0.1%. Mogelijk was er hier een effect van de hevige regenval tijdens het opzetten van de proef en tijdens de eerste week na opzet. De proef werd een derde maal opgezet tussen juni en september 2000: tijdens deze periode bedroegen de $\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen 0.8% van de totale N-hoeveelheid in de mest bij de conventioneel opgeslagen hoop, en 0.4% bij de gecompacteerdde hoop.

Op basis van verschillende studies, geeft Rotz (2004) een range voor de totale N-verliezen tijdens opslag van niet afgedekte mest: voor losse opslag van vaste rundermest bedraagt deze range 10 tot 40% van de totale N-hoeveelheid in de mest; voor composteren van vaste mest bedraagt de range 20 tot 50%. De auteur wijst er op dat het merendeel van de N-verliezen tijdens opslag van mest onder de vorm van $\text{NH}_3\text{-N}$ -verliezen gebeurt; hij verwijst hiervoor naar de studies van Martins en Dewes (1992), Eghball et al. (1997), Petersen et al. (1998), Sommer en Dahl (1999) en Sommer (2001). Zonder naar specifieke referenties te verwijzen, geeft Rotz (2004) ook aan dat N-verliezen via uitspoeling tijdens mestopslag minder dan 10% van het totale N-verlies zouden bedragen (hoewel grotere verliezen kunnen voorkomen), terwijl N_2O -verliezen normaalgezien minder dan 5% van het totale N-verlies zouden bedragen. Wanneer aërobe afbraak of composteren bevordert wordt door beluchting, zouden de N-verliezen toenemen (Rotz, 2004).

Zoals Rotz (2004) ook aangeeft, wijzen de studies van Parkinson (2000), Eghball et al. (1997) en Martins en Dewes (1992) er op dat de N-verliezen via uitspoeling beperkt zijn in vergelijking met de gasvormige N-verliezen tijdens composteren van stalmest. De studies van Petersen et al., (1998), Sommer en Dahl (1999), en Chadwick (2005) geven dan weer aan dat de gasvormige N-verliezen tijdens opslag van stalmest maximaal enkele procenten bedragen van de initiële N-hoeveelheid in de mest. Mogelijk zijn de gasvormige N-verliezen tijdens composteren dus groter dan tijdens losse opslag van stalmest. Omwille van de grote variatie tussen de verschillende studies, lijkt meer onderzoek nodig om het effect te bestuderen van de kwaliteit van de stalmest (vochtgehalte, C/N-verhouding, ...) en de wijze van opslag op de gasvormige N-verliezen tijdens de opslag van stalmest, wat ook gerelateerd zou moeten worden aan (het risico op) de gasvormige stikstofverliezen bij uitrijden van de mest.

5 Onderzoeksnoden in het kader van goede landbouwpraktijken voor de opslag van stalmest op de kopakker

5.1 Prioritair onderzoek nodig in het kader van waterkwaliteit

De uitgevoerde proeven in Vlaanderen wijzen erop dat de stikstofverliezen naar de bodem beperkt zijn en hoogstens een paar % bedragen van de totale stikstof aanwezig in de mest. Het beleid moet uitmaken of de voorhanden zijnde resultaten, gekoppeld aan literatuurgegevens, overtuigend genoeg zijn om een code van goede landbouwpraktijken op te maken, ofwel dat verder onderzoek van N-verliezen naar de bodem aangewezen is, mede in het licht van de al bij al beperkte aanrijking van stikstof in de bodem. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de Vlaamse proeven plaats vonden op niet-hellende percelen waardoor de uitgeloopte stikstof zich concentreerde onder de hoop in de 0-10 cm toplaag van de bodem. Ingeval van hellende percelen of percelen met hoge grondwatertafel zal de migratie van de uitgeloopte stikstof mogelijk anders verlopen maar de hoeveelheid uitgeloopte stikstof zal wellicht niet sterk verschillen. Er zou aandacht moeten besteed worden aan de preferentiële wegen van mogelijke afstroming op hellende percelen. Voor de proeven werd stromest van herkauwers gebruikt, waardoor over andere bemestingsvormen geen uitspraak kan gedaan worden.

Indien gekozen wordt voor verder onderzoek dienen de verliezen bij opslag op de kopakker, met en zonder beschermingsmaatregelen ter beperking van de uitlogingsverliezen, geplaatst te worden ten opzichte van de stikstofverliezen bij reguliere mestopslag op de hoeve (stapeling van mest tussen drie opstaande wanden en op vloeistofdichte vloer met opvang van het mestsap). Er dient dan tevens:

- nagegaan te worden wat er met de uitgeloopte stikstof uit de mest gebeurt in het daaropvolgende groeiseizoen.
- aandacht besteed te worden aan de kwaliteit van de mest, daar deze blijkbaar een belangrijke invloed heeft op de grootte van deze N-uitlogingsverliezen.

Wanneer het mogelijk onderzoek niet kan uitgevoerd worden voor een range van mestkwaliteiten, kan men zich toespitsen op de relatief stroarme mest uit boxen van mestvee, een veel voorkomend mesttype dat door zijn relatief hoge vochtgehalte een vrij hoog risico heeft op het vlak van sapverlies en daarmee van stikstofverlies door uitspoeling. Het is uiteraard ook aangewezen dat de opslag voldoende lang wordt aangehouden zodat men uitspraken kan doen over een mogelijke lengte van de opslagperiode. Dit zal tevens toelaten om de stikstofverliezen in de tijd (hoe spreidt zich het verlies over de opslagperiode) en in ruimte (hoe diep in het bodemprofiel en op welke afstand van de hoop) te onderzoeken.

Elk onderzoek vereist ook rekening te houden met het financiële aspect en de arbeidstechnische haalbaarheid voor de landbouwer.

5.2 Extra onderzoek om totale stikstofverliezen te kwantificeren

Gezien de stikstofverliezen door uitspoeling gering blijken te zijn in vergelijking met mogelijke gasvormige verliezen, is het aangewezen om in de toekomst ook de gasvormige verliezen te kwantificeren bij mestopslag (en dit niet alleen van NH₃ maar ook van CO₂, N₂O en CH₄), en dit:

- In relatie tot de kwaliteit van de rundveestalmest (bulkdichtheid, vochtgehalte en C/N-verhouding) en de wijze van opslag, zeker in het kader van PAS;
- In verhouding tot de verliezen bij uitrijden en na toepassing van de mest.

6. Algemene conclusie

De leden van het onderzoeksplatform zijn van oordeel dat er geen verder onderzoek rond de opslag van stalmest op de kopakker nodig is gezien de geringe verliezen door uitspoeling in verhouding tot de initiële hoeveelheid stikstof in de opgeslagen mest. De resultaten van het onderzoek door het ILVO zullen nog in een peer gereviewde publicatie verwerkt worden. Verder nog een algemene bedenking: problematiek is ruimer dan enkel opslag van stalmest; ook bv. schuimaarde, composten, slibs,.. kunnen zorgen voor verliezen naar het grondwater

7. Referenties

- Anonymus (2011). Decreet houdende wijziging van het Mestdecreet van 22 december van 2006. Belgisch Staatsblad, 27876-27894
- Anonymus (2015). Actieprogramma ter uitvoering van de Nitraatrichtlijn - 2015-2018. Vlaamse Landmaatschappij (VLM). Brussel, 56 p.
- Chadwick, D.R. (2005). Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering. *Atmospheric environment* 39, 787-799.
- Eghball, B., Power, J.F., Gilley, J.E., Doran, J.W. (1997). Nutrient, carbon, and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. Paper 130.
- Godden, B. & Penninckx M. (1997). Management of farmyard manure composting is important to maintain sustainability in organic farming. *Resource Use in Organic Farming, Proceedings of the Third ENOF Workshop in Ancona*, 225-232.
- Huijsmans, J.F.M., Mosquera, J., Hol, J.M.G. (2007). Ammoniakemissie bij het uitrijden van vaste mest. Deskstudie. *Plant Research International B.V., Wageningen*.
- Kolenbrander, G. & de la Lande Cremer, J. (1967). Stalmest en gier. *Veenman en Zonen, Wageningen*.
- Krogmann, U. & Körner, I. (2000). Technology and Strategies of Composting, in J. Klein and J. Winter (eds), *Environmental Processes III: Solid Waste and Waste Gas Treatment, Preparation of Drinking Water*, Wiley-VCH, 127-150.
- Lafrance, C., Lessard, P. & Buelna, G. (1996). Evaluation de la filtration sur tourbe et compost pour le traitement de l'effluent d'une usine de compostage de résidus verts. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 23, 1041-1050.
- Lammers, P. S., Romer, G., Boeker, P. (1997). Amount and limitation of ammonia emission from stored solid manure. In: *Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities* (Voermans, J. A. M., Monteny, G., eds), pp 43-48, Proceedings distributed by NVTL Rosmalen, NL.
- LNE, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid (2006). Externe mestopslag: inventarisatie van opslagsystemen en bepaling van ammoniak-, lachgas- en methaanemissies uit deze systemen. 213p.
- Malgeryd, J. (1998). Technical measures to reduce ammonia losses after spreading of animal manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 51-57.
- Martins, O., Dewes, T. (1992). Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. *Bioresource Technology*, 42, 103-111.
- Nelissen, V., Viaene, J., Reubens, B., Vandecasteele, B., Willekens, K. (2015). [Optimaliseren van de opslag en bewerking van runderstalmest op de kopakker](#). ILVO-publicatie, 50 blz.

- Onderzoeks- en voorlichtingsplatform Duurzame bemesting (2015). Visietekst 'Onderzoeksnoden in het kader van de nutriëntenproblematiek in de landbouw gelinkt aan de waterkwaliteitsdoelstellingen van MAP V'. Onderzoeks- en voorlichtingsplatform duurzame bemesting, Merelbeke, 6 p.
- Parkinson, R. (2000). Enhancing the effective utilisation of animal manures on-farm through compost technology. Final Project Report, MAFF project code WA0519. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK.
- Peigné, J. & Girardin, P. (2004). Environmental impacts of farm-scale composting practices. *Water, Air, and Soil Pollution*, 153, 45–68.
- Petersen, S. O., Lind, A.-M., Sommer, S.G. (1998). Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure. *Journal of Agricultural Science*, 130, 69–79.
- Rotz, C.A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science* 82, 119-137.
- Shah, G.A., Shah, G.M., Rashid, M.I., Groot, J.C.J., Lantinga, E.A. (2012). Effects of bedding additives on N losses during storage of cattle straw manure and maize N recovery after field application. In: Proceedings of international symposium on emissions of gas and dust from livestock, 10-13 June 2012, St-Malo, France.
- Sommer, S. G. & Dahl, P. (1999). Nutrient and carbon balance during the composting of deep litter. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74, 145-153.
- Sommer, S. G. (2001). Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy*, 14, 123–133.
- Ulén, B. (1993). Losses of nutrients through leaching and surface runoff from manure-containing composts. *Biological Agriculture & Horticulture*, 10, 29-37.
- Viaene, J., Nelissen, V., Reubens, B., Vandecasteele, B., Willekens, K. (2015). [Optimanure: Optimaliseren van de opslag en behandeling van vaste rundermest via compostering of inkuilen](#). ILVO-publicatie, 77 blz.
- Viaene, J., Nelissen, V., Vandecasteele, B., Willekens, K., De Neve, S., Reubens, B., submitted. Storage conditions for cattle farmyard manure on the field: limiting nitrogen losses and optimizing fertilizer value.