



En översikt av kvävetts kretslopp i vall, mjölkcor och gödsel – hur kan vi minimera miljöpåverkan?

**An overview of nitrogen cycling in ley, dairy cows and manure –
how do we minimize the effects on the environment?**



av

Cecilia Stattin

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 304
15 hp C-nivå**

**Swedish University of Agricultural Science
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2010



En översikt av kvävetets kretslopp i vall, mjölkkor och gödsel – hur kan vi minimera miljöpåverkan?

**An overview of nitrogen cycling in ley, dairy cows and manure –
how do we minimize the effects on the environment?**

av

Cecilia Stattin

Handledare: Torsten Eriksson

Examinator: Peter Udén

Nyckelord: Mjölko, kvävecirkulering, miljöpåverkan, vallfoder

Detta arbete har genomförts inom ramen för kursen EX0553, Kandidatarbete i Husdjursvetenskap – C15. Kursen består i huvudsak av en handledd litteraturgenomgång som leder fram till ett examensarbete inom huvudområdet husdjursvetenskap. I kursen ingår undervisning i att söka och värdera vetenskaplig litteratur samt i muntlig och skriftlig presentation.

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 304
15 hp C-nivå
Kurskod: EX0553**

Abstract

The aim of this literature study was give an overview of nitrogen circulation in ley, dairy cow and manure, with focus on Swedish conditions. Dairy cows in Sweden are contributing to nitrogen release into the environment. Rations with high protein content are fed to maintain high milk yield. When the cow is fed large amounts of nitrogen, large amounts will also be excreted in manure and urine. The livestock excreta is often stored on the farm in containers, and later distributed to crop production land. To maximize the harvest it is common to also use inorganic fertilizers. Plant producing farms most commonly only use inorganic fertilizers. All nitrogen distributed to the ground is not used by the plants. The remaining nitrogen is either organically bound in the soil or lost in inorganic forms through various paths. Today, there are a number of different techniques available to minimize nitrogen loss from the farm. Despite that, it is important to further develop easy to use solutions to minimize agriculture nitrogen release.

Sammanfattning

Syftet med denna litteraturstudie var att ge en översikt av kvävet kretslopp i vall, mjölkko och gödsel, med fokus på svenska förhållanden. Mjölkkon i Sverige bidrar i hög grad till utsläpp av kväve till miljön. Foder med högt proteininnehåll används, detta för att mjölkkon ska kunna producera mjölk mer effektivt. Intag av stora mängder kväve resulterar i att kon utsöndrar större mängder i träck och urin. Stallgödseln lagras ofta i behållare på gården, vilken sedan sprids på dess marker. För att få höga skördar gödglas markerna även med handelsgödsel. Gårdar som bara är växtproducerande sprider oftast endast handelsgödsel. Kvävet som inte utnyttjas av grödorna på åkrarna finns antingen kvar i markerna, bundet till organiskt material, eller försvinner från markerna som olika oorganiska former. Det finns i dagsläget många olika tekniker som kan tillämpas för att minska kväveförluster från lantbruket. Dock måste strategier för att minska kväveutsöndringen från lantbruket utarbetas vidare.

Introduktion

Husdjurens påverkan på miljön är ett viktigt och aktuellt ämne. Djurhållningen bidrar till att vissa ämnen och föreningar ombildas och ackumuleras i naturen, t.ex. kväve (N) och dess föreningar. Dessa kan ha en negativ miljöpåverkan, bland annat genom ökning av växthuseffekten och övergödning. Kväve finns naturligt i atmosfären som kvävgas och kan bilda reaktiva gasföreningar så som ammoniak, lustgas och kväveoxid.

Stora mängder kväve i form av stallgödsel eller handelsgödsel används i jordbruket som växtnäring. Under 2005 visade Statistiska Centralbyrån (SCB) en tillförsel av kväve till åker- och betesmark på 114 kg per hektar (ha), siffran inkluderar mineralgödsel, stallgödsel, gödsel från betande djur, utsäde, deposition från luften, slam samt kvävefixering genom växter. De visade samtidigt att 73 kg kväve per ha fördes bort från åkrarna med skördar, det gav då ett överskott på 40 kg/ha. Om man även tar in animalieproduktionen och hanteringen av foder i beräkningarna, för jordbruket som helhet, gav det ett kväveöverskott på ca 51 kg/ha (SCB, 2007).

Dagens mjölkkor utsöndrar en stor del av intaget kväve genom träck och urin, år 2000 var värdet ca 128 kg N/djur (Jordbruksverket, 2004). Detta kväve kommer ursprungligen från fodret men har sedan delvis tagit vägen över mikroberna i mag- och tarmkanalen. En stor andel av det utsöndrade kvävet går till spillo då det försvinner upp i atmosfären eller ut i grundvattnet. Alla

delar i kvävet kretslopp på mjölkgården är viktiga att kontrollera så att utsläpp till grundvatten och atmosfär minimeras. Ett mer effektivt kväveutnyttjande bidrar till att minska växthuseffekt och övergödning i vattendrag.

Denna litteraturstudie inriktar sig på mjölkkor i Sverige, hur kvävet vandrar i kedjan från foder till mjölkkon, till gödseln och åter. Fokus kommer att ligga på kvävet olika föreningar i jordbruket och deras respektive miljöpåverkan.

Olika kväveföreningar, ursprung och påverkan

Oorganiska kväveföreningar

Kvävgas (N_2) är den mest förekommande gasen i jordens atmosfär, ca 78 volymprocent av torr luft utgörs av kväve. Kvävgas kan genom processer, beskrivna senare i texten, bindas in till jorden med hjälp av kvävebindande bakterier (Elding, 2010a).

Ammoniak (NH_3) är i rumstemperatur en färglös gas och är en vanligt förekommande kväveförening (Elding, 2010b). Utsläppen har enligt Oenema et al. (2007) en direkt koppling till djurintensiteten i området. Utsläppen av ammoniak från stallgödselhantering i EU under 2000 stod för ca 80 % av de totala ammoniakutsläppen i hela EU (Oenema et al., 2007). Avgång av ammoniak från marken ökar då pH-värdet stiger eftersom en större andel av kvävet befinner sig i form av ammoniak jämfört med ammoniumjoner (Ledin, 2001).

Lustgas (N_2O) är en mycket potent växthusgas som även interagerar med ozonlagret (Jarvis, 1998). Lustgas bildas genom denitrifikation i jorden (Ledin, 2001). Avgång av lustgas är inte lika starkt kopplat till djurtätheten som ammoniak (Oenema et al., 2007), utan beror mer på markens egenskaper och hur mycket marken gödslas. Jordbruket står för ca 50 % av det totala utsläppet av lustgas i EU och hälften kom år 2000 från gödselhanteringen (Oenema et al., 2007).

Nitrat (NO_3^-) är en jon som bildar lättlösliga salter – nitrater. Nitrat bildas av bakterier i jorden genom processen nitrifikation (Ledin, 2001). MacDonald et al. (2002) har beskrivit att idisslare kan få problem med för hög ammoniakproduktion i förmagarna om fodret har en för hög halt nitrat. Vid för höga koncentrationer kan nitrat ha en negativ effekt på hälsan.

Organiskt bundet kväve

Vissa växter lever i symbios med kvävebindande bakterier, exempelvis *Rhizobium*, som förser växten med kväve. Denna process sker hos baljväxter t.ex. klöver, ärter och lupiner. Det finns även frilevande bakterier i jorden som binder kväve. Bakterierna bildar knölar på växternas rötter och binder kvävet genom att reducera kvävgasen till ammoniak. Ammoniak binds sedan i olika organiska föreningar via glutamin. Kvävebindande bakterier står för en stor andel av tillförseln av kväve till jordarna, denna process står i motvikt till den denitrifikation (beskrivs senare i texten) som sker. Av det mineraliserade kvävet tas 40-60 % tillvara av växterna.

Djurens kväveinlagring sker i proteiner där ca 16 % består av kväve (MacDonald et al., 2002). Kvävet tas upp ifrån tunntarmen som aminosyror. Dessa härstammar från växterna i fodret och, i idisslarens fall, även ifrån mikroberna i förmagarna. Aminosyrorna är viktiga för att många kroppsliga funktioner och processer ska kunna fortgå. En högproducerande mjölkko är beroende

av goda kvävekällor, bestående både av foderproteiner och icke-proteinkväve (NPN), för att täcka våmmikrobernas och sitt eget kvävebehov.

Mikrober i idisslares förmagar är en förutsättning för att djuren ska kunna utnyttja enkla kväveföreningar i fodret. Dessa organismer är en viktig källa till protein för mjölkkon (McDonald et al., 2002). Mikroorganismernas förmåga att använda olika former av kväve och ombilda det är beskrivet närmare senare i texten.

Stallgödsel, det vill säga träck och urin, innehåller organiskt bundet kväve. Kväveinnehållet i gödseln reflekterar fodrets kväveinnehåll (Powell et al., 2008). Stallgödsel lagras som flyt- eller fastgödsel. Mer än hälften av gödseln som tas tillvara från stall i EU är flytgödsel, resten består av fastgödsel tillsammans med strömaterial (Oenema et al., 2007). Det mesta av flytgödseln lagras i stora behållare gjorda av betong, stål eller plast. För att minimera kväveförluster till atmosfären bör dessa behållare täckas.

I jorden är kväve bundet till olika organiska föreningar (Ledin, 2001). Dessa består bland annat av aminosyror, proteiner och aminosocker. Kvävet i jorden har många olika ursprung, till exempel ifrån skörderester, avfall, atmosfären och stallgödsel.

Mineralisering, immobilisering, nitrifikation och denitrifikation

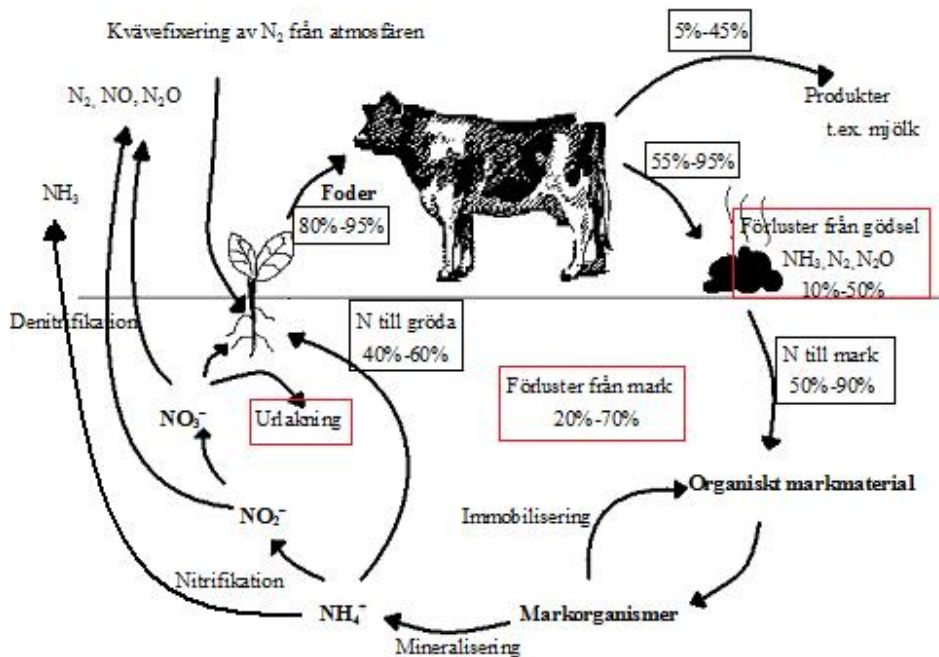
Figur 1 visar schematiskt kvävet vägar genom mjölkko, mark och växt, för betes- och stallhållning, samt den relativa storleken på olika flöden (Ledin, 2001 och Oenema & Tamminga, 2005). Kväve tas upp av växter ifrån atmosfären. Av växternas kväveinnehåll går 80-95 % av kvävet till foder till kon och resten går antingen förlorat till atmosfären i form av ammoniak eller stannar kvar i marken. Mjölkkorna utnyttjar det intagna kvävet och utsöndrar 5-45 % i produkter så som mjölk eller kött. Den resterande andelen avgår i träck eller urin. Kvävet tar därifrån olika vägar, antingen förlorat genom olika föreningar till atmosfären, eller ner i marken. Det kväve som går ner i marken binds till organiska föreningar eller mineraliseras av marklevande organismer. De totala kväveförlusterna, från gödsel samt även handelsgödsel och kvävefixerande växter, från marken uppgår från 20 till 70 %. Det mineraliserade kvävet i marken går antingen förlorat genom urlakning, nitrifikation eller denitrifikation eller tas tillvara av växterna ifrån nitrifikationen. Mellan 40 och 60 % av det mineraliserade kvävet tas upp av växter till dess delar som befinner sig ovan jord.

Mineralisering syftar här på nedbrytningsprocessen av organiskt material (Ledin, 2001). Under denna process bryts organiskt material ned till oorganiska föreningar (t.ex. NH_3 och NH_4^+) med hjälp av bakterier och svampar. Dessa föreningar kan sedan användas av t.ex. växter för deras tillväxt. Enligt Ledgard & Luo (2008) sker den bakteriella mineraliseringen snabbare i urin än gödsel.

Immobilisering innebär att kväve blir orörligt i marken. Detta genom att oorganiskt kväve binds in till mikroorganismer, kvävet överförs då till organisk form (Ledin, 2001). I en studie av Sørensen et al. (2003) påvisades att en immobilisering av kväve i jorden sker efter en vecka vid spridning av flytgödsel på marken. Det har i samma studie visats att då korna får tillskott av koncentrat (vetemjöl och sojamjöl) i foderstaten sker denna immobilisering i högre utsträckning. Detta kunde då bero på att kon utsöndrade en högre andel onedbruten fiber vid koncentrationstillskott i fodret, något som ger högre kol:kväveknot i gödseln.

Nitrifikation är en process som sker i jorden där bakterier i två steg omvandlar ammoniumjoner (NH_4^+) till nitratjoner (NO_3^-) (Ledin, 2001). När kvävet befinner sig i formen nitrat är det mycket mer lätttröligt i jorden jämfört med kväve i form av ammonium. Detta innebär att nitraten lätt kan försvinna ut till grundvattnet och vattendrag. Risken är också stor att nitraten urlakas till djupare jordlager. Nitrifikationens omfattning påverkas av luft- och fuktillgången i jorden (Jarvis, 1998). Vid gott luftutbyte sker processerna mer effektivt.

Denitrifikation är en del i den naturliga kvävecirkulationen som minskar kvävehalten i jorden (Ledin, 2001). Detta sker med hjälp av bakterier som bryter upp bl.a. nitrat och nitrit och bildar gaser som kvävgas (N_2), kväveoxid (NO) och lustgas (N_2O). Denitrifikationen kan ses som kvävefixeringens motsats. Gaserna överförs till atmosfären där kväveoxid och lustgas bidrar till en ökad växthuseffekt. Denitrifikationen sker under anaeroba förhållanden och då ofta i våta jordar.



Figur 1. Kvävets olika vägar genom mjölkko, gödsel, mark och växt (modifierad från Ledin (2001) och Oenema & Tamminga (2005)).

Kvävets väg in i mjölkgårdens kretslopp

Baljväxter används i jordbruket som kvävefixerande växter, vit- och rödklöver odlas ofta i svenska vallar. De kvävefixerande bakterierna överför atmosfäriskt kväve till former som växterna kan ta upp och utnyttja (Huss-Danell, 2001). Klöver har stor förmåga att fixera luftkväve, odlas det i vallen behövs inte konstgödsel tillsättas (Granstedt, 2000).

Handelsgödsel är en sammanfattande beteckning för oorganiska gödningsmedel som används i stor utsträckning inom jordbruket. Den största mängden handelsgödselkväve är i form av

ammoniak eller ammoniumföreningar. Ammoniak framställs vanligen genom Haber-Boschtekniken som är en energikrävande process (Elding, 2010b). Haber-Boschtekniken innebär att kväve från luften får reagera med vätgas och en katalysator. Denna process innefattar många syntessteg som sker under högt tryck, i slutändan utvinns ammoniak (Huss-Danell, 2001).

Kväve förs även in till mjölkgården genom inköp av foder till korna (Granstedt, 2000). Fodret odlas på växtproducerande gårdar vilka använder en stor andel handelsgödsel. Kvävet ackumuleras sedan i de djurproducerande gårdarna.

Kväve - upptag och utnyttjande i vallväxter

Växter tar upp kväve från jorden i form av nitrat eller ammoniak (Ledin, 2001). Jarvis (1998) har visat att växtens kväveupptag reflekterar dess tillväxt och växten tar upp kväve mest effektivt då den är ung. Växten innehåller således procentuellt mest kväve under de första tillväxtstadierna, men totalmängden kväve i hela skörden blir högre lite senare på grund av en då större massa.

Utnyttjandet av stallgödselkväve påverkas av spridningstekniken. Rodhe et al. (2006) har i en studie undersökt effektiviteten av några tekniker för att sprida flytgödsel. Dessa var täckt ytmyllning som förslöt myllningsskåran med presshjul, ytmyllning utan presshjul och bandspridning. Ytmyllningen deponerades mellan 13 och 83 mm under jordytan medan bandspridningen applicerades 50 mm över jordytan. Resultatet av studien visade att spridning av gödsel med ytmyllning inte ledde till några utsläpp av ammoniak, dock ledde den tekniken till utsläpp av lustgas. Bandspridning ledde, i motsats till ytmyllningen, till utsläpp av ammoniak men inte lustgas. Gasförlusterna, i form av ammoniak och lustgas från bandspridningen, var 19,1 % av det totala tillsatta kvävet. Ytmyllningen gav förluster av lustgas som motsvarade 1,1 % av det totala tillsatta kvävet. Vidare visades det att användning av täckt ytmyllning minskade avkastningen hos vallen. Detta genom att ytmyllningsredskapen skadade grödan.

Odling av vall har en positiv effekt på jorden (Carlgren & Mattsson, 2001). Vallen ger en högre markbördighet samt en mindre andel förlust av organiskt material, detta på grund av mindre jordbearbetning. Den positiva effekten kan även bero på att förlust av näringsämnen är liten då vallen ligger i flera år. Carlgren & Mattsson (2001) visade i samma studie att gödsling med handelsgödsel på jordar där ingen djurproduktion hölls ökade avkastningen på spannmålsgrödorna med 50 %, jämfört med jordar som inte gödslades. Denna procentsats var inte lika hög på gårdar där djur hölls, detta berodde på att gödsel från djuren också spreds på jordarna och mineralgödseln spelade då en mindre roll.

Gerzabek et al. (1999) har i en studie, som utfördes under 37 år, visat att växter utnyttjar kväve bättre ifrån handelsgödsel än ifrån gödsel från djur. Kvävets gödningseffekt på olika växter, jämfört med inget tillsatt kväve, var hos stallgödsel 24 % medan handelsgödsel låg mellan 55 och 57 %. Procentsatserna visar hur mycket av det tillsatta kvävet som återfinns i växterna och som förs bort med skörden. Den lägre andelen kväve som återfanns i grödorna som gödslats med stallgödsel beror på att kvävet i stallgödsel i större utsträckning är organiskt bundet och därmed inte är lika växttillgängligt som ifrån handelsgödsel.

Ledgard et al. (1999) såg i en studie av betesbaserad mjölkproduktion att ökade mängder kvävetillskott till marken innebar ett mindre effektivt utnyttjande av kvävet. Det ökade tillskottet resulterade i att kvävet ackumulerades i marken.

Växternas utnyttjande av kväve från stallgödsel

Rodhe et al. (2006) kom i en studie fram till att vallväxterna inte använde allt kväve från den spridda gödseln, vilket ledde till ett överskott av kväve i jordarna. I denna studie undersökte de samtidigt vad som hände med tillväxten på fälten då man inte spred gödsel. De kom fram till att det då uppstod ett underskott av kväve men trots det kunde växterna ta upp kväve. Kvävet kom antagligen då ifrån organiskt bundet kväve som mineraliserande bakterier kunde frigöra till växterna samt ifrån luftburet kväve.

Granstedt (2000) har i en studie beräknat att mängden kväve i kors gödsel var tillräcklig för att försörja en växande gröda. Det var då inte nödvändigt att använda handelsgödsel enligt samma källa. Dock tillfördes kväve till gården med hjälp av baljväxter som odlades i vallen. Detta beräknades för Sveriges förhållanden år 1995 vid en djurtäthet på 0,6 djurenheter per ha.

Mjölkkons upptag av kväve

Mjölkkor har egenskapen att kunna utnyttja kväve, inte bara i form av protein utan även som NPN. Dessa former innefattar aminer, amider, peptider, fria aminosyror, vissa delar av nukleinsyror, urea, nitrater och ammoniumjoner (Sjaastad et al., 2003). Mikroorganismerna i våmmen använder dessa former till egen tillväxt, mikroberna kan senare absorbera. Sjaastad et al. (2003) har beräknat att av mikroorganismernas kväveinnehåll härstammar 50 -70 % från NPN. En ko tar upp aminosyror i tunntarmen dels ifrån onedbrottna proteiner från fodret så kallade våmstabla proteiner och även, som tidigare nämnts, ifrån proteiner som mikroorganismerna i våmmen byggt upp. Då mikroorganismerna har en stor tillgång till kväve (protein och NPN) ökar bildningen av mikroorganismer i våmmen under förutsättning att tillräckligt med energi från kolhydrater finns tillgängligt (Sjaastad et al., 2003). Om ett större antal mikroorganismer finns tillgängliga kan de bryta ned större mängder kolhydrater. Från kolhydrater bildar mikroberna flyktiga fettsyror, kon får då mer energi till att bilda produkter, exempelvis mjölk.

Relationen mellan energi och protein beräknas med hjälp av proteinbalans i våmmen (PBV) och mäter kvoten mellan mikrotillgängligt kol och kväve i våmmen (Lärn-Nilsson et al., 2005). Denna kvot har enligt Jarvis (1998) en stor roll i hur effektivt kon tar tillvara kvävet. När denna kvot ligger på noll bildas mikrobprotein mest effektivt, förhållandet mellan kol och kväve är i balans (Lärn-Nilsson et al., 2005). Högproducerande mjölkkor har enligt Sjaastad et al. (2003) ett större behov av våmstabilt protein, detta på grund av att mikroorganismerna inte hinner tillverka tillräckligt med protein som kon kan ta upp i tunntarmen. Samma källa visar även att om inte mjölkkon kan ta upp tillräckliga mängder aminosyror från tunntarmen kan mjölkproduktionen begränsas. Om kväveinnehållet i kons foder är alltför lågt kan det leda till minskad mikrobaktivitet och därmed en längre uppehållstid för fodret i våmmen (Cherney & Mertens, 1998). Av proteinerna som når tunntarmen hos en ko absorberas ca 85 % och då i form av aminosyror (Sjaastad et al., 2003). För att utnyttja kvävet maximalt och minska utsläppen från mjölkkon föreslår Sjaastad et al. (2003) att mängden kväve tillgängligt för mikroorganismerna i förmagarna ska vara aningen högre än mängden kväve som är inbundet i mikroorganismerna. PBV kommer då att vara svagt positiv.

I en studie med holsteinkor på gårdar i Kina och USA var utnyttjandet av kväve hos mjölkkor 22-30 %, räknat som mjölkkväve/foderkväve (Powell et al., 2008). I system med mjölkproduktion från bete beräknar man ibland istället kväveeffektiviteten som (kväve i produkter)/(total tillförsel till marken inklusive baljväxternas kvävefixering). Ledgard et al. (1999) undersökte i en studie med mjölkproduktion på bete hur stor del av kvävet från markerna som återfanns i produkter från mjölkkon. Då inget handelsgödselkväve tillsattes markerna återfanns 52 % kväve, medan motsvarande siffra då 400 kg handelsgödselkväve/ha tillsats per år låg mellan 24 och 31 %.

Halten av kväve i foderstaten påverkar hur mycket kväve kon kan omvandla till protein i mjölken och hur mycket kväve som utsöndras i träck och urin (Powell et al., 2008). I utfodringssammanhang använder man oftast begreppet råprotein istället för kväve. Råprotein beräknas genom att mängden kväve multipliceras med konstanten 6,25 (McDonald et al., 2002). Råproteinhalten har en stor betydelse för kväveeffektiviteten, en lägre råproteinhalt ger en högre kväveeffektivitet (Huhtanen & Hristov, 2009). Broderick et al. (2008) har i en studie visat att mjölkkor uppvisar högst kväveeffektivitet vid en råproteinhalt på 14,8 % av foderstatens torrsunstats (ts) med tillsatt våmskyddat syntetiskt metionin (15 g/dag). Denna råproteinhalt var den lägsta i försöket, de andra foderstaterna höll 16,1, 17,3 och 18,6% råprotein av ts. Den lägsta råproteinhalten resulterade, förutom högst kväveeffektivitet, även i en minskad utsöndring av kväve i urinen. En halt på 14,8 % råprotein i foderstaten är lågt och korna i studien befann sig då, enligt beräkningar, i en negativ aminosyrabalans. Vid 16,1 % råproteinblandning befann sig korna i studien i positiv aminosyrabalans och med tillsats av syntetiskt metionin (10 g/dag) gav det ett bra kväveutnyttjande hos korna. Hollmann et al. (2008) visade i en studie att vid ett intag på ca 614 g N/dag (17,7 % + 0,26 råproteinhalt) hos mjölkkor utsöndrades ca 148 g kväve i mjölken, vilket ger ett utnyttjande av kväve på 24 %.

Utförsel av kväve från kon

I en studie av Hollmann et al. (2008) avgick ca 30% av kons kväveintag till atmosfären från stallgångarna redan innan gödsel hann överföras till lagringsbehållarna. Knappt hälften (46 %) återfanns i gödselbehållarna. Andelen kväve som korna utsöndrade i mjölken var 24 %. Hollmann et al. (2006) kom fram till att utsöndringen av kväve via träck från kon var större under vinter och vår. Detta tros bero på högre mjölkavkastning under dessa perioder och därmed högre foderkonsumtion, vilket också resulterar i en ökad träckmängd och även kväveutsöndring. De såg även att kväveavgång till luften ökade under sommarmånaderna vilket kan bero på den högre temperaturen.

Enligt Ledgard et al. (1999) och Oenema & Tamminga (2005) utsöndrar en högproducerande ko mer än hälften av kvävet i urinen, andelen som utsöndras i urinen ökar vid ett ökat kväveintag.

En ko som mjölkar mellan 5000 och 10000 kg per år och som har en foderstat innehållande 15 – 20 % protein utsöndrar 100- 160 kg kväve per år (Oenema & Tamminga 2005). Om dessa siffror omvandlas till utsöndring i g kväve per kg produkt (mjölk) blir resultatet 16 – 20 g N/kg mjölk enligt samma källa.

I en studie av Sørensen et al. (2003) innehöll träcken, från mjölkkor som utfodrades med hö, mellan 21,7 och 30,2 g N/kg träcktorrssubstans. Om korna utfodrades med ensilage utsöndrade de

mellan 17,4 och 38,6 g N/kg träcktorrsubstans. Korna var uppdelade i fodergrupper där de utfodrades med olika grovfoder, till exempel tidigt skördat ensilage, sent skördat ensilage och hö. Alla grupper var även inom gruppen uppdelade där hälften fick koncentrat tillskott (vetemjöl och sojamjöl) och den andra endast grovfoder. De kor som fick koncentrat och alltså därmed ett högre kväveinnehåll i foderstaten utsöndrade mer kväve i träcken. Den tidiga skörden hade ett högre proteininnehåll och resulterade i en större utsöndring av kväve ifrån kon. Högst utsöndring av kväve kom ifrån kor utfodrade med tidigt skördat ensilage och koncentrat, den minsta utsöndringen hade gruppen som utfodrades med sent skördat ensilage och inget koncentrat.

Kväveavgång från gödsel

Förluster från träck och urin sker främst genom avgång till luften av kväveföreningar (Granstedt, 2000). Ammoniak, lustgas och från klimatsynpunkt även metan är de största problemen vid lagring av gödsel. Ammoniak är ett större problem vid gödselhantering än lustgas (Oenema et al., 2007). Granstedt (2000) visar också att ca 65 % av de totala förlusterna från jordarna sker genom ammoniakavgång samt denitrifikation.

I studier från EU (Oenema et al., 2007), på icke-täta gödselbehållare, har uppskattningar på kväveläckage och avrinning gjorts. Från täckta flytgödselbehållare har förlusterna uppmäts till 5 %, för otäckta behållare var procentsatsen 10 %. Kväveläckage och avrinning från fast gödsel har visats ligga runt 2 % vid täckt- och 5 % vid otäckt behållare.

Var sker de största förlusterna av kväve i kretsloppet?

En orsak till övergödning och förluster av näringsämnen är att växtodlingen på många gårdar är skild ifrån djurhållningen. Det ger stora överskott på växtnäring i jordarna hos gårdar som har en intensiv djurhållning (Granstedt, 2000). Växtnäringen i jordarna skiljer sig mellan olika delar av Sverige, även skillnaden mellan gårdar är stor. I samma studie visades det att vid jämförelse mellan olika gårdar med olika produktionsinriktning var kväveöverskottet minst på gården som endast var växtproducerande. Granstedt (2000) har sett att 25 % av den totala kväveförlusten från Sveriges jordbruk kommer från gårdar där man håller produktionsdjur. Förlusterna kommer till stor del från djurens gödsel och urin. Av det kväve som tillförs jordbruket kommer 80 % att överföras till atmosfären, vattendrag eller bindas till jorden. Oenema et al. (2007) har i en studie visat att i stallhållningssystem förlorades, under år 2000, 30 % av allt kväve som djuren utsöndrade i träcken. Ledgard & Luo (2008) uppger att de största förlusterna av kväve i dess kretslopp i jordbruket sker genom ammoniak och då genom direkt ammoniakavgång till luften. Det sker även stora förluster av andra kväveföreningar genom nitrifikation och denitrifikation.

Olika kväveföreningar försvinner från olika ställen i jordbruket. Oenema et al. (2008) och Ledgard & Lou (2008) har visat att en större andel ammoniak, jämfört med lustgas, försvinner vid stallhållning av djur. De har även visat att vid beteshållning av djur gäller motsatt förhållande där lustgas släpps ut i större mängd jämfört med ammoniak.

Ledgard & Lou (2008) har i en studie påvisat att nitratläckaget från betesmarker ökar exponentiellt vid ökad kvävegödning. De har även visat att kväveläckaget är som störst under vintern. Ledgard & Luo (2008) anger att denitrifikationen och förlust av lustgas sker till en högre utsträckning i lerjordar men att läckaget av kväve är begränsat i dessa jordar.

Hur ser det ut i världen?

I världen kommer den största kvävepåverkan, från gödseln, från betesdrift av djur där träck och urin ligger kvar på marken och kväve avgår i form av ammoniak (Oenema & Tamminga, 2005). Betesdriften står för 40-60 % av det totala kväveutsläppet från jordbruket i världen. Enligt Oenema et al. (2007) kommer den största delen av utsläppen i EU av ammoniak, lustgas och nitrat från de intensiva jordbruksområdena i nordvästra Europa.

Enligt Oenema & Tamminga (2005) kommer 67 % av utsöndringen av kväve ifrån utvecklingsländer. Samma studie har visat att i många utvecklingsländer (i Asien, Afrika och Latinamerika) är effektiviteten låg hos djuren (1000-3000 kg mjölk/år) och utsöndringen per kg mjölk blir högre (20 -30 g N/ kg mjölk) än i mer effektiva system.

Vad kan göras för att minska kväveförlusterna

För att minska förlusterna av näringsämnen krävs det ett stort "kretsloppstänk" och att den effektivaste tekniken används för att förvara gödseln och bruka jorden (Granstedt, 2000).

Samma källa menar att genom en integrering av växt- och djurproduktion är det möjligt att mer effektivt utnyttja näringsämnena i gödslet till grödorna. Detta skulle minska förlusterna av kväve i kretsloppet då mindre mängder konstgödsel skulle användas. De djurhållande lantbrukarna borde bättre beräkna kväveinnehållet i gödseln från djuren så det på bästa sätt kan utnyttjas (Granstedt, 2000) och anpassa handelsgödseltillförseln efter det. För att minska överskottet av näringsämnen till dagens jordbruk krävs det en minskad tillförsel av näringsämnen främst i form av växtnäring menar Granstedt (2000). Det krävs i Sverige en utjämning och decentralisering av djurproduktion, med en minskning i de södra delarna och en ökning i de centrala delarna. Genom att utföra dessa ovan nämnda förändringar tror Granstedt (2000) att en halvering av kväveförlusterna är möjlig.

Ledgard & Luo (2008) lyfter fram flera faktorer som kan minska kväveförlusterna från betade marker i olika delar av lantbruket. Nitrifikationsinhibitorer, optimerad kvävegödslingsnivå och tidpunkten för gödslingen av markerna är några av dessa faktorer. Även att välja rätt växttyp för odlingen, använda en djurtyp som är så effektiv som möjligt och att öka produktiviteten hos djuren skulle minska förlusterna. Fler faktorer som skulle kunna inverka menar Ledgard & Lou (2008) är att inte låta djuren beta med fri tillgång, ha en låg kvävehalt i fodret, öka foderutnyttjandet samt att kontrollera och effektivisera djurens foderstater.

Monaghan et al. (2007) har sett att nitratläckage och lustgasavgång från djurs urin kan minskas upp till 70 % från betade marker genom att tillsätta nitrifikationsinhibitorer till markerna.

Det finns enligt Oenema et al. (2007) flera tekniker och metoder i EU för att minska ammoniakutsläpp på marknaden idag, t.ex. foder med lågt proteininnehåll (majsensilage), anpassningar av stallet, övertäckning av gödseln och användning av filter för ventilationsluften. Oenema et al. (2007) menar att genom att använda sig av dessa tekniker kan utsläppen minska med 30 %. Jarvis (1998) har visat att om markens kvävenivåer testas och beräknas innan varje gödsling skulle kväveanvändningen kunna minska och även mängden kväve som finns kvar i marken på hösten. Detta skulle då leda till minskat kväveöverskott samt bättre ekonomi för lantbrukare genom att en mindre mängd gödsel skulle behöva köpas in och spridas.

Diskussion

I studien av Sørensen et al. (2003) kontrollerades inte kornas mjölkavkastning eller innehåll. Det hade varit spännande att se hur mjölkens sammansättning förändrades då fodrets näringsammansättning förändrades. Det skulle dock vara troligt att fodrets sammansättning även skulle avspglas i mjölkens sammansättning.

Olika tekniker att sprida flytgödsel ger olika kväveförluster. Som Rodhe et al. (2006) visade gav spridning med täckt ytmyllning icke-mätbara nivåer av ammoniak. Dock ledde samma spridningsteknik till utsläpp av lustgas. Bandspridningen i samma studie resulterade i omvända resultat. Dessa kväveföreningar ger olika påverkan på miljön, ammoniak leder till försurning medan lustgas bidrar till ökad växthuseffekt. Lustgas är en potent växthusgas som ger en stor miljöpåverkan (Jarvis, 1998). De olika nivåer som spridningsteknikerna leder till måste vägas ihop, detta för att bidra så lite som möjligt till en negativ påverkan på miljön.

Hur gödseln lagras spelar roll ur kväveförlustsynpunkt. Oenema et al. (2007) har visat att då gödselbehållare täcks kan förlusterna minskas. Detta är föredra framför otäckta behållare.

Gerzabek et al. (1999) har visat att handelsgödsel effektivare tas upp av växten än stallgödsel. Organiska gödselmedel släpper ut kväve under större delen av året, konstgödsel är lättillgängligt för växterna och orsakar mindre övergödning och läckage förutsatt att markerna inte utsätts för övergödning. Granstedt (2000) har i en studie visat att vid jämförelse mellan en växtproducerande gård och djurproducerande gårdar var det den växtproducerande som gav minst överskott av kväve. Detta kan bero på att kvävebehovet hos växterna beräknas och kan tillsättas exakt med handelsgödsel. Det är inte lika lätt att göra en exakt beräkning av stallgödsel då frisättningen av kvävet inte sker lika snabbt och kan vara otillgängligt för växten.

Det kan tänkas att stallgödsel kan användas i biogasanläggningar, gärna som finns på den egna gården. På detta sätt kan lantbrukaren utvinna energi från gödseln som används till gårdens behov. Stallgödseln utnyttjas då på ett bra sätt och kvävet kan cirkulera inom den egna gården. Om stallgödseln endast används till biogas skulle gården behöva köpa in handelsgödsel. Det skulle då vara lättare att sprida rätt mängd kväve till grödorna i en form som de lätt kan utnyttja för tillväxt. Förhoppningsvis skulle även mindre mängd kväve gå förlorat genom urlakning och denitrifikation. För att undvika förluster från handelsgödsel är det väldigt viktigt att inte gödsla för stora mängder kväve och beräkna växternas behov av detta näringsämne så noggrant det är möjligt.

Överskott av kväve hos djurproducerande gårdar beror delvis på att foder köps in från växtproducerande gårdar (Granstedt, 2000). Vid en intensiv djurproduktion ansamlas stora mängder kväve på en relativt liten yta. Effektiviteten att omvandla kväve från foder till kväve i produkt är inte särskilt hög (5-45 %) (Oenema & Tamminga, 2005). Kvävet samlas då i kons träck och urin som på bästa sätt måste utnyttjas för att inte kvävet ska gå förlorat i kretsloppet. Denna produktionsfördelning är inte positiv ur kretsloppssynpunkt. Det skulle vara bra om kvävet kunde föras tillbaka till de växtproducerande gårdarna så kvävet kunde få en bättre cirkulering. En annan tanke är att använda stallgödseln till att producera energi i biogasanläggningar, som tidigare nämnts.

Djur i extensiva beteshållningssystem avger i större utsträckning lustgas än ammoniak från markerna där de hålls, motsatsen gäller för djur som hålls intensivt i stallar där gödseln lagras. Djur vid stallhållning avger alltså mer kväve som ammoniak än som lustgas, detta har Oenema et al. (2007) och även Ledgard & Lou (2008) visat. Intensiv djurproduktion ger ett stort kväveöverskott (Granstedt, 2000). Detta bör gälla även för Sveriges förhållanden trots att studierna inte är utförda här. Intensiv produktion sker i detta land och ammoniakavgången bör vara relativt hög. Olika klimat i olika länder ger att betessäsongerna skiftar i längd. Detta påverkar då vilka kväveföreningar som avges från produktionen. Det innebär att olika tillvägagångssätt krävs för att minska kvävet när det gäller olika föreningar.

I en studie av Granstedt (2000) visades det att gödseln från kor innehöll en tillräcklig mängd näringsämnen för att kunna försörja en växande gröda. Detta beräknades för Sverige 1995 vid en djurtäthet på 0,6 djurenheter och med kvävefixerande växter i vallen. Hur beräkningarna är utförda är inte klarlagt och därmed svårt att bedöma. Men det kan tänkas att vid användning av enbart stallgödsel kommer mycket av kvävet vara organiskt bundet och därmed inte lika lättillgängligt för grödorna som handelsgödsel. Det kan även kanske vara svårt att tillgodose de olika växternas näringsbehov då endast stallgödslet finns att tillgå där det näringsmässiga innehållet inte går att påverka. Ur kvävekretsloppssynpunkt vore dock detta väldigt positivt om det vore möjligt att endast använda det egna stallgödslet och därmed inte behöva köpa in handelsgödsel.

Ledgard & Lou (2008) har visat att växter använder kväve i gödsel effektivt till sin tillväxt. Detta tillskott av kväve gör att växten lagrar in en större andel kväve. Kon får då en större mängd kväve i dess foder, vilket i sin tur leder till en större andel kväve i urinen och även en ökad sannolikhet för kväveförluster. Det är därmed viktigt att se över mjölkornas foderstater och kontrollera fodrets näringsinnehåll så att man kan undvika överutfodring av kväve.

Slutsats

Stora mängder kväve i form av olika föreningar cirkulerar i kretsloppet hos vall, mjölkko och gödsel. De föreningar som bildas tar olika vägar, de har även olika påverkan på miljön. Bra, effektiva strategier för att minska kväveförluster från lantbruket är viktigt. Många förslag till att minska kväveförluster finns redan men fler som främjar ett kretslopp av kväve med minimerade förluster krävs.

Referenser

- Broderick, G.A., Stevenson, M.J., Patton, R.A., Lobos, N.E., Olmos Colmeneros, J.J. 2008. Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows. *Journal of dairy science* 91, 1092-1102.
- Carlgren, K., Mattsson, L. 2001. Swedish soil fertility experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and plant Science*. 51, 49-76.
- Cherney, D.J.R., Mertens, D.R. 1998. Modelling grass utilization by dairy cattle. In: *Grass for dairy cattle* (eds Cherney, J.H., Cherney D.J.R.), 351-371. CABI publishing, New York.
- Elding, L.I. Nationalencyklopedin. April 2010a. http://www.ne.se/lang/kv%C3%A4ve?i_whole_article=true#.
- Elding, L.I. Nationalencyklopedin. April 2010b. http://www.ne.se/lang/ammoniak?i_whole_article=true.

- Gerzabek, M.H., Kirchmann, H., Haberhauer, G., Pichlmayer, F. 1999. The response of soil nitrogen and ¹⁵N natural abundance to different amendments in a long-term experiment at Ultuna, Sweden. *Agronomie* 19, 457-466.
- Granstedt, A. 2000. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment – experience from Sweden and Finland. *Agriculture, ecosystems & environment* 80, 169-185.
- Hollmann, M., Knowlton, K.F., Hanigan, M.D. 2008. Evaluation of solids, nitrogen, and phosphorus excretion models for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 1245-1257.
- Huhtanen, P., Hristov, A.N. 2009. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *Journal of dairy science* 92, 3222-3232.
- Huss-Danell, K. 2001. Växtfysiologi. In: *Växtproduktion i jordbruket* (ed. H. Fogelfors), 83-117. Natur och kultur/LTs, Borås, Sweden.
- Jarvis, S.C. 1998. Nitrogen management and sustainability. In: *Grass for dairy cattle* (eds. J.H. Cherney, D.J.R. Cherney), 161-192. CABI Publishing, New York.
- Jordbruksverket. 2004:1. Förutsättningar för en minskning av växthusgasutsläppen från jordbruket. http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra04_1.pdf.
- Ledgard, S.F., Luo, J. 2008. Nitrogen cycling in intensively grazed pastures and practices to reduce whole-farm nitrogen losses. *Multifunctional grasslands in a changing world, volume 1*. Conference paper, 292-297.
- Ledgard, S.F., Penno, J.W., Sprosen, M.S. 1999. Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as affected by nitrogen fertilizer application. *Journal of agricultural science* 132, 215-225.
- Ledin, S. 2001. Mark. In: *Växtproduktion i jordbruket* (ed. H. Fogelfors), 53-82. Natur och kultur/LTs, Borås, Sweden.
- Lärn-Nilsson, J., Jansson D.S., Strandberg L. 2005. Fodersmältning. In: *Naturbrukets husdjur del 1*, 139-154. Natur och kultur/fakta etc, Sundbyberg, Sweden.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 2002. *Animal nutrition*. Pearson education limited, Harlow, United Kingdom.
- Monaghan, R.M., Hedley, M.J., Di, H.J., McDowell, R.W., Cameron, K.C., Ledgard, S.F. 2007. Nutrient management in new Zealand pastures-recent developments and future issues. *New Zealand journal of agricultural research* 50, 181-210.
- Oenema, O., Oudendag, D., Velthof, G.L. 2007. Nutrient losses from manure management in the European Union. *Livestock Science* 112, 261-272.
- Oenema, O., Tamminga, S. 2005. Nitrogen in global animal production and management options for improving nitrogen use efficiency. *Science in China* 48, 871-887.
- Powell, J.M., Li, Y., Wu, Z., Broderick, G.A., Holmes, B.J. 2008. Rapid assesment of feed and manure nutrient management on confinement dairy farms. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82, 107-115.
- Rodhe, L., Pell, M., Yamulki, S. 2006. Nitrous oxide, methane and ammonia emissions following slurry spreading on grassland. *Soil Use and Management* 22, 229-237.
- SCB 2007. Statistiska Centralbyrån. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden. MI 40 SM 0701. Kväve- och fosforbalanser för jordbruksmark och jordbrukssektor 2005.
- Sjaastad, Ø.V., Hove, K., Sand, O. 2007. The digestive system. In: *Physiology of domestic animals*, 489-564. Scandinavian veterinary press, Oslo, Norway.

Sørensen, P., Weisbjerg, M.R., Lund, P. 2003. Dietary effects on the composition and the plant utilization of nitrogen in dairy cattle manure. *Journal of Agricultural Science* 141, 79-91.

Nr	Titel och författare	År
295	Effects of peat and wood shavings as bedding on the faecal microflora of horses 30 hp E-nivå Louise Hübinette	2010
296	Inverkan av SPC på induktion av protein AF och produktionsresultat hos slaktkyckling 30 hp D-nivå Jessica Lundqvist	2010
297	Bacterial contamination of eggshells in aviary system and conventional cages in Jordan 15 hp C-nivå Åsa Karlsson	2010
298	Calcium homeostasis at calving in cows milked prepartum 30 hp E-nivå Sabine Ferneborg	2010
299	Placentan och livmoderns samspel och inverkan på utvecklingen av mjölkörtelvävnad The interplay between uterus and placenta and their effect on mammary gland development 15 hp C-nivå Carolin Engström	2010
300	Kraftfoders påverkan på hästars prestation The impact of concentrates on exercise performance of the horse 15 hp C-nivå Jonna Kangas	2010
301	Mykotoxiner och deras effekt på hästens hälsa Mykotoxins and their effects on horse health 15 hp C-nivå Helen Pilskog	2010
302	Olika mastitpatogener inverkan på mjölk kvalitet och juverhälsa Different mastitis pathogens impact on milk quality and udder health 15 hp C-nivå Sara Andersson	2010
303	Reproduktion och odling av ål The reproduction and culture of eel 15 hp C-nivå Pernilla Norberg	2010

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
