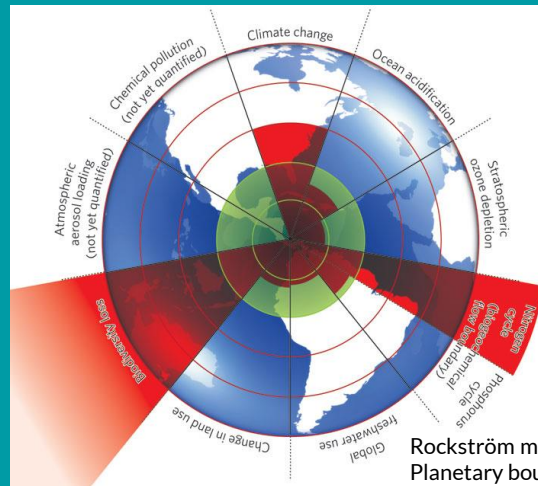
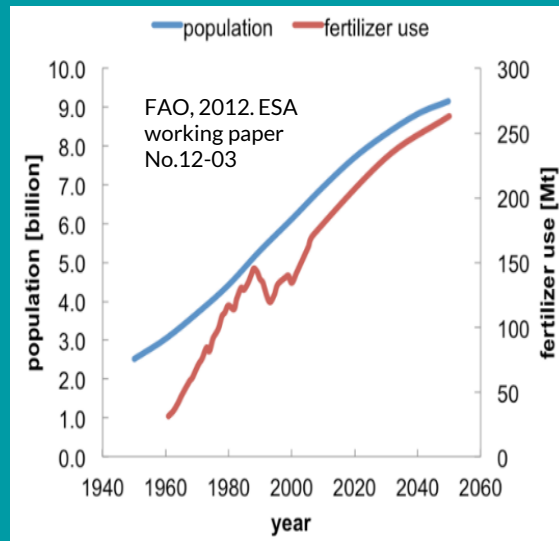


Växthusgasförluster vid lagring och spridning av stallgödsel och klimatsmart gödselhantering

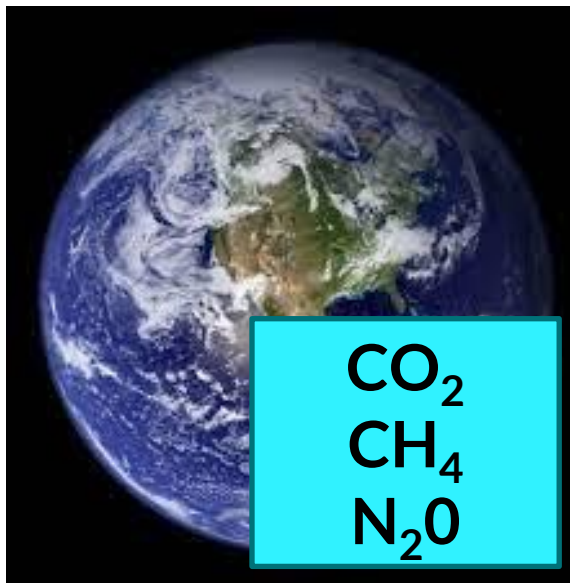
Kristina Mjöfors,
Researchers,
RISE Dept. of Jordbruk och livsmedel



Rockström et al 2009 i Nature:
Planetary boundaries

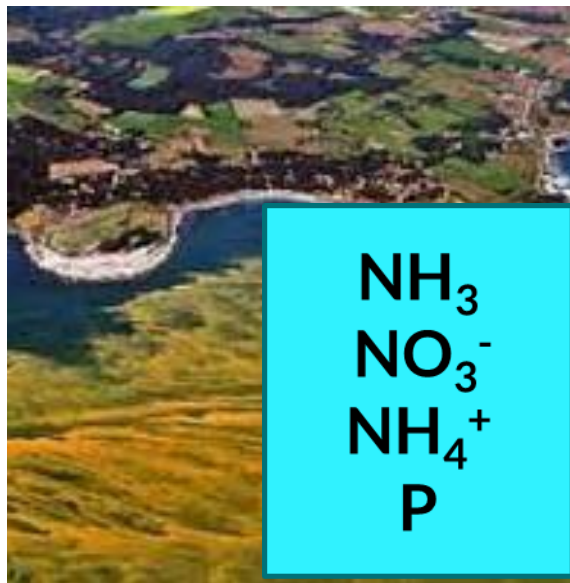


Klimatförändringen



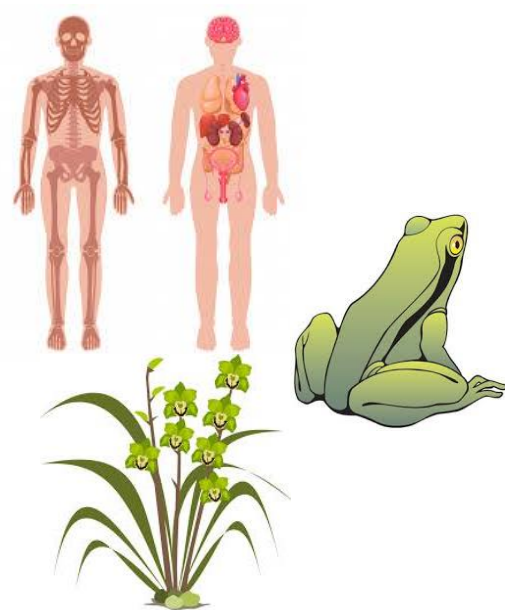
- Polarisarna smälter
- Havsnivån stiger
- Regioner med extrema väder (torka, översvämningar m.m)

Miljöpåverkan



- Övergödning
- Försurning
- Minskning av biodiversitet

Kemikaliehotet



- Minskning av fertiliteten
- Hormonförändringar
- Sjukdomar

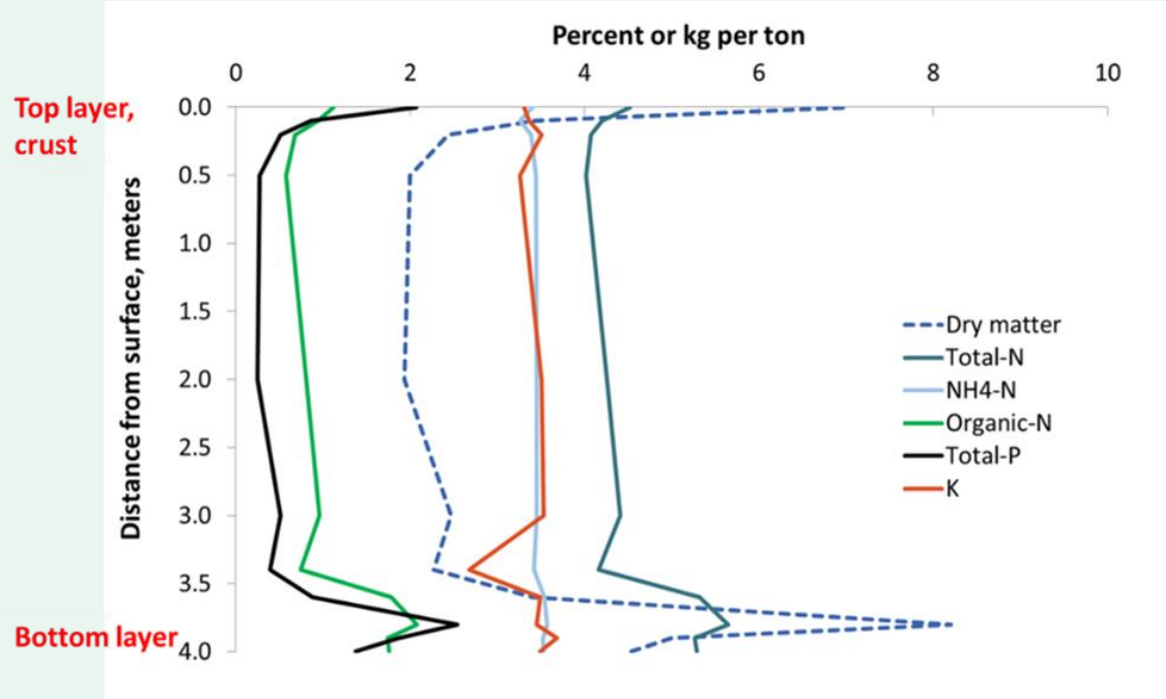
Gödsel i Sverige

- Totalt 21 730 tusen ton från animalieproduktion
- 19 610 tusen ton(90%) är från nötkreatur
- 1 950 tusen ton från grisar
- 170 tusen ton från andra productionsdjur (hästar ej inkluderat),

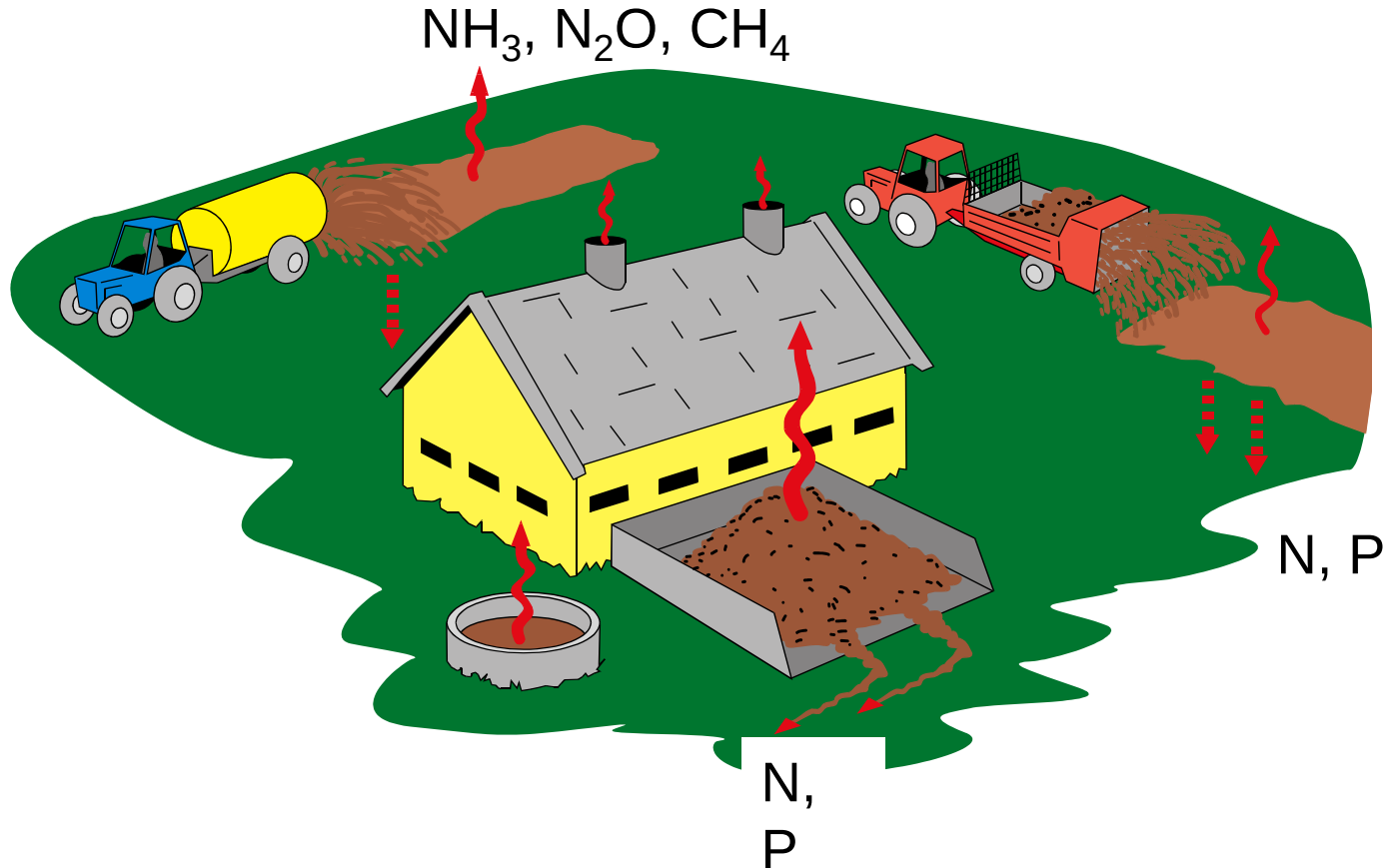


x 36

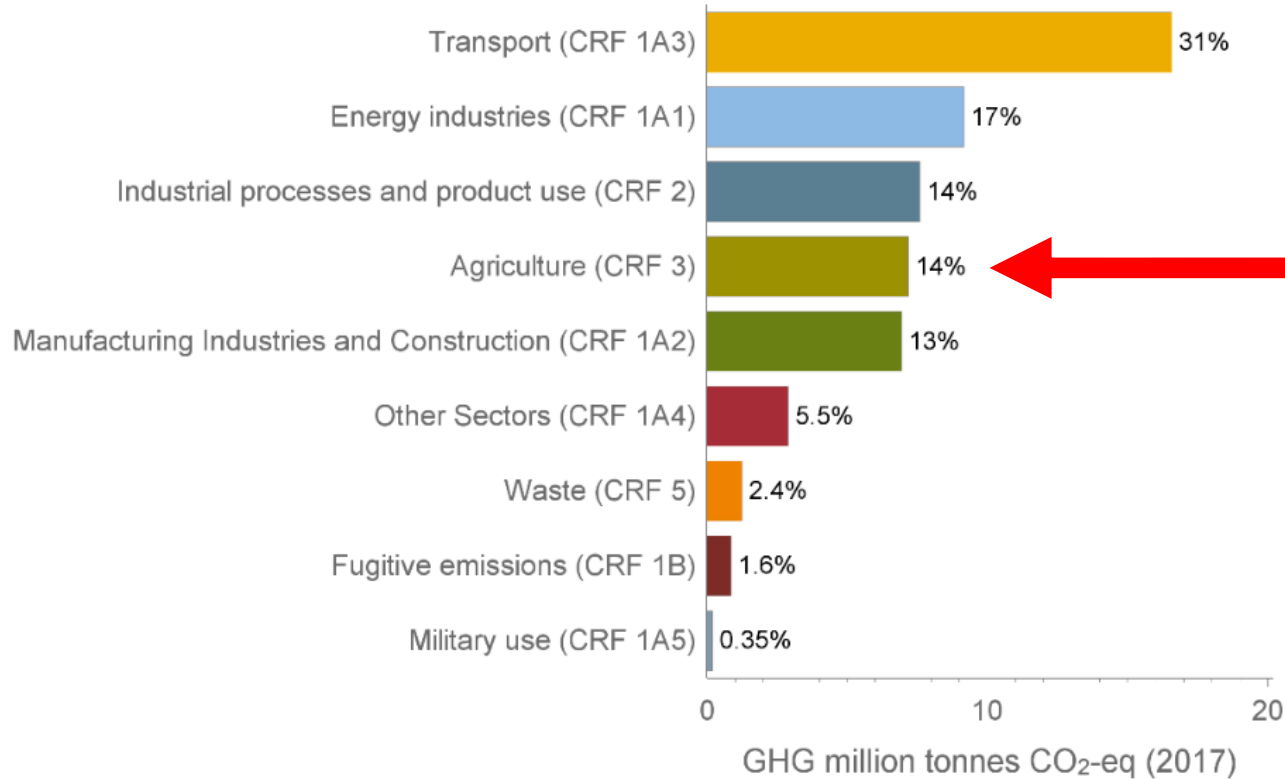
Stratifiering av näringsämnen i gödsel



Manure handling – risk of losses

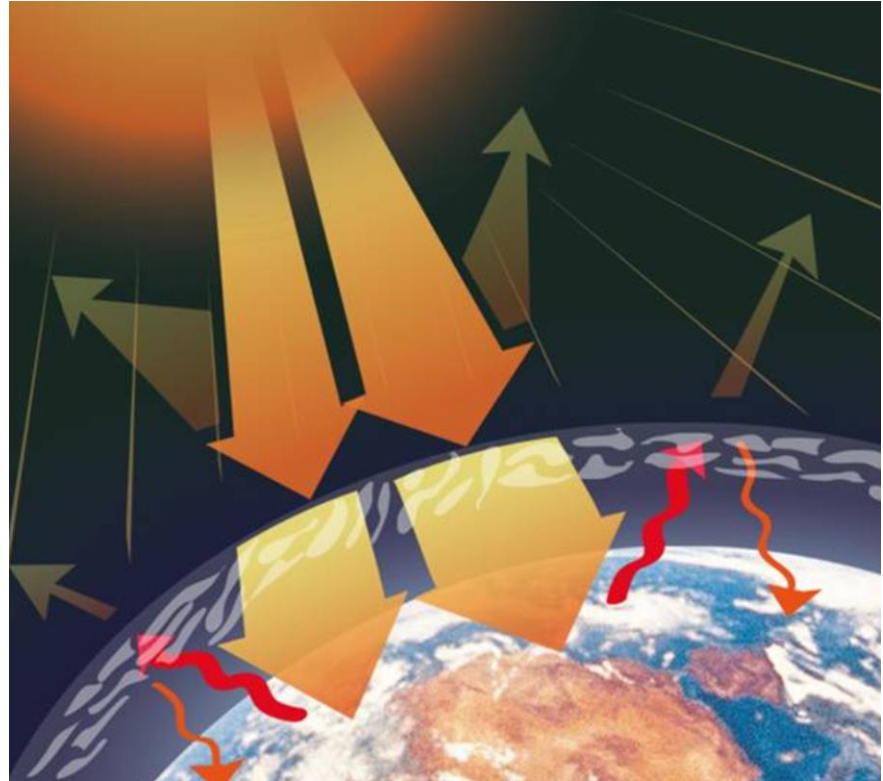


Climate change



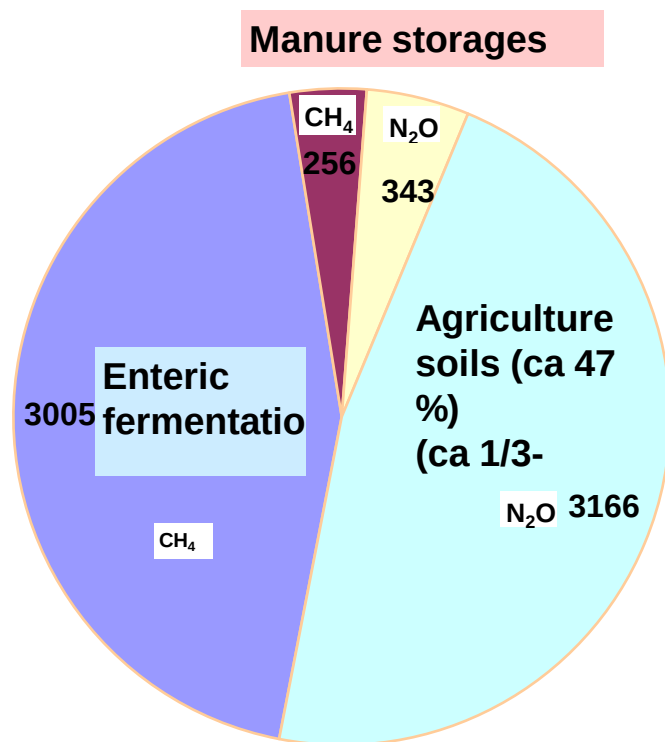
Växthusgaser

- Koldioxid (CO_2)
- Metan (CH_4)
- Lustgas (N_2O)



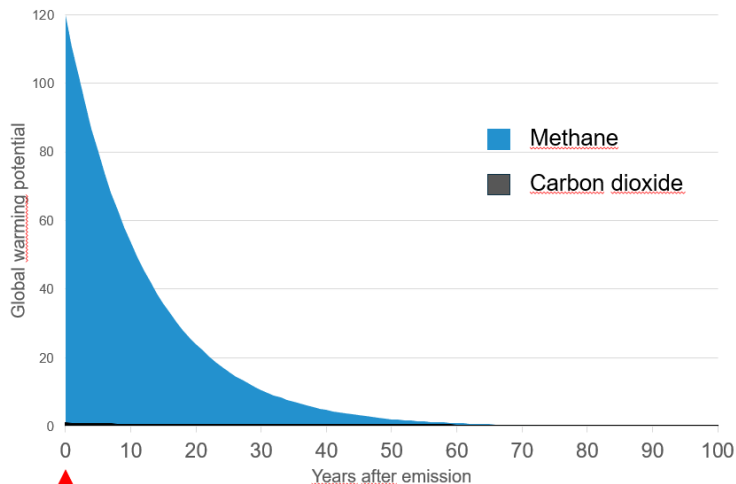
Emissioner från Jordbruk, metan och lustgas

Unit: kilotonne CO₂-equivalent per year (total)

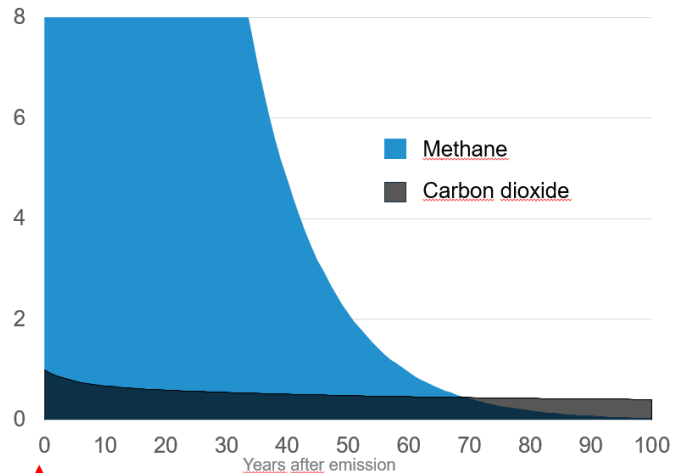


Global warming potential

- Global warming potential över 100 år (GWP_{100})
- Metan- **34** gånger starkare än koldioxid
- Lustgas **298** gånger starkare än koldioxid (IPCC 2013).

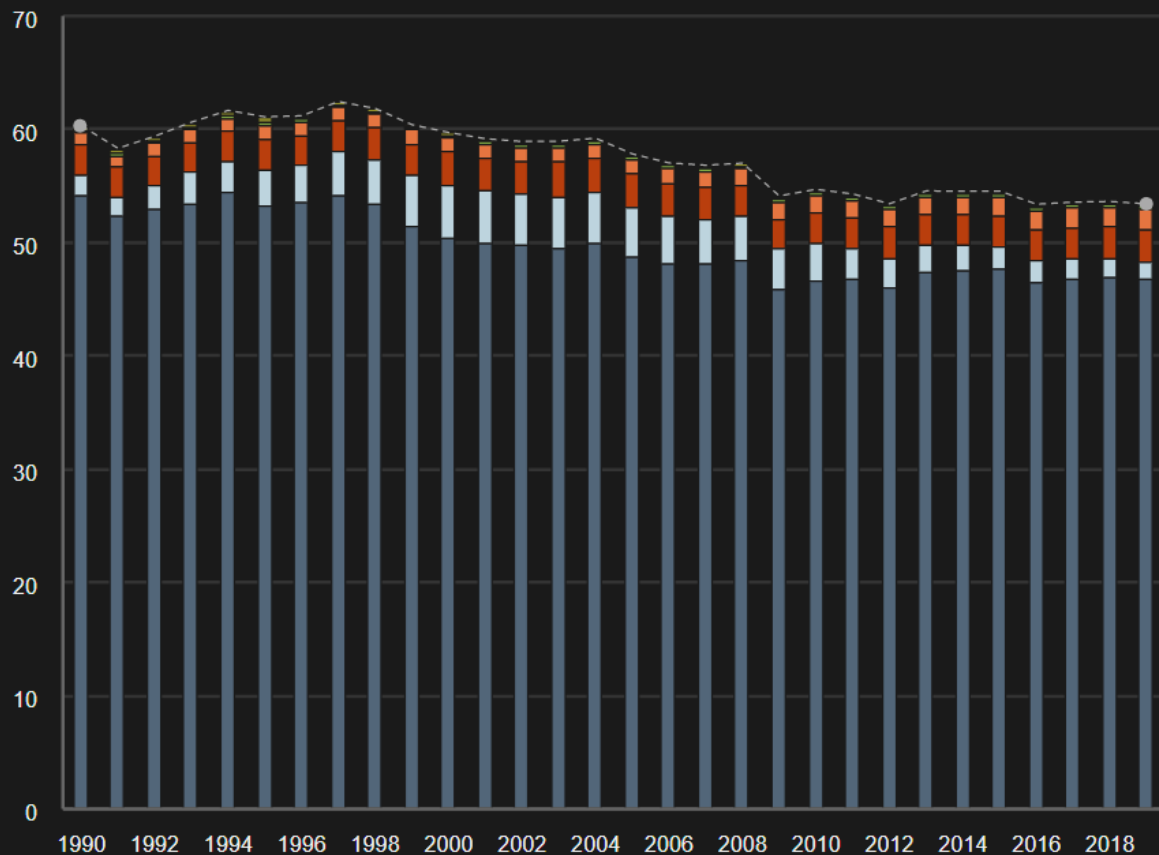


↑ Emission of 1 kg carbon dioxide and 1 kg methane



↑ Emission of 1 kg carbon dioxide and 1 kg methane

Tusen ton



Utsläpp av ammoniak till luft 1990–2019

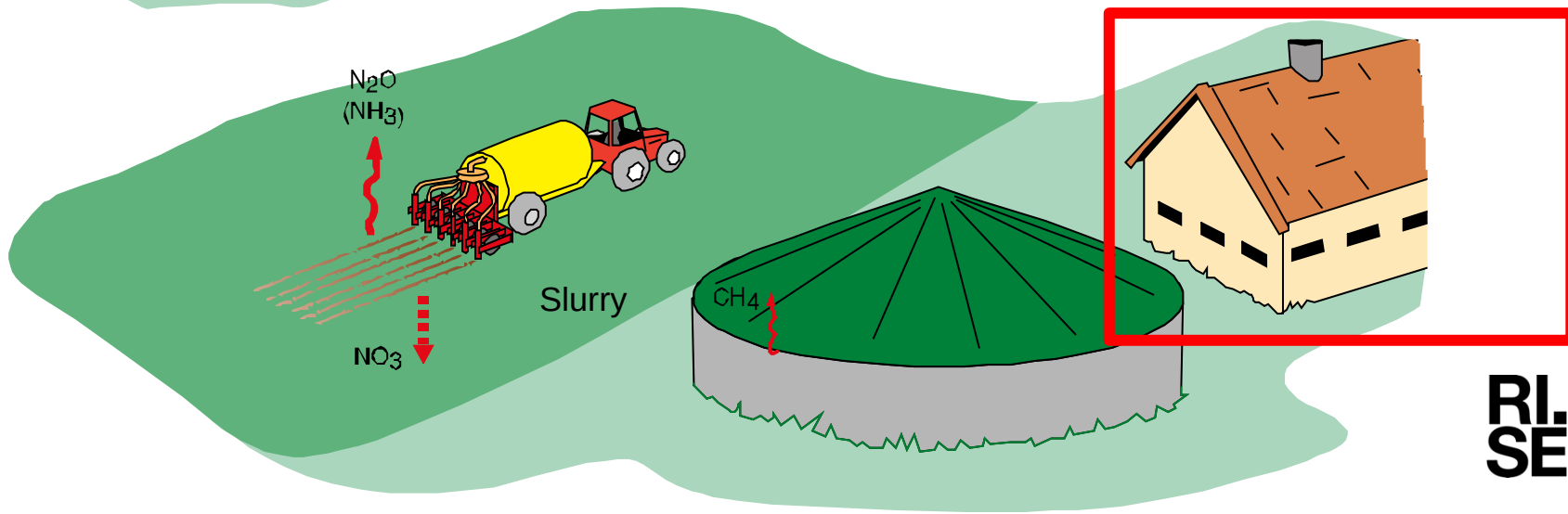
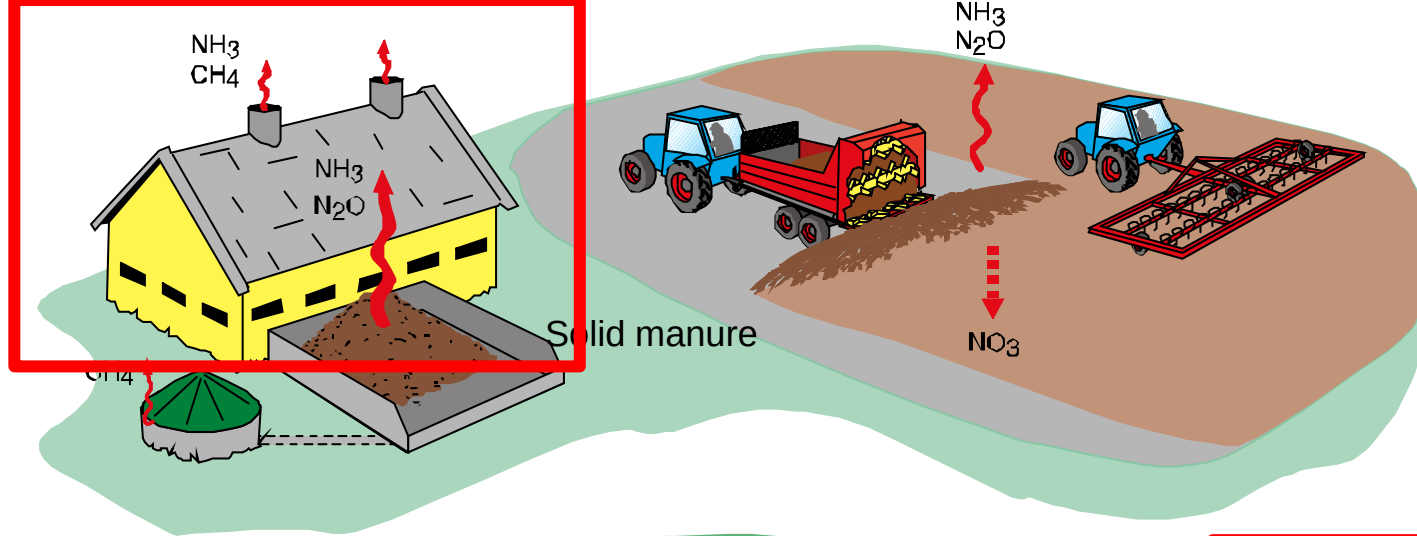
Lagring och användning av stallgödsel svarar för den största delen av ammoniakutsläpp till luft i Sverige

Tillhör Sveriges officiella statistik.

Dolj alla

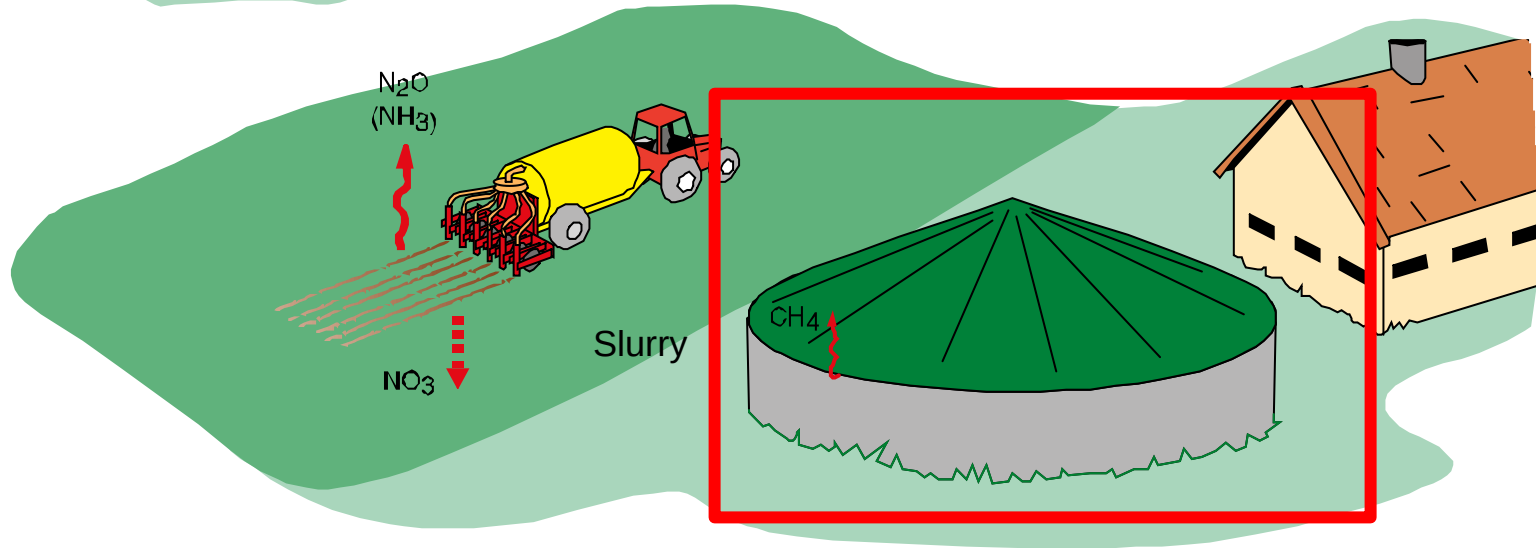
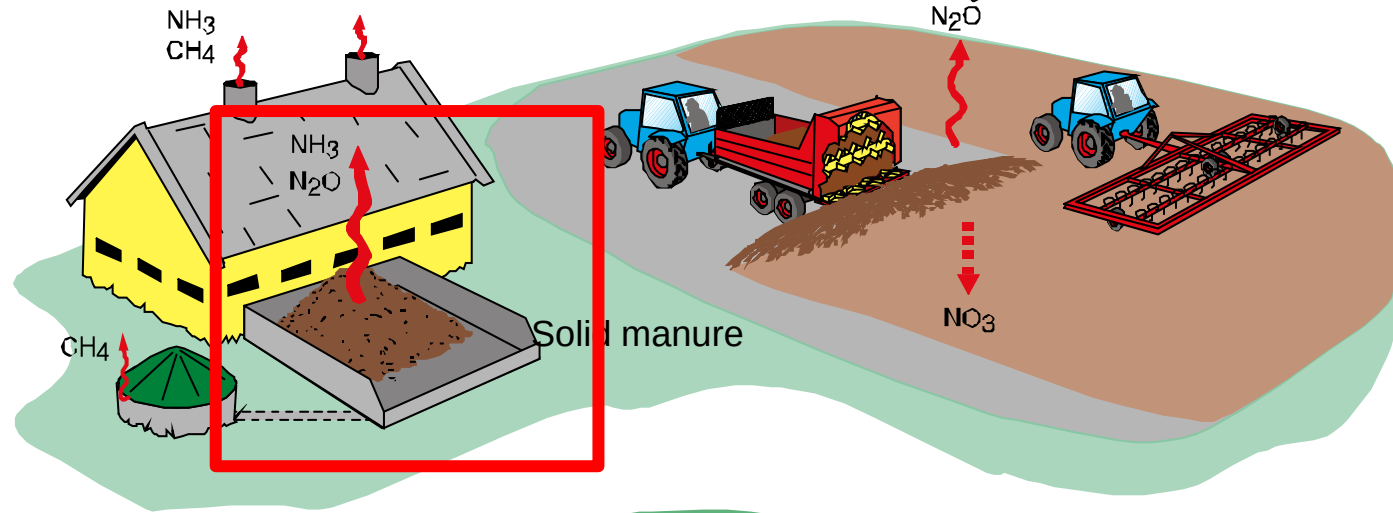
- Arbetsmaskiner
- Produktanvändning (inkl. lösningsmedel)
- Egen uppvärmning av bostäder och lokaler
- EI och fjärrvärme
- Avfall
- Industri
- Inrikes transporter
- Jordbruk
- Totalt

2018: 87% of Swedish emissions



Faktorer som påverkar NH_3 emissioner från stallar

Faktor	NH_3 emissioner minskar med...
Djurslag	Kor < gris < fjäderfä
Diet	Låg protein diet
Utgödsling	Frekvent borttagande
Area med gödsel	Liten area
Renlighet	Rent
Surgörning	Lågt pH
Temperatur	Låga temperaturer



Olika gödsellager



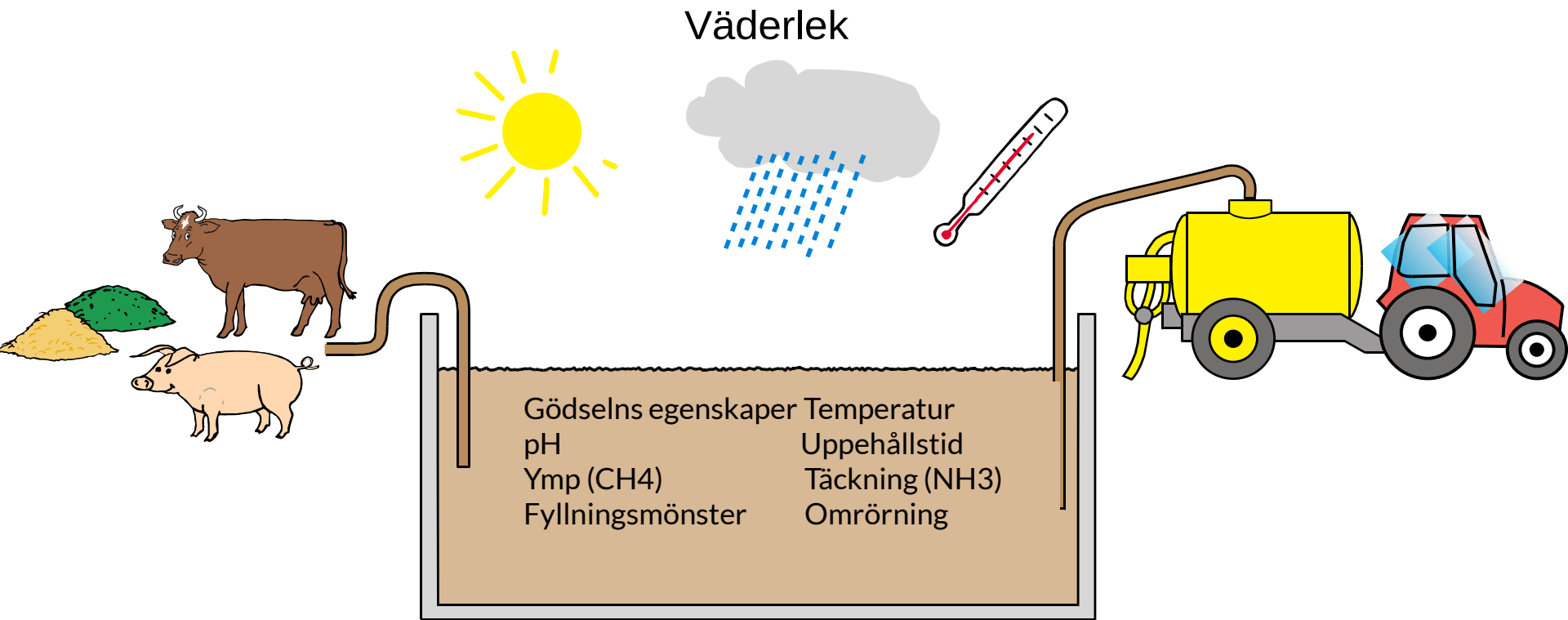
Gödseins fysiska egenskaper

Pumpbart

- Viskositet
- Separations
tendenser
- Torrsubstans (Ts)

Ej pumpbart

- Volymvikt
- Staplingsförmåga
- Heterogenitet
- Torrsubstans (Ts)



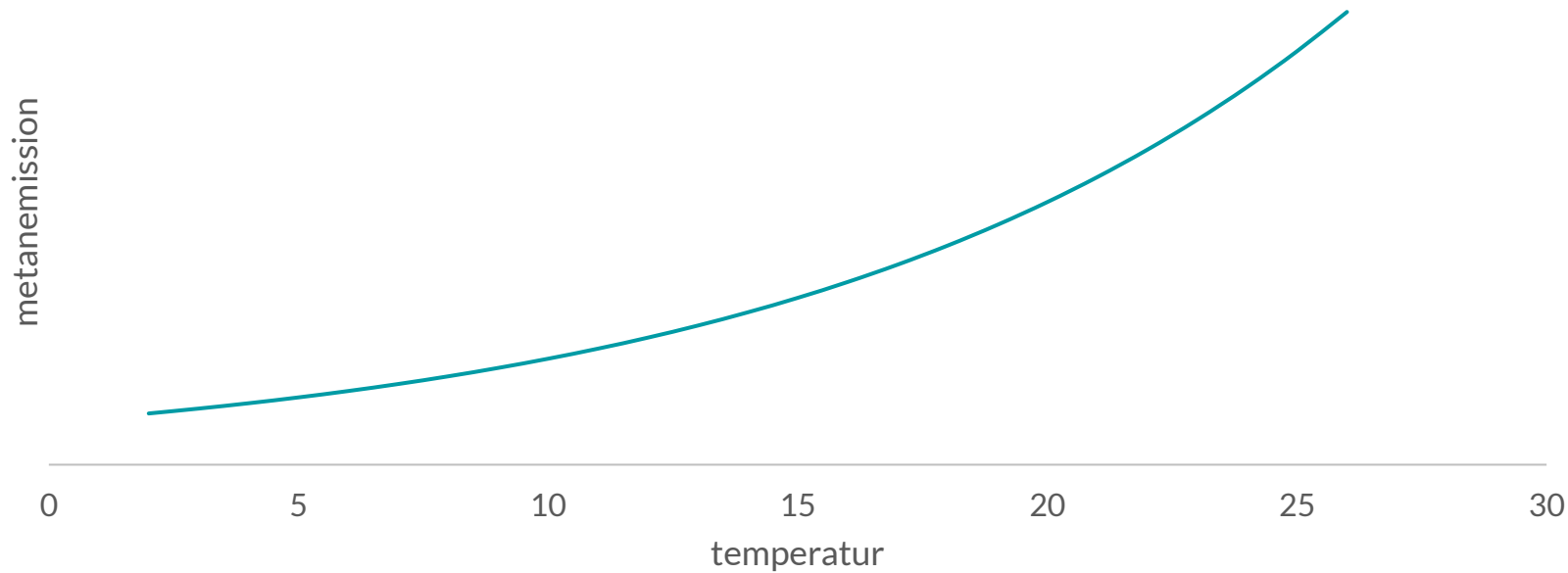
Ammoniak (NH₃) och metan (CH₄) från flytgödsellager:

**Table 1 Percentage Un-ionized Ammonia in Aqueous Solution by pH Value and Temperature
Calculated from data in Emerson, et. al***

pH	Temperature (°C)														
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0.11	0.13	0.16	0.18	0.22	0.25	0.29	0.34	0.39	0.46	0.52	0.60	0.69	0.80	0.91
7.2	0.18	0.21	0.25	0.29	0.34	0.40	0.46	0.54	0.62	0.82	0.83	0.96	1.10	1.26	1.44
7.4	0.29	0.34	0.40	0.46	0.54	0.63	0.73	0.85	0.98	1.14	1.31	1.50	1.73	1.98	2.26
7.6	0.45	0.53	0.63	0.73	0.86	1.00	1.16	1.34	1.55	1.79	2.06	2.36	2.71	3.10	3.53
7.8	0.72	0.84	0.99	1.16	1.35	1.57	1.82	2.11	2.44	2.81	3.22	3.70	4.23	4.82	5.48
8.0	1.13	1.33	1.56	1.82	2.12	2.47	2.86	3.30	3.81	4.38	5.02	5.74	6.54	7.43	8.42
8.2	1.79	2.10	2.45	2.86	3.32	3.85	4.45	5.14	5.90	6.76	7.72	8.80	9.98	11.29	12.72
8.4	2.80	3.28	3.83	4.45	5.17	5.97	6.88	7.90	9.04	10.31	11.71	13.26	14.95	16.78	18.77
8.6	4.37	5.10	5.93	6.88	7.95	9.14	10.48	11.97	13.61	15.41	17.37	19.50	21.78	24.22	26.80
8.8	6.75	7.85	9.09	10.48	12.04	13.76	15.66	17.73	19.98	22.41	25.00	27.74	30.62	33.62	36.72
9.0	10.30	11.90	13.68	15.65	17.82	20.18	22.73	25.46	28.36	31.40	34.56	37.83	41.16	44.53	47.91
9.2	15.39	17.63	20.08	22.73	25.58	28.61	31.80	35.12	38.55	42.04	45.57	49.09	52.58	55.99	59.31
9.4	22.38	25.33	28.47	31.80	35.26	38.84	42.49	46.18	49.85	53.48	57.02	60.45	63.73	66.85	69.79
9.6	31.36	34.96	38.38	42.49	46.33	50.16	53.94	57.62	61.17	64.56	67.77	70.78	73.58	76.17	78.55
9.8	42.00	46.00	50.00	53.94	57.78	61.47	64.99	68.31	71.40	74.28	76.92	79.33	81.53	83.51	85.30
10.0	53.44	57.45	61.31	64.98	68.44	71.66	74.63	77.35	79.83	82.07	84.08	85.88	87.49	88.92	90.19
10.2	64.53	68.15	71.52	74.63	77.46	80.03	82.34	84.41	86.25	87.88	89.33	90.60	91.73	92.71	93.58

* Emerson, K., R. C. Russo, R.E. Lund, and R.V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32:2379-2383.

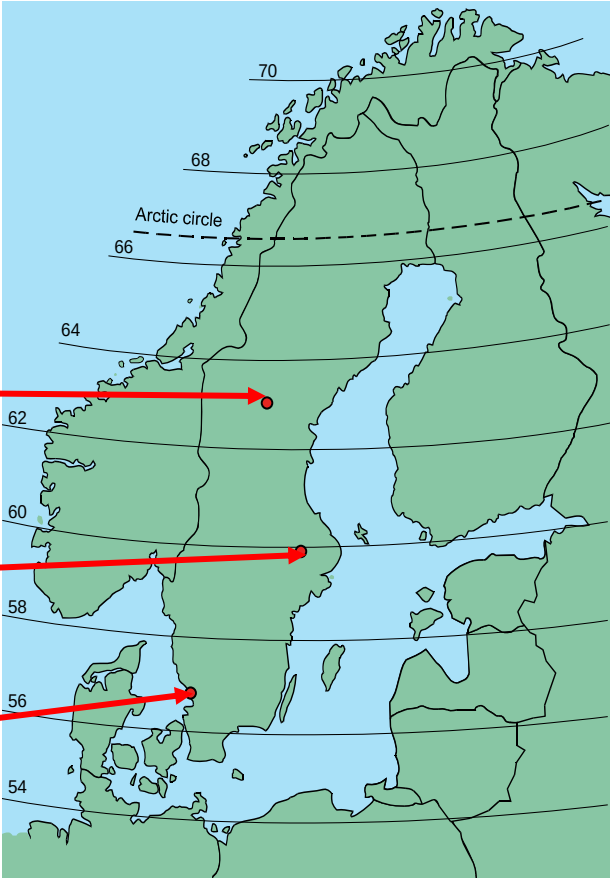
Samband mellan metanemission och temperatur



Gödseins medeltemperatur under ett år

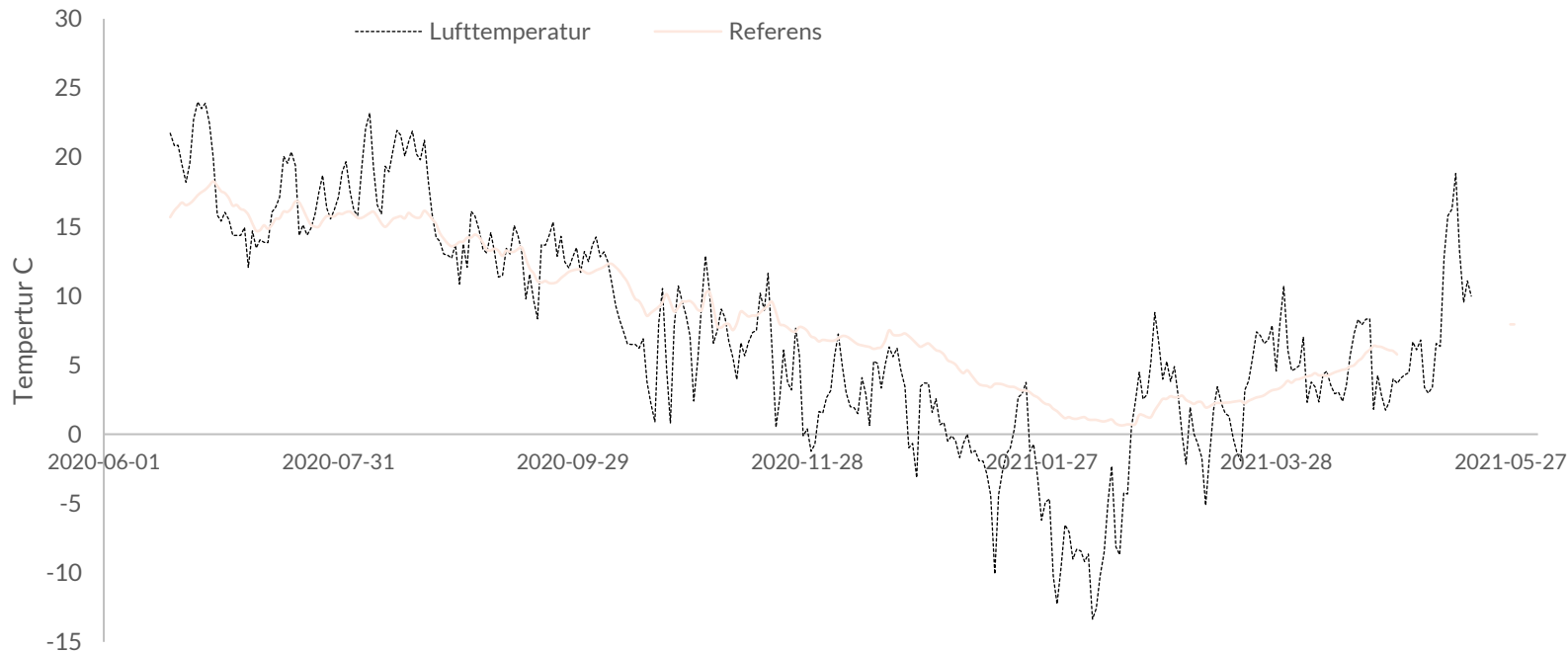
Rodhe m.fl., 2008. JTI-rapport nr 370

Luft	5,9°C
Gödssel	5,6°C
Luft	7,4°C
Gödssel	8,1°C
Luft	7,6°C
Gödssel	9,7°C



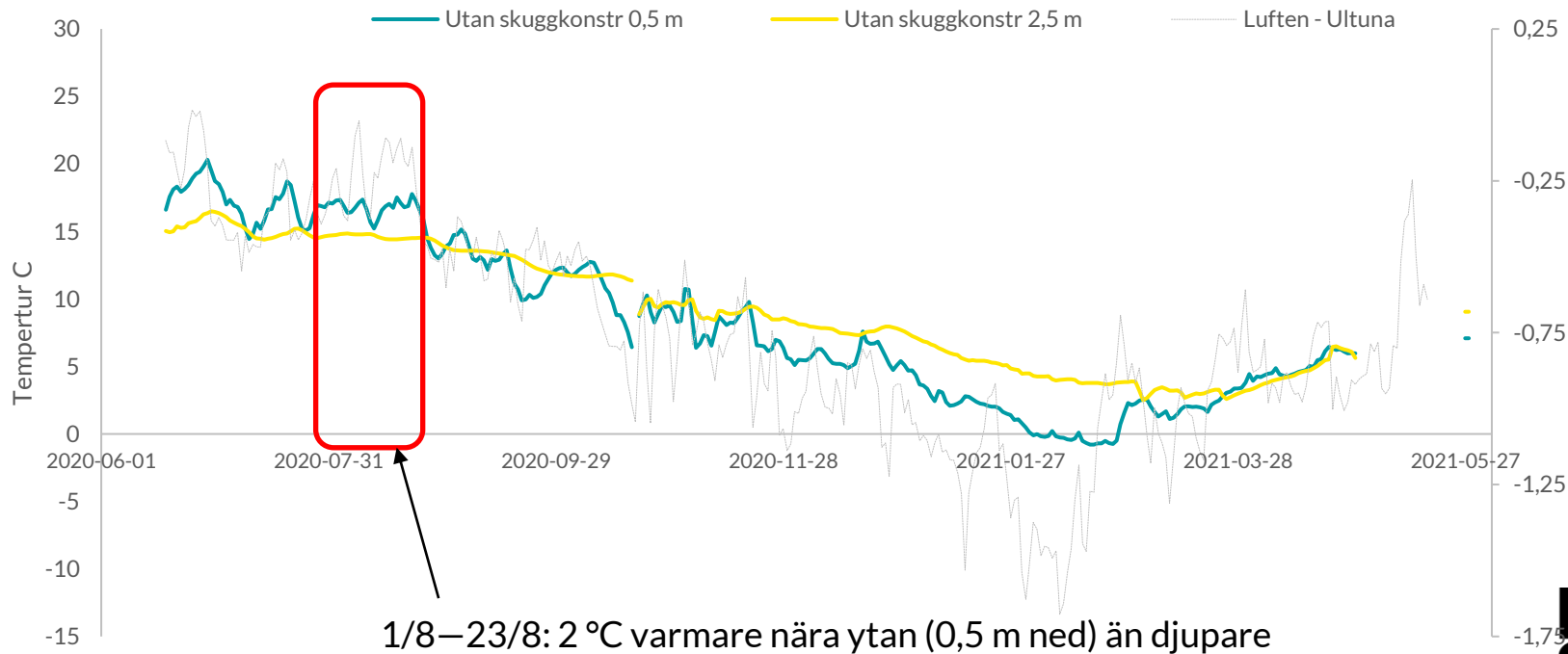
Rodhe m.fl., 2008. JTI-rapport.370

Temperaturen i lagren följer lufttemperaturen, fast trögare (Uppland)

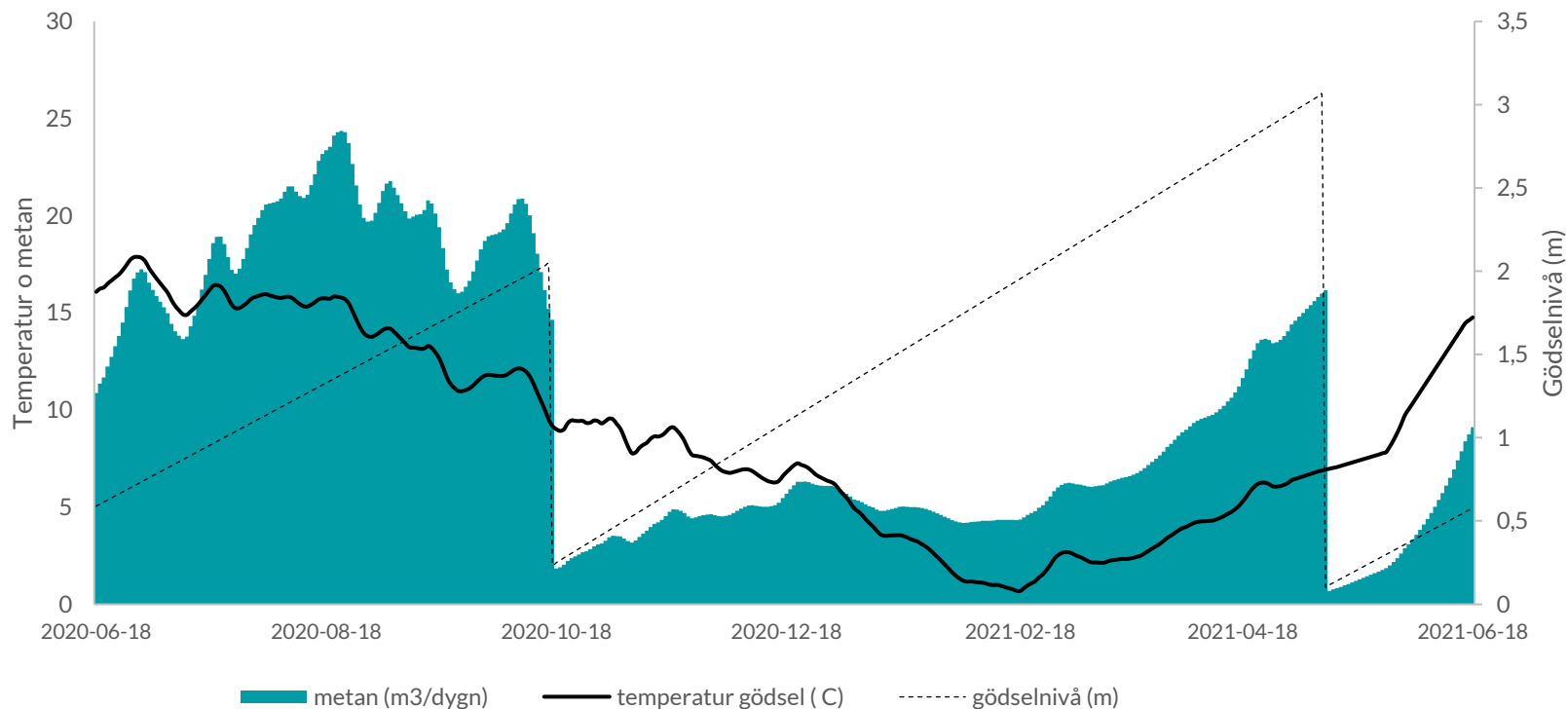


Olika djup (Uppland): Temperaturen fluktuerar snabbare och mer vid ytan

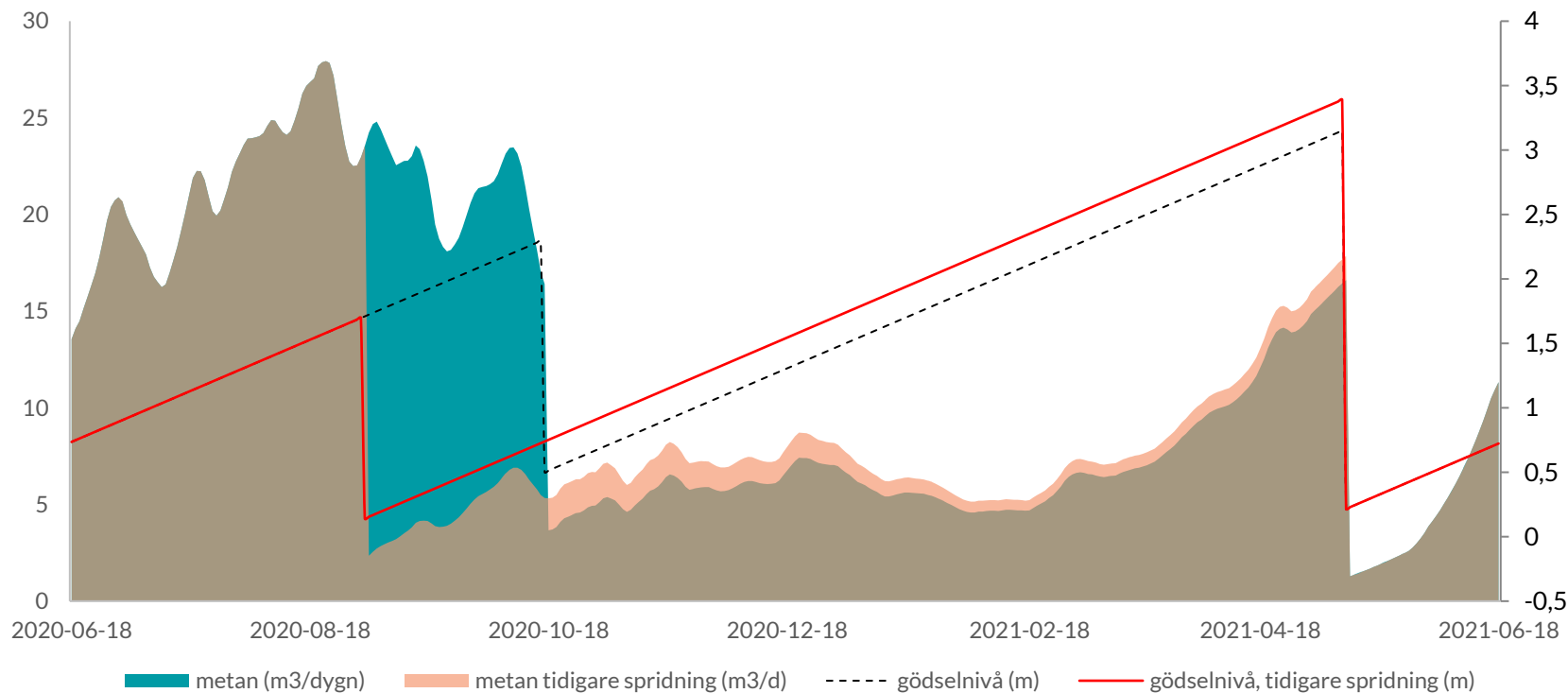
Varm period = varmare vid ytan. Kall period = varmare längre ner



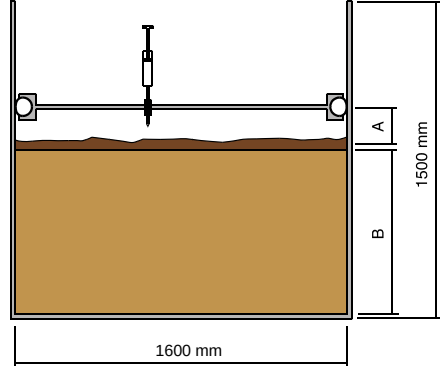
Metanemission - beror på temperatur och mängd gödsel i lagret



Lägre metanemissioner vid tidigare spridning på hösten, eller fler spridningstillfällen under säsong



Växthusgaser från flytgödsellagring med och utan täckning

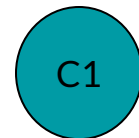
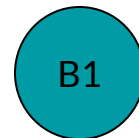
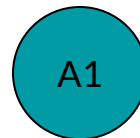
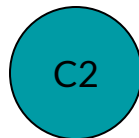
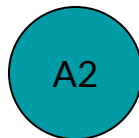
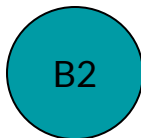
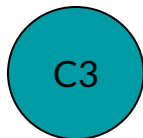
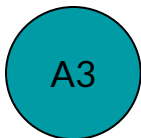
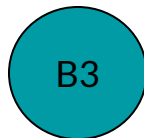


1 år kogödsel
1 år svingödsel

Täckning av lager, nötflyt

Behållare:

9 8 7 6 5 4 3 2 1



A) Gödsel utan strö



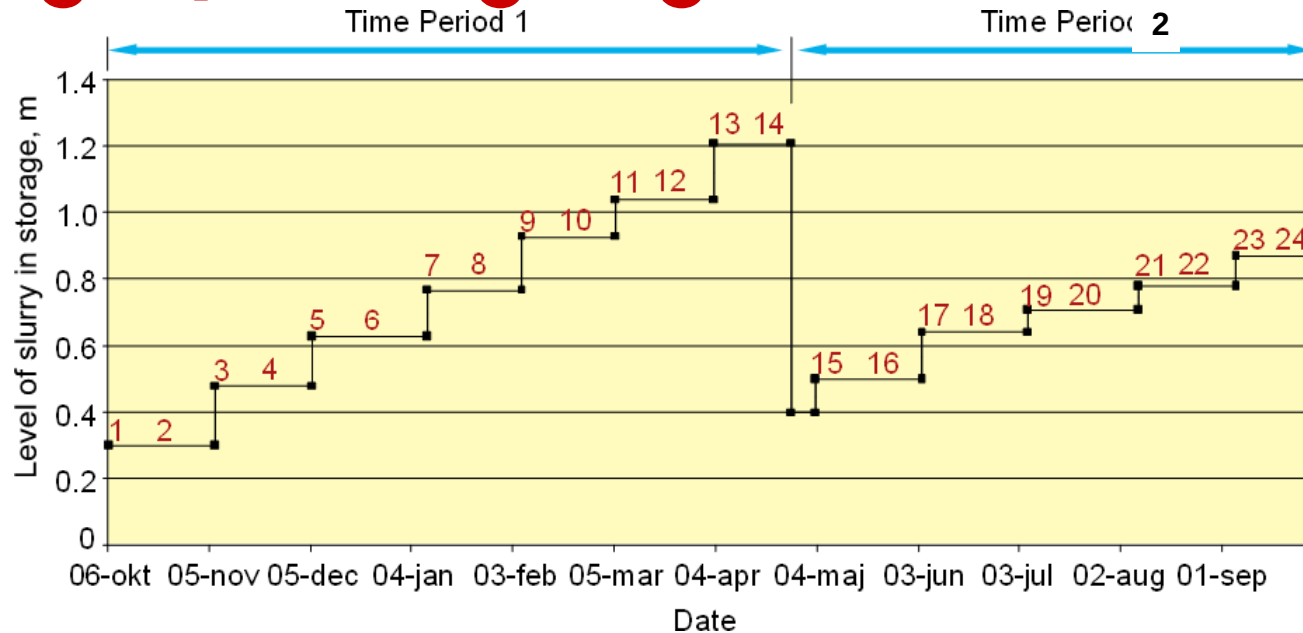
B) Halmsvämptäcke



C) Plastduk



Lagringsdynamik och gasprovtagning



Metanemissioner, g CH₄-C per kg

VS

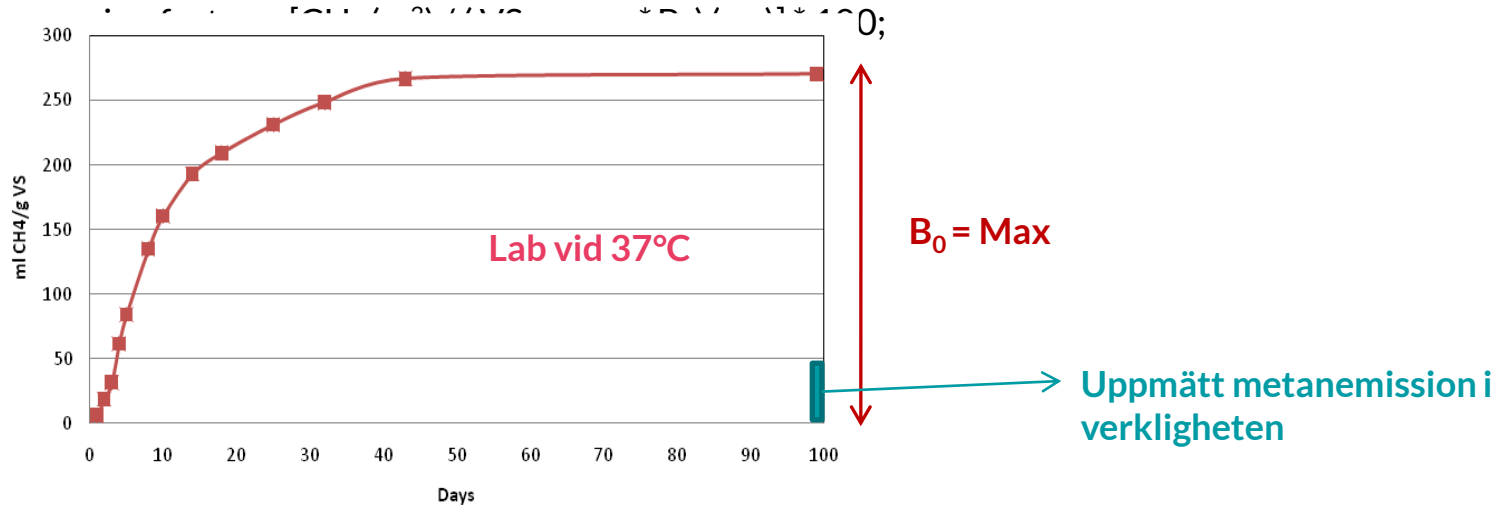
Rodhe m.fl., 2008. JTI-rapport nr 37	Metangasemissioner (g CH₄-C per kg VS) från respektive försöksled:		
Nötflytgödsel			
Tidsperiod	A	B	C
Period 1 (okt-april); 210 dagar	3,6	2,5	3,4
Period 2 (maj-okt); 157 dagar	6,5^b	6,8^b	3^a
Medeltal per år, g CH₄-C per kg VS	4,8	4,3	3,2

Rodhe m.fl., 2008. JTI-rapport nr 370

Definitioner B_0 och MCF

- B_0 : Maximal metanproduktion i relation till organiska innehållet i flytgödseln (ml/g or m^3/kgVS)
- $\text{MCF}^*, \% = \text{Uppmätt} / B_0$

*Methane (



Flytgödsel: MCF*, %

*Methane conversion factor= $[\text{CH}_4(\text{m}^3) / (\text{VS}_{\text{INlager}} * \text{B}_0)(\text{m}_3)] * 100$;

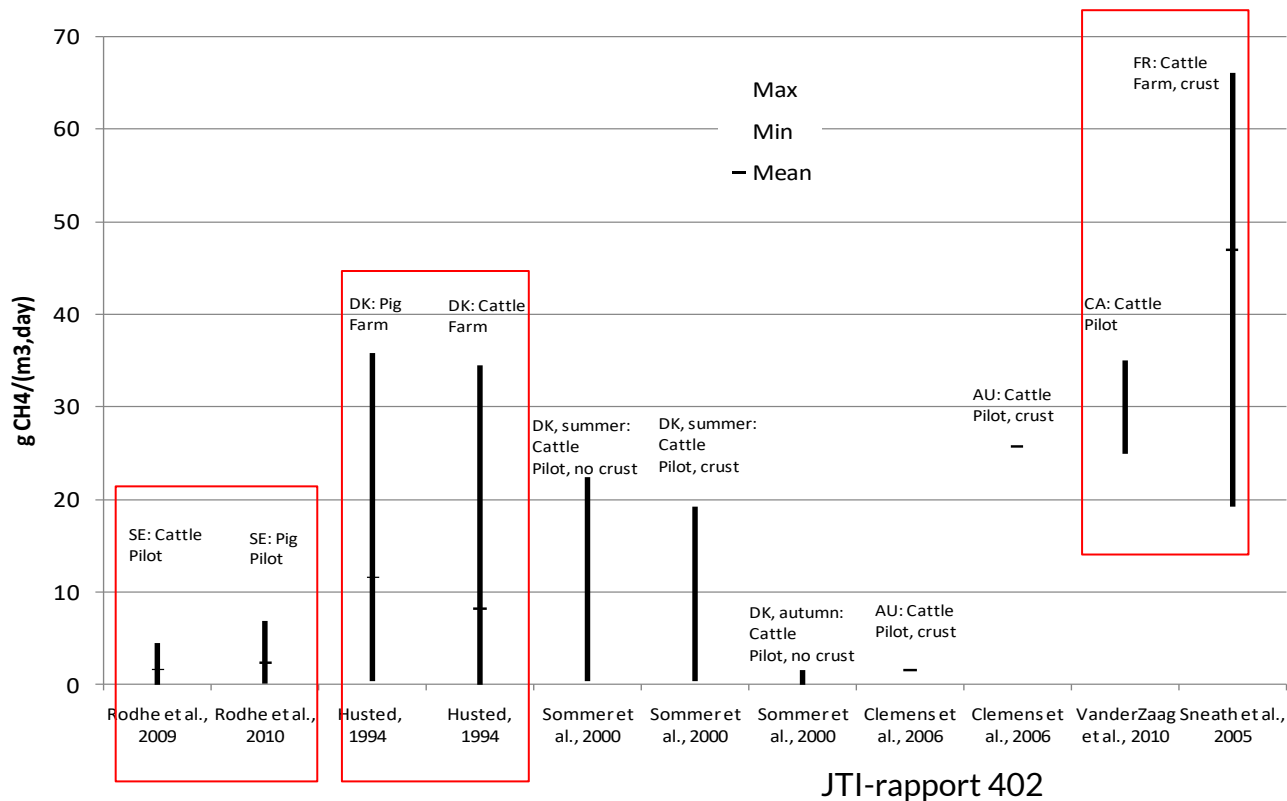
B_0 : maximala CH_4 produktionen för flytgödsel per kg VS (m^3 / kg)

Nötflytgödsel JTI-rapp. nr370		MCF (%)		
Tidsperiod	Utan täckning	Halmsvämtdäcke	Plastduk	
Period 1 (okt–april, 210 dagar)	2,0	1,5	1,9	
Period 2 (maj–okt, 157 dagar)	3,6 ^b	3,8 ^b	1,7 ^a	
Medeltal per år	2,7	2,5	1,8	
Svinflytgödsel		MCF (%)		
Tidsperiod	Utan täckning	Halmsvämtdäcke	Plastduk	
Period 1 (okt–april, 213 dagar)	1,6	2,3	1,2	
Period 2 (maj–okt, 152 dagar)	4,0	3,6	1,7	
Medeltal per år	2,6	2,8	1,4	
IPCC schablonvärden ($\leq 10^\circ\text{C}$)	17	10	10	

JTI-rapport 402,
Rodhe m.fl., 2012

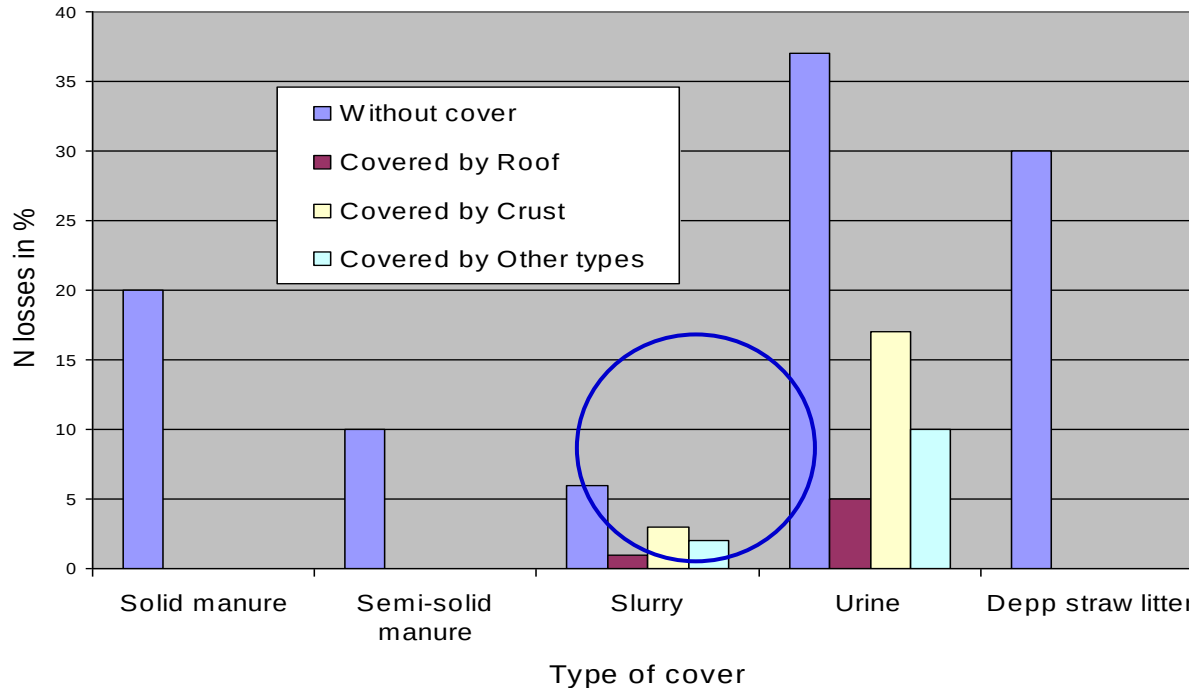
Numera använder Naturvårdsverket MCF av 3,5 % vid klimatrappporteringen

Jämförelse internationella mätningar, CH₄ från flytgödsel



Ammoniakförluster

Ammonia losses during storing of manure from dairy cows in % of total N

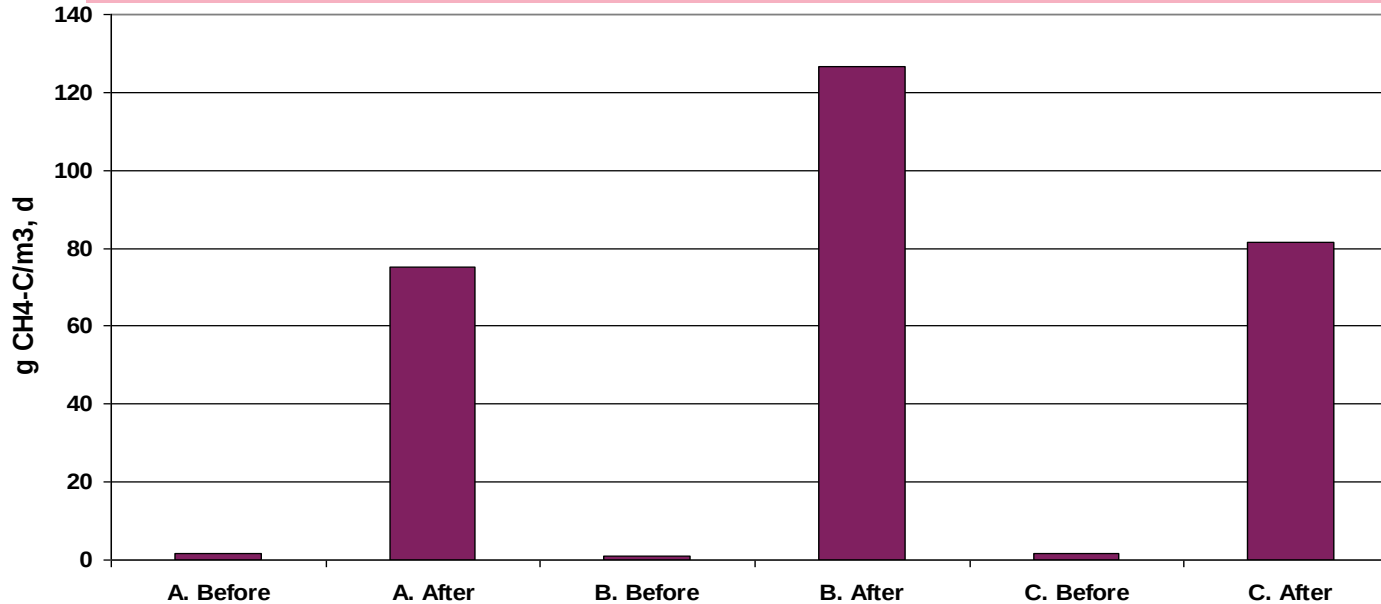


Omrörning 24 april, tömning och fyllning igen



Metanemissioner före och efter omrörning

Över tid dock ingen påverkan av omrörning på metanemissionerna (VanderZaag m.fl., 2009).
Men ammoniakavgången ökar med omrörning!



Slutsatser metanemissioner från flytgödsellager, nöt och svinflyt

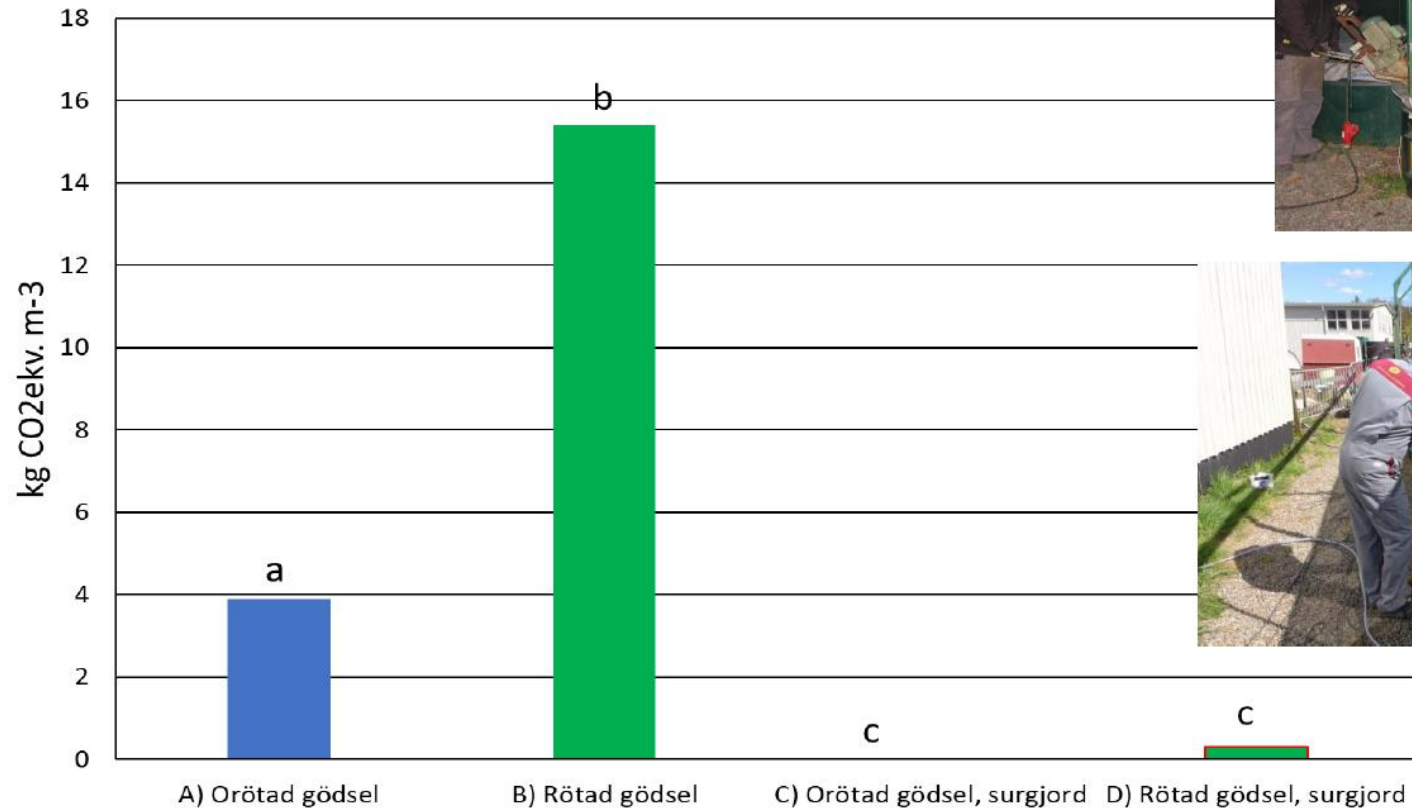
Under kalla delen av året (okt-april) låga emissioner under vintern från alla behållare:
Lagra gödseln svalt!

Under varmare perioden (maj-oktober):

- I genomsnitt över tid var emissionerna av metan signifikant lägre vid täckning med plastduk jämfört med inget svämtäcke resp. täckning med halm
- Ingen signifikant skillnad mellan behållare utan svämtäcke och med halmsvämtäcke
- Avgången av metan ökade mycket kraftigt direkt efter omrörning jämfört med före omrörning speciellt från gödselbehållare med halmsvämtäcke. Enligt utländska mätningar ingen skillnad långsiktigt (dock, ammoniakavgången ökar vid mycket omrörning!)

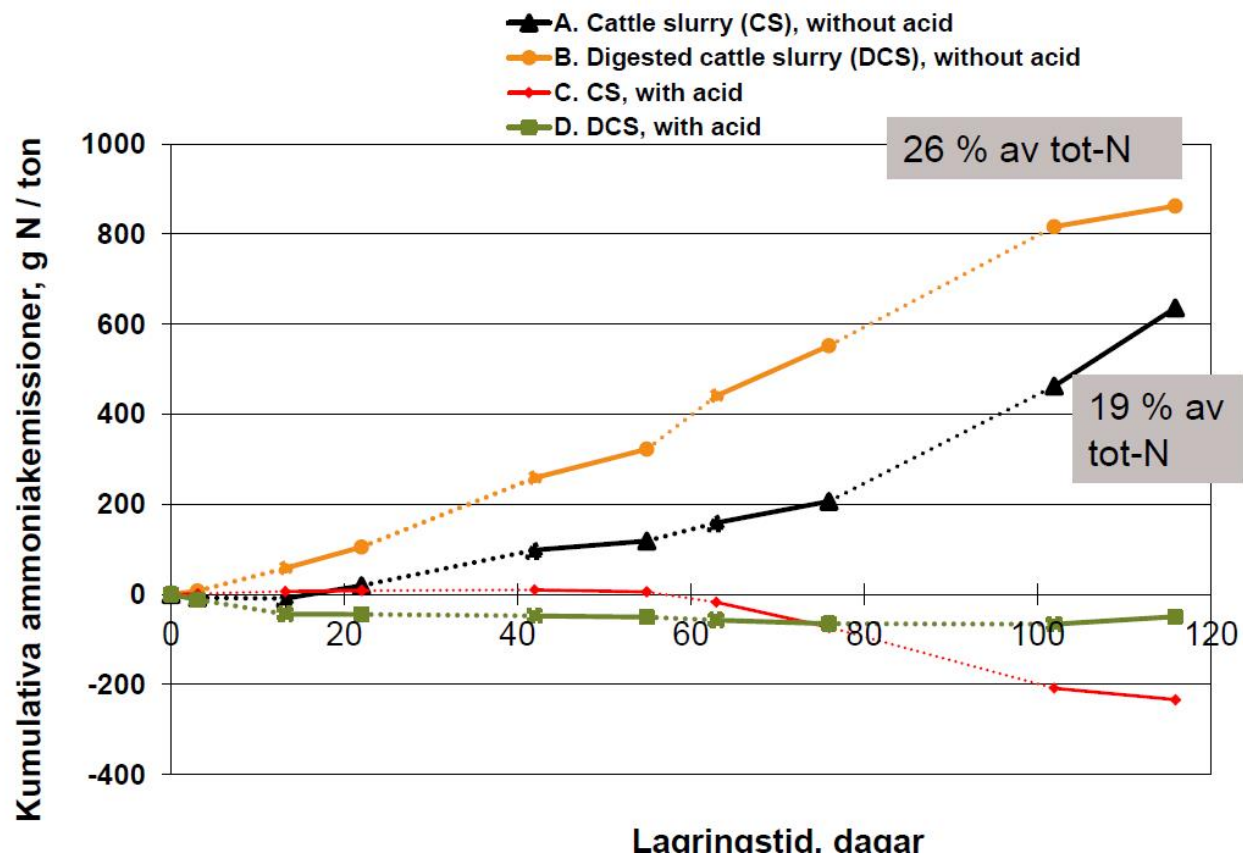
Acidification, effects on methane emissions

(Rodhe m.fl., 2018)



Also effects ammonia emissions

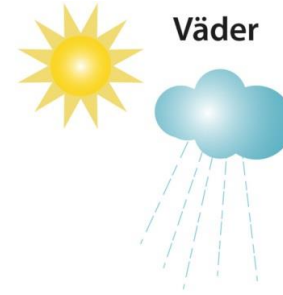
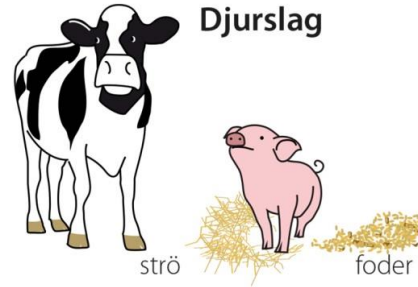
Rodhe m.fl., 2019, manuskript



Slutsatser lustgasemissioner från flytgödsellager

- Lustgasemissionerna var mycket låga för nötflyt, med enstaka mättillfällen signifikant högre emissioner från nötgödsel med svämtäcke av halm än övriga led.
- I lager med svinflyt med halmsvämtäcke ca 0,7 % av total-N avgick som N_2O -N. Övriga led inga lustgasemissioner. (IPCC har 0,5 % av total-N som schablonvärde för halmsvämtäcke (och fastgödsellager))

Lagring av fastgödsel



Luftpenetration



Syretillgång

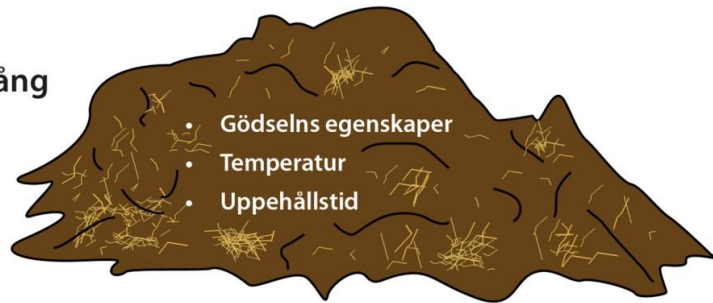


Illustration: Jordbruksverket

Fastgödsel (JTI-rapport 402).

Mindre antal försök

Lagring

- Risk för höga lustgasemissioner, speciellt från djupströgödsel (2,5-9,8 % av total-N).
- Metan från nötkletgödsel eller kompakt gödsel.
- Täckning av fastgödselhögar med plastduk minskar effektivt N_2O -emissionerna.
Kan också minska metan genom försämma komposteringen (liten temperaturhöjning)

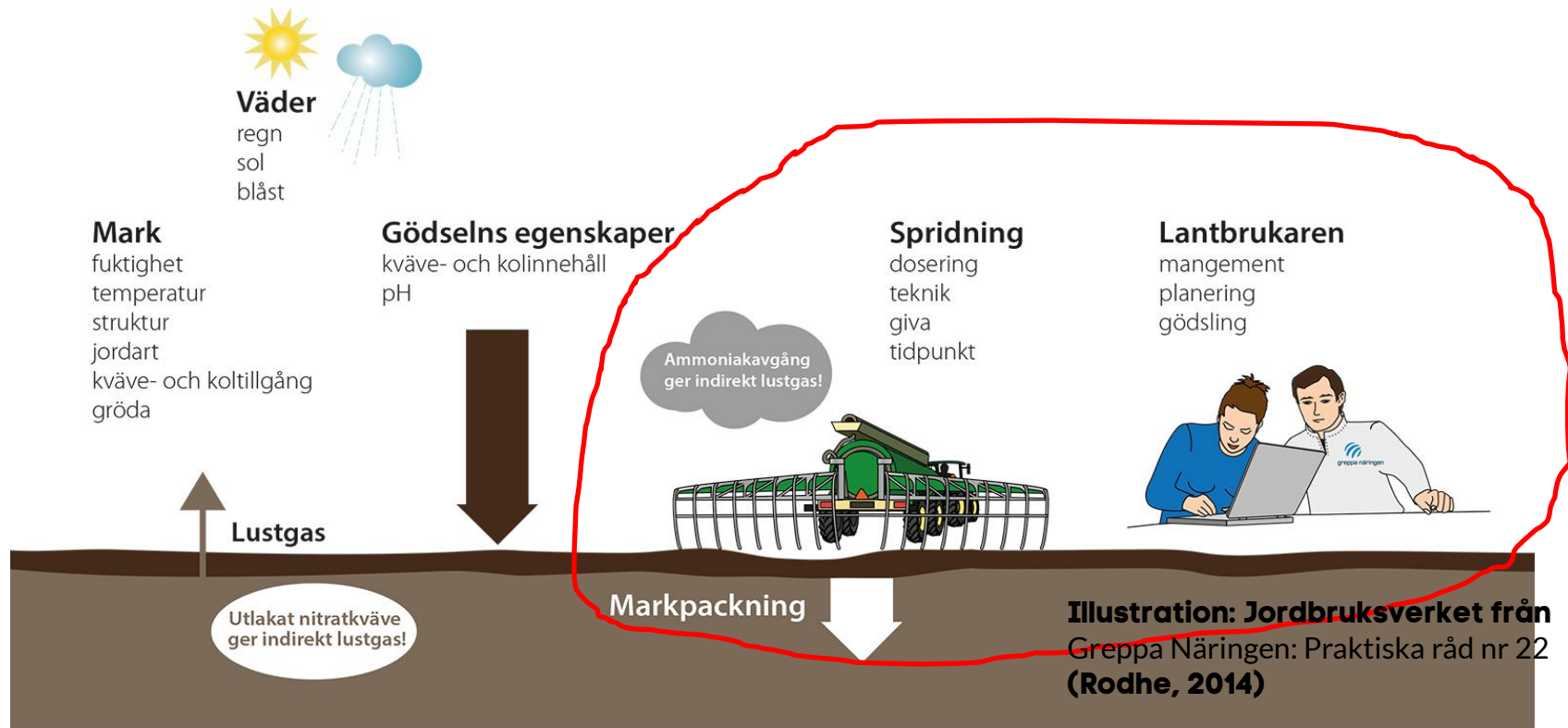
Spridning

- Litteraturgenomgång visar medeltal för EF_{N_2O} för fastgödsel på 2,2 % av total-N utan nedbrukning och 1,3 % med nedbrukning. För svinfastgödsel högre vid nedbrukning än ej nedbrukning. Lågt för fjäderfägödsel.

Spridning

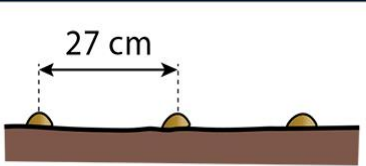
- Lustgas!
- Nötflytgödsel vall, efter första skörd
Myllning - icke myllning
- Svinflytgödsel öppen mark, tidpunkter, tekniker

Påverkande faktorer, lustgas från stallgödslad mark

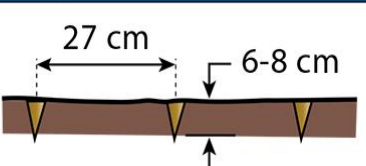
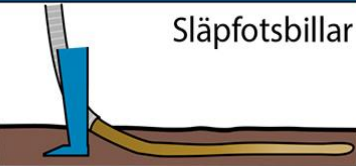
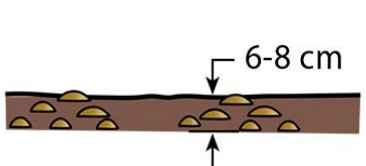
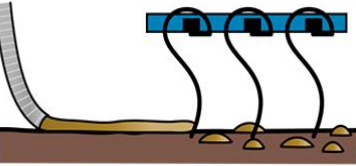


Kväve vid ytmyllning av svinflyt, 2 tillfällen; vår och höst

Placering PÅ markytan

Bandspridning		
---------------	---	--

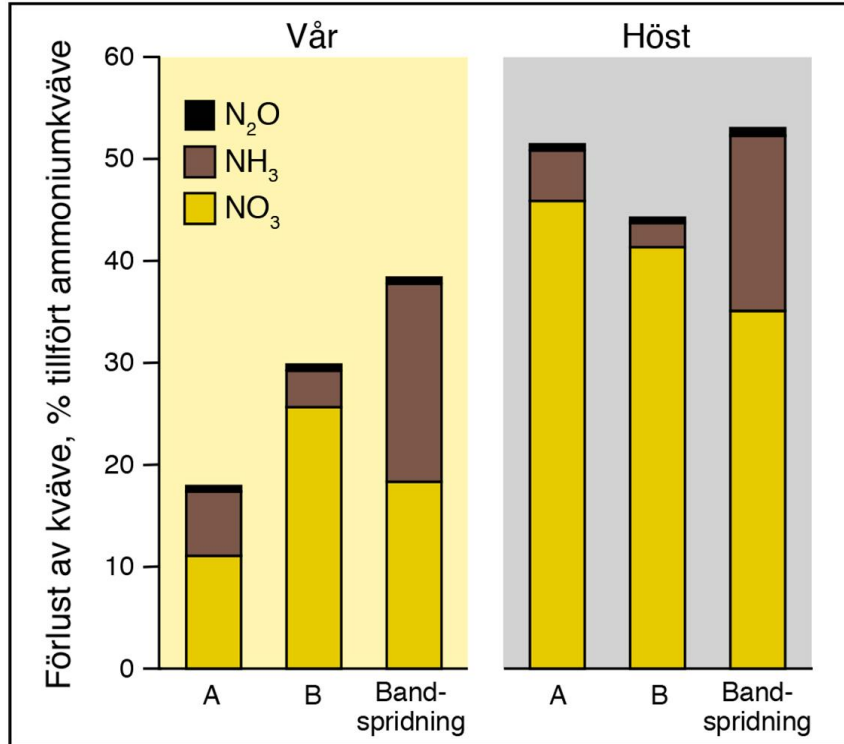
Placering UNDER markytan (myllat)

A: Öppen ytmyllning		
B: Bandspridning + harv		

Svensson & Lindén, 1998

Illustration: Jordbruksverket

Kväve vid spridning av svinflyt, 2 spridningstillfällen



Svensson & Lindén, 1998

JTI-Tekla nr 65

Illustration: Jordbruksverket

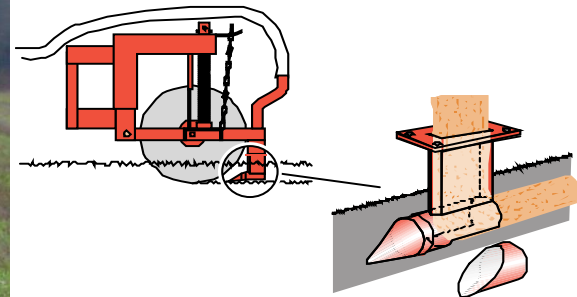
Spridning i vall: Mätning NH_3 , N_2O , CH_4



I samarbete med IGER, UK och SLU



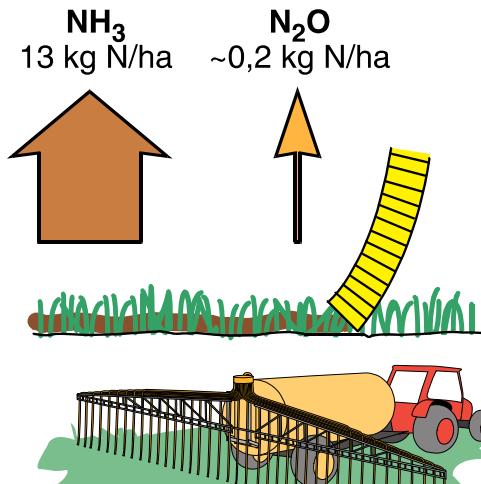
Prototyp
3



NH₃ och N₂O

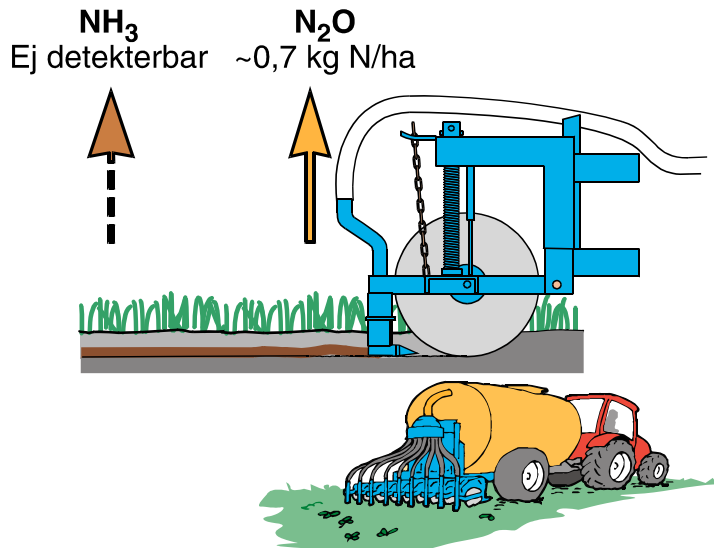
Bandspridning vs Täckt ytmyllning

Bandspridning



Ytterligare växthusgaser:
 NH₃ indirekt N₂O,
 påverkan tillverkning min-N,
 min-N i mark

Täckt ytmyllning



Rodhe m fl, 2005

JTI-rapport 337

N₂O-N i % av tot-N: Bandspridning 0,3%, täckt ytmyllning 1,1%

Svinflytgödsel i vårbruket respektive höstbruk



Bandspridning



Bandspridning med nedharvning direkt



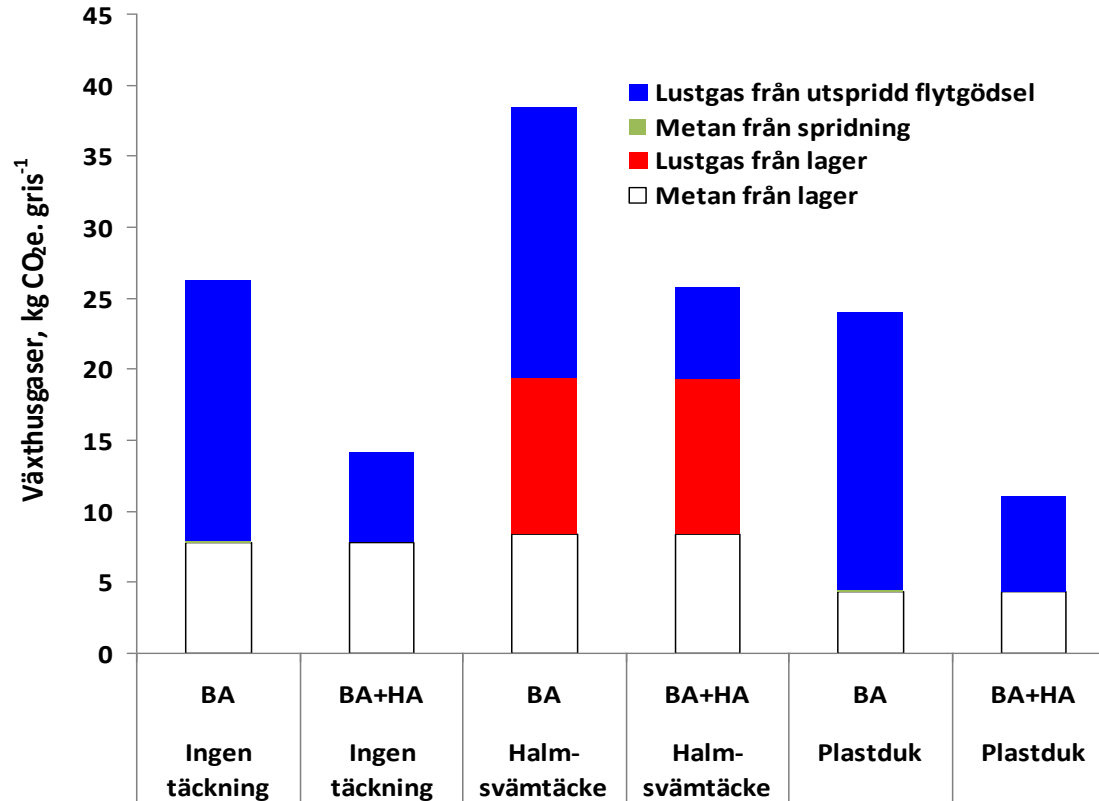
Rodhe et al., 2012

Kväveemissioner i form av N₂O

Tid	Behandling	Kg N ₂ O-N/ha	% av tot-N	% av NH ₄ -N
Vårbruk	Ingen stallgödsel	0,04	-	
	Bandspridning, 30 ton/ha	1,57	1,35	1,89
	Bandspr. + harv	0,56	0,46	0,65
Höstbruk	Ingen stallgödsel	0,30	-	-
	Bandspridning 28 ton/ha	1,36	0,77	1,08
	Bandspr. + harv	1,63	0,97	1,35

Rodhe et al., 2012

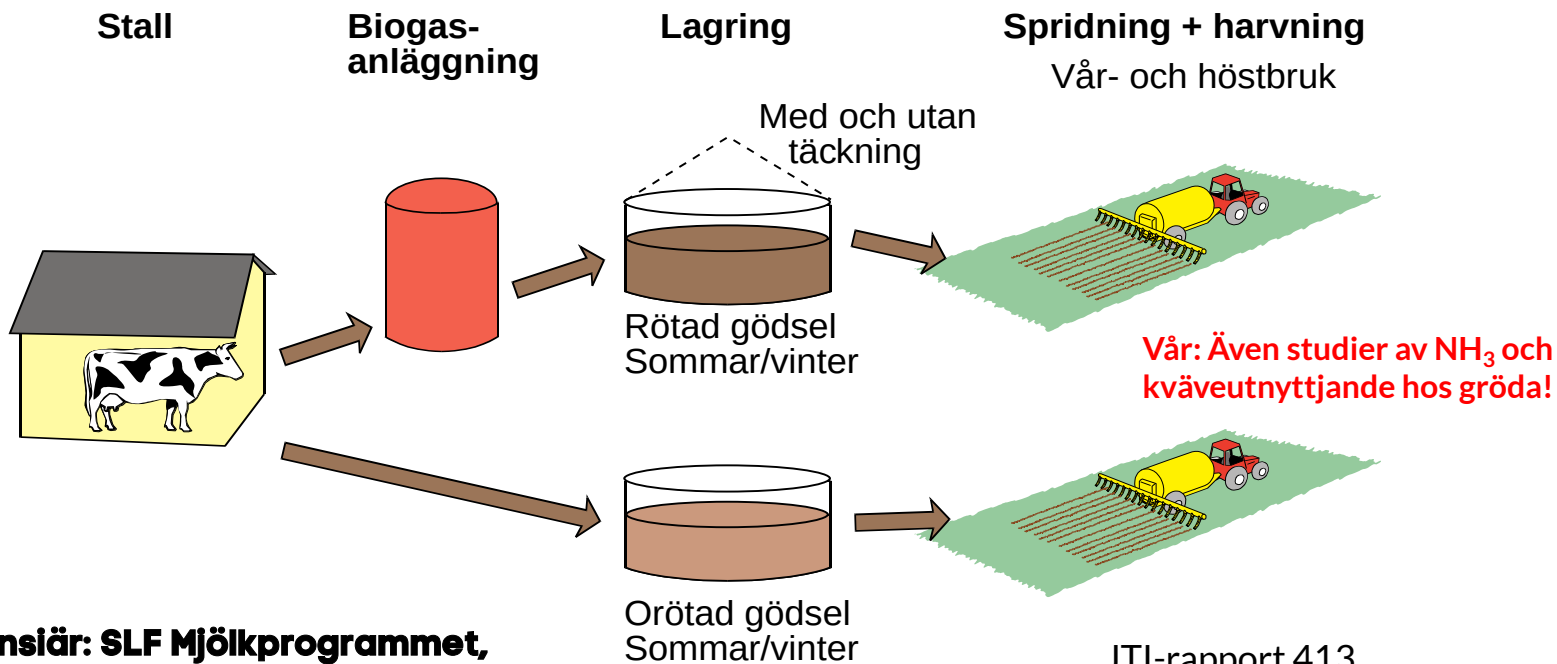
Lagring och vårspridning av svinflytgödsel: kg CO₂ekv per gris



Rodhe et al., 2012

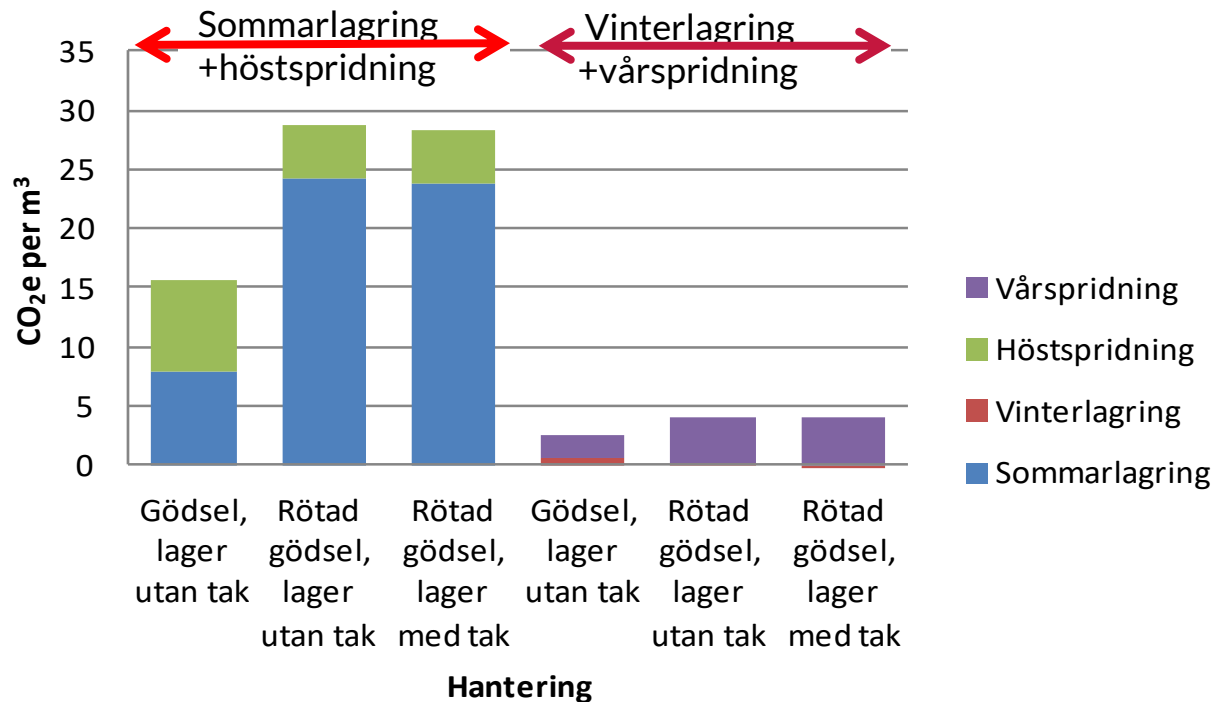
Se kedjorna!

Växthusgaser från lager och efter spridning av rötad respektive icke rötad nötflytgödsel



**Finansiär: SLF Mjölprogrammet,
År 2009-2013**

Klimatpåverkan hela kedjorna

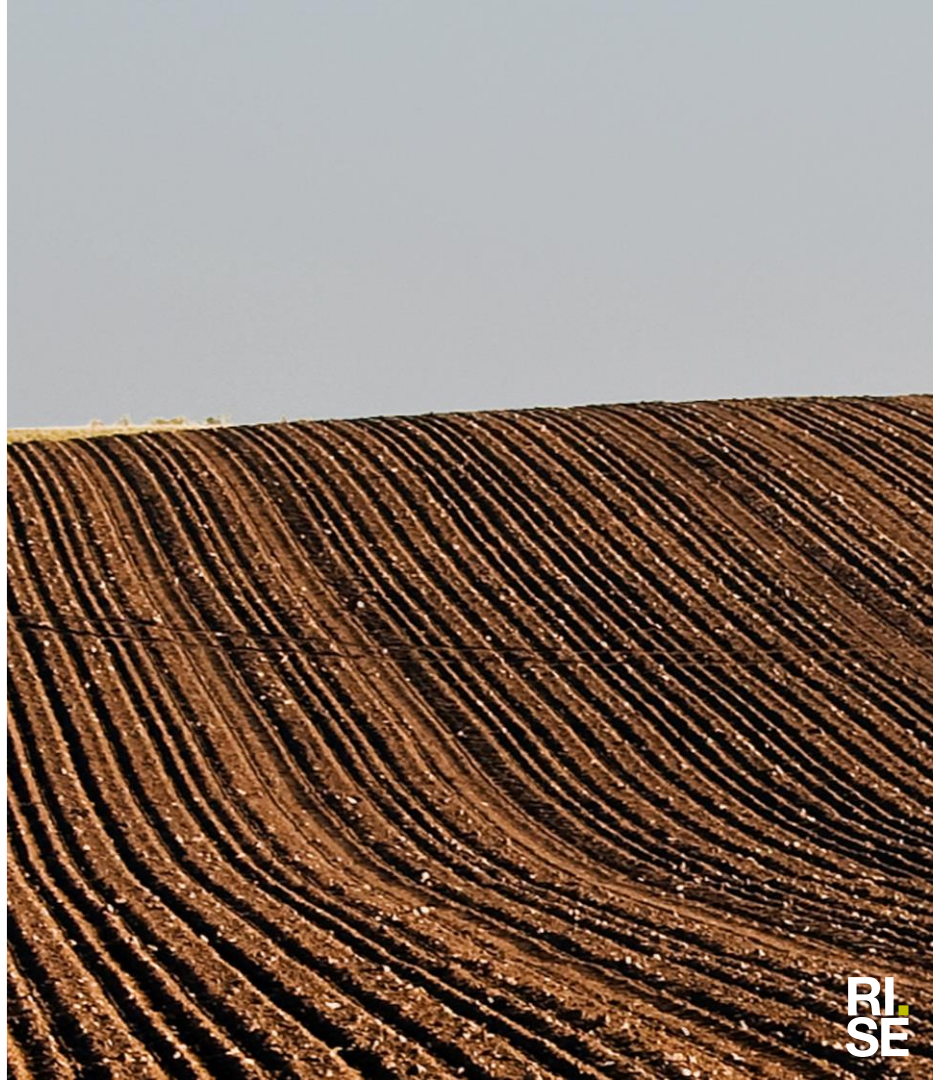


Sammanfattning

- Lagra gödsel svalt.
- Val av täckningsmaterial för flytgödsel har betydelse.
- Täckning av fastgödselhögar med plastduk minskar effektivt lustgasutsläpp.
- Lite lösligt kväve i marken på hösten och gödsla när grödan har N-behov, samt dosera efter behov.
- Finfördela fuktiga partier av flytgödsel eller fasta gödselklumpar i marken.
- Rötad gödsel kan ge stora metanutsläpp under lagring. Lång rötningstid minskar förlusterna i lager. Uppsamling av gas bästa alternativ.
- Surgörning av gödseln minskar metan och ammoniakemissioner.
- Se hela kedjan, så att t.ex. inte metanreducerande åtgärder medför förhöjda utsläpp av lustgas eller ökad energiförbrukning.

Gödselns positiva effekter på jorden

- Hög humifieringsfaktor
- Ökad bärighet
- Bättre struktur
- Lättare att bruka– lägre bränsleförbrukning



Pilotstudie



TS: 40 %



TS: 80 %



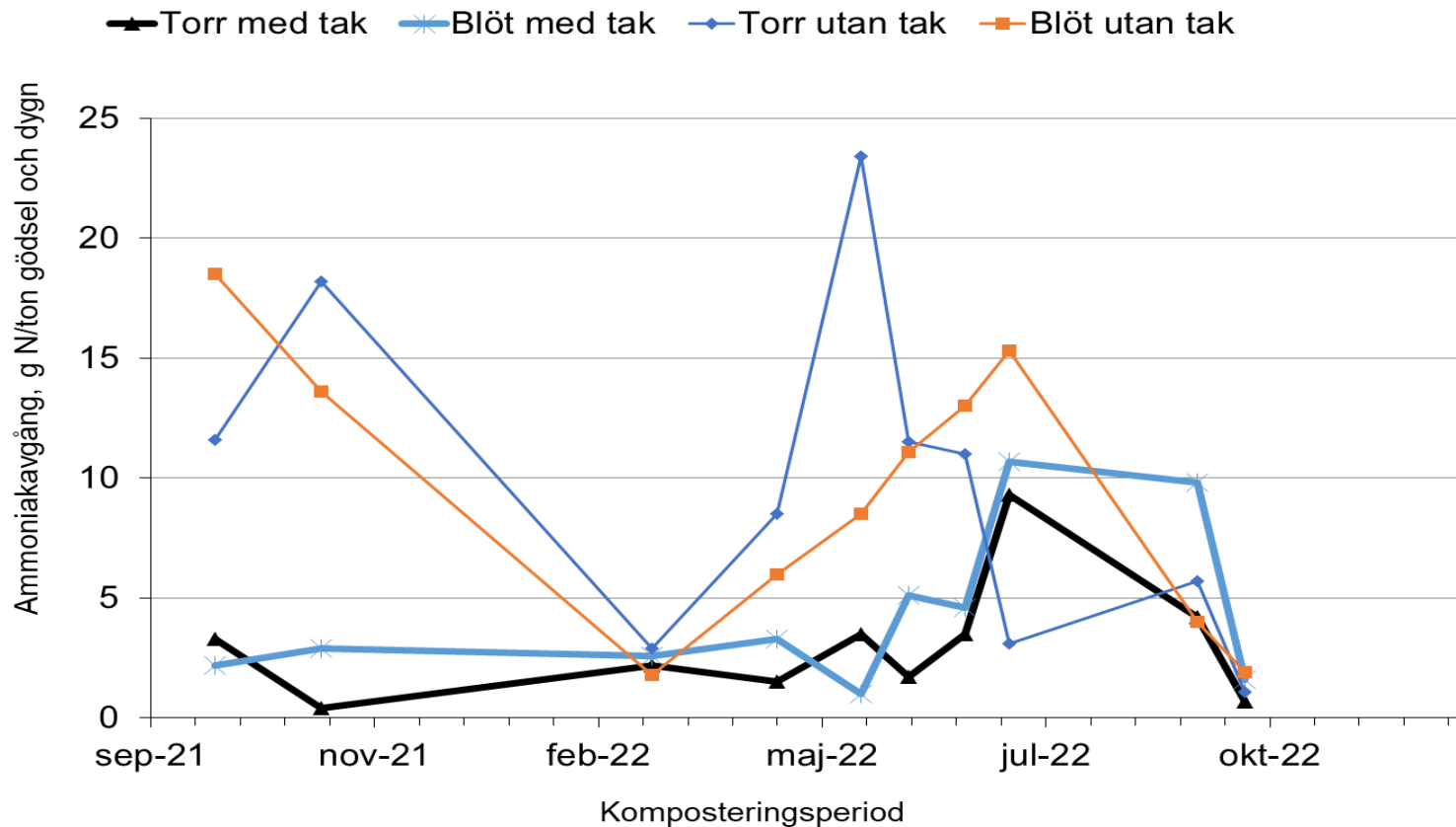
TS: 40 %



TS: 80 %

Temperaturloggrar i varje container
5 gödselprover
Ammoniakmätningar (totalt 11 st)
Metan och lustgas (totalt 15 st)
Väderstation, 20 m från containrarna

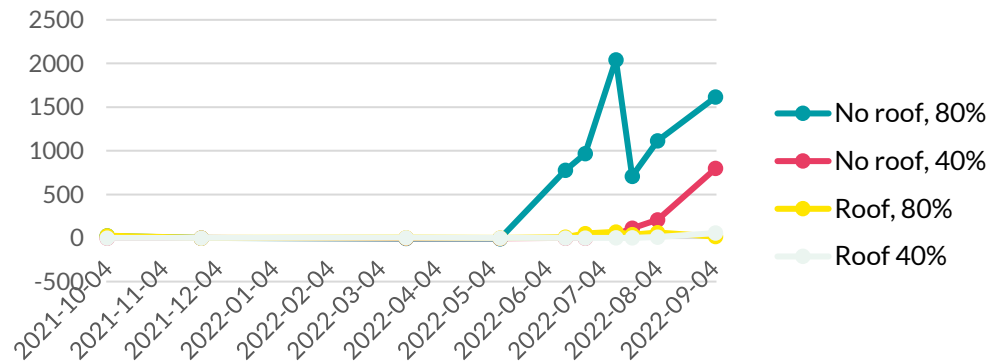
Preliminära resultat- ammoniak



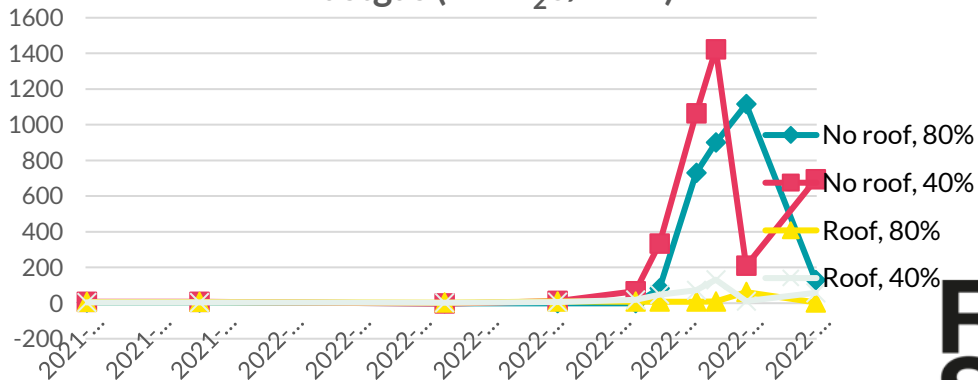
Preliminära resultat- metan och lustgasemissioner



Metan ($\text{mL CH}_4/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)



Lustgas ($\text{mL N}_2\text{O}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)

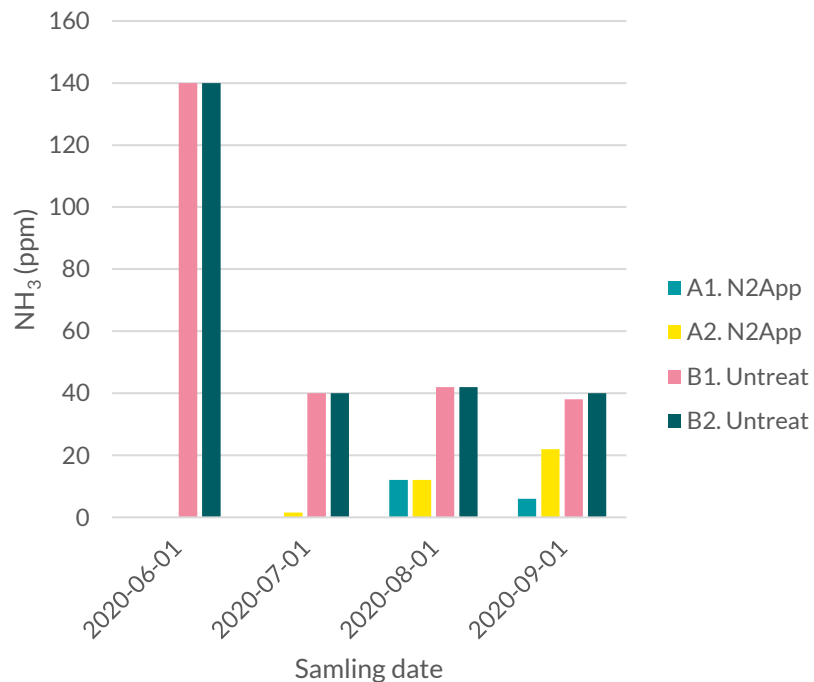


Example: Digested manure plasmatreated with N₂

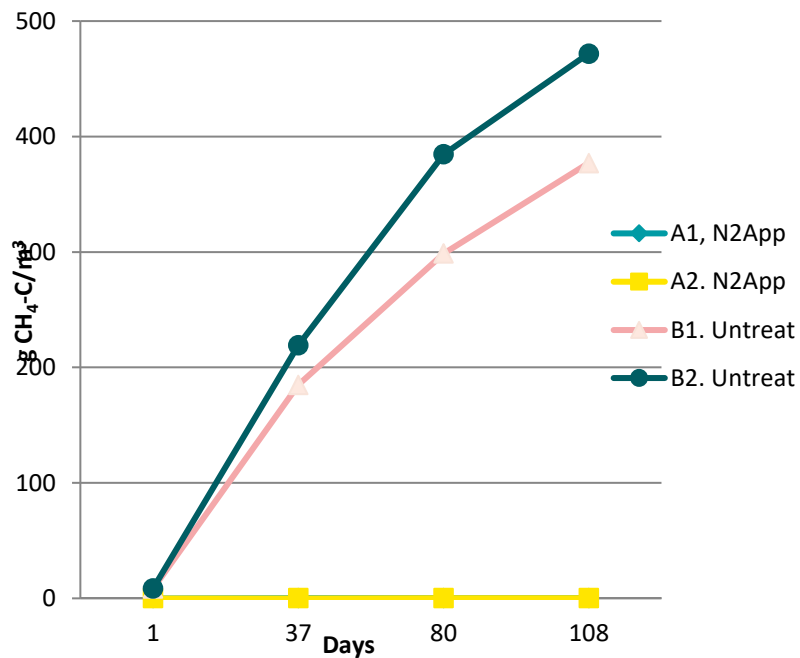


Parameter		N2 Applied		Untreated	
	Unit	Mean start	Mean end	Mean start	Mean end
DM	%	4.20	4.70	4.20	3.90
VS	% of TS	76	74	69	69
Tot-N	kg/tonne	9.20	6.80	4.90	4.20
Org- N	kg/tonne	6.90	-	2.00	-
Nitrat (+nitrit)	kg/tonne	3.5	2.1	0.0	0.0

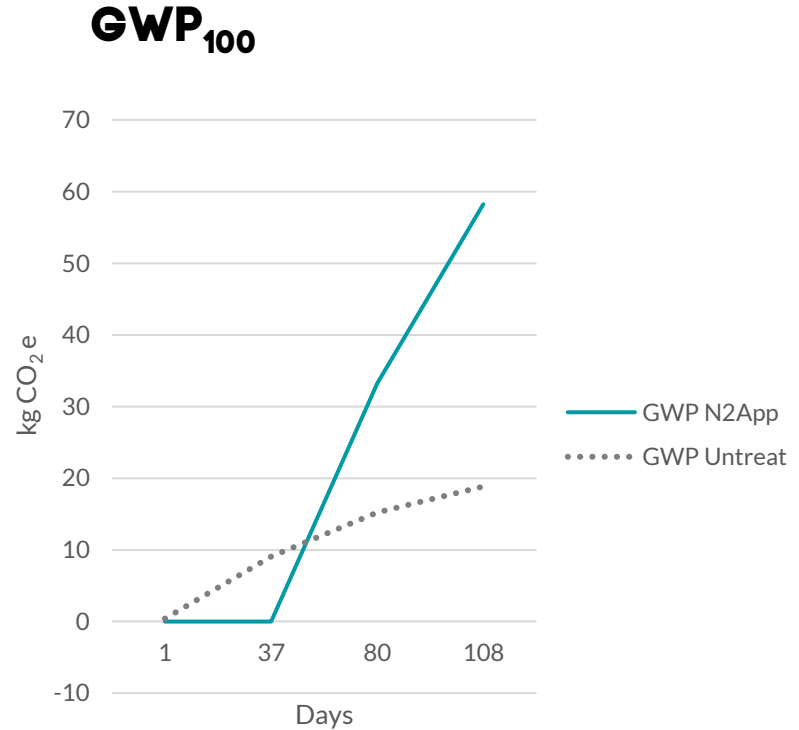
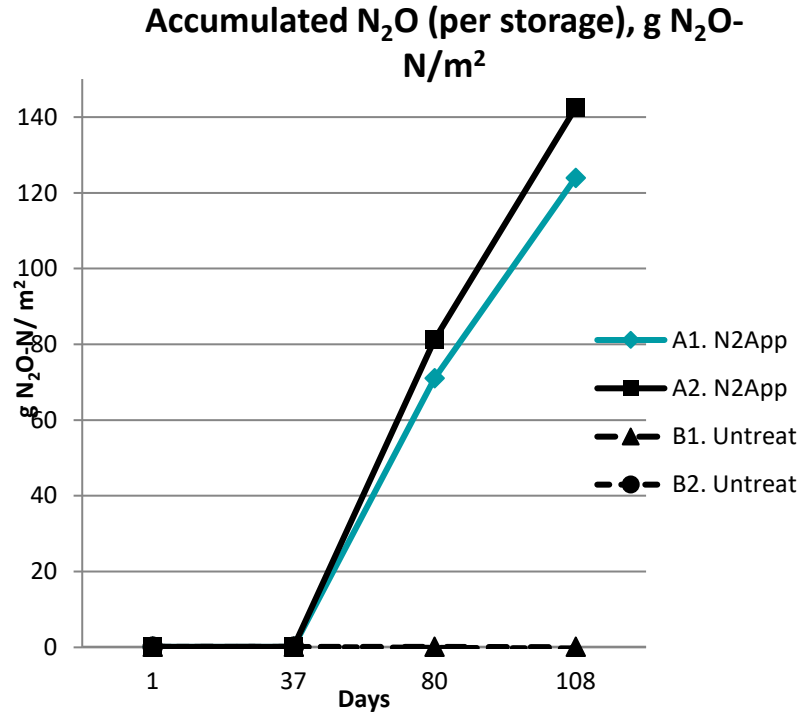
NH₃ concentrations (ppm) at differnt sampling dates



Cumulativt CH₄ emissions (per storage), g CH₄-C/m³



Total effect on climate





**Greppa Näringen:
Praktiska råd nr 22 +
PP-presentation**

*Industriforskningsinstitutet SP, JTI, Swedish
ICT och Innventia har gått samman i RISE
(www.ri.se)*

Växthusgaser och stallgödsel

JTI-rapport nr 337:

"Täckt ytmyllning av flytgödsel i vall –
teknikutveckling, ammoniakavgång, växthusgaser
och avkastning"

JTI-rapport nr 370: "Växthusgasemissioner
från lager med nötflytgödsel"

JTI-rapport nr 402:

"Växthusgaser från stallgödsel -
Litteraturgenomgång och modellberäkningar"

JTI-rapport nr 413:

"Växthusgaser från rötad och orötad nötflytgödsel
vid lagring och efter spridning"

JTI-rapport 427: "Kontrollerad trumkompostering
med liten klimatpåverkan"

RISE-rapport 2018: 18: "Åtgärder för att minimera
växthusgasutsläpp från lager med rötad och orötad
gödsel"

TACK!

Kristina Mjöfors

E-post: kristina.mjofors@ri.se

Telefonnummer: 0703 45 69 04

Research Institutes of Sweden

Jordbruk och trädgård

Jordbruk och Livsmedel

