

## TOITAINETE (N, P, K) KADU VEISE- JA SEAKASVATUSES

A. Kaasik, R. Leming, T. Rimmel

**ABSTRACT: Nutrient losses (N, P, K) in dairy- and pig production.** Losses of excreta and manure nutrients (N, P, K) ex animal, ex building and ex storage were studied in different animal categories and keeping systems. Dairy cows with milk yield 5000 and 7000 kg milk per year, heifers 12–24 months and calves 0–6 months were kept in tying system where manure was scraped out twice a day. Bullocks 12–24 months were grouped in loose housing system with solid floor where manure was removed out by tractor once a week. Fattening pigs, weaners and dry and pregnant sows were kept in group pens and lactating sows were kept individually (manure was scraped out twice a day). Sawdust was used as bedding material in all animal categories except bullocks where a mixture of straw and peat was used. The nutrient content and amount of excreta per year (dairy cows, heifers and bullocks) or per period (calves and pigs) depending on the amount and composition of feed was investigated. The effect of feed nitrogen content and amount of bedding material on the dynamics of nitrogen (ammonia) emission in the building was studied. Quantitative and qualitative changes of cattle manure were studied in uncovered and none-leaking manure storage.

**Keywords:** excreta, manure, nitrogen, phosphorus, potassium, losses, ex animal, ex building, ex storage, cattle, pigs.

### Sissejuhatus

Põllumajandustootmise, sealhulgas loomakasvatuse tulemusena satub keskkonda paratamatult mitmesuguseid toitaineid. Loomakasvatustes on sellisteks elementideks eelkõige sõnnikust pärinev lämmastik, fosfor ja kaalium. Sõltuvalt loomade pidamise ning sõnniku (läga) ladustamise ja käitlemise tehnoloogiast võib keskkonda, peamiselt õhku ning pinna- ja põhjavett ohustavate saasteainete kogus olla märkimisväärselt suur. Näiteks sademeteveele avatud lekkivast sõnnikuhoidlast või põllule ladustatud sõnnikuaunast satub keskkonda peale ammoniaagina lenduva lämmastiku ka vete toimel väljauhutav nitraatlämmastik, samuti suures koguses fosforit ja kaaliumi.

Paljudes Euroopa põllumajandusmaades lähtutakse nimetatud kadude, eelkõige lämmastiku lendumise, ning ka sõnniku koguse ja toiteelementide sisalduse arvestamisel nn sõnnikustandarditest. Standardites tuuakse välja sõnniku koguse ja koostise näitajad esmalt looma poolt eritatavates väljaheidetes (roe, uriin), teiseks laudast eemaldatavas sõnnikus või lägas vastavalt pidamistehnoloogiale ning kolmandaks hoidlas pärast mingit säilitusperioodi. Looma poolt eritatavate väljaheidete kogus ja koostis ei sõltu pidamistehnoloogiast. Küll aga mõjutab pidamis- ja sõnnikukoristustehnoloogia ning kasutatava allapanu liik ja kogus laudast eemaldatava sõnniku koostist, eelkõige selle lämmastiksisaldust. Suurimad muutused sõnniku toiteelementide sisalduses toimuvad hoidlas, sõltudes nii hoidla konstruktsioonist kui ka säilitusperioodi pikkusest.

**Võtmesõnad:** väljaheidet, sõnnik, lämmastik, fosfor, kaalium, kaod, laut, hoidla, veised, sead.

### Ülevaade kirjandusest

Looma organismist erituvate väljaheidete kogus ja toiteelementide sisaldus sõltub looma toitefaktorite tarbest, s.t toodangutasemest, söödaratsiooni struktuurist ning söötade toitefaktorite sisaldusest. Veiste puhul on olulise tähtsusega ka söödaratsiooni tasakaalustatus, eriti vatsafermentatsiooni käigus lõhustuva proteiini ning eesmao mikrofloorale ja -faunale sünteesiprotsessides vajaliku energia osas. Looma organismist erituvat rooja-kogust mõjutab suurel määral söödaratsiooni kuivaine (orgaanilise aine) seeduvus. Mida parem on see näitaja, seda rohkem toitefaktoreid seedub ning sellevõrra väiksem on ka erituv rooja kogus.

Roe (kg) = sööda kuivaine (kg) × (1 – org. aine seedekoeff./100)/(sõnniku kuivaine (%)/100)

Suur osa sünteesiprotsesside jääkprodukte ning teisi mittevajalikke ühendeid eemaldatakse organismist neerude kaudu uriiniga. Näiteks lämmastikust eritub märkimisväärne osa just uriini karbamiidina. Arvutuste lihtsustamiseks on mingil perioodil eritatava uriini kogus viidud sõltuvusse sama perioodi roojakogusega. Vastavad kordajad vanuserühmade lõikes on toodud tabelis 1.

Uriin (kg) = roe (kg)/k

**Tabel 1.** Uriini kogus päevas, selle kuivainesisaldus ja kordaja k vanuserühmade lõikes (Poulsen, Kristensen, 1997)

**Table 1.** Amount of urine, its dry matter content and coefficient k in cattle (Poulsen, Kristensen, 1997)

Veiserühm / Category of cattle	Uriin, kg/päevas Urine, kg/day	Kuivaine, % Dry matter, %	Kordaja k Coefficient k
Piimalehmad / Dairy cows	16	5	2,2
Vasikad (0–6 kuud) / Calves (0–6 months)	3	4	1,5
Lehmmullikad (12–24 kuud) / Heifers (12–24 months)	5	5	2,0
Pullmullikad (12–24 kuud) / Bullocks (12–24 months)	5	5	2,0

Looma organismist väljaheidetega eritunud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kogus leitakse söödaga saadud ning looma organismi ja embrüosse ladestunud ning toodanguga väljutatud toitefaktorite koguste vahena järgmise valemi abil:

$$N, P, K_{\text{väljaheidet}} = N, P, K_{\text{sööt}} - (N, P, K_{\text{piim}} + N, P, K_{\text{juurdekasv}} + N, P, K_{\text{embrüo}}).$$

Tabelis 2 on toodud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi keskmine sisaldus piimas, kehamassi juurdekasvus ja embrüos.

**Tabel 2.** Lämmastiku, fosfori ja kaaliumi sisaldus piimas, kehamassi juurdekasvus ning embrüos (Poulsen, Kristensen, 1997)

**Table 2.** Nitrogen, phosphorus and potassium content in milk, weight gain and embryo (Poulsen, Kristensen, 1997)

	Lämmastik, g/kg Nitrogen g/kg	Fosfor, g/kg Phosphorus g/kg	Kaalium, g/kg Potassium g/kg
<b>Piimalehmad / Dairy cows</b>			
Piim / Milk	Piima proteiin/6,38 Milk protein/6.38	0,68 g/kg (nat.piim) 0.68 g/kg (milk)	1,6 g/kg (EKM piim) 1.6 g/kg (energy corrected milk)
Juurdekasv Weight gain	25,6	8,0	1,8
Embrüo / Embryo	29,6	8,0	2,1
<b>Noorveised / Young cattle</b>			
Juurdekasv Weight gain	21,2–28,5	6,4–7,3	1,8–2,3
Embrüo / Embryo	29,6	8,0	2,1
<b>Emised / Sows</b>			
Juurdekasv Weight gain	25,0	5,0	2,2
<b>Imik- ja võõrdepõrsad / Piglets and weaners</b>			
Juurdekasv Weight gain	26,0	5,5	2,2
<b>Numikud / Slaughter pigs</b>			
Juurdekasv Weight gain	28,0	5,5	2,2

Väljaheidete sattumisel laudakeskkonda algab neist lämmastiku lendumine ammoniaagina. Roojas sisalduv lämmastik on põhiliselt valguliste ühendite koostises (söödast pärinev lõhustumatu valk, jämesoole mikroobne mass jne) Uriini lämmastik on aga peamiselt karbamiidi koostises. Karbamiid hüdrolüüsib kiiresti ensüüm ureaasi toimel ammoniaagiks ja süsihappegaasiks. Rooja proteiinse osa lagunemine ning sellest ammoniaagi moodustumine on tunduvalt aeglasem protsess. Katseliselt on selgitatud, et ainult väike osa laudas lendunud ammoniaagist tekib rooja proteiini lagunemisel (van der Peet-Schwering jt, 1999).

Tavapäraselt on ammoniaagi emissioon veiste lõaspidamise korral väiksem kui vabapidamistechnoloogiat rakendades. Taani teadlaste andmetel ulatub lämmastiku emissioon lõaspidamisega veiselautades 5, vabapidamisega lautades aga 10%-ni kogu väljaheidetes sisalduvast lämmastikust. Sügavallapanul pidamisviisi korral lendub keskmiselt 7% lämmastikust. Ammoniaagi lendumist suurendab pilupõrandate ja vähese allapanu kasutamine. Seasõnnikus sisalduvast lämmastikust lendub laudas aga keskmiselt 10–25% (Poulsen, Kristensen, 1997).

Tegurid, mis mõjutavad ammoniaagina lenduva lämmastiku kogust, on mitmekesised. Neist olulisemad on järgmised neli tegurit. 1. kliima s.t välis- ja sisetemperatuur. Lauda sisetemperatuuri tõustes suureneb ka sõnniku temperatuur, mis põhjustab ammoniaagi emissiooni kasvu. Näiteks uuringus, kus sigala sisetemperatuuri tõustes 17 kraadilt 28 kraadini suurenes sõnniku temperatuur 18,2 kraadilt 25,3 kraadini, kasvas ammoniaagi lendumine 12,2 g-lt 14,6 g-le sea kohta päevas (Dourmad, Guingand, 1999). Sageli kaasneb sisetemperatuuri tõusuga ka õhuvahetuse kiirenemine laudas, mis omakorda suurendab ammoniaagi emissiooni. Et sigalate sisetemperatuur (eriti poegimis- ja võõrdepõrsaste sigalates) võrreldes veiselautadega on suhteliselt kõrge, siis on see ka üheks põhjuseks, miks ammoniaagi lendumine neis on suur. 2. Söodaratsiooni koostis ja selle kasutamise efektiivsus toodangu sünteesil. Proteiini seedeprotsessi üheks vaheproduktiks on ammoniaak, mille ülejääk eemaldatakse kiiresti organismist karbamiidina. Kõrgema toodangutasemega loomad vajavad oma toitefaktorite tarbe katmiseks rohkem ja kontsentreeritumat sööta, seejuures toitefaktorite kasutamise efektiivsus väheneb. Sellest tulenevalt sisaldab proteiinirikamat söödaratsiooni saanud loomade väljaheide rohkem lämmastikku. Oluliseks ammoniaagi lendumist mõjutavaks teguriks on uriini pH. Sellest sõltub  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  tase uriinis. Mida madalam on pH, seda rohkem lämmastikku lendub ammoniaagina. 3. Hoone konstruktsioon ja loomade pidamisviis. Lõaspidamisega lautades lendub vähem ammoniaaki, kuna väljaheited satuvad suhteliselt väikesele alale. Taani teadlaste uuringutest nähtub, et täispilupõrandaga nuumikute sigalates on ammoniaagi emissioon 10–15% suurem kui osalise pilupõrandaga sigalates (Fernandez jt, 1999). 4. Kasutatav ventilatsioonüsteem. Ammoniaagi emissioon sõltub õhuvahetuse kiirusest. Mida rohkem ajaühikus õhku vahetub, seda suurem on ka lenduva ammoniaagi hulk. Loomuliku ventilatsiooniga lautades sõltub õhuvahetuse kiirus välis- ja sisetemperatuuri erinevusest (Seedorf jt, 1998).

Üheks võimaluseks õhuvahetuse kiiruse määramisel on nn süsihappegaasi massi tasakaalu meetodika (Pedersen jt, 1998), valemina:

$$V = \text{CO}_2 \text{ (tekkinud)} / (\text{CO}_2 \text{ (välisõhus)} - \text{CO}_2 \text{ (siseõhus)}) \cdot 10^{-6},$$

kus  $V$  – õhuvahetuse kiirus,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\text{CO}_2 \text{ (tekkinud)}$  – looma poolt toodetud süsihappegaasi kogus,  $\text{m}^3/\text{h}$  (leitakse vastavatest tabelitest);

$\text{CO}_2 \text{ (välisõhus)}$  – süsihappegaasi kontsentratsioon välisõhus, ppm;

$\text{CO}_2 \text{ (siseõhus)}$  – süsihappegaasi kontsentratsioon laudaõhus, ppm.

Teades ajaühikus laudas vahetunud õhu hulka on võimalik kalkuleerida samal perioodil lendunud ammoniaagi kogust, valemina:

$$E = \text{NH}_3 \cdot V,$$

kus  $E$  – ammoniaagi emissioon,  $\text{mg}/\text{h}$ ;

$\text{NH}_3$  – ammoniaagi kontsentratsioon laudaõhus,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

$V$  – õhuvahetuse kiirus,  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Sõnniku (läga) ladustamisel hoidlasse lämmastiku lendumine jätkub. Sõltuvalt säilitusperioodi pikkusest ja hoidla konstruktsioonist (avatud või varikatusega jms) võib lenduda veel 20–25% esialgselt ladustatud sõnnikus sisalduvat lämmastikust. Käärimis- (komposteerumis-) protsesside tulemusena laguneb ka osa sõnniku kuivainest. Kuivaine lagunemine tahkes veisesõnnikus on suhteliselt väike, ulatudes 5%-ni. Tahkes seasõnnikus ulatub see aga kuni 30%-ni. Lägahoidlas vedelsõnniku korral on kuivainekadu umbes 20% (Poulsen, Kristensen, 1997).

Keskonnasäästlikest (lekkekindlad, varikatusega) nii tahe- kui ka vedelsõnnikuhoidlatest fosfori ja kaaliumi kadu ei esine. Kui tahesõnnikut ladustatakse põllule auna või ei ole hoidla hermeetiline, toimub fosfori ja kaaliumi väljauhtumine sademetevee toimel. Sademetevesi võib sõnnikus sisalduvat kaaliumist välja viia kuni 45%, kuna kaaliumiühendid on vees kergesti lahustuvad. Fosforikadu ulatub aga 2–6%-ni (Poulsen, Kristensen, 1997).

## Materjal ja meetodika

Eestis alustati sõnnikustandardite väljatöötamist 2001. aastal EPMÜ Loomakasvatusteaduste instituudis koostöös Taani Põllumajandusteaduste Instituudi ja Taani Põllumajanduse Nõuandekeskuse teadlastega.

Andmeid koguti ning mõõtmised tehti järgmistes piimatootmise ja seakasvatusega tegelevates ettevõtetes (tabel 3).

**Tabel 3.** Ülevaade farmidest uurimisaluste loomarühmade lõikes**Table 3.** Review of the test farms and tested animal categories

Nr No	Nimi Name	Loomarühm Animal category	Pidamistehnoloogia lühiseeloomustus Short description of housing technology
1	OÜ Eerika Farm OÜ Eerika Farm	Lüpsilehmad Dairy cows	Lõaspidamine, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Tie-up housing system, manure removing two times a day with scraper
		Lehmmullikad Heifers	Lõaspidamine, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Tie-up housing system, manure removing two times a day with scraper
		Vasikad Calves	Lõaspidamine, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Tie-up housing system, manure removing two times a day with scraper
2	AS Tartu Agro Vorbuse farm AS Tartu Agro farm Vorbuse	Lüpsilehmad Dairy cows	Lõaspidamine, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Tie-up housing system, manure removing two times a day with scraper
		Noorpullid Bullocks	Vabapidamine rühmasulgudes, sõnniku eemaldamine 1 kord nädalas traktori lauplaaduriga / Loose housing in group pens, manure removing once a week with tractor
3	AS Tartu Agro Ilmatsalu farm AS Tartu Agro farm Ilmatsalu	Vabad ja tiined emised Dry and pregnant sows	Rühmasulud, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Group pens, manure removing two times a day with scraper
		Imetavad emised Lactating sows	Individaalsulud, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Individual pens, manure removing two times a day with scraper
		Võõrdepõrsad Weaners	Rühmasulud, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Group pens, manure removing two times a day with scraper
4	OÜ Heko Põld OÜ Heko Põld	Vabad ja tiined emised Dry and pregnant sows	Rühmasulud, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Group pens, manure removing two times a day with scraper
		Imetavad emised Lactating sows	Individaalsulud, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Individual pens, manure removing two times a day with scraper
		Võõrdepõrsad Weaners	Rühmasulud, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Group pens, manure removing two times a day with scraper
		Nuumsead Fattening pigs	Rühmasulud, sõnniku eemaldamine skreeperiga 2 korda päevas / Group pens, manure removing two times a day with scraper

Mõõtmisi tehti 1 kord kuus 6 kuu vältel. Kaaluti päevased sööda, sõnniku ja allapanu kogused ülaltoodud loomarühmade lõikes. EPMÜ Loomakasvatuse instituudi söötmise osakonna laboratooriumis määrati söötade kuivaine-, proteiini-, metaboliseeruva energia, fosfori- ja kaaliumisisaldus ning orgaanilise aine seeduvus. Sõnnikus ja allapanus määrati kuivaine-, proteiini-, fosfori- ja kaaliumisisaldus. Kõikidel mõõtmiskordadel fikseeriti loomade kehamass ning lehmade piimatoodang ja selle rasva- ning valgusisaldus.

Mikrokliimaparametrite selgitamiseks kasutati järgmist aparatuuri.

1. Õhutemperatuur ja niiskus (väljas, sees) määrati seadmega Testostor 175 (Testo GmbH & Co).
2. Laudaõhu süsihappegaasi sisaldus määrati mõõturi Gas Data PAQ PCO<sub>2</sub>/AQ (Gas Data Ltd).
3. Laudaõhu ammoniaagisisalduse leidmiseks kasutati analüsaatorit Dräger Pac III (Dräger Safety Inc).

Et ülaltoodud seadmed on täisautomaatsed, siis fikseeriti õhutemperatuur ja -niiskus ning õhu süsihappegaasi- ja ammoniaagisisaldus iga 5 minuti järel 48-tunnise mõõtmistsükli jooksul. Arvutustes kasutati mõõtmistsükli keskmisi näitajaid.

## Katse tulemused ja arutelu

Väljaheidete produktsioon ja toiteelementide sisaldus sõltub nii sööda kogusest, selle toitefaktorite kontsentratsioonist ja seeduvusest (tabel 4) kui ka looma kehasse ning embrüosse ladestunud ja toodanguga väljutatud toitefaktorite kogusest. Söötade kogus on toodud aasta (lehmad, lehmullikad, noorpullid ja suguemised) või üleskasvatamisperioodi (vasikad 0–6 kuud, võõrdepõrsad elusmassiga 8–30 kg, nuumsead elusmassiga 30–100 kg) kohta.

Tabelis toodud sööda ja toitefaktorite kogus tagas vasikatel 500 g, lehmullikatel 700 g ja noorpullidel 800 g keskmise päevase juurdekasvu. Võõrdepõrsaste keskmine päevane juurdekasv oli 500 grammi (perioodi pikkus 44 päeva) ja nuumikutel 800–850 g (perioodi pikkus 80–90 päeva). Uurimiselustes sigalates saadi emise kohta keskmiselt 20 põrsast aastas, kusjuures vaba- ja tiinusperioodi pikkuseks arvestati keskmiselt 250 ja imetamisperioodi pikkuseks 110 päeva. Tabelis 5 on esitatud summaarne väljaheidete produktsioon, selle kuivaine-, lämmastiku-, fosfori- ja kaaliumisisaldus loomarühmade lõikes.

**Tabel 4.** Sööda kogus (aastas/perioodis), selle kuivaine, proteiini (lämmastiku), fosfori ja kaaliumi keskmine sisaldus ning orgaanilise aine seeduvus loomarühmade lõikes

**Table 4.** Feed intake (per year or per period), mean content of dry matter, protein (nitrogen), phosphorus, potassium and organic matter digestibility in different animals

Loomarühm <i>Animal category</i>	Sööta, kg <i>Feed, kg</i>	Söödas, kg / <i>In natural feed, kg</i>					Org. aine seeduvus, % <i>Organic matter digestibility, %</i>
		k.a. <i>DM</i>	t.-prot <i>CP</i>	N	P	K	
Lehmad (5000 kg) <i>Dairy cows (5000 kg)</i>	16884	5943	844	135	26	74	67
Lehmad (7000 kg) <i>Dairy cows (7000 kg)</i>	19784	6964	1065	170	30	93	67
Lehmullikad / <i>Heifers</i>	7495	3058	315	50	9	41	62
Noorpullid / <i>Bullocks</i>	10214	3432	491	79	10	45	63
Vasikad / <i>Calves</i>	1718	701	74	12	2	8	63
Vabad ja tiined emised <i>Dry and pregnant sows</i>	966	825	112	18	4	5	80
Imetavad emised <i>Lactating sows</i>	746	652	114	18	5	4	81
Võõrdepõrsad / <i>Weaners</i>	45	39	8	1,3	0,3	0,3	85
Nuumsead <i>Fattening pigs</i>	229	201	36	6	1,4	1,5	80

**Tabel 5.** Summaarne väljaheidete produktsioon (aastas/perioodis) ja selle kuivaine-, lämmastiku-, fosfori- ja kaaliumisisaldus loomarühmade lõikes

**Table 5.** Total production of excreta (per year or per period) and content of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in excreta in different animals

Loomarühm / <i>Animal category</i>	Väljaheidet, kg <i>Excreta, kg</i>	Kuivaine, % <i>Dry matter, %</i>	N kg/t	P kg/t	K kg/t
Lehmad (5000 kg) / <i>Dairy cows (5000 kg)</i>	18223	11,9	5,7	1,1	3,4
Lehmad (7000 kg) / <i>Dairy cows (7000 kg)</i>	21380	11,9	6,0	1,1	3,7
Lehmullikad / <i>Heifers</i>	7987	15,0	3,5	0,7	3,8
Noorpullid / <i>Bullocks</i>	12506	13,0	4,9	0,6	3,0
Vasikad / <i>Calves</i>	2356	11,8	3,8	0,5	3,3
Vabad ja tiined emised / <i>Dry and pregnant sows</i>	1409	12,0	12,5	3,4	3,4
Imetavad emised / <i>Lactating sows</i>	1054	12,0	12,9	3,5	3,5
Võõrdepõrsad / <i>Weaners</i>	66	9,1	10,9	2,4	3,9
Nuumsead / <i>Fattening pigs</i>	448	9,1	8,8	2,3	3,1

Võrreldes Taani vastavates tabelites (Poulsen, Kristensen, 1997) toodud näitajatega on väljaheidete kogused loomarühmade lõikes küllaltki sarnased, v.a noorpullide ja eriti lehmullikate osas. Võrreldes lehmadega saavad noorloomad sagedasti kehvema kvaliteediga söödaratsiooni, milles on palju suure toorkiisisalduse ja madala orgaanilise aine seeduvusega söötasid (halb silo, põhk jms). Kui katsealustes lautades said lehmullikad ja noorpullid ratsiooni, mille orgaanilise aine seeduvus oli 62 ja 63%, siis Taani vastavad näitajad on 71 ja 75%.

Sellega on ka seletatav väljaheidete (rooja) suhteliselt suur kogus lehmullikatel ja noorpullidel. Tabelist 5 nähtub, et väljaheidete lämmastiksisalduses esineb märkimisväärne erinevus loomaliigiti. See on ka loogiline, kuna sigade söödas on nii lämmastiku (proteiini) kontsentratsioon kui ka orgaanilise aine seeduvus tunduvalt suurem. Kui lehmade söödaratsioon sisaldas vastavalt toodangutasemele kuivaines keskmiselt 14,2 ja 15,5%; lehmullikatel 10,3%; noorpullidel 14,3% ja vasikatel 10,6% toorproteiini, siis vabade ja tiinete emiste ratsioonis oli see 13,6%, imetavatel emistel 17,5; võõrdepörsastel 20,5 ja nuumikutel 17,9%. Orgaanilise aine seeduvus oli veistel sõltuvalt vanuserühmast 62–67%, sigadel aga 80–85%.

Lendunud ammoniaagi kogus määrati eraldi kõikides laudasektsioonides vastavalt loomarühmadele. Tabelis 6 on esitatud lendunud ammoniaagi kogus aastas/periodis ning emissioonifaktor (lendunud lämmastiku ja väljaheidetega eritunud lämmastiku koguse suhe).

**Tabel 6.** Ammoniaagi lendumine ja emissioonifaktorid (aastas/periodis) loomarühmade lõikes  
**Table 6.** Ammonia emission and emission factors (per year or per period) in different animals

Loomarühm / Animal category	Ammoniaagi lendumine, kg Ammonia emission, kg	Emissioonifaktor, % Emission factor, %
Lehmad (5000 kg) / Dairy cows (5000 kg)	2,8	4,0
Lehmad (7000 kg) / Dairy cows (7000 kg)	3,5	4,0
Lehmullikad / Heifers	1,0	3,5
Noorpullid / Bullocks	3,9	5,1
Vasikad / Calves	0,3	3,5
Vabad ja tiined emised / Dry and pregnant sows	2,1	12,0
Imetavad emised / Lactating sows	0,9	6,8
Võõrdepörsad / Weaners	0,1	18,6
Nuumsead / Fattening pigs	0,7	18,6

Tabelist nähtub, et lämmastiku lendumisele ammoniaagina avaldab olulist mõju nii väljaheidete lämmastiksisaldus, loomade pidamisviis kui ka kasutatud allapanu kogus. Erinevate veiserühmade sõnniku lämmastikust lendus 3,5–5,1%, kusjuures suurim emissioon oli rühmasulgudes peetavatel noorpullidel. Et allapanu kasutati lehmullikate sektsioonis (eritunud väljaheidete kohta) mõnevõrra rohkem kui lehmade sektsioonis (tabel 7), siis oli emissioonifaktor lehmullikate puhul mõnevõrra madalam, vastavalt 3,5% resp. 4,0%. Sigu peeti rühmasulgudes, v.a imetavad emised. Samuti sisaldas sigade sõnnik rohkem lämmastikku kui veisesõnnik. Sellest tulenevalt lendus searühmade lõikes 6,8–18,6% väljaheidete lämmastikust. Et imetavate emiste puhul kasutati eritunud väljaheidete kohta rohkem allapanu, siis kujunes ka ammoniaagi emissioonifaktor searühmade lõikes madalaimaks.

**Tabel 7.** Allapanu kogus (aastas/periodis) ja selle keemiline koostis (N, P, K) loomarühmade lõikes  
**Table 7.** Quantity of bedding material (per year or per period) and its chemical composition (N, P, K) in different animals

Loomarühm Animal category	Allapanu / Bedding					
	Liik / Type	Kogus, kg Amount, kg	kg/kg väljaheidet kg/per kg excreta	N kg	P kg	K kg
Lehmad (5000 kg) Dairy cows (5000 kg)	Saepuru / Sawdust	2675	0,19	1,4	0,11	0,0
Lehmad (7000 kg) Dairy cows (7000 kg)	Saepuru / Sawdust	3138	0,19	1,7	0,13	0,0
Lehmullikad / Heifers	Saepuru / Sawdust	1781	0,22	1,0	0,09	0,0
Noorpullid / Bullocks	Põhk, turvas Straw and peat mix	4027	0,32	14,4	1,13	6,3
Vasikad / Calves	Saepuru / Sawdust	657	0,28	0,4	0,03	0,0
Vabad ja tiined emised Gestating sows	Saepuru / Sawdust	333	0,24	0,2	0,02	0,0
Imetavad emised Lactating sows	Saepuru / Sawdust	486	0,46	0,3	0,03	0,0
Võõrdepörsad Weaners	Saepuru / Sawdust	9	0,14	0,0	0,00	0,0
Nuumsead Fattening pigs	Saepuru / Sawdust	123	0,27	0,1	0,01	0,0

Kasutades allapanuna saepuru, lisandub väljaheidetele suhteliselt väike kogus lämmastikku ja fosforit. Saepuru kaaliumisisaldus on nullilähedane. Põhu- ja turvasallapanu korral on need näitajad oluliselt suuremad.

Kui loomi suveperioodil karjatatakse, satub osa väljaheideteid karjamaale ja liikumisteedele. Vaatlusalustes lautades karjatati lehma, ülejäänud loomarühmi peeti aastaringsest laudas. Laudaperioodi pikkuseks arvestati 245 päeva. Tabelis 8 on esitatud laudast sõnnikuhoiulasse ladustatud sõnniku (koos allapanuga) kogus ja toiteelementide sisaldus loomarühmade lõikes.

**Tabel 8.** Sõnnikuhoiulasse ladustatud sõnniku kogus (aastas/perioodis) ja selle toiteelementide sisaldus loomarühmade lõikes

**Table 8.** Quantity of stored manure (per year or per period) and its nutrient content in different animals

Loomarühm / Animal category	Sõnnik / Manure				
	kg	Kuivaine, % / Dry matter, %	N, kg/t	P, kg/t	K, kg/t
Lehmad (5000 kg) / Dairy cows (5000 kg)	14002	16,6	4,8	1,0	3,0
Lehmad (7000 kg) / Dairy cows (7000 kg)	16427	16,6	5,1	0,9	3,2
Lehmmullikad / Heifers	9768	21,0	2,8	0,6	3,1
Noorpullid / Bullocks	16533	19,6	4,4	0,5	2,7
Vasikad / Calves	3047	19,7	2,9	0,4	2,5
Vabad ja tiined emised / Dry and pregnant sows	1743	24,8	9,0	2,7	2,7
Imetavad emised / Lactating sows	1540	32,3	8,4	2,4	2,4
Võõrdepõrsad / Weaners	74	17,7	7,9	2,1	3,4
Nuumsead / Fattening pigs	571	24,4	5,7	1,8	2,4

Suurimad muutused sõnniku kuivaine ja toiteelementide sisalduse osas toimuvad säilitamisel. Need sõltuvad hoidla konstruktsioonist ja säilitusperioodi pikkusest. Mida pikem on säilitusperiood, seda rohkem sõnniku kuivainet käärimisprotsessi käigus laguneb ning lämmastikku lendub. Varikatusega sõnnikuhoiulasse lisandub säilitamise ajal teatav kogus sademeteveet, samal ajal toimub ka niiskuse (vee) aurumine. Taani teadlaste andmetel on lisanduva sademetevee koguseks aastase säilitusperioodi jooksul keskmiselt 220 liitrit tonni tahe-sõnniku ning 110 liitrit tonni vedelsõnniku kohta (suurema pindalaga hoidlasse lisandub rohkem vett), vett aurustub aga umbes 30%. Kuivaine lagunemine käärimisprotsessi käigus sõltub sõnniku liigist. Veisesõnniku kuivainest laguneb aastase säilitusperioodi jooksul 5%, seasõnniku kuivainest aga kuni 30% (Poulsen, Kristensen, 1997).

Käesoleva töö raames uuriti 1 aastase säilitusperioodi mõju sõnniku kuivaine-, lämmastiku-, fosfori- ja kaaliumisisaldusele. Veisesõnniku lämmastiku-, fosfori- ja kaaliumisisaldus saadi katseliselt. Vaatlusalused sõnnikuhoiulad olid varikatusega ning lekkekindlad. Kuivaine lagunemise, sademetevee lisandumise ja niiskuse aurumise kalkuleerimisel kasutati kirjanduses avaldatud andmeid. Seasõnniku kuivaine ja toiteelementide sisalduse kalkuleerimisel kasutati Taani vastavates tabelites toodud näitajaid. Tabelis 9 on toodud sõnniku kogus ja toiteelementide sisaldus loomarühmade lõikes 1-aastase säilitusperioodi möödudes.

**Tabel 9.** Sõnniku kuivaine- ja toiteelementide sisaldus 1-aastase säilitusperioodi järel

**Table 9.** Dry matter and nutrient content of manure after one year storing period

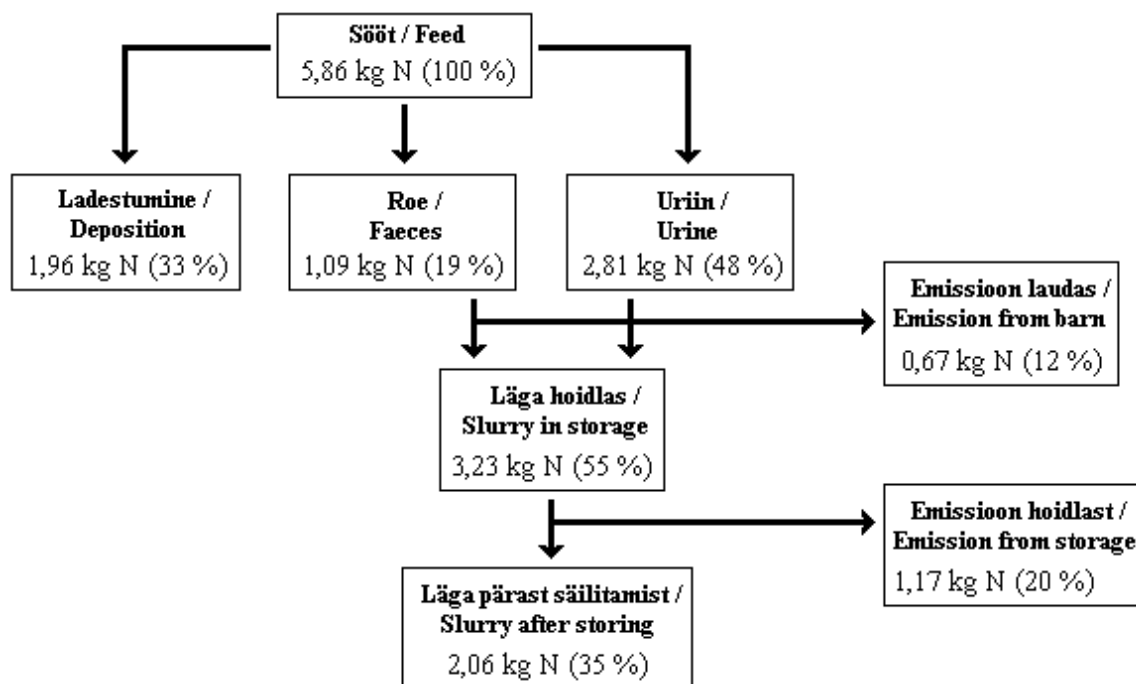
Loomarühm / Animal category	Sõnnik / Manure				
	kg	Kuivaine % Dry matter, %	N, kg/t	P, kg/t	K, kg/t
Lehmad (5000 kg) / Dairy cows (5000 kg)	12668	17,5	4,5	1,1	3,3
Lehmad (7000 kg) / Dairy cows (7000 kg)	14863	17,5	4,7	1,0	3,5
Lehmmullikad / Heifers	8968	21,7	2,8	0,6	3,4
Noorpullid / Bullocks	15110	20,4	3,7	0,6	2,9
Vasikad / Calves	2785	20,5	2,4	0,4	2,8
Vabad ja tiined emised / Dry and pregnant sows	1488	20,3	7,4	3,2	3,2
Imetavad emised / Lactating sows	1315	26,5	6,9	2,8	2,8
Võõrdepõrsad / Weaners	63	14,5	6,5	2,5	4,0
Nuumsead / Fattening pigs	488	20,0	4,7	2,2	2,9

Suurem osa hoidlasse paigutatud sõnniku lämmastikust lendub 10..15 päeva jooksul pärast ladustamist. Samuti on lämmastiku kadu seasõnnikust oluliselt suurem ulatuses 30%-ni (Poulsen, Kristensen, 1997). Uuritud veisesõnniku lämmastikust lendus rühmade lõikes 10–24,5%. Olulist mõju sõnniku käärimise intensiivsusele ja kuivaine lagunemisele avaldab sõnniku liik. Taanis läbiviidud uuringutest nähtub, et seasõnniku käärimisprotsessid on intensiivsemad. Seasõnniku käärimisprotsessi käigus võib temperatuur sõnnikukihis tõusta 60–70 kraadini ning kuivainest laguneda kuni 30%. Kõrge temperatuur soodustab omakorda lämmastiku emissiooni. Veisesõnniku käärimisel sellist temperatuuri tõusu täheldatud ei ole. Veisesõnniku temperatuur jäi küllaltki lähedaseks õhu temperatuurile.

Lekkekindlast sõnnikuhoidlast fosfori ja kaaliumi väljauhtumine puudub. Kui sõnnik on ladustatud pinna-sele, näiteks põllule patareisise, väheneb selle kaaliumisisaldus 20–45% ning fosforisisaldus 2–6% võrra (Poulsen, Kristensen, 1997).

## Kokkuvõte ja järeldused

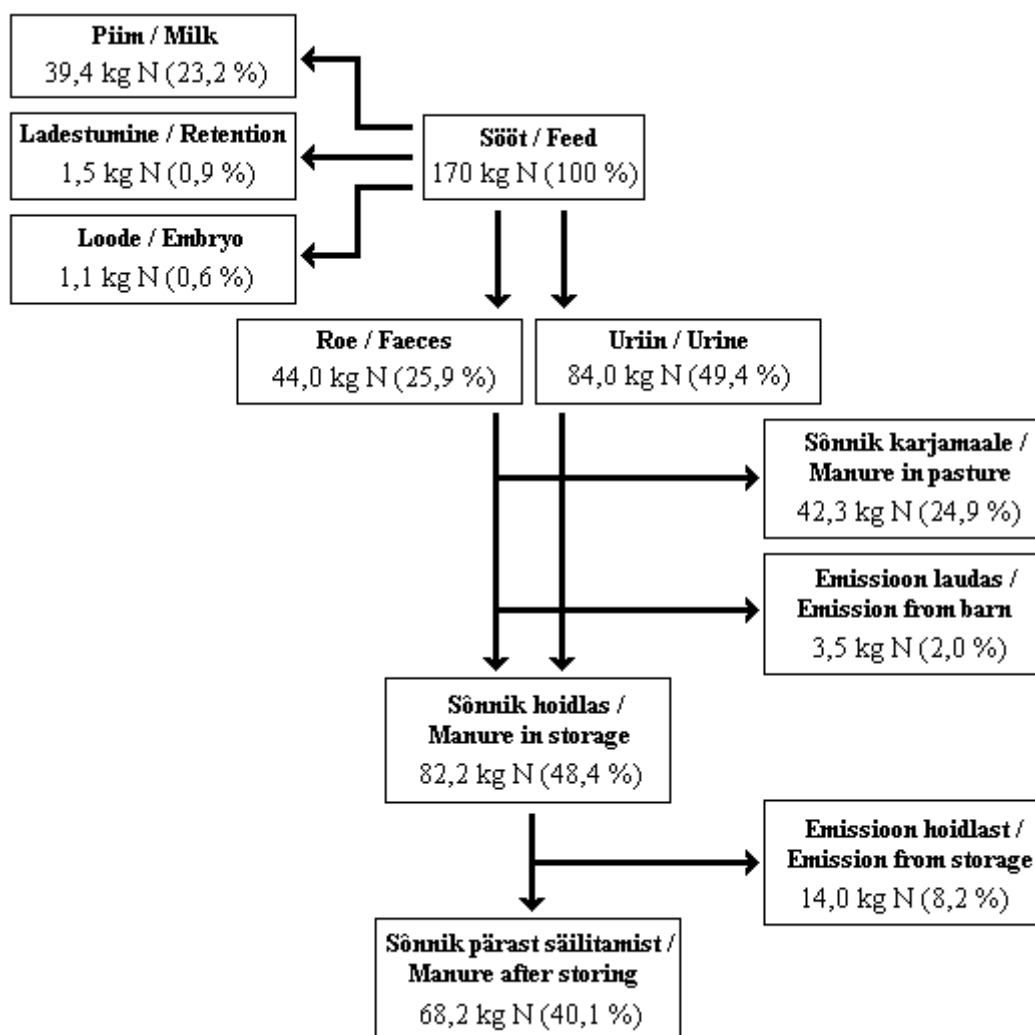
Suurimaks loomakasvatusest tulenevaks ohuks keskkonnale on väljaheidetest ja sõnnikust lenduv lämmastik. Alates väljaheidete eritumisest kuni säilitusperioodi lõpuni võib lämmastiku kogukadu olla veisesõnnikust 15–35% ning seasõnnikust isegi 35–45%. Joonisel 1 on esitatud nuumsea (kaaluvahemik 30–100 kg, juurdekasv 800–850 g/päevas) lämmastiku bilanss üleskasvatamisperioodil ja lämmastiku kaod laudas ning hoidlas (säilitusperiood 1 aasta). Joonisel 2 on toodud lehma (7000 kg piima aastas, valgutoodang 229 kg) lämmastiku bilanss aastas ning lämmastiku kaod laudas ja hoidlas (säilitusperiood 1 aasta). Joonis 2 on koostatud arvestusega, et karjatamisperiood on 120 päeva.



**Joonis 1.** Nuumsea (kaaluvahemik 30–100 kg, juurdekasv 800–850 g päevas) lämmastikutarve perioodis, selle ladestumine kehasse, eritumine uriini ning roojaga ja emissioon laudas ning hoidlast (säilitusperiood 1 aasta)

**Figure 1.** Nitrogen intake and retention, excretion with faeces and urine and emission from barn and storage (storing period one year) per slaughter pig (30 kg to 100 kg live weight, weight gain 800–850 g per day) per period





**Joonis 2.** Lehma (7000 kg piima aastas, valgutoodang 229 kg, karjatamisperiood 120 päeva) lämmastikutarve aastas, selle väljutamine piimaga, ladestumine kehasse ja embrüosse, eritumine uriini ja roojaga ning emissioon laudas ja hoidlas (säilitusperiood 1 aasta)

**Figure 2.** Nitrogen intake and excretion with milk, retention in weight and embryo, excretion with faeces and urine and emission from barn and storage (storing period one year) per dairy cow (7000 kg milk per year, milk protein 229 kg per year, grazing period 120 days) per year

Läbiviidud uuringu põhjal saab teha järgmised olulisemad järeldused.

1. Loomade toodangutaseme kasvades suureneb ka väljaheidete produktsioon ja selle toiteelementide sisaldus. Kui lehm aastatoodanguga 5000 kg produtseerib umbes 18 t väljaheiteid, milles sisaldub tonni kohta keskmiselt 5,7 kg lämmastikku, 1,1 kg fosforit ja 3,4 kg kaaliumi, siis piimatoodangu kasvades 7000 kg-ni suureneb väljaheidete produktsioon 21 tonnini, sisaldades tonnis 6,0 kg lämmastikku, 1,1 kg fosforit ning 3,7 kg kaaliumi.

2. Väljaheidete produktsioon sõltub suurel määral söödaratsiooni orgaanilise aine seeduvusest. Lehmade söödaratsiooni orgaanilisest ainest seedus keskmiselt 67%. Ühe kg väljaheidete kuivaine kohta tarbisid lehmad 2,7 kg söödaratsiooni kuivainet. Lehmullikate söödaratsiooni orgaanilisest ainest seedus aga 62%. Sellevõrra oli ka söödaratsiooni kuivaine tarbimine eritunud väljaheidete kuivaine kg kohta väiksem, vastavalt 2,5 kg.

3. Väljaheidete toiteelementide sisaldus korreleerub söötade toitefaktorite sisaldusega. Veiste söödaratsioonide kuivaines oli vanuserühmade lõikes lämmastikku 16,4–24,4 g/kg ning sigade ratsioonide kuivaines 21,8–33,3 g/kg. Samal ajal väljaheidete kuivaine lämmastikusisaldus oli vastavalt 23,4–50,4 g/kg resp. 96,6–120 g/kg.

4. Mida suurem on väljaheidete lämmastikusisaldus, seda rohkem lämmastikku lendub laudas ammoniaagina. Veiserühmade lõikes lendus 3,5–5,1%, searühmadel vastavalt 6,8–18,6% väljaheidete lämmastikust. Seejuures väljaheidete sisaldasid 3,5–6,0 kg *resp.* 8,8–12,9 kg/t lämmastikku.

5. Allapanukoguse suurendamine vähendab mõnevõrra ammoniaagi emissiooni. Searühmadel kasutati kg väljaheidete kohta allapanu 0,14–0,46 kg Seejuures väljaheidete lämmastiku lendumine ammoniaagina kujunes madalaimaks suurima allapanukoguse korral. Näiteks võõrdepõrsaste väljaheidete kg kohta kasutati 0,14 kg allapanu ning lämmastikku lendus 18,6%, imetavate emiste puhul olid need näitajad aga 0,46 kg ja 6,8%.

6. Aastase säilitusperioodi jooksul võib sademeteveele avatud hoidlasse ladustatud veisesõnniku lämmastikusisaldus lendumise ja vete toimel väljauhtumise tõttu väheneda kuni 25% võrra. Fosfori ja kaaliumi kadu lekkekindlas hoidlas ei esine.

## Kirjandus

- Dourmad, J. Y., Guingand, N., Latimier, P., Seve, B. Nitrogen and phosphorus consumption, utilization and losses in pig production: France. *Livestock Production Science*, 58, p. 225–242, 1999.
- Fernandez, J. A., Poulsen, H. D., Boisen, S., Rom, H. B. Nitrogen and phosphorus consumption, utilization and losses in pig production: Denmark. *Livestock Production Science*, 58, p. 199–211, 1999.
- Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J. O., Metz, J. H. M., Groot Koerkamp, P. W. G., Uenk, G. H., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Short, J. L., White, R. P., Hartung, J., Seedorf, J., Schröder, M., Linkert, K. H., Wathes, C. M. A Comparison of Three Balance Methods for Calculating Ventilation Rates in Livestock Buildings. *J. Agric. Engin. Res.*, 70, p. 25–37, 1998.
- Poulsen, H. D., Kristensen, V. F. (eds.). DIAS report no. 7. Standard Values for Farm Manure. Danish Institute of Agricultural Sciences Research Centre Foulum. 1997. – 160 p.
- Seedorf, J., Hartung, J., Schröder, M., Linkert, K. H., Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J. O., Metz, J. H. M., Groot Koerkamp, P. W. G., Uenk, G. H., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Short, J. L., White, R. P., Wathes, C. M. A Survey of Ventilation Rates in Livestock Buildings in Northern Europe. *J. Agric. Engin. Res.*, 70, p. 39–47, 1998.
- Van der Peet-Schwering, C. M. C., Jongbloed, A. W., Aarnink, A. J. A. Nitrogen and phosphorus consumption, utilization and losses in pig production: The Netherlands. *Livestock Production Science*, 58, p. 213–224, 1999.

## Nutrient Losses (N, P, K) in Dairy and Pig Production

A. Kaasik, R. Leming, T. Rimmel

### Summary

Losses of excreta and manure nutrients (N, P, K) ex animal, ex building and ex storage were studied in different animal categories and keeping systems. The animal categories studied were dairy cows, heifers, bullocks, calves, fattening pigs, weaners, dry, prgnant and lactating sows (Table 3). Measurements were carried out once a month during period of six months. In all animal categories daily amount of feed, manure and bedding was registrated. The content of feed dry matter, protein, phosphorus and potassium was analyzed and metabolizable energy and digestibility of organic matter was calculated. Content of dry matter, protein, phosphorus and potassium was analyzed in manure and bedding material. At every measurement period the weight of animals, milk production, milk protein and fat content were registrated. Microclimatic parameters were measured by using following equipment: Temperature and humidity (in- and outdoors) were measured by Testostor 175 (Testo GmbH & Co); carbon dioxide was measured by Gas Data PAQ PCO<sub>2</sub>/AQ (Gas Data Ltd) and concentration of ammonia was measured by Dräger Pac III (Draeger Safety Inc). Temperature, humidity, carbon dioxide and ammonia were measured every five minutes during a period of 48 hours. In the calculations mean values were used.

On the bases of present study following conclusions were made:

1. The higher the milk yield the higher was the amount of excreta and its nutrient content. Dairy cow with milk production of 5000 kg per year produced ca 18 tons excreta per year and its nutrient content was 5.7 kg nitrogen, 1.1 kg phosphorus and 3.4 kg potassium per ton. Dairy cow with milk production of 7000 kg per year produced about 21 tons excreta per year containing 6.0 kg nitrogen, 1.1 kg phosphorus and 3.7 kg potassium per ton (Table 5).

2. The amount of produced excreta was depending on the organic matter digestibility of the diet (Table 4). Average organic matter digestibility in the diet of dairy cows was 67%. Dry matter intake per 1 kg of produced

excreta dry matter was 2,7 kg in dairy cows. Average organic matter digestibility in the diet of heifers was 62%. Dry matter intake per 1 kg of produced excreta dry matter was 2,5 kg in heifers.

3. Nutrient content of excreta was in good correlation with the nutrient content in the diet (Table 5). Feed nitrogen content for different animal categories varied from 16.4–24.4 g/kg DM in cattle's and from 21.8–33.3 g/kg DM in pigs. Nitrogen content in excreta was 23,4–50,4 g/kg DM and 96,6–120,0 g/kg DM, respectively.

4. The higher the nitrogen content in excreta the higher was ammonia emission in the stable (Tables 5, 6). In cattle stable 3.5–5.1% and in pig stable 6.8–18.6% of excreta nitrogen was lost through ammonia emission. The nitrogen content in excreta was 3.5–6.0 kg/t and 8.8–12.9 kg/t, respectively.

5. Increased amount of bedding material decreased the ammonia emission (tables 6,7). In different pig categories 0.14–0.46 kg of bedding was used per kg of produced excreta. Nitrogen loss through ammonia emission was lower in the buildings where the highest amount of bedding was used. In the stable for weaners 0.14 kg and in the stable for lactating sows 0.46 kg bedding per produced kg of excreta was used and nitrogen loss in those stables was 18.6% and 6.8%, respectively.

6. During the storage period of one year in uncovered manure storage 25% of nitrogen in cattle manure can be lost. There are no losses of phosphorus and potassium when manure is storage in none leaking storage (Tables 8, 9).