

Strokorst in mestsilo's

Gebruiksmogelijkheden strokorst
als afdekking van mest

M.C. Verboon
F. Mandersloot
H. Gunnink

Inhoudsopgave

	Blz.
1 Inleiding	4
2 Effect constructieve afdekking	5
2.1 Ammoniakemissie en stikstofoverschot	5
2.2 Gevolgen voor bedrijfsresultaat	5
2.3 Vergelijking met andere aanpassingen bedrijfsvoering	6
3 Onderzoek strokorst.....	7
3.1 Aanbrengen strokorst.....	7
3.2 Gebruiksmogelijkheden mest met strokorst	9
3.3 Ammoniakemissie silo's met en zonder strokorst	10
4 Effect strokorst	11
4.1 Effect op bedrijfsniveau.....	11
4.2 Effect voor de sector..	12
Samenvatting.....	14
Literatuur	16

Voorwoord

Het afdekken van mestsilos draagt bij aan het terugdringen van de ammoniakemissie op melkveebedrijven. Omdat constructieve afdekkingen een behoorlijke investering vragen, heeft het PR de praktische toepassing van de strokorst als afdekking van mestsilos onderzocht. Het onderzoek vond plaats in samenwerking met het IMAG-DLO. Het IMAG-DLO zal apart rapporteren over de metingen van de ammoniakemissie uit silos met een strokorst.

De heren Verboon en Gunnink hebben de praktijkexperimenten met de strokorst inhoud gegeven. De heer Mandersloot heeft de economische inbreng in deze publikatie verzorgd.

Dit praktijkonderzoek heeft belangrijke positieve resultaten opgeleverd voor de praktische toepasbaarheid van de strokorst als afdekking van mestsilos ter vermindering van de ammoniakemissie uit deze silos.

Dit praktijkonderzoek is mede mogelijk gemaakt door een bijdrage van het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA).

A. Kuipers
directeur PR



Het PR heeft de praktische toepassing van de strokorst als afdekking van mestsilos onderzocht.

1 Inleiding

Ammoniak komt in de rundveehouderij vrij uit stallen, uit mestsilos, bij weidegang en na toediening van dierlijke mest. In 1980 was er nog nauwelijks sprake van opslag van mest in afzonderlijke mestsilos. Door wettelijke maatregelen wordt echter de periode waarin geen mest mag worden uitgereden steeds langer. Verwacht wordt dat deze periode in het jaar 2000 zes maanden zal zijn. Dit vraagt een grote opslagcapaciteit.

Om emissie uit de mestopslag te voorkomen zijn wettelijk afdekmaatregelen voorgeschreven. Op 1 februari 1992 moeten silos, die gebouwd zijn na 1 juni 1987, van een afdekking zijn voorzien. Mestsilos van voor die datum moeten in 2000 zijn voorzien van een afdekking wanneer ze voor de opslag van rundveemest worden gebruikt.

Van 1987 tot en met 1989 deed het IMAG-DLO onderzoek naar de reductie van de ammoniakemissie door verschillende afdekkingen van dunne rundermest in silos. Daarvoor zijn minisilos gebruikt van 2 m hoog en 1,9 m diameter. Zowel constructieve afdekkingen als afdekkingen met een strokorst zijn in de experimenten betrokken. Afhankelijk van het type constructieve afdekking was de emissiereductie gemiddeld 46 % tot 82 % in de winterperiode en 32 % tot 84 % in de zomerperiode. De lage waarden waren de resultaten van een afdekking met open golfplaten. Als die worden uitgezonderd is sprake van een emissiereductie uit de minisilo van 71 % tot 82 % en 81 % tot 86 %. Het emissieniveau was in de zomer bijna twee keer zo hoog als in de winter.

Mengmest heeft een natuurlijk vermogen tot korstvorming. Een zeer bevorderende omstandigheid blijkt de toevoeging van gehakseld stro te zijn. In het IMAG onderzoek bleek dat de emissiereductie bij strokorsten in de winterperiode 65 % en 's zomers 70 % was. In alle experimenten bleek dat het reductiepercentage op verschillende tijdstippen sterk van het gemiddelde kan afwijken. Hoewel verondersteld mag worden dat bij grotere silos ongeveer eenzelfde emissiereductie mogelijk is als in het minisilo-onderzoek, zijn er ook andere factoren die een succesvolle toepassing van de strokorst mee bepalen (stabiliteit van de korst e.d.).

Uit eerder onderzoek en uit berekeningen van het PR, waarbij gebruik gemaakt is van de resultaten uit het minisilo-onderzoek, bleek dat het aandeel van de silo-emissie in de totale bedrijfsemissie voor veel bedrijven erg gering is. Afdekken van de silo heeft daardoor maar een kleine emissiereductie tot gevolg en is relatief duur. In hoofdstuk 2 wordt hierop verder ingegaan.

Tegen deze achtergronden zijn de effecten en praktische gebruiksmogelijkheden van een strokorst nader onderzocht. Het doel van het onderzoek is:

- het tot stand brengen van een strokorst door toevoeging van gehakseld stro aan verschillende soorten mest
 - het volgen van de stabiliteit van de strokorst bij inpompen van mest, mengen onder de strokorst en in weer en wind
 - de verwerking van de mengmest bij uitrijden, vooral met de zodebemester en de injecteurs.
- Proeven met praktijsilos zijn opgezet op de Waiboerhoeve, het ROC Aver Heino en een praktijkbedrijf te Kamperveen. In hoofdstuk 3 komen de aanleg van de strokorst en de ervaringen met het mengen en toedienen aan de orde. Ook wordt in dat hoofdstuk het onderzoek van het IMAG-DLO in samenwerking met TNO-IMET vermeld. Het zijn de resultaten van directe metingen van de ammoniakemissie aan een praktijsilo in Nieuwleusen en in de minisilos te Wageningen.

In aansluiting op de emissieresultaten zijn de bedrijfseconomische gevolgen van de strokorst op bedrijfsniveau bepaald. Tevens zijn oriënterende berekeningen uitgevoerd naar de kosten en effecten voor de gehele sector melkveehouderij. De resultaten van deze berekeningen zijn in hoofdstuk 4 opgenomen.

2 Effect constructieve afdekking

De ammoniakemissie uit een mestlo is een onderdeel van de totale ammoniakemissie op melkveebedrijven. In een studie is nagegaan welke mogelijkheden er zijn om de ammoniakemissie te beperken. Het afdekken van de mestlo met een constructieve afdekking was daarbij één van de mogelijke aanpassingen van het bedrijf.

2.1 Ammoniakemissie en stikstofoverschot

De ammoniakemissie op melkveebedrijven is sterk afhankelijk van de bedrijfsvoering en bedrijfsopzet. Het beweidingssysteem, de stikstofbemesting op grasland, het melkquotum per hectare en de methode van mesttoediening bepalen in sterke mate de hoogte van de ammoniakemissie. In tabel 1 zijn ter illustratie de ammoniakemissie en het stikstofoverschot per hectare vermeld voor enkele bedrijfsplannen.

In tabel 1 zijn onder andere bedrijfssituaties weergegeven waarin de mestlo afgedekt is. In deze situaties is tevens uitgegaan van het emissie-arm toedienen van mest. Dit omdat het immers weinig zinvol is door het afdekken van de silo stikstof in de mest te houden maar deze vervolgens bij bovengronds toedienen van mest alsnog kwijt te raken door ammoniakemissie. Ook is in tabel 1 vermeld in welke mate afdekken

van de silo de ammoniakemissie en het stikstofoverschot vermindert, vergeleken met alleen emissie-arm toedienen van mest. Daarbij is onderscheid gemaakt in stallen met een roostervloer en stallen met een dichte vlakke vloer.

Bij stallen met een roostervloer is er onder de roosters mestopslag voor 3 maanden. De mestlo heeft een aanvullend karakter en wordt maar een deel van het jaar gebruikt. De ammoniakemissie uit deze silo vormt maar een klein deel van de totale emissie op bedrijfsniveau. Afdekken van de silo heeft daardoor maar een gering effect op de totale ammoniakemissie en op het stikstofoverschot. Beide dalen door afdekken met 2 tot ruim 4 kg per hectare.

Bij een stal met een vlakke dichte vloer is de mestlo het gehele jaar in gebruik. De ammoniakemissie uit de silo is bij deze stallen duidelijk groter dan bij stallen met een roostervloer. Afdekken van de silo heeft daardoor ook een veel sterkere vermindering van de totale ammoniakemissie en het stikstofoverschot tot gevolg. Beiden dalen met 17 tot 30 kg per hectare.

2.2 Gevolgen voor bedrijfsresultaat

In de studie zijn ook de kosten berekend voor het afdekken van bestaande silo's met een constructieve afdekking. Daarbij zijn de volgende aspecten van belang:

Tabel 1 Ammoniakemissie en stikstofoverschot (kg N per hectare bedrijfsoppervlakte) voor verschillende bedrijfsplannen; bij bovengronds toedienen van mest en een niet afgedekte silo (BOVENGRONDS), bij emissie-arm toedienen van mest en een niet afgedekte silo (EMISSIE-ARM) en bij emissie-arm aanwenden van mest en afdekking van de silo met een constructieve afdekking (AFDEKKEN SILO).

Be- wei- dings- sys- teem	N gift	Quo- turn	Ammoniakemissie				Stikstofoverschot			
			Boven- gronds	Emis- sie- arm	Afdek- ken silo	Reductie door afdekken silo')	Boven- gronds	Emis- sie- arm	Afdek- ken silo	Reductie door afdekken silo')
Roostervloer										
04	300	7.500	51,3	23,0	20,8	2,2	150	122	120	2
04	400	17.500	146,6	61,0	57,3	3,7	527	442	438	4
B4+3	400	17.500	153,8	59,7	56,5	3,2	426	332	329	3
Vlakke vloer										
04	300	7.500	57,6	37,7	20,8	16,9	156	136	120	16
04	400	17.500	156,5	84,4	55,2	29,2	537	465	436	29
B4+3	400	17.500	166,3	89,1	58,4	30,7	439	362	331	31

¹⁾ vergeleken met de situatie waarin mest emissie-arm wordt toegediend

- Voor het afdekken van een silo is een investering nodig. Een niet drijvende afdekking kost f 30,- tot f 50,- per m³. Diameter van de silo en het gebruikte materiaal spelen hierbij een belangrijke rol. Afschrijving, onderhoud en rente zorgen voor jaarlijkse kosten, samenhangend met de investering in de overkapping. Bij de stal met de roostervloer is sprake van een kleine silo. De jaarlijkse kosten voor afdekking van deze silo variëren van f 1 10,- tot f 125,- per hectare. Bij de stal met de vlakke dichte vloer is een grotere silo aanwezig. De jaarlijkse kosten van de overkapping variëren van f 125,- tot f 145,- per hectare.
- Door het afdekken van de silo bevat de mest meer stikstof. Dit maakt een besparing op de aan te kopen hoeveelheid kunstmeststikstof mogelijk. Bij stallen met een roostervloer is deze besparing gering vanwege de geringe emissiereductie. Per hectare daalt de aankoop van kunstmeststikstof met f 3,- tot f 5,-. Door de grotere emissiereductie bij de stal met de vlakke dichte vloer bedraagt de besparing voor die situaties f 20,- tot f 40,- per hectare.
- Afdekken van een silo met een constructieve afdekking zorgt ervoor dat geen regenwater in de silo terecht komt. Het neerslagoverschot in de winterperiode is 285 mm. Bij een stal met een roostervloer zorgt het afdekken van de silo er daarom voor dat per hectare 0,7 tot 1,5m³ minder mest toegediend hoeft te worden. Dit levert bij emissie-arm toedienen van mest een besparing op van f 5,- tot f 1 1,- per hectare. Bij de stal met de vlakke dichte vloer daalt het mestvolume door afdekking met 1,75 tot 3 m³ per hectare door het buitenhouden van regenwater. Dit levert een besparing van f 13,- tot f 22,50 per hectare op de kosten voor het toedienen van mest.

Het netto-bedrijfsresultaat daalt bij het afdekken van de silo met een constructieve afdekking met f 1 00,- tot f 1 10,- per hectare. Het verminderen van de ammoniakemissie (en het stikstofoverschot) met 1 kg per hectare door het afdekken van de mestsilos met een constructieve afdekking

kost daarmee f 25,- tot 45,-.

Bij de stal met een vlakke dichte vloer zijn de jaarlijkse kosten van de afdekking hoger dan bij de stal met een roostervloer. Er kan echter meer bespaard worden op de aan te kopen hoeveelheid kunstmeststikstof. Ook is een grotere besparing mogelijk op de kosten van toedienen van de mest vanwege een kleiner mestvolume. Dit heeft tot gevolg dat de daling van het bedrijfsresultaat uiteindelijk f 85,- tot f 95,- per hectare bedraagt. Het verminderen van de ammoniakemissie (en het stikstofoverschot) met 1 kg per hectare door het afdekken van de mestsilos met een constructieve afdekking kost daarmee f 3,- tot f 6,-.

Bovenstaande berekeningen zijn gebaseerd op het afdekken van bestaande silo's. Als nieuwbouw aan de orde is kan de capaciteit van de silo met een constructieve afdekking wat kleiner zijn. Er komt dan namelijk geen regenwater in de silo. Dit betekent dat het verschil in kosten tussen een silo met en zonder dichte afdekking dan kleiner wordt.

2.3 Vergelijking met andere aanpassingen bedrijfsvoering

Ook een lagere stikstofbemesting op grasland, een hogere melkproductie per koe, het 's nachts opstallen van het vee en het emissie-arm toedienen van mest zorgen voor een vermindering van het stikstofoverschot. In tabel 2 zijn de kosten van deze aanpassingen naast de kosten van het afdekken van de mestopslag gezet. Duidelijk blijkt dat het afdekken van de bestaande mestsilos met een constructieve afdekking voor bedrijven die de silo maar een deel van het jaar gebruiken (stallen met een roostervloer) een relatief dure maatregel is. In Nederland heeft het grootste deel (90 %) van de ligboxenstallen een roostervloer. Een goedkoop en effectief alternatief voor de relatief dure constructieve afdekking is daarom voor veel bedrijven van belang. Vandaar dat in het praktijkonderzoek aandacht is besteed aan het afdekken van de mestsilos met een strokorst.

Tabel 2 Effect op inkomen (f/ha) door het verminderen van het stikstofoverschot per hectare met 1 kg door aanpassingen in de bedrijfssituatie.

Verandering bedrijfssituatie	Effect op inkomen		
Hogere melkproductie per koe	+5	tot	+15
Lagere stikstofbemesting grasland	-1	tot	+1
's Nachts opstallen melkvee	-2	tot	-5
Emissie-arm toedienen van mest	-1	tot	-3
Constructieve afdekking mestopslag (roostervloer)	-25	tot	-45
Constructieve afdekking mestopslag (vlakke dichte vloer)	-3	tot	-6

3 Onderzoek strokorst

In het onderzoek van het IMAG-DLO met de minisilo's is de kleinste hoeveelheid gehakseld stro 4 kg per m² silo-oppervlak geweest. In vergelijking hiermee leek meer stro (5 of 7,5 kg) geen verbetering van betekenis in de reductie van de ammoniakemissie te geven. Hierop voortbouwend zijn in het praktijkonderzoek het aanbrengen en de gebruiksmogelijkheden van een strokorst met 4 kg stro per m² onderzocht.

De proeven zijn uitgevoerd in rechtopgaande silo's, voorzien van een dompelmixer of een trekermixer over de rand van de silo. Er is alleen tarwestro gebruikt omdat dat waarschijnlijk de beste structuur geeft aan de strokorst. Op de proefbedrijven in het onderzoek is zaagsel als strooisel in de ligboxen gebruikt.

3.1 Aanbrengen strokorst

In de proeven zijn verschillende mestsoorten gebruikt. Het stro is gehakseld op een lengte van 4-6 cm. Het ontstaan en de dikte van de drijf laag en de strokorst zijn bekeken en gemeten. Ook is het gedrag van de strokorst tijdens bijvullen van de silo nagegaan.

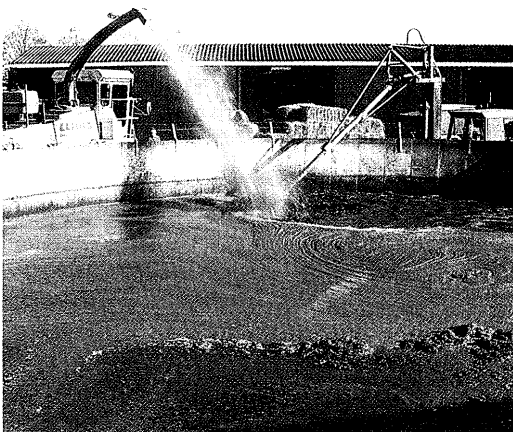
Mestsoorten

Eind november 1991 zijn de proeven gestart en in mei 1992 beëindigd. In 4 silo's, op 3 locaties,

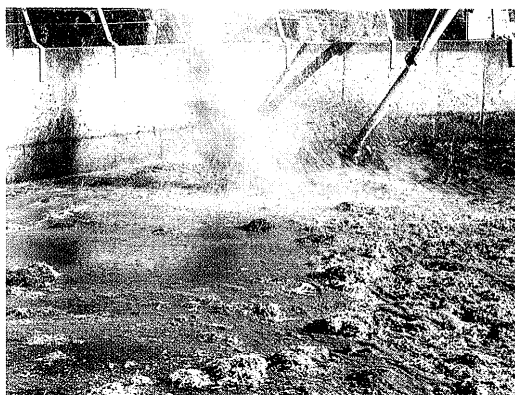
is stro gehakseld en door de mest gemengd. De silo's waren voor zover bekend mestdicht. Op de Waiboerhoeve zijn 2 silo's voorzien van een strokorst. Beide silo's bevatten mest, afkomstig van koeien met mais- en grassilage in het rantsoen (in het vervolg grasmaismest). Eén silo is dagelijks bijgevoerd terwijl de andere silo één keer is bijgevoerd. Op het praktijkbedrijf werd alleen grassilage gevoerd (in het vervolg grasmest). Op het ROC Aver Heino is een strokorst onderzocht als afdekking van een silo gevuld met een mengsel van dunne rundermest en dunne varkensmest (in het vervolg rundervarkensmest), voor de helft bestaande uit dunne rundermest. Getracht is alleen verschillen in soort mest aan te brengen en de andere omstandigheden zoveel mogelijk gelijk te laten zijn. Overzichten van de gebruikte mestsilo's en de mestsamenstelling zijn in bijlage 1 en 2 gegeven. In de proeven is zowel met mest met een laag droge-stofgehalte als met mest met een normaal droge-stofgehalte gewerkt.

Stro toevoegen

Het stro is met een (zelfrijdende) hakselaar gehakseld en in de silo geblazen. In de proeven is dat gedaan toen de silo's voor een kwart tot de helft met mest gevuld waren. Op dat moment was het gemakkelijk om het gehakseld stro geheel door de mest te mengen. Verwacht wordt dat gehakseld stro toegevoegd kan worden zodra voldoende mest in de silo aanwezig is om goed te kunnen mengen. In de silo is het stro in circa 2 uur met een mixer door de mest gemengd. Hoewel in de open lucht gewerkt wordt, wordt deze aanvoer van gehakseld stro voorlo-



Het stro is met een hakselaar, voorzien van alle messen, gehakseld op 4 tot 6 cm en in de silo geblazen



Het stro moet goed worden gemengd met de mest

pig als het veiligst beschouwd omdat bij het mengen gas vrijkomt. Bij deze methode van stro toevoegen is naast de bediening van de hakseelaar nog één persoon nodig om het stro de hakseelaar in te voeren. Er ontstond veel stof.

Na het uitzetten van de mixer was na enkele uren een drijfslaag van het gehakseld stro te zien behalve in de silo met grasmest. In deze silo was pas na 2 weken sprake van de drijfslaag, waarna ook steeds meer stro op de mest te zien was. Geconstateerd is dat van boven naar beneden in de strokorst het aandeel gehakseld stro afneemt en dat de grovere delen bovenop drijven. De drijfslagen werden snel stevig zodat van strokorsten kon worden gesproken. Droogtescheuren zijn in geen van de strokorsten gezien. Wel was sprake van een droge bovenlaag van de strokorst in perioden zonder neerslag. Bij de rundervarkensmest waren de eerste weken veel schuimkegels te zien op de strokorst, waarschijnlijk ten gevolge van het ontwijken van gas. In één silo met grasmaismest bolde de strokorst 1 week na de aanleg in het midden van de silo op. Waarschijnlijk kwam dit door langzaam opstijgen van gehakseld stro. Als gevolg hiervan onstonden enkele scheuren waarin geen mest waarneembaar was.

Uit verder onderzoek is gebleken dat gehakseld stro uit balen handmatig toegevoegd kan worden. Daarbij dienen zodanige voorzieningen getroffen te worden dat men niet in de silo kan vallen en dat men bovenwinds, dus niet in de door de wind afgevoerde luchtstroom van de silo staat.

Dikte strokorst

De strokorst die ontstaat na het toevoegen van gehakseld stro aan de mest, is zichtbaar aanwezig op de mest.

De dikte van de strokorst is vastgesteld met een prototype van een strokorst-diktemeter. De dikte is vastgesteld door met dit apparaat door de strokorst te stoten tot het moment dat de weerstand sterk afneemt. Door het apparaat daarna iets op te trekken tegen de onderkant van de strokorst kan de afstand tot de bovenkant bepaald worden. Op basis hiervan is door het TFDL-DL0 in overleg met het PR een strokorst-diktemeter ontwikkeld.

Uit metingen bleek dat de aangelegde strokorsten verschilden in dikte.

In tabel 3 is de dikte van de strokorsten op drie tijdstippen na het stro toevoegen gegeven. Vermoed wordt dat de dikte van de strokorst verband houdt met het vermogen tot spontane vorming van drijfslagen, dat wil zeggen zonder dat stro is toegevoegd. Uit waarnemingen in de praktijk is bekend dat dit vermogen groot is bij grasmest en afneemt als het aandeel snijmais in het rantsoen toeneemt.

De snelheid waarmee de korsten aangroeiden was evenals de snelheid van ontstaan en de dikte verschillend. Deze verschillen waren waarschijnlijk het gevolg van verschillen in de mestsaamenstelling als gevolg van verschillende rantsoenen.

De strokorsten werden wekelijks gecontroleerd op veranderingen. Behalve de beschadigingen als gevolg van het bijvullen zijn geen veranderingen

Tabel 3 Dikte van de strokorsten (cm) op verschillende momenten na stro toevoegen.

Mestsoot-t	1 week	1 maand	voor mengen
Grasmais ¹⁾	15 - 20	20 - 25	30 - 35
Grasmais ²⁾	7 - 10	10 - 15	30 - 35
Gras	*	30 - 40	50 - 60
Rundervarkens	5 - 6	5 - 7	5 - 7

¹⁾ Deze silo is dagelijks bijgevuld.

²⁾ Met één keer bijvullen geheel gevuld.

* In de tweede week ontstond hier de drijfslaag

gen aan de strokorsten geconstateerd. Opgemerkt wordt nog dat gehakseld stro als zodanig weinig ruimte inneemt. Naar schatting zal dat bij 1000 kg stro ongeveer 2 tot 3 m³ zijn.

Bijvullen

Bij het bijvullen werd de mest onder het mestoppervlak toegevoegd. Alle strokorsten kwamen tijdens het bijvullen van de silo met de mest mee omhoog.

In de silo met grasmaismest die dagelijks is bijgevuld is de strokorst rondom de vulpijp door de uitredende meegepompte lucht steeds beschadigd. Het beschadigde oppervlak is maximaal ca. 25 m² geweest. Later, naarmate de silo voller werd, werd dit oppervlak kleiner. In de silo met de rundervarkensmest is de strokorst door bijvullen beschadigd door opstijgende lucht. Het ontstane gat in het midden van de silo boven de vulpijp was ca. 1 m in diameter groot. De indruk bestaat dat de opstijgende lucht het stro opzij duwt. Daarna vult dit stro in meer of mindere mate de beschadiging weer op. Bij de beide andere silo's is dit voorkomen door de aanvoerleiding vanuit de mestsilo vol te laten lopen en dan de aanvoer te starten. Als het mestniveau laag is, verdient het aanbeveling het bijvullen rustig te laten verlopen.

De stroming van de mest had geen nadelige invloed op de strokorst.

In alle silo's ontstond wat schuim ter hoogte van de opening van de vulleiding tijdens het bijvullen. Binnen een dag was dit weer verdwenen.

3.2 Gebruiksmogelijkheden mest met strokorst

De praktische gebruiksmogelijkheden worden, naast de stabiliteit in weer en wind, vooral bepaald door het goed kunnen bewerken van de mest bij mixen en toedienen. Ook is er op gelet in welke mate geurontwikkeling optrad.

Weersinvloeden

De invloed van het weer op de strokorsten als afdekking van drijfmest is gedurende het stalseizoen 1991/1992 gevolgd. Hierbij is gelet op neerslag, wind en vorst. De neerslag is op het bedrijf gemeten waar de silo staat of afgeleid uit de gegevens van een in de nabijheid gelegen weerstation van het KNMI. Een overzicht van de neerslag en verdamping gedurende de opslag is in bijlage 3 gegeven. In Kamperveen is het droger geweest dan normaal, de andere proeflocaties hadden een normale neerslag. De verdam-

ping is uit tabellen van het KNMI afgeleid. December kende een periode met nachtvorst en januari enkele vorstdagen. In beide periodes is de bovenlaag van de strokorsten bevroren geweest. Het bevroren van de bovenlaag had geen invloed op de strokorsten.

De invloed van neerslag op de strokorst is gering. Vlak na een neerslagperiode stonden er soms wat plassen op de strokorst. Na verloop van tijd is dit water opgenomen door de strokorst of verdampt.

In bijlage 3 zijn het berekende neerslagoverschot en de gemeten stijgingen van het mestniveau in de silo's vermeld. De niveaustijging in de silo's op de Waiboerhoeve en in Kamperveen komen overeen met de berekende neerslagoverschotten. In de silo op Aver Heino is met niveaumeting een grotere toename van het volume vastgesteld dan op grond van de bijvulling, de neerslag en de verdamping mocht worden verwacht. Mogelijk dat een dunne strokorst gemakkelijker neerslag doorgeeft, waarna de strokorst de verdamping toch belemmert.

De wind had geen nadelige invloed op de strokorst. De strokorst golfde wel in de wind maar brak of scheurde niet en werd ook niet verplaatst.

Mixen

Voorafgaand aan de toediening van mest wordt de strokorst geheel door de mest gemengd. Eerst is de mest onder de strokorst gemixt. Daarbij is bij de rundervarkensmest een gat in de strokorst ontstaan, de overige strokorsten zijn heel gebleven. Uit één silo is een deel van de mest aangewend voordat de strokorst door de mest is gemengd.

Het is gelukt om alle strokorsten goed door de mest te mengen. Dit vergde met de pompmixers 2 tot 5 uur, afhankelijk van de dikte van de strokorst en diameter van de silo. Uit ervaring blijkt dat deze tijd overeenkomt met de tijd die zonder strokorst nodig zou zijn geweest. Bij de grasmest was circa 20 uur nodig, hetgeen ca. 15 uur langer was dan voorheen. Uit andere proeven is bekend dat dit ook gebeurt bij het mengen van grasmest, bewaard onder overkappingen en drijvende kunststofafdekkingen. De gebruikte pompmixers hadden allemaal een vermogen van 7,5 kW, wat voldoende was voor een goede menging. De trektermixer is op meer plaatsen in dezelfde silo ingezet. Het mengen duurde in dat geval ca. 2 uur.

Toediening

Na mengen van de strokorst in de geheel gevulde silo's van 3 meter hoog (2,8 meter netto) bevatte de toegediende mest 1,4 kg gehakseld stro per m^3 . Uit de silo van 3,5 meter hoog is eerst een gedeelte van de mest uitgereden na mengen onder de korst. De korst volgde de daling van het mestniveau goed. Toen nog 1,8 meter mest in de silo stond is de strokorst erdoor gemengd. Deze mest bevatte dus 2,2 kg stro per m^3 . De mest is met een bouwlandinjecteur en een zodebemester emissie-arm toegediend en met een vacuümtank voorzien van ketsplaat bovengronds aangewend. Het uitrijden en doseren van de mest is met alle machines probleemloos en zonder verstoppingen verlopen.

Geur

Gedurende de gehele opslagperiode is gelet op de geurontwikkelingen. In hoeverre andere gasen dan geur, zoals zwavelwaterstof, methaan en kooldioxide, ontwijken kon in deze open silo's niet worden vastgesteld. Uit andere waarnemingen is bekend dat vooral bij het mengen meer van deze gassen ontwijken dan wanneer niet gemengd wordt. Zodra de strokorst aanwezig is, wordt nog in geringe mate geur geroken. Dit is ook het geval tijdens bijvullen en het mengen onder de strokorst. Alle waarnemers stelden vast dat in en rondom de silo's minder geur is waargenomen dan zonder afdekking. Alleen bij het mengen van de strokorst ontstond de bekende mestgeur. De open silo voorkomt dat gevaarlijke gassen zich ophopen.

3.3 Ammoniakemissie silo's met en zonder strokorst

Parallel met het onderzoek van het PR verrichtte het IMAG-DLO in samenwerking met TNO-IMET directe metingen van de ammoniakemissie uit een praktijksilo te Nieuwleusen en uit de minisilo's van het IMAG te Wageningen. Dit geschiedde in opdracht van de begeleidingscommissie van het "Intensiveringsonderzoek", dat door het ministerie LNV is ingesteld om voor het bedrijfsleven metingen te verrichten aan kansrijke emissieverminderende maatregelen. De metingen zijn in mei/juni en juli 1992 gedaan aan één praktijksilo (diameter 12 m, inhoud 400 m^3) gevuld met rundveemest zowel zonder als met een strokorstafdekking. De 2 minisilo's zijn met dezelfde mest als de praktijksilo gevuld. Eén minisilo werd voorzien van een strokorst, zodat gelijktijdig meten van de ammoniakemissie uit een silo met en

een silo zonder strokorst mogelijk was. De strokorst was aangebracht volgens de door het PR ontwikkelde methode.

De weersomstandigheden waren voor de periode met en zonder strokorst op de praktijksilo ongeveer gelijk. De samenstelling van de mest week enigszins af. Er werd bij de afdekking met een strokorst een emissiereductie van ongeveer 70 % gemeten.

De gemeten emissiereductie bij de minisilo's was ongeveer 90 %. Door het meten met Lindvalldozen bij de minisilo's was de korst echter niet blootgesteld aan zoninstraling en regen.

De door het IMAG-DLO gemeten resultaten bevestigen dat de emissiereductie die is te behalen met een strokorst hoog is.



Het IMAG-DLO bepaalde in deze praktijksilo een reductie van de ammoniakemissie van 70% na afdekking met een strokorst



Goede strokorst een week na de toevoeging van gehakseld stro

4 Effect strokorst

Uitgaande van de ervaringen opgedaan tijdens het uitvoeren van het onderzoek zijn de kosten berekend voor het gebruik van een strokorst op een silo. Dit is gedaan op bedrijfsniveau en voor de sector als geheel.

4.1 Effect op bedrijfsniveau

Voor het berekenen van de kosten van een strokorst zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

Stro

Voor het verkrijgen van een korst moet gehakseld stro aan de mest toegevoegd worden. Per m² mestoppervlak is 4 kg stro nodig. In berekeningen is voor de aankoop van stro een prijs van f 17,50 per 100 kg aangehouden. Verondersteld is dat het hakselen door een loonwerker gebeurt. Bij het aanleggen van een strokorst in een praktijksilo nam het hakselen van 1200 kg stro en het verdelen over de silo een half uur in beslag. Verondersteld is dat het inhuren van een loonwerker met een hakselaar f 300,- per uur kost.

Een alternatief voor het laten hakselen van het stro is het aankopen van gehakseld stro. Dit gehakselde stro kost f 35,- per 100 kg.

Arbeid

Kosten voor extra arbeid zijn in de berekening van de kosten van een strokorst niet meegenomen. Bij het hakselen van het stro door de loonwerker kost het aanleggen van de strokorst de melkveehouder 1 tot 2 uur arbeid. Voor het toevoegen van gehakseld stro zal wat meer arbeid nodig zijn.

Tijdens de opslagperiode is regelmatige controle

van de strokorst nodig. De hiervoor benodigde arbeid wordt geschat op 4 tot 6 uur voor de gehele opslagperiode.

Energie

Bij het aanleggen van de strokorst moet de mest gedurende ongeveer 2 uur gemengd worden om een goede verdeling van het stro door de mest te verkrijgen. Daarnaast is uit het onderzoek gebleken dat voor uitrijden van de mest het mixen soms meer tijd vraagt als er een strokorst aanwezig is. Niet altijd bleek het gemakkelijk de korst goed kapot te krijgen. In de berekening van de kosten is ervan uitgegaan dat 12 uur extra mengen nodig is voor het verkrijgen van een homogene mest.

Bij het mengen is gebruik gemaakt van een dompelmixer. De capaciteit van deze mixer is afhankelijk gesteld van de doorsnede van de silo. Gerekend is met mixers van 3, 5,5 en 7,5 kW. De stroomkosten zijn f 0,20 per kWh.

Resultaat

In hoofdstuk 2 zijn de kosten van het toepassen van een constructieve afdekking vermeld voor een aantal bedrijfssituaties. Voor deze situaties is ook berekend wat de kosten zijn van het toepassen van een strokorst op de mestsilo's.

Voor de plannen waarin de mestsilo een aanvullend karakter heeft (stal met een roostervloer) varieerde het mestoppervlak in de silo van 50 tot 100 m². Dit was afhankelijk van de silo-inhoud en de veronderstelde vulhoogte. Bij de stal met een vlakke dichte vloer varieerde het silo-oppervlak van 125 tot ruim 200 m².

In tabel 4 staan de kosten van het aanleggen van

Tabel 4 Kosten (f) voor het aanleggen van een strokorst bij verschillende grootte(s)m²) van het mestoppervlak.

Omschrijving	Grootte mestoppervlak		
	50	100	200
Stro	35	70	140
Hakselen	225	250	300
Energie	8	15	21
Totale kosten	268	335	461
Kosten per hectare	13	17	23

een strokorst gegeven voor silo's met een oppervlakte van 50, 100 en 200 m². De kosten voor het hakselen zijn gebaseerd op een totale aan- en aflooptijd van 40 minuten en het verhakselen van 200 kg stro per 5 minuten. Verder is verondersteld dat de silo met een oppervlak van 50 m² gemixt wordt met een mixer van 3 kW, de silo met een oppervlak van 100 m² met een mixer van 5,5 kW en de silo met een oppervlak van 200 m² met een mixer van 7,5 kW.

Door het aanleggen van een strokorst wordt de ammoniakemissie uit de silo verminderd. Deze vermindering is ca. 70% van de emissie die optreedt als de silo niet wordt afgedekt. Vergeleken met de emissiereductie door afdekken met een constructieve afdekking is de reductie door de strokorst ca. 10% lager. Net als bij de constructieve afdekking moet nu rekening gehouden worden met besparingen op de kunstmest aankoop.

Voor bedrijven met een stal met roostervloer ligt deze besparing in de orde van grootte van f 2,- tot f 5,- per hectare. Het verminderen van de ammoniakemissie en het stikstofoverschot met 1 kg per hectare door het afdekken van de mest-silo met een strokorst kost nu f 3,- tot f 6,-. Voor een vaste afdekking in vergelijkbare situaties bedroegen deze kosten f 25,- tot f 45,- (zie paragraaf 2.2).

Als de silo het gehele jaar gebruikt wordt, zoals bij een vlakke dichte vloer, is de besparing op de kunstmeststikstof groter door een sterkere reductie van de silo-emissie. De kostenbesparing die daardoor mogelijk is varieert van f 19,- tot f 34,- per hectare. Daarmee worden de kosten voor het aanleggen van de strokorst volledig gecompenseerd. Voor een constructieve afdekking bij een vlakke dichte vloer bedroegen de kosten f 3,- tot f 6,- per kg lagere ammoniakemissie. Als gehakseld stro wordt aangekocht kost het aanleggen van een strokorst op een silo met een oppervlak met 100 m² f 161,- (f 8,05 per hectare). Tegenover deze lagere kosten staat echter dat de veehouder zelf wat meer werk heeft aan het aanleggen van deze strokorst.

4.2 Effect voor de sector

Hiervoor bleek dat gebruik van een strokorst in bestaande mest-silo's lagere kosten met zich meebrengt dan toepassen van een constructieve afdekking. Voor het totaal van de melkveebedrijven heeft dit uiteraard ook gevolgen. Met enkele oriënterende berekeningen is geprobeerd deze

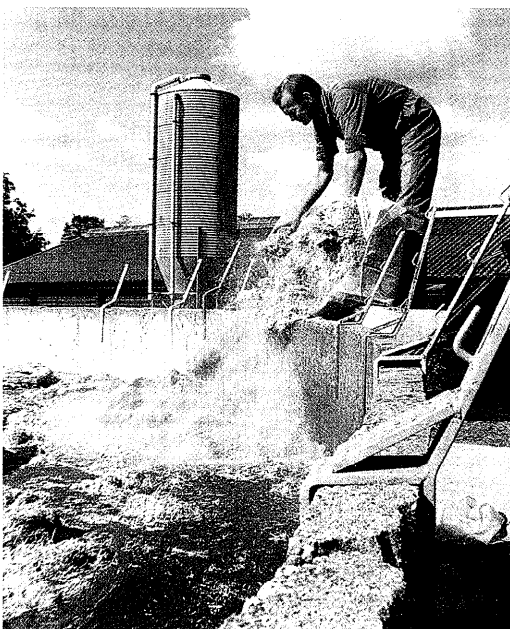
gevolgen duidelijk te maken.

Door het IKC-RSP is een schatting gemaakt van het aantal mest-silo's dat in de melkveehouderij begin 1992 werd gebruikt. Daarbij is onderscheid gemaakt in silo's die voor 1987 en silo's die na 1987 gebouwd zijn. Het aantal voor 1987 gebouwde silo's bedroeg 2.000 tot 3.000. Op deze silo's rust geen verplichting tot afdekking. Na 1987 zijn 6.000 tot 7.000 silo's gebouwd. Begin 1992 waren hiervan volgens de schatting van het IKC-RSP 2.000 tot 3.000 reeds afgedekt.

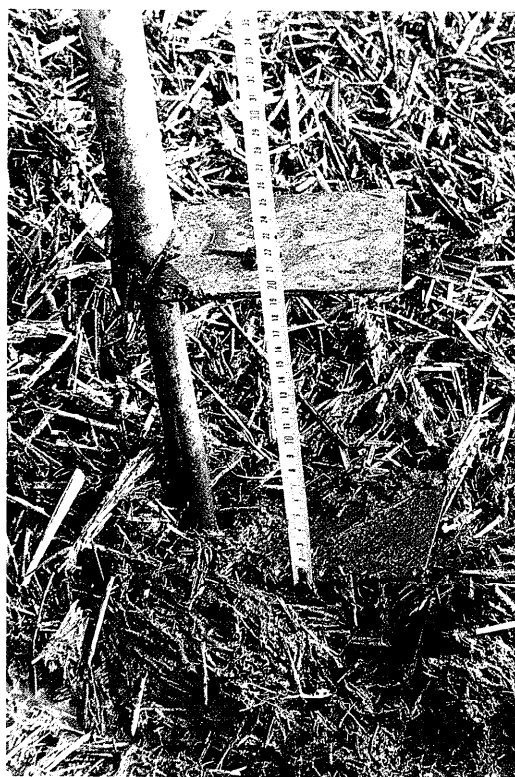
In de berekeningen zijn verschillende mogelijkheden voor het afdekken van deze silo's met elkaar vergeleken. Daarbij is gekeken naar de ammoniakemissie en de kosten voor de sector als geheel. Voor de strokorst is uitgegaan van 70 % reductie van de ammoniakemissie in de zomer en van 65 % in de winter.

De volgende varianten zijn meegenomen.

1. Een constructieve afdekking op alle na 1987 gebouwde silo's. Verondersteld is dat dit 70% van alle silo's betreft.
2. Een constructieve afdekking op alle silo's (dus ook op die van voor 1987)
3. Een constructieve afdekking op alle na 1987 gebouwde silo's. Verondersteld is dat dit 70% van alle silo's betreft. Op de overige silo's (30%) wordt een strokorst toegepast.
4. Een strokorst op alle silo's.



Gebruik van balen gehakseld stro. Let op de veiligheid bij het werken boven de silorand



Prototype van de strokorst-diktemeter is een 'schuifmaat' waartussen de strokorst wordt gemeten

Tabel 5 Overzicht van emissiereductie en kosten op sectorniveau voor verschillende varianten betreffende de afdekking van mestsilos.

Variant	Emissie-reductie	Kosten
1. Alleen verplichte afdekking	100%	100%
2. Alle silo's tentafdekking	143%	143%
3. Verplichte afdekking tent, rest strokorst	138%	106%
4. Alles met strokorst	125%	20%

In tabel 5 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. De emissiereductie en de kosten bij het toepassen van een constructieve afdekking op alle na 1987 gebouwde silos (variant 1) zijn op 100% gesteld. Voor de andere varianten is weergegeven in welke mate de emissiereductie en de kosten zich verhouden tot die in variant 1.

De omvang van de emissiereductie en de kosten voor de sector als geheel, uitgedrukt in absolute hoeveelheden, zijn afhankelijk van de hoogte/inhoud verhouding van de silo en de gebruiksperiode van de silo gedurende het jaar. Daarover zijn echter nauwelijks gegevens beschikbaar. In deze berekeningen kwam 100% emissiereductie overeen met 1 tot 10 kton stikstof en 100% kosten met f 20 tot f 80 mln. Het betreft echter slechts globale schattingen.

Samenvatting

Ammoniakemissie op het melkveebedrijf vindt plaats uit stallen, mestsilo's, bij weidegang en bij toediening van de mest. Afdekken van silo's vermindert de emissie. De bijdrage tot de reductie van de totale emissie op het bedrijf is echter van (zeer) bescheiden omvang. De emissie hangt ook samen met het aantal maanden, waarin de silo met mest gevuld is. Per tijdseenheid is de emissie in het voorjaar en in de zomer groter dan in de winterperiode.

Omdat constructieve afdekkingen relatief duur zijn heeft het PR de praktische toepassing van de strokorst als afdekking onderzocht. In het stalseizoen 1991/1992 zijn door het PR 4 mestsilo's gevuld met mest en afgedekt met een strokorst om de ammoniakemissie uit de opslag te beperken. De mest was afkomstig van melkkoeien, gevoerd met verschillende rantsoenen. De strokorst blijkt een goedkope methode te zijn die geen investeringen vraagt. Na toevoeging van gehakseld stro ontstond in alle silo's een stabiele strokorst. De mestsoort had invloed op de snelheid waarmee de strokorst ontstond en de dikte ervan. Bijvullen van een silo met een strokorst kan goed maar vraagt extra aandacht om beschadiging van de strokorst te voorkomen. Het

door de mest mengen van een strokorst en de emissie-arme aanwending zijn probleemloos verlopen.

De strokorst is goed te zien. Verder vindt er geen ophoping van gevaarlijke gassen plaats. Het mengen van de mest is dus zonder gevaar visueel te volgen wat belangrijk is om homogene mest voor toediening te krijgen.

Door IMAG-DLO en TNO-IMET zijn directe metingen gedaan aan een praktijksilo met en zonder een strokorst, respectievelijk in juli en mei/juni 1992. Simultaan is onderzoek gedaan met dezelfde mest in minisilo's van het IMAG-DLO. De emissievermindering door de strokorst van de praktijksilo was ongeveer 70 %. De met een strokorst afgedekte minisilo gaf ongeveer 90 % minder ammoniakemissie in vergelijking met de niet afgedekte minisilo.

In berekeningen is uitgegaan van de resultaten van het minisilo-onderzoek uit 1987 - 1988. De reductie van de ammoniakemissie met een tentafdekking bedroeg in de winter gemiddeld 71% en in de zomer 84%. Voor de strokorst waren deze reducties 65% in de winter en 70% in de



Detailopname strokorst van 4 maanden

zomer. In vergelijking met een constructieve afdekking is de emissie-reductie van de strokorst dus wat lager maar bedrijfseconomisch gunstiger. In 90 % van de ligboxenstallen is in de praktijk een roostervloer aanwezig. Het verminderen van de ammoniakemissie met 1 kg per hectare kost bij een constructie afdekking f 25,- tot f 45,-. Met een strokorst kost het f 3,- tot f 6,- per kg. Wanneer de silo vrijwel het gehele jaar in gebruik is, zoals bij een vlakke dichte vloer, zijn

de kosten lager en is het verschil in kosten tussen een constructieve afdekking en een strokorst geringer.

Uit oriënterende berekeningen van het effect van verschillende strategieën van afdekking blijkt dat een strokorst een belangrijke bijdrage kan leveren tot het terugdringen van de ammoniakemissie uit de mestilo's in de melkveehouderij.



Mengen onder de korst bij tussentijds uitrijden ter beperking van emissie

Literatuur

- Baltussen, W.H.M., J. van Os en H. Altena (1990) Gevolgen van beperking ammoniakemissie voor rundveebedrijven. Onderzoeksverslag LEI-DLO nr. 64.
- Bode, M.J.C. de (1990) Emissie van ammoniak en geur uit mestilo's en de vermindering van emissie door afdekking. Nota IMAG nr 465.
- Bode, M.J.C. de (1990) Vermindering van de ammoniakemissie door korstvorming op rundveemest. Rapport IMAG 226.
- Gunnink, H. (1992) Ervaringen met een strokorst als afdekking van mestilo's. Praktijkonderzoek 5 nr 4 17-20.
- Kamp, A. van der, G.H.M. Wellen en F. Mandersloot (1992) Milieuaspecten in de bedrijfsbegroting: emissie vanuit huisvesting en opslag. Praktijkonderzoek 5 nr 1, 47-50.
- Kroodsmas, W., M.C. Verboon en K. van Houwelingen (1992) Roeren rundveemest in silo's met drijvende afdekkingen. Praktijkonderzoek 5 nr 2, 30-32
- Mandersloot, F., A. van der Kamp en M.C. Verboon (1991) Afdekking mestilo: effecten en kosten. Praktijkonderzoek 4 nr 5, 25-28.
- Mandersloot, F. (1992) Bedrijfseconomische gevolgen beperking stikstofverliezen op melkveebedrijven. Rapport PR nr 138.
- Ministerie van Landbouw en Visserij (1989) Plan van aanpak beperking ammoniak-emissie van de land bouw. 's-Graven hage.
- Oosthoek, J. (1992) Ammoniakemissie van silo's met en zonder strokorst. Persbericht Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO).
- Sommer, S.G. (1991) Ammonia volatilization from slurry tanks with different surface coverings. Department of plant nutrition and physiology, Res. Progr. Al 2.

Bijlagen

Bijlage 1 Overzicht van de verschillende silo's afgedekt met een strokorst.

Silo	1	2	3	4
Proefnummer	pr1021	pr3037	pr7532	pr1567
Mestsoort	maisgras	maisgras	gras	rundervarkens
Locatie	CRW	CRW	Kamperveen	ROC A.H.
Silo type	prefab beton	prefab beton	prefab beton	prefab beton
Hoogte (m)	3,5	3	3	3
Diameter (m)	20	15	19,7	13,5
Oppervlakt (m ²)	314,2	176,7	304,8	143,1
Inhoud (m ³)	1100	500	900	450
M ixet-type kW mixer	dompel 7,5	trekker	dompel 7,5	dompel 7,5
Vulpunt	over rand onder opp	bodem	over rand onder opp	bodem
Bijvullen	dagelijks	1 keer	1 keer	1 keer
Aanleg korst	26-11-91	26-11-91	04-12-91	02-12-91
Mixen korst	07-05-92	06-04-92	26-02-92	07-05-92
Bewaarduur (dagen)	163	132	84	157