



# **Kvävemineralisering från stallgödsel beroende på olika grad av inblandning i mark**

**Nitrogen mineralization from farm manure depending on the distribution in the soil volume**

Författare: Erik Jönsson

Handledare: Sofia Delin, Institutionen för Mark och Miljö, avdelningen för precisionsodling och pedometri

---

**Sveriges Lantbruksuniversitet**

**Skara, VT 2009**

**Institutionen för Mark och Miljö, avdelningen för Precisionsodling och Pedometri**

**Kandidatuppsats i Biologi**

---

## **Abstract**

The impact of the distribution in the soil volume of two farm manures on the net mineralization and immobilization processes of nitrogen were studied in an incubation experiment. Cattle slurry and broiler litter were placed in the soil with three procedures for incorporation including placement on top of the soil (TOP), in the middle of the soil (MID) and mixed homogenously with the soil (MIX). During the two weeks of incubation, few significant differences in net mineralization were seen between TOP, MID and MIX. However, there was a tendency that MIX led to a larger net immobilization of N than placement at one point (TOP and MID). This is also the result in the literature. This could be explained by the greater contact between the soil microorganisms and the easily degradable C in the manure when it was mixed with the soil. Hence, my results don't contradict the literature and point placement of farm manures can improve the utilization of N, although TOP would cause great  $\text{NH}_3$  losses when applied to field conditions. Therefore, placing the manure at one point a few cm below the surface would result in the best N utilization efficiency.

## **Förord**

Jag läser tredje året på agronomprogrammet med inriktning mark/växt på SLU i Uppsala. Denna uppsats är resultatet av ett kandidatarbete i biologi vid Institutionen för mark och miljö, avdelningen för precisionsodlig och pedometri på SLU i Skara. Kandidatuppsatsen ersätter inte examensarbetet på programmet utan är en av de kurser jag måste läsa för att utöver den vanliga agronomexamen även ta ut en generell masterexamen i markvetenskap, vilket är min plan.

Jag vill tacka min handledare Sofia Delin för ett bra samarbete och snabba svar på alla frågor. Trots att vi jobbat på olika platser och båda haft mycket annat på agendan har vi haft en bra kommunikation och åstadkommit ett bra arbete. Jag vill dessutom tacka Ros-Marie Ericsson som hjälpte mig med analysen av proverna i Uppsala. Till sist vill jag även tacka framförallt Martin Rappe George för moraliskt stöd och tips under arbetets gång men även Erik Abrahamsson bör omnämnas. Tack!

Erik Jönsson

## Innehållsförteckning

Abstract .....	2
Förord .....	3
Bakgrund .....	5
Immobilisering av kväve i marken .....	5
Stallgödselns placering i marken .....	5
Syfte med arbetet .....	6
Material och Metod .....	6
Inkubation .....	6
Analys .....	8
Statistisk analys .....	8
Resultat .....	8
Totalt mineralkväve .....	8
Nitrat och ammonium .....	9
Diskussion .....	11
Ammoniakavgång .....	11
Gödselns nettomineralisering .....	11
Placering i jorden .....	12
Nitrifikation och denitrifikation .....	13
Gödselns fysiska egenskaper .....	13
Jordens egenskaper .....	14
Vad händer på längre sikt? .....	15
Slutsatser .....	15
Referenser .....	16
Bilaga 1 .....	18

## Bakgrund

Ur både ekonomisynpunkt och miljösynpunkt är det viktigt att utnyttja den organiska gödseln på bästa sätt inom växtproduktion. Även om många andra näringsämnen finns i gödseln är det ofta kväve som ligger i fokus när det kommer till effektiv användning av organiska gödselmedel. Kvävet i organiska gödselmedel såsom gödsel från produktionsdjur föreligger till stor del i organiskt uppbunden form. Chadwick m.fl. (2000) visade att mellan 14 och 99 % av gödselmedlets totala innehåll av N utgörs av organiskt uppbundet kväve. Växttillgängligt kväve, mineralkväve, är alltså ofta en mindre del. Mineralkväve definieras som nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) och ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Totalt mineralkväve är dessa två ämnen adderade.

Spridningsteknik och lagringsteknik utgör viktiga faktorer för kväveutnyttjandet av gödseln. Eftersom mineralkvävet till allra största del föreligger som ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) under lagring och vid spridning är avgång av ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en stor förluskälla för ämnet. Hela 90 % av  $\text{NH}_4^+$ -N kan avgå under spridning (Horlacher och Marschner, 1990). Därför har mycket forskning kring stallgödselhantering fokuserat på just problemet med ammoniakavgång. Wulf m.fl. (2002) undersökte hur fyra olika spridningstekniker kunde minska just avgången av ammoniak. De kom fram till att nedmyllning och användning av släpsko effektivt kunde minska ammoniakavgången vid spridning av flytgödsel.

### Immobilisering av kväve i marken

Det är allmänt känt att tillförsel av organiska gödselmedel till marken ofta medför en initial immobilisering av gödselmedlets kväve, något som är kopplat till gödselns kolinnehåll (Griffin, 2007). Tillförsel av energirika kolföreningar stimulerar tillväxt av markens mikroorganismer som då konsumerar också kvävet. Kirchmann och Lundwall (1992) fann ett mycket starkt samband mellan gödselmedlens innehåll av fettsyror och mängd kväve som immobiliserades. Under nedbrytningen utviner mikroorganismerna energi ur de organiska kolföreningarna. Samtidigt frigörs då kväveföreningar i oorganisk form. Om substratet som mikroorganismerna konsumerar har en hög C/N-kvot kommer det frigjorda kvävet direkt att bindas upp i deras egen biomassa, och de kommer även att ta upp mineralkväve från omgivningen för att klara av sin tillväxt (Robertson och Groffman, 2007). Detta innebär immobilisering. Allteftersom kol konsumeras försvinner detta som koldioxid, medan kvävet stannar i marken. När mikroorganismerna dör till följd av brist på substrat eller predation kommer kvävet de bundit upp återigen att mineraliseras (Robertson och Groffman, 2007). Både mineralisering och immobilisering kommer att äga rum i marken samtidigt, eftersom olika delar av substratet har olika kväveinnehåll. Nettomineraliseringen definieras som bruttomineraliseringen subtraherat med bruttoimmobiliseringen. Denna reaktion äger rum under de första veckorna efter applicering (Jensen m.fl. 2000).

### Stallgödselns placering i marken

Mikroorganismerna behöver komma i kontakt med det organiska materialet för att en omsättning av kväve ska kunna ske. En punktplacering av gödselmedlet gör att mikroorganismerna får svårare att komma åt sitt substrat. Detta skulle kunna vara en anledning till att en större del kväve immobiliseras då gödseln inblandas homogent. Sørensen och Jensen (1995) och Mattila (2006) visade att kväveupptaget hos grödor ökar där gödseln har direktinjicerats i marken. De gödselmedel som testats i de här försöken var flytgödsel.

Skillnaden mellan injicering och omblandning skulle eventuellt kunna vara mindre utpräglad för kycklinggödsel, med tanke på dess redan mycket låga C/N-kvot. Dessutom sprids betydligt lägre kvantiteter av kycklinggödseln tack vare dess höga innehåll av kväve, något som ger högre kontakt mellan gödsel och jord redan från början.

I ett försök utfört av Sørensen och Jensen (1995) konstaterade man att utnyttjandet av tillsatt ammoniumkväve hos nötflytgödsel var högre om den placerades i marken genom nedmyllning, dvs. punktplacering, jämfört med om gödseln blandades in homogent i jordprofilen. Försöket utfördes under ett sex månader långt krukförsök och det konstaterades att det framförallt var mineraliserings- och immobiliseringsprocesserna som hade betydelse för utnyttjandegraden. I deras resultat syns att det framförallt är kväveupptaget under de första två månaderna som skiljer sig mellan de olika appliceringsmetoderna.

### Syfte med arbetet

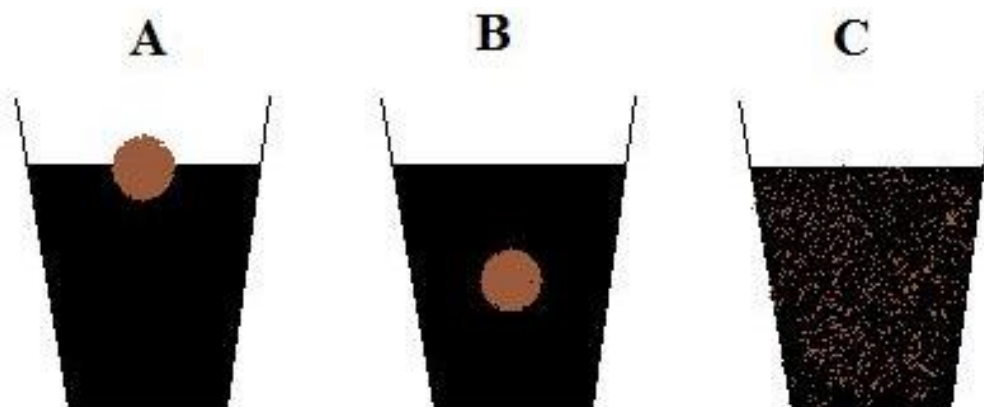
Det är ganska väl kartlagt hur spridningsteknik och inblandning i marken påverkar ammoniakavgången. Färre underökningar har dock gjorts på hur dessa parametrar påverkar mineralisering och immobilisering av kvävet i marken, och därmed tillgången på växttillgängligt kväve. Detta arbete syftar till att behandla sambandet mellan nettomineralisering av kväve från stallgödsel och dess grad av inblandning i marken.

### Material och Metod

#### Inkubation

Försöket utfördes genom inkubation av en blandning av gödsel och jord i klimatskåp, vilket är en väl beprövad metod. Jord från Götala försöksgrd utanför Skara i Västergötland användes. Den var en måttligt mullhaltig, lerig mojord.

Två sorters stallgödsel användes. Nötflytgödsel från mjölkproduktion och kycklinggödsel från broilerproduktion. Gödselmedlens sammansättning visas i tabell 1. Försöket gjordes i 200 ml plastmuggar, och jord i lagom mängd för att fylla muggen mättes upp och gödselmängden räknades ut för att motsvara en giva på 100 kg totalkväve per ha (tabell 2). De förhållanden vi hade mellan jord och gödsel är vanligen de som används. Inkubationsförsök innebär oftast homogen inblandning av gödseln i jorden, men då det var just denna parameter som skulle testas tillsattes gödseln med tre olika behandlingar per gödselslag (tabell 3 och figur 1):



Figur 1. Schematisk skiss över de olika ledens behandlingar när det gäller placering av gödseln.

Tabell 1. Gödselmedlens sammansättning med avseende på kväve och TS

	Nötflytgödsel	Kycklinggödsel
Totalkväve, kg/ton, g/kg	2	34
Ammoniumkväve, kg/ton, g/kg	1	8,2
Ts, %	6,5	54,9
C/N	23	12,5

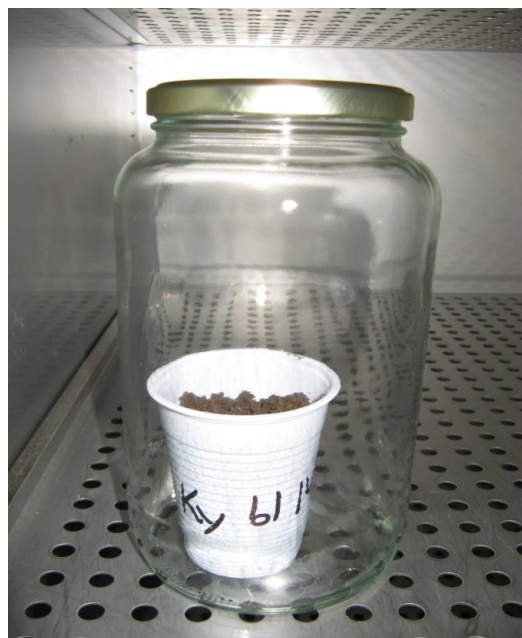
Tabell 2. Blandning av gödsel, jord och vatten

	Nötflytgödsel	Kycklinggödsel
Gödselmängd (g/mugg)	9,81	0,58
Jord (g/mugg)	160	160
Vatten (g/mugg)	0	7
Tillsatt totalkväve (g/mugg)	0,020	0,021
Vattenhalt av WHC efter tillsats	69 %	64 %

Tabell 3. Benämning av de olika leden samt behandling av dessa

Benämning	Behandling
topp nöt	Nötflytgödsel placerades på toppen av jorden (figur 1A)
mitt nöt	Nötflytgödsel placerades i mitten av jorden (figur 1B)
mix nöt	Nötflytgödsel blandades homogent i jorden (figur 1C)
topp ky	Kycklinggödsel placerades på toppen av jorden (figur 1A)
mitt ky	kycklinggödsel placerades i mitten av jorden (figur 1B)
mix ky	kycklinggödsel blandades homogent i jorden (figur 1C)

I de fall gödseln placerades på ett ställe (topp och mitt) lades den centrerat, i en cirkel med en diameter av ca tre cm (figur 1). Dag noll gjordes endast prov med total inblandning. Anledningen var att då proverna frystes direkt efter blandning borde ingen mineralisering kunna ske, utöver den som ändå sker vid homogenisering av provet inför analys. Efter det att proverna preparerats inkuberades dessa i klimatskåp med en temperatur av 15°C. Före inkubationen placerades alla muggar i varsin förslutbar glasburk (figur 2). Inkubationen varade i två veckor och prover togs ut ur klimatskåpet och frystes in dag 1, 3, 7 och 14. Förutom de tre leden med nötflytgödsel och de tre leden med kycklinggödsel gjordes även ett kontrollprov med endast jord. Varje försöksled gjordes i tre upprepningar, och alla burkar luftades två gånger i veckan.



Figur 2. Mugg i försluten glasbehållare inför inkubation.

## **Analys**

Inkubationerna utfördes på institutionen för mark och miljö, SLU i Skara. Inför analys skickades de frysta proverna med frystransport från Skara till Uppsala. Analys av proverna skedde sedan på institutionens laboratorium. Den metod som används beskrivs av Mulvaney (1996). Proverna maldes i fryst form i en kvarn. För att kunna korrigera mätvärdena för vattenhalt mättes denna genom vägning av en del av proverna innan och efter torkning i 105°C. De delprov som tagits ut för kväveanalys skakades över natten med en lösning av kaliumklorid. För att bli av med jordpartiklarna centrifugerades proverna och efter det bestämdes halterna av ammonium och nitrat genom mätning med spektrofotometer (TrAAcs800).

## **Statistisk analys**

Mineralkvävehalterna i försöksleden med gödsel korrigerades för den nettomineralisering som sker i jorden. Detta gjordes på följande sätt. Medelvärden på proverna med bara jord räknades ut för varje uttagsdag. Dessa värden subtraherades sedan från varje enskilt värde för respektive dag på proverna innan medelvärde räknades ut för dessa. Samma sak gjordes för enbart nitrat respektive ammonium.

Statistiskt signifikanta skillnader räknades ut med metoden students t-test. Alla försöksled testades mot varandra för att klarlägga alla statistisk signifikanta samband ( $P < 0,05$ ).

## **Resultat**

### **Totalt mineralkväve**

Resultaten från inkubationsförsöket visar på att skillnader i mineralisering finns mellan de två olika gödselslagen. Däremot påvisas endast en statistiskt signifikant skillnad i netto-mineralisering då det kommer till de olika inblandningsgraderna. Denna var dag 14 för topp nöt/mitt nöt.

De enda statistiskt säkerställda skillnaderna för total mineralkvävemängd är mellan de olika gödselslagen dag 14 samt mellan de båda gödselslagen vid placering i mitten dag 1 och vid inblandning dag 0 ( $P < 0,05$ ). Även skillnaden mellan nöt topp och nöt mitt är signifikant dag 14, dock är den mycket liten ( $< 2$  kg N/ha). Det finns dock tendenser att de båda omblandade leden har lägre halter totalt mineralkväve, framförallt i slutet av inkubationen, dag 14 ( $P = 0,174$  och  $0,089$  för topp/mix respektive mitt/mix för nötflytgödseln.  $P = 0,117$  och  $0,062$  för topp/mix respektive mitt/mix för kycklinggödseln). Övriga P-värden presenteras i bilaga 1.

Nötflytgödseln visar för hela inkubationsperioden en nettoimmobilisering av kväve som motsvarar ca 5-10 kg N/ha (figur 3). Den allra största immobiliseringen sker under den första veckan. En viss skillnad kan här anas mellan de olika inblandningsgraderna. De båda punktplacerade gödselmedlen börjar efter en vecka uppvisa en nettomineralisering, medan den omblandade gödseln fortsätter att immobilisera kväve. Dessa skillnader är dock inte statistiskt signifikanta.

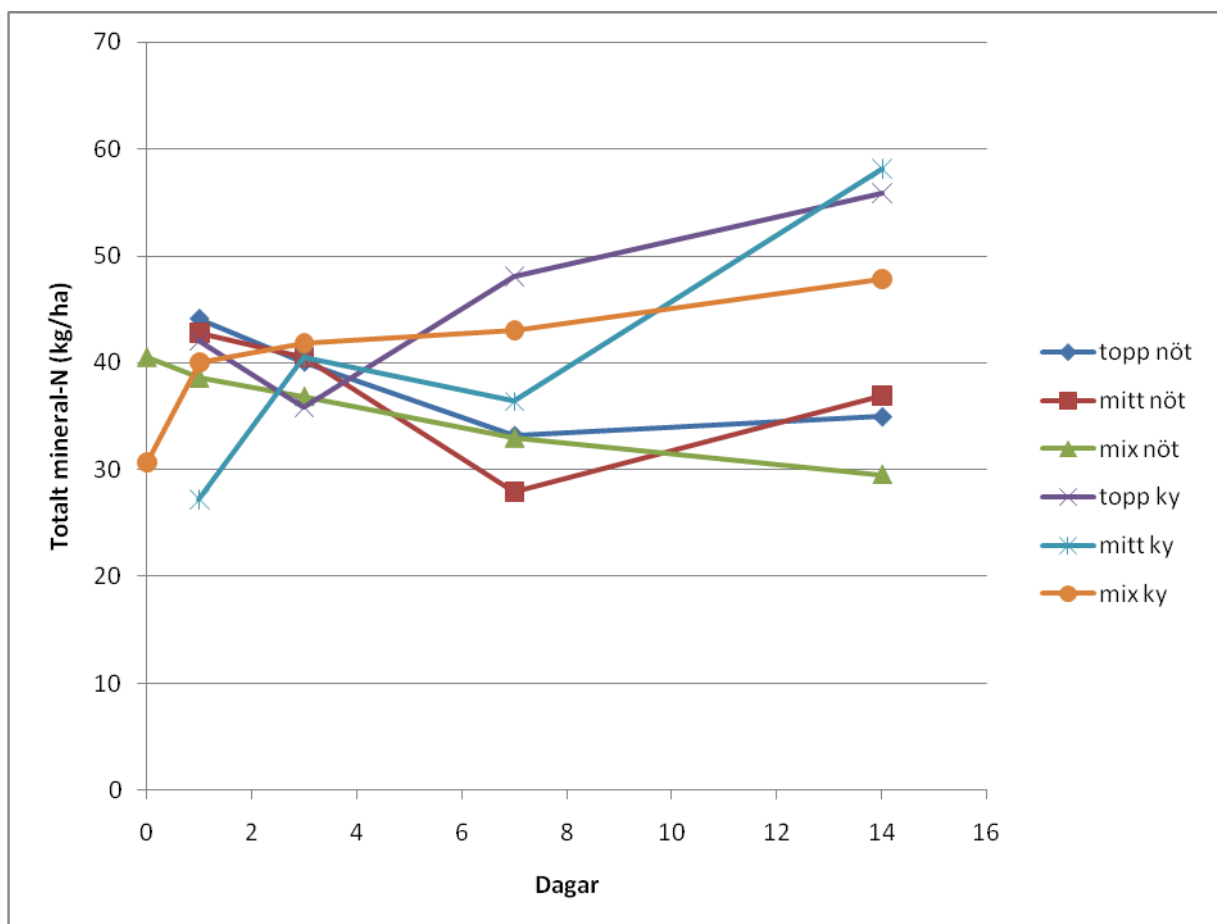
Kycklinggödseln uppvisar stora variationer mellan upprepningarna vilket ger resultaten höga standardavvikelser. I det ledet där gödseln blandades homogent dag 1, har ett värde uteslutits på grund av dess starkt avvikande ammoniumhalt i förhållande till de två andra



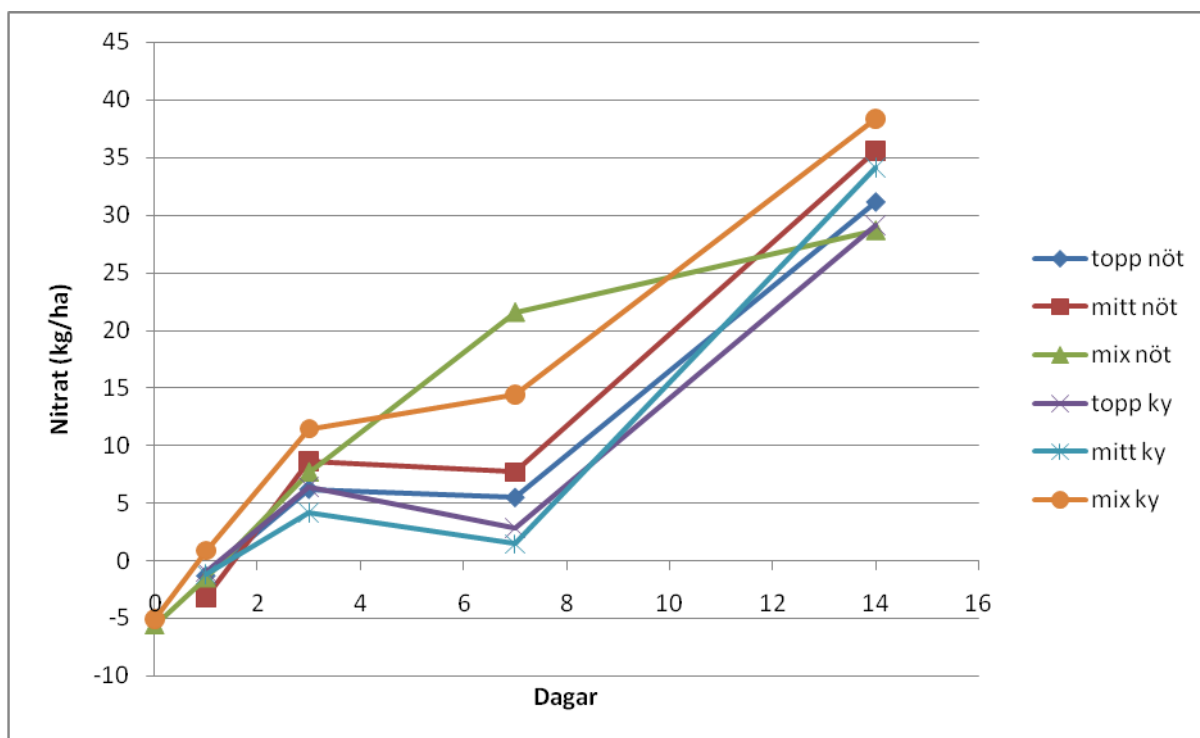
upprepningarna. Man kan dock från diagrammet utläsa vissa tendenser (figur 3). Kycklinggödseln uppvisar inte samma benägenhet till immobilisering under de första dagarna som nötflytgödseln gör. Istället ser man i början stora variationer i mineraliseringen. Ingen av dessa skillnader kan dock säkerställas statistiskt ( $P>0,05$ ). Vid dag sju verkar gödselmedlets mineralisering ha stabiliserats något och alla tre led följer samma mönster, d.v.s. en svag nettomineralisering. Under hela inkubationen uppvisar kycklinggödseln en netto-mineralisering på ca 15-25 kg N/ha.

### Nitrat och ammonium

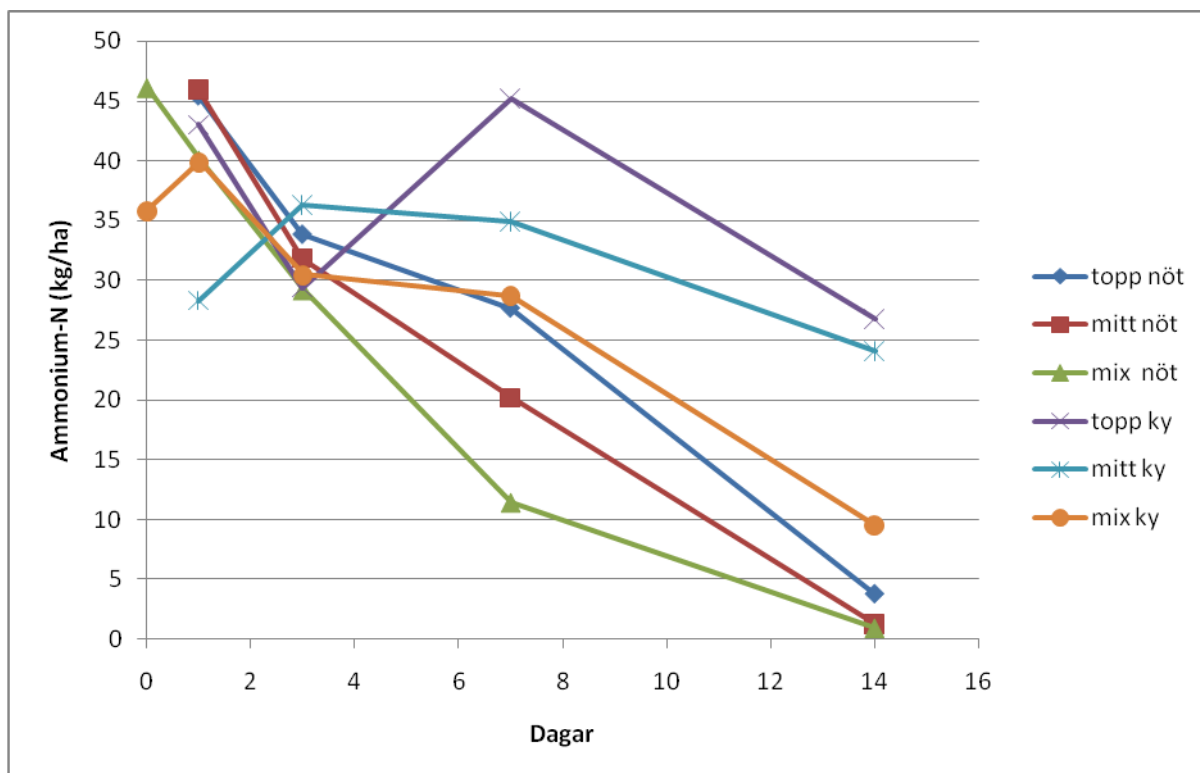
När det kommer till nitrifikationen, finns det vissa skillnader mellan de olika inblandningsgraderna, framförallt efter en vecka av inkubationsförsöket. I figur 4 visas nitratkväve i kg/ha. Här kan skönjas en snabb nitrifikation under de första dagarna som sedan avstannar fram till dag sju, då nitrifikationen åter tar fart. Det enda led som avviker något från denna form är den omblandade nötflytgödseln. I denna fortsätter nitrifikationen under hela försökets gång, men har en något lägre hastighet mot slutet i jämförelse med de andra leden. De gödselmedel som är omblandade med jorden uppvisar här en högre nitrifikation än de andra leden, något som framförallt framträder dag sju. Där är både *mix nöt* och *mix ky* signifikant skilda från varandra och från resten av försöksleden ( $P<0,05$ ).



Figur 3. Totalt innehåll av mineralkväve från gödseln uttryckt i kg/ha. Nöt står för nötflytgödsel, ky står för kycklinggödsel, topp står för placering på jorden, mitt står för placering i mitten och mix står för omblandning.



Figur 4. Innehåll av nitratkväve från gödseln uttryckt i kg/ha. Nöt står för nötflytgödsel, ky står för kycklinggödsel, topp står för placering på jorden, mitt står för placering i mitten och mix står för omblandning.



Figur 5. Totalt innehåll av ammoniumkväve från gödseln uttryckt i kg/ha. Nöt står för nötflytgödsel, ky står för kycklinggödsel, topp står för placering på jorden, mitt står för placering i mitten och mix står för omblandning.

Ammoniumhalten sjunker i samtliga försöksled under inkubationen (figur 5). I alla tre led med nötflytgödsel är ammoniumhalten signifikant lägre än motsvarande led för kycklinggödseln dag 14. I dessa led finns endast några få kg ammonium per ha kvar efter två veckor. I ledet med omblandad kycklinggödsel har ammoniumhalten sjunkit mycket lägre än i de två leden med punktplacering av gödseln. Även denna skillnad är statistiskt signifikant.

## **Diskussion**

### **Ammoniakavgång**

Då burkarna hölls stängda under de första timmarna inställde sig en jämvikt mellan luftens ammoniak och jordens ammoniak och denna förlustväg kan därför anses vara minimerad, även om viss förlust kan ha skett vid luftning av burkarna. Detta syns även i resultaten där få skillnader uppträder i ammoniuminnehåll mellan de led där gödseln placerades på ytan och där den placerades i mitten. Enligt Wulf m.fl. (2002) är ammoniakavgången betydligt högre om gödsel placeras på ytan i jämförelse med placering i jorden i fält, där luftströmmar hela tiden för bort den bildade ammoniaken.

### **Gödselns nettomineralisering**

De olika gödselslagen skiljer sig åt vad gäller nettomineralisering. Orvendal (2007) utförde ett liknande inkubationsförsök med gödsel från samma besättningar. Precis som han fann så uppvisar nötflytgödseln en immobilisering av N, framförallt under den första veckan efter applicering i jorden. Kirchmann och Lundwall (1992) erhöll ungefär samma effekt då de inkuberade nötflytgödsel med jord. Dock var deras kurva något mer dramatisk då immobiliseringen upphörde redan efter några få dagar i inkubation. Trots att kurvan vände redan efter några dagar erhöll Kirchmann och Lundwall (1992) dock ingen nettomineralisering av gödselns kväve sett över hela försöksperioden på 70 dagar. Sørensen och Jensen (1995) utförde ett liknande inkubationsexperiment och fann på jord liknande den använd här, samma mönster i immobilisering och mineralisering av kväve som återfinns i min studie. De hade en nettoimmobilisering under den första veckan varpå nettomineralisering följde.

Kycklinggödselns kurva skiljer sig något initialt från Orvendals (2007) försök. I min studie visar kycklinggödseln ingen direkt immobilisering under de första dagarna (figur 3). Då gödseln blandades homogent i jorden erhölls istället direkt en nettomineralisering som avtog i hastighet efter dag 1. De två andra leden går isär något, men sett över en sjudagarsperiod har ändå en nettomineralisering skett. Detta är i stora drag i överensstämmelse med vad Sistani m.fl. (2008) hittade vid ett inkubationsförsök som utfördes både i fält och på lab.

Att gödselslagen och inblandningsgraderna inte går att skilja oftare åt rent statistiskt sett beror i hög grad på den stora variation i mineralkväve som uppmättes i framförallt leden med kycklinggödsel. Kycklinggödselns initiala andel ammoniumkväve är ganska låg, vilket indikerar att mycket urinsyra finns kvar som kan mineraliseras. Detta skulle kunna vara en orsak till att en mineralisering sker under de första dagarna. Det här visas även i ett inkubationsförsök i fält utfört av Delin (2008) samt i ett inkubationsförsök utfört av Sistani m.fl. (2008).

## Placering i jorden

För båda gödselmedlen uppvisar det omblandade ledet de lägsta halterna av mineralkväve då inkubationen avslutades, dag 14, även om skillnaderna inte är signifikanta. Vi har till synes fått en större immobilisering av kväve då gödseln har blandats homogent med jorden, jämfört med då den har punktplacerats.

Även Sørensen och Jensen (1995) fann skillnader i nettomineralisering från gödsel beroende på inblandningsgrad i jorden och förklarade sina resultat på följande sätt. Då man blandar in gödseln i jorden homogent kommer den i högre grad i kontakt med jordpartiklarna där mikroorganismerna kan bryta ner denna samtidigt som de är skyddade från predatorer. Då gödseln punktplaceras kommer mikroorganismerna i större omfattning befinna sig direkt på materialet, utan skydd, vilket skulle leda till en mer omfattande predation av dessa och därigenom mindre nedbrytning. Tack vare minskad nedbrytning av det organiska materialet kommer en lägre andel ammonium att immobiliseras och kan istället gå ut i markvätskan, redo att tas upp av växter. Vidare kommer de vattenlösliga partiklarna direkt gå ut i markvätskan då gödsel punktplaceras i marken, samtidigt som de stora partiklarna blir kvar på platsen de placerades (Sørensen och Jensen, 1995). Dessa partiklar har ofta en hög C/N-kvot och orsakar immobilisering av N vid nedbrytning (Diaz-Fierros m.fl. 1988; Whitehead m.fl. 1989). Ammonium är en vattenlöslig förening som då differentieras från dessa partiklar.

Denna teori får understöd av Frostegård m.fl. (1997) där tillväxten av mikroorganismer vid punktplacering av flytgödsel i jord studerades. De fann att den största tillväxten stod att finna i ytterkanterna av gödselns kärna. Inuti kärnan minskade innehållet av mikroorganismer under hela försöket. Tillväxten av protozoer kom igång efter ett par dagar och då minskade koncentrationerna av de nedbrytande mikroorganismerna i kärnans ytterkant. Predation kunde alltså sägas ha en viktig inverkan på mikroorganismerna här.

En annan förklaring till den minskade nettoimmobiliseringen vid punktplacering som erhöles i mitt försök kan vara skyddet av själva gödseln. Då gödseln blandas homogent i marken kommer den i hög grad i kontakt med markpartiklarna och mikroorganismerna. Vid en punktplacering i marken kommer gödseln ha en mindre yta exponerad för mikroorganismerna som därmed får sämre tillgång till sitt substrat. Det betyder vidare att mindre uppbyggnad av mikroorganismernas biomassa kommer att äga rum, och därmed fås mindre immobilisering. Även denna teori kan sägas få stöd i Frostegårds m.fl. (1997) försök. Henriksen och Breland (2002) gjorde ett försök på nedbrytningshastighet av rödklöver och stråsådeshalm. De fann att den initiala nedbrytningen av båda materialen hämmades av punktplacering i jämförelse med homogen inblandning i jorden. På längre sikt stod ingen skillnad att finna i det kväverikare substratet (rödklövern) medan skillnader erhöles i stråsådeshalmen. Ökat skydd för substratet gav i detta försök (Henriksen och Breland, 2002) alltså lägre nedbrytning vilket ger stöd åt ovan nämnda teori.

För att koppla mina resultat till fältförhållanden kan man studera Sørensen och Amato (2002). De fann i ett fältförsök att upptaget av kväve från flytgödsel var högre då gödseln injicerats i marken jämfört med inblandning och släpplangsspridning på toppen. Försöket utfördes under tre år med applicering av flytgödsel endast det första året. Flytgödseln var berikad med <sup>15</sup>N-märkt ammonium vilket tillät uppföljning av just kvävet från flytgödseln under flera år.

Sørensen och Amato (2002) konstaterade det att det främst var ammoniakavgång som orsakade förluster av kväve vid släpplangsspridning. Den mikrobiella immobiliseringen vid applicering på ytan skilde sig alltså inte från de andra spridningsteknikerna, vilket även visas i detta försök (figur 3).

I min studie går det inte att göra skillnad på de två olika punktplacerade gödselmedlen, förutom för topp nöt och mitt nöt dag 14. Skillnaden är dock mycket liten här, trots att den är signifikant. Anledningen till detta kan vara att ammoniakavgången i samband med spridning kunnat försummas. I fält hade denna förmodligen haft en betydande inverkan. Ammoniakavgången är betydligt högre från gödsel som placerats på ytan i jämförelse med om den inkorporerats i marken (Wulf m.fl. 2002; Sørensen och Amato, 2002).

### **Nitrifikation och denitrifikation**

Nitrifikationen är i mitt försök i de allra flesta fall högre i de led där gödseln har blandats in homogent, i jämförelse med då de punktplacerats (figur 4). Detta eftersom att nitrathalterna är högre i dessa led samtidigt som ammoniumhalterna minskar fortare. Det skulle kunna bero på att nitrifikation är en strikt aerob process (Eriksson m.fl. 2005) som därför endast kan ske vid god syretillgång. Då gödseln blandades in homogent hamnade små mängder av gödseln i hela jordprofilen. Syretillgången var här god hela tiden och nitrifikationen kunde äga rum. Då gödseln punktplacerades tog syret snart slut i närområdet och nitrifikationen hämmades. Man kan inte helt utesluta att det istället kan ha skett denitrifikation, vilket innebär att nitrat omvandlas till kvävgas (Eriksson m.fl. 2005). Denna bör dock inte skett i någon stor omfattning då de stora burkarna och den regelbundna luftningen av dem medgav god lufttillgång.

Ammoniuminnehållet i gödselmedlen är konstant lägre i de omblandade leden (där skillnaderna är signifikanta dag 3, 7 och 14 för nöt samt dag 14 för kyckling). Då även nitrathalterna är högre i dessa led kan detta härledas till en högre nitrifikation, bland annat beroende på bättre lufttillgång för de nitrifierande bakterierna eftersom hela jordprofilens syre kan användas. Dag 14 är dock nitrathalten lägst i den omblandade gödseln. Här har kväve tagit en annan väg än i de andra leden. En möjlig väg är denitrifikation. Enligt Eriksson m.fl. (2005) sker denitrifikation dock först då anaeroba förhållanden uppstår. Anaeroba förhållanden kan uppstå i vattenmättad jord samt i aggregat (Eriksson m. fl. 2005). Då lufttillgången i jorden måste anses som god, särskilt i de led där gödseln har blandats in, är här en immobilisering av kvävet en troligare väg.

### **Gödselns fysiska egenskaper**

Hur gödseln sprider sig i jorden påverkas både av spridningsteknik och av gödselns fysiska egenskaper, framförallt innehållet av organiskt material (Petersen m.fl. 2003). Petersen m.fl. (2003) konstaterade att ju högre TS-halt gödseln har, desto mer av vattnet stannar i gödseln och desto lägre grad av inkorporering i marken fås vid spridning. Samma resultat erhöles av Olesen m.fl. (1997). I försöket av Petersen m.fl. (2003) erhöles en lägre C/N-kvot i jorden runt gödseln vilket är i linje med Sørensens och Jensens (1995) diskussion om att partiklar med högre C/N-kvot stannar kvar i gödselkärnan.

Differentiering av partiklar med olika C/N-kvoter på detta vis har visat sig ha effekter på nettomineraliseringen av kväve (Jingguo och Bakken, 1997; Korsæth m.fl. 2001). Jingguo och Bakken (1997) visade att ju större avståndet var mellan de olika materialen, desto högre halt mineralkväve erhöles, även om effekten avtog på sikt. Denna effekt blev tydligare då kornplantor odlades i jorden. Kornplantornas rötter hade ingen inverkan på mineraliseringen från det kväverika substratet, men då det kväverika och det kvävefattiga substratet var åtskilda konkurrerade kornplantorna effektivt om kvävet med de immobiliserande mikroorganismerna på det kvävefattiga substratet. Detta resulterade i en lägre återimmobilisering av det mineraliserade kvävet eftersom det i hög grad togs upp av grödan, och således erhöles även en lägre nettoimmobilisering (Jingguo och Bakken, 1997). I mitt försök skulle alltså odling av en gröda i jorden ha kunnat förstärka effekten av större nettomineralisering av kväve i de punktplacerade leden, eftersom punktplaceringen torde ha medfört en större differentiering av gödselns fraktioner med olika kväveinnehåll.

Som tidigare konstaterats (Sørensen och Jensen, 1995) kommer de vattenlösliga partiklarna att följa med gödselvätskan ut i jordprofilen. Här kommer goda syreförhållanden råda och ammoniumkväve kommer snabbt att kunna nitrifieras och kolföreningar kan lätt brytas ned. Högre nitrifikation kan leda till bättre konkurrens om kvävet från grödan och därmed en hämmad immobilisering av kvävet (Korsæth m.fl. 2001). Motsatt förhållande konstaterades av Korsæth m.fl. (2001) om ingen gröda fanns närvarande då nitrat lättare diffunderade till det kvävefattiga substratet för immobilisering. De partiklar som inte differentieras i jorden utan blir kvar i gödseln kommer att omsättas i en mer syrefattig miljö till följd av högre vattenhalt och biologisk aktivitet, något som kan leda till denitrifikation (Robertson och Groffman, 2007). I detta försök användes två gödselslag med olika TS-halt. Det är dock svårt att diskutera denna parameters inverkan på mineraliseringen, då även kväveinnehållet skilde sig markant.

Rötning av stallgödsel innebär en förändring av gödselns fysiska egenskaper (Loria och Sawyer, 2005; Morgan och Pain, 2008). Rötresten har lägre innehåll av lättlösliga kolföreningar (Kirchmann och Lundwall, 1992) samt en lägre TS-halt (Morgan och Pain, 2008), vilket skulle kunna medföra en bättre infiltration i jorden och därmed större differentiering mellan de olika fraktionerna i gödseln. Detta skulle kunna leda till en förstärkning av ovan nämnda effekter vid punktplacering, vilket kan vara ett intressant område att forska vidare på.

### **Jordens egenskaper**

Jordens vattenhalt påverkar i hög grad alla de processer som involverar kväve i marken (Robertson och Groffman, 2007), såsom nitrifikation och denitrifikation. Eftersom gödselns vattenhalt i hög grad påverkar dess spridning i jorden (Petersen m.fl. 2003) och därmed dess potential för immobilisering och mineralisering ligger det nära till hands att tro att även jordens vattenhalt kan ha inverkan på detta. Högre vattenhalt här skulle förmodligen ge den torrare kycklinggödselns partiklar större möjlighet att sprida sig i jorden. Den större andelen ammonium i denna typ av gödsel (tabell 1) skulle vid högre vattenhalter kunna göra att kväveföreningarna lättare differentieras från kolet vid en punktplacering (Petersen m.fl. 2003), vilket skulle kunna hämma immobiliseringen. Om jorden var torr skulle

hydrolyseringen av urinsyran kunna hämmas, vilket skulle ha en menlig inverkan på mineraliseringen. Här kan också placering i mitten av jorden eller på toppen ha betydelse då gödseln i mitten troligtvis skulle få bättre kontakt med vattnet. Dessa förhållanden skulle behöva utredas vidare.

### **Vad händer på längre sikt?**

I föreliggande studie begränsade sig inkubationen till två veckor. Det hade varit intressant att ha resultat från en längre period. Flera försök har dock visat att de största nettoförändringarna i mineralkväve under inkubationsförsök erhålls under de första två veckorna (Orvendal, 2007; Abbasi m.fl. 2007; Kirchmann och Lundwall, 1992). I mitt försök kan man också konstatera att de största standardavvikelsena, d.v.s. de största skillnaderna mellan upprepningarna, finns i början av försöket, något som tyder på att även de största förändringarna äger rum här. En möjlig felkälla är att kycklinggödseln dag 1 och dag 3 vägdes upp med en våg med sämre noggrannhet än den våg som användes resterande dagar.

Inkubationsförsök med nötflytgödsel visar ganska entydiga resultat under längre tidsperioder. Det sker en nettoimmobilisering under ett par dagar, upptill en vecka som sedan följs av en gradvis avtagande nettomineralisering (Kirchmann och Lundwall, 1992; Orvendal, 2007). Den här typen av process kan skönjas också i detta försök, även om ledet med omblandad gödsel avviker med sin längre period av nettoimmobilisering. Kycklinggödselns utveckling är något mer osäker då större fluktuationer i mineraliserings- och immobiliseringsförlopp finns. Försök har visat att mineralisering kan förekomma under en längre tid än bara två veckor (Sistani m.fl. 2008; Delin, 2008).

En möjlig utveckling för båda gödselagen är att skillnaderna på sikt skulle utjämnas mellan de olika inblandningsgraderna. Även kolet i den punktplacerade gödseln skulle genom markfaunans aktivitet så småningom komma mikroorganismerna till godo, vilket skulle öppna för en immobilisering även här. På samma sätt kommer kolet i det omblandade ledet ta slut och en nettomineralisering erhålls. På sikt är det därför rimligt att tro att leden skulle närma sig varandra. Henriksen och Breland (2002) visade att den större nedbrytningen i det omblandade ledet jämfört med punktplacering utjämnades efter en vecka för ett kväverikt substrat. I fält skulle detta dock kunna betyda att grödan hinner ta upp den större andelen mineralkväve vid punktplacering innan mikroorganismerna får tillgång till det skyddade kolet. Detta förutsatt att appliceringen sker vid en tidpunkt på året då grödor tar upp kväve. Sker spridningen vid fel tidpunkt ökar istället risken för att kvävet utlakas.

### **Slutsatser**

Mina resultat motsäger inte litteraturen och punktplacering av stallgödsel kan ge en lägre nettoimmobilisering av kväve under de första två veckorna. Det är dock liten eller ingen skillnad på nettomineraliseringen av kväve vid punktplacering i eller på jorden. Dock skulle ammoniakförlusten som fås vid placering på ytan göra injicering några cm under markytan till den effektivaste metoden att utnyttja kvävet. På längre sikt kan skillnaderna mellan spridningsteknikerna eventuellt utjämnas. Samma effekt vid punktplacering som fås av nötflytgödsel erhålls även av kycklinggödsel.

## Referenser

- Abbasi, M. K. Hina, M. Khalique, A. Khan, S. R. 2007. Mineralization of three organic manures used as nitrogen source in a soil incubated under laboratory conditions. *Communications in soil science and plant analysis*. 38, 1691-1711.
- Chadwick, D. John, F. Pain, B. Chambers, B. Williams, J. 2000. Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *Journal of Agricultural Science*. 134, 159-168.
- Delin, S. 2008. Kvävemineralsförlöpp och inverkan på skörd efter gödsling med fjäderfägödsel. Avdelningen för precisionsodling, Seminariearbete 4, SLU i Skara, 17 s.
- Diaz-Fierros, F. Villar, M. C. Gil, F. Carballas, M. Leiros, M. C. Carballas, T. Cabaneiro, A. 1988. Effect of slurry fractions on nitrogen mineralization in soil. *Journal of Agricultural Sciences Camb.* 110, 491-497.
- Eriksson, J. Nilsson, I. Simonsson, M. 2005. Wiklanders marklära. Lund, Sverige. Studentlitteratur. 337 s.
- Frostegård, Å. Petersen, S. O. Bååth, E. Nielsen, T. H. 1997. Dynamics of a microbial community associated with manure hot spots as revealed by phospholipid fatty acid analyses. *Applied and environmental microbiology* 63, 2224-2231.
- Griffin, T. S. 2007. Estimates of gross transformation rates of dairy manure N using  $^{15}\text{N}$  pool dilution. *Communications in soil science and plant analysis*. 38, 1451-1465.
- Henriksen, T. M. Breland, T. A. Carbon mineralization, fungal and bacterial growth, and enzyme activities as affected by contact between crop residues and soil. *Biol Fertil Soils* 35, 41-48.
- Horlacher, D. Marschner, H. 1990. Schätzrahmen zur beurteilung von ammoniakverlusten nach ausbringung von rinderflüssigmist. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 153, 107-115.
- Jensen, L. Pedersen, I. Hansen, T. Nielsen, N. 2000. Turnover and fate of  $^{15}\text{N}$ -labelled cattle slurry ammonium-N applied in the autumn to winter wheat. *European Journal of Agronomy* 12, 23-35.
- Jingguo, W. Bakken, L. R. 1997. Competition for nitrogen during decomposition of plant residues in soil: Effect of spatial placement of N-rich and N-poor plant residues. *Soil biology and biochemistry* 29, 153-162.
- Kirchmann, H. Lundwall, A. 1992. Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry. *Biology and Fertility of Soils* 15, 161-164.
- Korsaeth, A. Molstad, L. Bakken, L. R. Modelling the competition for nitrogen between plants and microflora as a function of soil heterogeneity. *Soil biology and biochemistry* 33, 215-226.



- Loria, E. Sawyer, J. 2005. Extractable soil phosphorus and inorganic nitrogen following application of raw and anaerobically digested swine manure. *Agronomy Journal*. 97, 879-885.
- Mattila, P. K. 2006. Ammonia volatilization, nitrogen in soil, and growth of barley after application of peat manure and pig slurry. *Agricultural and food science* 15, 138-151
- Morgan, J. Pain, B. 2008. *Anaerobic digestion of farm manures and other products for energy recovery and nutrient recycling*. York.
- Mulvaney, R. L. (1996) Nitrogen - Inorganic Forms. I: Methods of Soil Analysis, Part 3- Chemical Methods (Editors D. L. Sparks et al.), s 1123-1184. Soil Science Society of America Book Series, Nr 5. Madison, Wisconsin, USA.
- Olesen, T. Griffiths, B. S. Henriksen, K. Moldrup, P. Wheatley, R. 1997. Modeling diffusion and reaction in soils, V. Nitrogen transformations in organic manure-amended soil. *Soil science* Vol: 162, No: 3 157-168.
- Orvendal, J. (2007) Värdering av organiska gödselmedel. Avdelningen för precisionsodling, Examens- och seminariearbete 3, SLU i Skara, 39 s.
- Petersen, S. O. Nissen, H. H. Lund, I. Ambus, P. 2003. Redistribution of slurry components as influenced by injection method, soil and slurry properties. *Journal of environmental quality* 32, 2399-2409.
- Robertson, G. P. Groffman, P. M. 2007. Nitrogen transformations. I: Paul, E. A. (red) 2007. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. Third edition. Burlington, USA. Elsevier. 341-364.
- Sistani, K.R. Adeli, A. McGowen, S.L. Tewolde, H. Brink, G.E. (2008) Laboratory and field evaluation of broiler litter nitrogen mineralization. *Bioresource Technology* 99, 2603-2611.
- Sørensen, P. Amato, M. 2002. Remineralization and residual effects of N after application of pig slurry to soil. *European Journal of Agronomy* 16, 81-95.
- Sørensen, P. Jensen, E. S. 1995. Mineralization-immobilization and plant uptake of nitrogen as influenced by the spatial distribution of cattle slurry in soils of different texture. *Plant and Soil* 173, 283-291.
- Whitehead, D. C. Bristow, A. W. Pain, B. F. 1989. The influence of some cattle and pig slurries on the uptake of nitrogen by ryegrass in relation to fractionation of the slurry N. *Plant and soil* 117, 111-120.
- Wulf, S. Maeting, M. Clemens, J. 2002. Application technique and slurry co-fermentation effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions after spreading: I. Ammonia volatilization. *Journal of environmental quality*. 31, 1789-1794.

## Bilaga 1

---

<b>Dag 1 total mineralkväve</b>						
	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,535	0,301	0,793	x	x
nöt mitt		x	0,649	x	0,021	x
nöt mix			x	x	x	0,843
ky topp				x	0,070	0,849
ky mitt					x	0,141
ky mix						x

---

---

<b>Dag 1 nitrat</b>						
	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,251	0,794	0,783	x	x
nöt mitt		x	0,246	x	0,203	x
nöt mix			x	x	x	0,115
ky topp				x	0,855	0,308
ky mitt					x	0,192
ky mix						x

---

---

<b>Dag 1 ammonium</b>						
	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,893	0,263	0,762	x	x
nöt mitt		x	0,079	x	0,002	x
nöt mix			x	x	x	0,979
ky topp				x	0,095	0,773
ky mitt					x	0,132
ky mix						x

---

---

<b>Dag 3 totalt mineralkväve</b>						
	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,770	0,371	0,545	x	x
nöt mitt		x	0,312	x	0,989	x
nöt mix			x	x	x	0,409
ky topp				x	0,501	0,480
ky mitt					x	0,786
ky mix						x

---

---

**Dag 3 nitrat**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,162	0,471	0,887	x	x
nöt mitt		x	0,604	x	0,013	x
nöt mix			x	x	x	0,146
ky topp				x	0,123	0,051
ky mitt					x	0,008
ky mix						x

---

**Dag 3 ammonium**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,309	0,036	0,446	x	x
nöt mitt		x	0,302	x	0,100	x
nöt mix			x	x	x	0,782
ky topp				x	0,270	0,877
ky mitt					x	0,237
ky mix						x

---

**Dag 7 totalt mineralkväve**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,084	0,820	0,154	x	x
nöt mitt		x	0,088	x	0,243	x
nöt mix			x	x	x	0,054
ky topp				x	0,317	0,615
ky mitt					x	0,386
ky mix						x

---

**Dag 7 nitrat**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,243	0,000	0,036	x	x
nöt mitt		x	0,001	x	0,054	x
nöt mix			x	x	x	0,006
ky topp				x	0,486	0,001
ky mitt					x	0,003
ky mix						x

---

---

**Dag 7 ammonium**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,008	0,000	0,122	x	x
nöt mitt		x	0,001	x	0,024	x
nöt mix			x	x	x	0,003
ky topp				x	0,352	0,151
ky mitt					x	0,277
ky mix						x

---

**Dag 14 totalt  
mineralkväve**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,013	0,174	0,001	x	x
nöt mitt		x	0,088	x	0,001	x
nöt mix			x	x	x	0,017
ky topp				x	0,508	0,117
ky mitt					x	0,062
ky mix						x

---

**Dag 14 nitrat**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,000	0,471	0,448	x	x
nöt mitt		x	0,094	x	0,160	x
nöt mix			x	x	x	0,117
ky topp				x	0,121	0,105
ky mitt					x	0,328
ky mix						x

---

**Dag 14 ammonium**

	nöt topp	nöt mitt	nöt mix	ky topp	ky mitt	ky mix
nöt topp	x	0,001	0,000	0,001	x	x
nöt mitt		x	0,038	x	0,001	x
nöt mix			x	x	x	0,006
ky topp				x	0,526	0,005
ky mitt					x	0,011
ky mix						x

---