

JTI-rapport

Lantbruk & Industri

370

Samredovisning av SLF-projekt V530085 och H 0548020

Växthusgasemissioner från flytgödsellager i svenska klimatregioner

**Lena Rodhe, Johnny Ascue,
Marianne Tersmeden,
Anders Ringmar och Åke Nordberg**

Bakgrund

Jordbruket står för den största delen av Sveriges utsläpp av metan (CH_4) och lustgas (N_2O). Det saknas dock studier utförda under svenska förhållanden av växthusgaserna från lager med flytgödsel. Målet med föreliggande studie var därför att ta fram ett dataunderlag för metan- och lustgasemissioner från flytgödsellager i olika klimatregioner i Sverige. Med dessa emissionsdata blir uppskattningen av den totala växthusgasavgången (CH_4 , N_2O) från flytgödsellager och den delen av jordbrukssektorns utsläpp av klimatgaser mer överensstämmande med verkligheten. Denna slutrapport är en samredovisning för SLF-projekten V530085 och H 0548020. En mer omfattande redovisning av projektet kommer att publiceras i JTI:s rapportserie ”*Lantbruk och Industri*”.

Material och metod

I denna rapport redovisas studie av lagrad nötflytgödsel utan täckning. Parallella studier utfördes också med flytgödsel med dels halmtäcke, dels flytande plastduk, finansierade av Formas. I JTI:s kommande rapport kommer samtliga försöksresultat att presenteras.

Försök

Under första året dokumenterades förhållandena i fullskaliga lagringsbehållare för flytgödsel beträffande temperatur och lagringsdynamik (fyllning och tömning) i tre olika regioner i Sverige. En testanläggning bestående av tre mindre lagringsbehållare ställdes också i ordning i Uppsala. Motivet till denna skala var att gödselmängd och -egenskaper går att kontrollera i en mindre skala till skillnad från en fullskalebehållare, gödselytan är tillräckligt stor för att det ska bildas naturlig sprickbildning men ändå inte så liten att det blir stor kanteffekt. Speciella lock konstruerades som kunde tillsluta behållaren under uttagning av gasprov för bestämning av emissioner av metan och lustgas. Under första året utprovades gasprovtagningen i pilotskalan beträffande lämplig innesluten gasvolym ovanför gödselytan och lämpliga provtagningstidpunkter för att fånga in en linjär ökning av koncentrationen av metan respektive lustgas. Olika sätt provades också i pilotskalan för att få stabil gödseltemperatur och förhindra bottenfrysning under vintern.

Under andra året iordningställdes en pilotskaleanläggning med delvis nedgrävda gödselbehållare. Nötflytgödsel hämtades från samma gård som vid studie av lämplig gasvolym och provtagningstidpunkt. Gödselproverna analyserades för torrsubstanshalt (TS-halt), glödförlust (VS-halt), innehåll av totalkväve (tot-N), ammoniumkväve ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), kol (tot-C) och pH. Dessutom analyseras den maximala metanproducerande kapaciteten, B_0 ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg VS}$) för tre partier i JTI:s mikrobiologiska laboratorium genom utrötning i 1 L-flaskor vid 37°C med ymp. Temperaturen i gödsel 0,1 m ovan botten och 0,1 m under gödselytan mättes i alla behållarna med hjälp av termoelement anslutna till en logger. Data registrerades varje timme. Väderdata hämtades från Ultunas meteorologiska station ca 900 m från lagerbehållarna. Efter fyllning med gödsel justerades de övre temperaturgivarna i höjddled så att de alltid var 0,1 m under gödselytan.

Emissioner av växthusgaserna metan och lustgas mättes under ett år från gödselbehållarna, i vilka vi efterliknade förhållandena uppmätta i gårdslager i en av de tre regionerna. Lagren var dynamiska på så sätt att behållarna tillfördes en viss mängd färsk nötflytgödsel varje månad och att behållarna tömdes till stor del på

våren för att simulera vårspridning. Gasprover togs ut vid förslutning samt 15 och 30 min efter förslutning två gånger per månad, varav ett tillfälle var dagen efter fyllning, Bild 1. Locket placerades sommartid oftast 30 cm ovanför gödselytan, medan det under kallare perioder placerades närmare (20, 15 eller 10 cm) för att få en linjärt ökande gaskoncentration under förslutningen i luften ovan gödselytan. Fläkten var igång under förslutningen, men stoppades när gasprovet sögs ur behållaren.

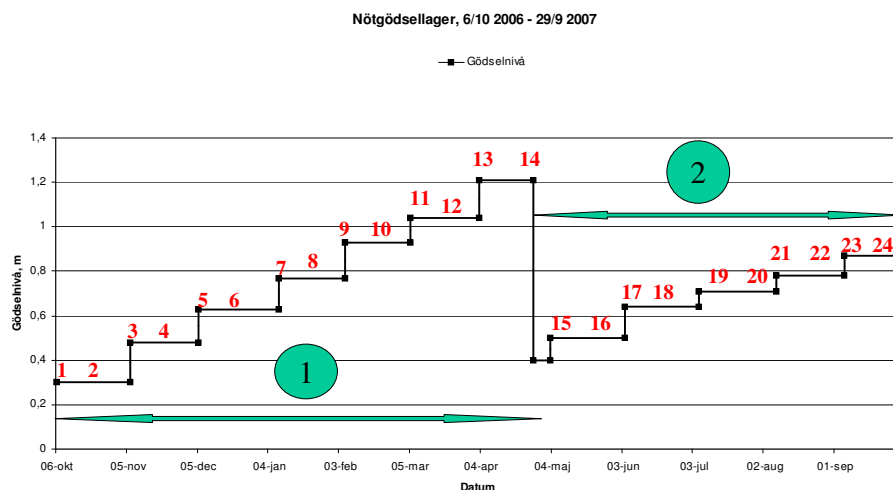


Bild 1. Gödselnivå i lager och perioder för vilka MCF beräknats. Period 1 (oktober - maj) sträcker sig under den kallare delen av året medan period 2 infaller under sommaren (maj - oktober). Mindre siffror anger tillfälle för gasprovtagning.

Beräkning av emissionsfaktorer MCF och EF_{nit}

I rapporteringar av nationella utsläpp av metan från gödselhantering (lagring) används schablonvärden, s.k. metanemissionsfaktorer (på engelska methane conversion factor; MCF) som anger procentandel metan som avgår utav den maximalt möjliga produktionen B_o av metan per kg glödförlust (VS) i gödseln.

För beräkning av MCF för lagring, gjordes på följande sätt: Lagringen under året delades in i två perioder. Period 1 från 6 oktober 2006 till 3 maj (210 dagar), efter att lagret tömdes till stor del. Period 2 sträckte sig från 4 maj till 7 oktober (157 dagar). Under Period 1, dvs. under den kallare delen av året var medellufttemperatur $3,4^{\circ}\text{C}$ och under Period 2, under den varmare delen var luftmedeltemperaturen $15,5^{\circ}\text{C}$. För gödseln var temperaturskillnaderna mindre mellan perioderna. Under Period 1 var gödseltemperaturen $5,2^{\circ}\text{C}$ och under den varma perioden $12,9^{\circ}\text{C}$. För varje period beräknades ett MCF på så sätt att den summerade mängden metan som avgått under perioden per medelmängd VS i lagret ställdes i relation till gödselns B_o . I Bild 1 illustreras indelningen av perioderna 1 och 2 samt numrering med rött anger tillfällen då gasprovtagning skett.

Med hjälp av ackumulerad metan- och lustgasproduktion och gödselanalyser kan MCF beräknas enligt följande formler (IPCC, 2000; SNV, 2005):

$$\text{MCF} = \text{metanproduktion (m}^3\text{)} / (B_o * \text{VS}_{\text{lager}}) \text{ (m}^3\text{)}$$

På samma sätt kan emissionsfaktorn för lustgasemissioner, EF_{nit} (% $\text{N}_2\text{O-N}$ av totalkväve) beräknas:

$$EF_{nit} = \text{lustgasproduktion (kg)} / \text{tot-N (kg)}$$

Resultat och diskussion

Fullskalebehållare

I tabell 1 visas medeltemperaturer för gödsel i behållarna i de tre regionerna under ett år dels för år 2006 (Halland och Uppland), dels för perioden 14 augusti 2007 till 14 aug 2008 i Jämtland.

Tabell 1. Medeltemperaturer, °C hos gödsel 0,5 och 1,5 m under gödselytan i flytgödsel-lager i olika delar av Sverige.

Region	Temperatur, °C		Medeltal för två nivåer
	0,5 m under gödselytan	1,5 m under gödselytan	
Halland 2006	9,9	9,6	9,7
Uppland 2006	7,9	8,4	8,1
Jämtland 2007-08	4,5	6,0	5,2

I Jämtland var årsmedeltemperaturen hos gödseln varmare längre ner i behållaren än 0,5 m under ytan medan det i Uppland och Halland var det motsatta förhållandet. Gödseltemperaturen var betydligt lägre i Jämtland än i Halland. Störst var skillnaden 0,5 m under ytan, där det skiljde med 5,4°C mellan Halland och Jämtland.

I Bild 2 visas temperaturvariationen över året i gödselbehållaren i Halland samt nivån i behållaren.

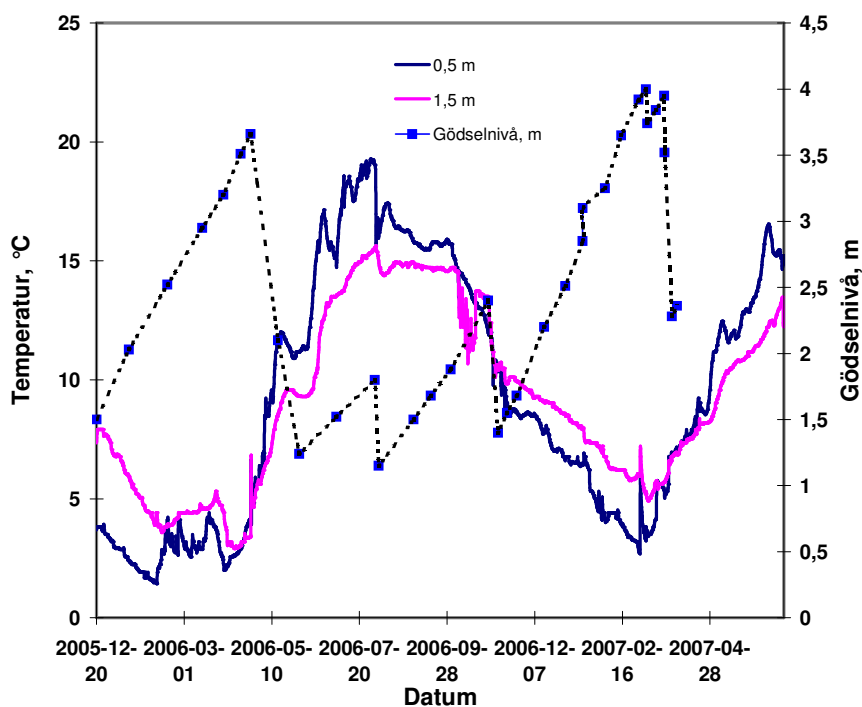


Bild 2. Halland. Temperatur °C i behållare 0,5 respektive 1,5 m ned i gödseln mätt från ytan samt gödselnivån, m i den 4 m djupa behållaren.

Utveckling av mätmetodik

En testanläggning bestående av tre mindre lagringsbehållare ställdes i ordning under första vintern för att studera hur väl temperaturförhållandena i fullskala kan efterliknas i en mindre skala samt för att utveckla metodiken för att ta ut gasprover för mätning av metan- och lustgasavgång. En behållare placerades inomhus i byggnad med stödvärme (temperatur > 10°C) och två isolerade behållare placerades utomhus.

Förhållande i pilotskalebehållare

Temperaturerna i utomhusbehållarna var tämligen stabila trots att temperaturen över dygnen varierade kraftigt, Bild 3. Temperaturen steg dock under våren betydligt snabbare än i en fullskalebehållare och om studierna inte avbrutits i juni hade nog gödseltemperaturen vida överstigit maximal temperatur i Upplands-behållaren, som var 18,5°C. Slutsatsen blev därför att det behövs ytterligare åtgärder förutom isolering för att få en stabil temperatur i pilotskalebehållare.

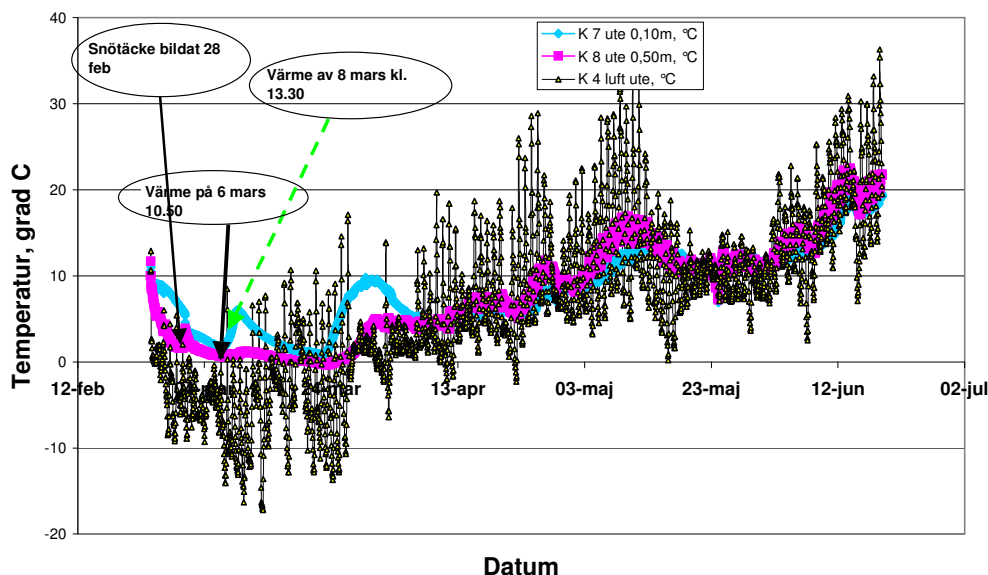


Bild 3. Temperaturer i pilotskalebehållare 3 (isolering med värmeslinga).

Gasprovtagning

I bild 4 visas ett exempel på koncentrationen under lock över tiden i en utomhus-behållare under sommaren med 30 cm avstånd mellan lock och gödselyta och då prov uttagits ur två olika uttag i locket direkt vid förslutning, efter 15, 30 och 60 minuter efter förslutning. I stort sett var det bra överensstämmelse mellan de två provpunkterna under locket.

Koncentrationerna av lustgas var låga och förändrades mycket lite med tiden. Därmed var emissionerna mycket små eller i vissa fall t.o.m. minskade lustgas-koncentrationen (konsumtion av kväve). Det fanns en tendens att gaskoncentra-tionshöjningen i vissa fall började avta 30 min efter förslutning.

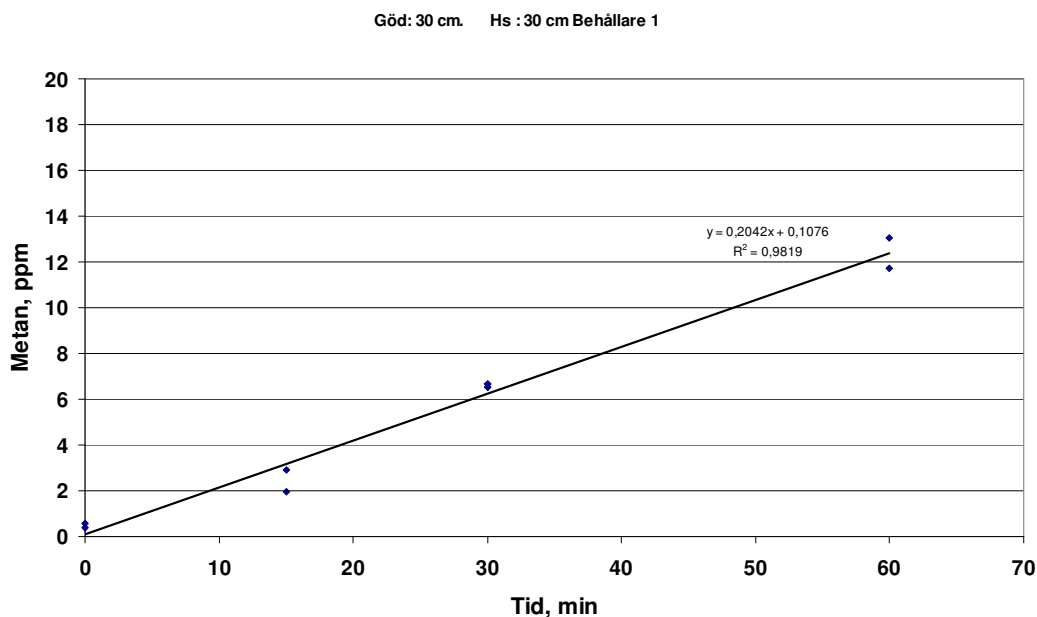


Bild 4. Gaskoncentrationer av metan hos uttagna prov vid olika tider efter förslutning. Behållaren var fylld med 30 cm gödsel och det var 0,3 m i höjd mellan gödselyta och lock.

Utifrån första årets utprovningar av gasvolym och tidpunkter för gasprovtagning togs det fram en rekommendation för slutna kammare, Tabell 2. Höjd mellan lock och gödselyta samt tidpunkter för gasprovtagning visas för vinter- respektive sommarförhållanden. Vilken strategi som ska användas för gasprovtagning får bedömas vid respektive tidpunkt.

Tabell 2. Rekommenderade avstånd mellan gödselyta och lock samt tidpunkter för provtagning efter förslutning vid gasprovtagning under vinter respektive sommarförhållanden.

	Temp gödsel / luft, °C	Höjd mellan lock och gödselyta, m	Tidpunkt provtagning, min efter tillslutning
Vinter	0/-3,0 (uteluft)	0,1	0, 15, 30
Sommar	20/30 (luft under tak)	0,3	0, 15, 30

Växthusgasemissioner under ett år

Pilotskaleanläggning på JTI, Ultuna

Slutliga utformningen av pilotskaleanläggningen visas i Bild 5. Behållarna var 1,5 m höga, till hälften nedgrävda och hade en diameter av 1,63 m (ca 2,0 m² bottenarea). Stålbehållarna var invändigt försedda med figursydda plastpåsar för att skydda stålbehållarna mot gödseln och för att inte riskera reaktion mellan gaser och material. Varje gödselled upprepades tre gånger, dvs. tre behållare per led.

Regnvatten och snö hamnade i behållarna, gödseln utsattes för sol och vind och frös under kalla perioder. Tre mätlock enligt tidigare beskriven konstruktion tillverkades så att tre behållare kan förslutas samtidigt. På undersidan av varje lock monterades små axialfläktar samt hållare för temperaturloggrar. Över alla behållare

monterades en I-balk i vilken en el-vinsch drogs för förflyttning av mätlocken, samt för att höja och sänka locken.



Bild 5. Pilotskalanläggning för mätning av växthusgaser från flytgödsellager placerad på JTI, Ultuna. Gasprovtagning pågår.

Flytgödsel

I nedanstående Tabell 3 visas analysvärden på nötflytgödseln vid de olika fyllningar och tömningar. Vid fyllning 1 togs flytgödseln från stora lagringsbehållaren på gården medan vid övriga fyllningar hämtades flytgödseln från pumpbrunnen med 3 dagars lagringskapacitet. Vid tömning av pilotskalebehållarna var ts-halt och koncentrationer av växtnäring i gödseln i nivå med den i stora behållaren på gården (fyllning 1).

Tabell 3. Egenskaper hos nötflytgödsel hämtad från stora lagerbehållaren på mjölkogård (fyllning 1) eller gårdens pumpbrunn (fyllning 2-12) samt gödselns egenskaper vid tömning.

	TS, %	Glödför- lust, % av TS	Aska, % av TS	kg/ton						C/N KVOT
				TOT- N	NH ₄ - N	ORG- N	P	K	TOC	
Start (fyllning 1)	5,90	78,14	21,86	3,65	2,05	1,59	0,52	3,62	19,84	12,46
Medel Fyllning 2-12 (sd)	8,09 (1,15)	80,59 (1,12)	19,41 (1,12)	4,70 (0,65)	2,24 (0,52)	2,46 (0,41)	0,65 (0,13)	4,70 (0,96)	27,78 (3,97)	11,34 (0,90)
Tömning vår	5,16	79,16	20,84	3,42	1,92	1,50	0,45	3,81	17,74	11,85
Tömning höst	5,40	76,86	23,14	3,03	1,54	1,48	0,44	3,36	18,19	12,25

Bo-värdet för den färska gödseln var 171 g CH₄-C per kg VS.

Metan- och lustgasemissioner

I Bild 6 visas i medeltal metangasemissioner från de tre behållarna med nötflytgödsel med lite strö, ej täckta behållare. Under tiden oktober till januari var förlusterna blygsamma. Vid mätningen i mitten av februari är emissionerna tillfälligt höga antagligen i samband med att ytskiktet tinat. Från början av mars till mitten av juni steg förlusterna från 0,2 till 3,5 g CH₄-C per m³ gödsel och dygn. Vid mätningarna i mitten av juli och början av augusti var emissionerna oförklarligt låga för att sedan åter stiga från mitten av augusti till september.

I Bild 7 visas i medeltal för de tre behållarna lustgasemissionerna från de tre behållarna med nötflytgödsel samt lufttemperaturen. Lustgasemissionerna var mycket låga med högsta värden av ca 0,001 g N₂O-N per m² och dygn.

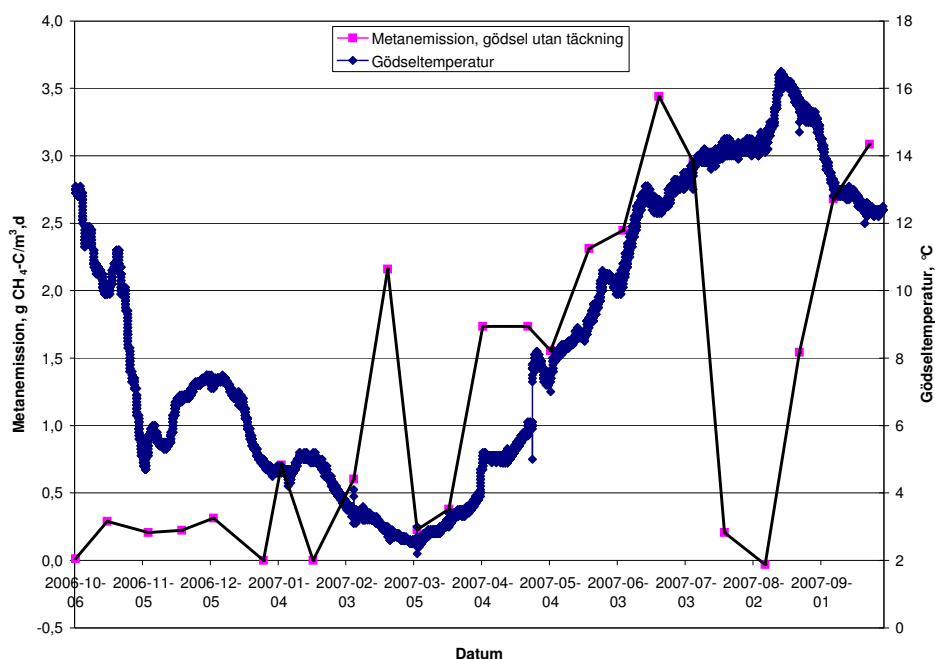


Bild 6. Gödseltemperatur och metangasavgång från led A, nötflytgödsel med lite strö.

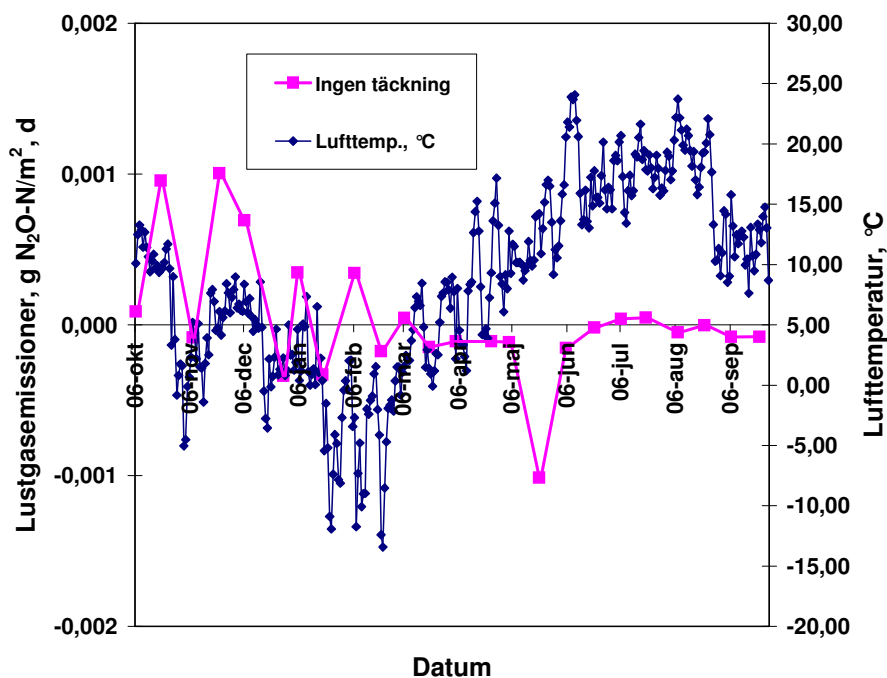


Bild 7. Lufttemperatur och lustgasavgång från nötflytgödsel med lite strö.

Balansberäkning för gödselbehållare

Balansberäkningar utfördes för de tre behållarna för respektive led för att se förändring av gödselmängd, totalkväve, total-kol och VS under lagringsåret, Tabell 4. Till mängden gödsel som totalt tillfördes behållarna tillkom ytterligare ca 30 % vätska, som förmodas komma från nederbörden. Vikten 2,43 ton motsvarar 400 mm vatten på totala gödselytan om 6 m². Under lagringen förlorades ca 6 % av total-N och 9 % av total-C under lagringen. Vidare har ca 11 % av VS förbrukats, Tabell 4.

Tabell 4. Balansberäkning för de behållarna med nötflytgödsel utan täckning, summa för tre behållare.

	Vikt, ton	TOT-N, kg	TOC, kg	VS, kg
IN	8,27	37,71	217,83	510,49
UT	10,70	35,47	197,94	454,02
Förluster (-)/tillskott (+)	2,43	-2,24	-19,89	-56,47
Procentuell ökning/förlust	29 %	-6 %	-9 %	-11 %

Uppskattning av emissionsfaktorer för metan (MCF) och lustgas (EF_{nit})

Vid beräkning av ett lagringssystems MCF används medelvärden för VS-innehållet för respektive period och den färskas gödsels Bo-värde, i detta fall 171 g CH₄-C per kg VS. Under Period 1 (oktober-april) beräknades MCF till 2,08 % och under Period 2 (april-oktober) erhöles faktorn 3,89 %. Vid en sammanvägning över året blev MCF 2,82 %. Det är betydligt mindre än det svenska schablonvärdet 10 %. Vid användning av MCF är det viktigt att samtidigt ange gödsels egenskaper såsom Bo-värde, VS-innehåll, djurslag, lagringstid för gödsel, temperaturförhållanden m.m.

Lustgasemissionen var i princip obefintlig och vid en beräkning av andel kväve som avgått som lustgas under Period 1 erhålls värdet 0,0007 % av tillfört kväve i lagret under perioden. Under Period 2 erhålls motsvarande negativa EF (-0,0007 %) dvs. det är så små värden att det ligger inom mätfelområdet.

Slutsatser

- Temperaturmätningarna i fullskalebehållare visade att medeltemperaturen i gödsel under ett år och för två nivåer i gödseln var 9,7°C i Halland, 7,7°C i Uppland och 5,2°C i Jämtland under 1 års mätning.
- Utvecklad utrustning och metodik för gasprovtagning med statisk kammare i pilotskalelager fungerade tillfredställande.
- Rekommenderad tid för gasprovtagning i slutna kammare ovanför gödselyta var 0, 15 och 30 minuter efter förslutning och höjd mellan lock och gödselyta var 0,1 m för vinterförhållanden och 0,3 m för sommarförhållanden.
- Förhållandena i pilotskaleanläggningen på JTI var liknande de i fullskala när det gäller temperatur, fyllning och tömning samt utsatthet för regn och frysning.
- Under den kallare perioden (oktober-april) uppgick metangasemissionerna till 3,56 g CH₄-C per kg VS vid en medellagringstid av 3,5 månader och under den varmare perioden var motsvarande förlust 6,67 g CH₄-C per kg VS vid lagringstiden 2,5 månader.
- Den färskas gödseln hade ett Bo-värde av 171 g CH₄-C/ kg VS. Under Period 1 (oktober – april) beräknades MCF till 2,08 % och under Period 2 (april-oktober) erhöles faktorn 3,89 %. För hela året blir ett sammanvägt MCF 2,82 %.
- Lustgasemissionerna var mycket låga med högsta värden av ca 0,001 g N₂O-N per m² och dygn.
- Resultat finns också över effekten av ammoniakbegränsande åtgärder på emissioner av växthusgaser från nötgödsel respektive svinflytgödsel. Dessa resultat kommer att presenteras i den mer utförliga rapporten från JTI.