



---

**MTTK — MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**Tiedote 6/83**

**ERKKI KEMPPAINEN och MAIJA HEIMO**  
Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto

**Förbättring av stallgödselns utnyttjande**

Litteraturöversikt

**JOKIOINEN 1983**  
**ISSN 0359-7652**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 6/83

ERKKI KEMPPAINEN och MAIJA HEIMO/MTTK

Förbättring av stallgödseIns utnyttjande  
Litteraturöversikt

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto  
31600 JOKIOINEN  
(916) 133 33

ISSN 0359-7652

Innehållsförteckning	sid.
INLEDNING	3
1. STALLGÖDSELMÄNGDER, SKÖTSEL OCH ANVÄNDNING AV GÖDSEL I VART LAND	3
1.1. Stallgödselmängder	3
1.2. Skötsel och lagring av stallgödsel	6
1.3. Gödselanvändning	6
1.3.1. Gödslingsanvändning	6
1.3.2. Annan användning	8
2. STALLGÖDSELNS GÖDSLINGS- OCH JORDFÖRBÄTTRINGSEGENSKAPER	9
2.1. Gödselns näringsämnen, gödslingsverkan	9
2.2. Inverkan på jordmånens egenskaper	14
2.2.1. Markstruktur	14
2.2.2. Markens jonbytes- och buffringskapacitet	14
2.2.3. Markens biologiska egenskaper	15
3. TILLVARATAGANDE OCH LAGRING AV STALLGÖDSEL	16
3.1. Tillvaratagande av gödselns beståndsdelar	16
3.2. Förändringar i gödseln under lagring	16
3.2.1. Gödselnedbrytningen	16
3.2.2. Näringsförluster och deras förhindrande	18
3.2.2.1. Avrinningsförluster	18
3.2.2.2. Förebyggande av gödselnedbrytning	19
3.2.2.2.1. Fysikaliska metoder	19
3.2.2.2.2. Kemiska metoder	21
3.2.2.3. Kväveavdunstning	22
3.2.2.3.1. Avdunstningsmekanism och därpå inverkan faktorer	22
3.2.2.3.2. Förebyggande av avdunstning genom syring av gödsel	24
3.2.2.3.3. Förebyggande av avdunstning med andra kemikalier	28
3.2.2.3.4. Förebyggande av avdunstning med fysikaliska metoder	29
3.2.2.3.5. Betydelse av denitrifikation	30
3.3. Fastgödselhantering	30
3.3.1. För- och nackdelar	31
3.3.2. Strö	33
3.3.3. Strömetoden	38
3.3.4. Urinbrunnsmetoden	40

		2
		sid.
3.4.	Flytgödselhantering	42
3.4.1.	För- och nackdelar	43
3.4.2.	Flytgödselmetoden	46
4.	GÖDSLING MED STALLGÖDSEL	49
4.1.	Spridningstid	50
4.1.1.	Spridning på träda och bar mark om hösten	50
4.1.2.	Spridning på vintern	53
4.1.3.	Spridning på våren	55
4.1.4.	Spridning under växtperioden	56
4.1.5.	Väderlek vid spridningstidpunkt	57
4.2.	Spridningssätt	57
4.3.	Spridningsmängd	59
4.4.	Växtslag som skall gödglas	62
4.5.	Kompletteringsgödsling	65
4.6.	Gödselns efterverkan	67
4.7.	Stallgödselns verkan jämförd med handelsgödselns	70
5.	REKOMMENDATIONER FÖR EN EFFEKTIVERING AV STALLGÖDSELAN- VÄNDNINGEN	72
6	LITTERATURFÖRTECKNING	75

## INLEDNING

Det kontinuerligt stigande priset på handelsgödsel har gjort det befogat att undersöka möjligheterna till ett bättre användande av gödslingsmedlen. Av de inhemska gödslingsmedlen är stallgödsel till näringsinnehållet det mest betydelsefulla. Dessa omständigheter ligger till grund för denna litteraturundersökning, till vars mål ställdes att samla litteraturuppgifter om stallgödsel och på basen därav framlägga rekommendationer om effektivisering av stallgödselanvändning. Initiativ till litteraturundersökningen togs av Lantbrukscentralernas förbund och finansieringen ordnades av Jord- och skogsbruksministeriet. Undersökningen utfördes vid Institutionen för agrikulturkemi och -fysik år 1981.

### 1. STALLGÖDSELMÄNGDER, SKÖTSEL OCH ANVÄNDNING AV GÖDSEL I VÅRT LAND

#### 1.1. STALLGÖDSELMÄNGDER

Vid uppskattning av mängden stallgödsel i vårt land och dess innehåll av växtnäringsämnen används i vanliga fall djurantalet, mängden spillning per djur och spillningens växtnäringsinnehåll som beräkningsgrunder. Då mängden avföring och dess innehåll av växtnäringsämnen i avgörande grad beror på djurens ålder och utfodring måste också dessa faktorer tas i beaktande vid beräkningarna. HOLMA (1981, s. 6) (tabell 1) har presenterat en uppskattning av mängden husdjursgödsel i vårt land baserad på antal djur givet i jordbruksstyrelsens månadsrapporter, svenska uppgifter om djurens gödselproduktion samt enhetskoefficienter för nöt och svin. I beräkningarna har man valt 0,5 till nötenhetskoefficient för tjurar och kvigor över ett år och 0,25 för kalvar. För svin har man valt gödsvin till enhet och jämfört med dem producerar suggor med spädgrisar samt galtar en tre gånger så stor mängd gödsel. Gödsel från andra husdjur har uppskattats direkt på basen av djurens antal och gödselproduktion per djur.

Tabell 1. Husdjurens gödselproduktion i vårt land enligt HOLMA (1981, s. 6).

Djurenhet	Djurantal milj.	Gödselmängd, milj. kg/år		
		Träck	Urin	Totalt
Nötenheter	1,064	10 650	4 800	15 450
Gödsvinigheter	1,270	1 000	1 500	2 500
Höns	7,000	350		350
Pälsdjur	4,800	100		100
Häst	0,022	250	100	350
Får	0,113	100	50	150
Sammanlagt		12 450	6 450	18 900

På basen av antalet djurenheter och växtnäringsämnen i avföringen enligt i huvudsak svenska forskare har HOLMA (1981, s. 10) i Finland framställt en uppskattning av totalmängden viktiga näringsämnen i avföringen (tabell 2).

Tabell 2. Mängden kväve, fosfor och kalium i husdjursavföringen enligt HOLMA (1981, s. 10).

Djurslag	Afvöringens näringsinnehåll milj. kg/år		
	N	P	K
Nöt	80	12,8	85
Svin	18	5,1	5,1
Höns	2,8	0,4	1,3
Pälsdjur	1,0	1,0	0,2
Häst	0,6	0,3	0,6
Får	0,7	0,1	0,3
Sammanlagt	102,1	19,7	92,5

De tal som HOLMA (1981, s. 10) framför som mängden näringsämnen i avföringen är synnerligen stora. För kvävet del motsvarar näringsmängden i husdjurens avföring 52 % av till handeln levererad näringsmängd från Kemira Ab gödslingsåret 1979-80 (jfr ANON. 1980). För fosfor del är motsvarande tal 30 % och för kalium 79 %. Man bör dock komma ihåg, att talen i tabell 2 baserar sig på uppskattningar.

När man börjar göra uppskattningar om vilken betydelse stallgödseln har vid gödsling av odlingsväxter måste man ta i beaktande de näringsförluster som sker vid lagring och spridning samt näringsämnenas verkan för växterna. Gödselns fosfor och kalium anses allmänt till verkan vara nära jämförlig med fosfor och kalium i handelsgödsel (ERIKSSON m.fl. 1977, s. 293), men kväve i stallgödseln har lägre verkan än handelsgödselns. Av gödselns näringsämnen är kväve också mest känsligt för lagrings- och spridningsförluster. Av dessa orsaker är det på plats att göra beräkningar om gödselkvävet andel av näringstillförseln till odlingsväxterna i vårt land.

Det lär vara realistiskt att i praktiken uppskatta kväveförlusterna under lagring av strögödsel till 25-30 % och för flytgödsel till 5-10 % (jfr FREDRIKSSON och BENGTTSSON 1952, s. 66, SCHMALFUSS och KOLBE 1963). Större uppskattningar, t.o.m. 70 %:s lagringsförlust för strögödsel, har visserligen framförts (SIMAN 1981). Kvävet verkan för lagrad fast gödsel är under det första året 30-40 % och kvävet verkan för flytgödsel t.o.m. 70 % jämfört med kvävet i handelsgödsel (ERIKSSON m.fl. 1977, s. 293). Då man i vårt land, enligt HOLMA (1981, s. 6), hanterar 18,5 %

av färskgödseln som flytgödsel, finns det i denna mängd gödsel för växterna användbart kväve:

$102,1 \text{ milj. kg (kvävemängd i gödseln)} \times 0,185 \text{ (flytgödselns andel)} \times 0,9-0,95 \text{ (iakttaget lagringsförluster)} \times 0,70 \text{ (andelen tillgängligt kväve)} = 11,9-12,6 \text{ milj. kg.}$

Mängden av användbart kväve för växter ur fastgödsel kan på motsvarande sätt uppskattas till:

$102,1 \text{ milj. kg} \times 0,815 \times 0,70-0,75 \times 0,3-0,4 = 17,5-25,0 \text{ milj. kg.}$

Sammanlagt kan man alltså uppskatta för växterna användbart kväve årligen till 29,4-37,6 milj. kg. När ungefär en femtedel av den avsöndrade gödseln går direkt till betesmarken (HOLMA 1981, s. 1) blir den lagrade gödselns mängd av användbart kväve 23,5-30,1 milj. kg per år. Denna mängd är 12,0-15,3 % av den av Kemira Ab levererade mängden handelsgödselkväve och adderat till detta utgör det 10,7-13,3 % av odlingsväxternas kvävegödsling.

I den ovan framförda beräkningen har inte skilt tagits i beaktande den kväveförlust som sker vid spridning av gödsel, vilken vid spridning på ytan kan vara mycket stor. En del av kväveförlusten under spridningen har visserligen beaktats i siffrorna för andelen användbart kväve av totaltkvävet. Å andra sidan har inte i beräkningen tagits i beaktande stallgödselns större efterverkan jämfört med handelsgödsel, vilket å sin sida skulle höja stallgödselkvävet betydelse i växternas näring.

Förut nämndes att stallgödselns fosfor och kalium är till sin användbarhet nästan jämförliga med handelsgödselns. Näringsmängderna som framförts i tabellen fås ändå inte cirkulerat tillbaka till växtproduktionen, för tillvaratagandet av gödseltillgångarna är bristfälligt på många gårdar. Med borttrinnande urin och gödselvatten förloras en stor del av gödselns kalium. Enligt SIMAN (1981) kan förlusten av fosfor vara 25 % och av kalium 40 % under tillvaratagandet och lagringen av gödseln. Vidare kan en spridning av gödseln på markytan under ofördelaktiga tider förorsaka näringsämnesförluster med ytströmningen.

LATURI (1977) har uppskattat att år 1975 andelen näringsämnen från stallgödsel för kväve 15 % för fosfor 10 % och för kalium 25 % av de till gödsling använda näringsämnena.

## 1.2. SKÖTSEL OCH LAGRING AV STALLGÖDSEL

HOLMA (1981, s. 6) har uppskattat att det bildas ca 18,9 miljarder kg avföring från husdjuren i vårt land. Av detta är 12,45 miljarder kg träck och 6,45 miljarder kg urin (tabell 1).

Av denna mängd hanteras ca 3,5 miljarder kg eller 18,5 % som flytgödsel (HOLMA 1981, s. 6).

Den årligen upplagrade mängden stallgödsel har av HOLMA (1981, s. 7) uppskattats till 12,5 miljarder kg, varav fastgödsel är 6,4, urin 2,6 och flytgödsel 3,5 miljarder kg. Flytgödselns andel är sålunda ca 28 % av den lagrade mängden gödsel. Den minskade mängden upplagrad gödsel jämfört med mängden spillning förklarar HOLMA (1981, s. 7) bero på gödselns brinning och andelen spillning som blir på bete. Också urinavrinningsförluster är en orsak.

I vårt land bedrivs husdjursskötsel på ca 100 000 gårdsbruk och av dem hanterar ca 90 % spillningen som fast gödsel. På dessa gårdar är den s.k. urinbrunnsströmetoden den mest allmänna. Med metoden absorberas en del av urinen i ströet medan en del avskiljs till urinbrunnen. Det finns ca 10 000 djurstall där urinbrunnsmetoden används och under 1 000 gårdar där djupstallsmetoden används. Flytgödselmetoden är i bruk på ca 9 000 gårdar, enligt HOLMA (1981, s. 15).

Flytgödselhantering har blivit allt vanligare i vårt land under de senaste åren. Enligt HOLMA (1981, s. 12) används flytgödselmetoder speciellt i gödsvinstall samt i stora mjölkkladugårdar och ungnötsstall. Flytgödselhantering är i bruk vanligen på större boskapsfarmer.

## 1.3. GÖDSELANVÄNDNING

### 1.3.1. Gödslingsanvändning

Om användningen av stallgödsel för gödsling av olika odlingsväxter i vårt land finns inga exakta uppgifter. I det här avsnittet behandlas också närmast rekommendationer för gödsel användningen.

Enligt SALONEN (1949, s. 190-191) är jordarter och växtsorter de viktigaste faktorer som reglerar stallgödsel användningen. Stallgödsel bör användas till sådana jordarter, som drar mest nytta av detta. Sålunda är de mullfattiga och



fasta jordarna och jordarna som lider av torra de förmånligaste objekten för användning. På dessa jordar kan man vänta att stallgödseln verkar både som gödslings- och jordförbättringsmedel. Å andra sidan borde stallgödseln användas för sådana växtslag, som har en lång växtperiod. Man har märkt att potatis och sockerbetor drar större nytta av stallgödseln än spannmålsväxter (tabell 3).

Tabell 3. Verkan av stallgödsel jämförd med handelsgödsel (= 100) för olika odlingsväxter, enligt SALONEN (1949, s. 19).

Växt	Stallgödselns verkan på skörd Relationstal (gödsling med handelsgödsel = 100)
Potatis	80-100
Kålrot el. turnips	60- 80
Vårsäd	40- 50
Höstsäd	10- 50

Enligt SALONEN (1949, s. 192) är stallgödsel vid vallanläggning ett ojämförligt gödslings- och jordförbättringsmedel. Stallgödsel förbättrar också baljväxternas tillväxt i vallen (SALONEN 1949, s. 192).

När man försöker få största möjliga nytta av stallgödseln bör man fästa speciell uppmärksamhet på mängden stallgödsel och tilläggsgödslingen. Enligt lagen om tillväxtfaktorer kan växterna inte tillgodogöra sig ett överskott av någon tillväxtfaktor, ifall det samtidigt råder brist på någon annan tillväxtfaktor. Då man med gödsling kan inverka enbart på växternas mineralnäring, får man med en liten gödselmängd i vanliga fall en större skördeökning per ton använd gödsel än med en stor gödselmängd. Förutom till ett sämre nyttoförhållande leder övergödsling till miljöproblem p.g.a. ökad urlakning.

Den arbetsdryga utbredningen av stallgödsel och svårigheterna med att jämnt breda ut små mängder gödsel är faktorer som talar för stora mängder stallgödsel åt gången. Enligt SALONEN (1949, s. 193) är 20 000 kg/ha den minsta mängd som kan komma i fråga för gödsling av t.ex. skyddssäd i vall. Till potatis och rotväxter kan man enligt SALONEN (1949, s. 193) med goda resultat ge 30 000-40 000 kg fast gödsel per hektar. Enligt KAHARI (1974) är 40 000 kg flytgödsel från nötdjur per ha en lämplig mängd för gödsling av stråsäd. SALLASMAA (1979) rekommenderar om våren 30 000 kg/ha stallgödsel eller svinflytgödsel till vårsäd, 30 000 kg/ha svinflytgödsel till våroljeväxter och 30 000 kg/ha fast stallgödsel till potatis.

Som komplettering till stallgödsel har man i vårt land nästan alltid rekommenderat en fosforgiva (SALONEN 1949, s. 193; KAILA 1950 a). Enligt KAILA (1950 a) är behovet av fosfortillskott vid gödsling av potatis 10-20 kg superfosfat per ton stallgödsel. Också kvävetillskott har rekommenderats för effektivisering av gödslingsverkan av fastgödsel (KAILA 1950 a).

Situationen beträffande tilläggsgödsling har säkert ändrat under de senaste tre årtionden, för fosforsituationen i våra marker har förbättrats avsevärt och flytgödseln avviker mycket till sin näringssammansättning från fast gödsel. Nya rekommendationer, som baserar sig på försök, angående en komplettering av stallgödsel med handelsgödsel finns inte i vårt land. SALLASMAA (1979) rekommenderar 100 kg ulesalpeter/ha till vårsäd på lerjordar som komplettering till fast stallgödsel (30 000 kg/ha), medan svinflytgödsel kan användas utan komplettering av handelsgödsel till detta ändamål. Till våroljeväxter rekommenderar man att svinflytgödsel (30 000 kg/ha) kompletteras med 100 kg ulesalpeter/ha. På andra än lerjordar kan man enligt SALLASMAA (1979) använda fast stallgödsel och flytgödsel till gödsling av vårsäd och våroljeväxter utan tillsats av handelsgödsel. Till potatis rekommenderas jämte 30 000 kg fast stallgödsel/ha, 300 kg superfosfat/ha på lerjordar och 400 kg superfosfat/ha på mjäla-, morän-, mull- och torvjordar (SALLASMAA 1979).

Utkörning av stallgödsel på åkrarna sker i vårt land i allmänhet då det är arbets tekniskt mest fördelaktigt. Stallgödsel sprids ut mycket på träda och på vintern på frusen mark eller på snö. SALONEN konstaterar i sin lärobok, som kom ut redan år 1949, att det bästa förfaringssättet skulle vara att låta gödseln stå orörd till våren, varefter den körs ut på åkern och sprids samt nermyllas genast. Alltför små gödselstäder och en bråd vartid har dock lett till gängse förfaringssätt.

### 1.3.2. Annan användning

Man har i någon mån försökt med stallgödsel som energikälla vid biogasframställning och för utnyttjande av komposteringsvärme. Kompostering är dock skadlig för kvävet i stallgödseln. Biogasproduktion genom gödselörruttnelse är åter en mycket dyr lösning med avseende på anläggningskostnader för utrustningen. Dessutom är förutsättningarna för biogasproduktion i vårt land sämre än i många andra länder p.g.a. klimatförhållanden och husdjursbesättningarnas ringa storlek. HOLMA (1972, s. 128) anser att biogasproduktionen har närmast en teoretisk möjlighet vid avvärjningen av energikrisen i vårt land. På något gårdsbruk kan dock tillvarataget av gödselenergi i gasform visa sig lönsamt också i Finland. För-

ruttnelsen i samband med biogasproduktionen har visat sig förstöra patogena mikroorganismer och betydligt minska gödselns otrevliga lukt, varför också denna metod har en upphjälpande inverkan på gödselutnyttjandet.

Man har också prövat stallgödsel som foder till husdjur. Tillsammans med annat foder har man utfodrat nötgödsel till nötdjur och höns- och broilergödsel till notkreatur, får och höns (ANTHONY 1971, BUCHOLTZ m.fl. 1971, BULL och REID 1971, FLEGAL och ZINDEL 1971, FONTENOT m.fl. 1971, HODGETTS 1971, SMITH m.fl. 1971, NASI 1975, HALL och KEYS 1980). Resultaten från gödselanvändningen i foder har överlag varit goda. Enligt NASI (1975) har man använt torkad stallgödsel i kraftfoderblandningar i England redan under flera års tid. I Finland har användningen av gödsel i foder inte ännu blivit allmän.

Gödselanvändning i foder och som energikälla är först nu på forsknings- och utvecklingsstadiet och har för tillfället intena någon betydelse för effektiveringen av gödselanvändningen. I framtiden kan gödselanvändningen i foder och för biogasproduktionen på gården ha stor betydelse. I denna förundersökning koncentrerar vi oss dock på användningen av stallgödsel som gödslings- och jordförbättringsmedel.

## 2. GÖDSELNS GÖDSLINGS- OCH JORDFÖRBÄTTRINGSEGENSKAPER

Stallgödseln, som är ett organogent ämne, har som sådant en inverkan på markens kemiska, fysikaliska och biologiska egenskaper. Gödselns inverkan på marken är därför större än handelsgödselns, som påverkar markens fysikaliska och biologiska egenskaper närmast enbart genom en förbättrad växtnäring. Ändock grundar sig också stallgödselns värde enligt nutida uppfattning nästan fullständigt på de växtnäringsämnen den innehåller, och av dem närmast på kväve, fosfor och kalium (SPECHT 1968, ALLISON 1973, s. 424).

Av värden för stallgödselns näringsämnen är kväve i en specialställning. Av näringsämnena är ju kväve oftast en minimifaktor i växtodlingen, och å andra sidan försvinner det lätt med flödvatten eller avdunstar från gödseln. Det är uppenbart, att gödselns höjande inverkan på skörden beror främst på hur väl gödselns kväve är i behåll och på dess tillgänglighet för växterna.

### 2.1. GÖDSELNS NÄRINGSÄMNEN, GÖDSLINGSVERKAN

Stallgödseln innehåller alla växtnäringsämnen och dessutom grundämnen som har betydelse för husdjurens näring. I färsk träck är näringsämnena i en svårslöslig

form, men deras användbarhet för växterna förbättras när träcken sönderdelas, vid lagring eller i marken. Urinens näringsämnen är däremot vattenlösliga, och t.ex. urea är som sådant en användbar kvävekälla för växterna. Vårserligen mineraliseras urinens organiska föreningar tämligen snabbt i marken eller vid lagringen.

Spillningens mängd och näringsammansättning varierar betydligt för olika husdjur och beror mycket på utfodringen. Värdena i tabell 4, som baserar sig på svenska litteraturuppgifter representerar tämligen väl nuvarande mängd spillning per djur samt däri avsöndrad mängd kväve, fosfor och kalium.

Tabell 4. Mängd spillning och däri avsöndrad mängd kväve, fosfor och kalium för olika husdjur enligt STEINECK (1974 b) och ERIKSSON m.fl. (1977, s. 289).

Djurslag	Spillning kg/djur/år	Torr substans %	Näringsämnen i spillningen kg/djur/år		
			N	P	K
Mjölko					
träck	8500-11000	16-25	39	12	24
urin	3500- 5000	4- 7	36	0	56
totalt	12000-16000		75	12	80
Sugga					
träck	2000	16-25	8,8	3,2	5,8
urin	2500	3- 5	11,2	0,8	18,2
totalt	4500		20,0	4,0	24,0
Gödsvin					
träck	700	16-20	3,5	1,6	2,4
urin	1100	3- 5	4,5	0,4	7,6
totalt	1800		8,0	2,0	10,0
Höns	40- 70	10-20	1,0	0,3	0,3
Får	700	29	5,0	1,0	0,4
Häst	9400	21	65	10	50

Av spillningens kväve är för kon 46 % och för svin 56 % i urinen. Kons fosfor avsöndras helt i träcken, medan svinens urin innehåller ca 20 % av den avsöndrade fosfor. Av spillningens kalium är 70 % i urinen för kon, medan 76 % är i urinen för svin.

Spillning som lagras och sprids ut innehåller varierande mängd strö, foderrester, tvättvatten samt avsiktligt tillsatt vatten, vilket inverkar på spillningens näringshalt, näringsämnenas användbarhet och spillningens användningsegenskaper.

Gödselns näringsinnehåll enligt gjorda analyser i Finland finns i tabell 5.

Tabell 5. Gödselns kväve-, fosfor- och kaliumhalt i Finland enligt KERÄNEN (1966) och KÄHÄRI (1974).

Näringsämne	Halt % av gödselns torrsubstans i medeltal			
	Lösdrift	Båsladugård	Flytgödsel	
Nöt			Svin	
N-total	25,5	25,5	43,3	92,5
-lösligt	5,3	5,2	24,9	67,8
P (total)	4,3	7,3	8,7	26,7
K (total)	30,5	25,7	42,1	44,4

De större näringshalterna i flytgödsel jämfört med strögödsel kan delvis bero på en mera intensiv utfodring från år 1966, då KERÄNENS strögödselundersökningar och år 1974 då KÄHÄRIs flytgödselundersökningar var gjorda. Ändock torde den största inverkan på gödselns näringsinnehåll finnas i själva gödselmetoden. Strögödselets innehåll av näringsämnen i torrsubstansen är mindre än flytgödselets av den orsaken, att använda strömedel ofta är fattiga på näringsämnen. Ju mera strömedel som används (mera i lösdrifts- än i båsladugårdar) desto lägre är gödselns fosforhalt. Detta är förstäligt, ty fosfor som avsondras nästan enbart i träcken, är inte känsligt för avrinningsförluster och halmströ är fosforfattigt. Det, att gödsel från lösdriftsladugårdar innehåller lika mycket kväve och mera kalium än gödsel från båsstalladugårdar, beror dels på den större strömmängdens förmåga att binda vattenlösliga näringsämnen, dels på det kalium som kommer från halmströet. Dessutom förhindrar den långsamma ammoniakavdunstningen från gödseln i lösdriftsladugårdar en minskning av gödselns kvävehalt när strömmängden ökar. De större halterna av näringsämnen i flytgödsel beror delvis också av att näringsämnen inte försvinner med borttrinnande gödselvatten eller genom avdunstning. Till flytgödselets fördel skall dessutom räknas den stora andelen lösligt kväve (57-73 % av totalkväve) jämfört med strögödsel (lösligt kväve 20-21 % av totalkväve).

När man granskar gödselns halt av näringsämnen skall man minnas, att de tal som presenterats är medeltal och variationen är mycket stor. T.ex. kaliumhalten i svinflytgödsel, vars medeltal i KÄHÄRIs (1974) undersökningar var 44,4 ‰ av torrsubstansen varierade inom gränserna 8,3-106,5 ‰ av ts. Halten av lösligt kväve i båsstallgödsel, 5,2 ‰ av ts i KERÄNENS (1966) undersökningar, är ett medeltal för prov där halten varierade inom gränserna 0,6-9,1 ‰ av torrsubstansen.

Också halten av andra näringsämnen än kväve, fosfor och kalium i gödseln varierar speciellt mycket. Förutom av gödselhanteringsmetoden förorsakas variationer av foderslag i utfodringen, deras gödsling och mineralsalter i utfodringen. I KAHARIs (1974) undersökning erhöles halter av näringsämnen enligt följande:

	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
nöt	16,1	4,7	3,7	0,79	0,22	0,06	0,15
svin	28,0	7,1	12,9	1,00	0,25	0,35	0,42

Mängden spårämnen, som kommer till marken från dessa gödselslag, är tämligen stor. Enligt KAHARI (1974) kommer till marken med 40 ton svinflytgödsel 2,4 kg järn, 0,6 kg mangan, 0,8 kg koppar och 1,0 kg zink. I flytgödsel från nöt är motsvarande mängder 2,5 kg järn, 0,7 kg mangan, 0,2 kg koppar och 0,5 kg zink. Man har också misstänkt att fodersalternas stora mängd koppar, som kommer i djurens gödsel, i vissa fall kan förorsaka förgiftningar i växter och djur som äter dessa växter, fastän man inte kunnat bevisa detta (KOFÖED 1981 a).

I organogena gödselmedel är näringsämnenas användbarhet alltid en faktor som inverkar på medlets gödslingvärde. För stallgödsel beror näringsämnenas användbarhet naturligtvis mycket på om det finns en vegetation som tillgodogör sig näringsämnena då när de frigörs, eller om de blir utsatta för urlakning. Å andra sidan inverkar gödselns tillvaratagnings- och upplagringsmetod avsevärt på näringsämnenas hållbarhet och användbarhet i gödseln. Dessutom har man märkt att olika odlingsväxter kan tillgodogöra sig gödselns näringsämnen på olika sätt. Urinens vattenlösliga näringsämnen är ursprungligen i en för växterna användbar form, och urinens andel av gödselns kväve och kalium är mycket betydelsefull (tabell 4). Beroende av gödselns lagringssätt ändrar dock kvävet användbarhet under lagringstiden. Därför uppskattar man också, att kväve i halmströgödsel har en förstaårseffekt som bara är 30-40 % av handelsgödselkvävetts effekt (ERIKSSON m.fl. 1977, s. 293). Flytgödselkvävetts löslighet åter ökar under lagringen (STEWART 1968), och dess effekt jämfört med handelsgödselkvävet uppskattas till 70 % (ERIKSSON 1977, s. 293). Skillnaden beror på strögödselkvävetts avdunstning, avrinningsförluster och biologisk absorption i mikroflora som spjälkar halmströet.

Beträffande stallgödselns fosfor och kalium är man av den åsikten, att de till sin effekt motsvarar handelsgödselns fosfor och kalium (HAUGLAND 1942, ERIKSSON m.fl. 1977, s. 293). Angående kalium är det här förstaeligt, för kalium är ju i celler och i vävnader enbart som vattenlösliga elektrolyter. Fosfor är i växter och djur som cellbyggnadsämnen. Dess användbarhet beror också på andra

faktorer än halten lösligt fosfor i gödseln. Enligt KAILA (1950b) kan man på basen av laboratorieförsök beräkna gödsel-fosforns användbarhet för växter till ca 70 %. Att gödseln hamnar i kokor på marken förorsakar å andra sidan det, att dess fosfor inte kommer åt att reagera med jordpartiklarna utan hålles längre i lös form än handelsgödsel-fosfor (KAILA 1950b). Gödselns skyddande verkan höjer fosforns användbarhet så mycket att effekten för gödselns totalfosfor kan uppskattas till samma som för handelsgödsel-fosfor. En ojämn inblandning i marken, och det att fosfor inte just rör sig i marken, kan visserligen leda till ett ojämnt fosforutbud för växterna. När gödseln sprids på åkern sönderdelas den och frigör de växtnäringsämnen den innehåller. Hur snabbt det här sker beror mycket på gödselns egenskaper. Brunnen fastgödsel och flytgödsel innehåller redan vid spridningsskedet en stor del av näringsämnena i en för växterna användbar form, men obrunnen strögödsel kan tillfälligt åstadkomma, att näringsämnen i marken absorberas av mikroorganismer som utför nedbrytningsarbetet. När gödselnedbrytningen framskrider förändras gödselns näringsämnen så småningom till för växten användbara ämnen. Stallgödselns gödslingsverkan är av den här orsaken långsam och frigöringen av näringsämnen infaller inte alltid mest optimalt med hänsyn till växternas näringsbehov. Detta kan leda till urlakning av näringsämnen. Omneraliserade näringsämnen är å andra sidan skyddade från urlakning.

Gödselnedbrytningen i marken leder till att gödselns organiska föreningar sönderfaller till koldioxid och vatten. Nedbrytningen och överskottet på koldioxid kan i vissa fall åstadkomma syrebrist i marken, men den avdunstande koldioxiden har å andra sidan en gödslingsverkan. Man har förmodat, att det goda tillgodogörandet av stallgödsel för potatis och rotväxter dels beror på deras förmåga att tillgodogöra sig koldioxid, som frigörs från gödseln (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 54). Potatisens och rotväxternas förmåga att bättre än spannmål tillgodogöra sig näringsämnen ur stallgödsel grundar sig dock i huvudsak på det, att de tar upp näringsämnen under en längre tid än spannmål (AARNIO och VUORINEN 1941, s. 37).

Nedbrytningen av stallgödsel kan också ha en inverkan på användbarheten av de växtnäringsämnen som redan finns i marken. Inverkan av det tillförda organiska ämnet på nedbrytningshastigheten för markens humus är känd som en s.k. primingverkan (ALEXANDER 1977, s. 133). Ett bildande av kraftigt reducerande förhållanden och kelaterande sönderdelningsprodukter kan å andra sidan inverka positivt på användbarheten för metaller och till svårslösliga salter upptagna näringsämnen. Det här fenomenet kan ha betydelse närmast för växternas järn-, koppar-, mangan-, zink- och fosfor-näring.

## 2.2. INVERKAN PÅ JORDMANENS EGENSKAPER

Stallgödseln har som organiskt material en inverkan på markens fysikaliska, fysiko-kemikaliska och biologiska egenskaper. Storleken av inverkan beror närmast på den använda mängden stallgödsel, markens egenskaper och odlingstekniken. En ökning av markens organiska substanshalt är dock svår, för gödseln nedbryts snabbt och den mängd organiskt material som tillförs marken är i vanliga fall liten jämfört med den mängd humus, som naturligt finns i marken. I ett 52-årigt försök i Lauchstedt i Tyskland hade de försöksrutor som årligen fått 10 000 kg stallgödsel/ha endast 0,16 procentenheter högre värde för organiskt kol än de försöksrutor som erhållit NPK-gödsel (ANSORGE 1957, ref. SCHEFFER och SCHACHTSCHABEL 1976, s. 64). Stallgödselnedbrytningen har å andra sidan en inverkan på jordmånens egenskaper.

### 2.2.1. Markstruktur

Stallgödsel påverkar markstrukturen genom slemämnen, som bildas som mellanprodukter, och genom humus, som bildas som slutprodukt vid nedbrytningen. Slemämnen och småmolekylära humusföreningar stabiliserar markstrukturen. Nedbrytningens slutprodukt, humus, aggregatens ömsesidiga dragkraft förhindrar att bli alltför stor (ALLISON 1973, s. 317). Indirekt inverkar stallgödseln på markstrukturen också genom sitt näringsinnehåll, ty växternas förbättrade tillväxt leder till bildandet av en fördelaktig grynstruktur.

En bra grynstruktur är en väsentlig sak i växtodlingen. Den skapar möjligheter för växtrötterna att tränga ned till de djupare jordlagrens vatten- och näringskällor. En god markstruktur är också viktig för gasutbytet. Dessutom underlättar en förmånlig markstruktur regnvattnets nedträngande, minskar avdunstningen, hjälper upptorkningen av packade jordar och ökar effektiviteten i vattenanvändningen (ALLISON 1973, s. 347). På grovkorniga mineraljordar kan den bildade humusen ha en viss betydelse genom en ökning av den för växterna tillgängliga vattenmängden.

### 2.2.2. Markens jonbytes- och buffringskapacitet

De organiska ämnena har en mycket stor inverkan på markens katjonbyteskapacitet. Byteskapacitetens storlek beror på markens pH och ökar när pH stiger. Huvudorsaken till denna pH-beroende laddning är humuskolloidernas svagt syrliga karboxyl-, fenola och enola hydroxyl-, imid- m.fl. -grupper, vilka dissocierar först i ett tämligen högt pH (ALLISON 1973, s. 302).

Organiskt material har inte just någon inverkan på markens anjonbyteskapacitet



(ALLISON 1973, s. 305). Samma svagt syrliga grupper, som påverkar markens katjonbyteskapacitet, ökar markens buffringskapacitet mot ändringar i pH.

En stor jonbytes- och buffringskapacitet är fördelaktiga egenskaper i marken. Fastlagda näringsämnen på partikelytorna är inte utsatta för urlakning med neutralt regnvatten eller för avdunstning, men är ändock användbara för växterna. Snabba, för växterna menliga ändringar i pH, kommer å andra sidan inte åt att ske.

### 2.2.3. Markens biologiska egenskaper

Den organogena stallgödseln är en energi- och näringskälla för markens heterotrofa organismer. Indirekt ökar markens biologiska verksamhet också via växternas förbättrade tillväxt. Den livligare bioverksamheten inverkar på den redan i marken befintliga humusnedbrytningen, på näringsämnesmobiliseringen via markens förvittring, på markstrukturen, på bildandet eller nedbrytandet av fytotoxiska ämnen och på växtskadliga organismers livsduglighet.

I nutida växtodling intar växtskyddet en viktig ställning. Man använder ofta kemiska växtskyddsmedel bl.a. för bekämpning av olika sjukdomsalstrare och skadedjur. En strävan till en minskning av bekämpningsmedelsanvändningen har lett till ett allmänt intresse för bekämpning av markspridda patogener och skadedjur genom en förändring av jordmånens biologiska tillstånd. Som en möjlighet ses användningen av stallgödsel. Enligt ALLISON (1973, s. 388-389) är stallgödselanvändning ett av de effektivaste sätten att minska förökningen av och aktiviteten hos patogener som sprids via marken. De organismer som nedbryter gödseln kan inverka på sjukdomsalstrarnas och skadedjurens livsduglighet genom att tävla med dem om näring och energi, genom att producera antibiotiska ämnen och ändra markförhållandena ofördelaktigt för sjukdomsalstrarna (pH, mängden syre och koldioxid). Vår nuvarande kunskap om betydelsen av tillförda organiska medel för upprätthållandet av växtpatogener i marken är dock ringa, ty olika sjukdomsalstrare reagerar olika på en sådan åtgärd beroende på hur obligatoriska de är till naturen och hurvida de bildar varaktiga stadier. Patogenerna har också sinsemellan olikheter, i det hur väl de motstår antibiotiska ämnen och andra antagonistiska fenomen framkallade av organismer som nedbryter organiskt material. Därför kan man inte dra entydiga slutsatser om stallgödselns verkliga betydelse i växtskyddet. Enstaka händelser, där en tillsats av organiskt material till marken har minskat inverkan av växtsjukdomens skada, känner man visserligen till. ALLISON (1973, s. 390) nämner som exempel gröngödslingens eller stallgödselanvändningens inverkan på förekomst av rotröta hos bomull.

Växelverkan mellan växter och deras parasiter är mycket komplicerad. Därför kan man inte alltid avgöra vad t.ex. den minskade inverkan av växtsjukdomsskador vid användning av stallgödsel beror på. En sådan inverkan kan till stor del grunda sig på växtens förbättrade näringstillstånd och därigenom på ökad motståndskraft mot sjukdomsalstrare.

### 3. TILLVARATAGANDE OCH LAGRING AV GÖDSEL

#### 3.1. TILLVARATAGANDE AV GÖDSELNS BESTANDSDELAR

Skötseln av stallgödseln har i vårt land alltid varit dålig (NERONEN 1933; KAILA 1948). Denna uppfattning baseras till stor del på det, att gödselns värdefullaste del, urin, går förlorad redan vid tillvaratagningskedet. Enligt RUOKOSALMI och SURVONEN (1936, s. 11) är detta spillsätt det vanligaste och mest förödande av gödselns näringsförluster. "Ofta kan nästan all urin rinna bort, varvid 2/3 av gödseltillgångarna genast har gått förlorade" (övers.) (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 11).

Ett ordentligt tillvaratagande av urinen är således en väsentlig sak för att få gödselns näringstillgångar tillbaka till växtproduktionen. Man bör vinnlägga sig om att urin och gödselvatten inte i något skede av gödselhanteringen kan rinna bort. Den nuvarande situationen beträffande gödseltillvaratagandet torde vara bättre än under århundradets första decennier, då - enligt lantbruksenkäten av år 1929 - bara 25 % av landets jordbruk hade gödselstad, och av dessa hade 22 % lerbotten och urinbrunn fanns på bara knappt en fjärdedel av jordbruken (ref. NERONEN 1933). Dessutom var vid den tidpunkten 30 % av landets nötboskap i djupströladugårdar (ANON. 1935, s. 12), varifrån man ändock för att undvika försämring av mjölkqualiteten, mockade ut gödseln så ofta som möjligt (NERONEN 1933). En del av bäsladugårdarna hade dåförtiden träbotten (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 24).

Förutom genom att förbättra djurskyddens och gödselställens byggnadsmässiga egenskaper kan man förhindra urinborttrinnandet genom att använda rikligt med strö.

#### 3.2. FÖRÄNDRINGAR I GÖDSELN UNDER LAGRING

##### 3.2.1. Gödselnedbrytningen

Träck och urin är som organogena ämnen utsatta för biologisk nedbrytning. Hastig-

heten beror dock starkt på omständigheterna (mängden fritt syre, pH och temperatur). Med hanterings- och lagringsmetoder kan man i viss mån inverka på huruvida nedbrytningen sker redan under lagringstiden eller först i marken. Om nedbrytningen sker under lagringen kan man å andra sidan hindra att nedbrytningsprodukterna försvinner från gödseln.

Nedbrytningen av gödseln leder till en mineralisering av näringsämnen eller omvandling till en för växterna mer användbar form. För vattenlösliga näringsämnen föreligger en urlakningsfara, ifall gödselvatten kan rinna bort. De oorganiska kväve som bildas vid nedbrytningen är också utsatt för avdunstning i form av gasföreningar (ammoniak, kvävegas och kväveoxider).

Andra fenomen som åstadkoms vid nedbrytningen är bildandet av illaluktande gaser, ökning av gödselns buffringskapacitet, ånyo fastläggning av lösliga näringsämnen vid nedbrytning av strömedel och slutligen stabilisering.

Är då gödselnedbrytningen, "brinningen", under lagringstiden menlig eller fördelaktig, det beror främst på urinavskiljningen, strömedlen och det växtslag som gödslas med stallgödseln. RUOKOSALMI och SURVONEN (1936, s. 12-13) nämner som gödselbrinningens fördelaktiga inverkan försvinnandet av de lättnedbrytbara kol-föreningar (halm och sågspån) som i marken åstadkommer kväveimmobilisation, samt nedbrytningen av de svårlösliga kväveföreningarna, vilket sker mycket långsamt i marken. Dessutom vet man, att färsk stallgödsel kan förorsaka försämrad skörde-kvalitet bl.a. på potatis. Den snabba nedbrytningen av färsk gödsel i marken kan i vissa fall leda till syrebrist i växtsubstratet samt till en höjning av ammoniakhalten till en för växterna giftig nivå. Enligt VIRTANEN (1935) bör man undvika användningen av färsk urin vid gödningen, för dess innehåll av fenoler är giftigt för växterna. STEWART (1968) märkte att lagring av nötflytgödsel förbättrar dess gödningens värde, medan värdet av svinflytgödsel sjunker vid lagring. Som förklaring till fenomenet nämner forskaren, att vid lagring av nötflytgödsel nedbryts de för växterna skadliga föreningarna och att då ökar halten av lösligt kväve. I flere undersökningar har man dock kunnat dra slutsatsen, att halten av för växterna skadliga ämnen ökar vid lagring av flytgödsel (AMSCHLER 1952; GORSKI och WENEROWITCH 1952; GORALSKI 1953; BOGUSZEWSKI 1956; GISIGER 1960, ref. STEWART 1968). Svin-gödsel borde enligt STEWART (1968) användas som färsk gödsel, medan lagring är fördelaktig för nötflytgödsel. I sina slutsatser påpekar forskaren dock att den fördel, som uppnås genom lagring, lätt kan förloras genom kväveavdunstning i ofördelaktiga lagringsförhållanden.

Bland de ofördelaktiga företeelser som gödselnedbrytningen förorsakar är kväveav-

dunstning i form av ammoniak eller denitrifieringsprodukter mest betydelsefull. Då kvävet i träcken är tämligen svårslösligt sker, enligt KAILA (1948), inte några stora kväveförluster vid den fasta gödselns brinnande då, när urinen är avskild. Om urinen däremot samlas med strö tillsammans med träck är kväveförlusten desto större ju mera gödseln får brinna (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 46). De nämner dessutom (s. 13), att mängden ämnen i gödseln som bildar mull och koldioxid (kolgödsling) minskar betydligt under brinningen. Dessutom avtar vid brinningen gödselns inverkan, som gör markens mikrobverksamhet livligare och därmed stabiliserar kornstrukturen. Vilken inverkan gödselbrinningen vid lagringen har på markens skade- och nyttoorganismer vet man inte ännu med säkerhet, fastän man kan anta, att gödselns inverkan på markens biologiska egenskaper överlag minskar vid brinningen. Å andra sidan vet man att brinningen desinfekterar gödseln genom att förstöra patogena mikroorganismer och försvaga ogräsfrönas grobarhet.

I vårt land, där stallgödseltillvaratagningsätten av gammalt har varit att suga upp urinen i rikliga mängder strö, och detta har motiverats med bl.a. arbetstekniska synpunkter (VALMARI 1933; ANON. 1935, s. 16; SALMINEN 1938), har ett förhinderande av gödselbrinningen varit att rekommendera (RAINIO 1932; NERONEN 1933; ANON. 1935, s. 18; RUOKOSALMI och SURVONEN 1936). Då nödvändigheten av gödselbrinningen har poängterats har man velat fästa uppmärksamhet vid kväveimmobiliseringen i marken, som förorsakats av färsk gödsel med rikligt av halm i (VALMARI 1933). Enligt RUOKOSALMI och SURVONEN (1936, s. 46) brinner dock gödseln tillräckligt under 2-3 månaders lagring, fastän man också försökte förhindra det.

### 3.2.2. Näringsförluster och deras förhindrande

#### 3.2.2.1. Avrinningsförluster

Genom avrinningen vid lagringen förloras nästan alla växtnäringsämnen. Den största förlusten hänför sig till vattenlösligt kväve och kalium, men också fosfor kan gå förlorad som fixeringsämne i gödselvatten. En del av fosfor kan också mobiliseras till vattenlöslig form, när gödseln brinner. I ett danskt gödsellagringsförsök fick man som resultat att under tiden september-mars avskildes 15 % kväve, 5 % fosfor och 35 % kalium med gödselvatten från en öppen gödselstad, medan motsvarande avrinningsförluster från en täckt gödselstad var 5 % N, 1 % P och 12 % K (IVERSEN och DORPH-PETERSEN 1949). I en norsk undersökning innehöll gödselvattnet från en täckt gödselstad t.o.m. 10 % av totalkvävet och -fosfor samt 20 % av gödselns kalium (BERGE 1980).

Avrinningsförluster kan förhindras genom att lagra gödseln på en plats med fast botten och genom att bygga en tillräckligt stor urinbrunn, dit man leder avrinningsvattnet. Mängden avrinningsvatten - och samtidigt urinbrunnens storlek samt behov av spridningsarbete - kan man minska på genom att täcka över gödselstaden och använda tillräckligt med strö. Vid ett försök på Askov försöksstation i Danmark bildades under vintern 432 kg gödselvatten per tusen kg insatt gödsel från en öppen gödselstad när motsvarande mängd från en täckt gödselstad var bara 98 kg (IVERSEN och DORPH-PETERSEN). En extra sats halmströ (10 % av gödselvikten) tillsatt till gödseln förutom den vanliga strömängden (5 % av gödselvikten), minskade på Askov försöksstation mängden avrinningsvatten med 77 % i den täckta och med 33 % i den öppna gödselstaden (IVERSEN och DORPH-PETERSEN 1949). En riklig ströanvändning minskade effektivt avskiljningen av kväve, fosfor och kalium med gödselvattnet, men en snabbare gödselbrinning förorsakad av halmtillskottet ledde i detta försök till en ökad kväveavdunstning.

Borttrinnandet av gödselvatten kan inte helt förhindras ens med en riklig användning av strö, för en stor del av den upptagna vätskan pressas bort när gödselhögen växer (VALMARI 1933; ANON. 1935, s. 17). Enligt FREDRIKSSON och BENGTTSSON (1952, s. 69-70) bör gödselstaden, också när vanliga mängder strö används (2 kg per djur och dag), förses med en urinbrunn, vars storlek vid användning av halmströ är 2-3 m<sup>3</sup>/nöt och år och vid användning av torvströ 1,5-2,5 m<sup>3</sup>/nöt och år.

### 3.2.2.2. Förebyggande av gödselnedbrytning

#### 3.2.2.2.1. Fysikaliska metoder

En fördröjning av nedbrytningen genom en reglering av lagringsförhållanden sker i praktiken så att gödseln packas till en hård hög och hålls fuktig samt upplagras på en sval och dragfri plats. Så förhindras syretillträde och omgivningens vämetillträde till gödseln. En begränsning av syretillträde förhindrar å andra sidan bildandet av jäsningsvärme i gödselhögen. Förhindrandet av syretillträde lyckas bäst med flytgödselmetoden, där bara ett tunnt ytskikt blir utsatt för syretillträde. I en tysk undersökning, där man jämförde nedbrytningshastighet och näringsförluster i flytgödsel, på vanligt sätt upprevarad stackgödsel och fast gödsel som ventilerats kraftigt vid nedbrytningens början (s.k. Krantz metod) fann man, att förlusten av organiskt ämne i ventilerad gödsel var 45 %, i stackgödsel 38 % och i flytgödsel 15 %. Motsvarande tal för kväveförluster var 30 %, 18 % och 10 % (SCHMALFUSS och KOLBE 1963). I ett annat försök där strögödsel packats i en betonggrop, samlats i en hård stack eller löst i gödselstaden, var torrsubstans-

förlusterna motsvarande 10 %, 20 % och 34 %, kväveförlusterna i samma ordning 5 %, 12 % och 26 % (RAUHE och KOEPKE 1967). I ett danskt försök skedde en 12 %:s kväveförlust under lagringstiden för ikringströdd gödsel medan förlusten var endast 3 % för stackgödsel (ANON. 1930 a). I Finland har man funnit att gödsel i hård stack haft 20 % högre värde än gödsel i lös stack (TUORILA 1941, s. 10). Därför rekommenderar de gamla handböckerna om skötsel av stallgödsel att den bör packas till en hög stack på en liten yta och "hårt som gålv" (övers.) (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 47). För att hindra syretillträde och en upptorkning av gödseln rekommenderas att gödselhögen ännu täcks med ett tätt lager t.ex. kärrdy (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 47). I handböckerna hänvisar man ofta till fördelaktigheten med kättegödselmetoden, som varit i bruk i Danmark och Tyskland (t.ex. TUORILA 1941, s. 10). I den här metoden samlade man stallgödseln i skilda, till ytan 4-10 m<sup>2</sup> stora och 3-5 m höga gödselkättar. Efter varje påfyllning pressades gödseln hårt och när bäset var fyllt täcktes det med mull. Metoden torde inte ha använts i nån större omfattning i vårt land.

Gödselns uppvärmning och torkning i solsken har en förstörande inverkan på gödselkvävet (IVERSEN 1943 a). Därför bör gödseln lagras svalt och på ett skuggigt ställe. SALOHEIMO (1937) rekommenderar därför att den gödsel som bildas på hösten körs ut och sprids på åkern redan samma höst för att förhindra en alltför mycken brinning. Detta kan dock medföra en urlakning av näringsämnen på åkern.

Speciell uppmärksamhet bör fästas vid förebyggandet av gödselbrinning då urinen suggs upp i halmströ (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 46). I den danska undersökningen, där man jämförde hur kväve hållit sig i gödsel då man tillsatte urin till halmströgödsel eller tog tillvara urinen skilt för sig, föranledde den förra metoden en 27 %:s kväveförlust medan förlusten med den senare metoden var bara 11 % (ANON. 1930 a). Halmen håller gödseln lucker och är råämne för brinningen, varför det lätt bildas jäsningsvärme i gödseln. I IVERSEN och DORPH-PETERSEN's (1949) utförda försök påskyndade det extra halmtillskottet helt klart kväveavdunstningen. Likadana resultat av den tillsatta strömängden har erhållits också i andra danska försök (ANON. 1930 a). Enligt RUOKOSALMI och SURVONEN (1936, s. 46) packas däremot torvströgödsel lättare och torv brinner inte i lika hög grad som halm.

Man bör märka att de metoder med vilka man önskar förhindra gödselnedbrytningen också inverkar på hur nedbrytningsprodukterna kommer bort ur gödseln. En hård packning förhindrar avdunstningen av det till ammonia redan mineraliserade kvävet, då gödseln inte får torka och avdunstningsytan är liten samt diffusionen långsam.

En övertäckning av gödselhögen med ett material som hindrar syretillträde förebygger likaledes ammoniakavdunstningen. Delvis beror inverkan av gödselns tätpackade lagring också på det att den anaeroba omsättningen har en försurande inverkan på gödseln (KAILA 1948). Gödsellagring på en sval plats samt förebyggande av jäsningsvärmebildandet begränsar för sin del ökningen av ammoniakens gastryck.

#### 3.2.2.2.2. Kemiska metoder

Man kan konservera gödsel genom att tillsätta ämnen som begränsar den biologiska nedbrytningsverksamheten. Enligt KAILA (1948) har bl.a. följande desinfektionsmedel prövats: kolsvavla, kloroform, klorkalk och formalin. En användning av dessa antiseptiska ämnen är dock dyr och deras konserveringseffekt är inte tillräcklig (KAILA 1948). Formalin utgör ett undantag men dess effekt som förhindrade av kväveförluster grundar sig delvis på bindandet av redan mineraliserad ammoniak. Utomlands har man prövat tungmetallsalter, bränd kalk och borsyra som förhindrande av gödselnedbrytning (ref. KAILA 1948). Inte heller dessa ämnen har visat sig särskilt användbara, för tungmetallerna utfaller lätt och förlorar sin effekt, kalk åstadkommer ett påskyndande av det mineraliserade kvävet avdunstning och alltför mycket bor i stallgödseln är menligt för växterna. Överlag har effekten av ämnen som förhindrar gödselnedbrytningen varit betydligt lägre i djurstallar än i laboratorieförsök. Dessutom har deras höga pris begränsat användningen (KAILA 1948).

Avdunstningsfara i form av ammoniak eller denitrifieringsprodukter hotar närmast kvävet i urinen. Kvävet i den fasta gödseln är i vanliga förhållanden inte utsatt för avdunstning (KAILA 1948). Därför är urinen det viktigaste användningsobjektet för konserveringsmedel. Dessutom är konserveringsämnetts effekt större om det tillsätts i urinrännan eller urinbrunnen än om det hamnar att reagera med gödsel, som är kraftigt buffrerande och innehåller rikligt med mikroorganismer. Enligt KAILA (1948) har man i Tyskland med framgång prövat konservering av urin med formaldehyd och bakelitvatten, som innehåller formaldehyd.

Syrade ämnen kan förhindra urinjäsning - dess kväveammonisering - om man får pH att hållas under 6,0 (KAILA 1950 a). På basen av laboratorieförsök fann KAILA (1950 a) att för konservering av färsk urin behövs det superfosfat 5-7,5 % av urinmängden eller en 0,5-0,75 kg per nöt och dag. Också starka syror har prövats för ändamålet men behandlingsproblem och deras svaga buffringsförmåga ( $H_2SO_4$ ) har varit dåliga egenskaper (KAILA 1950 a). Effekten av syrade ämnen för förhindrande av kväveförluster grundar sig till stor del på bindandet av redan mineraliserad ammoniak, varför denna fråga behandlas närmare i följande avsnitt.

För förebyggande av kväveurlakning ur stallgödsel på åkern har man också prövat ämnen, som tillsatta tillsammans med stallgödsel förhindrar nitrifieringen av gödselns ammoniakkväve.

Man har använt sådana selektiva nedbrytningshämmande ämnen som nitrapyrin, cyano-guanidin och dicyandiamid (AMBERGER och VILSMEIER 1979; AMBERGER och GUTSER 1979; GÖRLITZ och HECHT 1980). Resultaten visar att nitrifieringshämmande ämnen kan under regniga år ha en fördelaktig inverkan på grova mineraljordar. Kväveurlakningen kan minska (GÖRLITZ och HECHT 1980) och skörden med beaktande av kvävehalten ökas. Ämnens verksamhet beror dock kraftigt på markens skick och egenskaper. De nitrifieringshämmande ämnena nedbryts som följd av biologisk verksamhet och absorberas dels i markkolloiderna och förlorar sin effekt (HENDRICKSON och KEENEY 1979). De förlorar sin effekt också genom avdunstning. Man har också funnit att nitrapyrin kan få till stånd en denitrifiering av det nitratkväve som redan finns i marken när en lämplig kolkälla (rotsekret) finns till hands för de mikroorganismer som reducerar nitratkväve (NOTTON m.fl. 1979).

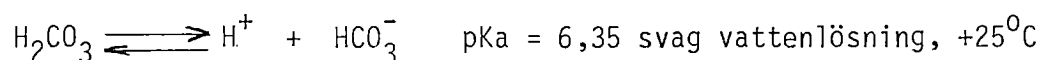
### 3.2.2.3. Kväveavdunstning

#### 3.2.2.3.1. Avdunstningsmekanism och därpå inverkande faktorer

Kväveavdunstning från gödsel hotar närmast urinkväve. Kvävet i den fasta avföringen frigörs mycket långsamt (KAILA 1948). Urinkvävet avdunstar efter mineraliseringen i huvudsak som ammoniak, om än denitrifikationen kan vara en betydande faktor (NIKLEWSKI 1928; OFTERDINGER 1939, ref. KAILA 1950 a). Kväveförluster genom denitrifiering förutsätter dock först en oxidering av det redan frigjorda ammoniakkvävet till nitrat.

De händelser som leder till avdunstning av ammoniakkväve från urin är välkända. Som utgångspunkt är en nedbrytning av organiska kväveföreningar i urinen till ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) och koldioxid ( $\text{CO}_2$ ).

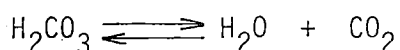
Ammoniak är som sådan en stark bas, koldioxid bildar en svag syra när den reagerar med vatten och dissocierar enligt följande (TOMMILA 1969, s. 404):





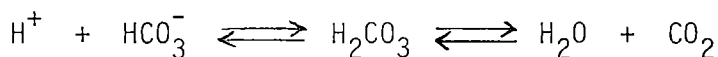
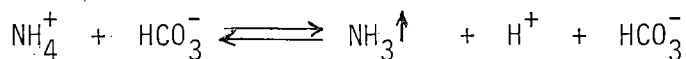
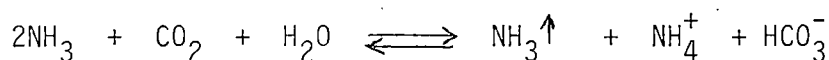
Kolsyra kan inte p.g.a. sin svaga syrakaraktär neutralisera all ammoniak som bildats vid nedbrytningen för dess fullständiga dissociering sker först vid ett pH där ammoniaken redan har avdunstat. Reaktionen, där hälften av den svaga ammoniumsaultlösningen är i form av ammoniak, är i +25°C ca 9,3 (TOMMILA 1969, s. 404).

Fri kolsyra är å andra sidan ingen bestående förening utan sönderfaller till vatten och koldioxid:



Av reaktionen följer att ammoniak inte har någon vätejon som ändrar den till ammoniumform och inte heller någon anjon som absorberar denna.

Löst i vatten är ammoniak och koldioxid utsatta för avdunstning. Hur mycket av dessa som finns fritt i lösningen beror av reaktionen (pH). Halten av fri ammoniak stiger när pH stiger och halten av fri koldioxid åter stiger när pH sjunker (EGNER 1932). Då urinjäsnigen leder till bildandet av en stark bas ( $\text{NH}_3$ ) leder den samtidigt till kväveavdunstning i form av ammoniak. Enligt TUORILA (1929) leder en höjning av reaktionen med en pH-enhet inom reaktionsområdet pH 5-9,5 till en tiofaldig ammoniakavdunstning ur lösningen. Ammoniakavdunstningen strävar till att sänka pH men bikarbonatets förening med frigjort väte och därav följande kolsyrasönderdelning förhindrar en ändring av reaktionen:



På grund av detta kan ammoniak avdunsta nästan fullständigt.

Koldioxid och därav i vattenlösning bildade reaktionsprodukter (kolsyra, bikarbonat, karbonat) är de viktigaste faktorerna som inverkar på urinens buffringsförmåga. KAILA (1950 a) fick i sina försök en totalkorrelationskoefficient om 0,85 mellan buffringsförmågan för färsk urin och med syra frigjord koldioxidmängd. Urinens buffringsförmåga är stor p.g.a. koldioxid men också variationen där är stor. Vid undersökning av totalt 74 urinprov fann KAILA (1950 a), att en sänkning av pH till 5,5 fordrar i medeltal  $86 \pm 47$  milliekvivalenter syra per liter urin.

Koldioxid är sålunda ett skadligt ämne i urinen, för det höjer urinens buffringsförmåga utan att kunna bilda effektiv och varaktig syra. Å andra sidan kan ett överskott av koldioxid i urinen minska på kväveavdunstningen genom en syrning av lösningen (EGNER 1932). Detta förutsätter dock en ökning av halten koldioxid i luften som omger urinen.

Ammoniakavdunstning ur lösningen beror förutom på  $\text{NH}_3$ -kvävehalten (pH avgör) också av gasens löslighet och avdunstningsytans storlek. Av de faktorer som inverkar på lösligheten är ammoniaktrycket i luften kring lösningen, temperatur och elektrolytkoncentration de viktigaste (TOMMILA 1969, s. 208-209). Mer ammoniak löser sig i vätskan ju större dess tryck i luften är. En höjning av temperaturen och elektrolytkoncentrationen åter minskar gasens löslighet. En ökning av avdunstningsytan höjer också för sin del avdunstningen.

#### 3.2.2.3.2. Förebyggande av avdunstning genom syrning av gödsel

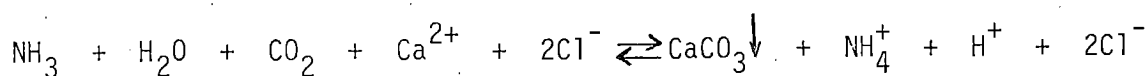
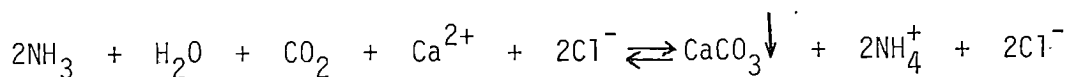
Man kan förebygga ammoniakavdunstning på många sätt. En av de bästa metoderna har varit att syra gödseln, vilket sänker halten av fri ammoniak genom att binda det till ej avdunstbar  $\text{NH}_4^+$ -form. Syrningen försvåras dock av gödselns stora buffringsförmåga som dels beror på jäsningsprodukter ( $\text{CO}_2$ ), dels av buffringsinverkan hos fast avföring. Därför har KAILA (1950 a) konstaterat att urinjäsningen fördubblar mängden superfosfat, som behövs för syrningen. När däremot träck inte innehåller lättavdunstbart kväve men ändå höjer gödselns buffringsförmåga, är en syrning av tillsammans tillvaratagen träck och urin svårare och ofördelaktigare än skild tillvaratagen urin (KAILA 1948).

För gödselsyrning har man prövat bl.a. olika syror. En tillsats av starka syror till gödseln är dock i praktiken betänkligen av arbetskyddssynpunkter. Syror fräter dessutom betongbyggnader. En bortledning av den syrliga pressaften som uppstår vid ensilageberedning till urin- eller flytgödselbehållaren är dock ganska vanlig (jfr. NURMISTO 1978). Man varnar dock för att denna metod leder till en frigöring av giftigt svavelväte ur flytgödseln, varför man inte borde leda pressaft till en flytgödselbehållare i djurstallet eller till pumpbrunnen (NILSSON 1963, ref. NIEMINEN 1977). En syrning av gödseln leder i vanliga fall till en frigörelse av svavelväte om sulfider har kunnat uppstå, för reaktionen, där hälften av svavelvätet är fri och flyktig syra, är 7,0 enligt ANTIKAINEN (1963, s. 215).

KAILA (1950 a) fann när hon prövade svavelsyra, fosforsyra samt en blandning av fosforsyra och gips för syrning av färsk urin, att syrans buffringsförmåga hade

en väsentlig inverkan på hur åtgärden lyckades. Den svagt buffrerande svavelsyran kunde inte förhindra att pH höjdes när jäsningen framskridit, vilket däremot fosforsyran kunde göra. Gips förbättrade ännu fosforsyrans inverkan varför forskaren i det påföljande skedet fäste uppmärksamhet vid utforskandet av superfosfatens inverkan. TOVBORG JENSEN (1928) understryker för sin del, att den använda syran borde ha ett lågt ångtryck så att den inte genom att själv avdunsta förorsakar ammoniakavdunstning såsom t.ex. kolsyra och svavelväte gör.

För bindande av urinkväve har man också provat olika salter. I danska försök har man kommit till ganska goda resultat med jordalkalimetallsalter vilka, enligt IVERSEN (1934), grundar sin inverkan på det att de utfäller koldioxid, vilket ökar buffringskapaciteten samt binder ammoniaken till en icke avdunstbar form. Vid användning av kalciumklorid är t.ex. följande reaktioner möjliga:



För första reaktionen beskriver förhållandet i praktiken när ureanedbrytningen producerar bara en koldioxidmolekyl per två ammoniakmolekyler. Den senare reaktionen är åter möjlig när koldioxid finns närvarande i överflöd.

En tillsats av jordalkalimetallsalterna åstadkommer en sänkning av urinets pH när den basiska ammoniaken ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ ) i lösningen ändrar till kloridkatjon. Reaktionens sänkning beror dock kraftigt på urinets och samtidigt på den omgivande luftens koldioxidhalt (EGNER 1932). I en tät behållare där koldioxidtrycket är högt, hålls urinets pH lätt surt, men när koldioxidtrycket sjunker t.ex. i samband med tömning av behållaren och spridning av urinen, stiger pH igen (EGNER 1932). Också utfälld karbonat inverkar på urinets buffringsförmåga - en upplösning av utfällningen när urinen syras motverkar en sänkning av pH. Man har funnit att en separering av karbonatutfällningen förbättrar jordalkalimetallsaltens konserveringseffekt (EGNER 1932).

Enligt TOVBORG JENSEN (1928) måste man använda ordentliga mängder kalciumsalter till starka syror för att få till stånd en tillräcklig inverkan. Per kg ammoniakväve i urin bör man tillsätta 8 kg kalciumklorid eller 12 kg kalciumnitrat.

Superfosfat är av gammalt känd som konserveringsmedel för gödsel. Den är som ett surt salt i en specialställning, för dess innehåll av fri syra sänker pH och

samtidigt minskar det urinens buffringskapacitet genom att binda koldioxid till kalciumkarbonat. Superfosfatens låga löslighet i urinens pH åstadkommer visserligen ett endast en del av dess nedsättande inverkan på buffringsförmågan och reaktionen blir använd (EGNER 1932).

Enligt KAILA (1950 a) behövs superfosfat 10-15 % av urinmängden för syring av skild tillvaratagen urin som jäst, för att hindra kväveförluster, när åter konservering av färsk urin lyckas med hälften mindre superfosfat. Förebyggande av kväveförluster med superfosfat är betydligt svårare då när urin tas tillvara tillsammans med fast gödsel. En ojämn fördelning av konserveringsmedlet samt gödselns buffringsförmåga försvagar inverkan av superfosfat. Sålunda konstaterar KAILA (1950 a), att 3,5-5 % superfosfat av gödselns vikt hindrar kväveförluster tillfredsställande endast i det fall att gödselns sköttsel är ordentlig (tät packning) och nedmyllning följer genast på spridning. En användning av så stora mängder superfosfat för konservering av gödsel torde dock inte vara lönsamt. IVERSEN och DORPH-PETERSEN (1952) kom i sin omfattande undersökning till det resultatet att användningen av superfosfat till detta ändamål inte var lönsamt. Av samma åsikt var TUORILA i Finland redan år 1933.

Lönsam användning av superfosfat i gödselkonservering beror förutom på den inverkan som förhindrar ammoniakavdunstning också på den skördeökning som fås av denna fosfor. På den tiden när användningen av handelsgödselmedel var ringa, var våra åkrar fosforfattiga och med handelsgödsel fick man vid sidan av stallgödsel stora skördeökningar. Detta talade för sin del för en tillsats av superfosfat i stallgödsel. Nu är situationen annorlunda; fosfor är inte längre minimifaktor bland jordmånens näringsämnen. Superfosfatens lättlösliga fosfor ändras i gödseln till en mera svårslöslig form (EGNER 1932). KAILA (1950 a) har dock funnit att gödseln kan ha en skyddande inverkan på lättlöslig fosfor, vilket beror på att superfosfat hamnar i marken tillsammans med stallgödsel. Fosfor kan då inte upptas i marken utan hålls lättlöslig. Vid undersökningar angående inverkan av gödselbrinningen på lösligheten av inblandad superfosfat fann KAILA (1950 a) att det är förmånligare att blanda in superfosfat i brunnen än i obrunnen gödsel. Detta kan förklaras med att lättlösliga fosfor blir mera svårslöslig vid gödselbrinning.

LILLENG m. fl. (1967) har funnit att superfosfat använd i djurskyddet dessutom i svinhus sänker ammoniakhalten. Om vintern, när ventilationen i djurskyddet var lägre än om sommaren, fann man att användningen av superfosfat klart förbättrade djurens tillväxt och foderomvandling.

För syring av gödse1 har man också prövat ämnen som vid anaerob nedbrytning bildar organiska syror (KAILA 1948). Ibland har man rekommenderat också socker för detta ändamål men användningen torde inte vara lönsam. Man kan anta att också halm- och sågspånströ har en likadan inverkan i hårt packad gödse1 (EGNER 1932).

I vårt land har man av tradition rekommenderat gödselsyrning med torvströ och kärrdy (NERONEN 1933, SALOHEIMO 1937). Torv och kärrdy är till naturen sura ämnen och deras potentiella ammoniakbindningsförmåga är stor. Detta beror på att de till naturen är svaga syror. Det är dock besvärligt att handskas med kärrdy p.g.a. dess höga vattenhalt och det finns ingen användning för den i form av strö, varför användningen av kärrdy inte rekommenderas nuförtiden. Däremot är torv ett förträffligt urinbindmedel i djurstall, och det finns torv tillgängligt i handeln som biprodukt från bränntorvsframställningen.

I Finland har bl.a. TUORILA (1929) forskat i användningen av torv tillsammans med gödse1. Enligt honom avviker de olika torvsorterna betydligt från varandra med avseende på ammoniakbindningsförmåga. Av de faktorer som inverkar på bindningsförmåga är växtslag det viktigaste. Enligt TUORILA (1929) har Sphagnum fuscum-torven den bästa ammoniakbindningsförmågan (tabell 6).

Tabell 6. Generell ammoniakbindningsförmåga för olika torvsorter enligt TUORILA (1929). Torven fuktades med en ammoniumsallösning, varefter den torkades till 9,1 %:s fuktighet.

Torvslag	Bunden ammoniak, 0/00 av torvens torrsubstans
Sphagnum-fuscum-torv	16,03
Vitmosstorv, varur <u>S. fuscum</u> avskilts	8,59
Starrvitmosstorv	8,40
Vitmosstarrtorv	5,10
Starrtorv	3,70
Brunmosstarrtorv	2,55

Mot allmän uppfattning har torvens förmultningsgrad inget klart samband med ammoniakbindningsförmågan (TUORILA 1929).

VON FEILITZEN (1911, ref. TUORILA 1929) utförde försök där man till kornas avföring tillsatte så mycket halm, sågspån eller torv att all urin kunde sugas upp i ströet. Efter lagring kunde man konstatera att torvströgödse1 innehöll

19,5 kg mera ammoniakkväve än halmströgödsel och 12,5 kg mera än sågsspångödsel per djur och år. I ett annat försök där på likadant sätt behandlat gödsel användes för gödsling av potatis framgick det, att det kväve som torven bundit också frigjordes mycket lätt till växternas användning (tabell 7).

Tabell 7. Skördeökning för potatis från gödsel som tillvaratagits med olika strömedel och spridits under det första året, enligt VON FEILITZEN (1914, ref. TUORILA 1929).

Gödsling	Skördeökning kg ts/ha			
	Försöksår			
	1	2	3	4
Torvströmedel	2027	692	141	269
Halmgödsel	868	715	193	307
Sågsspångödsel	338	605	185	254

Torvströgödsel gav en 2,3-faldig skördeökning jämförd med halmgödsel och en 6-faldig skördeökning jämförd med sågsspångödsel under gödslingsåret. Man kunde inte märka någon skillnad i efterverkan varför man kunde dra slutsatsen att torvens förmånliga inverkan grundar sig på inverkan av bindningen av lättlösligt kväve och att torven avlät kvävet till växternas användning mycket snabbt.

TUORILA (1929) rekommenderar 1 kg torv per hundra kg levande vikt och dag att användas med gödsel (mycket sur *Sphagnum fuscum*-torv). Man måste använda en 2-3-faldig mängd mindre sura torvar. Om gödseln sköts väl (packas tätt, torv finns på gödselstadens botten och gödseln täcks med torv) så räcker 0,5 kg sur torv per 100 kg levande vikt och dag till för att förebygga kväveförluster.

### 3.2.2.3.3. Förebyggande av avdunstning med andra kemikalier

För konservering av gödselkväve har man också prövat kemikalier, som binder ammoniak annat än enbart genom att syra lösningen. Sådana ämnen är bl.a. formaldehyd och borsyra. Formaldehyd reagerar med ammoniak bildande svårflyktig hexametylentetramin, varifrån ammoniak ändock frigörs snabbt i marken (KAILA 1948). Man rekommenderade också i tiden i Tyskland en vattenlösning med formaldehyd för konservering av urin. Med borsyra, som binder ammoniak till en komplexförening, har man i Amerika uppnått goda resultat (ref. KAILA 1948). Borsyrans dåliga egenskap är dock dess giftighet för växterna.

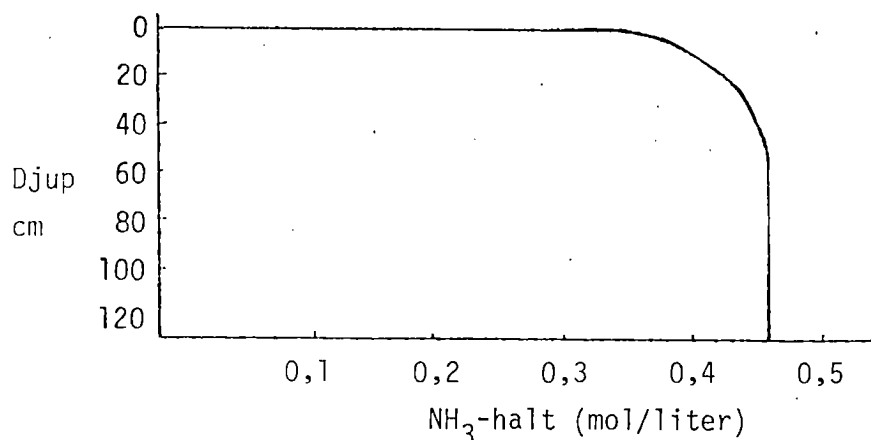
### 3.2.2.3.4. Förebyggande av avdunstning med fysikaliska metoder

Ammoniakens löslighet kan man påverka genom att ändra lagringsförhållande för urin. Temperaturen är en av de viktigaste faktorerna som inverkar på gaslösligheten. EGNER (1932) fick till resultat, att när temperaturen steg från  $+0^{\circ}\text{C}$  till  $+35^{\circ}\text{C}$ , ökade kvoten  $\frac{\text{NH}_3 \text{ gas}}{\text{NH}_3 \text{ löst}}$  i alkalisk vattenlösning femfaldigt. I samma forskning fann man också att en höjning av temperaturen mycket mera påskyndade ammoniakavdunstningen än vattenavdunstningen, vilket förstås redan p.g.a. ammoniakens låga kokpunkt ( $-33,4^{\circ}\text{C}$ ).

En annan viktig faktor som inverkar på gasens löslighet är dess tryck i luften. I ett slutet utrymme råder en viss jämvikt mellan  $\text{NH}_3$  löst i vätska och gasformig ammoniak i luften (EGNER 1932). Om ammoniakkoncentrationen (trycket) sjunker i luften minskar också dess löslighet i vätskan. För den skull måste urinbrunnen vara absolut tät, för strävan till balans leder till ammoniakavdunstning från en öppen behållare. Med en otäckt urinbrunn förlorar man också den urinsyrande inverkan av en förhöjd koldioxidhalt (EGNER 1932). En strävan till jämvikt mellan i vatten lösligt  $\text{NH}_3$  och ammoniakgas i luften förorsakar å andra sidan det, att ju mera den ammoniakhaltiga vätskan späds ut desto mindre ammoniak finns förångat i luften, om luftmängden hålls den samma. Därför är en utspädning av gödsel eller urin fördelaktig. Av samma orsak är torkning av gödsel eller urin menlig, ty en höjning av ammoniakkoncentrationen påskyndar avdunstningen. Torkning av gödsel påskyndar å andra sidan ammoniakdiffusion.

En hård packning av gödsel är ett effektivt sätt att hindra kväveavdunstning. Det här grundar sig på att ammoniak avdunstnar bara från gränsskiktet mellan gödsel och luft, vilket minskas av hård packning. En tät omslutning gör ammoniakdiffusionen från gödselns inre delar till ytan långsammare (EGNER 1932). I gödseln uppstår en gradient för ammoniakhalten här gödselhögens ytskikt förlorar kväve. Detta åter fördröjer kväveavdunstningen, ty diffusionen i hårdpackad gödsel är synnerligen långsam. Vid lagring uppstår i urinbehållaren lätt en situation enligt figur 1, där ammoniakhalten vid urinytan är liten men djupare ner mycket stor.

Ammoniak har avdunstat från ytan, men p.g.a. den långsamma diffusionen finns det rikligt med ammoniak djupare ner i urinen. KOFOED m.fl. (1969) har upptäckt en ammoniakgradient som beror på samma orsaker i flytgödsel. Om en dylik urin eller flytgödsel omblandas, jämnar ammoniakhalten på olika djup ut sig och avdunstningen kan åter fortsätta.



Figur 1. Urinens ammoniakkvävehalt vid olika djup i urinbrunnen efter lagring, enligt EGNER (1932).

För att hindra ammoniakavdunstningen måste gödseln enligt ovannämnda synpunkter uppbevaras så att dess yta är möjligast liten och att den inte kan uppvärmas eller torka. Dessutom borde gödseln eller urinen lagras på ett dragfritt ställe. En tillsats av vatten är förmånligt. Som ett praktiskt exempel kan man nämna flytgödselns små ammoniakförluster. Man bör inte onödigt blanda gödsel eller urin, för ammoniakavdunstningen från ytlagret förhindrar ytterligare avdunstning under lagringen.

### 3.2.2.3.5. Betydelse av denitrifikation

Denitrifikation kan vara ett mycket betydelsefullt sätt för kväveavdunstning ur gödsel (NIKLEWSKI 1928; OFTERDINGER 1939, ref. KAILA 1950 a). Det står klart att ammoniakkvävet oxidering först till nitrat är en förutsättning för denitrifikation. Detta åter förutsätter syrerika förhållanden och det är uppenbart, att denitrifikation av någon betydelse sker bara efter det att vid gödselns ytskikt oxiderat kväve sköljts till gödselhögens syrefattiga delar. En dylik situation kan förekomma i gödselkompost och i gödsel som samlats i rikliga mängder strö. Luftning av flytgödsel förorsakar också en del nitrifiering, men i flera sammanhang har man konstaterat, att en normal luftning inte leder till stora denitrifieringsförluster (STEVENS och CORNFORTH 1974; LOYNACHAN m.fl. 1976; SCHECHTNER 1978). En luftning av flytgödsel förorsakar dock ofta kväveförluster genom ammoniakavdunstning, ty luftning påskyndar NH<sub>3</sub>-diffusion, blandar gödseln och minskar ammoniaktrycket i luften kring gödseln.

### 3.3. FASTGÖDSELHANTERING

Gödselhantering i fast form förutsätter att urin tas separat tillvara redan i



djurstallet eller att den binds till gödsel med strö. I det första fallet används strö enbart till att hålla djuren rena, i det senare strävar man till att urin inte alls kan avskiljas. I praktiken får man inte urin helt avskilt från gödsel och användning av strö hindrar å andra sidan inte helt urinavskiljningen. För den skull beror fastgödselns egenskaper och värde av hur mycket urin som finns med (EGNER 1932). Dessutom inverkar också strö mängden och -kvaliteten på gödselns egenskaper.

### 3.3.1. För- och nackdelar

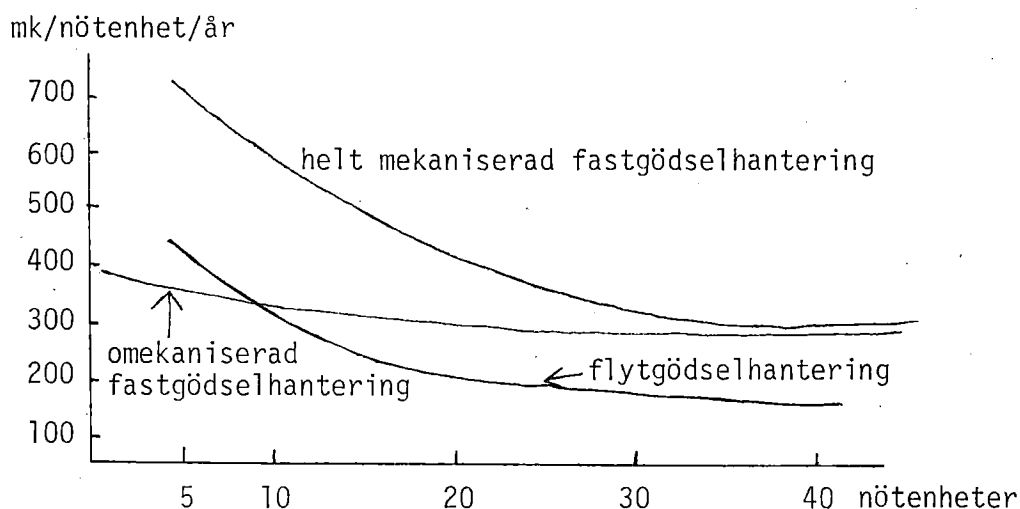
Fastgödselhantering är i vårt land en traditionell metod. Det beror på att det har funnits rikligt av strömedel och när metoden är som enklast fodrar den tämligen få särkonstruktioner och lite mekanisering. SALMINEN (1938) försvarar fastgödselhanteringen mot gödselvattenmetoden, som används i alpländerna, med det att mera organiskt material fås till jorden med användning av strö, och att sett ur arbetsteknisk synvinkel fastgödsel passar bättre än flytgödsel som gödslingsmedel p.g.a. vårt klimat.

Fastgödselhantering kräver dock mycket arbete. Då fastgödsel inte just rinner kan man inte genom byggnadsmässiga lösningar med denna metod komma till sådana arbetsbesparingar som med flytgödselmetoden. Gödsel förflyttningen från djurstallet till lagringsplatsen är då den första arbetskrävande händelsen, i fall inte fastgödselmetoden grundar sig på lösdrifts- eller spaltgolvsmetoden. HOLMA (1975 a, s. 87) har samlat uppgifter om arbetsbehov vid olika gödselhanteringsmetoder; när man har räknat med ströanvändning, rengöring, städning och utgödslingsarbete (tabell 8).

Tabell 8. Arbetsåtgång vid olika utgödslingsmetoder för 10-19 kor i bås- och lösdriftsladugård, enligt HOLMA (1975 a, s. 87).

Utgödslingsmetod	Arbetsåtgång	
	min/ko/dag	tim/ko/8 mån
Med handarbetsredskap	4,07	16,3
Halvautomatisk	2,60	10,4
Automatisk	2,10	8,4
Flytgödselmetod	1,60	6,4
Lösdrift	0,72	2,9

Jämförd med flytgödselmetoden kräver utgödslingen av fastgödsel från djurstallet med handarbetsredskap en 2,5-faldig arbetsmängd. Detta arbete kan mekaniseras mycket långt men ändå är behovet av människoarbete större än med flytgödselmetoden (tabell 8). Dessutom är mekaniseringen av fastgödselhantering dyrare än med flytgödselmetoden (figur 2).



Figur 2. Gödselhanteringskostnader med olika metoder när djurantalet ökar, enligt HOLMA (1975 b). Som kostnadsfaktorer har räknats utgödslingsarbete, strö, gödsel-fåra eller flytgödselränna, utgödslingsanordningar, gödselstad och urinbrunn eller flytgödselbehållare, transport och spridning av gödsel och urin eller flytgödsel.

I spaltgolvs- och djupströlösdriftsladugårdar är behovet av mansarbete och mekanisering i utgödslingen dock betydligt mindre än i andra fastgödselhanteringsmetoder (NIEMINEN m.fl. 1969; HOLMA 1975 b).

Ströanskaffning, lagring och användning åsamkar kostnader vid fastgödselhantering. Mest använda strömedel är halm, sågspån och torvströ och behovet av strö beror i avgörande grad på gödselhanteringsmetoden. I lösdriftsladugårdar behöver man, som exempel, ungefär 1500 kg per ko under inneutfodringsperioden, när 300-1000 kg/ko räcker i båsladugårdar under motsvarande tid (HOLMA 1975 b, s. 86).

Med urinbrunnsmetoden - och då strötillgången är begränsad också med andra metoder - är en skild urinbrunn med uppsamlingsrännor och vattenlås en oundgänglig kostnadsfaktor.

Lagring och spridning av fastgödsel går i princip att lösa med små byggnads- och maskininvesteringar. Ändock uppskattar man att på lång sikt och med beaktande av

arbetskostnader är fastgödselhanteringen dyrare än flytgödselhanteringen (HOLMA 1975 b; LARSSON 1975; HOLMA 1978 a). LARSSON uppskattade år 1975 spridningskostnaderna för fastgödsel och urin till 440 svenska kronor per ha, när motsvarande kostnader för flytgödselspridningen var 170 kronor.

Kväveavdunstningsförluster är ofta betydligt större från fastgödsel än från flytgödsel. En orsak till detta är gödselbrinningen under lagringstiden. Sålunda kräver förebyggandet av kväveförluster vid fastgödselhantering rikligt med arbete och omsorgsfullhet. Det kväve som sparas från avdunstning är å andra sidan svårslösigare i fastgödsel än i flytgödsel. Dessutom är nedmyllning av fastgödsel svårare än nedmyllning av flytgödsel.

Fastgödselhantering har följande fördelar mot flytgödsel: det bildas bara små mängder giftiga och illaluktande gödselgaser och djurens hälsa och trevnad är bättre (EKESBO 1971; ANON. 1979; KALLELA 1979). Dessutom är anläggningskostnaderna för fastgödselhanteringen relativt låga och ordnandet av en tillräcklig ventilation i djurstallet är lätt.

### 3.3.2. Strö

Strömedlens primära uppgift är att hålla djurens liggunderlag torrt och mjukt samt hindra djuren från att bli smutsiga. Ifall urinen inte uppsamlas skilt är strömedlens uppgift också att binda urinen till den fasta gödseln med möjligast små näringsförluster. Angående uppfyllandet av dessa krav skiljer sig de olika strömedlen från varandra.

Som strö har man i vårt land använt barr, lövruskor, sågspån, halmhackelse och torvströ (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 15). Av dessa är de tre sistnämnda fortfarande i bruk. Till vatten- och ammoniakbindningsförmågan är torvströ det bästa medlet, vilket när det är som bäst upptar vatten ca 12 gånger sin egen vikt och absorberar ammoniak nästan 2 % av sin egen vikt (tabell 9).

Tabell 9. Vatten- och ammoniakbindningsförmåga för olika strömedel enligt RUOKOSALMI och SURVONEN (1936, s. 15).

Strö	Vattenbindningsförmåga x egen torrsubstansvikt	Ammoniakbindningsförmåga % av torrsubstans
Sågspån	3	0,24
Halmhackelse	4	0,25
Torvströ, pH 3,5	12	1,4-2,0
pH 3,6-4,0	12	1,0-1,8

Som torvens goda sidor kan man ännu nämna att den just inte brinner tillsammans med gödsel och håller inte gödselhögen alltför luftig (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 46). Dessutom frigörs det i torven bundna ammoniakkvävet snabbt i marken till växternas användning (VON FEILITZEN 1914, ref. TUORILA 1929). Man bör ej heller glömma den inverkan torv, som använts till strö, kan ha på vattenhushållningen i marker som lider av torra. LARPES (1978) visade i sina försök att 400 m<sup>3</sup> starr- eller vitmosstorv per hektar förbättrade vårsädens skördenivå på mjällerajordar det första skördeåret 69 %. Under 8-10 försöksår var skördeökningen av denna engångsgiva i medeltal 30-40 %. I försöken gödslade man vårsäden varje år med vanlig handelsgödsel, som gav 90 kg kväve/ha. Vissa torvsorter kan dessutom ha en betydande näringsinverkan på marken - de gräsdominerade torvslagen är erkänt bördiga. Detta förutsätter dock att torven är en långt förmultnad dytorv. Å andra sidan passar det inte att använda en sådan torv som strö, ens efter torkning, för den finfördelade torven dammar, smutsar ner djuren och bildar besvärlig smet tillsammans med gödsel. Till ströanvändning passar oförmultnad vitmosstorv (Sphagnum fuscum-torv). Enligt TUORILA (1929) räcker 1 kg torv/100 kg levande vikt/dag till för att fullständigt hindra ammoniakavdunstning från gödseln.

Användning av torvströ underlättar tillvaratagandet av urin och förbättrar ammoniakuppsamlingen i gödseln. Sålunda kan torvanvändningen minska behovet av urinbrunnstrymme och arbetsåtgång, då man inte behöver sprida urinen separat. Torvens försurande inverkan på gödseln minskar näringsförlusterna under lagrings- och spridningstiden. Man kan anta, att inverkan av spridningstiden och -sättet samt nedmyllningen på gödselns växtnäringsvärde minskar när man använder torvströ. Av den här orsaken torde torvströanvändning vara speciellt förmånligt då när man hamnar att sprida gödseln under ofördelaktiga tidpunkter eller när gödselnedmyllningen fördröjs.

Torvanvändningen är naturligtvis förmånligast ifall torv fås från egen mark, men det finns att köpa för ändamålet lämplig torv, vilken bildas som sidoprodukt vid bränntorvsupptagningen. Enligt prislista vintern 1981 uppbär statens bränslecentral ett pris om 12 mk/m<sup>3</sup> för ytskiktstorv lastad på fordon. Med transportkostnader (långtradare, 80 m<sup>3</sup>) blir torvens pris på 10 km:s avstånd från lastplatsen 14,12 mk/m<sup>3</sup>, på 30 km:s avstånd 15,55 mk/m<sup>3</sup>, på 50 km:s avstånd 17,12 mk/m<sup>3</sup> och på 100 km:s avstånd 20,54 mk/m<sup>3</sup>. När enligt HOLMA (1979 a) volymvikten för lastad torv är 250-300 kg/m<sup>3</sup>, blir torvpriset räknat per nöt (500 kg) och dag vid ovannämnda transportsträckor 0,24-0,28 mk, 0,26-0,31 mk, 0,29-0,34 mk och 0,34-0,41 mk. Vid goda förhållanden kan 5 kg god torv (i praktiken 50 % vatten) binda ca 45 g ammoniak (1,8 % av torrsubstansen) per nöt och dag. Priset för motsvarande

kvävemängd i handelsgödselurea var i april-juni 1981 0,12 mk och i ulesalpeteter 0,15 mk. Enligt denna beräkning verkar inte användningen av inköpt torv vara lönsam.

I denna beräkning finns inte medtaget torvens egen gödslings- och jordförbättringsverkan och inte den inbesparing som kommer av minskat behov av annat strö. Ifall gödselvatten från fastgödselhantering i vanliga fall inte tas tillvara och används, skall till torvens fördel ännu räknas effektiverad tillvaratagning av urinkalium. Å andra sidan har torvens ammoniakbindningsförmåga i beräkningen uppskattas som bästa möjliga och priset på handelsgödselkväve enligt högsta pris handelsgödselåret 1980-81.

I praktiken är behovet av torvströ dock större än 1 kg/100 kg levande vikt, vilket TUORILA (1929) rekommenderat. En ojämn inblandning i gödseln, torvens dåliga kvalitet jämförd med torvar som prövats i laboratorieprov samt det att torven avger den uppsugna vätskan vid tryck i gödselhögen försämrar dess vattenbindningsförmåga. HOLMA (1975 a, s. 33) har uppskattat att torven i praktiken (fukthalt ca 40 %) kan uppta vatten bara 4-6 gånger sin egen vikt. Också ammoniakbindningen i torven torde i laboratorieförsök vara effektivare än i djurstall, där urinen rinner kanske bara en gång genom torvströet.

Ca 1/8 av torvströgödselns vikt är torv, när användningen är enligt rekommendationerna 5 kg per nöt och dag. Vid användning av 30 ton stallgödsel/ha kommer då ca 4 ton torv till jorden, vilket motsvarar 13-16 m<sup>3</sup> torv. Denna mängd är mycket liten jämförd med 400 m<sup>3</sup>, vilket LARPES (1979) använde i sina jordförbättringsförsök. Ifall torvströgödseln räcker till för 30 ton/ha på samma åkerskifte varje år, har den medföljande torven utan vidare en jordförbättrande inverkan. I praktiken finns emellertid inte så mycket stallgödsel att fås.

Vid en torvströgödselgiva om 30 ton/ha kommer ca 2000 kg torrsbstans av torv med (ca 50 % fukt i torv vid användningen). Då vitmosstorvens kvävehalt är 1,2 % enligt KIVINEN (1948, s. 119), kommer då ca 24 kg kväve till marken från torven. Detta kväve mineraliseras dock mycket långsamt och det är svårt att uppskatta kvävet växtnäringsinverkan. Gödslingsvärdet för den torv som kommer till marken med stallgödseln torde vara tämligen litet.

Kan man då genom användning av torv i djurstallet minska på behovet av andra strömedel? Med fastgödselmetoden kan man troligtvis göra så, för torvens vattenbindningsförmåga är ju fyrfaldig jämförd med halmhackelsens. Enligt erfarenheter från

praktiken passar det inte att breda ut torv på djurens båsplats, för den smetar så. Man borde uppenbarligen placera torvströet i gödselrännan och i viss mån använda något annat strömedel under djuren. Med urinbrunnsmetoden torde torvanvändningen däremot inte vara förmånlig.

Tillgängligheten på lämpligt torvströ är i vårt land tämligen god. På många gårdar finns det möjlighet till ett eget torvupptag. Vid bränntorvarbetsfälten får man å andra sidan stora mängder ytskiktstorv som biprodukt. Sommaren 1980 hade enbart Statens bränslecentral över ett hundra torvarbetsfält. Enligt en muntlig uppgift kommer produktionen av ytskiktstorv ännu att öka, när torvupptagningen från nya kärr påbörjas. Från nya ibruktagna kärr får man enbart ytskiktstorv under 1-2 års tid.

HOLMA (1975 a, s. 35) rekommenderar en användning om 3-4 kg torv/ko/dag och 1-2 kg torv/gris/dag. Ifall urinen avskiljs till en skild brunn är behovet 1/3-2/3 av denna mängd.

Halm torde vara det mest använda strömedel i vårt land. Det här är ju naturligt, ty halm är en produkt från den egna gården med undantag av i det allra nordligaste Finland. Dessutom är torv ett mycket bra underlag - det smetar inte. Halmens vatten- och ammoniakbindningsförmåga är dock synnerligen anspråkslös (tabell 9). Den påskyndar också gödselbrinningen genom att själv vara råämne för brinningen och luckra upp gödselhögen (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 46). När gödseltemperaturen då stiger och halmen inte kan absorbera den frigjorda ammoniaken blir kväveförlusterna stora. Vid brinningen sker en biologisk absorption av mineraliserat kväve till halmspjälkande mikro-organismer varför en del av kvävet blir i en form som långsamt frigörs. Halmgödseln borde ändock till en del nedbrytas under lagringstiden, för att obrunnen gödsel vid nedbrytningen i marken inte skulle åstadkomma kväveimmobilisation (VALMARI 1933). Kväve- och kaliumförluster med gödselvattnet hotar dessutom stallgödseln, ifall inte mycket rikliga mängder halm används - dagligen 6-8 kg/ko - och gödselvattnet inte tas tillvara (HOLMA 1975 a, s. 35).

På basen av de här ofördelaktiga inverkningarna är det lätt att förstå de resultat, som man har fått av halmströgödsel i odlingsförsök. Värdet av halmgödsel vid potatisgödsling var i VON FEILITZENS (1914, ref. TUORILA 1929) försök betydligt lägre än av torvströgödsel (tabell 7). IVERSEN och DORPH-PETERSEN (1949) fann för sin del, att en extra 10 %:s halmtillsats - fastän den minskade mängden gödselavrinningsförluster - sänkte skörden för alla använda försöksväxter (foderbeta, kålrot, vårsäd). I slutsatserna till en annan dansk undersökning konstateras

man entydigt att ju mera halm man använder tillsammans med gödsel desto mera urin absorberas och desto större blir kväveförlusterna genom avdunstning (ANON. 1930 a). Danskarna rekommenderar ju också att urinen tas skilt tillvara i fastgödselmetoden och lagras och sprids skilt, och då är det ju utan tvekan förmånligt att undvika urinabsorbering i strö.

Trots sina många ofördelaktiga egenskaper är halmen dock ett beaktansvärd strömaterial. Den är ju billig och ett rent ämne att använda för renhållning av djuren. Dessutom är halmen en överloppsprodukt utan annan användning ännu på många gårdar. Då en stor del av landets djurstallar är baserad på fastgödselmetoden och urinbrunnen är dimensionerad efter detta är användningen av halm för uppsugning av urin befogad. Värdet av halmgödsel kunde dock möjligen förbättras genom att dessutom använda torv vid gödseltillvaratagandet. Olika strömedel stänger inte bort varandra utan vid val av strömedel borde man ta i beaktande alla möjliga material, deras goda och dåliga sidor och på basen av detta söka det förmånligaste alternativet, fast från kombination av olika strömedel.

Om man använder 4 kg halm (85 % torrsustans) per ko och dag blir det ca 10 % av gödselns vikt. När man ger 30 ton stallgödsel/ha kommer ca 13 kg kväve, 2,5 kg fosfor och 18 kg kalium i halmen till marken (BENGTSSON m.fl. 1954, s. 30). Av detta kan man anta att bara kalium har direkt gödslingsverkan, ty kväve och fosfor i halm är i en tämligen svårslöslig form. Å andra sidan kan den påskyndade halmnedbrytningen i gödseln förbättra också dessas användbarhet. Åtminstone minskar det markens kväveimmobilisation jämfört med en situation då enbart halm plöjdes ned i marken. Man kan tänka att halmblandning i gödsel används också för att förbättra halmens gödslingsvärde.

För att absorbera all urin i strö, rekommenderar HOLMA (1975 a, s. 35) att man för kor använder 6-8 kg/dag och för svin 1-3 kg/dag. Ifall man strävar till att skilja urinen till urinbrunnen behöver man bara 1/3-2/3 av denna mängd.

Sågspån är till vatten- och ammoniakbindningsförmågan ungefär jämförbar med halmhackelse (tabell 9). Därför rekommenderar man också en användning av samma mängd sågspån som halm (HOLMA 1975 a, s. 35). Sågspån är ett tämligen trevligt strömaterial. Den är ren och man säger att den har en uppfriskande inverkan på luften i djurstallet. Dock är sågspån det ofördelaktigaste strömedlet med avseende på gödselns gödslingsvärde. I VON FEILITZENS (1914, ref. TUORILA 1929) försök gav sågspångödsel under gödslingsåret bara 16,7 % av den skördeökning som erhöles från torvströgödsel och 39 % av skördeökningen från halmgödsel.

Sågspångsgödsel visade sig sämre till gödslingsverkan, fastän det i tidigare försök hade framgått att med sågspån tillvaratagen gödsel innehöll mera ammoniakkväve än halmgödsel (VON FEILITZEN 1911, ref. TUORILA 1929). Orsak till den dåliga gödslingsverkan var kanske det att den tätt packade sågspångsgödseln inte brunnit tillräckligt under lagringen utan förorsakade kväveimmobilisation i marken.

Sågspån innehåller rikligt med lösliga kolföreningar, men dess kvävehalt är så låg att en 3 tons giva (30 ton strögödsel med 10 % sågspån) innehåller bara 3 kg kväve (BENGTSSON m.fl. 1954, s. 30). Sågspån innehåller lika mycket kalium som kväve, medan fosforhalten är mycket låg (BENGTSSON m.fl. 1954, s. 30).

### 3.3.3. Strömetoden

Ändamålet med strö är att uppsuga all urin till ströet och på så sätt få endast ett gödselslag. Metodens fördel jämförd med urinbrunnsmetoden är, att i bästa fall behövs ingen urinbrunn, eller den kan dimensioneras mycket liten. Behandling och spridning av en fast slutprodukt är lätt. Ströbehovet är emellertid stort; för att binda den dagliga urinmängden behövs för kor 6-8 kg halmhackelse eller sågspån eller 3-4 kg torv, för svin 1-3 kg halm eller sågspån eller 1-2 kg torv (HOLMA 1975 a, s. 35). Strögödsel lagras endera i gödselstaden dit gödseltransporten sker dagligen, eller i djurstallet, varifrån gödselborttagningen sker en eller två gånger i året (lösdrifts- eller "gödselstall"-lösning). Vid spaltgolvslösdrift rinner gödseln och trampas ner under djurutrymmet till gödsellagret, på vars botten man har satt rikligt med strö för att binda gödselns vätskedelar.

Det dagliga bortlagandet av strögödsel skedde förr - och sker ännu i små besättningar - för hand. En ökning av besättningsstorleken och en strävan till underlättande av arbete har lett till en ökning av automation vid behandling av strögödseln. Utgödslingsmetoderna indelas nuförtiden på arbetstekniska grunder i handkrafts, halvautomatiska och automatiska metoder (HOLMA 1975 b). Till de halvautomatiska metoderna hör utgödsling med hjälp av traktor eller truck, med vinschdragna gödselvagnar eller -kälkar utförda gödseltransporter från djurstallet till gödselstaden samt skruv-, skrap-, band- m.m. transportörer till vilka gödseln styrs för hand. Vid automatiska metoder samlar skrap- eller kedjetransportörer gödseln till ändan av gödselrännan, varifrån den avlägnas till gödselstaden med gödselhiss, skraptransportör, gödselkälke eller press av olika typ (HOLMA 1975 b). Gödseln lagras oftast på en öppen och otäckt gödselstad (HOLMA 1975 a, s. 65).

Förgödselvärdets skull är det väsentligt att man undviker avrinnings- och av-



dunstningsförluster vid lagringen. Hur väl uppfyller då de nuvarande utgödslings- och lagringsmetoderna för strögödsel dessa fordringar? Man kan undvika avrinningsförluster också i en icke övertäckt gödselstad ifall gödselstaden har fast botten, gödselvattenbrunnen är dimensionerad tillräckligt stor och man verkligen tillgodosgör sig gödselvattnet.

Däremot fäster man kanske inte tillräcklig uppmärksamhet vid undvikande av avdunstningsförluster med de nuvarande strögödselmetoderna. Det hör inte längre till arbetet att packa gödseln och täcka över den med material som hindrar syretillträde och ammoniakavdunstning. Det torde verkligen finnas skillnader i hur hårt de olika utgödslingsmetoderna packar gödseln; gödselpressen bildar t.ex. en tät och luftfattig hop (HOLMA 1978 b). Gödsellagringen utomhus inverkar dock på ammoniakavdunstningen p.g.a. gödseltorkningen, luftbytet kring gödsel och uppvärmningen i solljus. De nutida utgödslings- och lagringsmetoderna har dock stadiga ekonomiska och arbetstekniska grunder, med vilka bevaringssträvandena för gödselvärdet tyvärr inte faller samman.

Gödsellagring i djurstallet var förr i tiden mycket vanligt i vårt land. Ännu på 1930-talet var 30 % av nötboskapen i Finland i s.k. gödselstall (ANON. 1935, s. 12). Denna gödselhanteringsmetod har man avsett vara förmånlig med avseende på bevaring av gödselnäringsämnen (NERONEN 1933; SALMINEN 1935; RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 23). Vid undersökningar av lösdriftsgödselns egenskaper kom YLÄNEN (1958) till det resultatet, att totalmängden viktiga växtnäringsämnen i gödsel som lagrats med denna metod var minst 1,3 gånger så stor som i vanlig gödsel. Dessutom är mängden stallgödsel (avföring + strö) i lösdriftsladugård 1-1,5 ton mer per ko och år jämförd med i en vanlig ladugård. Fördelaktigheten med gödsel från lösdriftsladugård grundar sig enligt YLÄNEN (1958) på det, att rikligt med strö suger upp all urin och att ammoniakavdunstningen är långsam från hårt trampad gödsel. Uppbevaringen av gödsel i djurstallet har dock också negativa sidor, av vilka man anser svårigheter med djurens renlighet och hygienisk mjölkbehandling vara de viktigaste (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936). Försämringen av mjölk kvaliteten i gödselladugårdar kunde vara ett så svårt problem, att man var tvungen att kasta ut gödseln så ofta som möjligt (NERONEN 1933). Detta förfaringsätt var naturligtvis arbetstekniskt sett dåligt och fördärvade gödselvärdet. I vanliga fall behövs ingen mellanlagring utan gödseln körs bort en eller två gånger i året, direkt ut på åkern.

Lagring av gödsel på åkern har varit vanlig i vårt land - man har velat spara i kostnader för byggande av gödselstad. Då är det speciellt viktigt att man an-

vänder rikligt med sura tillägsämnen i gödseln för att hindra näringsförluster. Förr i tiden gjorde man gödselbatterier genom att köra lager med dy eller mull varvat med lager av gödsel (ANON. 1935, s. 30). Ifall gödselstaden är liten kan en omsorgsfull lagring av gödsel på åkern komma ifråga också nuförtiden. I andra fall är det nog skäl att undvika det, ty näringsämnena står sig sämre i gödselstücken på åkern än i gödselstaden, varifrån avrinningsvatten tas tillvara. I finländska försök med batterigödsel gjord på vintern har man med vårsäd och rotfrukter fått en skördeökning om i medeltal 1006 toderenheter/ha, när motsvarande skördeökning med gödsel körd från gödselstaden om våren var 1225 foderenheter/ha (TUORILA och TAINIO 1934).

I vissa sammanhang ser man rekommendationer om kompostering för vidarebehandling av strögödsel. Man hänvisar till det att man förr i tiden komposterade mycket. Riktigt så var nog inte fallet. Då när tillgången på handelsgödsel var knapp, använde man kompostering för förbättrande av gödslingsvärdet i avfall såsom blast, köksavfall m.m. Man använde stallgödsel endast i en sådan mängd att nedbrytningsmikro-organismerna fick tillräckligt med näring (NERONEN 1933; ANON. 1935, s. 33-34; SALMINEN 1935; RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 69-70).

#### 3.3.4. Urinbrunnsmetoden

Principen för urinbrunnsmetoden är en avskiljning av urin från fast gödsel redan i djurstallet och en bortledning av urin längs ett speciellt rörnät till urinbrunnen. Strömedel används inte för gödselvård utan endast för renhållning av djuren. I stället för strö har man prövat olika båsbeläggningar som djurunderlag. Av dessa har gummimattor blivit en aning allmänna i Finland (NIEMINEN m.fl. 1969). Fastgödsel lagras i gödselstaden och gödsel och urin transporteras till och sprids på åkern skilda från varandra.

Urinbrunnsmetoden har goda grunder för bevarande av gödselvärdet. Äldre danska undersökningar stannade nästan utan undantag för att rekommendera en separat tillvaratagning av urin. Sådana slutsatser som "Ju mera urin som suggs upp i strö, desto större kväveförluster", och "Huvudsaken är att urin, som innehåller största delen av gödselns ammoniak, leds så snabbt som möjligt till en tät behållare" (ANON. 1930 a), är exempel på detta. Danskarna erhöll inte goda resultat ens med torv, men detta berodde uppenbarligen på torvens dåliga kvalitet (jfr. RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 18). Enligt en svensk lärobok är tillvaratagandet av näringsämnen med urinbrunnsmetoden betydligt bättre än med strömetoden (tabell 10).

Tabell 10. Återvinning av växtnäringsämnen med olika gödselhanteringsmetoder, enligt FREDRIKSSON och BENGTTSSON (1952, s. 72).

Gödselmetod	Återvinning av näringsämnen/kg fullvuxen nöt och år		
	Kväve	Fosfor	Kalium
Urinbrunnsmetoden	60	10	60
Torvströmetoden	55	10	50
Halmströmetoden	45	10	45

Enligt EKESBO (1977) har avskiljningen av urin från fast gödsel dessutom följande fördelar: luften i djurstallet hålls frisk, djuren hålls rena, faran för urindrickande hos svin är liten, parasitspridningen är ringa och ladugården eller svinhuset är just inte illaluktande för omgivningen.

Urinbrunnsmetodens fördelaktighet när det gäller gödselvärde baseras på det, att urin, som innehåller huvuddelen av gödselns näringsämnen och vars kväveföreningar är lättillgängliga för växterna, tas tillvara så väl som möjligt. En tät urinbrunn bevarar å andra sidan det mineraliserade kvävet, ty ammoniak och koldioxid som frigörs till brunnens luftfas förhindrar ammoniakavdunstning (EGNER 1932). För att få till stånd denna inverkan måste urinbrunnen vara verkligt tät, vilket belyses med ett försök från Danmark om brunnens täckning (tabell 11).

Tabell 11. Inverkan av urinbrunnens täckningssätt på kväveförlusten, enligt IVERSEN (1924).

Brunnens täckningssätt	Kvävehalt %		Kväveförlust %
	Vid påfyllning	Vid brunnstömning 27.4.	
Skyddat från regn	0,527	0,269	49
Bräder, löst	0,515	0,385	25
Bräder tätt, med öppning	0,529	0,407	23
Bräder tätt, slutet	0,523	0,490	6
Bräder tätt, med jord på	0,513	0,479	7
Murad, slutet brunn	0,519	0,500	4

VIRTANEN (1935) har i Finland gjort en undersökning baserad på praktiska urinbrunnsprov och kommit till liknande slutsatser.

Vid urinbrunnsmetoden bör man vinnlägga sig om brunnens täthet och att urinen leds till brunnen så snabbt som möjligt. I IVERSENS (1924) undersökning visade det sig

att urin, som slängts ovanpå fast gödsel och därifrån runnit till urinbrunnen innehöll bara 0,08 % kväve, medan urin som letts direkt till urinbrunnen innehöll 0,38 % kväve. För att förhindra ammoniakavdunstning är också ett vattenlås i röret till urinbrunnen att rekommendera, så att inte drag uppstår (IVERSEN 1924).

Urin borde spridas på åkern i början av eller under växtperioden, så att de lättlösliga näringsämnen kommer växterna tillgodo. För den skull bör urinbrunnen dimensioneras tillräckligt stor, t.o.m. för upplagring av urin från 8-10 månaders tid. För tvättvatten, gödselvatten och eventuell fördröjning av spridningsarbetet lönar det sig att dimensionera brunnen ännu 10-20 % större än beräknat (HOLMA 1979 b). Då kon producerar ca  $5,5 \text{ m}^3$ , suggan  $2,5 \text{ m}^3$  och gödsvinet ca  $1,1 \text{ m}^3$  urin per år (ERIKSSON m.fl. 1977), är storlekskravet för urinbrunn under 10 månader, med beaktande av ovannämnda synpunkter, för kor  $5,0-5,5 \text{ m}^3$ , för suggor  $2,3-2,5 \text{ m}^3$  och för gödsvin  $1,0-1,1 \text{ m}^3$ . Det lönar sig inte att slå ned på kraven angående urinbrunnsdimensionering, för ifall man hamnar att tömma behållaren och sprida urinen på åkern under ofördelaktiga tider, kan värdet av hela metoden ifrågasättas p.g.a. kväveförluster.

Att urinbrunnsmetoden inte blivit allmän i Finland torde bero på att byggandet av en tillräckligt stor urinbrunn är dyrt och på ett ökat behov av arbete och arbetsmaskiner vid transport och spridning av två gödselslag. Dessutom har finländska experter alltid poängterat att det i vårt land finns tillräckligt med sur torv för bindande av urin med strömetoden (ANON. 1935, s. 16; SALMINEN 1938; HOLMA 1979 a). Huruvida torvanvändningen sen i praktiken är lönsam och hur allmän den är, det står oklart. Å andra sidan torde det finnas mycket att förbättra, åtminstone angående spridningstid och -sätt, i ett gödselhanteringssystem med urinbrunn.

Den fasta gödseln som fås genom urinbrunnsmetoden hanteras och lagras på samma sätt som strögödsel. Det gödselvatten som avskiljs under lagringen leder man bort till urinbrunnen. Då man just inte använder strö, brinner inte gödseln lika mycket som strögödsel. Vid hanteringen av en sådan gödsel behöver man å andra sidan inte visa så stor omsorg vid att packa gödseln, för ammoniakavdunstningen enbart från träcken är liten.

#### 3.4. FLYTGÖDSELHANTERINGEN

Metoden att hantera gödsel i flytande form är av Mellaneuropeiskt ursprung. Enligt TSCHIFFEL (1774, ref. HAUSER 1974) grundar sig metoden inte på en tillfällighet eller utveckling av kemin, utan på erfarenheter genom schweiziskt

bondförnuft. Flytgödselmetoden blev vidare känd på 1820-1830-talet och spred sig sen, rekommenderad av bönder och vetenskapsmän i jordbruket, omkring världen. En undersökning av flytgödselmetoden förslogs i Finland av ROSENQVIST (1937), som på sina resor i Bajern och Schweiz fick en bra bild av metoden. ROSENQVIST (1937) nämner att flytgödselmetodens fördel beror på små kväveförtuster, snabb gödslingsverkan samt på bevattningsinverkan av den stora vattenmängden, som tillika med gödsel, kommer till marken. Följande år skrev SALMINEN (1938) ett bemötande till Rosenqvists reseskildring, vari han starkt tvivlade på lämpligheten av ifrågakvarande "gödselvattenmetod" i våra förhållanden. SALMINEN (1938) grundade sina tvivelsmål på att det inte finns sådana förutsättningar för en användning av vätskeaktig gödsel i vårt land som i länder med kortare och mildare vintrar. Dessutom gjorde våra rikliga tillgångar på strö (torv) en anpassning av gödselvattenmetoden till våra förhållanden onödig, enligt SALMINEN (1938).

Som sådan kom aldrig gödselvattenmetoden till vårt land; den Mellaneuropeiska metoden omfattade ju en utspädning av gödseln i en 10-faldig mängd vatten och ofta ännu en spridning av slammet genom sprutning (jfr. ROSENQVIST 1937). Med den nuvarande flytgödselmetoden får man en gödsel vars torrsbstanshalt i medeltal är 6-8 % (KAHARI 1974), och som vanligtvis sprids på markytan med en behållarvagn (HOLMA 1975 a, s. 83).

Vid flytgödselhantering är det väsentligt att man använder en så liten strö mängd som möjligt, ty strö behövs inte för skötseln av gödseln. Strö som hamnar i flytgödsel är bara till förfång genom att bilda en skorpa på flytgödselytan.

#### 3.4.1. För- och nackdelar

Som flytgödselmetodens största fördel håller man arbetsbesparing och underlättad utgödsling, lagring och spridning. Med hjälp av slammets flytegenskaper kan man sköta utgödslingen med byggnadsmässiga lösningar. Att flytgödseln kan pumpas gör tömningen av lagringsbehållare och spridningen av gödseln lätt att mekanisera. Då man inte behöver strö för skötseln av gödseln, besparas man från arbete och kostnader med anskaffning, lagring och användning. Jämförd med urinbrunnsmetoden har flytgödselmetoden dessutom den fördelen att det finns bara en slutprodukt att handskas med.

Därför är arbetsåtgången i flytgödselmetoden mycket mindre än i fastgödselhanteringsmetoder, med undantag av lösdriftslösningar (tabell 8, s. 31).

Anläggningskostnaderna för flytgödselhanteringen är större än för fastgödselhanteringen, men p.g.a. byggnadernas långa brukstid är årskostnaden liten (HOLMA 1978 a). Enligt HOLMAS (1975 b) beräkningar är gödselns totalhanteringskostnader med flytgödselmetoden mindre redan vid besättningar om 10 nötenheter än i mekaniserade eller omekaniserade fastgödselmetoder (figur 2, s. 32).

En annan betydande fördel med flytgödselmetoden är att näringsförlusterna blir mindre. Det uppstår just inte avrinningsförluster, ty gödselkulverten och -behållaren byggs täta. Också ammoniakavdunstningen från flytgödsel är ringa, ty flytgödseln är utspädd med avseende på kväve, nedbrytningen är långsammare än i strögödsel och avdunstningsytan är liten. Dessutom är ammoniakdiffusionen långsam i flytgödsel. Enligt KAHARI (1974) är nötflytgödselns halt av totalkväve 0,35 % och svinflytgödselns 0,55 %, då kvävehalten i urin, som suggs upp i strö eller hamnar i urinbrunn, kan vara t.o.m. 1,4 % för nöt (VIRTANEN 1935). STEWART (1968) har också visat att en utspädning av gödseln med vatten förbättras kvävet användbarhet för växterna. Forskaren höll minskningen av ammoniakavdunstningen och det att den stora vattenmängden hjälpte gödselkvävet nedträngning i marken som orsak till detta. SCHMALFUSS och KOLBE (1963) fann för sin del att endast 15 % av flytgödselns organiska material sönderföll, när lagringsförlusten i strögödsel var 38 % av torrsubstansen. KAILA (1950 a) har å andra sidan visat, att urinkvävet ammonisering sker snabbt också i syrefattiga förhållanden ifall inte temperaturen är låg. När den flytgödselyta, som kommer i kontakt med luften är liten, och gasdiffusionen i vätskan är långsam, kan inte mycken ammoniak avdunsta, för ytskiktets utarmning hindrar mera avdunstning. KOFOED m.fl. (1969) fann att kväveförlusten i flytgödselns ytskikt (15 cm) var 46 %, men endast 10 % längre ner. Det förekommer inte just någon biologisk fixering av mineraliserat kväve ty ströanvändningen är liten. Därför uppskattar man också att flytgödselkvävet användbarhet för växterna jämförd med handelsgödselkvävet är 70 %, med halmströgödsel är den bara 30-40 % (ERIKSSON m.fl. 1977, s. 293).

Bildandet av illaluktande och giftiga gödselgaser samt bibehållande av sjukdomsalstrare i gödseln är de största nackdelarna med flytgödselmetoden. Gödselgaserna är ett problem speciellt vid flytgödselhantering, ty de giftigaste och mest illaluktande gaserna kräver anaeroba förhållanden för att bildas. Stora mängder ammoniak och koldioxid frigörs visserligen också vid fastgödselhanteringen, men i praktiken skapar de just inga problem.

De gaser som frigörs ur flytgödsel är, vid sidan om ammoniak och koldioxid, svavelväte, metan samt olika organiska föreningar såsom merkaptaner, indol, skatol, amider, flyktiga fettsyror o.s.v. Av dessa anses svavelväte vara den

giftigaste. Den har omedelbart dödande verkan vid halter om 700-2000 miljondelar i luften (ANON. 1979). Också ammoniak är ett giftigt medel och dödande inverkan har det vid en halt om 10000 ppm. Däremot grundar sig metanens skadlighet främst på dess explosionskänslighet, om än den vid höga koncentrationer kan förorsaka illamående. Koldioxidens skadlighet åter beror på att den undertränger syre, när den är tyngre än luft (ANON. 1979). Också svavelväte är tyngre än luft. Förutom metan är också syreblandningar med ammoniak och svavelväte explosiva (NIEMINEN m.fl. 1969).

Gödselgasernas skadlighet ställer specialkrav på ventilation och gödselhantering i flytgödselmetoderna. I vanliga förhållanden förekommer just inte svavelväte, merkaptaner, indol, skatol och amider i luften i djurstallet, utan de frigörs först i samband med rörning, omblandning, utgödsling, pumpning och spridning av gödseln (HOLMA 1975 a, s. 23). En onödig rörning av flytgödseln bör av den här orsaken åstadkomma en fara för arbetarna, från vilket NIEMINEN m.fl. (1969) har nämnt varnande exempel. För undvikande av gasfaran skall det finnas ett vattenlås mellan djurskyddet och flytgödselbehållaren och ventilationen i djurskyddet bör vara tillräcklig. Det bästa resultatet torde man uppnå med mekanisk ventilation där luften leds ut genom gödselrännorna.

Det föreligger inga skäl att bagatellisera faran från gödselgaserna. När flytgödselmetoden blir allt vanligare måste man fästa större uppmärksamhet på denna sak. Förutom att gödselgaserna utgör en potentiell riskfaktor för arbetarna, åstadkommer de också djurinsjuknanden och produktionssänkningar (NIEMINEN m.fl. 1969). Förutom förgiftningsfaran åsamkar de frigjorda gaserna från flytgödselspridningen skador på miljön.

Sjukdomsalstrarna hålls längre livsdugliga i flytgödsel än i fastgödsel. Fastgödselmetodens fördelaktighet grundar sig, enligt KALLELA (1974), på gödselbrinningen och på en höjning av urinreaktionen till en nivå som förstör bakterierna. Flytgödseln hålls "kall" och dess pH höjs inte på ett avgörande sätt. Därför finns den faran att flytgödselgivan till betesmark eller vall innehåller sjukdomsalstrare, och att dessa hamnar i djurens foder. GUDDING (1980) har upptäckt att Salmonella-bakterier kan hållas livsdugliga t.o.m. 40 dygn i vall, då man har spridit flytgödseln på markytan.

I samband med användningen av flytgödsel kan man enligt GUDDING (1980) minska infektionsrisken genom att lufta slammet, sprida det på bar mark och mylla ner det, lagra gödseln minst en månad före spridning, torka hö som ytgödsel med

flytgödsel samt genom att släppa ut djuren på bete, som ytgödsplats med flytgödsel först efter en månads varseltid. Vall som blivit ytgödsad med flytgödsel passar inte för ensilageberedning, ty buffringsförmågan i gödsel som följer med till lagret hindrar en sänkning av pH (GUDDING 1980). Enligt HANSEN (1981) hindrar också gödselöverskottet vid biogasproduktionen effektivt sjukdomsalstrarna. Genom bevattning kan man rena vallen efter gödsling med flytgödsel.

Veterinärerna är av den åsikten, att också brist eller minskning av ströanvändning är olägenheter med flytgödselmetoden (HENRIKSSON 1977; KALLELA 1979). Strö anses som en viktig hälso- och trivselseffekt. Med svin och kalvar har man märkt att djurens insjuknande och dödlighet är större i samband med flytgödselmetoden än med fastgödselmetoden (LINDQVIST 1974; BJÖRKLUND m.fl. 1977, ref. EKESBO 1977). Man har funnit att också mjölkkor insjuknar mera i ladugårdar med flytgödsel (ANON. 1976, ref. EKESBO 1977). EKESBO (1977) rekommenderar också en skild tillvaratagning av träck och urin i djurstallet. I lagret kan man sammanföra dem till flytgödsel. Å andra sidan har man funnit, att stallhygien kan bli t.o.m. bättre med flytgödselmetoden än med fastgödselmetoden, ifall metoden är riktigt genomförd (KALLELA 1979). Som slutsats kan man konstatera, att med avseende på djurskyddshygien är både fastgödsel- och flytgödselmetoderna bra i teorin. I de praktiska lösningarna har båda metoderna sina fel. Flytgödselmetoden anses dock vara sämre.

#### 3.4.2. Flytgödselmetoden

Man kan hantera gödseln som slam endera vid tillvaratagandet eller vid lagringen eller i båda skeden. Det mest använda alternativet torde vara hantering som flytgödsel både vid tillvaratagandet som vid lagringen, men t.ex. i suggstall rekommenderas nuförtiden flytgödselhantering bara i samband med lagringen. Vid användning av spaltgolvsmetoden kan man suga upp gödseln i strö, som intagits i lager, och utföra lagringen och spridningen i fast form, varvid gödseln är strögödsel utanför djurstallet.

Flytgödseltillvaratagningen kan grunda sig på metoder med pumpning, uppdamning, avrinning, sköljning eller med spaltgolv (HOLMA 1975 a, s. 42). Från flytgödselrännorna styrs gödseln endera direkt eller via pumpbrunnen till lagerbehållaren, vid spaltgolvsmetoden kan slammet rinna direkt till gödselbehållaren. Förhindrandet av gödselgasernas tillträde till djurstallet sker med vattenlås och genom omsorgsfull ventilation.



Flytgödseln lagras i en tät, övertäckt eller otäckt behållare, som kan vara placerad under eller ovan jorden. Också jordgropar har använts som lagringsplats för flytgödsel. Detta alternativ är inte så dåligt som man kunde tro, ty de flytgödselbeståndsdelar som sjunker till botten tätar gropens botten så den blir ogenomträngbar för vatten. Man kunde tänka sig använda en lagring i jordgropar i nödfall, om vattenmyndigheterna det tillåter.

Förutom träck och urin innehåller flytgödseln små mängder strö och 5-35 % tillsatt vatten (HOLMA 1975 a, s. 66). Mängden flytgödsel per djur och månad blir då i medeltal 1500 kg för ko, ca. 750 kg för kviga, ca. 450 kg för sugga, ca. 150 kg för gödsvin och ca. 9 kg för höns (HOLMA 1975 a, s. 66).

Enligt HOLMA (1975 a, s. 66) är lagringstiden 5 månader i södra Finland och 5,5-6 månader i norra Finland. Man måste dock fråga sig, omdenna lagringstid och på den basen beräknad behållarstorlek, räcker till i praktiken. Naturligtvis måste man försöka minimera kostnaderna för byggandet av gödselbehållare, men detta får inte leda till en situation där man hamnar att sprida ut gödseln på åkern vid en olämplig tidpunkt p.g.a. brist på lagringsutrymme. Enligt JANSOON (1977) är den största nackdelen med stallgödselanvändningen - och inte minst flytgödselanvändningen - det, att det kommer rikligt med växtnäringsämnen till marken då när ingen växtlighet tillgodogör sig dem om hösten och om vintern samt vid gödsling av träda. Då flytgödselns fördelaktighet som gödsling till stor del grundar sig på det lättlösliga kvävet, vilket å andra sidan också lätt avdunstar eller urlakas, borde man kunna utföra gödslingen i början av eller under växtperioden. Detta åter förutsätter större flytgödselbehållare än nu. I Norge räknar man ofta lagringstiden till 8 månader, men på stora gårdar har man kapacitet att lagra den gödsel som uppkommer under 12 månader, så att man kan sprida gödseln vid en önskad och fördelaktig tid (BERGE 1980). Vid planering av flytgödselbehållarens storlek borde man ännu mer än förr försöka få spridningstiden så förmånlig som möjligt med hänsyn till slammets gödslingsverkan. Ifall man p.g.a. lagerbehållarens litenhet hamnar att sprida ut flytgödsel under ofördelaktiga tidpunkter eller i alltför stora mängder, kan man inte räkna den gödslingsverkan, som är bättre i flytgödsel än i fastgödsel, till förmån för flytgödselmetoden.

Under lagringstiden sker olika skiktbildningar i flytgödseln. De lätta beståndsdelarna, såsom strö i form av halm och sågspån samt grova foderrester, bildar en skorpa på ytan. På botten lagras de tyngre beståndsdelarna, såsom sand, foderrester, fastgödsel o.s.v. För den skull hamnar man att blanda gödseln före lastning i spridarvagn. Omblandningen kan ske genom användning av tryckluft eller med

pump, propeller, vingblandare och strömbildare (HOLMA 1975 a, s. 74). Gödselblandning med sist nämnda mekaniska metoder inverkar på gödselns kväve så, att ammoniakgradienten utjämnas och kväveavdunstningen från ytan igen kan börja. Detta torde dock inte ha någon stor betydelse, ifall man blandar gödseln enbart strax före lastningen i spridarvagnen. Blandning med lufttryck kan däremot ha en förödande inverkan på kvävet, ty det påskyndar gödselnedbrytningen och underlättar ammoniakvandringen till luften.

En långvarig luftning har också en höjande inverkan på gödselns temperatur och reaktion (LOYNACHAN m.fl. 1976; SCHECHTNER 1978). Hur stor inverkan den kortvariga luftningen vid omblandning av flytgödsel (i en liten behållare 4 m<sup>3</sup> luft/min under 1-2 dagar, THYSELIUS 1974 a) i praktiken har, är ännu outredd.

Man har använt luftning också för att minska luktbesvär från flytgödsel. Den erforderliga behandlingstiden för avlägsnande av lukt är tämligen lång, enligt SCHECHTNER (1978) 1-2 veckor. De erhållna resultaten av kraftig luftning är goda; mängden av luktframkallande och giftiga förruttnelseprodukter minskar betydligt i slammet (STEVENS och CORNFORTH 1974, THYSELIUS 1974 b, SCHECHTNER 1978). Å andra sidan blir kväveförlusterna större ju kraftigare luftningen är. SCHECHTNER (1978) hänvisar till ett fall där effektiv lukt borttagning genom luftning på samma gång ledde till 75-90 %:s kväveförluster. Man har ju i många länder provat på syrsättning för minskande av kvävehalten i avfallsvattnen, före man släpper ut det i vattendragen (STEVENS och CORNFORTH 1974, LOYNACHAN m.fl. 1976).

Förutom genom luftning har man försökt minska flytgödselns luktbesvär med olika kemikalier. Resultaten har dock inte varit speciellt uppmuntrande med beaktande av behandlingskostnaderna. I svenska försök visade sig ammoniumpersulfat mest effektivt av de prövade kemikalierna (STEINECK 1974 a). Man fann i dessa försök att enzymaktiva ämnen, bakterieodlingar och ammoniumpersulfat hade en hindrande inverkan på ammoniakavdunstningen. Enligt THYSELIUS (1974 b) är en snabb nedmyllning eller radmyllning av flytgödsel i praktiken mer rekommendabla sätt att förhindra luktbesvär vid spridningen. Luktintensiteten i flytgödsel, som spridits på ytan, var i svenska försök 5-10 gånger större än nedmyllat slam (THYSELIUS 1974 b). Med en snabb nedmyllning eller radmyllning av flytgödsel kan man samtidigt minska kväveförlusterna och förbättra gödselnäringens tillgänglighet för växterna.

Man har i vissa fall försökt förbättra flytgödselns bruksegenskaper genom att torka slammet. Genom att skilja slammets fasta och vätskeformiga delar från

varandra har man närmast strävat till ett underlättande av lagring och bevattningsmed gödselvatten samt en minskning av luktbövären.

På grund av dyra apparater för vattenavskiljning torde en användning av dem i våra förhållanden inte vara lönsam (HOLMA 1975 a, s. 79). En torkning av flytgödseln, vilket grundar sig på vattenavdunstning från slammet, leder för sin del till en avdunstning av ammoniak.

#### 4. GÖDSLING MED STALLGÖDSEL

Att uppnå det bästa ekonomiska resultatet är en allmän strävan vid användning av gödselmedel. Det ekonomiska resultatet beror på anskaffnings- och spridningskostnader för gödsel samt på den erhållna skördeökningen. Stallgödsels anskaffningskostnader består av insatt arbete och mekanisering för tillvaratagande och lagring av gödseln. Skördeökningen med användning av stallgödsel - och på samma gång det ekonomiska resultatet av gödselanvändningen - beror för sin del närmast på spridningstid och -sätt, användningsmängder, växtslag och tilläggs-gödsling. För den skull bestämmer gödsels slutliga användningssätt hela gödselhanteringskedjans ekonomiska resultat. Inte ens den bästa tillvaratagnings- och lagringsmetod ger ett gott ekonomiskt resultat, ifall spridningstiden och -sättet är ofördelaktigt, spridningsmängden är alltför stor, gödseln används till växter som utnyttjar den dåligt, eller man inte bryr sig om nödvändig tilläggs-gödsling. Det ekonomiska resultatet blir dåligt också då man underskattar stallgödsels gödslingsverkan vid planering av handelsgödselgivan.

Stallgödseln är också en del av jordbrukets miljöproblem. Urlakande näringsämnen och dessutom gödsels organiska beståndsdelar, som hamnar i vattendragen genom ytavrinning kan förorsaka syrebrist och också annars försämra vattenkvaliteten. I praktiken är orsakarna till gödsels förorenande inverkan de samma som minskar stallgödsels gödslingsverkan. Ifall näringsämnena inte kommer till växternas användning är de känsliga för urlakning. Därför är de åtgärder som förbättrar användbarheten av näringsämnena i stallgödsel fördelaktiga också vid lösandet av stallgödsels miljöproblem.

Från stallgödsel, som spridits på åkern, sker näringsförluster genom ammoniakavdunstning, kvävedenitrifiering, urlakning av nitratkväve och genom att näringsämnen kommer bort från odlingen genom ytavrinning. Hur stor näringsförlusterna blir och hur betydelsefull olika förlustsätt är, beror på gödselanvändningssättet.

Man känner inte exakt till betydelsen av denitrifikation på förlusterna av gödselkväve, fast man antar att den är stor. Av de faktorer som förstörar denitrifikationen är markens låga oxiderings-reduceringsgrad den viktigaste. Den beror i sin tur på markens temperatur, fuktighet och mängden av lättnedbrytbart organiskt ämne. Därför är det också troligt att denitrifikationens andel av speciellt stallgödselkväveförlusterna kan vara stor. CHRISTENSEN (1981) har också i sina försök märkt, att från marken denitrifierar mera kväve till kväveoxidul från stallgödsel än från handelsgödselåkrar. Man känner dock inte just till inverkan av gödselanvändningssättet på denitrifikationsbetydelsen.

#### 4.1. SPRIDNINGSTID

En optimering av gödslingens ekonomiska resultat betyder i praktiken det, att man använder sig av växternas förmåga att utnyttja näringsämnen till skördebildning. Utgångsläget är nämligen tillgodoseendet av växternas näringsbehov. Detta borde också vara den främsta tanken vid användning av stallgödsel. I praktiken behandlar man dock stallgödseln mera som ett avfall än som ett gödslingsämne - den sprids i vanliga fall ut på åkern just då när ingen växtlighet finns för att tillgodogöra sig de frigjorda näringsämnena. Enligt JANSSON (1977) är den ofördelaktiga spridningstiden ett av de största problemen vid användning av stallgödsel.

##### 4.1.1. Spridning på träda och bar mark om hösten

I vårt land sprider man stallgödseln mycket ofta på träda och ofrusen mark om hösten. Med denna metod har man också betydande arbetstekniska fördelar bl.a. en utjämning av arbetstopparna och en lätt nedmyllning av gödseln. Ändock är träda- och höstspridning ofta ganska ofördelaktiga med avseende på gödslingsverkan, ty näringsämnena i mark utan växtlighet är känsliga för urlakning. Dessutom minskar en ökad nedbrytning av trädajordens humus behovet av gödsling, speciellt behovet av kvävegödsling, varför stallgödselns förmånliga inverkan kan bli ringa i träda.

Då gödseln, som sprids på träda eller om hösten på ofrusen mark, i vanliga fall snabbt myllas ned, går näringsämnena inte förlorade via ammoniakavdunstning eller ytavrinning. Den största orsaken till näringsförluster är då urlakningen av nitratkväve med regnvatten genom jorden. Detta är för sin del beroende av regnvattenmängden och markens genomtränglighet, varför kväveurlakningsmängden varierar från år till år och beroende av ort och jordmån. I finländska förhållanden torde

urlakningen av nitratkväve vara synnerligen betydande. I försök utförda av JAAKKOLA (1979), urlakades under ett år ca. en femtedel av det handelsgödselkväve som i augusti använts för gödsling av höstsäd på lerjord. Å andra sidan fann JAAKKOLA (1979) att kväveurlakningen från lerjordar i träda var mycket stor. Fastän den höstsäd som såddes i träda inte alls gödslades, urlakades 54 kg/ha nitratkväve i täckdiken och 7 kg/ha som ytavrinning under ett års tid. Den stora mängden frigjort kväve från trädajorden beskrivs också av att man erhöll 3000 kg höstsäd/ha utan handelsgödselgiva. SALONEN (1949, s. 291) förhöll sig mycket kritiskt till användning av gödsel på träda och höll åtminstone en riklig gödsling av höstråg för slöseri med gödselmedel. "Ifall man ändock t.ex. för arbetsordningens skull önskar använda gödsel på träda, må man ge detta i minsta möjliga mängd, ca. 20 ton/ha" (övers.), skrev SALONEN (1949, s. 291).

Ifall man om hösten sprider gödsel på mark, som inte har växtlighet, torde detta vara fördelaktigare ju senare på hösten man gör det. Som grund för denna slutsats är, att kväveurlakningen minskar när gödseln då blir utsatt för mindre avrinningsvatten än vid en tidig höstspredning. Detta beror naturligtvis av regnmängden och regntidpunkten. JAAKKOLA (1979) fann i sina urlakningsförsök på lerjordar åren 1977-1978 att av 100 kg handelsgödselkväve urlakades under ett års tid endast ett kilogram när spridningen skedde 29 november, medan urlakningen var 18 kg när spridningen skedde 20 september. Under den föregående försöksperioden då det om våren kom mycket vatten ur täckdikena, var urlakningen lika stor från tidigt som sent på hösten spridet handelsgödselkväve. Gödselspredningen sent på hösten kan å andra sidan vara besvärlig p.g.a. dåligt väglag.

I danska försök har man i vissa fall funnit att en sen höstspredning varit förmånlig. På Lyngby försöksstation har gödselspredning på lerjordar i december i vanliga fall gett en större skördeökning än spridning i februari eller mars (ANON. 1949). Resultat på lerjordar från Askov försöksstation visar det motsatta då gödselinverkan är större ju närmare såningen gödslingen har blivit utförd. Som orsak till skillnaden mellan de olika orterna har danskarna fastställt en differans i kväveurlakningen beroende på olika regnmängder (ANON. 1949). Ifall regnmängden är liten under vintern och urlakningen ringa kan man med gödselspredning på hösten t.o.m. erhålla ett bättre resultat än med vårspredning. Det här beror på det, att vid fördelaktiga förhållanden är näringsförlusterna mindre på åkern än i gödsellagret. Dessutom är marken och luften kall och luftfuktigheten i allmänhet stor, vilket minskar ammoniakavdunstningen vid gödselspredning sent på hösten. I allmänhet har man dock i danska försök funnit att vårspredning är fördelaktigare än höstspredning (ANON. 1930 b; IVERSEN 1944; IVERSEN och DORPH-

PETERSEN 1948; C. CHRISTENSEN 1976, ref. KOFOED 1981 b). Enligt C. CHRISTENSEN (1976, ref. KOFOED 1981 b) räknar man numera i Danmark med att flytgödselkvävet gödslingsverkan vid höstspredning är 10-15 % och vid vårspredning 40-60 % av gödslingsverkan för handelsgödselkväve, som spridits under den fördelaktigaste tiden.

I vissa fall har man också i Finland funnit höstspredning vara fördelaktigare för spannmål (SIMOJOKI 1977). Man har fastställt att detta beror på liggsäd och eftergroning förorsakad av gödselspredning på våren, vilket ger uttryck för att den använda gödselmängden har varit alltför stor. Stora mängder gödsel på hösten kan vara bra när man försöker förstöra gödseln, men när man vill utnyttja gödseln är måttliga mängder om våren ett bättre sätt. Höstspredning kan visa sig bättre än vårspredning också då man använder obrunnen gödsel som innehåller rikligt med strö.

Urlakningen av gödselns näringsämnen beror förutom på regnmängden också av markens genomtränglighet. Man har också märkt att från gödsel nermyllad i lerbjörk urlakas mindre näringsämnen under vinterns lopp än från gödsel på grövre jordar. I ett försök på Askov station i Danmark var näringsförlusten under vintertiden från höstspredningen gödsel på basen av skörderesultaten 22 % på lerbjörk och 35 % på sandjordar (IVERSEN 1927).

När man granskar ovan framförda slutsatser bör man ta i beaktande att gödseln genast har nedmyllats i jorden. Därför har inte just annan kväveförlust än urlakning av nitratkväve skett och skillnaden i inverkan av spridningstid förklarar av skillnader i urlakningsmängderna. Ändock kan det också på fina jordar förekomma ännu större näringsförluster från gödsel, som spridits på markytan, genom ytavrinning och ammoniakavdunstning. Dessa saker behandlas närmare i ett senare avsnitt.

För att hindra kväveurlakningen ur höstspredningen gödsel rekommenderar man ofta att kvävefattigt organiskt material, t.ex. halm, samtidigt plöjs ner. De mikroorganismer som bryter ned det organiska materialet binder då det från gödseln frigjorda kvävet i en form som inte urlakas. Denna metod minskar utan tvivel näringsurlakningen, men samtidigt sjunker kvävet användbarhet för växterna på ett avgörande sätt. IVERSEN och DORPH-PETERSEN (1948) fann, att en extra halm-tillsats (10 % av gödselvikten) i samband med gödselspredningen i december, helt klart sänkte skörden för vårväxter på försöksstationerna Lyngby och Lundgaard. I försök på Askov hade denna metod dock inte någon inverkan på skörden.

Forskarna förklarade att skillnaden mellan försöksstationerna berodde på, att i Lyngby och Lundgaard, där regnmängden under vintern var liten, hade halmtillsatsen ingen inverkan på hindrandet av nitratkväveurlakningen, ty på försöksstationer är kväveurlakningen också annars liten. Halmen hade sålunda bara en negativ inverkan på skörden när den immobiliserade gödselkvävet. I Askov, där kväveurlakningen p.g.a. den stora regnmängden är betydande, hindrade halmen, som tillsammans med gödsel plöjts ner i jorden, kväveurlakningen så mycket att halmens negativa inverkan upphävdes. På basen av dessa försök kan man dra den slutsatsen, att en nerplöjning av organiskt ämne i samband med spridning av gödsel på hösten, inte nödvändigtvis förbättrar gödselns gödslingsverkan. På regnfattiga områden kan inverkan vara negativ.

För att begränsa gödselns kväveurlakning har man i undersökningar prövat på kemikalier som specifikt hindrar ammoniakens oxidering till nitrat (jfr. s. 22). Dessa ämnen är dock dyra och resultaten från användningen vid sidan om gödsel är inte uppmuntrande. Medlen verkar tydligen sämre på stallgödselkvävet än på handelsgödselkvävet, ty den livligare biologiska verksamheten leder till en snabb nedbrytning av medlen.

I det här avsnittet har behandlats trädes- och höstspridningens inverkan på gödselns gödslingsvärde. Som utgångspunkt har den värdefullaste beståndsdelen gödselkvävetts öde varit. De framlagda slutsatserna berör som sådana gödselslag där urin är med: strögödsel av god kvalitet, flytgödsel och urin. För enbart träck är inverkan av spridningstidpunkten inte så stor, ty träckkvävet är synnerligen svårslösligt. Man kan tänka sig att den fastgödsel som fås vid urinbrunnsmetoden, som sådan är lämplig för trädes- och höstspridning - urinen däremot bör lagras och användas vid en lämpligare tidpunkt.

#### 4.1.2. Spridning på vintern

Utkörning av stallgödsel på tjäle och snö om vintern är vanligt i vårt land. De alltför små lagringsutrymmen och lättheten att köra ut tunga lass med släde ledde i tiden till detta förfaringsätt. Åkern användes också förr som gödsel-lagringsplats. Gödseln stackades i batterier på åkern varifrån det spreds ut om våren. För utförande av detta arbete ger de gamla gödselhandböckerna och läroböckerna mycket exakta direktiv (ANON. 1935, s. 30-32; RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 49-52; SALONEN 1949, s. 184-187). Enligt direktiven skulle batteriunderlaget renas ordentligt från snö, för snö- och ismältningen under gödseln var om våren mycket långsam. Man borde göra batteriet så stort som möjligt och

rundformat för att hindra ammoniakavdunstningen. För samma ändamål rekommenderade man en packning av batteriet och en övertäckning med sur kärrdy. I samband med gödselspridningen om våren måste man se till att det inte blev ett tjockt gödsel-lager kvar på gödselstackstället. Man måste utföra spridningen så jämnt som möjligt och gödseln måste genast myllas ned i jorden.

Om vintern kör man också nuförtiden ut gödsel på åkern. Man stackar dock sällan gödseln i batterier utan den sprids ut om vintern. Grunderna för det här är de samma som förut: alltför små lagerutrymmen, undvikande av arbetstoppar i lantbruket samt de frusna åkrarnas goda bärförmåga. Med avseende på gödselns gödslingsvärde är vinterspridningen dock dålig. Stora näringsförluster sker genom ammoniak avdunstningen och transporten av gödselns beståndsdelar bort från åkern med smältvatten.

Gödselkvävet i ammoniakform är känsligt för avdunstning också i köld. Avdunstningshastigheten minskar visserligen när temperaturen sjunker, men ammoniakens kokpunkt är så låg ( $-33,4^{\circ}\text{C}$ ), att kvävet avdunstar också från frusen mark. Detta har påvisats också genom försök (TUORILA och TAINIO 1934; IVERSEN 1938). TUORILA och TAINIO (1934) fann i sina försök att 62,5 % av provets ammoniakkväve avdunstade under sex dygns tid i  $-11^{\circ}\text{C}$ . Forskarna drog den slutsatsen, att under vintern och våren kan ammoniakkvävet avdunsta nästan fullständigt från gödsel, som spridits på vintern. I 13 fältförsök med vårsäd och rotfrukter fick TUORILA och TAINIO (1934) till resultat, att med samma gödselmängd fick man 55 % större skörd genom stockning av gödseln i batterier och spridning och nedmyllning på våren, och 89 % större skörd med gödsel som tagits från gödselstaden och spridits om våren, än med gödsel som spridits på vintern. I utförda försök kunde man också märka att gödselspridning på vintern försenade markens torkning på våren och på det viset försenade såningsarbetena.

En låg temperatur fördröjer nedbrytningen av gödsel som spridits under vintern. Då kan inte gödselns organiska kväve mineraliseras utan är skyddat från avdunstning. Därför kan man dra den slutsatsen, att gödsel, som just inte innehåller ammoniak, inte heller blir utsatt för stora kväveförluster vid spridning om vintern. Å andra sidan kan urinens och flytgödselns kväve försvinna nästan helt under vintern.

Det finns just inga uppgifter i litteraturen om mängden näringsämnen som går förlorade med smältvatten. Enstaka forskningsresultat kan bara vara riktgivande, ty snömängd och smältningshastighet, som inverkar på näringsförlusterna, varierar



väldigt mycket från år till år och mellan olika områden. Vid ofördelaktiga förhållanden kan näringsförlusterna vara betydande, vilket framgår ur UHLENS (1975) undersökning. År 1972, när ytavrinningen var stor, gick 15 % av strö gödsels fosfor, 14 % av svavel, 3 % av kalcium, 10 % magnesium och 60-70 % av kalium förlorat med smältvatten. Också gödsels kväve kan gå förlorat med smältvatten endera i organisk eller oorganisk form.

Ifall man hamnar att sprida gödseln på åkern under vintern, torde man kunna hindra näringsförlusterna effektivast genom att behandla gödseln så att ammoniakkvävet fås i en form som inte avdunstar. TUORILA och TAINIO (1934) föreslog på sin tid en inblandning av kärddy eller torv i gödsel som sprids på vintern. Det är ännu aktuellt med en prövning av torv till detta ändamål. Man kan i viss mån hindra att näringsämnen hamnar bort från åkern med smältvatten genom att använda gödsel enbart på mycket jämna fält.

#### 4.1.3. Spridning på våren

Det är svårt att i våra klimatförhållanden sprida gödsel på åkern om våren. Den korta växtperioden måste användas tillgodo så väl som möjligt och man borde börja såningsarbetet så snabbt som möjligt. En ordentlig gödselnedmyllning är svår om våren, ty åtminstone på lerjordar borde man plöja redan på hösten. Dessutom kan transporten av tunga gödsellast på våren förorsaka en menlig packning. Våren är dock den förmånligaste spridningstiden när det gäller gödslingsvärdet, för de flesta odlingsväxternas näringsbehov accentueras till våren och försommaren.

I flera nordiska undersökningar har man funnit att våren är den bästa spridningstiden för gödsel (ANON. 1930 b; TUORILA och TAINIO 1934; IVERSEN 1944; IVERSEN och DORPH-PETERSEN 1948; ERIKSSON 1974; C. CHRISTENSEN 1976, ref. KOFOED 1981 b). Näringsämnen i gödsel som sprids på våren kommer växterna tillgodo under växtperioden och urlakas inte. Dessutom leder gödselnedbrytningen i varm jord till frigörelse av näringsämnen i organisk form.

Vårens fördelaktighet mot andra spridningstider framhävs då när gödseln innehåller en stor del av näringsämnen i mineraliserad form. Man borde absolut försöka sprida urin och flytgödsel på våren för att undvika urlaknings- och avdunstningsförluster. Enligt resultat av C. CHRISTENSEN (1976, ref. KOFOED 1981 b) är flytgödselkvävet gödslingsverkan på våren (omedelbar nedmyllning) fyra gånger större än vid höstspridning. Urinkvävet verkan vid radmyllning är enligt danska

försök åtta gånger större vid vårspridning än vid höstspridning. Man har märkt att gödslingsverkan av kvävet i fastgödsel som spridits på våren har varit ca. 1,4 gånger den i höstspriden gödsel (C. CHRISTENSEN 1976, ref. KOFOED 1981 b).

Man har ibland fått dåliga resultat av gödselspridning på våren. Som orsak till detta fenomen har man kunnat fastställa immobilisation av markens näringsämnen, vilket förorsakats av gödsel med mycket halm i (jfr. VALMARI 1933; RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 55). Man har också framfört att färsk gödsel innehåller giftiga ämnen, t.ex. fenol (VIRTANEN 1935). Dessa omständigheter får ändå inte leda till den tanken, att man hellre skulle sprida gödseln på hösten. Den färskas gödsels ofördelaktiga egenskaper försvinner nämligen redan vid normal lagring i 2-3 månader (VIRTANEN 1935; RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 46). Ifall vårspridning av gödsel har en sämre inverkan än höstspridning beror det i praktiken på en försenad sådd orsakad av spridningsarbetet och på att markens egenskaper blivit sämre (vattenhushållningen, packningen). En alltför stor gödselmängd på våren kan också förorsaka mera liggsäd och eftergroning.

#### 4.1.4. Spridning under växtperioden

Spridning av stallgödsel i växtligheten torde vara ganska ringa i vårt land. I viss mån gör man det på vall. Å andra sidan är det möjligt att sprida gödsel också på vårsådd växtlighet före broddskjutningen eller då broddarna ännu är små. Gemensamt för dessa metoder är det att gödseln inte kan myllas med jordbearbetningsredskap och i praktiken lämnas gödseln på markytan. Då är gödsels ammoniakkväve utsatt för avdunstning, och skördeökningen från stallgödseln blir då mindre än från gödslingen före såningsberedningen.

Vid forskning om flytgödselspridningstidens inverkan på skörden fann VALDMAA (1981) att en spridning i samband med såningen gav ett bättre resultat än en spridning senare på våren. Enligt C. CHRISTENSEN (1976, ref. KOFOED 1981 b) är åter en spridning av urin eller flytgödsel om sommaren just inte bättre än spridning om vintern, ifall gödseln inte blir nedmyllad.

Man kan betydligt förbättra verkan av gödsel, som sprids under växtperioden, genom att placera den direkt i marken med en speciell utrustning. Så kan man göra vid gödsling av t.ex. vall och sockerbetor. I danska försök har man funnit att placeringsgödsling under sommaren har förbättrat urinkvävets gödslingsverkan 4-5-faldigt och flytgödselkvävet verkan 2,5-3-faldigt jämförd med ytspridning (C. CHRISTENSEN 1976, ref. KOFOED 1981 b).

Av de nordiska länderna har man mest i Norge prövat på spridning av flytgödsel till växtligheten genom bevattning och i Mellaneuropa är bevattning med flytgödsel ganska allmän. MEHL (1981) nämner arbetsbesparing vid spridning, frihet vid vall av spridningstid, jämn spridning, undvikande av jordpackning samt möjlighet till bevattning med samma utrustning som metodens fördelar. Man kan dock anta att bevattningsspridningen leder till betydande kväveförluster genom avdunstning.

#### 4.1.5. Väderlek vid spridningstidpunkt

Väderleken vid spridningstidpunkten inverkar på gödselns gödslingsvärde genom ammoniakkvävet avdunstningshastighet. Denna påverkas igen av luftens och jordens temperatur och fuktighet. Gödsel, som spridits på åkerytan blir utsatt för uppvärmning och upptorkning, vilket leder till ammoniakavdunstning. Därför borde man sprida gödsel vid sval, fuktig och lugn väderlek (RUOKOSALMI och SURVONEN 1936, s. 57; IVERSEN och DORPH-PETERSEN 1948; SALONEN 1949, s. 189). I bästa fall får man efter spridningen ett regn, vilket sköljer gödselns näringsämnen in i marken.

Väderleken vid spridningstidpunkten har betydelse för näringsämnenas uppbevaring i gödseln då när gödseln sprids på åkerytan. Ifall man placerar gödseln direkt i marken behöver man inte fästa uppmärksamhet vid detta. Också gödselhantering med ämnen som hindrar ammoniakavdunstningen (t.ex. torv) minskar betydelsen av väderleken vid spridningstidpunkten.

#### 4.2. SPRIDNINGSSÄTT

Växterna kan ta upp de flesta näringsämnen enbart via rötterna och sålunda endast bara från de delar av marken, där rötterna växer. Av de faktorer som inverkar på rottillväxten är vattnet i markens bearbetningsskikt den viktigaste. När markens yta är torr kan växterna inte tillgodogöra sig näringsämnen på markytan förrän de sköljs ner till lägre djup av regnvatten. I vårt land är å andra sidan växtperiodens början vanligtvis så torr, att de ytgödslade näringsämnen inte kommer till växternas användning i tid. En placering av handelsgödsel har genom forskning blivit dominerande i praktiken.

Också vid användning av stallgödsel borde man sträva till att gödselns näringsämnen kommer i jorden i närheten av rötterna. Ett specialdrag i stallgödseln är ännu det, att från ytspriden gödsel avdunstar ammoniakkvävet snabbt. Dessutom kan inte gödselns organiska näringsämnen frigöras till växternas användning p.g.a. torka. Av de här orsakerna är en nedmyllning av stallgödsel ännu viktigare än

nedmyllningen av handelsgödsel.

Man kan få stallgödseln i jorden endera genom placering direkt (urin, flytgödsel) från spridarmaskinen, eller genom jordbearbetning efter spridning på markytan. Direkt placering är den bästa metoden, varvid gödseln inte alls blir utsatt för avdunstning. Ifall gödseln sprids på åkerytan betyder det väldigt mycket hur snabbt nedmyllningen sker. IVERSEN (1934) uppskattade på basen av skörderesultat, att en fördröjning med myllningen med sex timmar sänkte urinens gödslingsverkan för potatis med 41 %, en fördröjning om en dag med 43 % och en fördröjning om fyra dagar med 56 %. Gödslingsvärdet för omyllad urin var i danska försök en hälften av gödslingsvärdet för nedmyllad urin (WESTED och IVERSEN 1938). Flytgödselns kväve hade en verkan jämförd med handelsgödselkvävet på sockerbetsmark som vid nedmyllning eller plöjning direkt efter ytspridning om våren var 60 %, vid myllning efter sex timmar 55 %, efter en dag 50 % och efter fyra dagar 35 %. I finländska försök har man funnit att radmyllning av svinflytgödsel har gett en skördeökning för vårsäd om 30-37 % jämförd med ytspridning (KORKMAN 1971 a, 1971 b). Man har i danska försök funnit att fastgödsel förlorar 25-50 % av gödslingsverkan under fyra dagar mellan spridning och myllning (ANON. 1930 c). Man borde därför mylla ned ytspriden gödsel så snabbt som möjligt.

Nedmyllningssättet har också inverkan på gödselns värde. Det bästa resultatet erhöles vanligtvis genom plöjning (HANSEN 1928; ANON. 1930 c; IVERSEN 1934). I IVERSENS (1934) försök gav en nedharvning av urin för havre 8 %, kålrot 28 % och mangold 24 % lägre skörd jämförd med plöjning. Nedharvningen förbättrade dock urinens verkan betydligt för en omyllad urin gav för havre bara 8 %, för kålrot 42 % och för mangold 57 % av den verkan nedplöjd urin gav. Vid undersökningar om myllningssätt för fastgödsel fann SIMOJOKI (1961) att det för potatis och rova inte hade någon betydande inverkan huruvida man plöjde eller harvade ned gödseln. Detta resultat är förståeligt ty fastgödseln spreds på våren från gödselstaccar och hade tydligen redan under upplagringstiden förlorat en stor del av sitt mineralkväve.

En så snabb nedmyllning av gödseln som möjligt är fördelaktigt under alla spridningstidpunkter. Den största verkan av myllningen kan man dock vänta sig om våren när ammoniakavdunstningen är den största orsaken till näringsförluster. Gödselspridning på träda och om hösten förorsakar betydande näringsförluster också genom urlakning genom jorden, och på detta har gödselnedmyllningen ingen inverkan.

Då fördelaktigheten med snabb nedmyllning till stor del grundar sig på förhindrandet av ammoniakkvävet avdunstning, har myllningen en större inverkan ju större del av gödselns kväve som är i ammoniakform. På basen av det här borde man mylla ned urin och flytgödsel direkt efter spridningen eller placera direkt i jorden. WESTED och IVERSEN (1938) konstaterade på basen av sina undersökningar att endast ett få antal jordbruksmaskiner amorterar anskaffningskostnaderna så snabbt som en urinnedmyllningsutrustning.

Nedmyllning av fast stallgödsel utför man med vanliga jordbearbetningsredskap, plog eller harv. Nedmyllning av urin och flytgödsel kan man utföra också genom placering, varvid man fäster ett skilt myllningaggregat till spridvagnen. Införskaffandet av myllningsaggregatetsamt användandet (ökat behov av dragkraft) förorsakar kostnader, vilka borde täckas av den erhållna skördeökningen. Det är dock uppenbart, att nedmyllningsaggregatets höga anskaffningspris amorteras först efter en lång tid. HOLMA (1978 c) uppskattade att till detta åtgick 3-5 år men också denna uppskattning är tämligen optimistisk. Å andra sidan är placeringen ett effektivt sätt att minska gödselns miljöproblem (lukt, ytavrinning till vattendrag), varför myllningsaggregatet inom vissa områden avsevärt kan förbättra gödselanvändningsmöjligheterna.

#### 4.3. SPRIDNINGSMÄNGD

Användningen av stallgödsel anses till naturen vara en grundgödsling. Den arbetsdryga spridningen och svårigheter med en jämn sådan har lett till att man använder stora mängder på en gång på en liten åkeryta. Detta är inte förmånligt med tanke på gödselutnyttjandet, för växterna kan inte dra nytta av ett överskott på näringsämnen. Övergödsling leder bara till ökade miljöskador.

I försök med stigande stallgödselmängder får man i allmänhet samma resultat som i motsvarande försök med nadelgödsel nämligen, att vid större gödselgivor kommer en allt mindre del av näringsämnena växterna tillgodo (HANSEN 1928; ANON. 1930 d; DORPH-PETERSEN 1946; SCHÖNMEIER m.fl. 1973; NAESS och MYHR 1976). Detta är en direkt följd av lagen om tillväxtfaktorerna och leder till en lägre tillgödörandegrad av stallgödselns näringsämnen. Vi kan ta som exempel ett danskt försök där man med 8000 kg stallgödsel fick en skördeökning om 740 foderenheter, med 16000 kg 1170 fe, med 24000 kg 1460 fe, med 32000 kg 1620 fe och med 40000 kg en skördeökning om 1730 fe (ANON. 1930 d). Per tusen kg stallgödsel var skördeökningen i samma ordning 92,5 fe, 73,1 fe, 50,6 fe och 43,3 fe. En höjning av spridningsmängden från 8000 kg till 40000 kg minskade gödselns verkan per tusen kg till

mindre än hälften.

Enligt allmänna principer för gödsling borde man också vid användningen av stallgödsel ta i beaktande odlingsväxternas gödslingsbehov och gödselns näringsinnehåll. Gödslingsbehovet, vilket påverkas av odlingsväxternas näringsbehov och markens näringsförråd, framgår ur de allmänna gödslingsrekommendationer (t.ex. JAAKKOLA 1978). Man har också analysuppgifter om stallgödselns näringsinnehåll (i vårt land t.ex. KERANEN 1966; KAHARI 1974), men att i praktiken avgöra spridningsmängden på basen av litteraturuppgifter om genomsnittliga näringsämneshalter kan vara ofördelaktigt. Gödselns näringsämnesinnehåll växlar nämligen väldigt mycket. Enligt SIMAN (1981) har man i svenska forskningar funnit att strögödselns kvävehalt på olika gårdar varierat t.o.m. 700 %, fosforhalten 230 % och kaliumhalten 400 %. Motsvarande variationer för flytgödsel var för totalkväve 220 %,  $\text{NH}_4$ -kväve 340 %, fosfor 630 % och kalium 600 %. Man har på goda grunder framställt att för varje gödselparti borde man utföra en näringsanalys för beräkning av spridningsmängden (1981).

Stallgödseln är ett flernäringsgödslingsämne, men näringsämnenas mängdförhållanden är inte fördelaktiga med avseende på gödslingsbehovet. Halten av lösligt kväve i strögödsel är liten jämförd med kaliumhalten, fosforhalten är jämförd med N- och K-halten alltför låg för krävande växter o.s.v. För den skull finns det inte någon sådan spridningsmängd, med vilken växternas näringsbehov för alla näringsämnen skulle bli tillgodosett och samtidigt skulle varje näringsämne bli utnyttjat på bästa möjliga sätt. Ifall man försöker tillgodose behovet för alla näringsämnen med stallgödsel erhåller jorden för mycket av något näringsämne med avseende på växternas behov. Till bästa resultat kommer man genom att välja gödselmängden med avseende på något enskilt näringsämne och sörja för tillgången på de övriga näringsämnena genom en handelsgödseltillsats.

På basen av vilket näringsämne man borde avgöra gödselspridningsmängden beror i första hand på gödselns egenskaper. Strögödsel innehåller i regel små mängder kväve och fosfor jämfört med kalium, och kvävet användbarhet är för växterna låg (KERANEN 1966; ERIKSSON m.fl. 1977, s. 293; SIMAN 1981). Flytgödselns kvävehalt däremot är p.g.a. små lagringsförluster så stor, att kvävet kan vara det till mängden mest betydande näringsämnet (KAHARI 1974; SIMAN 1981). Enligt detta borde man beräkna spridningsmängden för strögödsel på basen av kaliumets tillräcklighet och flytgödselmängden på basen av kvävet tillräcklighet. Urinen är till egenskaperna både ett kväve- och kaliumgödselmedel. Av stallgödselns näringsämnen har kvävet å andra sidan den största inverkan på skördenivån på

mineraljordar och det - i motsats till fosfor och kalium - lagras just inte i jorden. Detta försvarar en beräkning av spridningsmängden på basen av kvävehalten också för strögödsel. Vid beräkning av spridningsmängden på basen av kvävehalten får jorden visserligen en större kaliummängd än växternas behov förutsätter, men då kan man sprida tämligen stora mängder gödsel per arealenhet, och en stor del av överloppskaliumet står sig nog till följande växtperiod. Dessutom kan man då minska tilläggsgödslingen med fosfor eller helt avstå från den.

Efter vilket näringsämnes tillräcklighet det lönar sig att beräkna spridningsmängden påverkas också av spridningstiden och -sättet. Under ofördelaktiga årstider eller från omyllad gödsel sker det betydande kväveförluster, varför det inte lönar sig att ta kvävet tillräcklighet som värderingsgrund. Huvudvikten i gödselns näringsinnehåll läggs då på kalium. Det växtslag som skall gödslas påverkar dessutom efter vilket näringsbehov spridningsmängden avgörs. Olika växter behöver näring i olika förhållanden. Å andra sidan har växtens aktiva växttid sin egen inverkan. Växter som har en kort växttid och vilka mognar snabbt kan inte tillgodogöra sig mer än en del av kvävet medan gödselns fosfor- och kaliumanvändbarhet är lika bra som för växter med längre växttid. Växter som har lång växttid tillgodogör sig nästan lika mycket av gödselns kväve som av andra näringsämnen. Därför är beräkandet av spridningsmängden efter kvävet tillräcklighet fördelaktigt speciellt vid gödsling av vall, rotfrukter och potatis. Det kan däremot vara fördelaktigare att beräkna spridningsmängden för spannmål efter tillräckligheten på kalium.

Den svenska forskaren SIMAN (1981) har på basen av undersökningar lagt fram en uppskattning av mängden användbara näringsämnen för växterna (tabell 11). För kvävet del har man i beräkningarna tagit i beaktande spridningstidpunktens inverkan, medan fosfor- och kaliumanvändbarheten har ansetts vara oberoende av spridningstidpunkten.

Tabell 11. Mängden användbara näringsämnen för växterna under det första året, enligt SIMAN (1981).

	Mängd näringsämne kg/1000 kg gödsel				
	N, spridningstid			P	K
	höst	vårvinter	vår		
Halmströgödsel	0,5	1,0	1,5	1,2	3,5
Urin, nöt	1,0	2,0	3,0	-	6,5
Urin, svin	0,5	1,0	1,5	-	4,0
Flytgödsel, nöt	0,5	1,5	2,0	1,0	2,5
Flytgödsel, svin	0,6	2,0	3,0	1,0	2,5
Flytgödsel, höns	1,2	4,0	5,0	4,0	5,0

Räknat efter de värden SIMAN (1981) lagt fram skulle man t.ex. för en kvävenivå om 80 kg på våren använda 53000 kg/ha halmströgödsel, 40000 kg/ha nötflytgödsel och 27000 kg/ha svinflytgödsel. Ifall man å andra sidan avgör mängden efter gödselns kaliumhalt skulle 17000 kg halmströgödsel räcka till för att tillgodose växtens kaliumbehov om 60 kg.

Man kan hålla ovan givna värden för gödselns innehåll av lösliga näringsämnen som någonslags riktvärden vid val av gödselspridningsmängd. Det finns dock inte orsak att på basen av dessa värden gå in för alltför exakta beräkningar, ty det är enbart medeltal av prov där variationen var mycket stor. Man borde sträva till att analysera åtminstone halten av lösligt kväve i gödseln före spridningen. När analysnabbheten är avgörande för utnyttjandet av resultaten finns det ett uppenbart behov av utvecklande av gårdsvisa analysmetoder. Detta har poängterats också av SIMAN (1981). En annan metod för precisering av spridningsmängden är att man på basen av litteraturuppgifter för upp exakta tabeller om inverkan av djurens tillväxtskede och utfodring samt gödselns tillvaratagnings- och lagrings-sätt på gödselns näringsämnesinnehåll.

Nuförtiden rekommenderar man i allmänhet ca. 30000 kg/ha stallgödsel (t.ex. SALLASMAA 1979). Beroende av jord- och växtslag rekommenderar man tilläggsgödsling också för kvävet del. Detta visar ett gott uttryck för rådande uppfattning om stallgödseln som ett grundgödslingsämne.

Man bör ännu poängtera, att givandet av gödslingsrekommendationer i allmänhet är en svår uppgift, för den skördeökning man får av gödslingen beror också av de övriga växtfaktorernas fördelaktighet under växtperioden. I praktiken ger man gödslingsrekommendationerna för en genomsnittlig skörd. Genom att välja gödselmängden på basen av gödselns näringsämnesinnehåll kan man erhålla ett nästan lika gott resultat med stallgödsel som med handelsgödsel.

#### 4.4. VÄXTSLAG SOM SKALL GÖDSLAS

Användning av stallgödsel till olika odlingsväxter bestäms i praktiken på basen av arbetstekniska synpunkter. Man kan ändock med ett förståndigt val av växtslag påverka användningsgraden för gödselns näringsämnen.

Av stallgödselkvävet är kvävet i mineralform vid spridningstidpunkten och det lätt mineraliserbara organiska kvävet som är användbart för växterna. När det sist nämnda frigörs först som resultat av biologisk verksamhet, samlas mineral-



kväve i marken under sommaren och hösten. Sålunda kan växter med lång växttid använda en större del av gödselkvävet än de växter som skördas tidigt. Enligt SALONEN (1949, s. 19) är potatis och rotfrukter de mest effektiva gödselutnyttjare (tabell 3, s. 7). Också vallen är ett fördelaktigt placeringsobjekt för gödsel (SLUIJSMANS och KOLENBRANDER 1977). Enligt SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977) är 10 % av kvävet i fastgödsel, 50 % i nötflytgödsel, 51 % i svinflytgödsel och 94 % i urin i mineralform vid spridningstidpunkten, och under det första året mineraliseras motsvarande 46 %, 25 %, 34 % och 3 %. På basen av detta kan man dra slutsatsen, att växter med lång växttid drar speciellt stor nytta av fastgödsel, där mineralkvävets andel av totalkvävet är liten men det snabbt mineraliserande organiska kvävet andel är stor. Urinkvävet däremot är i sin helhet användbart också för växter med kort växttid.

I följande exempel för användbara stallgödselmängder för olika odlingsväxter har spridningsmängden beräknats efter SIMANs (1981) uppgifter om gödselns innehåll av för växterna användbara näringsämnen, och JAAKKOLAs (1978) uppgifter om gödselns rekommendationer.

När kvävegödselns rekommendationerna för potatis på mojordar är 50 kg/ha (JAAKKOLA 1978), tillgodoses kvävebehovet med gödsel om våren av 33000 kg halmströgödsel, 25000 kg nötflytgödsel eller 17000 kg svinflytgödsel. VARIS (1981) rekommenderar dock varsamhet i flytgödselansvändningen till matpotatis. Dessutom borde gödseln enligt PAATELA (1962) vara välbrunnen. Enligt SIMAN (1981) kan man uppskatta kväveverkan av höstspriden gödsel till 1/3 för strögödsel och urin och 1/4-1/5 för flytgödsel av verkan för vårspriden gödsel.

Till sockerbetan borde man enligt JAAKKOLA (1978) inte ge mer än 100 kg gödselkväve per ha. Ifall man använder 100 kg/ha blir denna gödselmängd vid vårspridning 67000 kg strögödsel, 50000 kg nötflytgödsel och 33000 kg svinflytgödsel.

För vårsäd rekommenderar man en kvävegödsling om 80 kg/ha på mojordar, 100 kg/ha på lerjordar och 30 kg/ha på torvjordar (JAAKKOLA 1978). Detta motsvarar 53000 kg/ha halmströgödsel om våren på mojordar, 67000 kg/ha på lerjordar och 20000 kg/ha på torvjordar. Vid användning av nötflytgödsel 40000 kg/ha på mojordar, 50000 kg/ha lerjordar och 15000 kg/ha på torvjordar, samt vid användning av svinflytgödsel 27000 kg/ha på mojordar, 33000 kg/ha på lerjordar och 10000 kg/ha på torvjordar. Ifall man avgör spridningsmängden på basen av gödselns kaliumhalt, räcker 17000 kg halmströgödsel till för att täcka sädens kaliumbehov om 60 kg/ha på mojordar. Dessutom borde man använda ca. 50 kg handelsgödselkväve

per hektar. För höstsäd rekommenderar man 30 kg kväve/ha om hösten på ler- och mojordar (JAAKKOLA 1978). Denna mängd lättlösligt kväve finns i 20000 kg halmströgödsel, 15000 kg nötflytgödsel och 10000 kg svinflytgödsel. Ifall höstsäden sås på träda kan stallgödselanvändningen gå till spillo, ty kvävet som frigörs ur trädajorden minskar gödslingsbehovet ännu mera.

För vallar på mineraljordar rekommenderar man en kvävegödsling om 100 kg/ha för första och andra skörden och 60 kg/ha för tredje skörden (JAAKKOLA 1978). Ifall gödseln placeras in i jorden i början av eller under växtperiodens gång, är den mängd svinflytgödsel man behöver för första och andra skörden 33000 kg/ha/skörd och för tredje skörden 20000 kg/ha. Motsvarande mängder nötflytgödsel är 50000 kg/ha och 30000 kg/ha. Man kan dock inte rekommendera en placering av flytgödsel i vallar flera gånger under växtperioden, ty placeringsaggregatets billar förstör vallens rötter. Därför torde man kunna placera stora mängder flytgödsel per gång. HAKKOLA (1980) erhöll ett gott resultat (68 %:s skördeökning jämfört med ogödslad åker) genom att använda 60000 kg nötflytgödsel per hektar. En användning av större mängder (90000 kg/ha) förbättrade inte sen skördenivån jämfört med 60000 kg/ha i HAKKOLAs (1980) försök.

För klövervallar rekommenderar man en kvävegiva om 20 kg/ha om våren (JAAKKOLA 1978). Detta motsvaras av 13000 kg strögödsel, 10000 kg nötflytgödsel och 7000 kg svinflytgödsel. Det lönar sig inte att använda stora gödselmängder, ty baljväxterna behöver inte extra kvävegödsling för mer än i början av växtperioden. Det skulle säkert vara fördelaktigare att ge detta sk. startkväve i form av handelsgödsel än i form av stallgödsel. Å andra sidan försvarar det höga kaliuminnehållet och en möjligtvis gynnsam inverkan på klöverns bevarande i vallen en användning av stallgödsel. När man talar om användning av stallgödsel till klövervallar måste man skilja urin och fastgödsel från varandra. Urinens gödslingsverkan består närmast i dess lättlösliga kväve. En användning av urin vid gödsling av baljväxter är enligt SALONEN (1949, s. 197) olönsam. Man har också funnit att urin har varit skadligt för klöverns bestående i vallen (SALONEN 1949, s. 197). IVERSEN (1943 b) har för sin del konstaterat, att urinen inte passar ens för klöverväxternas kaliumgödsling. I danska försök erhöll man ett bättre resultat med enbart handelsgödselkalium än med samma mängd kalium i urin (IVERSEN 1943 b). Den fasta gödseln kan däremot ha en gynnsam inverkan på baljväxterna. Enligt SALONEN (1949, s. 197) förbättrar den klöverns framgång i vallen. Man känner inte ännu fenomenets exakta orsak, men det kan bero på den skyddande inverkan av gödselkotor på knölbakterier.

I det ovannämnda har man inte försökt ge exakta uppgifter om stallgödse-  
lens användningsmängder till olika odlingsväxter. Det är bara räknings-  
sättet, med vilket man kan komma till exakta spridningsmängder, som har  
framlagts. När man försöker få största möjliga nytta av gödse-  
ln borde man känna det exakta närings-  
innehållet i den gödse-  
ln man använder, ty när man använder sig av de genomsnittliga  
värden som finns i litteraturen, kan man ställvis få en övergödsling  
eller så kan näringsmängden som kommer till marken vara alltför liten.

#### 4.5. KOMPLETTERINGSGÖDSLING

När man avgör spridningsmängden för stallgödse-  
ln på basen av mängden användbart  
kväve, måste man sörja för utbudet av andra näringsämnen genom ett tillägg av  
handelsgödse-  
ln. I gödse-  
ln finns det i allmänhet så mycket kalium, att någon  
tilläggsgödsling inte behövs. Däremot har man nästan alltid rekommenderat en  
komplettering av gödse-  
ln med fosfor (SALONEN 1949, s. 193; KAILA 1950 a).

Den gynnsamma inverkan av fosfortillsats jämte stallgödse-  
ln har konstaterats av  
bl.a. HUOKUNA (1961), KIVEKAS (1964), LAINE (1967) och RINNE (1977). Det är ett  
mycket allmänt rön, att skörden ännu höjs när man använder kväve- och kalium-  
handelsgödse-  
ln vid sidan om stallgödse-  
ln och fosforgödse-  
ln, men då minskar stall-  
gödse-  
lns inverkan (KIVEKAS 1964). I sådana fall har den använda stallgödse-  
lnsmängden  
uppenbarligen varit alltför liten; den har inte dimensionerats för att tillfreds-  
ställa odlingsväxternas kvävebehov. Genom att använda 50000 kg/ha nötflytgödse-  
ln  
eller handelsgödse-  
ln fick RINNE (1977) å andra sidan en bättre skörd både från  
skyddssäden och vallen med stallgödse-  
ln än med handelsgödse-  
ln.

Den höjande verkan av fosfortillsats vid sidan om stallgödse-  
ln beror i avgörande grad  
av jordens fosforskick. När fosfor just inte urlakas och växterna inte upptar  
mer än en del av fosfor i handelsgödse-  
ln, samlas den i jordmänen. Detta minskar  
behovet av fosfortillsats till gödsling med stallgödse-  
ln. SALONEN (1965) fick inte  
i sina fyraåriga försök med fosforkomplettering till stallgödse-  
ln alls någon  
skördeökning, vilket han förklarade berodde på jordens rikliga fosforförråd.  
Nutida fältförsök med stigande handelsgödse-  
lnsmängder visar att våra åkrars fos-  
fortillstånd är så gott, att man i allmänhet inte får någon skördeökning för  
spannmål och inte alltid någon skördeökning för vall med en fosforgödse-  
ln  
(SAARELA 1981). Effekten av superfosfat i 2-4-åriga försök med spannmål vid  
Inst. för agrikulturkemi och -fysik var god endast på fosforfattiga jordar  
upp till en fosformängd om 30 kg/ha (ca. 350 kg superfosfat) och för vall bara  
upp till 15 kg fosfor per skörd, räknat för två skördar. Det är uppenbart att

man - med beaktande av fosformängd i gödseln - i praktiken kan få en god skörd av höväxterna med stallgödsel också utan fosfortillsats. När man sprider så mycket gödsel om våren att den innehåller 80 kg/ha lättlösligt kväve, kommer det 53 kg fosfor/ha i lösdriftsladugårdsgödsel, 80 kg/ha i båsladugårdsgödsel, 43 kg/ha i svinflytgödsel och 28 kg/ha i nötflytgödsel räknat efter innehåll av näringsämnen enligt KERÄNEN (1966), KÄHÄRI (1974) och SIMAN (1981). Dessa mängder ser ut att räcka till för spannmål och vall.

När man använder stallgödsel för gödsling av potatis är det befogat med en fosforkomplettering. Ifall man använder gödsel på en nivå om 50 kg kväve/ha (lättlösligt kväve), får marken samtidigt 33 kg fosfor/ha i gödsel från lösdriftsladugård, 50 kg fosfor/ha i gödsel från båsladugård, 27 kg/ha i svinflytgödsel och 18 kg/ha i nötflytgödsel. Gödslingsrekommendation för potatis är 60 kg P/ha enligt JAAKKOLA (1978). KAILA (1950 a) rekommenderar 10-20 kg superfosfatkomplettering per tusen kg gödsel till potatis. SALLASMAAs (1979) rekommendation är 300-400 kg superfosfat per 30000 kg gödsel.

Stallgödsel innehåller i regel så mycket kalium, att man inte behöver ge någon komplettering. Enligt SIMANs (1981) svenska forskningsresultat innehåller strögödsel 3,5 kg kalium/1000 kg gödsel och flytgödsel 2,5 kg K/1000 kg gödsel. Kaliumhalten är ännu större enligt finländska forskare, vilket skulle bero på den stora mängden halm i gödseln. När man beräknar den kaliummängd som kommer i marken enligt de näringsinnehåll som SIMAN (1981) har lagt fram och då man använder gödsel på en nivå om 80 kg kväve/ha (lättlösligt kväve), får man som resultat 187 kg K/ha för halmströgödsel, 100 kg K/ha för nötflytgödsel och 67 kg/ha för svinflytgödsel. När man i vall inmyllar 60000 kg flytgödsel/ha, vilket HAKKOLA (1980) fann vara fördelaktigt, får man samtidigt 150 kg K/ha. Dessa mängder torde vara fullt tillräckliga på alla jordarter. Svårigheten med engångsinmyllningen i vall är den, att växterna kan uppta ett överskott av kalium, varvid kaliumhalten i den första skörden kan bli menligt hög, medan den andra skörden åter kan lida brist på kalium.

En komplettering av stallgödseln med kväve kan vara aktuell då när gödseln räcker till bara för små mängder per arealenhet. Å andra sidan kan en kvävekomplettering bli aktuell då när man avgör gödslingsmängden efter någon annan faktor än mängden lättlösligt kväve. Detta kan ske t.ex. vid gödsling av spannmål med fast gödsel. Fastgödselns kaliumreserver blir bättre utnyttjade vid användning av måttliga mängder gödsel och därtill handelsgödselkväve än om man försöker tillfredsställa växternas hela kvävebehov med stallgödsel. En kvävekomplettering

till fastgödselanvändningen för spannmål försvaras också av det att endast en liten del av fastgödselkvävet är i mineralform vid spridningstidpunkten och - p.g.a. spannmålets korta växttid bara en del av det under första året mineraliserade kvävet blir utnyttjad. Enligt SIMAN (1981) kommer det tillräckligt med kalium för spannmålsväxternas behov redan med 17000 kg halmströgödsel. I denna mängd finns å andra sidan 26 kg lösligt kväve så kvävegödslingen kan samtidigt sänkas från 80 kg till 50 kg på moj jordar och från 100 kg till 70 kg på lerjordar. Ganska förmånligt verkar också det alternativet, att man ger en något rikligare kaliumgödsling åt spannmålen med strögödseln och växternas kvävenäring sköts till hälften med stallgödsel och till hälften med handelsgödsel. Detta förutsätter ca. 27000 kg halmströgödsel/ha vid en kvävenivå om 80 kg och ca. 33000 kg strögödsel/ha vid en kvävenivå om 100 kg. För växter, som tar upp sitt kväve jämnare och under en längre tid av växtperioden än spannmålsväxter, är en komplettering med kväve inte så nödvändig. En komplettering av vårspriden flytgödsel eller urin med handelsgödselkväve torde inte i någon händelse vara motiverad.

Det är svårt att ge rekommendationer för kompletteringsgödsling till stallgödsel, för den rekommenderade användningsmängden stallgödsel beror på dess halt av lösligt kväve. Dessutom varierar gödselns kalium- och fosforhalter väldigt mycket. När behovet av kompletteringsgödsling närmast gäller fosfor, vilket å andra sidan har samlats väldigt mycket i våra åkermarker under årens lopp, torde man då och då kunna använda stallgödsel för gödsling av höväxter utan handelsgödselkomplettering. För potatis är det dock behövt med en fosforkomplettering enligt rekommendationerna.

#### 4.6. GÖDSELNS EFTERVERKAN

Stallgödseln har en större efterverkan än handelsgödsel, vilket beror på den långsamma nedbrytningen av stallgödsel. En del av stallgödselns näringsämnen blir tillgängliga för växterna först efter den första växtperioden. Också en del av näringsämnen i mineralform vid spridningen kan, ifall den spridna stallgödselmängden har varit stor, uppbevaras över den första växtperioden. Man anser att stallgödselns efterverkan i allmänhet beror på kvävet, ty gödselns fosfor och kalium är till sin tillgänglighet nästan jämförbara med handelsgödselns näringsämnen redan under det första året.

Vid en värdering av efterverkan är det praktiskt att tänka att stallgödselns kvävet indelas i tre klasser: kväve i mineralform redan vid spridningen ( $N_m$ ),

lättlösligt organiskt kväve, som mineraliseras under det första året ( $N_{011}$ ) och först senare mineraliserat svårösligt kväve ( $N_{0s1}$ ). Det första av dessa,  $N_m$ , är till sin verkan jämförligt med handelsgödselkväve, ifall det inte går till spillo vid spridningen. Under första året mineraliserat kväve,  $N_{011}$ , verkar desto bättre ju längre växttid den odlade växten har. Den del av  $N_{011}$  som inte hinner mineraliseras förrän växtens tillväxt slutar, uppbevaras i jorden till nästa år eller urlakas. Det svårösliga organiska kvävet,  $N_{0s1}$ , mineraliseras delvis under det andra året efter spridningen, en del av det bevaras ännu längre och frigörs med åren i allt långsammare takt.  $N_{011}$  och  $N_{0s1}$  är tal som beskriver gödselns biologiska nedbrytning, men de kan bestämmas i laboratorium med hjälp av syrahydrolys till ett rimligt resultat. SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977) har i basen av omfattande fältresultat beräknat andelen av ovannämnda kvävefraktioner för olika gödselslag (tabell 12).

Tabell 12. Andelen mineralkväve ( $N_m$ ), under det första året frigjort lättlösligt organiskt kväve ( $N_{011}$ ) och senare frigjort svårösligt organiskt kväve ( $N_{0s1}$ ) av totalkvävet för olika gödselslag, enligt SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977).

Gödselslag	Kvävefraktionens andel av totalkvävet, %		
	$N_m$	$N_{011}$	$N_{0s1}$
Fastgödsel	10	46	44
Nötflytgödsel	50	25	25
Svinflytgödsel	51	34	15
Urin	94	3	3

Av de värden SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977) har lagt fram kan man dra den slutsatsen, att olika gödselslag skiljer sig betydligt från varandra med avseende på de olika kvävefraktionerna. Av fastgödselkvävet blir i holländska förhållanden 44 % ominerat under det första året, av nötflytgödselkvävet 25 %, av svinflytgödselkvävet 15 % och av urinkvävet 3 %. I motsvarande grad kan man vänta sig den största efterverkan av fastgödsel och den minsta av urin.

Under det första året är kvävefraktionerna  $N_m$  och  $N_{011}$  tillgängliga för växterna. I praktiken kommer dock inte allt deras kväve växterna tillgodo, för i spridnings-skedet sker det näringsförluster och en del av  $N_{011}$ -kvävet mineraliseras först efter det växten slutat växa. SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977) har uppskattat att kväveförlusten vid spridningen minskar mängden mineraliserat kväve ( $N_m$ ) med 20 %. I holländska förhållanden mineraliseras 50 % av gödselns lättlösliga organiska kväve ( $N_{011}$ ) under spannmålets växtperiod, 60 % under potatisens växt-

period, 70 % under rotfrukternas växtperiod och t.o.m. över 90 % under vallväxternas växtperiod. Sålunda kan man räkna gödselns verkliga tillgodogörandegrad under det första året enligt formeln:  $0,8 \times N_m + \text{växtslagsfaktorn} \times N_{011}$ . Enligt formeln får man kvävetns verkan i holländska förhållanden för fastgödsel till spannmål 31 %, till potatis 36 %, till rotfrukter 40 % och till vall 52 % av verkan för motsvarande mängd handelsgödselkväve. För nötflytgödsel får man motsvarande värden: spannmål 53 %, potatis 56 %, rotfrukter 58 % och vall 64 %; för svinflytgödsel: spannmål 57 %, potatis 60 %, rotfrukter 64 % och vall 72 % samt för urin: spannmål 77 %, potatis 77 %, rotfrukter 77 % och vall 78 %.

För att man skall kunna beräkna efterverkan på motsvarande sätt, behöver man uppgifter om nedbrytningen efter det första året. Exakta uppgifter om detta finns inte. SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977) föreslår på basen av sina försök, att av fastgödselns ursprungliga spridningsmängd nedbryts under det första året ca. 50 %, under det andra året 13 % och under det tredje året 5 %. PRATT m.fl. (1976) har för sin del funnit att av fastgödselns ursprungliga kväve frigjordes ca. 45 % till marken under det första året, 6 % under det andra och 2,5 % under det tredje. Försöksresultaten varierar väldigt mycket beroende på klimat, jord- och växtslag samt bestämningsätt. Genom att använda resultaten från de holländska forskarna kan man beräkna den kvävemängd som mineraliseras under det andra året genom multiplikation av den mängd kväve som mineraliseras under det första året ( $N_{011}$ ) med kvoten 13/50. Den mängd kväve som mineraliseras under det tredje året efter spridningen är då motsvarande  $5/50 \times N_{011}$ . Om man ännu tar i beaktande den växtslagsspecifika tillgodogörandefaktorn får man för holländska förhållanden en kväveverkan för fastgödsel under det andra året om 6 % för spannmål, 7 % för potatis, 8 % för rotfrukter och 11 % för vall av den verkan det andra året använt handelsgödselkväve skulle ha. Efterverkan det tredje året skulle i motsvarande grad vara 2 %, 3 %, 3 % och 4 %. Ifall man har gett en överstor giva stallgödsel vid spridningen eller om den odlade växten p.g.a. sin korta växtperiod inte under det första året har hunnit använda hela den mineraliserade kvävemängden tillgodo, ökar efterverkan något från ovan nämnda värden.

Ovan framlagda räknesätt om gödselkvävetns verkan är inte som sådant anpassbart till finländska förhållanden. P.g.a. vårt kalla klimat torde gödselnedbrytningen vara något långsammare än i Holland, men vad som är viktigast är, att odlingsväxternas aktiva växttid i vårt land är på ett avgörande sätt kortare än de växttider, som använts i uträkningen. Man kan tro, att gödselverkan det första året är i våra förhållanden lägre och efterverkan större än i sydligare länder. Storleken av efterverkan beror visserligen av näringsämnenas uppbevaring i åkern

under höstens och vinterns lopp. HAKKOLA (1980) fick i sina försök med nötflyt-gödsel på vall en efterverkan om 10-15 % det andra året, medan LAINE (1967) fick en om 17 %.

Ifall man sprider stallgödsel på samma skifte från år till år kan efterverkan till slut vara mycket stor. En fortlöpande stallgödselanvändning leder till en situation, där mineraliseringen från organiskt ämne som samlats i jorden årligen är lika stor som den mängd svårnedbrytbart organiskt ämne, som med gödseln kommer till jorden. Enligt SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977) kan man i holländska förhållanden med användning av stallgödsel under en mycket lång tid komma till den situationen där, med beaktande av gödselns direkta och kumulativa efterverkan, kvävemängden i spriden fastgödsel motsvarar ca. 70 %, i flytgödsel ca. 75 % och i urin ca. 80 % av den direkta verkan för motsvarande kvävemängd i handelsgödsel.

#### 4.7. STALLGÖDSELNS VERKAN JÄMFÖRD MED HANDELSGÖDSELNS

Stallgödselns verkan jämförd med handelsgödselns har tangerats redan i flera avsnitt i denna undersökning. I detta avsnitt ges i korta sammandrag uppgifter från litteraturen.

Stallgödselns gödslings- och jordförbättringsverkan beror främst på dess innehåll av huvudnäringsämnen kväve, fosfor och kalium (SPECTH 1968; ALLISON 1973, s. 424). Hur dessa näringsämnen fås tillbaka till växtproduktionen beror åter på tillvaratagnings- och lagringsmetoder för stallgödseln. Därför är det första - och ofta mycket viktigt - skedet som inverkar på den skörd man får med gödseln, dess tillvaratagande och lagring. När man vill ersätta så mycket handelsgödsel som möjligt med stallgödsel bör man sköta gödseln väl. Å andra sidan påverkar gödselanvändningssättet i hög grad hur stor handelsgödselmängd stallgödseln motsvarar. När näringsämnenas långsamma mineralisering och kvävet avdunstningskänslighet är särdrag gentemot handelsgödsel, kan man påverka detta s.k. ersättningstal med bl.a. spridningssättet och det odlade växtslaget. Mest fördelaktig jämförd med handelsgödsel är stallgödsel när den placeras eller myllas snabbt ner i jorden för växter, som har en lång växttid.

Enligt C. CHRISTENSENS (1976, ref. KOFOED 1981 b) sammanställda danska försöksresultat är verkan av vårinmyllat urinkväve för sockerbetor 80 % och för vall och korn 50 % samt på markytan spriden och snabbt nedharvat urinkväve för sockerbetor 60 % och för korn 50 % av motsvarande verkan för handelsgödselkväve. Kväveverkan för om våren inmyllad flytgödsel var motsvarande 60 % för sockerbetor, 50 % för vall och 40 % för korn samt direkt efter spridningen nedplöjd flytgödselns



kväveverkan 60 % för sockerbetor och 40 % för korn. Kväveverkan i direkt efter spridningen nedplöjd fastgödsel är för sockerbetor 50 % och för korn 40 % av verkan för motsvarande mängd handelsgödselkväve, enligt C. CHRISTENSEN (1976, ref. KOFOED 1981 b).

Enligt de holländska forskarna SLUIJSMANS och KOLENBRANDER (1977) är kväveverkan för fastgödsel under det första året 31-52 % beroende av odlingsväxten, för nöt-flytgödselkvävet 53-64 %, för svinflytgödselkvävet 57-72 % och urinkvävet 77-78 % av verkan för motsvarande mängd handelsgödselkväve.

Ovan framförda forskningsresultat motsvarar mycket väl de värden som framförts i en svensk lärobok, där fastgödselns kväveverkan under det första året i genomsnitt är 30-40 % och för flytgödseln t.o.m. 70 % av verkan för motsvarande mängd handelsgödselkväve (J. ERIKSSON m.fl. 1977, s. 293).

I Finland fick SALONEN och HONKAVAARA (1954) ett resultat med stallgödsel och olika kombinationer av handelsgödsel, som väl motsvarar den svenska uppskattningen om gödselkvävetts tillgänglighet under det första året. Likaledes står LAINES (1967) resultat om flytgödselkvävetts verkan (70 % jämförd med handelsgödselkväve) i samklang med den svenska uppskattningen.

Stallgödseln kan i vissa sammanhang ha en större verkan jämförd med handelsgödselkväve än ovan givna värden. T.ex. potatisens goda tillgodogörande av stallgödsel, som kan vara t.o.m. 100 % jämfört med handelsgödselkvävet när man använder gödselns totalkväve som förklarande faktor (DORPH-PETERSEN 1946), beror delvis också av andra faktorer, ty under potatisens växttid blir en synnerligen stor del av gödselns kväve omineraliserat. RUOKOSALMI och SURVONEN (1936, s. 54) föreslår, att förmågan att utnyttja stallgödsel bättre för växter som har ett mycket täckande bladverk (potatis, rotfrukter) än för spannmål beror på dessa växters förmåga att tillgodogöra sig den koldioxid som frigörs ur gödseln. Också gödselns inverkan på jordens vattenhushållning och struktur är en förklaring.

Stallgödselns värde jämfört med handelsgödsel höjs ännu av den efterverkan, som kan vara väldigt betydande när man fortlöpande använder stallgödsel. Vid en mycket långvarig användning av stallgödsel kan man komma till en situation där det årligen frigörs nästan lika mycket kväve ur organiska materialet som har samlats i jorden som det finns lättlösligt kväve i den stallgödsel som sprids ut. En del av det mineraliserade kvävet går dock till spillo genom urlakning.

När man försöker ersätta så mycket handelsgödsel som möjligt med stallgödsel har

spridningsmängden en avgörande betydelse. Mera lösligt kväve än vad växterna kan utnyttja borde inte årligen komma till jorden. Överskottet av kväve är känsligt för urlakning utanför växtperioden, vilket minskar stallgödseleffekten jämförd med handelsgödseleffekten.

## 5. REKOMMENDATIONER FÖR EN EFFEKTIVERING AV STALLGÖDSELANVÄNDNINGEN

Stallgödseleffekten har varit föremål för många forskningsprojekt. Man känner mycket väl till hur tillvaratagandet, lagringen och användningssättet inverkar på dess värde. Det råder dock en viss konflikt mellan de förmånligaste metoderna och praktiken, vilket leder till att gödseleffekten gödslings- och jordförbättringseffekt blir mindre än väntat. De metoder, som bäst tar tillvara näringsvärdet i gödseleffekten, tillämpas inte i praktiken bl.a. på grund av att dessa metoder är dyra och arbets- tekniskt svaga. Dessutom är kunskaperna om stallgödseleffekten svaga och gödseleffekten uppskattas dåligt. För att förbättra situationen föreslås följande:

### Forskningsbehov

1. Uppgörandet av rekommendationer för att effektivisera användningen av stallgödseleffekten har varit svårt då det inte finns tillgång till noggranna uppgifter om hur man hanterar och använder stallgödseleffekten i vårt land. I synnerhet för rådgivningen är det viktigt att denna fråga utreds. En kartläggning av hanteringen och användningen av stallgödseleffekten torde ganska lätt kunna göras med hjälp av de riksomfattande rådgivningsorganisationerna. De frågor, som borde utredas, är närmast tillvaratagandet och lagringsmetoderna samt beträffande användningen spridningsmängder, spridningssätt och -tidpunkt, vilka växtslag som gödslas samt eventuell kompletteringsgödseleffekt. På gårdar med fast gödseleffekten borde speciellt tillvaratagandet, lagringen och användningen av urinen och gödseleffektvattnet utredas.
2. Analysuppgifterna om stallgödseleffekten i Finland är osäkra. Beträffande den fasta gödseleffekten är uppgifterna redan föråldrade, beträffande flytgödseleffekten grundar de sig på ett mycket begränsat material, som dessutom kanske inte är representativt med tanke på praktisk drift. En omfattande utredning över växtnäringsinnehållet i stallgödseleffekten i Finland behövs.
3. Användningen av torv som strömedel har i nordiska försök bättre bevarat gödseleffektens växtnäringsinnehåll än användningen av halm och sågspån. Å andra sidan är torven dyr, den dammar och smutsar. Det borde noggrant utredas huruvida torven är lämplig som strömedel, hur den fördelaktigast skall användas samt lönsamheten. Detta förutsätter jämförande försök med olika strömedel i djurstall samt laboratorieanalyser och odlingsförsök för att fastställa växtnäringsinnehållet i med

olika strömedel tillvaratagen stallgödsel.

4. Mekanisk packning användes allmänt förr för att minska kväveförlusterna under lagringen men metoden lämnades p.g.a. att den var så arbetsdryg. Med moderna lantbruksmaskiner går dock packningen lätt att utföra. Möjligheterna till packning borde utredas liksom packningens lönsamhet. Detta förutsätter praktiska lagringsförsök samt laboratorieanalyser och odlingsförsök för att fastställa växtnäringsinnehållet i på olika sätt lagrad gödsel.

5. Vårspridning av stallgödsel rekommenderas inte i vårt land på grund av att sådden då blir fördröjd och såbädden eventuellt förstörd. Våren har dock i talrika nordiska försök visat sig vara den fördelaktigaste spridningstidpunkten. Man borde noggrant utreda möjligheterna att sprida stallgödsel om våren för olika växtslag och på olika jordarter samt genom olika inmyllningsmetoder. Å andra sidan borde man också utreda när och hur man skall sprida stallgödsel om hösten, emedan all gödsel på grund av små lagringsutrymmen inte kan sparas till våren. Detta förutsätter fältförsök, där man t.ex. som försöksfaktorer skulle ha spridningstidpunkten (tidigt eller sent på hösten) och jordbearbetningstidpunkten (före eller efter gödselspridningen).

6. Då man inte känner till stallgödselns gödslingsvärde, sprids allmänt stallgödseln i alltför stora mängder, och dessutom ges i många fall normal mängd handelsgödsel. Detta missförhållande borde man kunna råda bot på genom väl utarbetade gödslingsrekommendationer, som skulle basera sig på mängden för växterna tillgängliga näringsämnen i gödseln. Emedan gödselns näringsinnehåll i hög grad varierar, borde varje gödselparti analyseras. Detta förutsätter åter snabb analyservice eller analysmetoder, som kan användas på gårdarna. En annan möjlighet är att man på basen av litteraturuppgifter uppgör tabeller över näringsinnehållet i gödsel, där man beaktar djurens ålder och utfodring samt metoden för tillvaratagandet och lagringen av gödseln. Genom fältförsök borde man härefter utreda, vilken inverkan justeringen av spridningsmängden har på i vilken grad växtnäringsämnena i gödseln utnyttjas.

7. Då gödselns spridningsmängd avgörs på basen av kväveinnehållet, måste tillgången på övriga näringsämnen tillgodoses med handelsgödsel. I praktiken gäller detta främst fosfor, som förekommer i för krävande växter alltför liten mängd i stallgödseln. Genom fältförsök borde man utreda behovet av fosfortillskott vid odling av potatis och rotfrukter. Också inbesparingen av eventuell kaliumgödsling under följande år borde noggrannare utredas. Med hjälp av fältförsök borde man också utreda behovet av kväve- och fosfortillskott, då spridningsmängden avgörs

på basen av kaliuminnehållet.

Som rådgivningens uppgift föreslås dessutom:

1. Man bör poängtera urinens centrala betydelse för gödselns näringsinnehåll. Man borde noggrant ta tillvara urin och gödselvatten, lagra den i en så tät behållare som möjligt och verkligen använda sig av den.

2. För att man inte skulle behöva sprida gödsel vid ofördelaktiga tidpunkter bör man poängtera betydelsen av tillräckligt stora behållare. Bottnen i gödselstaden borde dessutom vara tät. Genom övertäckning av gödselstaden kan man minska på bildandet av gödselvatten och behovet av spridningsarbete. Ifall man inte använder gödselvatten har gödselstadens övertäckning en direkt inverkan på gödselns växtnäringsämnesvärde.

3. Man bör understryka betydelsen av en snabb nedmyllning. Den största nyttan av gödseln får man genom att direkt inmylla den i jorden (urin, flytgödsel). Denna metod minskar också gödselns miljöproblem.

4. Stallgödselns spridningsmängd borde avgöras på basen av dess näringsinnehåll. När man sprider på våren är det mest fördelaktigt att beräkna urin- och flytgödselspridningsmängden på basen av kvävet's tillräcklighet och sköta om tillgången på de övriga näringsämnena genom en handelsgödselkomplettering. Vid användning av strögödsel kan det åtminstone för spannmålsväxter vara fördelaktigare att beräkna spridningsmängden efter gödselns kaliumhalt och ge en kvävekomplettering med handelsgödsel. Vid beräkning av spridningsmängd kan man använda sig av i denna rapport framlagda näringshalter.

Man må ännu poängtera att gödselhanteringskedjan från gödseltillvaratagandet till nedmyllningen på åkern är en helhet där inget delskede får svika. T.ex. flytgödselmetodens fördel vid gödseltillvaratagningen och vid en bra lagring kan lätt mistas, ifall gödseln sprids vid en ofördelaktig tidpunkt. Vid effektiveringen av gödselanvändningen är varje arbetsskede lika viktigt.

Man kan inte förutsätta en effektivisering av gödselanvändningen förrän man får klart för sig gödselns värde. Först sen man avgör spridningsmängden exakt på basen av gödselns näringsinnehåll vaknar intresset för de metoder med vilka stallgödselns näringsförluster i samband med tillvaratagande, lagring och användning minskas. Som mål vid användning av stallgödsel - liksom också av handelsgödsel - borde ett tillgodoseende om växternas näringsbehov vara.

## 6. LITTERATURFÖRTECKNING

- AARNIO, B. & VUORINEN, J. 1941. Lannoitus. Joka Talon Opas n:o 1: 1-161.
- ALEXANDER, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 467 p. 2nd Ed. New York.
- ALLISON, F. E. 1973. Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. 637 p. Amsterdam.
- AMBERGER, A. & GUTSER, S. 1979. Zur N-Wirkung von Rindergülle mit Dicyandiamid-zusatz zu Weidelgras. Zeitschr. Acker- u. Pfl.bau 148: 198-204.
- & VILSMEIER, K. 1979. Hemmung der Nitrifikation des Güllestickstoffs durch Dicyandiamid. Zeitschr. Acker- u. Pfl.bau 148: 239-246.
- ANON. 1930 a. Fodringsforsög samt opbevaringsforsög med staldgödning ved Aarslev 1911-1926. Tidsskrift for Planteavl 36: 600-604.
- 1930 b. Forskellige udförseltider for staldgödning. Tidsskrift for Planteavl 36: 607-611.
- 1930 c. Tab ved staldgödningens udbringning. Tidsskrift for Planteavl 36: 604-607.
- 1930 d. Forskellige maengder af gödning. Tidsskrift for Planteavl 36: 611-613.
- 1935. Lantavarojen talteenoton ja hoidon nykyinen tila ja toimenpiteet sen parantamiseksi. Maatalousseurojen keskusliiton julkaisuja n:o 226: 1-48.
- 1949. Forskellige udförseltider for staldgödning. Tidsskrift for Planteavl 52: 367-371.
- 1979. Canada animal manure management guide. Agriculture Canada n:o 1534: 1-37.
- 1980. Lannoitteiden myynnin jakautuminen maatalouskeskusalueittain lannoitusvuonna 1979-1980. Kemira Oy. 20 p. Helsinki.
- ANTHONY, W. B. 1971. Cattle manure as feed for cattle. Livestock Waste Management and Pollution Abatement. p. 293-296. St Joseph, Michigan.
- ANTIKAINEN, P. J. 1963. Yleinen ja epäorgaaninen kemia. 424 p. 2. painos. Porvoo.
- BERGE, E. 1980. Byggnadstekniska aspekter. Esitelmä NJF:n seminaarissa "Stallgödsel som växtnäringskälla och miljörisk". Tune, Tanska, 15.-17.12.1980. Moniste. 8 p. Saatavissa MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan laitokselta.
- BENGTSSON, G., KRISTIANSSON, S. & PERMAN, O. 1954. Gödsling och Kalkning. 224 p. Kristianstad.
- BUCHOLZ, H. F., HENDERSON, H. E., THOMAS, J. W. & ZINDEL, H. C. 1971. Dried animal waste as a protein supplement for ruminants. Livestock Waste Management and Pollution Abatement. p. 308-310. St Joseph, Michigan.

- BULL, L. S. & REID, J. T. 1971. Nutritive value of chicken manure for cattle. *Livestock Waste Management and Pollution Abatement*. p. 297-300. St Joseph, Michigan.
- CHRISTENSEN, S. 1981. Jordluftens sammansætning ved staldgødning. *Nordisk Jordbrugsforskning* 63: 361-362.
- DORPH-PETERSEN, K. 1946. Forsøg med staldgødning og kunstgødning ved Lyngby 1910-1942. *Tidsskrift for Planteavl* 50: 555-609.
- EGNER, H. 1932. Stallgødningens kvæveforløster gennem ammoniakavdunstning. *Kungliga Lantbruksakademiens Handlingar och Tidskrift* 71: 257-291.
- EKESBO, I. 1977. Aspekter på stallgødningens håndtering. 4. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 116: 185-193.
- ERIKSSON, B. 1974. Flytgødning i væxtodlingen. *Nordisk Jordbrugsforskning* 56: 78-80.
- ERIKSSON, J., HAMMAR, O., HÖGBORG, E., JANSSON, S. L., VAHTRAS, K. & WALLEN, C. C. 1977. *Væxtodningslära 1, Marken*. 381 p. 11. uppl. Borås.
- FLEGAL, C. J. & ZINDEL, H. C. 1971. Dehydrated poultry waste (DPW) as a feedstuff in poultry rations. *Livestock Waste Management and Pollution Abatement*. p.305-307. St Joseph, Michigan.
- FONTENOT, J. P., WEBB, K. E., HARMON, B. W., TUCKER, R. E. & MOORE, W. E. C. 1971. Studies on processing, nutritional value and palatability of broiler litter for ruminants. *Livestock Waste Management and Pollution Abatement*. p. 301-304. St Joseph, Michigan.
- FREDRIKSSON, L. & BENGTSSON, G. 1952. *Ekonomisk Gödsling och Kalkning*. 223 p. Stockholm.
- GUDDING, R. 1980. Overlevelsessevne hos salmonellabakterier. Esielmä NJF:n seminarissa "Stallgødning som væxtnæringskilde og miljørisiko". Tune, Tanska, 15.-17.12.1980. Moniste. 7 p. Saatavissa MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan laitokselta.
- GÖRLITZ, H. & HECHT, W. 1980. Zur Verminderung der Nitrifikation von Güllestoff und Verringerung der N-Verlagerung in der Unterboden durch Zusatz von Wirkstoffen. *Arch. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenkunde* 24: 151-159.
- HAKKOLA, H. 1980. Lietelanta kannattaa mullata. *Koetoiminta ja Käytäntö* 37: 12.
- HALL, D. G. & KEYS, M. J. 1980. Evaluation of poultry manure as a nitrogen supplement to diets of oats and roughage for sheep. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 20: 427-432.
- HANSEN, N. A. 1928. Gödningsforsøg paa forsøgsstationen ved Aarslev 1911-1926. *Tidsskrift for Planteavl* 34: 373-523.
- HAUGLAND, T. B. 1942. Verknaden av föringa på gjødselmengd og gjødselverdi. *Norsk Landbruk* 1942: 401-421.

- HAUSER, A. 1974. Güllewirtschaft und Stallmist - zwei grosse Erfindungen der Landwirtschaft. Schw. Landw. Forsch. 13: 15-26.
- HENDRICKSON, L. L. & KEENEY, D. R. 1979. A bioassay to determine the effect of organic matter and pH on the effectiveness of nitrapyrin (N-serve) as a nitrification inhibitor. Soil Biology & Biochemistry 11: 51-55.
- HENRIKSSON, R. 1977. Aspekter på stallgödselhanteringen. 3. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 116: 179-183.
- HODGETTS, B. 1971. The effects of including dried poultry waste in the feed of laying hens. Livestock Waste Management and Pollution Abatement. p. 311-313. St Joseph, Michigan.
- HOLMA, M. 1975 a. Lannan käsittely ja hyväksikäyttö. Työtehoseuran Julkaisuja n:o 180: 1-150.
- 1975 b. Lannanpoisto kiinteänä ja lietteenä. Käytännön Maamies 24, 5: 70-73.
  - 1978 a. Lannanpoisto sikalasta - lanta on rahaa. Sika 8, 4: 8-10.
  - 1978 b. Lannanpoistolaitteet. Työtehoseuran Julkaisuja n:o 204: 1-64.
  - 1978 c. Nesteet pellolle. Käytännön Maamies 27, 1: 22-25.
  - 1979 a. Kuiviketurpeen hinta ja kuljetukset. Maaseudun Tulevaisuus 10.11.1979.
  - 1979 b. Unohdettu virtsakaivo. Käytännön Maamies 28, 11: 25-26.
  - 1981. Esitutkimus lannan hyväksikäytöstä. Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 Rahasto. 65 p. Helsinki.
- HUOKUNA, E. 1961. Karjanlantakokeiden tuloksia Etelä-Savon koeasemalta. Koetoim. ja Käyt. 18, 12: 39.
- IVERSEN, K. 1924. Undersøgelser vedrørende ajlens opbevaring. Tidsskrift for Planteavl 30: 149-168.
- 1927. Gödningsforsög paa forsögsstationerne ved Askov og Lyngby. Tidsskrift for Planteavl 33: 557-752.
  - 1934. Fordampningstabet ved ajlens udbringning. Tidsskrift for Planteavl 40: 169-234.
  - 1938. Problemer innen husdyrgjødseispörögsmålet, referat for Danmark. Beretning om Nordiska Jordbruksforskeres Förenings Sjette Kongress. Uppsala, Juli 1938.
  - 1943 a. Staldgödningsens vinter- opbevaring. Tidsskrift for Planteavl 47: 651-667.
  - 1943 b. Forsög med ajle til baelgplante-graesblanding 1937-1940. Tidsskrift for Planteavl 47: 272-286.
  - 1944. Forskellig udförseltid for ajle. Tidsskrift for Planteavl 48: 337-357.

- IVERSEN, K. & DORPH-PETERSEN, K. 1948. Forsög med staldgödningens opbevaring og anvendelse. Statens forsögsviksomhed i Plantekultur n:o 412: 69-110.
- & DORPH-PETERSEN, K. 1949. Forsög med staldgödningens opbevaring og anvendelse. Tidsskrift for Planteavl 52: 69-110.
- & DORPH-PETERSEN, K. 1952. Konservering af staldgödning med superfosfat. Tidsskrift for Planteavl 55: 282-302.
- JAAKKOLA, A. 1978. Peltojen lannoitus. Kasvinviljelyoppi 1. p. 145-191. Helsinki.
- 1979. Ravinteiden huuhtoutumistutkimus käynnistynyt. Koetoim. ja Käyt. 36: 15-16.
- JANSSON, S. L. 1977. Aspekter på stallgödselhanteringen. 2. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 116: 173-178.
- KAILA, A. 1948. Karjanlannan kemiallisesta säilytyksestä. Maatalous 41: 175-177.
- 1950 a. Superfosfaatin käytöstä karjanlannan seassa. Valtion Maatal.-koetoim. Julk. n:o 134: 1-35.
- 1950 b. Karjanlanta kasvien fosforin lähteenä. Maataloustiet. Aikak.-kirja 22: 107-121.
- KALLELA, K. 1979. Eläinlääkäreiden käsityksiä lantamenetelmistä. Suomen Eläinlääkärilehti 85: 219-225.
- KERÄNEN, T. 1966. Karjanlannan kasvinravinteet. Maatalous ja Koetoiminta 20: 7-13.
- KIVEKAS, J. 1964. Mutasuon karjanlanta- ja väkilannoitekokeiden tuloksia. Maatalous ja Koetoiminta 18: 17-24.
- KIVINEN, E. 1948. Suotiede. 219 p. Porvoo.
- KOFOED, A. D., MEINCKE, J. & HEJMARK, J. V. 1969. Opbevaring og virkning af flydende staldgödning. Tidsskrift for Planteavl 72: 618-631.
- 1981 a. Kobbertilførsel i gylle. Nordisk Jordbrugsforskning 63: 388-389.
- 1981 b. Husdyrgödningens kvælstofvirkning. Esitelmä NJF:n seminaarissa "Nitrogengjødslingens effektivitet og nitrogenoptag". As, Norja. 17.-18.2. 1981. Moniste. 26 p. Saatavissa MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan laitokselta.
- KORKMAN, J. 1971 a. Lietelanta lannoitusaineena. Pellervo 72: 500-501.
- 1971 b. Lietelannan multauskokeet. Pellervo 72: 1034-1035.
- KAHARI, J. 1974. Lietelannan kasvinravinnepitoisuuksista. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 46: 215-219.
- LAINEN, T. 1967. Lietelannan käyttöarvo. Koetoim. ja Käyt. 24, 12: 42.
- LARPES, G. 1978. Torv som jordförbättringsmedel, vårsädesskördar på mjälleror. Nordisk Jordbrugsforskning 61: 178-179.
- LARSSON, R. 1975. Fastgödsel eller flytgödsel. Kalmar Läns Hushållningssällskaps Tidskrift 1975: 12-16.
- LATURI, R. 1977. Typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen kehitys Suomessa. Kehittyvä Maatalous 36: 3-9.



- LILLENG, H., LYSÖ, A. & SKUTERUD, R. 1967. Forsög med pulverformet superfosfat strödd i grisebingen. Institutt for bygningsteknikk. Norges Landbruks-högskole. Stensiltrykk n:o 67: 1-34.
- LOYNACHAN, T. E., BARTHOLOMEW, W. V. & WOLLUM, A. G. 1976. Nitrogen transformations in aerated swine manure slurries. J. Environmental Quality 5: 293-297.
- MEHL, J. 1981. Spreeing av flytande husdyrgjødsel (gylle) gjennom røranlegg. Nordisk Jordbruksforskning 63: 374-375.
- NAESS, O. & MYHR, K. 1976. Gylle til eng på Vestlandet. Forskning og Forsök i landbruket 27: 145-159.
- NANSEN, C. P. 1981. Parasitäre organismer i stallgödsel. Nordisk Jordbruksforskning 63: 390-391.
- NERONEN, I. 1933. Huono lannanhoito - maataloutemme perusvirheitä. Pellervo 34: 718-722.
- NIEMINEN, L., KARHUNEN, J. & MYKKÄNEN, U. 1969. Ratkaisuja lannankäsittelypulmiin etsitään. VAKOLAN tiedote 9/1969.
- 1977. Puristemehun arvosta ja käytöstä erilaisia käsityksiä. Käytännön Maamies 26, 4: 67-72.
- NOTTON, B. A., WATSON, E. F. & HEWITT, E. J. 1979. Effects of N-serve (2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridine) formulations on nitrification and on loss of nitrate in sand culture experiments. Plant and Soil 51: 1-12.
- NURMISTO, U. 1978. Lannan, virtsan ja puristenesteen varastointi. Työteho-seuran Rakennustiedotus n:o 137: 1-5.
- NÄSI, M. 1975. Kuivattu kananlanta nautakarjan uusi valkuaislähde. Käytännön Maamies 24, 11: 47-49.
- PAATELA, J. 1962. Perunan ja juurikasvien viljely. Maanviljelysoppi 2: 169-223. Porvoo-Helsinki.
- PRATT, P. F., DAVIS, S. & SHARPLESS, R. G. 1976. A four-year yield trial with animal manures. Hilgardia 44: 99-125.
- RAINIO, Y. 1932. Kotoisten lantavarojen käsittely talvella. Pellervo 33: 56-57.
- RAUHE, K. & KOEPKE, V. 1967. Der Einfluss unterschiedlicher Verfahren der Stall-dunglagerung auf die Stickstoff- und Substanzverluste. Albrecht-Thaer-Archiv 11: 541-548.
- RINNE, K. 1977. Lietelanta suojaviljalla ja nurmella. MTTK, Sata-Hämeen koeaseman Tiedote n:o 1: 1-29.
- ROSENQVIST, G. L. 1937. Miten saada laidun ja niittonurmet paremmin ja varmemmin kasvamaan. Karjatalous 13: 685-690.
- RUOKOSALMI, T. & SURVONEN, T. E. 1936. Lannanhoito-opas. Pienviljelijäin keskusliiton julkaisuja 1936: 1-76.
- SAARELA, I. 1981. Taloudellisuutta fosfori- ja kalilannoitukseen. Koetoim. ja Käyt. 38: 18-19.

- SALLASMAA, S. 1979. Älä unohda karjanlantaa. Käytännön Maamies 28, 4: 29-30.
- SALMINEN, M. 1935. Kotoisten lantavarojen kartuttamiskeinoista. Pellervo 36: 707-709.
- 1938. Alppimaissa käytetyn lantavesimenetelmän mahdollisuuksista maasamme. Karjatalous 14: 8-10.
- SALOHEIMO, L. 1937. Karjanlannan hoidosta ja viljelyksille ajosta. Maa 22: 508-510.
- SALONEN, M. 1949. Maanparannus- ja lannoitusoppi. 329 p. Porvoo.
- & HONKAVAARA, R. 1954. Karjanlannan ja väkilannoitteiden vaikutuksen vertailua. Valtion maatalouskoetöim. Julk. n:o 142: 1-41.
- 1965. Lannoituksen välittömästä vaikutuksesta ja jälkivaikutuksesta hietamaalla. Maatalous ja Koetöiminta 19 : 48-56.
- SCHECHTNER, G. 1978. Soll man Jauche und Gülle belüften. Der fortschrittliche Landwirt 56: 184-186.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. 1976. Lehrbuch der Bodenkunde. 394 p. 9. Aufl. Stuttgart.
- SCHMALFUSS, K. & KOLBE, G. 1963. Der Dünger Stallmist. Albrecht-Thaer-Archiv 7: 199-213.
- SCHÖNMEIER, H., BADEWITZ, S. & REHBEIN, G. 1973. Wirkung steigender Gülle- und Mineraldüngergaben auf den Gesamtertrag einer Fruchtfolge mit Weidelgras, Kartoffeln und Winterweizen auf Lehm-Staugley. Arch. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenkunde 17: 949-958.
- SIMAN, G. 1981. Nulägesbeskrivning av stallgödselproduktionens och stallgödselavvändningens situation i Sverige. Nordisk Jordbrugsforskning 63: 356-357.
- SIMOJOKI, P. 1961. Karjanlannan talvilevitys ja multaus. Koetöim. ja Käyt. 18: 12.
- 1977. Sikalan lietelannan lannoitusarvo. Koetöim. ja Käyt. 34: 35-36.
- SLUIJSMANS, C. M. J. & KOLENBRANDER, G. J. 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen in soils. Proc. Intern. Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agric. (SEFMIA): 403-411. Tokio.
- SMITH, L. W., GOERING, H. K. & GORDON, C. H. 1971. Nutritive evaluations of untreated and chemically treated dairy cattle wastes. Livestock Waste Management and Pollution Abatement. p. 314-318. St Joseph, Michigan.
- SPECHT, G. 1968. Wirkung und gegenzeitige Ergänzung organischer und mineralischer Düngung auf Sandböden. Albrecht-Thaer-Archiv 12: 513-524.
- STEINECK, S. 1974 a. Kemisk luktbekämpning. Nordisk Jordbrugsforskning 56: 70-71.
- 1974 b. Innehåll av växtnäring i olika stallgödselslag. Nordisk Jordbrugsforskning 56: 58-59.
- STEVENS, R. J. & CORNFORTH, I. S. 1974. The effect of aeration on the gases produced by slurry during storage. J. Sci. Fed. Agric. 25: 1249-1261.

- STEWART, T. A. 1968. The effect of age, dilution and rate of application of cow and pig slurry on grass production. *Rec. Agric. Res.* 17: 67-90.
- THYSELIUS, M. 1974 a. Ombländning av flytgödsel. Jordbrukstekniska institutet, Medd. n:o 355.
- 1974 b. Resultat av luktbekämpningsförsök. *Nordisk Jordbrugsforskning* 56: 68-70.
- TOMMILA, E. 1969. *Fysikaalinen kemia*. 632 p. 4. painos. Helsinki.
- TOVBORG JENSEN, S. 1928. Undersøgelser over ammoniakfordampning i forbindelse med kvælstofttab ved udbringning af naturlige gödninger. 1, ajle. *Tidsskrift for Planteavl* 34: 117-147.
- TUORILA, P. 1929. Bindungsvermögen verschiedener Torfarten für Stickstoff in Form von Ammoniak. *Suomen Suonviljely-yhdistyksen Tieteellisiä Julkaisuja* n:o 9.
- 1933. Karjanlannan hoidosta. *Pellervo* 34: 164-165.
- & TAINIO, A. 1934. Karjanlannan talvilevityksestä. *Valt. Maatal.koetoin.* *Julk.* n:o 64: 1-38.
- 1941. Karjanlannan, väkilannoitteiden ja kalkkikivijauhon käytöstä vuoden 1941 maataloustuotantotaistelussa. *Maatalousministeriön Maataloustuotanto-osaston Julkaisuja* n:o 1: 1-49.
- UHLEN, G. 1975. Forurensning ved avrenning etter spredning av husdyrgjødsel om vinteren. *Moniste. Saatavissa Helsingin yliopiston maatalouskirjastosta.*
- VALDMAA, K. 1981. Effekt av stallgödsel jämfört med N, P och K i handelsgödsel. *Nordisk Jordbrugsforskning* 63: 378-379.
- VALMARI, J. 1933. Karjanlannan talteenotosta ja hoidosta. *Pellervo* 34: 52-55.
- VARIS, E. 1981. Lannoitus. Perunan tuotanto. *MTTK, Tieto tuottamaan* n:o 14: 27-30.
- VIRTANEN, A. I. 1935. Virtsan kokoomuksesta, talteenotosta ja hyväksikäytöstä. *Karjatalous* 11: 335-342.
- WESTED, J. & IVERSEN, K. 1938. Ajlens nedbringning med ajlenedfaelder. *Tidsskrift for Planteavl* 43: 145-158.
- YLÄNEN, M. 1958. Pihatossa saatavan lannan ominaisuuksista. *Maatal.tiet. Aikak.* 30: 176-188.

