

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

T I E D O T E N:o 14

ERKKI KEMPPAINEN JA MAIJA HEIMO:

KARJANLANNAN HYVÄKSIKÄYTÖN TEHOSTAMINEN

KIRJALLISUUSTUTKIMUS

31600 JOKIOINEN

PUH. 916-133 33

ISSN 0356-7710

Sisällysluettelo	Sivu
JOHDANTO	3
1. LANNAN MUODOSTUMINEN, HOITO JA KÄYTTÖ MAASSAMME	4
1.1. Lannan muodostuminen	4
1.2. Lannan hoito ja varastointi	6
1.3. Lannan käyttö	7
1.3.1. Lannoituskäyttö	7
1.3.2. Muu käyttö	9
2. LANNAN LANNOITUS- JA MAANPARANNUSOMINAISUUDET	11
2.1. Lannan ravinteet, lannoitusvaikutus	11
2.2. Vaikutus maaperän ominaisuuksiin	16
2.2.1. Maan rakenne	16
2.2.2. Maan ioninvaihto- ja puskurikyky	16
2.2.3. Maan biologiset ominaisuudet	17
3. LANNAN TALTEENOTTO JA SÄILYTYS	19
3.1. Lannan ainesosien talteenotto	19
3.2. Lannassa varastoinnin aikana tapahtuvat muutokset	19
3.2.1. Lannan hajoaminen	19
3.2.2. Ravinnehäviöt ja niiden estäminen	21
3.2.2.1. Valumatappiot	21
3.2.2.2. Lannan hajoamisen estäminen	22
3.2.2.2.1. Fysikaaliset menetelmät	22
3.2.2.2.2. Kemialliset menetelmät	24
3.2.2.3. Typen haihtuminen	25
3.2.2.3.1. Haihtumismekanismi ja siihen vaikuttavat tekijät	25
3.2.2.3.2. Haihtumisen estäminen lantaa hapattamalla	27
3.2.2.3.3. Haihtumisen estäminen muilla kemikaaleilla	31
3.2.2.3.4. Haihtumisen estäminen fysikaalisin keinoin	31
3.2.2.3.5. Denitrifikaation merkitys	33
3.3. Lannan käsittely kiinteänä	33
3.3.1. Edut ja haitat	34
3.3.2. Kuivikkeet	36
3.3.3. Kuivikemenetelmä	41
3.3.4. Virtsakaivomenetelmä	43
3.4. Lannan käsittely lietteenä	46
3.4.1. Edut ja haitat	46
3.4.2. Lietelantamenetelmä	49

	sivu
4. LANNOITTAMINEN KARJANLANNALLA	53
4.1. Levitysaika	54
4.1.1. Levitys kesannolle ja sulalle maalle syksyllä	54
4.1.2. Talvilevitys	57
4.1.3. Kevätlevitys	59
4.1.4. Levitys kasvukauden aikana	60
4.1.5. Levitysajankohdan sää	60
4.2. Levitystapa	61
4.3. Levitysmäärä	63
4.4. Lannoitettava kasvilaji	66
4.5. Lisälannoitus	69
4.6. Lannan jälkivaikutus	71
4.7. Karjanlannan vaikutus väkilannoitteisiin verrattuna	74
5. SUOSITUKSIA LANNAN HYVÄKSIKÄYTÖN TEHOSTAMISEKSI	76
6. KIRJALLISUUSLUETTELO	79
SÄILÖREHUN PURISTENESTE	86
1. Puristenesteen muodostuminen ja ominaisuudet	86
2. Puristenesteen talteenotto, varastointi ja käyttö	87
3. Säilörehun puristenesteen hyväksikäytön tehostaminen	88
4. Kirjallisuusluettelo	89

## JOHDANTO

Väkilannoitteiden hinnan jatkuva kohoaminen on tehnyt aiheelliseksi tutkia mahdollisuudet kotoperäisten lannoitusaineidemme entistä parempaan hyväksikäyttöön. Kotoperäisistä lannoitusaineista on karjanlanta ravinnesisällöltään merkittävin. Nämä seikat ovat perusteena tälle kirjallisuustutkimukselle, jonka tehtäväksi asetettiin kerätä kirjallisuustieto karjanlannasta ja esittää sen perusteella suositukset lannan hyväksikäytön tehostamiseksi. Aloitteen kirjallisuustutkimuksen tekemisestä antoi Maatalouskeskusten liitto, rahoituksen järjesti Maa- ja metsätalousministeriö. Tutkimus suoritettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksella vuonna 1981.

Karjanlannan ohella on tutkimuksessa käsitelty erillisenä säilörehun puristenes-tettä, joka - lannan tavoin - on karjajaloilla muodostuva kotoperäinen lannoitus-aine.

# 1. LANNAN MUODOSTUMINEN, HOITO JA KÄYTTÖ MAASSAMME

## 1.1. LANNAN MUODOSTUMINEN

Maassamme vuosittain muodostuvan karjanlannan ja sen sisältämien kasvinravinteiden määrää arvioitaessa on laskentaperusteina käytetty yleensä eläinten määrää, ulosteiden määrää eläintä kohden ja ulosteiden kasvinravinnepitoisuutta. Koska ulosteiden ja niiden sisältämien kasvinravinteiden määrä riippuu ratkaisevasti eläinten iästä ja ruokinnasta, on myös nämä tekijät otettava laskelmissa huomioon. Maatilahallituksen kuukausikatsauksen ilmoittamiin eläinmääriin, ruotsalaisiin arvioihin lannan tuotannosta eläintä kohden sekä naudan ja sian yksikköker toimiin perustuvan arvion karjan ulosteiden muodostumisesta maassamme on esittänyt HOLMA (1981, s.6) (taulukko 1). Laskelmissa on yli yksivuotiaiden sonnien ja hiehojen nautayksikkökertoimeksi valittu 0,5, vasikoille 0,25. Sioilla on yksiköksi valittu lihasika, johon verrattuna emakot porsaineen ja karjut tuottavat kolmekertaisen lantamäärän. Muiden kotieläinten lannan tuotanto on arvioitu suoraan eläinmäärien ja lannan tuotanto/eläin - lukujen perusteella.

TAULUKKO 1. Kotieläinten ulosteiden muodostuminen maassamme HOLMAN (1981, s.6) mukaan.

Eläin- yksikkö	Eläinten määrä milj. yksikköä	Ulosteiden muodostuminen, milj.kg/v		
		Sonta	Virtsa	Yht.
Nautayksikkö	1,064	10 650	4 800	15 450
Lihaskyksikkö	1,270	1 000	1 500	2 500
Kana	7,000	350		350
Turkiseläin	4,800	100		100
Hevonen	0,022	250	100	350
Lamma	0,113	100	50	150
Yht.		12 450	6 450	18 900

Eläinyksikkömääriin ja pääosin ruotsalaisten tutkijoiden esittämiin lukuihin ulosteissa erittyvistä kasvinravinteista perustuen on HOLMA (1981, s.10) esittänyt arvion lantaan ohjautuvien tärkeimpien ravinteiden kokonaismäärästä Suomessa (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Kotieläinten ulosteiden typen, fosforin ja kaliumin määrä maassamme HOLMAN (1981, s.10) mukaan.

Eläin- laji	Ulosteiden ravinnesisältö, milj.kg/v		
	N	P	K
Nauta	80	12,8	85
Sika	18	5,1	5,1
Kana	2,8	0,4	1,3
Turkiseläin	1,0	1,0	0,2
Hevonen	0,6	0,3	0,6
Lammas	0,7	0,1	0,3
Yht.	102,1	19,7	92,5

HOLMAN (1981, s.10) esittämät luvut karjan ulosteissa erittyvistä ravinnemääristä ovat varsin suuria. Typen osalta vastaa kotieläinten ulosteiden ravinnemäärä 52 % Kemira Oy:n lannoitusvuonna 1979-80 kauppaan toimittamasta ravinnemäärästä (vrt. ANON.1980). Fosforin kohdalla on vastaava luku 30 % ja kaliumilla 79 %. On kuitenkin muistettava, että taulukossa 2 esitetyt luvut perustuvat arvioihin.

Ryhdyttäessä arvioimaan sitä, mikä merkitys karjanlannalla on viljelykasvien lannoituksessa, on otettava huomioon lannan varastoinnin ja levityksen yhteydessä tapahtuvat ravinnehäviöt ja lannan ravinteiden käyttökelpoisuus kasveille. Lannan fosforia ja kaliumia pidetään yleisesti käyttökelpoisuudeltaan lähes väkilannoiteravinteiden veroisina (J. ERIKSSON ym. 1977, s.293), mutta typpi on lannassa väkilannoitetyypeä huonommin käyttökelpoista. Typpi on myös lannan ravinteista altteinta varastointi- ja levitystappioille. Näistä syistä on paikallaan tehdä laskelma lannan typen osuudesta viljelykasvien ravitsemuksessa maassamme.

Lienee realistista arvioida, että typpihäviö on kuivikelannasta varastoinnin aikana käytännössä 25-30 %, lietelannasta 5-10 % (vrt. FREDRIKSSON ja BÉNGTSSON 1952, s. 66, SCHMALFUSS ja KOLBE 1963). Suurempiakin arvioita, jopa 70 %:n varastointihäviöistä kuivikelannasta on tosin esitetty (SIMAN 1981). Varastoidun kiinteän lannan typen käyttökelpoisuus on ensimmäisenä vuonna 30-40 % ja lietelannan typen käyttökelpoisuus jopa 70 % väkilannoitetyyppeen verrattuna (J. ERIKSSON ym. 1977, s.293). Kun maassamme käsitellään HOLMAN (1981, s.6) mukaan tuoreiden ulosteiden määrästä lietelantana n. 18,5 %, on tässä lantamäärässä kasveille käyttökelpoista tyyppiä:

102,1 milj.kg (typen määrä lannassa) x 0,185 (lietelannan osuus) x 0,9-0,95 (varastointitappio huomioitu) x 0,70 (käyttökelpoisen typen osuus huomioitu) = 11,9 - 12,6 milj.kg.

Kiinteänä käsitellyn lannan sisältämän kasveille käyttökelpoisen typen määrän voidaan vastaavasti arvioida olevan:

102,1 milj.kg x 0,815 x 0,70-0,75 x 0,3-0,4 = 17,5-25,0 milj.kg

Yhteensä voidaan siis arvioida lannassa saatavan vuosittain 29,4-37,6 milj.kg kasveille käyttökelpoista typpeä. Kun muodostuvista lantavaroista menee laidunmelle suoraan noin viidesosa (HOLMA 1981, s.1), jää varastoidun lannan sisältämän kasveille käyttökelpoisen typen määräksi 23,5-30,1 milj.kg vuodessa. Tämä määrä on 12,0-15,3 % Kemira Oy:n lannoitusvuonna 1979-1980 maahamme toimittamasta väkilannoitetyypimäärästä ja lisättynä siihen muodostaa 10,7-13,3 % viljelykasvien typpilannoituksesta.

Edellä esitetyssä laskelmassa ei ole erikseen otettu huomioon lannasta levityksen aikana tapahtuvaa typpihäviötä, joka pintaan levitetystä lannasta saattaa olla hyvinkin merkittävä. Osa levitysaikaisesta typpihäviöstä on tosin huomioitu luvuissa käyttökelpoisen typen osuudesta lannan kokonaistypestä. Toisaalta laskelmassa ei ole otettu huomioon karjanlannan väkilannoitteita suurempaa jälki-vaikutusta, mikä osaltaan kohottaisi lannan typen merkitystä viljelykasvien ravitsemuksessa.

Aiemmin mainittiin, että karjanlannan fosfori ja kalium ovat käyttökelpoisuudeltaan lähes väkilannoiteravinteiden veroisia. Kuitenkaan ei taulukossa 2 esitettyjä ravinnemääriä saada kierrätettyä takaisin kasvintuotantoon, sillä lantavarojen talteenotto on monilla tiloilla puutteellista. Hukkaan valuvan virtsan ja lantaveden mukana menetetään suuri osa lannan kaliumista. SIMANin (1981) mukaan voi lannan talteenoton ja varastoinnin aikana tapahtuva tappio olla fosforilla jopa 25 % ja kaliumilla 40 %. Edelleen lannan levitys pellon pintaan epäedullisena aikana aiheuttaa ravinnehäviöitä pintavirtailun mukana.

LATURI (1977) on arvioinut, että vuonna 1975 oli karjanlannan ravinteiden osuus maassamme lannoitukseen käytetystä tpestä 15 %, fosforista 10 % ja kaliumista 25 %.

## 1.2. LANNAN HOITO JA VARASTOINTI

HOLMA (1981, s.6) on arvioinut, että kotieläinten ulosteita muodostuu maassamme vuosittain n. 18,9 miljardia kiloa, josta sontaa 12,45 ja virtsaa 6,45 miljardia kiloa (taulukko 1).

Tästä määrästä käsitellään lietelantana noin 3,5 miljardia kiloa eli 18,5 % (HOLMA 1981, s.6).

Vuosittain varastoitavan lannan määräksi on HOLMA (1981, s.7) arvioinut 12,5 miljardia kiloa, josta kiinteää lantaa on 6,4, virtsaa 2,6 ja lietelantaa 3,5 miljardia kiloa. Lietelannan osuus varastoitavasta lannasta on siten noin 28 %. Varastoitavan lannan määrän pienenemisen muodostuvien ulosteiden määrään verrattuna selittää HOLMA (1981, s.7) johtuvan lannan palamisesta ja laiturille jäävän lantamäärän osuudesta. Myös virtsan valuminen hukkaan on yksi syy.

Kotieläinhoitoa harjoitetaan maassamme noin 100 000 tilalla, joista HOLMAN (1981, s.12) mukaan noin 90 %:lla lanta käsitellään kiinteänä. Näillä tiloilla on yleisimpänä käytössä nk. virtsakaivo-kuivikemenetelmä (80 000 tilaa), jossa osa virtsasta imeytyy kuivikkeisiin, osa erottuu virtsakaivoon. Virtsakaivomenetelmään perustuvia karjasuojia on noin 10 000 tilalla ja kuivikemenetelmään perustuvia alle tuhannella tilalla. Lietelantamenetelmä on käytössä n. 9 000 tilalla (HOLMA 1981, s.15).

Lannan käsittely lietteenä on yleistynyt maassamme viime vuosina. HOLMAN (1981, s.12) mukaan lietelantamenetelmää käytetään erityisesti lihasikaloissa sekä suurehkoissa navetoissa ja mullinavetoissa. Lietelantamenetelmä on käytössä yleensä keskikokoa suuremmilla karjatililla.

### 1.3. LANNAN KÄYTTÖ

#### 1.3.1. Lannoituskäyttö

Karjanlannan käytöstä eri viljelykasvien lannoitukseen maassamme ei ole tarkkaa tietoa. Tässä kappaleessa käsitelläänkin lähinnä lannan käyttöä koskevia suosituksia.

SALOSEN (1949, s.190-191) mukaan ovat tärkeimpiä karjanlannan käyttöä ohjaavia tekijöitä maa- ja kasvilaji. Lanta on pyrittävä käyttämään sellaiselle maalajille joka hyötyy siitä eniten. Niinpä edullisimpia käyttökohteita ovat vähämultaiset, tiiviit ja poutivat maat, joilla karjanlannan voidaan odottaa vaikuttavan sekä lannoittavasti sekä maata parantavasti. Toisaalta olisi karjanlanta käytettävä sellaiselle kasvilajille, jolla on pitkä kasvu-aika. Perunan ja juurikasvien on havaittu hyödyntävän karjanlantaa viljakasveja paremmin (taulukko 3).



TAULUKKO 3. Karjanlannan vaikutus eri viljelyskasveilla verrattuna vastaavien väkilannoitemäärien vaikutukseen (= 100) SALOSEN (1949, s.19) mukaan.

Kasvi	Karjanlannan vaikutus satoon	
	Suhdeluku (lannoitus väkilannoitteilla = 100)	
Peruna	80	- 100
Lanttu tai turnipsi	60	- 80
Kevätviljat	40	-50
Syysviljat	10	-50

Nurmen perustamisen yhteydessä käytettäväksi on karjanlanta SALOSEN (1949, s.192) mukaan verratonta lannoitus- ja maanparannusainetta. Lanta parantaa myös palkokasvien kasvua nurmessa (SALONEN 1949, s.192).

Pyrittäessä saamaan karjanlannasta suurin mahdollinen hyöty on erityistä huomiota kiinnitettävä kerrallaan käytettäviin karjanlantamääriin ja lisälannoitukseen. Kasvutekijöiden lain mukaisesti kasvit eivät pysty hyödyntämään ylimäärin tarjolla olevaa kasvutekijää, jos jotakin toista kasvutekijää on liian vähän. Koska lannoituksella voidaan vaikuttaa vain kasvien kivennäisravitsemukseen, saadaan pienellä lantamäärällä yleensä suurempi sadonlisäys käytettyä lantatonnia kohden kuin suurella lantamäärällä. Ylilannoitus johtaa ravinteiden huonon käyttösuhteen lisäksi ympäristöongelmiin ravinteiden lisääntyneen huuhtoutumisen vuoksi. Toisaalta ovat kuitenkin karjanlannan levitystyön suuritöisyys ja pienten määrien tasaisen levittämisen vaikeus tekijöitä, jotka puoltavat suurehkoja levitysmääriä kerrallaan. SALOSEN (1949, s.193) mukaan on pienin kysymykseen tuleva kiinteän lannan levitysmäärä 20 000 kg/ha, jota voidaan käyttää esimerkiksi nurmen suojaviljan lannoitukseen. Perunalle ja juurikasveille voidaan SALOSEN (1949, s.193) mukaan antaa hyvin tuloksin 30 000 - 40 000 kg kiinteää lantaa hehtaaria kohden. Sopiva käyttömäärä naudun lietelannalle viljakasvien lannoitukseen on KAHARIN (1974) mukaan 40 000 kg/ha. SALLASMAA (1979) suosittelee kevätiljoille annettavaksi keväällä kiinteää karjanlantaa tai sikalan lietelantaa 30 000 kg/ha, kevätöljyasveille sikalan lietelantaa 30 000 kg/ha ja perunalle kiinteää karjanlantaa 30 000 kg/ha.

Karjanlannan ravinteiden täydentämiseksi on maassamme lähes aina suositeltu fosforilisäystä (SALONEN 1949, s.193, KAILA 1950a). KAILAN (1950a) mukaan on tarvittava fosforilisa perunan lannoitukseen 10 - 20 kg superfosfaattia tuhatta lantakiloa kohden. Myös typpilisäystä on suositeltu kiinteän lannan lannoitusvaikutuksen tehostamiseksi (KAILA 1950a).

Tilanne lisälannoituksen tarpeen suhteen on varmasti muuttunut viimeisten kolmen vuosikymmenen aikana, sillä peltojemme fosforitilanne on kohentunut huomattavasti ja toisaalta uutena lantalajina muodostuva lietelanta poikkeaa ravinnesuhteiltaan hyvin suuresti kiinteästä lannasta. Uusia, kokeisiin perustuvia suosituksia karjanlannan täydennyksestä väkilannoitteilla ei maassamme kuitenkaan ole. SALLASMAA (1979) suosittaa kiinteän karjanlannan (30 000 kg/ha) lisälannoitukseksi kevätiljoille savimailla 100 kg oulunsalpietaria/ha, sikalan lietelantaa voidaan tähän tarkoitukseen käyttää ilman väkilannoitelisäystä. Kevätöljykasveille suositellaan sikalan lietelannan (30 000 kg/ha) täydentämistä savimailla 100 kg:lla oulunsalpietaria/ha. Muilla maalajeilla kuin savella voidaan kiinteää karjanlantaa ja lietelantaa käyttää SALLASMAAn (1979) mukaan kevätiljojen ja -öljykasvien lannoitukseen ilman väkilannoitelisäystä. Perunalle on kiinteän karjanlannan (30 000 kg/ha) ohella suositeltu annettavan savimailla 300 kg sekä hieta-, moreeni-, multa- ja turvemilla 400 kg superfosfaattia hehtaaria kohden (SALLASMAA 1979).

Karjanlannan ajaminen pellolle suoritetaan maassamme yleensä silloin, kun se on työteknisesti edullisinta. Lantaa levitetään paljon kesannolle ja talviaikana routaantuneelle maalle tai lumen päälle. Kuitenkin toteaa SALONEN jo vuonna 1949 (s.184) ilmestyneessä oppikirjassaan, että paras menettelytapa olisi antaa lannan olla koskematta lantalassa kevääseen saakka, jolloin se ajetaan pellolle ja levitetään sekä mullataan välittömästi. Liian pienet lantavarastot ja kiireinen toukokaika ovat kuitenkin johtaneet vallalla olevaan menettelyyn.

### 1.2.3. Muu käyttö

Karjanlantaa on jonkin verran kokeiltu Suomessakin energianlähteenä nk. biokaasun tuotannon ja kompostoitavan lannan käymislämmön hyödyntämisen avulla. Kompostointi on kuitenkin tuhoisaa lannan typelle. Biokaasun tuotanto lantaa mädättämällä on taas laitteiston perustamiskustannuksiltaan varsin kallis ratkaisu. Lisäksi edellytykset biokaasun tuotannolle ovat maassamme ilmasto-olosuhteiden ja pienen keskimääräisen karjakoon vuoksi huonommat kuin monissa muissa maissa. HOLMA (1975a, s.128) pitääkin biokaasutuotantoa energiapulan torjumiskeinona maassamme lähinnä teoreettisena mahdollisuutena. Joillakin tiloilla voi lannan energian talteenotto kaasuna kuitenkin osoittautua Suomessakin kannattavaksi. Biokaasun tuotantoon liittyvän lannan mädättämisen on todettu tuhoavan patogeenisiä pieneliöitä ja vähentävän huomattavasti lannan epämiellyttävää hajua, mistä syystä tällä menetelmällä on myös lannan hyötykäyttömahdollisuuksia parantava vaikutus.

Karjanlantaa on myös kokeiltu eläinten rehuna. Muun rehun joukossa on syötetty naudantalantaa nautakarjalle sekä kanan- ja broilerikananlantaa nautakarjalle, lampaille ja kanoille (ANTHONY 1971, BUCHOLTZ ym. 1971, BULL ja REID 1971, FLEGAL ja ZINDEL 1971, FONTENOT ym. 1971, HODGETTS 1971, SMITH ym. 1971, NASI 1975, HALL ja KEYS 1980). Tulokset lannan käytöstä rehuna ovat yleensä hyviä. NASIn (1975) mukaan kuivattua karjanlantaa onkin käytetty Englannissa väkirehussa jo usean vuoden ajan. Suomessa lannan käyttö rehuissa ei kuitenkaan ole vielä yleistynyt.

Lannan käyttö rehuna ja energianlähteenä on maassamme vasta tutkimus- ja kehitystasteella, eikä sillä tällä hetkellä ole merkitystä lannan hyväksikäytön tehostamisessa. Tulevaisuudessa voi lannan käytöllä rehuissa ja tilakohtaisesti biokaasun tuotannossakin olla suuri merkitys. Tässä esitutkimuksessa keskitytään kuitenkin karjanlannan käyttöön lannoitteena ja maanparannusaineena.

## 2. LANNAN LANNOITUS- JA MAANPARANNUSOMINAISUUDET

Karjanlannalla on eloperäisenä aineena sellaisenaan vaikutusta maan kemiallisiin, fysikaalisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Lannan vaikutus maahan on tämän vuoksi suurempi kuin väkilannoitteiden, jotka vaikuttavat maan fysikaalisiin ja biologisiin ominaisuuksiin lähinnä vain parantuneen kasvinravitsemuksen kautta. Kuitenkin perustuu karjanlannankin arvo nykyisen käsityksen mukaan lähes täysin sen sisältämiin kasvinravinteisiin, ja näistäkin lähinnä typpeen, fosforiin ja kaliumiin (SPECHT 1968, ALLISON 1973, s.424).

Karjanlannan ravinnearvon kannalta on sen tyyppi erikoisasemassa. Onhan tyyppi ravinteista yleisimmin minimitekijänä kasvinviljelyssä, ja toisaalta se on lannasta valumavesien mukana tai haihtumalla varsin helposti häviävää. Onkin ilmeistä, että lannan satoa kohottava vaikutus riippuu lähinnä sen tyypin säilymisestä ja käyttökelpoisuudesta kasveille.

### 2.1. LANNAN RAVINTEET, LANNOITUSVAIKUTUS

Karjanlanta sisältää kaikkia kasvinravinteita sekä lisäksi alkuaineita, joilla on merkitystä eläinten ravitsemuksessa. Ravinteet ovat tuoreessa sonnassa vaikealiukoisessa muodossa, mutta niiden käyttökelpoisuus kasveille paranee sonnan hajotessa varastossa tai maassa. Virtsan ravinteet ovat sitä vastoin vesiliukoisia, ja esimerkiksi urea on sellaisenaankin kasveille käyttökelpoinen typenlähde. Tosin myös virtsan orgaaniset yhdisteet mineraloituvat maassa tai varastossa varsin nopeasti.

Ulosteiden tuotanto ja ravinnepitoisuus vaihtelevat eri eläimillä melkoisesti ja riippuvat voimakkaasti ruokinnasta. Lannan nykyistä tuotantoa eläintä kohden ja siinä erittyvien typen, fosforin ja kaliumin määriä edustanevat ruotsalaiseen kirjallisuuteen perustuvat luvut melko hyvin (taulukko 4).

Ulosteiden tyypestä on virtsassa lehmällä 48 % ja sialla 56 %. Fosfori erittyy lehmällä kokonaan sonnassa, sialla virtsa sisältää noin 20 % ulosteissa erittyvästä fosforista. Ulosteiden kaliumista on virtsassa lehmällä 70 %, sialla n. 76 %.

TAULUKKO 4. Lannan tuotanto ja siinä erittyvän typen, fosforin ja kaliumin määrä eri eläimillä STEINECKin (1974b) ja J. ERIKSSONin ym. (1977, s.289) mukaan.

Eläinlaji	Lantaa muodostuu kg/eläin/v	Kuiva- ainetta%	Lannassa erittyy ravinteita kg/ eläin/v		
			N	P	K
<b>Lypsylehmä</b>					
sonta	8 500 - 11 000	16 - 25	39	12	24
virtsa	3 500 - 5 000	4 - 7	36	0	56
yht.	12 000 - 16 000		75	12	80
<b>Emakko</b>					
sonta	2 000	16 - 25	8,8	3,2	5,8
virtsa	2 500	3 - 5	11,2	0,8	18,2
yht.	4 500		20,0	4,0	24,0
<b>Lihasilaika</b>					
sonta	700	16 - 20	3,5	1,6	2,4
virtsa	1 100	3 - 5	4,5	0,4	7,6
yht.	1 800		8,0	2,0	10,0
Kana	40-70	10 - 20	1,0	0,3	0,3
Lammas	700	29	5,0	1,0	0,4
Hevonen	9 400	21	65	10	50

Varastoitava ja levitettävä lanta sisältää ulosteiden lisäksi vaihtelevia määriä kuivikkeita, rehun tähteitä, pesuvesiä sekä tarkoituksellisesti lisättyä vettä, jotka osaltaan vaikuttavat lannan ravinnepitoisuuteen, ravinteiden käyttökelpoisuuteen ja lannan käyttöominaisuuksiin. Suomessa tehtyihin analyyseihin perustuvia lannan ravinnepitoisuuksia on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Lannan typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuus Suomessa KERÄSEN (1966) ja KÄHÄRIn (1974) mukaan.

Ravinne	Pitoisuus, <sup>0</sup> /oo lannan kuiva-aineesta keskimäärin			
	Pihattolanta	Parsinavettalanta	Naudan lietelanta	Sian lietelanta
N				
- kok.	25,5	25,5	43,4	92,5
- liuk.	5,3	5,2	24,9	67,8
P (kok.)	4,3	7,3	8,7	26,7
K (kok.)	30,5	25,7	42,1	44,4

Lietelannan kuivikelantoja suuremmat ravinnepitoisuudet saattavat osaksi johtua ruokinnan voimaperäistymisestä vuosien 1966 ja 1974 välillä, jolloin KERÄSEN (1966) kuivikelantoja ja KÄHÄRIn (1974) lietelantoja koskevat tutkimukset on tehty. Kuitenkin lienee suurin vaikutus lannan ravinnepitoisuuteen itse lantamenetelmällä. Kuivikelantojen ravinnepitoisuus kuiva-ainetta kohden on pienempi kuin lietelannassa siitä syystä, että käytetyt kuivikkeet ovat yleensä vähäravinteisia. Mitä enemmän kuivikkeita on käytetty (pihattolannassa enemmän kuin parsinavettalannassa) sitä pienempi on lannan fosforipitoisuus. Tämä on ymmärrettävää, sillä fosfori, joka erittyy miltei kokonaan sonnassa, ei ole altis valumatappioille, ja olkikuivike on fosforiköyhää. Se, että pihattolanta sisältää yhtä paljon typpeä ja enemmän kaliumia kuin parsinavettalanta, johtuu puolestaan suuremman kuivikemäärän kyvystä sitoa vesiliukoiset ravinteet ja toisaalta olkikuivikkeissa lantaan tulevasta kaliumista. Lisäksi ammoniakkin haihtumisen hitaus pihattolannasta parsinavettalantaan verrattuna (vrt. YLÄNEN 1958) estää pihattolannan typpipitoisuuden pienenemisen kuivikemäärän kasvaessa. Lietelannan kuivikelantoja suuremmat ravinnepitoisuudet johtuvat osaksi myös siitä, että ravinteita ei pääse karkuun hukkaan virtaavien lantavesien mukana tai haihtumalla. Lietelannan eduksi on vielä katsottava suuri liukoisen typen osuus (57-73 % kokonaistypestä) verrattuna kuivikelantoihin (20-21 % kokonaistypestä).

Lantojen ravinnepitoisuuksia tarkasteltaessa on muistettava, että esitetyt luvut ovat keskiarvoja ja vaihtelu on erittäin suurta. Esimerkiksi sian lietelannan kaliumpitoisuus, jonka keskiarvo oli KÄHÄRIn (1974) tutkimuksissa 44,4 <sup>0</sup>/oo kuiva-aineesta, vaihteli rajoissa 8,3-106,5 <sup>0</sup>/oo ka:sta. KERÄSEN (1966) ilmoittama parsinavettalannan liukoisen typen pitoisuus, 5,2 <sup>0</sup>/oo kuiva-aineesta on keskiarvo näytteistä, joiden pitoisuus vaihteli rajoissa 0,6-9,1 <sup>0</sup>/oo ka:sta.

Erittäin paljon vaihtelee lannassa myös muiden ravinteiden kuin typen, fosforin ja kaliumin pitoisuus. Lannanhoitomenetelmän lisäksi vaihtelu aiheutuu ruokintaan käytetystä rehusta, sen lannoituksesta ja eläimille syötetyistä kivennäis-suoloista. KÄHÄRIn (1974) tutkimuksessa saatiin naudon ja sian lietelannan ravinnepitoisuuksiksi, 0/00 kuiva-aineesta keskimäärin:

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

Tällaisissa lannoissa maahan tulevat hivenainemäärät ovat verraten suuria. KÄHÄRIn (1974) mukaan tulee maahan 40 000 kg:ssa sian lietelantaa rautaa 2,4 kg, mangaania 0,6 kg, kuparia 0,8 kg ja sinkkiä 1,0 kg. Naudon lietelannassa ovat vastaavat määrät: rautaa 2,5 kg, mangaania 0,7 kg, kuparia 0,2 kg ja sinkkiä 0,5 kg. Onpa epäiltykin, että rehusuoloissa eläinten lantaan joutuva suuri kuparimäärä voi joissakin tapauksissa aiheuttaa myrkytystä kasveissa ja näitä syövässä eläimissä, joskaan tätä ei ole voitu todistaa (KOFOD 1981a).

Eloperäisessä lannoitteessa on ravinteiden käyttökelpoisuus aina hyvin merkittävä materiaalin lannoitusarvoon vaikuttava seikka. Karjanlannan osalta riippuu ravinteiden käyttökelpoisuus tietysti paljon siitä, onko kasvustoa käyttämässä ravinteita hyväksi silloin, kun ne vapautuvat, vai joutuvatko ne alttiiksi huuhtoutumiselle. Toisaalta vaikuttaa lannan talteenotto- ja säilytysmenetelmä merkittävästi ravinteiden säilymiseen ja käyttökelpoisuuteen lannassa. Lisäksi on havaittu, että eri viljelykasvit pystyvät käyttämään lannan ravinteita eri tavalla hyväkseen. Virtsassa lantaan tulevat vesiliukoiset ravinteet ovat alunperin kasveille käyttökelpoisessa muodossa, ja virtsan osuus lannan tyyppistä ja kaliumista on hyvin huomattava (taulukko 4). Lannan säilytystavasta riippuen typen käyttökelpoisuus kuitenkin muuttuu varastoinnin aikana. Niinpä arvioidaankin, että olkikuivikelannan tyyppistä on ensimmäisenä vuonna vain 30-40 % väkilannoitetypen veroista (J. ERIKSSON ym. 1977, s.293). Lietelannan typen liukoisuus taas kasvaa varastoinnin aikana (STEWART 1968), ja sen käyttökelpoisuudeksi väkilannoitetyppeen verrattuna arvioidaankin jopa 70 % (J. ERIKSSON ym. 1977, s.293). Ero johtuu kuivikelannan typen haihtumisesta, hukkaan valumisesta ja biologisesta pidättymisestä olkikuiviketta hajoittavaan pieneliöstöön.

Karjanlannan fosforin ja kaliumin osalta ollaan yleensä sitä mieltä, että ne vastaavat käyttökelpoisuudeltaan väkilannoiteravinteita (HAUGLAND 1942, J. ERIKSSON ym. 1977, s.293). Kaliumin kohdalla tämä on hyvin ymmärrettävää, sillä onhan kalium solukoissa ja kudoksissa vain vesiliukoisena elektrolyytinä.

Fosfori on kasveissa ja eläimissä solunrakennusaineena. Sen käyttökelpoisuus riippuu muistakin tekijöistä kuin vain helppoliukoisen fosforin pitoisuudesta lannassa. KAILAn (1950b) mukaan voidaan lannan fosforista laskea laboratorio-kokeiden perusteella kasveille käyttökelpoiseksi noin 70 %. Toisaalta aiheuttaa lannan joutuminen maahan pesäkkeiksi sen, ettei sen fosfori pääse reagoimaan maahiukkasten kanssa vaan pysyy liukoisena pidempään kuin väkilannoitteissa annettu fosfori (KAILA 1950b). Lannan suojaava vaikutus kohottaa fosforin käyttökelpoisuutta niin paljon, että lannan kokonaisfosforin käyttökelpoisuuden voidaan arvioida olevan väkilannoitefosforin tasolla. Tosin lannan epätasainen sekoittuminen maahan ja se, ettei fosfori juurikaan liiku maassa, saattavat johtaa epätasaiseen fosforitarjontaan kasveille.

Kun lanta levitetään pellolle, se hajoaa vapauttaen sisältämänsä kasvinravinteet. Kuinka nopeasti tämä tapahtuu, riippuu suuresti lannan ominaisuuksista. Palanut kuivikelanta ja lietelanta sisältävät jo levitysvaiheessa suuren osan ravinteistaan kasveille käyttökelpoisessa muodossa, mutta tuore kuivikelanta saattaa väliaikaisesti aiheuttaa maassa olevien ravinteiden pidättymistä hajoitustyön suorittavaan pieneliöstöön. Lannan hajoamisen edistyessä sen ravinteet kuitenkin muuttuvat vähitellen kasveille käyttökelpoisiksi. Karjanlannan lannoitusvaikutus on tästä syystä hidaskä, eikä ravinteiden vapautuminen aina ajoitu optimaaliseksi kasvien ravinnetarpeen suhteen. Tämä voi johtaa ravinteiden huuhtoutumiseen. Toisaalta mineraloitumattomat ravinteet ovat suojassa huuhtoutumiselta.

Lannan hajoaminen maassa johtaa sen orgaanisten yhdisteiden hajoamiseen pääosin hiilidioksidiksi ja vedeksi. Hajoamistapahtuma ja hiilidioksidin ylimäärä saattaa joissakin tapauksissa aiheuttaa happivajetta maahan, mutta toisaalta maasta ilmaan haihtuvalla hiilidioksidilla on lannoitusvaikutusta. Onkin arveltu, että perunan ja juurikasvien hyvä hyötyminen karjanlannasta perustuu osaksi niiden kykyyn käyttää hyväksi lannasta vapautuva hiilidioksidi (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.54). Perunan ja juurikasvien kyky hyödyntää karjanlannan ravinteita viljakasveja paremmin perustuu kuitenkin pääasiassa siihen, että ne ottavat maasta ravinteita pidempänä aikana kuin viljat (AARNIO ja VUORINEN 1941, s.37).

Karjanlannan hajoamisella maassa voi myös olla maassa ennestään olevien ravinteiden käyttökelpoisuutta muuttava vaikutus. Lisätyn orgaanisen aineen vaikutus maan humuksen hajoamisnopeuteen tunnetaan nk. priming-vaikutuksena (ALEXANDER 1977, s.133). Voimakkaasti pelkistävien olosuhteiden muodostuminen ja kelatoivat hajoamistuotteet saattavat toisaalta vaikuttaa parantavasti metallien ja niiden vaikealiukoisiksi suoloiksi pidättyneiden ravinteiden käyttökelpoisuuteen. Tällä ilmiöllä voi olla merkitystä lähinnä kasvien rauta-, kupari-, mangaani-, sinkki- ja fosforiravitsemuksessa.



## 2.2. VAIKUTUS MAAPERÄN OMINAISUUKSIIN

Karjanlannalla on orgaanisena aineena sellaisenaan vaikutusta maan fysikaalisiin, fysiko-kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Vaikutuksen suuruus riippuu lähinnä käytetystä lantamäärästä, maan ominaisuuksista ja viljelytekniikasta. Maan orgaanisen aineksen pitoisuuden kohottaminen karjanlannalla on kuitenkin vaikeaa, sillä lanta hajoaa nopeasti ja lannassa maahan tulevan eloperäisen aineen määrä on tavallisesti pieni verrattuna maassa luontaisesti olevan humuksen määrään. Lauchstedtissa Saksassa suoritetussa 52-vuotisessa kokeessa oli 10 000 kg karjanlantaa vuosittain saaneiden koeruutujen orgaanisen hiilen pitoisuus vain 0.16 prosenttiyksikköä suurempi kuin NPK-lannoituksen saaneiden ruutujen (ANSORGE 1957, ref. SCHEFFER ja SCHACHTSCHABEL 1976, s.64). Toisaalta on karjanlannan hajoamisella sinänsä vaikutusta maaperän ominaisuuksiin.

### 2.2.1. Maan rakenne

Karjanlanta vaikuttaa maan rakenteeseen hajoamisen välituotteina syntyvien, mikrobien erittämien lima-aineiden ja lopputuotteena muodostuvan humuksen kautta. Lima-aineet ja pienimolekyyliset humusyhdisteet stabiloivat maan mururakennetta. Toisaalta hajoamisen lopputuotteena syntyvä humus estää murujen keskinäisen veto-voiman kasvamisen liian suureksi (ALLISON 1973, s.317). Välillisesti vaikuttaa karjanlanta maan rakenteeseen myös ravinnesisältönsä kautta, sillä kasvien parantunut kasvu johtaa edullisen mururakenteen muodostumiseen.

Hyvä mururakenne maassa on oleellinen asia kasvinviljelyssä. Se luo kasvien juuristolle mahdollisuuden tunkeutua syvempien maakerroksien vesi- ja ravinnelähteille. Maan kaasunvaihdolle on hyvä mururakenne myöskin tärkeä. Lisäksi edullinen mururakenne helpottaa sadeveden tunkeutumista maahan, vähentää evaporaatiota, auttaa tiivistyvien kivennäismaiden kuivatusta ja lisää veden käytön tehokkuutta (ALLISON 1973, s.347). Karkeilla kivennäismailla voi hajoamisessa muodostuvalla humuksella myös olla jonkin verran merkitystä kasveille käyttökelpoisen veden määrän lisääjänä.

### 2.2.2. Maan ioninvaihto- ja puskurikyky

Orgaanisella aineksella on hyvin suuri vaikutus maan kationinvaihtokykyyn. Vaihtokapasiteetin suuruus riippuu maan reaktiosta kasvaen pH:n noustessa. Pääasiallisena syynä tähän pH-riippuvaiseen varaukseen ovat humuskolloidien heikosti happamat karboksyyli-, fenoliset ja enoliset hydroksyyli-, imidi- ym. ryhmät, jotka dissosioituvat vasta varsin korkeassa pH:ssa (ALLISON 1973, s.302).

Maan anioninvaihtokykyyn ei orgaanisella aineksella ole juuri vaikutusta (ALLISON 1973, s.305). Samat heikosti happamat ryhmät, jotka vaikuttavat maan kationinvaihtokykyyn, lisäävät maan puskurikykyä pH:n muutoksia vastaan.

Suuri ioninvaihto- ja puskurikyky ovat edullisia ominaisuuksia maassa. Vaihtopinnoille pidättyneet ravinteet eivät ole alttiita huuhtoutumiselle neutraalin sadeveden mukana tai haihtumiselle, mutta ovat kuitenkin kasveille käyttökelpoisia. Toisaalta maan reaktiossa ei pääse tapahtumaan äkillisiä, kasveille haitallisia muutoksia.

### 2.2.3. Maan biologiset ominaisuudet

Eloperäinen karjanlanta on sellaisenaan energia- ja ravinnelähde maan heterotrofiselle eliöstölle. Välillisesti se lisää maan biologista toimintaa myös kasvien parantuneen kasvun kautta. Vilkastuneella eliötoiminnalla on vaikutusta maassa ennestään olevan humuksen hajoamiseen, maan rapautumisen kautta tapahtuvaan ravinteiden mobilisoitumiseen, maan rakenteeseen, fytotoksisten aineiden muodostumiseen tai häviämiseen ja kasveille vahingollisten organismien elinkykyyn.

Nykyaikaisessa kasvinviljelyssä on kasvinsuojelu tärkeässä asemassa. Kemiallisia kasvinsuojeluaineita käytetään paljon mm. erilaisten taudinaiheuttajien ja tuholaisten torjuntaan. Pyrkimys torjunta-aineiden käytön vähentämiseen on kuitenkin johtanut yleiseen kiinnostukseen maalevintäisten patogeenien ja tuholaisten torjumiseksi maaperän biologista tilaa muuttamalla. Yhtenä mahdollisuutena on nähty karjanlannan käyttö. ALLISONin (1973, s.388-389) mukaan karjanlantalannoitus onkin yksi tehokkaimmista keinoista vähentää maalevintäisten patogeenien lisääntymistä ja aktiviteettia. Lantaa hajoittavat pieneliöt voivat vaikuttaa taudinaiheuttajien ja tuholaisten elinkykyyn kilpailemalla niiden kanssa ravinteista ja energiasta, tuottamalla antibioottisia aineita ja muuttamalla maan ominaisuuksia taudinaiheuttajille epäedullisiksi (pH, hapen ja hiilidioksidin määrä). Nykyinen tietämys lisätyn orgaanisen aineen merkityksestä kasvipatogeenien säilymiseen maassa on kuitenkin vähäinen, sillä eri taudinaiheuttajat reagoivat tähän toimenpiteeseen eri tavoin riippuen siitä, kuinka obligatorisia ne ovat luonteeltaan ja muodostavatko ne kestoasteita. Patogeenilla on myös keskinäisiä eroja siinä, kuinka hyvin ne kestävät orgaanista ainetta hajoittavien pieneliöiden tuottamia antibioottisia aineita ja muita antagonistisia ilmiöitä. Niinpä ei voidakaan yksiselitteisesti päätellä mitään karjanlannan todellisesta merkityksestä kasvinsuojelussa. Yksittäisiä tapauksia, joissa orgaanisen aineen lisäyksellä maahan on ollut kasvitaudin tuhoa pienentävä vaikutus, toki tunnetaan - ALLISON (1973, s.390) mainitsee esimerkkinä viher- tai karjanlantalannoituksen vaikutuksen puuvillan juurilahon esiintymiseen.

Kasvien ja niiden parasiittien väliset vuorovaikutussuhteet ovat hyvin monimutkaisia. Tämän vuoksi ei aina voida tarkkaan päätellä, mistä esim. karjanlannan kasvitautien tuhoa pienentävä vaikutus johtuu. Tällainen vaikutus voi perustua suureksi osaksi myös kasvin parantuneeseen ravitsemustilaan ja sen myötä kasvaneeseen vastustuskykyyn taudinaiheuttajaa vastaa.

### 3. LANNAN TALTEENOTTO JA SAILYTYK

#### 3.1. LANNAN AINESOSIEN TALTEENOTTO

Lannanhoito on ollut maassamme aina kehoa (NERONEN 1933, KAILA 1948). Tämä käsitys perustuu paljolti siihen, että lannan arvokkainta osaa, virtsaa menetetään jo talteenottovaiheessa. RUOKOSALMEN ja SURVOSEN (1936, s.11) mukaan tämä häviötapa on yleisin ja tuhoisin lannan ravinnehävikkeistä. "Usein saattaa melkein kaikki virtsa valua hukkaan, jolloin siis heti lähes 2/3 lantavaroista on menetetty" (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.11).

Lannan ravinnevarojen saamiseksi kasvintuotantoon on siis virtsan kunnollinen talteenotto olennainen seikka. On huolehdittava siitä, ettei virtsaa ja lantavettä pääse missään lannanhoitoketjun vaiheessa valumaan hukkaan. Tilanne lienee lannan talteenoton suhteen tällä hetkellä parempi kuin vuosisadan alkukymmeninä, jolloin - vuoden 1929 maataloustiedustelun mukaan - lantaloita oli vain 25 %:lla maamme viljelmistä, näistä 22 % oli savipohjaisia ja virtsakaivo oli vain vajaalla neljänneksellä tiloista (ref. NERONEN 1933). Lisäksi tultoin oli 30 % maamme nautakarjasta lantanavetoissa (ANON. 1935, s.12), joista lanta kuitenkin maidon laadun heikkenemisen välttämiseksi luotiin mahdollisimman usein ulos tunkioksi (NERONEN 1933). Osa parsinavetoistakin oli tuohon aikaan puupohjaisia (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.24).

Eläinsuojien ja lantaloiden rakenteellisten ominaisuuksien parantamisen lisäksi voidaan virtsan hukkaan valumista estää runsaalla kuivikkeiden käytöllä.

#### 3.2. LANNASSA VARASTOINNIN AIKANA TAPAHTUVAT MUUTOKSET

##### 3.2.1. Lannan hajoaminen

Sonta ja virtsa ovat eloperäisinä aineina alttiita biologiselle hajoitustoiminnalle. Hajoamisnopeus riippuu kuitenkin voimakkaasti olosuhteista (vapaan hapen määrä, reaktio ja lämpötila). Lannan käsittely- ja varastointimenetelmillä voidaan jossain määrin vaikuttaa siihen, tapahtuuko hajoaminen jo varastoinnin aikana vai vasta maassa. Jos lanta saa hajota varastoinnin aikana, voidaan toisaalta pyrkiä estämään arvokkaiden hajoamistuotteiden joutuminen pois lannasta.

Lannan hajoaminen johtaa sen sisältämien ravinteiden mineraloitumiseen eli muuttumiseen kasveille paremmin käyttökelpoiseen muotoon. Tällöin vesiliukoisia ravinteita uhkaa huuhtoutumisvaara, jos lantavettä pääsee virtaamaan hukkaan.

Hajoamisessa muodostunut epäorgaaninen tyyppi on myös altis haihtumiselle kaasumaisina yhdisteinä (ammoniakki, typpikaasu ja typen oksidit). Muita lannan hajoamisen aiheuttamia ilmiöitä ovat pahanhajuisten lantakaasujen muodostuminen, lannan puskurikyvyn kasvaminen, kuivikkeiden hajoamiseen liittyvä liukoisten ravinteiden uudelleen pidättyminen ja lopulta stabiloituminen.

Onko lannan hajoaminen, "palaminen", varastoinnin aikana sitten haitallista vai edullista, riippuu lähinnä virtsanerotuksesta, kuivikkeista ja siitä kasvilajista, jota karjanlannalla lannoitetaan. RUOKOSALMI ja SURVONEN (1936, s.12-13) mainitsevat lannan palamisen edullisiksi vaikutuksiksi helposti hajoavien, maassa typen immobilisaatiota aiheuttavien hiiliyhdisteiden häviämisen (olki- ja sahanpuru-kuivikkeet) sekä vaikealiukoisten typpiyhdisteiden hajoamisen, mikä maassa tapahtuisi hyvin hitaasti. Lisäksi tiedetään, että tuoreen karjanlannan käyttö voi aiheuttaa sadon laadun heikkenemistä mm. perunalla. Tuoreen lannan nopea hajoaminen maassa saattanee joissakin tapauksissa myös johtaa happivajeeseen kasvualustassa ja ammoniakin pitoisuuden nousuun kasveille myrkylliselle tasolle. VIRTASEN (1935) mukaan on tuoreen virtsan käyttöä lannoitukseen vältettävä, sillä sen sisältämät fenolit ovat kasveille myrkyllisiä. STEWART (1968) havaitsi, että naudon lietelannan varastointi parantaa sen lannoitusarvoa, mutta sian lietelannan arvo laskee varastoitaessa. Ilmiön selitykseksi mainitsee tutkija kasveille haitallisten yhdisteiden hajoamisen naudon lietelantaa varastoitaessa ja toisaalta tällöin tapahtuvan liukoisen typen pitoisuuden kasyamisen. Useassa tutkimuksessa on kuitenkin kyetty päättämään, että kasveille haitallisten aineiden pitoisuus kasvaa lietelantaa varastoitaessa (AMSCHLER 1952, GORSKI ja WENEROWITCH 1952, GORALSKI 1953, BOGUSZEWSKI 1956, GISIGER 1960, ref. STEWART 1968). Sian lietelanta olisi STEWARTin (1968) mukaan käytettävä tuoreena, mutta naudon lietelannalle on varastointi edullista. Päätelmissään tutkija huomauttaa kuitenkin, että naudon lietelannan varastoinnissa saatava etu voidaan helposti menettää epäedullisissa säilytysoloissa tapahtuvan typen haihtumisen vuoksi.

Lannan hajoamisen aiheuttamista epäedullisista ilmiöistä on typen haihtuminen ammoniakkina tai denitrifioitumistuotteina merkityksellisin. Koska sonnan tyyppi on melko vaikealiukoista (KAILA 1948), ei suuria typpihäviöitä kuitenkaan tapahtune kiinteään lannan palamisessa silloin, kun virtsa on erotettu. Jos virtsa taas kerätään kuivikkeilla kiinteiden ulosteiden sekaan, on typpihäviö sitä suurempi mitä enemmän lanta saa palaa (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.46). RUOKOSALMI ja SURVONEN (1936, s.13) mainitsevat lisäksi, että lannan multaa ja hiilidioksidia (hiililannoitus) muodostavat ainekset vähenevät palamisen aikana huomattavasti.

Lisäksi vähenee palamisessa lannan maan mikrobitoimintaa vilkastuttava ja sen myötä muruja stabiloiva vaikutus. Sitä, mikä vaikutus lannan palamisella varastossa on maan tuho- ja hyötyeliöstöön, ei vielä varmuudella tiedetä, joskin on oletettavaa, että lannan vaikutus maan biologisiin ominaisuuksiin pienenee palamisen aikana yleensäkin. Toisaalta palamisen tiedetään desinfioivan lantaa tuhoamalla patogeenisiä pieneliöitä ja heikentämällä rikkakasvien siementen itävyyttä.

Maassamme, jossa lannan talteenottomenetelmänä on perinteisesti ollut virtsan imeyttäminen runsaisiin kuivikkeisiin ja sitä on perusteltu mm. työteknisin näkökohdin (VALMARI 1933, ANON.1935 s.16, SALMINEN 1938), on lannan palamisen estäminen ollut suositeltua (RAINIO 1932, NERONEN 1933, ANON.1935 s.18, RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936). Silloin, kun lannan palamisen tarpeellisuutta on korostettu, on haluttu kiinnittää huomiota runsaasti olkia sisältävän tuoreen lannan maassa aiheuttamaan typen immobilisaatioon (VALMARI 1933). RUOKOSALMEN ja SURVOSEN (1936, s.46) mukaan lanta palaa 2-3 kuukauden varastoinnin aikana kuitenkin riittävästi, vaikka palamista koetettaisiin estääkin.

### 3.2.2. Ravinnehäviöt ja niiden estäminen

#### 3.2.2.1. Valumatappiot

Valunnan kautta menetetään lantaa varastoitaessa lähes kaikkia kasvinravinteita. Suurin tappio kohdistuu vesiliukoiseen tyypeen ja kaliumiin, mutta myös fosforia voidaan menettää lantaveden kiintoaineen mukana. Osa fosforia voi myös mobilisoidua vesiliukoiseen muotoon lannan palaessa. Tanskalaisessa lannan varastointikokeessa saatiin tulokseksi, että syys-maaliskuun aikana erottui lantavedessä avoimesta lantalasta 15 % tyypestä, 5 % fosforista ja 36 % kaliumista, katetusta lantalasta olivat vastaavat valumatappiot 5 % N, 1 % P ja 12 % K (IVERSEN ja DORPH-PETERSEN 1949). Norjalaisessa tutkimuksessa sisälsivät lannan varastoinnin aikana muodostuvat valumavedet katetusta lantalasta jopa 10 % kokonaistyypestä ja -fosforista sekä 20 % lannan kaliumista (BERGE 1980).

Valumatappioita voidaan estää varastoimalla lanta kiinteäpohjaiseen paikkaan ja rakentamalla riittävän suuri virtsasäiliö, johon valumavedet johdetaan. Valumavesien määrää - ja samalla virtsasäiliön tilavuuden sekä lantaveden levitystyön tarvetta - voidaan vähentää kattamalla lantala ja käyttämällä runsaasti kuivikkeita. Askovin koeasemalla Tanskassa suoritetussa kokeessa muodostui valumavesiä avoimesta lantalasta talven aikana 432 kg tuhatta varastoon vietyä lantakiloa kohden, kun vastaava veden määrä katetusta lantalasta oli vain 98 kg (IVERSEN ja

DORPH-PETERSEN 1949). Tavallisen kuivikemäärän (5 % olkea lannan painosta) lisäksi lantalaan annettu ylimääräinen olkiannos (10 % lannan painosta) vähensi Askovissa valumaveden määrää katetusta lantalasta 77 % ja kattamattomasta lantalasta 33 % (IVERSEN ja DORPH-PETERSEN 1949). Runsas kuivikkeiden käyttö vähensi tehokkaasti typen, fosforin ja kaliumin erottumista lantaveden mukana, mutta toisaalta olkilisäyksen aiheuttama lannan palamisen nopeutuminen johti tässä kokeessa typen haihtumisen lisääntymiseen.

Lantaveden erottumista ei voida täysin estää runsaalla kuivikkeiden käytölläkään, sillä suuri osa imeytyneestä nesteestä puristuu lantalassa pois lantakasan kasvaessa (VALMARI 1933, ANON. 1935 s.17). FREDRIKSSONin ja BENGTOSSONin (1952, s.69-70) mukaan on kuivikkeita tavallisia määriä käytettäessäkin (2 kg eläintä kohden päivässä) lantala varustettava virtsasäiliöllä, jonka tilavuus on olkikuivikkeita käytettäessä 2-3 m<sup>3</sup>/nauta vuodessa ja turvekuivikkeita käytettäessä 1,5-2,5 m<sup>3</sup>/nauta/vuosi.

### 3.2.2.2. Lannan hajoamisen estäminen

#### 3.2.2.2.1. Fysikaaliset menetelmät

Hajoamisen hidastaminen varastointiolosuhteita säätelämällä tapahtuu käytännössä siten, että lanta sullotaan tiukaksi kasaksi, pidetään kosteana sekä varastoidaan viileässä ja vedottomassa paikassa. Näin estyvät hapen kulku ja ympäristön lämmön siirtyminen lantaan. Hapen kulun rajoittaminen estää toisaalta käymislämmön muodostumisen lantakasassa. Parhaiten hapen kulun estäminen onnistuu lietelantamenetelmässä, jossa vapaan hapen vaikutukselle joutuu alttiiksi vain ohut pintakerros. Saksalaisessa tutkimuksessa, jossa verrattiin hajoamisnopeutta ja ravinhäviöitä lietelannassa, tavallisella menetelmällä säilytetyssä kasalannassa ja hajoamisen alussa voimakkaasti ilmastetussa kiinteässä lannassa (nk. Krantzin menetelmä), saatiin tulokseksi, että orgaanisen aineen häviö oli ilmastetussa lannassa 45 %, kasalannassa 38 % ja lietelannassa 15 %. Vastaavat luvut typen häviölle olivat 30 %, 18 % ja 10 % (SCHMALFUSS ja KOLBE 1963). Toisessa tutkimuksessa, jossa kuivikelantaa säilytettiin betonikuoppaan sullottuna, tiukkaan kasaan kerättynä tai hajallaan lantalassa, olivat kuiva-ainehäviöt vastaavasti 10 %, 20 % ja 34 %, typpihäviöt samassa järjestyksessä 5 %, 12 % ja 26 % (RAUHE ja KOEPKE 1967). Tanskalaisessa kokeessa tapahtui hajallaan olevasta lannasta säilytysaikana 12 %:n typpihäviö, kun se kasaksi kerätystä lannasta oli vain 3 % (ANON. 1930a). Suomessa on tiiviissä kasassa säilytetyn lannan arvon havaittu

olevan 20 % suurempi kuin höllässä kasassa säilytetyn lannan (TUORILA 1941, s.10). Niinpä suosittavatkin vanhat lannanhoito-oppaat lannan pakkaamista pienelle alalle korkeaksi kasaksi ja "lujaksi kuin lattia" (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.47). Hapen kulun ja lannan kuivumisen estämiseksi suositellaan vielä kasan peittämistä tiiviillä kerroksella esim. suomutaa (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.47). Oppaisissa viitataan usein Tanskassa ja Saksassa käytössä olleen karsinalantalamenetelmän edullisuuteen (esim. TUORILA 1941, s.10). Tässä menetelmässä lanta kerättiin erillisiin, pohjapinta-alaltaan 4-10 m<sup>2</sup>:n suuruisiin ja 3-5 metriä korkeisiin lantakarsinoihin. Kunkin täyttökerran jälkeen lanta painettiin tiiviiksi, ja karsinan täytyttyä se peitettiin mudalla. Menetelmää ei liene maassamme käytetty laajemmin.

Lantakasan lämpenemisellä ja kuivumisella auringon paisteessa on tuhoisa vaikutus lannan typeen (IVERSEN 1943a). Tämän vuoksi on lanta varastoitava viileään ja varjoisaan paikkaan. SALOHEIMO (1937) suosittelee liiallisen palamisen estämiseksi syksyllä muodostuvan lannan ajoa ja levittämistä pellolle jo samana syksynä. Tämä menettely saattaa kuitenkin johtaa ravinteiden huuhtoutumiseen pellosta.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä lannan palamisen estämiseen silloin, kun virtsa imeytetään olkikuivikkeisiin (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.46). Tanskalaisessa tutkimuksessa, jossa verrattiin typen säilymistä lannassa silloin, kun virtsa lisättiin olkilantaan tai se otettiin erikseen talteen, aiheutui edellisessä menetelmässä 27 %:n typpihäviö, jälkimmäisessä häviö oli vain 11 % (ANON.1930a). Olki pitää lannan kuohkeana ja on itsekin palamisen raaka-aine, mistä helposti seuraa käymislämmön muodostuminen lantaan. IVERSENin ja DORPH-PETERSENin (1949) suorittamissa kokeissa nopeutti ylimääräinen olkilisäys lantaan selvästi typen haihtumista. Sama tulos lisääntyvän kuivikemäärän vaikutuksesta on saatu muissakin tanskalaisissa tutkimuksissa (ANON.1930a). Turvepehkulanta sen sijaan painuu RUOKOSALMEN ja SURVOSEN (1936, s.46) mukaan helpommin tiiviiksi, eikä turve itse pala siinä määrin kuin olki.

On huomattava, että niillä menetelmillä, joilla pyritään estämään lannan hajoamista, on myös vaikutusta hajoamistuotteiden joutumiseen pois lannasta. Lannan pakkaaminen tiiviiksi estää jo ammoniakiksi mineraloituneen typen haihtumista, kun lanta ei pääse kuivumaan, haihtumispinta-ala on pieni ja diffuusio hidasta. Samoin lantakasan peittäminen hapen kulkua estävällä aineella estää ammoniakin haihtumista. Osittain perustuu lannan tiiviinä säilyttämisen vaikutus myös siihen, että anaerobilla hajoamisella on lantaa hapattava vaikutus (KAILA 1948). Lannan säilyttäminen viileässä paikassa ja käymislämmön muodostumisen estäminen rajoittavat puolestaan ammoniakin höyrynpaineen kasvua.



### 3.2.2.2.2. Kemialliset menetelmät

Lantaa voidaan konservoida lisäämällä siihen aineita, jotka rajoittavat biologista hajoitustoimintaa. KAILAn (1948) mukaan on desinfiomisaineina kokeiltu mm. rikkihiiltä, kloroformia, kloorikalkkia ja formaliinia. Näiden antiseptisten aineiden käyttö on kuitenkin kallista, eikä niiden säilytysteho ole riittävä (KAILA 1948). Poikkeuksen muodostaa formaliini, mutta sen teho typpihäviöiden estäjänä perustuu osaksi myös jo mineraloituneen ammoniakkin sitomiseen. Toisaalta on lannan hajoamisen estäjänä kokeiltu ulkomailla raskaiden metallien suoloja, poltettua kalkkia ja boorihappoa (ref. KAILA 1948). Nämäkään eivät ole osoittautuneet kovin käyttökelpoisiksi, sillä raskaat metallit saostuvat helposti menettäen tehonsa, kalkki aiheuttaa jo mineraloituneen typen haihtumisen nopeutumisen ja liiallinen boori on karjanlannassa haitallista kasveille. Yleensä lannan hajoamista estävien aineiden teho on ollut karjasuojissa huomattavasti heikompi kuin laboratoriokokeissa, lisäksi niiden kalleus on rajoittanut käyttöä (KAILA 1948).

Vaara typen haihtumisesta ammoniakkina tai denitrifioitumistuotteina uhkaa lähinnä virtsan tyyppiä. Kiinteiden ulosteiden tyyppi ei ole tavallisissa olosuhteissa altis haihtumiselle (KAILA 1948). Tämän vuoksi on virtsa säilytysaineiden tärkein käyttökohde. Lisäksi säilytysaineen teho on parempi, jos se lisätään virtsakouruun tai virtsakaivoon, kuin jos se joutuu reagoimaan voimakkaasti puskuroivan ja runsaasti pieneliöitä sisältävän sonnan kanssa. Saksassa onkin KAILAn (1948) mukaan kokeiltu menestyksellä virtsan konservoimista formaldehydillä ja sitä sisältävällä bakeliittivedellä.

Hapattavilla aineilla voi olla virtsan käymistä - sen typen ammonisoitumista - estävä vaikutus, jos pH saadaan pysymään koko varastointiajan alle 6,0:n (KAILA 1950a). Laboratoriokokeiden perusteella havaitsi KAILA (1950a), että erikseen kerätyn tuoreen virtsan säilöntään tarvitaan hapattavaa superfosfaattia 5-7,5 % virtsan määrästä eli noin 0,5-0,75 kg nautaa kohti päivässä. Myös vahvoja happoja on tarkoitukseen kokeiltu, mutta niiden käsittelyvaikeus ja heikko puskurikyky ( $H_2SO_4$ ) ovat olleet huonoja puolia (KAILA 1950a). Toisaalta hapattavien aineiden teho typpihäviöiden estämisessä perustuu suureksi osaksi jo mineraloituneen ammoniakkin sitomiseen, mistä syystä tätä asiaa käsitellään lähemmin seuraavassa kappaleessa.

Pellolta tapahtuvan karjanlannan typen huuhtoutumisen estämiseksi on kokeiltu myös aineita, jotka lannan ohessa annettuna estävät sen ammoniakkityypen nitrifioitumisen. Tällaisina valikoivina hajoamisenestoaineina on käytetty mm. nitrapyriiniä, syanoguanidiinia ja disyandiamidia (AMBERGER ja VILSMEIER 1979, AMBERGER ja

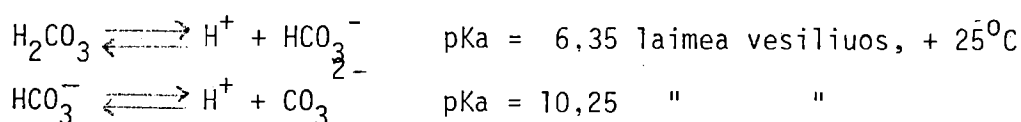
GUTSER 1979, GÖRLITZ ja HECHT 1980). Tulokset osoittavat, että nitrifioitumisen estävillä aineilla voi olla edullinen vaikutus karkeilla kivennäismailla sateisina vuosina. Typen huuhtoutuminen voi vähetä (GÖRLITZ ja HECHT 1980) ja sato typpipitoisuuksineen kohota (AMBERGER ja GUTSER 1979). Aineiden teho riippuu kuitenkin voimakkaasti maan tilasta ja ominaisuuksista. Nitrifioitumisen estävät aineet hajoavat biologisen toiminnan seurauksena ja absorboituvat toisaalta maahiukkasin menettäen tehonsa (HENDRICKSON ja KEENEY 1979, AMBERGER ja VILSMEIER 1979). Ne menettävät tehoaan myös haihtumalla. On myös todettu, että nitrapyriini voi aiheuttaa maassa jo ennestään olevan nitraattityypen denitrifioitumista silloin, kun sopivaa hiilenlähdettä (juurieritteet) on tarjolla nitraattityyppiä pelkistäville pieneliöille (NOTTON ym. 1979).

### 3.2.2.3. Typen haihtuminen

#### 3.2.2.3.1. Haihtumismekanismi ja siihen vaikuttavat tekijät

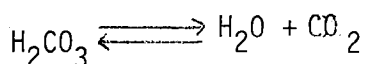
Typen haihtuminen lannasta uhkaa lähinnä virtsan tyyppiä, kiinteiden ulosteiden tyyppi on varsin hitaasti vapautuvaa (KAILA 1948). Virtsan tyyppi haihtuu mineraloitumisen jälkeen pääosin ammoniakkina, joskin myös denitrifikaatio saattaa olla merkittävä tekijä (NIKLEWSKI 1928, OFTERDINGER 1939; ref. KAILA 1950a). Typen häviö denitrifikaatiossa edellyttää kuitenkin jo vapautuneen ammoniakkityypen hapettumista ensin nitraatiksi.

Tapahtumat, jotka johtavat ammoniakkityypen haihtumiseen virtsasta, ovat varsin hyvin tiedossa. Lähtökohtana on virtsan orgaanisten tyyppiyhdisteiden hajoaminen ammoniakiksi ( $\text{NH}_3$ ) ja hiilidioksidiksi ( $\text{CO}_2$ ). Ammoniakki on sinänsä vahva emäs, hiilidioksidi muodostaa puolestaan veden kanssa reagoidessaan heikkoa happoa, joka dissosioituu seuraavasti (TOMMILA 1969, s.404):



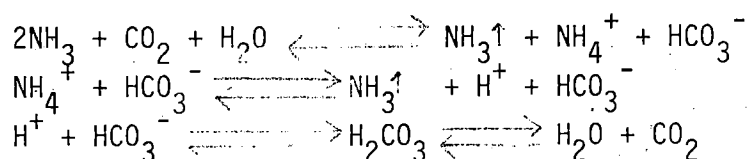
Hiilihappo ei heikon happoluonteensa vuoksi pysty neutraloimaan kaikkea hajoamisessa muodostunutta ammoniakkia, sillä sen täydellinen dissosioituminen tapahtuu vasta pH:ssa, jossa ammoniakki jo haihtuu. Reaktio, jossa puolet laimean ammoni-umsuolaliuoksen tyyppistä on ammoniakkina, on  $+25^\circ\text{C}$ :ssa noin 9,3 (TOMMILA 1969, s. 404).

Toisaalta vapaa hiilihappo ei ole pysyvä yhdiste, vaan hajoaa vedeksi ja hiilidioksidiksi:



Tästä reaktiosta seuraa, ettei ammoniakilla ole sen ammoniummuotoon muuttavaa vetyonia eikä tätä pidättävää anionia.

Veteen liuenneina ammoniakki ja hiilidioksidi ovat haihtumiselle alttiita. Se, kuinka paljon näitä on liuoksessa vapaana, riippuu reaktiosta (pH). Vapaan ammoniakkin pitoisuus nousee pH:n kohotessa, vapaan hiilidioksidin pitoisuus taas nousee pH:n laskiessa (EGNER 1932). Kun virtsan käyminen johtaa vahvan emäksen ( $\text{NH}_3$ ) muodostumiseen, johtaa se samalla typen haihtumiseen ammoniakkinä. TUORILAN (1929) mukaan kasvattaa reaktion kohoaminen reaktioalueella pH 5-9,5 yhdellä pH-yksiköllä ammoniakkin haihtumista liuoksesta kymmenkertaiseksi. Ammoniakin haihtuminen pyrkii laskemaan pH:ta, mutta bikarbonaatin yhtyminen vapautuneeseen vetyyn ja sitä seuraava hiilihapon hajoaminen estää reaktion muutoksen:



Tämän vuoksi virtsan ammoniakki voi haihtua melko täydellisesti.

Hiilidioksidi ja sen vesiliuoksessa muodostamat reaktiotuotteet (hiilihappo, bikarbonaatti, karbonaatti) ovatkin tärkeimpiä virtsan puskurikykyyn vaikuttavia tekijöitä. KAILA (1950a) sai kokeissaan tuoreen virtsan puskurikyvyn ja hapolla vapautuvan hiilidioksidin määrän väliseksi kokonaiskorrelaatiokertoimeksi 0.85. Virtsan puskurikyky on hiilidioksidin vuoksi suuri, mutta myös vaihtelu siinä on suurta. Tutkiessaan kaikkiaan 74 virtsanäytettä havaitsi KAILA (1950a) pH:n alentamisen 5.5:ksi vaativan keskimäärin  $86 \pm 47$  milliekvivalenttia happoa litraa kohden virtsaa.

Hiilidioksidi on siten haitallinen aine virtsassa, sillä se suurentaa virtsan puskurikykyä pystymättä kuitenkaan muodostamaan tehokasta ja pysyvää happoa. Toisaalta voi ylimäärä hiilidioksidia virtsassa vähentää typen haihtumista hapattamalla liuosta (EGNER 1932). Tämä edellyttää kuitenkin hiilidioksidin osuuden kasvua virtsaa ympäröivässä ilmassa.

Ammoniakin haihtuminen liuoksesta riippuu paitsi  $\text{NH}_3$ -muodossa olevan typen pitoisuudesta (pH määrää) myös kaasun liukoisuudesta ja haihtumispinta-alan suuruudesta. Liukoisuuteen vaikuttavista tekijöistä ovat tärkeimpiä ammoniakkin paine liuosta ympäröivässä ilmassa, lämpötila ja elektrolyyttikonsentraatio (TOMMILA 1969, s.208-209). Ammoniakkia liukenee nesteeseen sitä enemmän mitä suurempi sen

paine ilmassa on, lämpötilan kohoaminen ja elektrolyyttikonsentraation kasvaminen taas pienentävät kaasun liukoisuutta. Haihtumispinta-alan kasvu suurentaa myös osaltaan haihtumista.

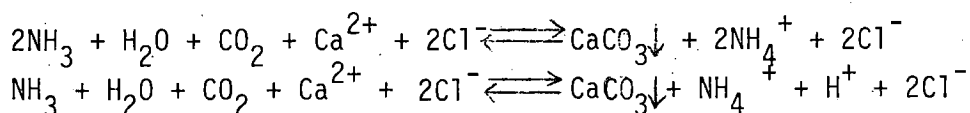
### 3.2.2.3.2. Haihtumisen estäminen lantaa hapattamalla

Ammoniakin haihtumista lannasta voidaan estää monin keinoin. Yhtenä parhaista menetelmistä on pidetty lannan hapattamista, mikä laskee vapaan ammoniakin pitoisuutta sitomalla sen haihtumattomaan  $\text{NH}_4^+$ -muotoon. Hapattamista vaikeuttaa kuitenkin lannan suuri puskurikyky, joka johtuu osaksi käymistuotteista ( $\text{CO}_2$ ), osaksi myös kiinteiden ulosteiden puskuroivasta vaikutuksesta. Niinpä KAILA (1950a) onkin todennut, että virtsan käyminen nostaa sen hapattamiseen tarvittavan superfosfaatin määrää kaksinkertaiseksi. Kun toisaalta sonta ei sisällä helposti haihtuvaa tyypeä mutta kasvattaa kuitenkin lannan puskurikykyä, on yhdessä talteenotetun sonnan ja virtsan hapattaminen vaikeampaa ja epäedullisempää kuin erikseen talteenotetun virtsan (KAILA 1948).

Lannan hapattamiseen on kokeiltu mm. erilaisia happoja. Väkevien happojen lisääminen lantaan on kuitenkin käytännössä arveluttavaa jo työsuojelullisten näkökohdrien vuoksi. Lisäksi hapot syövyttävät betonisia rakenteita. Säilörehun teossa syntyvän happaman puristenesteen johtaminen virtsa- tai lietelantasäiliöön lienee kuitenkin melko tavallista (vrt. NURMISTO 1978). Toisaalta varoitetaan siitä, että tämä menettely johtaa myrkyllisen rikkivedyn vapautumiseen lietelannasta, mistä syystä eläinsuojassa olevaan lietelantasäiliöön tai pumppukaivoon ei puristemehua saisi johtaa (NILSSON 1969, ref. NIEMINEN 1977). Lannan hapattamisella lienee yleensäkin rikkivedyn vapautumiseen johtava vaikutus, jos sulfideja on pääsyt muodostumaan, sillä reaktio, jossa puolet rikkivedystä on vapaana, haihtuvana haponä, on ANTIKAISEN (1963, s.215) mukaan 7,0.

KAILA (1950a) havaitsi kokeillessaan rikkihapon, fosforihapon sekä fosforihapon ja kipsin seoksen vaikutusta tuoreen virtsan hapattamiseen, että hapon puskurikyvyllä on oleellinen vaikutus toimenpiteen onnistumiseen. Heikosti puskuroitunut rikkihappo ei kyennyt estämään virtsan pH:n nousua käymisen edistyessä, mitä vastoin fosforihappo osoittautui tässä suhteessa hyväksi. Kipsi paransi vielä fosforihapon vaikutusta, mistä syystä tutkija kiinnittikin seuraavaksi huomionsa superfosfaatin vaikutuksen tutkimiseen. TOVBORG JENSEN (1928) painottaa puolestaan sitä, että käytettävällä hapolla tulisi olla pieni höyrynpaine, ettei se itse haihtumalla aiheuta ammoniakin haihtumista kuten esim. hiilihappo ja rikkivety tekevät.

Virtsan typen sitomiseen on myös kokeiltu erilaisia suoloja. Melko hyvään tulokseen on tanskalaisissa kokeissa päästy maa-alkalimetallien suoloilla, joiden vaikutus perustuu IVERSENin (1934) mukaan siihen, että ne saostavat puskurikapasiteettia kohottavan hiilidioksidin ja sitovat ammoniakkin haihtumattomaan muotoon. Kalsiumkloridia käytettäessä ovat esimerkiksi seuraavat reaktiot mahdollisia:



Edellinen reaktio kuvaa tilannetta käytännössä, jolloin urean hajoaminen tuottaa yhden hiilidioksidimolekyylin kahta ammoniakkimolekyyliä kohden. Jälkimmäinen reaktio on taas mahdollinen silloin, kun hiilidioksidia on läsnä ylimäärin.

Maa-alkalimetallien suolojen lisäys aiheuttaa virtsan pH:n laskun, kun emäksinen ammoniakki ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ ) muuttuu liuoksessa kloridin kationiksi. Reaktion lasku riippuu kuitenkin voimakkaasti virtsan ja samalla sitä ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuudesta (EGNER 1932). Tiiviissä säiliössä, jossa hiilidioksidin paine on suuri, pysyy virtsan pH helposti happamana, mutta kun hiilidioksidin paine laskee esim. säiliön tyhjennyksen ja virtsan levityksen yhteydessä, kohoaa pH uudelleen (EGNER 1932). Toisaalta karbonaatti vaikuttaa saostettunakin virtsan puskurikykyyn - sakan liukeneminen virtsan hapatessa vastustaa pH:n laskua. Karbonaattisakan erottamisen virtsasta onkin todettu parantavan maa-alkalimetallisuolojen säilytystehoa (EGNER 1932).

TOVBORG JENSENin (1928) mukaan on vahvojen happojen kalsiumsuoloja käytettävä melkoisia määriä riittävän vaikutuksen aikaansaamiseksi. Kiloa kohden ammoniakkityyppä virtsassa tulee kalsiumkloridia lisätä 8 kg, kalsiumnitraattia tarvitaan noin 12 kg.

Superfosfaatti on jo vanhastaan tunnettu lannan konservoimisaine. Se onkin happamana suolana erikoisasemassa, sillä sen sisältämä vapaa happo laskee pH:ta, ja samalla se pienentää virtsan puskurikykyä sitomalla hiilidioksidin kalsiumkarbonaatiksi. Tosin superfosfaatin pieni liukoisuus virtsan pH:ssa aiheuttaa sen, ettei sen puskurikykyä ja reaktiota alentavasta vaikutuksesta tule käytetyksi kuin osa (EGNER 1932).

KAILAn (1950a) mukaan on erikseen talteenotetun, käyneen virtsan hapattamiseen käytettävä typpihäviöiden estämiseksi superfosfaattia 10-15 % virtsan määrästä, kun taas tuoreen virtsan säilöntä onnistuu puolet pienemmällä määrällä. Typen

häviön estäminen superfosfaatilla on huomattavasti vaikeampaa silloin, kun virtsa otetaan talteen kiinteän lannan mukana. Säilytysaineen epätasainen jakautuminen lantaan ja toisaalta sonnan puskurikyky heikentävät superfosfaatin vaikutusta. Niinpä KAILA (1950a) toteaaakin, että 3,5-5 % superfosfaattia lannan painosta estää typen häviön tyydyttävästi ainoastaan siinä tapauksessa, että lannan hoito on huolellista (tiiviksi sullonta) ja multausta seuraa välittömästi levitystä. Näin suurien superfosfaattimäärien käyttö lannan säilytyksessä ei kuitenkaan liene kannattavaa. IVERSEN ja DORPH-PETERSEN (1952) päätyivät laajassa tutkimuksessaan tulokseen, ettei superfosfaatin käyttö tähän tarkoitukseen ole Tanskassa kannattavaa. Samaa mieltä oli Suomen osalta TUORILA jo vuonna 1933.

Superfosfaatin käytön kannattavuus lannan säilömisessä riippuu paitsi sen ammoniakin haihtumista estävästä vaikutuksesta myös tällä fosforilla saadusta sadonlisäyksestä. Siihen aikaan, kun väkilannoitteiden käyttö oli vähäistä, olivat peltomme fosforiköyhiä ja väkilannoitefosforilla saatiin karjanlannan ohella annettuna suuria sadonlisäyksiä. Tämä puolsi osaltaan superfosfaatin lisäämistä karjanlantaan. Nyt lienee tilanne toisin; fosfori ei enää ole minimitekijä maaperän ravinteista. Toisaalta superfosfaatin helppoliukoinen fosfori muuttuu lannassa vaikealiukoisempaan muotoon (EGNER 1932). KAILA (1950a) on kuitenkin havainnut, että lannalla voi olla helppoliukoista fosforia suojelevakin vaikutus, mikä hänen mukaansa johtuu superfosfaatin joutumisesta lannan seassa maahan pesäkkeiksi. Fosfori ei tällöin pääse pidättymään maahan vaan pysyy helppoliukoisena. Tutkiessaan lannan palamisen vaikutusta siihen sekoitetun superfosfaatin liukoisuuteen havaitsi KAILA (1950a), että superfosfaatti on edullisempaa sekoittaa palaneeseen kuin palamattomaan lantaan. Tämä saattaa selittyä lannan palamisen aiheuttamalla helppoliukoisen fosforin muuttumisella vaikealiukoisemmaksi.

LILLENG ym. (1967) ovat havainneet eläinsuojassa käytetyn superfosfaatin lisäksi laskevan sikalan ilman ammoniakkipitoisuutta. Talviaikana, jolloin eläinsuojan ilmanvaihto oli heikompaa kuin kesällä, havaittiin superfosfaatin käytön selvästi parantavan eläinten kasvua ja rehun käyttöä.

Lannan hapattamiseen on kokeiltu myös aineita, jotka anaerobisesti hajotessaan muodostavat orgaanisia happoja (KAILA 1948). Joskus on suositeltu sokeriakin tähän tarkoitukseen, mutta sen käyttö ei liene kannattavaa. On luultavaa, että myös olki- ja sahanpurukuivikkeilla on tällaista vaikutusta tiukkaan sullotussa lannassa (EGNER 1932).

Maassamme on perinteisesti suositeltu lannan hapattamista turvepehkuilla ja suomudalla (NERONEN 1933, SALOHEIMO 1937). Turve ja suomuta ovat luonnostaan happamia

aineita ja niiden potentiaallinen ammoniakinsitomiskyky on suuri. Tämä johtuu siitä, että ne ovat luonteeltaan heikkoja happoja. Suomuta on kuitenkin märkyytensä vuoksi hankalaa käsitellä eikä sillä ole käyttöä kuivikkeena kuten turvepehkulla, joten sen käyttö ei nykyaikana liene suositeltavaa. Turve sen sijaan on oivallista virtsansitomisainetta käytettäväksi karjasuojissa, ja sitä on polttoturpeen oheistuotteena saatavissa kaupallisestikin.

Suomessa on turpeen käyttöä lannan seassa tutkinut mm. TUORILA (1929). Hänen tutkimustensa mukaan eroavat erilaiset turpeet ammoniakinsitomiskyvyltään huomattavasti toisistaan. Sitomiskykyyn vaikuttavista tekijöistä on tärkein turvetta muodostanut kasvilaji. Paras ammoniakinsitomiskyky on TUORILAN (1929) mukaan Sphagnum fuscum - turpeella (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Erilaisten turpeiden keskimääräinen ammoniakinsitomiskyky TUORILAN (1929) mukaan. Turve kostutettiin ammoniumsulaliuksella, minkä jälkeen se kuivattiin 9,1 %:n kosteuteen.

Turvelaji	ammoniakkia sitoutunut, %/oo turpeen kuivapainosta
<u>Sphagnum fuscum</u> - turve	16,03
Rahkaturve, josta	
<u>S. fuscum</u> erotettu	8,59
Sararahkaturve	8,40
Rahkasaraturve	5,10
Saraturve	3,70
Ruskosammalsaraturve	2,55

Vastoin yleistä käsitystä ei turpeen maatumisasteella ollut TUORILAN (1929) kokeissa selvää yhteyttä ammoniakinsitomiskykyyn.

VON FEILITZEN (1911, ref. TUORILA 1929) suoritti kokeita, joissa lehmien ulosteisiin lisättiin olkea, sahanpurua tai turvetta niin paljon, että kaikki virtsa saatiin imeytetyksi kuivikkeisiin. Lannan säilytyksen jälkeen voitiin todeta, että turvepehkulanta sisälsi eläintä kohden vuodessa 19,5 kg enemmän ammoniakkityppeä kuin olkilanta ja 12,5 kg enemmän kuin sahanpurulanta. Toisessa kokeessa, jossa näin käsiteltyjä lantoja käytettiin perunan lannoitukseen, ilmeni, että turpeen sitoma tyyppi on myös melko helposti kasvien käyttöön vapautuvaa (taulukko 7).

TAULUKKO 7. Ensimmäisenä koevuonna annetun, eri kuivikkeilla talteenotetun lannan antama sadonlisäys perunalla VON FEILITZENin (1914, ref. TUORILA 1929) mukaan.

Lannoitus	Sadonlisäys kg ka/ha			
	1. koevuosi	2. koevuosi	3. koevuosi	4. koevuosi
Turvepehkulanta	2027	692	141	269
Olkilanta	868	715	193	307
Sahanpurulanta	338	605	185	254

Turvepehkulanta antoi lannoitusvuotena 2,3-kertaisen sadonlisäyksen olkilantaan verrattuna ja 6-kertaisen sadonlisäyksen sahanpurulantaan verrattuna. Jälkivaikutuksessa ei eroja ollut havaittavissa, joten päätelmissä voitiin todeta, että turpeen edullinen vaikutus perustui lannan helppoliukoisen tyypen sitomiseen ja se luovutti tyypen kasvien käyttöön varsin nopeasti.

Turpeen käyttömääräksi lannan seassa suosittaa TUORILA (1929) 1 kg sataa elopainokiloa kohden päivässä (hyvin hapanta *Sphagnum fuscum* -turvetta). Vähemmän happamia turpeita täytyy käyttää tähän verrattuna 2-3 kertainen määrä. Jos lantaa hoidetaan hyvin (sullotaan tiukkaan, lantalan pohja ja lanta peitetään turpeella) riittää TUORILAn (1929) mukaan 0,5 kg hapanta turvetta 100 elopainokiloa kohden päivässä estämään typpihäviöt.

### 3.2.2.3.3. Haihtumisen estäminen muilla kemikaaleilla

Lannan tyypen säilyttämiseen on kokeiltu myös kemikaaleja, jotka sitovat ammoniakkin muuten kuin pelkästään liuosta hapattamalla. Tällaisia aineita ovat mm. formaldehydi ja boorihappo. Formaldehydi reagoi ammoniakkin kanssa muodostaen vaikeasti haihtuvaa heksametylentetramiinia, josta ammoniakki vapautuu kuitenkin maassa nopeasti (KAILA 1948). Formaldehydin vesiliuosta suositeltiin Saksassa aikoinaan virtsan konservoimiseen. Boorihapolla, joka sitoo ammoniakkin kompleksiyhdisteeksi, on Amerikassa saatu lupaavia tuloksia (ref. KAILA 1948). Boorihapon huonona puolena on kuitenkin sen myrkyllisyys kasveille.

### 3.2.2.3.4. Haihtumisen estäminen fysikaalisin keinoin

Ammoniakkin liukoisuuteen voidaan vaikuttaa muuttamalla lannan tai virtsan varastointiolosuhteita. Tärkeimpiä kaasun liukoisuuteen vaikuttavia tekijöitä on lämpötila. EGNER (1932) saikin kokeissaan tulokseksi, että lämpötilan noustessa

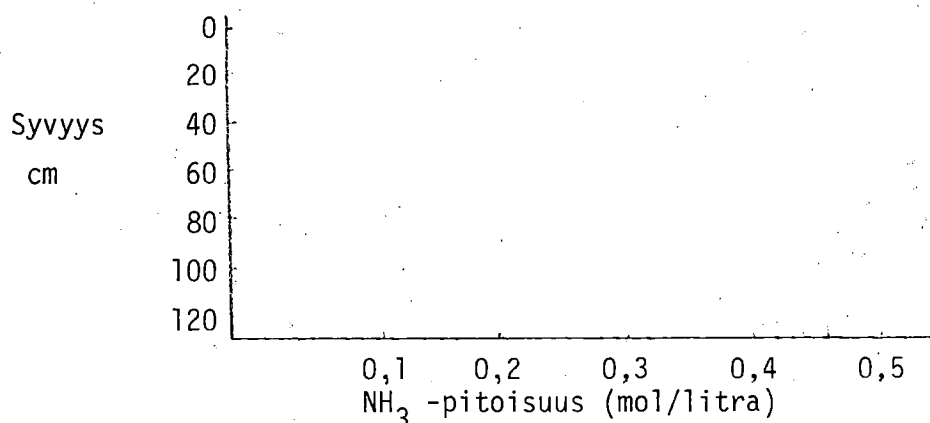


0°C:sta +35°C:seen kasvoi suhde  $\frac{\text{NH}_3 \text{ höyrynä}}{\text{NH}_3 \text{ liuenneena}}$  alkaalisessa vesiliuoksessa vii-

sinkertaiseksi. Samassa tutkimuksessa havaittiin myös, että lämpötilan nousu kiihdyttää paljon enemmän ammoniakkin haihtumista kuin veden höyrystymistä, mikä on ymmärrettävää jo ammoniakkin alhaisen kiehumispisteen (- 33,4°C) perusteella.

Toinen tärkeä kaasun liukoisuuteen vaikuttava tekijä on sen paine ilmassa. Suljetussa tilassa vallitseekin tietty tasapaino nesteeseen  $\text{NH}_3$  -muodossa liunneen ja ilmassa olevan kaasumaisen ammoniakkin välillä (EGNER 1932). Jos ammoniakki-konsentraatio (paine) ilmassa laskee, pienenee myös sen liukoisuus nesteeseen. Tämän vuoksi on virtsakaivon oltava ehdottoman tiivis, sillä pyrkimys tasapainoon johtaa ammoniakkin haihtumiseen virtsasta avonaisessa säiliössä. Kattamattomassa virtsakaivossa menetetään myös kohonneen hiilidioksidipitoisuuden virtsaa hapattava vaikutus (EGNER 1932). Toisaalta aiheuttaa pyrkimys tasapainoon veteen  $\text{NH}_3$  -muodossa liunneen ja ilmassa kaasumaisena olevan ammoniakkin välillä sen, että mitä enemmän ammoniakkipitoista nestettä laimennetaan, sitä vähemmän ammoniakkia on höyrystyneenä ilmaan, jos ilmamäärä pysyy samana. Tämän vuoksi on lannan tai virtsan laimentaminen edullista. Samasta syystä on lannan tai virtsan kuivuminen haitallista, sillä ammoniakki-konsentraation kasvu nopeuttaa haihtumista. Lannan kuivuminen nopeuttaa toisaalta ammoniakkin diffuusiota.

Lannan pakkaaminen tiiviiksi on tehokas keino estää typen haihtumista. Tämä perustuu siihen, että ammoniakki haihtuu vain lannan ja ilman rajapinnasta, mitä tiiviiksi pakkaaminen pienentää. Toisaalta tiiviiksi sullonta hidastaa ammoniakkin diffuusiota lannan sisäosista pintaan (EGNER 1932). Lantaan syntyykin ammoniakkin pitoisuusgradientti kasan pintaosan menettäessä typpeä. Tällä taas on typen haihtumista hidastava vaikutus, sillä diffuusio on tiiviissä lannassa varsin hidasta. Virtsasäiliössä syntyy varastoinnin aikana helposti kuvan 1 esittämä tilanne, jossa ammoniakkin pitoisuus virtsan pinnassa on pieni mutta syvemmällä hyvinkin suuri.



Kuva 1. Virtsan ammoniakkitypen pitoisuus eri syvyyksissä virtsakaivoa varastoinnin jälkeen EGNERN (1932) mukaan.

Ammoniakki on pinnasta haihtunut, mutta diffuusion hitauden vuoksi on ammoniakkia syvemmällä virtsassa runsaastikin. Samasta syystä johtuvan ammoniakkigradientin ovat lietelannassa havainneet KOFOED ym. (1969). Jos tällaista virtsaa tai lietelantaa sekoitetaan, tasoittuu ammoniakin pitoisuus eri syvyyksissä, ja haihtuminen pinnasta voi taas jatkua.

Ammoniakin haihtumisen estämiseksi on lanta edeltävien näkökohtien vuoksi varastoitava niin, että sen pinta-ala on mahdollisimman pieni, eikä se pääse lämpenemään eikä kuivamaan. Lisäksi lanta tai virtsa olisi varastoitava vedottomaan paikkaan. Veden lisääminen lantaan on edullista, mistä käytännön esimerkkinä mainittakoon lietelannan vähäiset ammoniakitappiot. Lantaa tai virtsaa ei pidä tarpeettomasti sekoittaa, sillä varastossa tapahtuva pintakerroksen ammoniakin haihtuminen estää lisähaidunnun.

### 3.2.2.3.5. Denitrikaation merkitys

Denitrifikaatio saattaa olla hyvinkin merkittävä typen haihtumistapa lannasta (NIKLEWSKI 1928, OFTERDINGER 1939, ref. KAILA 1950a). Selvää on, että denitrifikaation edellytyksenä on ammoniakkitypen hapettuminen ensin nitraatiksi. Tämä taas edellyttää hapekkaita olosuhteita, ja onkin ilmeistä, että denitrifikaatioita tapahtuu merkittävästi vain kiinteän lannan pintaosissa hapettuneen typen huuhtouduttua kasan hapettomiin osiin. Tällainen tilanne saattaa olla runsaisiin kuivikkeisiin kerätyssä lannassa ja lantakomposteissa. Lietelannan ilmastaminen aiheuttaa myös jonkun verran nitrifioitumista, mutta useassa yhteydessä on todettu, ettei normaali ilmastus johda suuriin denitrifioitumistappioihin (STEVENS ja CORNFORTH 1974, LOYNACHAN ym. 1976, SCHECHTNER 1978). Lietelannan ilmastaminen aiheuttaa kuitenkin usein typpihäviöitä ammoniakin haihtumisen vuoksi, sillä ilmastus nopeuttaa  $\text{NH}_3$ :n diffuusiota, sekoittaa lannan ja pienentää ammoniakin painetta lantaa ympäröivässä ilmassa.

### 3.3. LANNAN KÄSITTELY KIINTEÄNÄ

Lannan käsittely kiinteässä muodossa edellyttää joko virtsan erillistä talteenottoa jo eläinsuojassa tai sen sitomista sonnan joukkoon kuivikkeilla. Edellisessä tapauksessa kuivikkeita käytetään vain eläinten puhtaanapitoon, jälkimmäisessä pyritään siihen, ettei virtsaa pääse lainkaan erottumaan. Käytännön olosuhteissa ei virtsaa saada kokonaan erotettua sonnasta eikä toisaalta kuivikkeiden käyttö estä täydellisesti virtsan erottumista. Tämän vuoksi riippuvat kiinteän lannan ominaisuudet ja arvo siitä, kuinka paljon siinä on virtsaa mukana (EGNER 1932). Toisaalta vaikuttavat myös kuivikkeiden määrä ja laatu lannan ominaisuuksiin.

### 3.3.1. Edut ja haitat

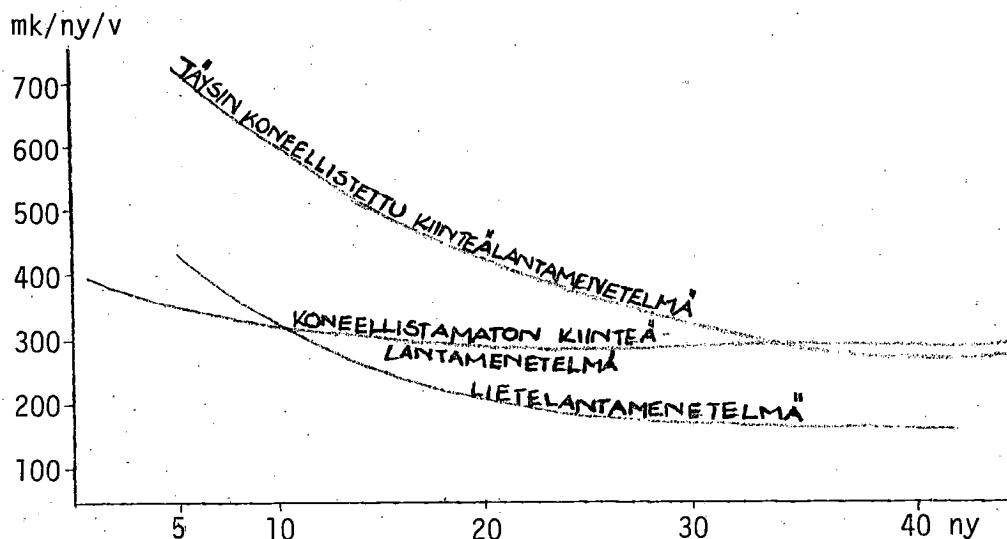
Lannan käsittely kiinteänä on maassamme perinteinen menetelmä. Tämä johtuu siitä, että kuivikkeita on ollut runsaasti tarjolla ja yksinkertaisimmillaan tämä menetelmä vaatii sängen vähän erillisrakenteita ja koneistusta. SALMINEN (1938) puolustaaakin lannan käsittelyä kiinteänä "alppimaissa käytettyyn lantavesimenetelmään" verrattuna sillä, että käytettäessä kuivikelantaa saadaan maahan enemmän orgaanista ainesta ja toisaalta ilmastomme vuoksi sopii kiinteä lanta työtekniisesti paremmin lannoitusaineeksi kuin lietelanta.

Lannan käsittely kiinteänä on kuitenkin hyvin paljon työtä vaativa menetelmä. Koska kiinteä lanta ei juurikaan valu, ei tässä menetelmässä päästä rakenteellisilla ratkaisuilla sellaiseen työn säästöön kuin lietelantamenetelmässä. Lannan siirto eläinsuojasta varastoon on tällöin ensimmäinen työtä aiheuttava tapahtuma, ellei kiinteälantamenetelmä perustu pihatto- tai rakolattiaratkaisuun. HOLMA (1975a, s.87) on koonnut tietoja eri lannanpoistomenetelmien aiheuttamasta ihmistyön tarpeesta, joksi on laskettu kuivikkeiden käyttö, puhdistus, siivous ja lannanpoistotyö (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Lannanpoiston työmenekki eri menetelmillä 10-19 lehmän parsinavetassa ja pihatossa HOLMAN (1975a, s.87) mukaan.

Lannanpoisto menetelmä	Työmenekki	
	min/lehmä/vrk	tuntia/lehmä/8kk
Käsityövälinein	4,07	16,3
Puoliautomaattinen	2,60	10,4
Automaattinen	2,10	8,4
Lietelantamenetelmä	1,60	6,4
Pihatto	0,72	2,9

Lietelantamenetelmään verrattuna vaatii kiinteän lannan päivittäinen poisto eläinsuojasta käsityövälinein 2,5 -kertaisen työmäärän. Tämä työ voidaan kyllä koneellistaa hyvinkin pitkälle, mutta sittenkin on ihmistyön tarve suurempi kuin lietelantamenetelmässä (taulukko 8). Lisäksi kiinteän lannan käsittelyn koneellistaminen on kalliimpaa kuin lietelantamenetelmässä (kuva 2).



KUVA 2. Lannan käsittelykustannus eri menetelmillä karjamäärän kasvaessa HOLMAN (1975b) mukaan. Kustannustekijöiksi on laskettu lannanpoistotyö, kuivikkeet, lantakouru tai lietelantakuilu, lannanpoistolaitteet, lantala ja virtsakaivo tai lietelantavarasto, lannan ja virtsan tai lietelannan siirto ja levityskustannukset.

Rakolattia- ja kuivikepohjapihattomenetelmissä on ihmistyön ja koneellistamisen tarve lannanpoistossa kuitenkin huomattavasti pienempi kuin muissa kiinteän lannan käsittelymenetelmissä (NIEMINEN ym. 1969, HOLMA 1975b).

Kuivikkeiden hankinta, varastointi ja käyttö aiheuttavat kustannuksia kiinteän lannan käsittelyssä. Yleisimmin käytettyjä kuivikkeita ovat olki, sahanpuru ja turvepehku, ja niiden tarve riippuu ratkaisevasti lannan käsittelymenetelmästä. Esimerkiksi pihatossa tarvitaan olkea noin 1500 kg lehmää kohden sisäruokintakaute- na, kun parsinavetassa riittää vastaavana aikana 300-1000 kg/lehmä (HOLMA 1975a, s.86).

Virtsakaivomenetelmässä - ja kuivikkeiden saannin ollessa rajoitettua myös muissa menetelmissä - on erillinen virtsakaivo keräilykouruineen ja vesilukkoineen välttämätön kustannustekijä.

Kiinteän lannan varastointi ja levitys ovat periaatteessa ratkaistavissa pienin rakennus- ja koneinvestoinnein. Kuitenkin arvioidaan, että pitkällä aikavälillä tarkasteltuna ja työkustannukset huomioon ottaen on lannan käsittely kiinteänä kalliimpaa kuin lietelannan käsittely (HOLMA 1975b, LARSSON 1975, HOLMA 1978a). LARSSON arvioi vuonna 1975 kiinteän lannan ja virtsan levityskustannuksiksi yhtä

hehtaaria kohden 440 Ruotsin kruunua, kun vastaava kustannus lietelannan levityksessä oli 170 kruunua.

Typen haihtumistappiot ovat kiinteästä lannasta usein huomattavasti suurempia kuin lietelannasta. Tähän on yhtenä syynä lannan palaminen varastoinnin aikana. Niinpä typpitappioiden estäminen vaatiikin kiinteälantamenetelmässä runsaasti työtä ja huolellisuutta. Toisaalta se tyyppi, joka säästyy haihtumiselta, on kiinteässä lannassa vaikeamminkin liukoista kuin lietelannassa. Lisäksi kiinteän lannan multaaminen on vaikeampaa kuin lietelannan multaus.

Lannan käsittelyllä kiinteässä muodossa on lietelantamenetelmään verrattuna seuraavia etuja: myrkyllisiä ja pahanhajuisia lantakaasuja muodostuu vain vähän, ja toisaalta eläinten terveys ja viihtyvyys ovat parempia (EKESBO 1971, ANON 1979, KALLELA 1979). Lisäksi kiinteälantajärjestelmän perustamiskustannukset ovat suhteellisen pienet ja riittävän ilmastoinnin järjestäminen karjasuojaan helppoa.

### 3.3.2. Kuivikkeet

Kuivikkeiden ensisijaisena tehtävänä on pitää eläinten makuualusta kuivana ja pehmeänä sekä estää eläimiä likaantumasta. Toisaalta, jos virtsaa ei kerätä erikseen talteen, on kuivikkeiden tehtävänä myös virtsan sitominen kiinteiden ulosteiden joukkoon mahdollisimman pienin ravinnehäviöin. Näiden tehtävien täyttämisen suhteen eroavat eri kuivikkeet huomattavasti toisistaan.

Kuivikkeina on maassamme käytetty havuja, lehdeksiä, sahanpurua, olkisilppua ja turvepehkuja (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.15). Näistä kolme viimeksimainittua ovat nykyisin vielä käytössä. Parasta kuiviketta on veden- ja ammoniakinsitomiskyvyltään turvepehku, joka parhaimmillaan imee vettä n. 12 kertaa oman painonsa ja pidättää ammoniakkia lähes 2 % omasta painostaan (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Eri kuivikkeiden veden- ja ammoniakinsitomiskyky RUOKOSALMEN ja SURVONEN (1936, s.15) mukaan.

Kuivike	Vedensitomiskyky x oma paino k.a.	Ammoniakinsitomiskyky % kuiva-aineesta
Sahanpuru	3	0,24
Olkisilppu	4	0,25
Turvepehku		
- pH < 3.5	12	1,4-2,0
- pH 3.6-4.0	12	1,0-1,8

Turpeen hyvinä puolina mainitaan lisäksi, ettei se juurikaan pala lannan seassa eikä pidä lantakasaa liian ilmapavana (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.46). Lisäksi turpeen sitoma ammoniakkityppi vapautuu maassa nopeasti kasvien käyttöön (VON FEILITZEN 1914, ref. TUORILA 1929). Ei pidä myöskään unohtaa sitä vaikutusta, mikä kuivikkeena käytetyllä turpeella sinänsä voi olla poutivien maiden vesitalouteen. LARPES (1978) osoitti kokeissaan, että 400 m<sup>3</sup>:n annos sara- tai rahkaturvetta hehtaaria kohden paransi kevätiljojen satotasoa hiesusavella ensimmäisenä koevuonna keskimäärin 69 %, 8-10 koevuotena oli tämän kerta-annoksen antama sadonlisäys keskimäärin 30-40 %. Kokeissa annettiin kevätiljoille joka vuosi tavallinen väkilannoitus, joka sisälsi typpeä 90 kg/ha. Tietynlaisilla turpeilla saattaa lisäksi olla huomattava ravinnevaikutus maassa - heinävaltaiset turpeet ovat tunnetusti viljavia. Tämä edellyttää kuitenkin, että turve on pitkälle maatunutta mutaturvetta. Tällainen turve ei toisaalta sovi käytettäväksi kuivikkeena edes kuivatuksen jälkeen, sillä hienojakoiseksi hajonnut turve on pölyävää, liikaa eläimiä ja muodostaa lannan kanssa hankalaa tahnaa. Parhaiten sopii kuivikekäyttöön maatumaton valkorahkaturve (Sphagnum fuscum -turve). TUORILAn (1929) mukaan riittää 1 kg tällaista turvetta sataa elopainokiloa kohden päivässä täydellisesti estämään ammoniakkin haihtumisen lannasta.

Turpeen käyttö kuivikkeena halpottaa virtsan talteenottoa ja parantaa ammoniakkin säilymistä lannassa. Siten turpeen käyttö voi pienentää virtsakaivon tilavuuden tarvetta ja työmenekkiä, koska virtsaa ei tarvitse levittää erikseen. Toisaalta turpeen lantaa hapattava vaikutus pienentää ravinnehäviötä varastoinnin ja levityksen yhteydessä. On oletettavaa, että levityksajan, -tavan ja multa nopeuden vaikutus lannan kasvinravinnearvoon pienenee turvetta kuivikkeena käytettäessä. Tästä syystä turpeen käyttö lienee erityisen edullista silloin, kun lanta joudutaan levittämään epäedullisena ajankohtana tai kun lannan multaaminen viivästyy.

Edullisinta turpeen käyttö tietenkin on, jos tarvittava turve saadaan omalta maalta, mutta tarkoitukseen sopivaa turvetta on myös ostettavissa polttoturpeen noston yhteydessä muodostuvana oheistuotteena. Valtion polttoainekeskus perii talven 1981 hinnaston mukaan ajoneuvoon kuormatusta pintaturpeesta 12 mk/m<sup>3</sup>. Kuljetuskustannuksineen (80 m<sup>3</sup>:n vetoinen rekka-auto) tulee turpeen hinnaksi 10 km:n etäisyydellä 14,12 mk/m<sup>3</sup>, 30 km:n etäisyydellä 15,55 mk/m<sup>3</sup>, 50 km:n etäisyydellä 17,12 mk/m<sup>3</sup> ja 100 km:n etäisyydellä 20,54 mk/m<sup>3</sup>. Kun kuorma-autoon lastatun turpeen tilavuuspaino on HOLMAN (1979a) mukaan 250-300 kg/m<sup>3</sup>, tulee nautaa (500 kg) kohden päivässä käytetyn turpeen hinnaksi edellä mainituilla kuljetusmatkoilla 0,24-0,28 mk, 0,26-0,31 mk, 0,29-0,34 mk ja 0,34-0,41 mk. Edullisissa oloissa voi 5 kg hyvää turvetta (käytännössä 50 % vettä) sitoa noin 45 g ammoniakkia (1,8 % kuivapainostaan) nautaa kohden päivässä. Tämän typpimäärän hinta oli huhti-kesäkuussa 1981 väkilannoiteureassa 0,12 mk ja oulunsalpietarissa 0,15 mk. Ostoturpeen käyttö ei näytä kannattavalta tämän laskelman mukaan.

Kuitenkaan ei tässä ole otettu huomioon turpeen omaa lannoitus- ja maanparannusvaikutusta eikä muiden kuivikkeiden tarpeen vähenemisestä johtuvaa sääntöä. Jos kiinteän lannan käsittelyssä muodostuvia lantavesiä ei tavallisesti kerätä talteen ja käytetä hyväksi, on turpeen eduksi laskettava vielä virtsan kaliumin talteenoton tehostuminen. Toisaalta on laskelmassa turpeen ammoniakinsitomiskyky arvioitu parhaaksi mahdolliseksi ja väkilannoitetypen hinta laskettu lannoitusvuoden 1980-1981 kalleimman hinnan mukaan.

Käytännössä turpeen tarve kuivikkeeksi lienee kuitenkin suurempi kuin TUORILAN (1929) suosittelema 1 kg/100 elopainokiloa päivässä, sillä epätasainen sekoittuminen lantaan, turpeen heikko laatu verrattuna laboratorikokeissa kokeiltuihin turpeisiin sekä se, että turve luovuttaa sitomaansa nestettä joutuessaan puristuksiin lantakasan alla, huonontavat sen vedensitomiskykyä. HOLMA (1975a, s.33) onkin arvioinut, että käytännössä turve (n. 40 % kosteutta) pystyy pidättämään vettä vain 4-6 kertaa oman painonsa verran. Myös ammoniakin sitoutuminen turpeeseen lienee laboratorikokeissa tehokkaampaa kuin karjasuojissa, joissa virtsa saattaa vain kertaalleen valua turvekuivikkeen läpi.

Turvepehkulannassa on turvetta - 5 kg nautaa kohden päivässä suosituksen mukaisesti käytettäessä - noin 1/8 lannan painosta. Tällöin sitä tulee maahan 30 tonnissa karjanlantaa hehtaaria kohti noin 4 tonnia, mikä vastaa 13-16 kuutiometriä. Tämä määrä on kovin pieni verrattavaksi LARPEKSEN (1978) maanparannuskokeissaan käyttämään 400 m<sup>3</sup>:iin. Jos turvepehkulantaa riittää annettavaksi 30 t samalle peltolohkelle joka vuosi, on sen mukana maahan tulevalle turpeelle epäilemättä havaittavissa oleva maanparannusvaikutus. Käytännössä karjanlantaa ei kuitenkaan ole tarjolla näin paljon.

Annettaessa turvepehkulantaa 30 t/ha tulee siinä turvetta kuiva-aineena n. 2 000 kg (turpeessa käytettäessä 50 % vettä). Kun rahkaturpeen typpipitoisuus on KIVISEN (1948, s.119) mukaan 1,2 %, tulee maahan turpeen omaa tyyppiä tällöin noin 24 kg. Tämä typpi on kuitenkin varsin hitaasti mineraloituvaa, ja sen kasvinravinnevaikutusta on vaikea arvioida. Lannan seassa maahan tulevan turpeen oma lannoitusarvo lieneekin melko pieni.

Voidaanko turpeen käytöllä eläinsuojassa sitten vähentää muiden kuivikkeiden tarvetta? Kuivikemenetelmässä ilmeisesti voidaan, sillä onhan turpeen vedensitomiskyky nelinkertainen olkisirppuun verrattuna. Toisaalta turve ei käytännön kokemusten mukaan sovi eläinten makuualustalle levitettäväksi, koska se on tahraavaa. Kuiviketurve tulisikin ilmeisesti sijoittaa lantakouruun, ja eläinten alustana käyttää jonkin verran muita kuivikkeita. Virtsakaivomenetelmässä sen sijaan ei turpeen käyttö liene edullista.

Kuivikkeeksi sopivan turpeen saatavuus on maassamme melko hyvä. Monilla tiloilla on mahdollisuus oman turvepehkun nostoon. Toisaalta polttoturvetyömailla saadaan suuria määriä pintaturvetta oheistuotteena. Kesällä 1980 oli jo yksin Valtion polttoainokeskuksella yli sata turvetyömaata. Suullisen tiedon mukaan tulee pintaturpeen tuotanto vielä kasvamaan, kun uusilta soilta ryetään nostamaan turvetta. Uusilta soilta saadaan 1-2 vuotta pelkkää pintaturvetta.

Turpeen käyttömääräksi suosittaa HOLMA (1975a, s.35) lehmää kohden 3-4 kg päivässä, sikaa kohden 1-2 kg/päivä. Jos virtsa erotetaan omaan kaivoonsa, on tarve 1/3 - 2/3 näistä määristä.

Olki lienee yleisimmin käytetty kuivike maassamme. Tämä onkin luonnollista, sillä olki on pohjoisinta Suomea lukuunottamatta yleensä oman tilan tuote. Lisäksi olki on erittäin hyvä eläinten alusena - se ei tahraa. Oljen veden- ja ammoniakinsitomiskyky on kuitenkin varsin vaatimaton (taulukko 9). Se myös kiihdyttää lannan palamista ollen itse palamisen raaka-ainetta ja kuohkeuttamalla lantakasaa (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.46). Kun lannan lämpötila tällöin kohoaa eikä olki pysty pidättämään vapautuvaa ammoniakkia, muodostuvat typpihäviöt suuriksi. Toisaalta palamisessa tapahtuu lannasta mineraloituvan typen biologista pidättymistä olkea hajoittavaan pieneliöstöön, minkä seurauksena osa tuestä joutuu hitaasti vapautuvaan muotoon. Kuitenkin olkilannan olisi hajottava jonkin verran varastoinnin aikana, ettei palamaton lanta aiheuttaisi maassa hajotessaan typen immobilisaatiota (VALMARI 1933). Lisäksi uhkaavat olkilantaa typpi- ja kaliumhäviöt lantaveden mukana, jos olkea ei käytetä hyvin runsaita määriä - 6-8 kg lehmää kohden päivässä (HOLMA 1975a, s.35) - eikä lantavesiä kerätä talteen.

Näiden epäedullisten vaikutusten perusteella on hyvin ymmärrettävissä ne tulokset, joita olkilannan arvosta on viljelykokeissa saatu. Olkilannan arvo perunan lannoitteena oli VON FEILITZENin (1914, ref. TUORILA 1929) kokeissa selvästi pienempi kuin turvepehkulannan (taulukko 7). IVERSEN ja DORPH-PETERSEN (1949) havaitsivat puolestaan, että ylimääräinen 10 %:n suuruinen olkiannos - vaikkakin se pienensi lannan valumatappioiden määrää - laski kaikkien kokeissa käytettyjen koekasvien (rehujuurikas, lanttu, kevätvilja) satoa. Toisen tanskalaisen tutkimuksen päätelmissä todetaankin yksiselitteisesti, että mitä enemmän olkea lannassa käytetään sitä enemmän virtsaa lantaan pidättyy ja sitä suuremmiksi muodostuvat typpihäviöt haihtumalla (ANON. 1930a). Tanskalaiset suosittelivatkin kiinteälantamenetelmässä virtsan erillistä talteenottoa, varastointia ja levitystä, ja silloin on epäilemättä edullista välttää virtsan imeyttämistä kuivikkeisiin.



Monista epäedullisista ominaisuuksistaan huolimatta olki on kuitenkin huomionarvoinen kuivikemateriaali. Onhan se halpa ja siisti aine käytettäväksi eläinten puhtaanapitoon. Lisäksi olki on vielä monilla tiloilla ylijäämätuote, jolla ei ole muuta käyttöä. Kun vielä hyvin suuri osa maamme karjasuojista perustuu kuivikelantamenetelmään ja virtsakaivo on mitoitettu sen mukaisesti, on olkien käyttö virtsan imeyttämiseen perusteltua. Olkilannan arvoa voitaisiin kuitenkin mahdollisesti parantaa käyttämällä lisäksi turvetta lannan talteenotossa. Eri kuivikkeet eivät ole toisiansa poissulkevia, vaan kuivikeratkaisua tehtäessä tulisi ottaa huomioon kaikki mahdolliset materiaalit, niiden hyvät ja huonot puolet, ja etsiä tämän perusteella edullisin vaihtoehto vaikka eri kuivikkeiden kombinaatioista.

Jos olkia käytetään 4 kg (85 % kuiva-ainetta) lehmää kohden päivässä, tulee sitä noin 10 % lannan painosta. Annettaessa karjanlantaa 30 t/ha tulee oljessa maahan noin 13 kg typpeä, 2,5 kg fosforia ja 18 kg kaliumia (BENGTSSON ym. 1954, s. 30). Näistä voidaan välitöntä lannoitusvaikutusta olettaa olevan vain kaliumilla, sillä oljen typpi ja fosfori ovat varsin vaikealiukoisessa muodossa. Toisaalta oljen nopeutunut hajoaminen karjanlannan seassa voi parantaa niidenkin käyttökel- poisuutta. Ainakin se vähentää maan typen immobilisoitumista verrattuna tilan- teeseen, jossa pelkkä olki kynnetään maahan. Voidaankin ajatella, että oljen sekoittamista lantaan käytetään osaksi myös oljen lannoitusarvon kohottamiseksi.

Oljen käyttömääräksi suositaa HOLMA (1975a, s.35) kaiken virtsan kuivikkeisiin imeyttämiseksi lehmää kohden 6-8 kg päivässä ja sikaa kohden 1-3 kg/päivä. Jos virtsa pyritään erottamaan omaan kaivoonsa, tarvitaan kuivikkeita vain 1/3 - 2/3 näistä määristä.

Sahanpuru on veden- ja ammoniakinsitomiskyvyltään suunnilleen olkisilpun verois- ta (taulukko 9). Niinpä sitä suositellaankin käytettäväksi kuivikkeena sama mää- rä kuin olkia (HOLMA 1975a, s.35). Sahanpuru on varsin mukana kuivikemateriaali. Se on siistiä, ja sillä sanotaan myös olevan eläinsuojan ilmaa raikastava vaiku- tus. Kuitenkin sahanpuru on lannan lannoitusarvon suhteen epäedullisin kuivike. VON FEILITZENin (1914, ref. TUORILA 1929) kokeissa, joissa verrattiin eri kuivik- keilla talteenotetun lannan arvoa perunan lannoitteena, antoi sahanpurulanta lan- noitusvuonna vain 16,7 % siitä sadonlisäyksestä, joka saatiin turvepehkulannalla ja 39 % olkilannan antamasta sadonlisäyksestä. Sahanpurulanta osoittautui siis lannoitusvaikutukseltaan olkilantaakin heikommaksi, vaikka aikaisemmissa kokeissa oli ilmennyt, että sahanpuruilla talteenotettu lanta sisälsi enemmän ammoniakki- typpeä kuin olkilanta (VON FEILITZEN 1911, ref. TUORILA 1929). Syynä huonoon lan- noitusvaikutukseen saattoi olla se, että tiiviiksi painautunut sahanpurulanta ei palanut riittävästi varastoinnin aikana vaan aiheutti maahan sijoitettuna typen immobilisaatiota.

Sahanpuru sisältääkin runsaasti helposti hajoitettavia hiiliyhdisteitä, mutta sen typpipitoisuus on niin pieni, että 3 tonnin annos (30 t kuivikelantaa, jossa sahanpurua 10 %) sisältää typpeä vain 3 kg (BENGTSSON ym. 1954, s.30). Kaliumia sahanpurussa on saman verran kuin typpeä, fosforin pitoisuus on hyvin pieni (BENGTSSON ym. 1954, s.30).

### 3.3.3. Kuivikemenetelmä

Kuivikemenetelmässä on tarkoituksena imeyttää virtsa kokonaisuudessaan kuivikkeisiin ja saada siten tuotetuksi vain yhtä lajia lantaa. Menetelmän etuna virtsa-kaivomenetelmään verrattuna on, että erillistä virtsakaivoa ei parhaassa tapauksessa tarvita tai se voidaan mitoitaa pieneksi. Yhden kiinteän lopputuotteen käsittely ja levitys pellolle on puolestaan helppoa. Kuivikkeiden tarve on kuitenkin suuri; päivittäisen virtsan sitomiseksi tarvitaan lehmällä olkisirppua tai sahanpurua 6-8 kg tai turvetta 3-4 kg, siialla olkea tai sahanpurua 1-3 kg tai turvetta 1-2 kg (HOLMA 1975a, s.35). Kuivikelanta varastoidaan joko lantalassa, jonne lannan siirto tapahtuu päivittäin, tai eläinten oleskelutilassa, josta lannanpoisto suoritetaan kerran tai kaksi kertaa vuodessa (pihatto- tai "lantanavetta"-ratkaisu). Rakolattiapihatossa ulosteet valuvat ja tallautuvat eläinten oleskelutilan alle sijoitettuun lantavarastoon, jonka pohjalle ajetaan runsaasti kuivikkeita sitomaan lannan nestemäiset ainesosat.

Kuivikelannan päivittäinen poisto eläinsuojasta tapahtui entisaikoina - ja tapahtuu pienillä karjoilla vieläkin - käsivaraisin menetelmin. Karjakoon kasvu ja pyrkimys työn helpottamiseen on kuitenkin johtanut automaation lisääntymiseen kuivikelannan käsittelyssä. Lannanpoistomenetelmät jaetaan nykyisin työtekniisin perustein käsivaraisiin, puoliautomaattisiin ja automaattisiin menetelmiin (HOLMA 1975b). Puoliautomaattisiin menetelmiin kuuluvat lannan poisto traktorin tai trukin avulla, vinssin vetämällä lantavaunuilla tai -kelkoilla suoritettut lannan siirrot eläinsuojasta lantalaan sekä kierukka-, kola-, hihna- ym. kuljettimet, joihin lanta ohjataan käsivaraisesti. Automaattisissa menetelmissä keräävät raapat, kolat tai ketjukuljettimet lannan kourun päähän, josta se poistetaan lantalaan lantahissillä, kolakuljettimella, lantakelkalla tai erityyppisillä puristimilla (HOLMA 1975b). Lanta varastoidaan useimmiten katottomaan avolantalaan (HOLMA 1975a, s.65).

Lannan arvon kannalta on oleellista, että varastoinnissa välttytään valuma- ja haihtumistappioilta. Kuinka hyvin nykyiset kuivikelannan poisto- ja säilytysmenetelmät sitten täyttävät tämän vaatimuksen? Valumatappiot voidaan katottomassakin lantalassa välttää, jos lantala on kiinteäpohjainen, lantavesikaivo on mitoitettu kyllin suureksi ja erottuva lantavesi todella käytetään hyväksi.

Sen sijaan haihtumistappioiden välttämiseen ei nykyisessä kuivikelantamenetelmässä ehkä kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Lannan tiivistäminen ja peittäminen hapen kulua ja ammoniakin haihtumista estävällä aineella ei enää kuulu työhön. Lannanpoistolaitteilla lienee tosin eroja sen suhteen, miten tiukkaan ne sullovat lannan; puristimen on esimerkiksi havaittu muodostavan tiiviin, ilmattoman kasan (HOLMA 1978b). Kuitenkin lannan säilytys ulkona aiheuttaa ammoniakin haihtumista lannan kuivumisen, lannan kanssa kosketuksiin joutuvan ilman vaihtumisen ja lantakasan auringon paisteesta lämpenemisen vuoksi. Nykyaikaisilla lannanpoisto- ja varastointimenetelmillä on toisaalta vankat taloudelliset ja työtekniset perusteet, joiden kanssa lannan arvon säilyttämispyrkimykset eivät valitettavasti käy yhteen.

Lannan varastointi eläinsuojassa oli entisaikaan maassamme varsin yleistä. Vielä 1930-luvulla oli 30 % Suomen nautakarjasta ns. lantanavetoissa (ANON.1935, s.12). Tätä lannanhoitomenetelmää onkin pidetty edullisena lannan kasvinravinnearvon säilymisen suhteen (NERONEN 1933, SALMINEN 1935, RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.23). Pihattolannan ominaisuuksia tutkiessaan päätyi YLÄNEN (1958) tulokseen, että tällä menetelmällä saadussa lannassa oli tärkeimpien kasvinravinteiden kokonaismäärä vähintään 1,3-kertainen tavalliseen lantaan verrattuna. Lisäksi on pihatossa lannan tuotanto (ulosteet + kuivikkeet) 1 -1,5 tonnia lehmää kohden vuodessa suurempi kuin tavallisessa navetassa. Pihattolannan edullisuus perustuu YLÄNEN (1958) mukaan siihen, että runsaat kuivikkeet pidättävät kaiken virtsan ja ammoniakin haihtuminen eläinten tiukkaan polkemasta lannasta on hidasta. Lannan säilyttämisellä eläinsuojassa on kuitenkin myös haittoja, joista tärkeimpinä pidetään eläinten puhtaanapidon ja maidon hygieenisen käsittelyn vaikeutta (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936). Maidon laadun huononeminen saattoi lantanavetoissa olla niin paha ongelma, että lanta jouduttiin luomaan ulos navetan seinustalle mahdollisimman usein (NERONEN 1933). Tämä käytäntö oli tietenkin työteknisesti heikko ja lannan arvon kannalta tuhoisa. Tavallisesti ei pihattomenetelmässä kuitenkaan tarvita välivarastointia, vaan lanta poistetaan kerran tai kaksi kertaa vuodessa suoraan pellolle levitettäväksi.

Lannan varastointi pellolle on ollut maassamme yleistä - on haluttu säästää lantalan rakentamiskustannuksissa. Tällöin on erityisen tärkeätä, että ravinnehäviöiden estämiseksi käytetään runsaasti happamia lisäaineita lannan seassa. Lantapatterit tehtiin entisaikaan ajamalla mutaa tai multaa kerroksittain lannan sekaan (ANON.1935, s.30). Jos lantalan koko on pieni, voi lannan huolellinen varastointi pellolla tulla kysymykseen nykyisinkin. Muussa tapauksessa sitä on kuitenkin syytä välttää, sillä ravinteet säilyvät pellolle ajatussa patterilannassa huominkin kuin lantalassa, josta valumavedet kerätään talteen. Suomessa

tehdyissä kokeissa on talvella tehdyllä patterilannalla saatu kevätiljalla ja juurikasveilla keskimäärin 1 006 rehuyksikön sadonlisäys hehtaaria kohden, kun vastaava lisäys keväällä lantalasta ajettulla lannalla oli 1 225 ry/ha (TUORILA ja TAINIO 1934).

Joissakin yhteyksissä näkee suositeltavan kompostointia kuivikelannan jatkokäsittelytavaksi. Vedotaan siihen, että lantaa kompostoitii entisaikaan paljonkin. Aivan näin ei asia kuitenkaan ollut. Silloin, kun väkilannoitteiden saatavuus oli heikkoa, käytettiin kompostointia maatilan jätteiden, kuten naattien, keittiöjätteiden yms. lannoitusarvon kohottamiseksi. Karjanlantaa käytettiin vain sen verran, että hajoitustyön suorittavalle pieneliöstölle tuli riittävästi ravinteita. Kompostointi olikin entisaikaan keino lisätä kotoisia lantavaroja (NERONEN 1933, ANON. 1935, s.33-34, SALMINEN 1935, RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.69-70).

#### 3.3.4. Virtsakaivomenetelmä

Virtsakaivomenetelmän periaate on virtsan erottaminen jo eläinsuojassa kiinteistä ulosteista ja sen ohjaaminen erityistä putkistoa pitkin virtsakaivoon. Kuivikkeita ei käytetä lannan hoitoon vaan ainoastaan eläinten puhtaanapitoon. Eläinten alustana on kuivikkeiden sijasta kokeiltu myös erilaisia parrenpäällysteitä. Näistä on kumimatto yleistynyt jonkin verran Suomessa (NIEMINEN ym. 1969). Kiinteä lanta varastoidaan lantalassa ja se sekä virtsa kuljetetaan ja levitetään pellolle erillään toisistaan.

Virtsakaivomenetelmällä on lannan arvon säilymisen kannalta hyvät perusteet. Vanhat tanskalaiset tutkimukset päätyivät lähes poikkeuksetta suosittamaan virtsan erillistä talteenottoa. Sellaiset päätelmät, kuin "Mitä enemmän kuivikkeisiin imeytyy virtsaa sitä suuremmaksi muodostuu typpihäviö" ja "Pääasia on, että virtsa, joka sisältää suurimman osan lannan ammoniakista, johdetaan mahdollisimman pientä tiiviiseen säiliöön" (ANON.1930a), ovat esimerkkeinä tästä. Tanskalaiset eivät saaneet hyviä tuloksia turvekuivikkeellakaan, mutta tämä johtui ilmeisesti käytetyn turpeen huonosta laadusta (vrt. RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s.18). Ruotsalaisen oppikirjan mukaan on ravinteiden talteensaanti virtsakaivomenetelmällä huomattavasti parempi kuin kuivikemenetelmällä (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Kasvinravinteiden talteensaanti eri lannanhoitomenetelmillä FREDRIKSONin ja BENGTSOONin (1952, s.72) mukaan.

Lantamenetelmä	Ravinteiden talteensaanti/kg täysikasvuista nautaa kohden vuodessa		
	Typpi	Fosfori	Kalium
Virtsakaivomenetelmä	60	10	60
Turvekuivikemenetelmä	55	10	50
Olkikuivikemenetelmä	45	10	45

EKESBOn (1977) mukaan on virtsan erottamisella kiinteistä ulosteista lisäksi seuraavia etuja: karjasuojan ilma pysyy raikkaana, eläimet pysyvät puhtaina, sioilla vaara virtsan juomisesta on pieni, loisten leviäminen on vähäistä eikä navetta tai sikala juuri aiheuta ympäristöön pahaa hajua.

Virtsakaivomenetelmän edullisuus lannan arvon suhteen perustuu siihen, että virtsa, joka sisältää pääosan lannan ravinteista ja jonka typpiyhdisteet ovat helposti kasvien käytettävissä, saadaan mahdollisimman hyvin talteen. Toisaalta tiivis virtsakaivo säilyttää mineraloituneen typen, sillä kaivon ilmafaasiin vapautuvat ammoniakki ja hiilidioksidi estävät ammoniakin haihtumista (EGNER 1932). Tämän vaikutuksen aikaansaamiseksi on virtsakaivon oltava todella tiivis, mitä valaisee tanskalaisten suorittama koe kaivon kattamisesta (taulukko 11).

TAULUKKO 11. Virtsakaivon kattamistavan vaikutus typpihäviöön IVERSENin (1924) mukaan.

Kaivon kattamistapa	Typpipitoisuus %		Typpihäviö %
	Kaivon täytössä 17.9	Kaivon tyhjennyksessä 27.4	
Vain sateelta suojattu	0,527	0,269	49
Lautoja löyhästi	0,515	0,385	25
Lautoja tiukasti, rako jätetty	0,529	0,407	23
Lautoja tiukasti, suljettu	0,523	0,490	6
Lautoja tiukasti, maata päällä	0,513	0,479	7
Muurattu umpinainen kaivo	0,519	0,500	4

Samanlaisiin päätelmiin johtavan, käytännön virtsasäiliönäytteisiin perustuvan tutkimuksen on Suomessa tehnyt VIRTANEN (1935).

Virtsakaivomenetelmässä on säiliön tiiviiden lisäksi huolehdittava siitä, että virtsa johdetaan kaivoon mahdollisimman nopeasti. IVERSENin (1924) tutkimuksessa osoittautui, että kiinteään lannan päälle heitetty ja tästä kaivoon valunut virtsa sisälsi levitysaikana vain 0,08 % typpeä, kun taas suoraan kaivoon johdetun virtsan typpipitoisuus oli 0,38 %. Ammoniakin haihtumisen estämiseksi on myös vesilukko virtsakaivoon johtavassa putkessa suositeltava, ettei vetoa pääse syntymään (IVERSEN 1924).

Virtsa olisi levitettävä pelloille kasvukauden alussa tai sen aikana, jotta helpoliukoiset ravinteet tulisivat kasvien käyttöön. Tämän vuoksi on virtsakaivo mitoitettava kyllin suureksi jopa 8-10 kuukauden aikana muodostuvan virtsan varastoitumiseksi. Pesuvesien, lantaveden sekä mahdollisten levitystyön viivästysten vuoksi kannattaa kaivo mitoitaa vielä 10-20 % laskettua suuremmaksi (HOLMA 1979b). Kun lehmä tuottaa virtsaa vuodessa n.  $5,5 \text{ m}^3$ , emakko  $2,5 \text{ m}^3$  ja lihasika n.  $1,1 \text{ m}^3$  (J. ERIKSSON ym. 1977), on virtsasäiliön tilavuustarve 10 kk:n aikana edellä esitetyt näkökohdat huomioon ottaen lehmää kohden  $5,0 - 5,5 \text{ m}^3$ , emakkoa kohden  $2,3 - 2,5 \text{ m}^3$  ja lihasikaa kohden  $1,0 - 1,1 \text{ m}^3$ . Virtsasäiliön mitoituksessa ei kannata tinkiä, sillä jos säiliö joudutaan tyhjentämään ja virtsa levittämään pelloille epäedullisena aikana, voi koko menetelmän arvo tulla typpitappioiden vuoksi kyseenalaiseksi.

Se, ettei virtsakaivomenetelmä ole yleistynyt Suomessa, johtunee kyllin suuren virtsakaivon rakentamisen kalleudesta ja työn sekä työkoneiden tarpeen kasvusta kahden lantalajin kuljetuksessa ja levityksessä. Lisäksi ovat suomalaiset asiantuntijat aina painottaneet sitä, että maassamme on saatavilla runsaasti hapanta turvetta virtsan sitomiseksi kuivikemenetelmällä (ANON. 1935, s.16, SALMINEN 1938, HOLMA 1979a). Onko turpeen käyttö sitten käytännössä kannattavaa ja kuinka yleisesti sitä käytetään, on epäselvää. Toisaalta lienee virtsakaivomenetelmällä toteutetussa lannanhoitomenetelmässä vielä paljon parannettavaa, ainakin levitysjan ja -tavan osalta.

Virtsakaivomenetelmässä saatavan kiinteään lannan käsittely ja varastointi hoidetaan samoin kuin kuivikelannan. Säilytyksen aikana erottuvat lantavedet johdetaan virtsakaivoon. Koska kuivikkeita ei juuri käytetä, ei lanta pala siinä määrin kuin kuivikelanta. Toisaalta ei tällaisen lannan käsittelyssä tarvita kovin suurta huolellisuutta kasan tiivistämiseen, sillä ammoniakin haihtuminen pelkästä sonnasta on vähäistä.

### 3.4. LANNAN KÄSITTELY LIETTEENÄ

Menetelmä lannan käsittelystä lietteenä on Keski-Eurooppalaista perua. TSCHIFFELIn (1774, ref. HAUSER 1974) mukaan menetelmä ei perustu sattumaan eikä kemian kehittymiseen vaan sveitsiläisen talonpojan kokemukseen. Lietelantamenetelmä tuli laajemmin tunnetuksi 1820-1830 -luvulla ja levisi sitten maanviljelijöiden ja maataloustieteilijöiden suosittamana ympäri maailman. Suomessa liotelantamenetelmän tutkimista ehdotti ROSENQVIST (1937), joka Baijeriin ja Sveitsiin tekemillään matkoilla sai menetelmästä hyvän kuvan. ROSENQVIST (1937) mainitsee liettelannan edullisuuden perustuvan vähäisiin typpihäviöihin, nopeaan lannoitusvaikutukseen ja lannan ohessa maahan tulevan suuren vesimäärän kasteluvaikutukseen. Rosenqvistin matkakertomukselle kirjoitti seuraavana vuonna SALMINEN (1938) vastineen, jossa hän voimakkaasti epäili kyseisen "lantavesimenetelmän" sopivuutta maahamme. Epäilyksiään SALMINEN (1938) perusteli sillä, ettei nestemäisen lannan käytölle ole maamme ilmastossa sellaisia edellytyksiä kuin lyhyemmän ja leudomman talven maissa. Lisäksi maamme runsaat kuivikevarat (turve) tekivät SALMISEN (1938) mukaan lantavesimenetelmän soveltamisen oloihimme tarpeettomaksi.

Sellaisenaan lantavesimenetelmä ei koskaan tullutkaan maahamme; käsittihän Keski-Eurooppalainen menetelmä ulosteiden sekoittamisen noin 10-kertaiseen vesimäärään ja usein vielä lietteen levittämisen ruiskuttamalla (vrt. ROSENQVIST 1937). Nykyisessä liotelantamenetelmässä saadaan lantaa, jonka kuiva-ainepitoisuus on KÄHÄRIn (1974) mukaan keskimäärin 6-8 %, ja se levitetään yleisimmin maan pintaan purkavalla säiliövaunulla (HOLMA 1975a, s.83).

Olennaista lannan käsittelyssä lietteenä on, että kuivikkeita käytetään mahdollisimman vähän, sillä niitä ei tarvita lannanhoidossa. Lietelantaan joutuvat kuivikkeet ovat vain haitaksi muodostamalla varastosäiliössä kuorettoman liettelannan pintaan.

#### 3.4.1. Edut ja haitat

Lietelantamenetelmän suurimpana etuna pidetään työn säästöä ja helpottumista lannan poistossa, varastoinnissa ja levityksessä. Lietteiden valuvan ominaisuuden ansiosta voidaan lannan poisto eläinsuojasta hoitaa rakenteellisilla ratkaisuilla. Toisaalta liettelannan pumpattavuus tekee varastosäiliön tyhjentämisen ja lannan levitystyön helposti koneellistettavaksi. Koska kuivikkeita ei tarvita lannanhoidon, säästyään niiden hankinnan, varastoinnin ja käytön aiheuttamalta työltä ja kustannuksilta. Virtsakaivomenetelmään verrattuna on liotelantamenetelmällä lisäksi se etu, että käsiteltävänä on vain yksi lopputuote.

Niinpä lannanpoiston aiheuttama työmenekki onkin lietelantamenetelmässä paljon pienempi kuin kiinteälantamenetelmässä pihattoratkaisua lukuunottamatta (taulukko 8, s.34).

Perustamiskustannukset ovat lietelantamenetelmässä kiinteälantamenetelmään verrattuna suuremmat, mutta rakenteiden pitkän kestoajan vuoksi on vuotuiskestäminen pieni (HOLMA 1978a). HOLMAN (1975b) tekemän laskelman mukaan on lannan kokonaiskäsittelykustannus lietelantamenetelmässä jo yli 10 nautayksikön tiloilla pienempi kuin koneellistetussa tai koneellistamattomassa kiinteälantamenetelmässä (kuva 2, s.35).

Toinen merkittävä etu lietelantamenetelmässä on ravinnehäviöiden jääminen pieneksi. Valumatappioita ei juuri pääse syntymään, sillä lantakuilut ja -säiliö rakennetaan tiiviiksi. Myös ammoniakkin haihtuminen lietelannasta on vähäistä, sillä lietelanta on typen suhteen laimeata, hajoaminen on hitaampaa kuin kuivikelannassa ja haihdunnalle alttiiksi joutuva pinta-ala on pieni. Lisäksi ammoniakkin diffuusio on lietelannassa hidasta. KÄHÄRIN (1974) mukaan on naudon lietelannan kokonaistyyppipitoisuus Suomessa 0,35 % ja sian lietelannan 0,55 %, kun kuivikkeisiin imeytyvän tai virtsakaivoon joutuvan virtsan tyyppipitoisuus voi olla naudalla jopa 1,4 % (VIRTANEN 1935). STEWART (1968) onkin osoittanut, että lannan laimentaminen vedellä parantaa sen typen käyttökelpoisuutta kasveille. Syynä tähän vaikutukseen piti tutkija ammoniakkin haihtumisen vähenemistä ja sitä, että suuri vesimäärä auttaa lannan typen tunkeutumista maahan. SCHMALFUSS ja KOLBE (1963) havaitsivat puolestaan, että lietelannan orgaanisesta aiheesta hajosi varastoinnin aikana vain 15 %, kun kuivikelannan säilytyshäviö oli 38 % kuiva-ainesta. Toisaalta on KAILA (1950a) osoittanut, että virtsan typen ammonisoituminen tapahtuu nopeasti hapettomissakin oloissa, ellei lämpötila ole alhainen. Koska lietelannan ilman kanssa kosketuksiin joutuva pinta-ala on pieni ja toisaalta kaasun diffuusio on nesteessä hidasta, ei ammoniakkia pääse haihtumaan paljon, vaan pintakerroksen köyhtyminen estää lisähaihdunnan. KOFOED ym. (1969) havaitsivatkin typen häviön lietelannan pintakerroksesta (15 cm) olevan 46 %, mutta syvemmällä vain 10 %. Mineraloituneen typen biologista pidättymistä ei juuri tapahdu, sillä kuivikkeiden käyttö on vähäistä. Niinpä arvioidaankin, että lietelannan typen käyttökelpoisuus kasveille verrattuna väkilannoitetyppeen on 70 %, olkikuivikelannalla se on vain 30-40 % (J. ERIKSSON ym. 1977, s.293).

Lietelantamenetelmän haitoista ovat suurimpia pahanhajuisten ja myrkyllisten lantakaasujen muodostuminen sekä taudinaiheuttajien säilyminen lannassa. Lantakaasut ovat ongelma nimenomaan lietelannan käsittelyssä, sillä myrkyllisimmät ja pahanhajuimmat niistä vaativat muodostuakseen hapettomia olosuhteita. Ammoniakkia ja hiilidioksidia vapautuu toki suuria määriä kiinteän lannan käsittelyssäkin, mutta käytännössä ne eivät juuri aiheuta ongelmia.



Lietelannasta vapautuvia kaasuja ovat hiilidioksidin ja ammoniakkin ohella rikkivety, metaani sekä erilaiset orgaaniset yhdisteet kuten merkaptaanit, indoli, skatoli, amidit, haihtuvat rasvahapot jne. Näistä pidetään myrkyllisimpinä rikkivetyä, jolla on välittömästi tappava vaikutus 700-2 000 miljoonasosan pitoisuutena ilmassa (ANON.1979). Myös ammoniakki on myrkyllinen aine, nopeasti tappava vaikutus sillä on 10 000 ppm:n pitoisuutena. Sen sijaan metaanin haitallisuus perustuu lähinnä sen räjähdysalttiuteen, joskin se saattaa myös aiheuttaa pahoinvointia suurena pitoisuutena esiintyessään. Hiilidioksidin haitallisuus taas perustuu siihen että se ilmaa raskaampana syrjäyttää hapen (ANON.1979). Myös rikkivety on ilmaa raskaampaa. Metaanin lisäksi myös ammoniakkin ja rikkivedyn happiseokset ovat räjähtäviä (NIEMINEN ym. 1969).

Lantakaasujen haitallisuus aiheuttaa lietelantamenetelmässä erityisvaatimuksia ilmastoinnille ja lannan käsittelylle. Tavallisissa oloissa ei rikkivetyä, merkaptaneja, indolia, skatolia ja amideja juuri esiinny eläinsuojan ilmassa, vaan ne vapautuvat vasta lannan liikuttelun, sekoituksen, lannanpoiston, pumppauksen ja levityksen yhteydessä (HOLMA 1975a, s.23). Lietelannan tarpeetonta liikuttelua eläinsuojassa on tästä syystä vältettävä. Toisaalta voi huolimattomuus lannan pumppauksessa levitysvaunuun aiheuttaa vaaran työntekijälle, mistä NIEMINEN ym. (1969) ovat maininneet varoittavia esimerkkejä. Kaasuvaaran välttämiseksi tulee eläinsuojan ja lietesäiliön välillä lisäksi olla vesilukko ja eläinsuojan ilmastointi järjestetty riittäväksi. Parhaaseen tulokseen päästäneen koneellisella ilmanvaihdoilla, jossa poistoilma johdetaan lantakuilujen kautta.

Vaaraa lantakaasujen haitoista ei ole syytä vähätellä. Lietelantamenetelmän yleistyessä on tähän asiaan kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. Sen lisäksi, että lantakaasut muodostavat potentiaalisen vaaratekijän työntekijälle, aiheuttavat ne myöskin eläinten sairastumista ja tuotoksen alenemista (NIEMINEN ym. 1969). Myrkytysvaaran lisäksi lietelannasta vapautuvat kaasut aiheuttavat ympäristöhaittoja lannan pintalevityksen yhteydessä.

Taudinaiheuttajat säilyvät lietelannassa elinkykyisinä pidempään kuin kiinteälantamenetelmillä talteenotetussa lannassa. Kiinteälantamenetelmien edullisuus perustuu KALLELAN (1979) mukaan lannan palamiseen ja toisaalta virtsan reaktion kohoamiseen bakteerien tuhoutumiseen riittäväälle tasolle. Lietelanta pysyy "kylmänä", eikä sen pH kohoa ratkaisevasti. Niinpä onkin vaara, että laitumelle tai nurmelle annettu lietelanta sisältää taudinaiheuttajia ja nämä joutuvat eläinten rehuun. GUDDING (1980) on havainnut, että Salmonella-bakteerit voivat säilyä nurmessa elinkykyisinä jopa 40 vuorokautta, kun lietelantaa on levitetty pintaan.

Infektioriskiä voidaan lietelannan käytön yhteydessä GUDDINGin (1980) mukaan pienentää lietteen ilmastamisella, levittämällä se paljaalle maalle ja multaamalla se, varastoimalla lantaa ennen levitystä vähintään yhden kuukauden ajan, kuivamalla lietelannalla pintaan lannoitettu heinä sekä laskemalla eläimet lietelannalla lannoitetulle laitumelle vasta yhden kuukauden varoajan jälkeen. Säilörehun tekoon ei lietelannalla pintaan lannoitettu nurmi GUDDINGin (1980) mukaan sovi, sillä rehun mukana varastoon joutuvan lannan puskurikyky estää pH:n laskun. NANSENin (1981) mukaan myös biokaasutuotannon yhteydessä tapahtuva lannan mädättäminen hävittää tehokkaasti taudinaiheuttajia. Veden sadetuksella voidaan myös puhdistaa nurmi lietelantalannoituksen jälkeen.

Eläinlääkärit ovat sitä mieltä, että lietelantamenetelmän varjopuolena on myös kuivikkeiden käytön puute tai vähyys (HENRIKSSON 1977, KALLELA 1979). Kuivikkeita pidetään tärkeänä terveys- ja viihtyvyystekijänä. Sikojen ja vasikoiden osalta on havaittu, että eläinten sairastuvuus ja kuolleisuus ovat suurempia lietelantamenetelmän yhteydessä kuin kiinteälantamenetelmässä (LINDQVIST 1974, BJÖRKLUND ym. 1977, ref. EKESBO 1977). Myös lypsylehmien on todettu sairastavan lietelantamenetelmällä toteutetuissa navetoissa enemmän (ANON. 1976, ref. EKESBO 1977). EKESBO (1977) suosittaaakin virtsan ja sonnan erillistä talteenottoa eläinsuojassa. Varastossa nämä voidaan ohjata yhteen lietelannaksi. Toisaalta on havaittu, että navettahygienia voidaan saada lietelantamenetelmässä jopa paremmaksi kuin kiinteälantamenetelmässä, mikäli menetelmä on oikein toteutettu (KALLELA 1979). Johtopäätöksenä voitaneen todeta, että eläinsuojahygienian osalta ovat sekä kiinteä- että lietelantamenetelmä teoriassa hyviä. Käytännön ratkaisuisissa on molemmilla puutteensa, lietelantamenetelmää pidetään kuitenkin huonompana.

### 3.4.2. Lietelantamenetelmä

Lanta voidaan käsitellä lietteenä joko sen talteenotossa tai säilytyksessä tai molemmissa vaiheissa. Yleisimmin käytetty vaihtoehto lienee sekä talteenoton että varastoinnin hoitaminen lietelantana, mutta esim. emakkosikaloissa suositetaan nykyisin lannan käsittelyä lietteenä vain säilytyksen yhteydessä. Rakolattiamenetelmässä voidaan toisaalta palkkien välistä valuva lietelanta imeyttää varastoon tuotuihin kuivikkeisiin ja suorittaa lannan varastointi ja levitys kiinteässä muodossa, jolloin lanta on eläinsuojan ulkopuolella kuivikelantaa.

Lannan talteenotto lietelantana voi perustua pumppaus-, padotus-, valutus-, huuhtelu- tai rakolattiamenetelmään (HOLMA 1975a, s.42). Lietelantakanavista lanta ohjataan joko suoraan tai pumppukaivon kautta varastosäiliöön, rakolattiamenetelmässä liete voi valua suoraan lantäsäiliöön. Lantakaasujen pääsy navetasta eläinsuojaan estetään vesilukolla ja huolellisella ilmastoinnilla.

Lietelanta varastoidaan tiiviissä, katetussa tai kattamattomassa säiliössä, joka voi olla sijoitettu maanalaiseksi tai maan päälle. Myös maakuoppia on käytetty lietelannan varastointipaikkana. Tämä vaihtoehto ei ole niin huono kuin voisi luulla, sillä lietelannan pohjaan laskeutuvat ainesosat tiivistävät kuopan pohjan vettä läpäisemättömäksi. Varastointia maakuopissa voitaneenkin hätätilassa käyttää, mikäli vesiviranomaiset sen sallivat.

Virtsan ja sonnan lisäksi lietelanta sisältää pieniä määriä kuivikkeita ja rehuntahteita sekä 5-35 % lisättyä vettä (HOLMA 1975a, s.66). Lietelantaa muodostuu tällöin eläintä kohden kuukaudessa lehmällä keskimäärin 1500 kg, hieholla n. 750 kg, emakolla n. 450 kg, lihasialla n. 150 kg ja kanalla n. 9 kg (HOLMA 1975a, s.66).

Varastointiaika on HOLMAN (1975a, s.66) mukaan Etelä-Suomessa 5 kk ja Pohjois-Suomessa 5,5-6 kk. On kuitenkin epäiltävä, riittääkö tämä varastointiaika ja sen perusteella laskettu lietesäiliön koko käytännössä. Tietysti täytyy lietesäiliötä rakennettaessa pyrkiä kustannusten minimointiin, mutta tämä ei saisi johtaa tilanteeseen, jossa lietelantaa joudutaan varastointitilan puutteessa levittämään pellolle epäedullisena aikana. JANSSONIN (1977) mukaan suurin vaikeus karjanlannan - eikä vähiten lietelannan - käytössä on se, että maahan tulee runsaasti kasvinravinteita silloin, kun kasvustoa ei ole käyttämässä niitä hyväksi: kesantolannoituksessa, syksyllä ja talvella. Kun lietelannan edullisuus lannoitteena perustuu suureksi osaksi sen helppoliukoiseen tyypeen, joka toisaalta myös haihtuu tai huuhtoutuu helposti, tulisi lannoitus voida suorittaa kasvukauden alussa tai sen aikana. Tämä taas edellyttää nykyisiä suosituksia suuremmiksi mitoitettuja lietelantasäiliöitä. Norjassa lasketaankin varastointiaika useimmiten 8 kuukaudeksi, mutta suurilla tiloilla on kapasiteettia jopa 12 kuukauden aikana syntyvän lannan varastointiin, jotta lannan levitys voidaan suorittaa haluttuun, edulliseen aikaan (BERGE 1980). Lietelantasäiliön tilavuutta suunniteltaessa tulisi entistä enemmän ottaa huomioon levitysjankohdan saaminen mahdollisimman edulliseksi lietteen lannoitusvaikutuksen suhteen. Jos lantaa joudutaan varastosäiliön pienuuden vuoksi levittämään pellolle epäedullisena aikana tai liian suurina määrinä, ei lietelantamenetelmän eduksi voitane laskea kuivikelantaa parempaa lannoitusvaikutusta.

Varastoinnin aikana tapahtuu lietelannassa kerrostumista. Kevyet ainekset, kuten kuivikkeina käytetyt oljet ja sahanpurut sekä karkeat rehuntahteet muodostavat pintaan kuorettuman. Pohjalle kerrostuu raskaampi aines, kuten hiekka, rehuntahteet, kiinteä lanta jne. Tämän vuoksi lietelantaa joudutaan sekoittamaan ennen sen lastaamista levitysvaunuun. Sekoitus voidaan suorittaa paineilmaa käyttäen tai pumpuilla, potkureilla, siipisekoittimilla ja virrankehittäjillä (HOLMA 1975a, s.74). Viimeksi

mainituin mekaanisin menetelmin suoritettu lannan sekoitus vaikuttaa lannan tyypeen siten, että ammoniakkigradienetti tasoittuu ja tyyphen haihtuminen pinnasta voi taas alkaa. Tällä ei kuitenkaan liene kovin suurta merkitystä, jos lietettä sekoitetaan vain välittömästi ennen levitysvaunuun lastausta. Paineilmasekoituksella voi sen sijaan olla tuhoisampi vaikutus tyypeen sillä se nopeuttaa lannan hajoamista ja helpottaa ammoniakkin kulkeutumista ilmaan.

Pitkäaikaisella ilmastuksella on myös lannan lämpötilaa ja reaktiota kohottava vaikutus (LOYNACHAN ym. 1976, SCHECHTNER 1978). Kuinka suuri vaikutus liete- lannan sekoitukseen käytetyllä lyhytaikaisella ilmastuksella (pienessä säiliössä 1-2 päivää  $4 \text{ m}^3$  ilmaa/min, THYSELIUS 1974a) käytännössä on, on vielä selvittä- mättä.

Ilmastusta on käytetty myös lietelannan hajuhaittojen vähentämiseksi. Tarvittava käsittelyaika hajun poistamiseksi on melko pitkä, SCHECHTNERin (1978) mukaan 1-2 viikkoa. Voimakkaalla ilmastuksella saadut tulokset ovat hyviä; hajua aiheutta- vien ja myrkyllisten mädännäistuotteiden määrä vähenee lietteessä huomattavasti (STEVENS ja CORNFORTH 1974, THYSELIUS 1974b, SCHECHTNER 1978). Toisaalta typpi- häviöt muodostuvat sitä suuremmiksi, mitä voimakkaampi ilmastus on. SCHECHTNER (1978) viittaa tapaukseen, jossa tehokas hajunpoisto ilmastuksella johti samalla 75-90 % typpihäviöön. Hapettamista onkin monissa maissa kokeiltu jätevesien typpi- pitoisuuden alentamiseen ennen niiden vesistöön laskemista (STEVENS ja CORNFORTH 1974, LOYNACHAN ym. 1976).

Lietelannan hajuhaittoja on ilmastuksen lisäksi yritetty vähentää erilaisilla kemikaaleilla. Tulokset eivät kuitenkaan ole olleet kovin rohkaisevia käsittely- kustannukset huomioon ottaen. Ruotsalaisissa kokeissa osoittautui ammoniumpersul- faatti kokeilluista kemikaaleista tehokkaimmaksi (STEINECK 1974a). Ammoniakin haihtumista estävä vaikutus havaittiin näissä kokeissa olevan entsyymiaktiivi- silla aineilla, bakteeriviljelmillä ja ammoniumpersulfaatilla. THYSELIUKSEN (1974b) mukaan on lietteen nopea multaus tai sijoituslevitys käytännössä suositeltavimpia keinoja levityksen yhteydessä muodostuvien hajuhaittojen estämiseksi. Pintaan levi- tetyn lietelannan hajuintensiteetti oli ruotsalaisissa kokeissa 5-10 -kertaa suu- rempi kuin mullatun lietteen (THYSELIUS 1974b). Nopealla multauksella tai sijoitus- levityksellä voidaan samalla pienentää typpihäviöitä ja parantaa lannan ravinteiden käyttökelpoisuutta kasveille.

Lietelannan käyttöominaisuuksia on joissakin tapauksissa yritetty parantaa kuivaa- malla liete. Erottamalla lietteen kiinteät ja nestemäiset osat toisistaan on pyrit- ty lähinnä sen varastoinnin ja lantaveden sadetuksen helpottamiseen sekä hajuhaitto- jen vähentämiseen.

Vedenerotuslaitteiden kalleuden vuoksi ei niiden käyttö liene oloissamme kuitenkaan kannattavaa (HOLMA 1975a, s.79). Lietelannan kuivaus menetelmillä, jotka perustuvat veden haihduttamiseen lietteestä, johtaa puolestaan ammoniakkitypen haihtumiseen.

#### 4. Lannoittaminen karjanlannalla

Lannoitteiden käytössä on yleisenä pyrkimyksenä parhaan taloudellisen tuloksen saavuttaminen. Taloudellinen tulos riippuu lannoitteiden hankinta- ja levityskustannuksista sekä toisaalta lannoituksella saadusta sadonlisäyksestä. Karjanlannan osalta muodostuu hankintakustannus karjatiiloilla lannan talteenottoon ja varastointiin panostetusta työstä ja koneistuksesta. Karjanlantalannoituksella saatu sadonlisäys - ja samalla koko lannan käytön taloudellinen tulos - riippuu puolestaan lähinnä lannan levityssajasta ja -tavasta, käyttömäärästä, lannoitettavasta kasvilajista ja lisälannoituksesta. Tämän vuoksi määrää lannan lopullinen käyttötapa koko lannanhoitoketjun taloudellisen tuloksen. Paraskaan lannan talteenotto- ja varastointimenetelmä ei anna hyvää taloudellista tulosta, jos levitysaika ja -tapa ovat epäedulliset, levitysmäärä liian suuri, lantaa käytetään siitä huonosti hyötyvälle kasvilajille tai ollaan välittämättä tarvittavasta lisälannoituksesta. Taloudellinen tulos jää heikoksi myös silloin, kun karjanlannan lannoitusvaikutus aliarvioidaan väkilannoitelisäystä suunniteltaessa.

Karjanlanta on myös osa maatalouden ympäristöongelmaa. Huuhtoutuvien kasviravinteiden lisäksi voi pintavalunnan mukana vesistöön joutuva lannan orgaaninen aine olla vahingollinen aiheuttamalla happikatoa ja huonontamalla muutenkin veden laatua. Käytännössä syyt lannan vesistöjä saastuttavaan vaikutukseen ovat samoja, jotka pienentävät karjanlannan lannoitusvaikutusta. Mikäli ravinteet eivät tule kasvien käyttöön, ne ovat alttiita huuhtoutumiselle. Tämän vuoksi ovat karjanlannan ravinteiden käyttökelpoisuutta parantavat toimenpiteet edullisia myös lannan aiheuttaman ympäristöongelman ratkaisemisessa.

Pellolle levitetystä lannasta tapahtuu ravinnehäviöitä ammoniakkin haihtumisena, typen denitrifioitumisena, nitraattitypen huuhtoutumisena ja kaikkien ravinteiden joutumisena pintavalunnan mukana pois viljelyksiltä. Kuinka suureksi ravinnehäviöt muodostuvat ja kuinka merkittävä mikin häviötapa on, riippuu lannan käyttötavasta.

Denitrifikaation merkitystä lannoitteissa annetun typen häviämisessä ei vielä tarkalleen tunneta, vaikka sen oletetaankin olevan suuri. Denitrifikaatiota suurentavista tekijöistä on tärkein maan alhainen hapetus-pelkistysaste, joka puolestaan riippuu maan lämpötilasta, kosteudesta ja helposti hajoitettavan orgaanisen aineen määrästä. Siten onkin luultavaa, että denitrifikaation osuus nimenomaan lannan typen häviämisessä voi olla suuri. S. CHRISTENSEN (1981) onkin kokeissaan havainnut, että maasta denitrifioituu typpioksiduuliksi enemmän typpeä karjanlanta- kuin väkilannoituksen jälkeen. Lannan käyttötavan vaikutusta denitrifikaation merkitykseen

ei kuitenkaan juuri tunneta.

#### 4.1. LEVITYSAIKA

Lannoituksen taloudellisen tuloksen optimointi merkitsee käytännössä sitä, että viljelykasvien kyky hyödyntää ravinteita sadonmuodostukseen käytetään hyväksi. Lähtökohtana on siis kasvien ravinnetarpeen tyydyttäminen. Tämän seikan tulisi olla ensisijaisesti mielessä myös karjanlantaa käytettäessä. Kuitenkin karjanlantaa kohdellaan käytännössä paremminkin jätteenä kuin lannoitusaineena - se levitetään pelloille yleisimmin juuri silloin, kun kasvustoa ei ole käyttämässä vapautuvia ravinteita hyväkseen. JANSSONin (1977) mukaan epäedullinen levitysaika onkin yksi suurimmista ongelmista karjanlannan käytössä.

##### 4.1.1. Levitys kesannolle ja sulalle maalle syksyllä

Karjanlantaa levitetään maassamme hyvin yleisesti kesannolle ja routaantumattomalle maalle syksyllä. Tällä käytännöllä onkin huomattavia työteknisiä etuja mm. maatalouden työhuippujen tasaamisen ja lannan helpon multaamisen kannalta. Kuitenkin on kesanto- ja syyslevitys usein varsin epäedullinen lannan lannoitusvaikutuksen suhteen, sillä ravinteet ovat kasvuttomassa pellossa alttiita huuhtoutumiselle. Lisäksi kesantomaassa tapahtuva humuksen nopeutunut hajoaminen vähentää lannoitustarvetta varsinkin typen osalta, mistä syystä karjanlannan edullinen vaikutus voi kesannossa jäädä vähäiseksi.

Kun kesannolle ja syksyllä sulalle maalle levitetty lanta yleensä mullataan nopeasti, ei ravinteita menetä ammoniakkin haihtumisena tai pintavalunnan mukana. Suurin syy ravinnetappioihin on tällöin nitraattitypen huuhtoutuminen sadeveden mukana maan läpi. Tämä on puolestaan riippuvainen sadeveden määrästä ja maan läpäisevyydestä, mistä syystä vaihtelua typen huuhtoutumisen määrässä esiintyy vuosittain, paikkakunnittain ja maalajeittain. Suomen olosuhteissa lienee nitraattitypen huuhtoutuminen varsin merkittävää. JAAKKOLAn (1979) suorittamissa kokeissa huuhtoutui vuoden aikana savimaalta noin viidesosa syysviljan lannoitukseen elokuussa käytetystä väkilannoitetyypestä. Toisaalta havaitsi JAAKKOLA (1979) typen huuhtoutumisen kesannoidulta savimaaltakin olevan erittäin suurta; vaikka kesantoon kylvettyä syysviljaa ei lannoitettu lainkaan, huuhtoutui vuoden aikana nitraattityppeä salaojiin 54 kg/ha ja pintavaluntana 7 kg/ha. Kesantomaasta vapautuneen typen suurta määrää ilmaisee myös se, että syysviljasta saatiin 3000 kg:n sato/ha ilman väkilannoitusta. SALONEN (1949, s. 291) suhtautuukin varsin kriittisesti lannan käyttämiseen kesannolle ja pitää sen runsasta käyttöä ainakin syysrukiin lannoitukseen lantavarojen tuhlauksena. "Jos lantaa kuitenkin esim. töiden järjes-

telyn vuoksi tahdotaan kesannolle käyttää, annettakoon sitä pienin mahdollinen määrä, n. 20 t/ha", jatkaa SALONEN (1949, s. 291).

Jos lantaa levitetään kasvuttomalle maalle syksyllä, lienee tämä menettely sitä edullisempi mitä myöhemmin levitys suoritetaan. Perusteena tälle päätelmälle on typen huuhtoutumisen pieneneminen lannan joutuessa tällöin alttiiksi vähemmälle valumavedelle kuin aikaisen syyslevityksen yhteydessä. Tämäkin riippuu tietysti sademäärästä ja sateen ajoittumisesta. Väkilannoitetyypen osalta havaitsi JAAKKOLA (1979) huuhtoutumiskokeessaan savimaalla koekautena 1977-1978 100 lannoitetyypikilosta huuhtoutuneen 29.11. suoritettun levityksen jälkeen vuoden aikana vain yhden kilon, kun huuhtoutuminen 20.9. levitetystä lannoitetyypistä oli 18 kg. Edellisenä koekautena, jolloin salaojista tuli keväällä paljon vettä, oli huuhtoutuminen tosin yhtä suurta aikaisin ja myöhään syksyllä levitetystä väkilannoitetyypistä. Lannan levitys myöhään syksyllä saattaa toisaalta olla vaikeaa huonojen keliolosuhteiden vuoksi.

Tanskalaisissa kokeissa on lannan myöhäinen syyslevitys havaittu joissakin tapauksissa hyvinkin edulliseksi. Lyngbyn koeasemalla savimailla suoritetuissa kokeissa on lannan joulukuinen levitys yleensä antanut suuremman sadonlisäyksen kuin helmimäi maaliskuussa suoritettu levitys (ANON. 1949). Askovin koeasemalla savimaalla saadut tulokset taas ovat päinvastaisia lannan vaikutuksen ollessa sitä suurempi mitä lähempänä kylvää lannoitus on suoritettu. Syyksi paikkakuntien väliseen eroon ovat tanskalaiset päätelleet erilaisista sademääristä johtuvan eron typen huuhtoutumisessa (ANON. 1949). Jos sademäärä on talven aikana pieni ja huuhtoutuminen vähäistä, voidaan lannan syyslevityksellä saada jopa parempi tulos kuin kevätlevityksellä. Tämä johtuu siitä, että edullisissa oloissa ovat ravinnetappiot pellosto pienempiä kuin lantavarastossa tapahtuvat häviöt. Lisäksi myöhäisen syyslevityksen aikana ovat maa ja ilma kylmiä ja ilman kosteus yleensä suuri, mitkä tekijät vähentävät ammoniakkin haihtumista levityksen yhteydessä. Yleensä on tanskalaisissa kokeissa kuitenkin havaittu kevätlevityksen olevan syyslevitystä edullisempi (ANON. 1930b, IVERSEN 1944, IVERSEN ja DORPH-PETERSEN 1948, C. CHRISTENSEN 1976, ref. KOFOED 1981b). C. CHRISTENSENIN (1976, ref. KOFOED 1981b) mukaan lasketaan Tanskassa nykyisin esim. lietelannan typen lannoitusvaikutuksen olevan syyslevityksen yhteydessä 10-15 % ja kevätlevityksen 40-60 % verrattuna edullisimpaan aikaan levitettyyn väkilannoitetyypeseen.

Joissakin tapauksissa on syyslevitys havaittu Suomessakin kevätlevitystä edullisemmaksi viljoilla (SIMOJOKI 1977). Tämän tuloksen on todettu johtuvan keväällä levitetyn lannan aiheuttamasta läosta ja jälkiversonnasta, mitkä ilmaisevat lannan käyttömäärän olleen liian suuren. Pyrittäessä hävittämään lantaa voi suurien määrien



syyslevitys olla perusteltua; pyrittäessä hyödyntämään lantaa olisi kohtuullisten määrien levittäminen keväällä parempi keino. Syyslevitys voi osoittautua kevätlevitystä paremmaksi myös silloin, kun käytetään runsaasti olkea sisältävää palamantonta lantaa.

Lannan ravinteiden huuhtoutuminen riippuu sademäärän lisäksi myös maan läpäisykyvystä. Onkin huomattu, että savimaahan mullatusta lannasta huuhtoutuu talven aikana vähemmän ravinteita kuin käytettäessä lantaa karkeammilla maalajeilla. Eräessä Askovin koeasemalla Tanskassa suoritetussa kokeessa oli syksyllä levitetyn lannan ravinnehäviö talven aikana satotulosten perusteella savimaalla 22 % ja hiekkamaalla 35 % (IVERSEN 1927).

Edellä esitettyjä päätelmiä tarkasteltaessa on otettava huomioon, että lanta on selostetuissa kokeissa mullattu välittömästi maahan. Tämän vuoksi ei levitetystä lannasta ole juuri tapahtunut typen häviötä muulla tavoin kuin nitraattitypen huuhtoutumisena ja ero levitysjan vaikutuksessa selittyykin erosta huuhtoutumisen määrässä. Kuitenkin saattaa syksyllä pintaan levitetystä lannasta aiheutua vielä suurempia ravinnetappioita hienoillakin maalajeilla pintavalunnan mukana ja ammoniakkin haihtumisena. Näitä seikkoja käsitellään lähemmin myöhemmissä kappaleissa.

Syksyllä levitetyn lannan typen huuhtoutumisen estämiseksi suositellaan usein typettömän orgaanisen aineen, esim. oljen samanaikaista maahankyntöä. Orgaanisen aineen hajoitukseen osallistuva pieneliöstö sitoo tällöin lannasta vapautuneen typen huuhtoutumattomaan muotoon. Epäilemättä tämä menettely vähentääkin ravinteiden huuhtoutumista, mutta samalla typen käyttökelpoisuus kasveille laskee ratkaisevasti. IVERSEN ja DORPH-PETERSEN (1948) havaitsivatkin, että lannan joulukuisen levityksen yhteydessä maahan annettu ylimääräinen olkilisäys (10 % lannan painosta) laski selvästi kevätkasvien satoa kahden koeaseman, Lyngbyn ja Lundgaardin kokeissa. Askovissa suoritetuissa kokeissa tällä menettelyllä ei sen sijaan ollut juuri vaikutusta satoon. Koeasemien välisen eron selittivät tutkijat johtuvan siitä, että Lyngbyssä ja Lundgaardissa, joissa talvinen sademäärä on pieni, ei olkilisäyksellä ollut nitraattitypen huuhtoutumista estävää vaikutusta, sillä näillä koeasemilla on typen huuhtoutuminen muutenkin vähäistä. Oljella oli siten vain negatiivinen vaikutus satoon, kun se immobilisoi lannan tyyppiä. Askovissa, jossa typen huuhtoutuminen on suuren sademäärän vuoksi merkittävää, esti lannan ohella maahan kynnetty olki typen huuhtoutumista niin paljon, että oljen negatiivinen vaikutus kumoutui. Näiden kokeiden perusteella voidaan päätellä, ettei orgaanisen aineen maahankyntö lannan syksyisen levityksen yhteydessä välttämättä paranna lannan lannoitusvaikutusta sateisillakaan seuduilla, vähäsateisilla alueilla vaiku-

tus voi olla negatiivinen.

Lannan typen huuhtoutumisen rajoittamiseksi on tutkimuksissa kokeiltu kemikaaleja, jotka spesifisesti estävät ammoniakkin haihtumista nitraatiksi (vrt. sivu 24). Nämä aineet ovat kuitenkin kalliita, eivätkä tulokset niiden käytöstä lannan ohella ole kovin rohkaisevia. Aineet vaikuttavat ilmeisesti heikommin lannan kuin väkilannoitteiden tyypeen, sillä lannan aiheuttama maan biologisen toiminnan vilkastuminen johtaa niiden nopeaan hajoamiseen.

Tässä kappaleessa on käsitelty kesanto- ja syyslevityksen vaikutusta lannan lannoitusarvoon. Lähtökohtana on ollut lannan arvokkaimman aineen, typen kohtalo. Sellaisenaan esitetyt päätelmät koskevatkin lantalajeja, joissa virtsa on mukana: hyvälaatuista kuivikelantaa, lietelantaa ja virtsaa. Pelkän sonnan kohdalla ei levitysjankohdan vaikutus kuitenkaan liene niin suuri, sillä sonnan tyyppi on varsin vaikealiukoista. Voidaankin ajatella, että virtsakaivomenetelmällä saatava kiinteä lanta on sellaisenaan kesanto- ja syyslevitykseen sopivaa - virtsa sen sijaan tulisi varastoida ja käyttää edullisempänä ajankohtana.

#### 4.1.2. Talvilevitys

Karjanlannan ajo pellolle roudan ja lumen päälle talvella on maassamme vanha tapa. Menettelyyn johtivat aikanaan liian pienet varastointitilat ja raskaiden kuormien rekikuljetuksen helppous. Peltoa käytettiin entisaikaan lannan varastointipaikkana. Lanta kasattiin pellolle patteriksi, josta se keväällä levitettiin. Tämän työn suorittamisesta on vanhoissa lantaoppaissa ja oppikirjoissa hyvinkin tarkkoja ohjeita (ANON. 1935, s. 30-32, RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s. 49-52, SALONEN 1949, s. 184-187). Ohjeiden mukaan oli patterin alusta puhdistettava huolellisesti lumesta, sillä lumen ja jään sulaminen lannan alta on keväällä hyvin hidasta. Patterista tuli tehdä mahdollisimman suuri ja muodoltaan pyöreä ammoniakkin haihtumisen estämiseksi. Samaa tarkoitusta varten suositeltiin patterin tiivistämistä ja peittämistä happamalla suomudalla. Keväällä lannan levityksen yhteydessä oli huolehdittava siitä, ettei patterin paikalle jää paksua kerrosta lantaa. Levitys oli suoritettava mahdollisimman tasaisesti ja lanta mullattava välittömästi sen jälkeen.

Lannan ajoa pellolle talvella harjoitetaan nykyisinkin varsin yleisesti. Pattereiksi sitä ei kuitenkaan enää juuri kasata, vaan se myös levitetään talveilla. Perusteet tälle menettelylle ovat samat kuin ennenkin: liian pienet varastointitilat, maatalouden työhuippujen välttäminen ja routaantuneiden peltojen hyvä kantavuus. Lannan lannoitusarvon kannalta on talvilevitys kuitenkin heikko. Suuria ravinnetappioita aiheutuu ammoniakkin haihtumisena ja lannan ainesosien kulkeutumij-

senä sulamisvesien mukana pois pelloilta.

Lannan ammoniakkimuodossa oleva typpi on altis haihtumiselle pakkasessakin. Haihtumisnopeus tosin pienenee lämpötilan laskiessa, mutta ammoniakkin kiehumispiste on niin alhainen ( $-33,4^{\circ}\text{C}$ ), että typpeä haihtuu jäätyneestäkin lannasta. Tämä on osoitettu myös kokeellisesti (TUORILA ja TAINIO 1934, IVERSEN 1938). TUORILA ja TAINIO (1934) havaitsivat kokeissaan lantanäytteestä haihtuneen  $-11^{\circ}\text{C}$ :ssa kuuden vuorokauden aikana 62,5 % näytteen ammoniakkitypestä. Tutkijat päättelivätkin, että talvella levitetystä lannasta voi talven ja kevään aikana haihtua ammoniakkityppi lähes täydellisesti. Järjestämässään 13 kenttäkokeessa kevätiljoilla ja juurikasveilla saivat TUORILA ja TAINIO (1934) tulokseksi, että samalla lantamäärällä saatiin talvella tehdyistä pattereista keväällä levitettynä ja mullattuna 55 % ja lantalasta keväällä levitettynä 89 % suurempi sato kuin talvella levitetyllä lannalla. Suoritetuissa kokeissa voitiin myös havaita lannan talvilevityksen hidastavan maan kuivumista keväällä ja myöhästyttävän sen vuoksi kylvötoita.

Alhainen lämpötila hidastaa talvella levitetyn lannan hajoamista. Tällöin ei lannan orgaaninen typpi pääse mineraloitumaan vaan on suojassa haihtumiselta. Niinpä voidaankin päätellä, että sellainen lanta, joka ei juuri sisällä ammoniakkia, ei myöskään koe suuria typpihäviöitä talvella levitettynä. Toisaalta taas virtsan ja lietelannan typpi voi hävitä talvella lähes täysin.

Sulamisvesien mukana menetettävien ravinteiden määrästä ei juurikaan ole kirjallista tietoa. Yksittäisiä tutkimustuloksia voidaan pitää vain suunta-antavina, sillä ravinnehäviöihin vaikuttavat lumimäärä ja lumen sulamisnopeus vaihtelevat vuosittain ja alueittain erittäin paljon. Epäedullisissa olosuhteissa saattavat ravinnehäviöt olla huomattaviakin, kuten UHLENIN (1975) tutkimuksesta ilmenee. Vuonna 1972, jolloin pintavalunta oli suurta, menetettiin sulamisvesien mukana kuivikelannan fosforista 15 %, rikistä 14 %, kalsiumista 3 %, magnesiumista 10 % ja kaliumista 60-70 %. Myös lannan typpeä voi mennä hukkaan sulamisvesien mukana joko orgaanisessa tai epäorgaanisessa muodossa.

Jos karjanlanta joudutaan levittämään pelloille talvisaikaan, voitaneen ravintetappioita tehokkaimmin estää käsittelemällä lantaa siten, että ammoniakkityppi saadaan haihtumattomaan muotoon. TUORILA ja TAINIO (1934) ehdottivatkin aikanaan suomudan tai turpeen sekoittamista talvella levitettävään lantaan. Turpeen keileminen tähän tarkoitukseen on vieläkin ajankohtaista. Ravinteiden joutumista pois pelloilta sulamisvesien mukana voidaan jossain määrin estää myös käyttämällä lantaa vain hyvin tasaisilla lohkoilla.

#### 4.1.3. Kevätlevitys

Karjanlannan levittäminen pellolle keväällä on maamme ilmasto-oloissa vaikeaa. Lyhyt kasvukausi olisi käytettävä mahdollisimman hyvin hyödyksi ja kylvötoihin päästävä mahdollisimman aikaisin. Lannan kunnollinen multaaminen on keväällä vaikeaa, sillä ainakin savimailla olisi kyntö tehtävä jo syksyllä. Lisäksi raskaiden lantakuormien kuljettaminen pellolle keväällä voi aiheuttaa maan haitallista tiivistymistä. Kuitenkin on kevät lannan lannoitusvaikutuksen suhteen edullisin levitysaika, koska useimpien viljelykasvien ravinnetarve painottuu kevääseen ja alkukesään.

Kevät on useissa pohjoismaisissa tutkimuksissa havaittakin parhaaksi lannan levitysjankohdaksi (ANON. 1930b, TUORILA ja TAINIO 1934, IVERSEN 1944, IVERSEN ja DORPH-PETERSEN 1948, B. ERIKSSON 1974, C. CHRISTENSEN 1976, ref. KOFOED 1981b). Keväällä levitetyn lannan ravinteet tulevat kasvukautena kasvien käyttöön eivätkä huuhtoudu. Lisäksi lannan hajoaminen lämpimässä maassa johtaa sen orgaanisessa muodossa olevien ravinteiden vapautumiseen.

Kevään edullisuus muihin levitysaikoihin verrattuna korostuu silloin, kun lanta sisältää suuren osan ravinteistaan mineraalisessa muodossa. Virtsa ja lietelanta olisi ehdottomasti pyrittävä levittämään keväällä huuhtoutumis- ja haihtumistapoiden välttämiseksi. C. CHRISTENSENin (1976, ref. KOFOED 1981b) esittämien tulosten mukaan on lietelannan typen lannoitusvaikutus lantaa keväällä käytettäessä (välitön multa) neljä kertaa suurempi kuin syyslevityksessä. Sijoituslaitteistolla maahan levitetyn virtsan typen vaikutus on kevätlevityksessä tanskalaisten kokeiden mukaan kahdeksan kertaa suurempi kuin syyslevityksessä. Keväällä levitetyn kiinteän lannan typen lannoitusvaikutuksen on puolestaan havaittu olevan noin 1,4-kertainen syksyllä levitettyyn lantaan verrattuna (C. CHRISTENSEN 1976, ref. KOFOED 1981b).

Lannan levittämisestä keväällä on joskus saatu myös huonoja tuloksia. Tämän ilmiön syyksi on useimmissa tapauksissa voitu todeta palamattoman, runsaasti olkea sisältävän lannan aiheuttama maan ravinteiden immobilisaatio (vrt. VALMARI 1933, RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s. 55). Myöskin on esitetty, että tuore lanta sisältää kasveille myrkyllisiä aineita, esim. fenoleja (VIRTANEN 1935). Nämä seikat eivät kuitenkaan saa johtaa ajatukseen, että lanta tulisi levittää mieluummin syksyllä. Tuoreen lannan haitalliset ominaisuudet katoavat nimittäin jo normaalin varastoinnin aikana, 2-3 kuukaudessa (VIRTANEN 1935, RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936, s. 46). Jos lannan kevätlevityksellä on syyslevitystä huonompi vaikutus, johtunee se käytännössä itse levitystyön aiheuttamasta kylvön viivästyttämisestä ja maan ominaisuuksien muuttumisesta epäedullisiksi (vesitalous, tiivistyminen). Liian

suuri levitysmäärä keväällä saattaa myös aiheuttaa lisääntyntä lakoa ja jälkiversontaa.

#### 4.1.4. Levitys kasvukauden aikana

Lannan levitys kasvustoon lienee maassamme melko vähäistä. Jonkin verran sitä harjoitetaan nurmea lannoitettaessa. Toisaalta on lannan levitys mahdollista myös keväällä kylvetylle kasvustolle ennen orastumista tai oraiden ollessa vielä pieniä. Yhteistä näille menettelyille on, ettei lantaa voida mullata maanmuokkauslaitteilla, ja käytännössä lanta jätetäänkin pellon pintaan. Tällöin on lannan ammoniakkityppi altis haihtumiselle, ja karjanlannalla saatu sadonlisäys jää pienemmäksi kuin ennen kylvömuokkausta tehdyllä lannoituksella.

Tutkiessaan lietelannan levitysjen vaikutusta satoon sai VALDMAA (1981) tulokseksi, että kylvön yhteydessä suoritettu levitys antoi paremman tuloksen kuin myöhemmin keväällä suoritettut levitykset. C. CHRISTENSENin (1976, ref. KOFOED 1981b) mukaan taas ei kesällä suoritettu virtsan tai lietelannan levitys ole juuri talvi-levitystä parempi, jos lantaa ei saada mullatuksi.

Kasvukauden aikana levitettävän lannan vaikutusta voidaan huomattavasti parantaa sijoittamalla se suoraan maahan erityisellä sijoituslaitteistolla. Näin voidaan tehdä esim. nurmen ja sokerijuurikkaan kohdalla. Sijoituksen on tanskalaisissa kokeissa havaittu parantavan kesällä levitetyn virtsan typen lannoitusvaikutusta 4-5-kertaiseksi ja lietelannan typen vaikutusta 2,5-3-kertaiseksi pintalevitykseen verrattuna (C. CHRISTENSEN, ref. KOFOED 1981b).

Lietelannan levitystä kasvustoon sadettamalla on kokeiltu pohjoismaista eniten Norjassa, ja Keski-Euroopassa lietelannan sadetus lienee melko yleistä. MEHL (1981) mainitsee menetelmän eduiksi työn säästön lannan levityksessä, vapauden levitysjen valinnassa, levityksen tasaisuuden, maan tiivistymisen välttämisen sekä mahdollisuuden kasteluun samalla kalustolla. Kuitenkin on luultavaa, että sadetuslevitys johtaa huomattavaan typpihäviöön ammoniakkin haihtumisen vuoksi.

#### 4.1.5. Levitysjen kohdan sää

Levitysjen kohdan sää vaikuttaa lannan lannoitusarvoon ammoniakkitypen haihtumisenopeuden kautta. Tähän taas vaikuttavat ilman ja maan lämpötila ja kosteus. Pellon pintaan levitetty lanta joutuu alttiiksi lämpenemiselle ja kuivumiselle, mitkä tekijät johtavat ammoniakkin haihtumiseen. Näiden seikkojen vuoksi tulisi lanta levittää viileällä, kostealla ja tyynellä ilmalla (RUOKOSALMI ja SURVONEN 1936,

s. 57, IVERSEN ja DORPH-PETERSEN 1948, SALONEN 1949, s. 189). Parhaassa tapauksessa saadaan levityksen jälkeen sade, joka huuhtoo lannan ravinteet maan sisään.

Levitysjankohdan säällä on merkitystä ravinteiden säilymiseen lannassa silloin, kun lanta levitetään pellon pintaan. Jos lanta sijoitetaan suoraan maan sisään, ei tähän seikkaan tarvitse juuri kiinnittää huomiota. Myöskin lannan käsittelyminen ammoniakkin haihtumista estävillä aineilla (esim. turve) vähentänee levitysjankohdan sään merkitystä.

#### 4.2. LEVITYSTAPA

Kasvit pystyvät ottamaan useimpia ravinteita vain juurillaan ja siten vain niistä osista maata, joissa juuret kasvavat. Juurten kasvuun vaikuttavista tekijöistä on maan muokkauskerroksessa vesi tärkein. Kun maan pinta on kuiva, kasvit eivät pysty hyödyntämään pintakerrokseen annettuja ravinteita, ennen kuin ne huuhtoutuvat syvemmälle maahan sadeveden mukana. Maassamme on toisaalta kasvukauden alku yleensä niin kuiva, että pintalannoituksena annetut ravinteet eivät tule kasvien käyttöön ajoissa. Väkilannoitteiden sijoittaminen onkin tutkimuksen kautta tullut vallitsevaksi käytännöksi maassamme.

Karjanlannan käytössä olisi myös pyrittävä siihen, että lannan ravinteet saadaan maan sisään kasvien juurten ulottuville. Erikoispiirteenä karjanlannassa on vielä se, että maan pintaan levitetystä lannasta haihtuu nopeasti sen sisältämä ammoniakityppi. Lisäksi pintaan levitetyn lannan orgaanisessa muodossa olevat ravinteet eivät pääse vapautumaan kasvien käyttöön kuivuuden vuoksi. Näistä syistä on karjanlannan multaaminen vielä tärkeämpää kuin väkilannoitteiden multaaminen.

Karjanlannan saattaminen maan sisään voidaan suorittaa joko sijoittamalla (virtsa, lietelanta) suoraan levityskoneesta maahan tai muokkaamalla maa pintalevityksen jälkeen. Paras menetelmä on suora sijoitus, jolloin lanta ei joudu lainkaan alttiiksi ammoniakkin haihtumiselle ilmaan. Jos lanta levitetään pellon pintaan, on puolestaan huomattava merkitys sillä, kuinka pian multaaminen suoritetaan. IVERSEN (1934) arvioi satotulosten perusteella, että multaamisen viivästyminen kuudella tunnilla laski virtsan lannoitusarvoa perunalla 41 %, yhden päivän viivästyminen 43 % ja neljän päivän viivästyminen 56 %. Multaamattoman virtsan lannoitusarvon on tanskalaisissa kokeissa havaittu olevan noin puolet maahan sijoitetun virtsan arvosta (WESTED ja IVERSEN 1938). Lietelannan tyypestä on C. CHRISTENSENIN (1976, ref. KOFOED 1981b) mukaan väkilannoitetyypen veroista lanta keväällä juurikasmaahan sijoitettaessa tai pintalevityksen jälkeen välittömästi kynnettäessä 60 %,

levityksestä kuuden tunnin kuluttua mullattaessa 55 %, yhden päivän kuluttua 50 % ja neljän päivän kuluttua 35 %. Suomalaisissa kokeissa on sian lietelannan sijoittamisen havaittu antavan kevätiljalla 30-37 %:n sadonlisäyksen pintalevitykseen verrattuna (KORKMAN 1971a, 1971b). Kiinteän lannan on tanskalaisissa kokeissa havaittu menettävän lannoitusvaikutustaan neljän päivän aikana levityksen ja multaamisen välillä 25-50 % (ANON. 1930c). Pintaan levitetty lanta olisi siten pyrittävä multaamaan mahdollisimman nopeasti.

Pintaan levitetyn lannan multaustavalla on myös vaikutusta lannan arvoon. Paras tulos saadaan yleensä kyntämällä (HANSEN 1928, ANON. 1930c, IVERSEN 1934). IVERSENIN (1934) kokeissa antoi virtsan multaus äestämällä kyntöön verrattuna kauralla 8 %, lantulla 28 % ja mangoldilla 24 % pienemmän sadon. Äestys paransi kuitenkin virtsan vaikutusta huomattavasti, sillä multaamaton virtsa antoi kauralla vain 50 %, lantulla 42 % ja mangoldilla 57 % kyntämällä mullatun virtsan vaikutuksesta. Kiinteän lannan multaustapaa tutkiessaan sai SIMOJOKI (1961) tulokseksi, ettei perunan ja nauriin satoon ollut merkittävää vaikutusta sillä, mullattiinko lanta kyntämällä vai äestämällä. Tämä tulos on hyvin ymmärrettävä, sillä kokeissa käytetty kiinteä lanta levitettiin keväällä pattereista ja oli ilmeisesti jo varastoinnin aikana menettänyt suuren osan mineraalitypestään.

Lannan mahdollisimman nopea multaaminen on edullista kaikkina levitysjankohtina. Suurin vaikutus multaamisella on kuitenkin odotettavissa keväällä, jolloin ammoniakki haihtuminen on merkittävin ravinnetappioiden syy. Kesannolle ja syksyllä levitetystä lannasta aiheutuu huomattavia ravinnetappioita myös huuhtoutumalla maan läpi, ja tähän ei lannan multaamisella ole vaikutusta.

Kun lannan nopean multaamisen edullisuus perustuu suurimmaksi osaksi sen ammoniakkitypen haihtumisen estämiseen, on multauksen vaikutus sitä suurempi mitä suurempi osuus lannan tyydestä on ammoniakki muodossa. Tämän perusteella tulisi ainakin virtsa ja lietelanta mullata välittömästi levityksen jälkeen tai sijoittaa suoraan maahan. WESTED ja IVERSEN (1938) totesivatkin tutkimustensa perusteella, että vain harva maatalouskone kuolettaa hankintakustannuksensa niin nopeasti kuin virtsan sijoituslaitteisto.

Kiinteän karjanlannan multaaminen suoritetaan tavanomaisilla maanmuokkausvälineillä: auralla tai äkeellä. Lietelannan ja virtsan multaaminen voidaan suorittaa myös sijoittamalla, jolloin levitysvaunuun kiinnitetään erillinen multauslaite. Multauslaitteen hankinta ja käyttö (traktorin vetovoiman tarve kasvaa) aiheuttavat kustannuksia, jotka sijoituksella saadun sadonlisäyksen tulisi peittää. On kuitenkin ilmeistä, että sijoituslaitteiston kalleuden vuoksi sen hankintahinta kuolet-

tuu vasta pitkän ajan kuluessa. HOLMA (1978c) arvioi tähän kuluvaan 3-5 vuotta, mutta tämäkin arvio lienee melko optimistinen. Toisaalta sijoittaminen on tehokas keino vähentää lannan ympäristöhaittoja (haju, pintavalunta vesistöön), mistä syystä sijoituslaitteisto saattaa joillakin alueilla parantaa ratkaisevasti lannan käyttömahdollisuuksia.

#### 4.3. LEVITYSMÄÄRÄ

Lannoittamista karjanlannalla pidetään luonteeltaan peruslannoituksena. Levitystyön työläisyys ja pienten määrien tasaisen levittämisen vaikeus ovat johtaneet siihen, että lantaa käytetään pienelle peltoalalle kerrallaan hyvinkin suuria määriä. Tämä ei ole lannan hyväksikäytön kannalta kuitenkaan edullista, sillä kasvit eivät pysty hyödyntämään ylimäärin tarjolla olevia ravinteita. Ylilannoitus johtaa vain lisääntyneisiin ympäristöhaittoihin.

Nousevilla karjanlantamäärillä suoritetuissa kokeissa saadaan yleensä sama tulos kuin vastaavissa väkilannoitteilla suoritetuissa kokeissa: annettavan lantamäärän kasvaessa tulee yhä pienempi osuus sen ravinteista kasvien käyttöön (HANSEN 1928, ANON. 1930d, DORPH-PETERSEN 1946, SCHÖNMEIER ym. 1973, NAESS ja MYHR 1976). Tämä on suora seuraus kasvutekijöiden laista ja johtaa karjanlannan ravinteiden hyväksikäyttöasteen pienenemiseen. Otettakoon esimerkiksi tanskalaisten suorittama koe, jossa sadonlisäystä saatiin 8 000 kg:lla karjanlantaa keskimäärin 740 ry, 16 000 kg:lla 1 170 ry, 24 000 kg:lla 1 460 ry, 32 000 kg:lla 1 620 ry ja 40 000 kg:lla karjanlantaa 1 730 ry (ANON. 1930d). Tuhatta karjanlantakiloa kohti saatu sadonlisäys oli vastaavassa järjestyksessä 92,5 ry, 73,1 ry, 50,6 ry ja 43,3 ry. Levitysmäärän nostaminen 8 000 kg:sta 40 000 kg:aan pienensi siten lannan vaikutusta tuhatta kiloa kohden alle puoleen. SCHÖNMEIERin ym. (1973) mukaan laskeekin lannoitemäärän noustessa karjanlannan tyyppien hyväksikäyttöaste vielä nopeammin kuin väkilannoitetyypin.

Lannoituksen yleisten periaatteiden mukaisesti tulisi myös karjanlannan käytössä ottaa huomioon viljelykasvin lannoitustarve ja lannoitteen ravinnepitoisuus. Lannoitustarve, johon vaikuttavat viljelykasvin ravinnetarve ja maan ravinnevarat, selviää yleisistä lannoitussuosituksista (esim. JAAKKOLA 1978). Karjanlannan ravinnepitoisuudesta on myös olemassa analyysitietoja (maassamme mm. KERÄNEN 1966, KAHARI 1974), mutta käytännössä lannan levitysmäärän ratkaiseminen kirjallisuuden ilmoittamien keskimääräisten ravinnepitoisuuksien perusteella voi olla epäedullista. Lannan ravinnepitoisuus vaihtelee nimittäin erittäin paljon. SIMANin (1981) mukaan on ruotsalaisessa tutkimuksessa havaittu kuivikelannan typpipitoisuuden vaihtelevan tiloittain jopa 700 %, fosforipitoisuuden 230 % ja kaliumpitoisuuden 400 %. Vastaava vaihtelu lietelannoissa oli kokonaistypellä 220 %,  $\text{NH}_4$ -tyyppillä 340 %, fosforilla 630 % ja kaliumilla 600 %. Onkin perustellusti esitetty, että



Levitysmäärän laskemista varten tulisi jokaisesta levitettävästä lantaerästä suorittaa ravinneanalyysi (SIMAN 1981).

Karjanlanta on moniravinnelannoite, mutta sen sisältämien ravinteiden määräsuhteet eivät ole edullisia lannoitustarpeen kannalta. Kuivikelantojen helppoliukoisen tyyppien pitoisuus on pieni verrattuna niiden kaliumpitoisuuteen, fosforin pitoisuus on lannassa vaativille kasveille liian pieni N- ja K-pitoisuuteen verrattuna jne. Tämän vuoksi ei ole olemassa sellaista levitysmäärää, jolla kasvien ravinnetarve tulisi tyydytettyä kaikkien ravinteiden osalta ja samalla kukin ravinne tulisi hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla. Jos kaikkien ravinteiden tarve pyritään tyydyttämään lannalla, tulee maahan joitakin ravinteita kasvien tarvetta ajatellen liian paljon. Parhaaseen tulokseen päästään valitsemalla lannan käyttömäärä jonkin yksittäisen ravinteen perusteella ja huolehtimalla muiden ravinteiden riittäväydestä väkilannoitelisäyksellä.

Se, minkä ravinteen pitoisuuden perusteella lannan levitysmäärä tulisi ratkaista, riippuu ensisijaisesti lannan ominaisuuksista. Kuivikelannat sisältävät yleensä vähän tyyppiä ja fosforia kaliumin määrään verrattuna, ja niiden tyyppien käyttökelppoisuus kasveille on pieni (KERÄNEN 1966, J. ERIKSSON ym. 1977, s. 293, SIMAN 1981). Lietelannan typpipitoisuus taas on vähäisten varastointitappioiden vuoksi niin suuri, että se saattaa olla määrällisesti merkittävin ravinne (KÄHÄRI 1974, SIMAN 1981). Tämän mukaan tulisi kuivikelantojen levitysmäärä laskea kaliumin riittävyden, ja lietalantojen levitysmäärä tyyppien riittävyden perusteella. Virtsa on ominaisuuksiltaan sekä typpi- että kaliumlannoite. Toisaalta on lannan ravinteista yleensä kivennäismailla suurin vaikutus satoon tyypellä, joka - toisin kuin fosfori ja kalium - ei juurikaan varastoidu maahan. Tämä puolustaa levitysmäärän laskemista lannan typpipitoisuuden perusteella myös kuivikelantojen osalta. Laskettaessa lannan levitysmäärä tyyppien riittävyden perusteella tulee maahan tosin kasvien tarvetta suurempi kaliummäärä, mutta tällöin lantaa voidaan levittää suhteellisen suurilla määriä pinta-ala-yksikköä kohden, ja kyllä suuri osa ylimääräisestä kaliumistakin säilyy seuraavaan kasvukauteen. Lisäksi voidaan tällöin pienentää fosforilisälannoitusta tai luopua siitä kokonaan.

Myös levitysaika ja -tapa vaikuttavat siihen, minkä ravinteen riittävyden perusteella lannan levitysmäärä kannattaa laskea. Epäedullisena vuodenaikana tai maan pintaan multaamatta levitetystä lannasta tapahtuu huomattavia typpihäviöitä, minkä vuoksi tyyppien riittävyttä ei kannattane ottaa arvosteluperusteeksi. Lannan ravinne sisältö painottuu tällöin kaliumiin. Lisäksi vaikuttaa lannoitettava kasvilaji siihen, minkä ravinteen perusteella levitysmäärä ratkaistaan. Eri kasvit tarvitsevat ravinteita eri suhteissa. Toisaalta on kasvin aktiivisella kasvuajalla oma vaikutuksensa. Lyhyen kasvuajan omaavat ja nopeasti tuleentuvat kasvit eivät pysty

hyödyntämään kuin osan lannan tpeestä, mutta lannan fosfori ja kalium ovat niille käyttökelpoisuudeltaan yhtä hyviä kuin pidemmän kasvuajan omaaville kasveillekin. Pitkän kasvuajan omaavat kasvit taas hyötyvät lähes yhtä paljon lannan tpeestä kuin muistakin ravinteista. Siten on lannan levitysmäärän laskeminen sen tpen riittävyden perusteella edullista nimenomaan nurmen, juurikasvien ja perunan lannoituksessa. Levitysmäärä viljoille saattaa taas olla edullisempaa laskea kaliumin riittävyden perusteella.

Ruotsalainen tutkija SIMAN (1981) on sikäläisiin tutkimuksiin perustuen esittänyt arvion lannassa maahan tulevien kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määristä (taulukko 11). Tpen osalta on luvuissa otettu huomioon levitysjankohdan vaikutus, fosforin ja kaliumin käyttökelpoisuuden on laskettu olevan riippumaton levitysjasta.

Taulukko 11. Kasveille ensimmäisenä vuonna käyttökelpoisten ravinteiden määrä lannassa SIMANin (1981) mukaan.

Lantalaji	ravinteiden määrä kg/1000 kg lantaa				
	N			P	K
	Levitysaika				
	syksy	kevättalvi	kevät		
olkikuivikelanta	0,5	1,0	1,5	1,2	3,5
virtsa, nauta	1,0	2,0	3,0	-	6,5
virtsa, sika	0,5	1,0	1,5	-	4,0
lietelanta, nauta	0,5	1,5	2,0	1,0	2,5
lietelanta, sika	0,6	2,0	3,0	1,0	2,5
lietelanta, kana	1,2	4,0	5,0	4,0	5,0

SIMANin (1981) esittämien lukujen perusteella laskettuna tulisi esim. 80 kg:n typpitasolla käyttää keväällä olkikuivikelantaa 53 000 kg/ha, naudän lietelantaa 40 000 kg/ha ja sian lietelantaa 27 000 kg/ha. Jos levitysmäärä taas ratkaistaan lannan kaliumpitoisuuden perusteella, riittäisi 60 kg:n K-tasolla jo 17 000 kg olkikuivikelantaa tyydyttämään viljelykasvin kaliumtarpeen.

Edellä esitettyjä lukuja lannan helppoliukoisten ravinteiden pitoisuudesta (taulukko 11) voitaneen pitää jonkilaisina ohjearvoina lannan levitysmäärää valittaessa. Kovin tarkkoihin laskelmiin ei esitettyjen lukujen perusteella ole kuitenkaan syytä mennä, sillä luvut ovat vain keskiarvoja näytteistä, joissa vaihtelu oli erittäin suurta. Olisikin pyrittävä siihen, että jokaisen karjatilan lannasta analysoidaan ainakin liukoisen tpen pitoisuus ennen levitystä. Kun analyysituloksen hyödyntämi-

sessä on ratkaisevaa tuloksen saamisen nopeus, on maatilakohtaisen analyysimenetelmän kehittämiseen ilmeinen tarve. Tätä seikkaa on painottanut myös ruotsalainen tutkija SIMAN (1981). Toinen mahdollisuus levitysmäärän tarkentamiseen on, että laaditaan kirjallisuustietojen perusteella tarkat taulukot eläinten kasvuvaiheen ja ruokinnan sekä lannan talteenotto- ja varastointitavan vaikutuksesta lannan ravinnepitoisuuteen.

Nykyisin suositellaan maassamme karjanlannan käyttömääräksi yleensä noin 30 000 kg/ha (esim. SALLASMAA 1979). Maa- ja kasvilajista riippuen suositellaan lisälannoitusta myös typen osalta. Tämä ilmaisee hyvin vallitsevaa käsitystä karjanlantannoituksen peruslannoitusluonteesta.

Korostettakoon vielä sitä, että lannoitussuositusten antaminen on yleensäkin vaikea tehtävä, sillä lannoituksella saatavan sadonlisäyksen suuruus riippuu myös muiden kasvutekijöiden edullisuudesta kasvukautena. Käytännössä lannoitussuositukset annetaan keskimääräistä satoa varten. Valitsemalla lannan käyttömäärä sen ravinnepitoisuuden perusteella voidaan karjanlannan käytössä kuitenkin päästä lähes yhtä hyvään tulokseen kuin väkilannoitteiden kohdalla.

#### 4.4. LANNOITETTAVA KASVILAJI

Karjanlannan käyttö eri viljelykasvien lannoitukseen määräytyy käytännössä työtekniisten näkökohtien perusteella. Kuitenkin voidaan järkevällä kasvilajin valinnalla vaikuttaa huomattavasti lannan ravinteiden hyväksikäyttöasteeseen.

Lannan tyypestä on kasveille käyttökelpoista levitysaikana mineraalimuodossa oleva tyyppi ja toisaalta helposti mineraloituva orgaaninen tyyppi. Kun viimeksi mainittu vapautuu maassa vasta biologisen toiminnan tuloksena, kertyy mineraalityppeä maahan kesän ja syksyn aikana. Siten pitkän kasvukauden omaavat kasvit saavat käyttöönsä suuremman osan lannan tyypestä kuin varhain korjattavat kasvit. SALOSEN (1949, s. 19) mukaan ovatkin peruna ja juurikasvit tehokkaimpia lannan hyödyntäjiä (taulukko 3, s. 8). Myös nurmi on edullinen lannan sijoituskohde (SLUIJSMANS ja KOLENBRANDER 1977).

Lannan tyypestä on SLUIJSMANSin ja KOLENBRANDERin (1977) mukaan levitysaikana mineraalimuodossa kiinteässä lannassa 10 %, naudon lietelannassa 50 %, sian lietelannassa 51 % ja virtsassa 94 %, ja ensimmäisenä vuonna mineraloituvaa vastaavasti 46 %, 25 %, 34 % ja 3 %. Tämän perusteella voidaan päätellä, että pitkän kasvuajan omaavat kasvit hyötyvät erityisen hyvin nimenomaan kiinteästä lannasta, jossa mineraalityypin osuus kokonaistyypestä on pieni mutta nopeasti mineraloituvan orgaanisen

typen osuus suuri. Virtsan tyyppi on sitä vastoin miltei kokonaisuudessaan käyttökelpoista myös lyhyen kasvuajan omaaville kasveille.

Esimerkkeinä käytettävistä karjanlantamääristä eri viljelyskasveille on seuraavassa laskettu levitysmäärä SIMANin (1981) esittämän, lannan kasveille käyttökelpoisten ravinteiden pitoisuuden ja JAAKKOLAN (1978) esittämien lannoitussuositusten perusteella.

Kun perunan typpilannoitus suositus on hietamaalla 50 kg/ha (JAAKKOLA 1978), tyydyttyä typen tarve lanta keväällä levitettynä 33 000 kg:lla olkikuivikelantaa, 25 000 kg:lla naudan lietelantaa tai 17 000 kg:lla sian lietelantaa. VARIS (1981) suositaa kuitenkin varovaisuutta lietelannan käytössä ruokaperunalle. Lisäksi käytettävän lannan tulisi PAATELAN (1962) mukaan olla hyvin palanutta. Syksyllä levitetyn lannan typpivaikutuksen voidaan SIMANin (1981) mukaan arvioida olevan kuivikelannalla ja virtsalla 1/3 ja lietelannalla 1/4-1/5 keväällä levitetyn lannan vaikutuksesta.

Sokerijuurikkaalle ei JAAKKOLAN (1978) mukaan tule antaa lannoitetyyppeä enemmän kuin 100 kg/ha. Jos tyypeä käytetään 100 kg/ha, tulee tämä määrä lanta keväällä levitettäessä 67 000 kg:ssa kuivikelantaa, 50 000 kg:ssa naudan lietelantaa ja 33 000 kg:ssa sian lietelantaa.

Kevätviljoille suositellaan typpilannoitukseksi hietamailla 80 kg/ha, savimailla 100 kg/ha ja turvemailla 30 kg/ha (JAAKKOLA 1978). Tämä vastaa lanta keväällä levitettäessä olkilantalannoitusta hietamailla 53 000 kg:lla/ha, savimailla 67 000 kg:lla/ha ja turvemailla 20 000 kg:lla/ha, naudan lietelantalannoitusta hietamailla 40 000 kg:lla/ha, savimailla 50 000 kg:lla/ha ja turvemailla 15 000 kg:lla/ha sekä sian lietelantalannoitusta hietamailla 27 000 kg:lla/ha, savimailla 33 000 kg:lla/ha ja turvemailla 10 000 kg:lla/ha. Jos levitysmäärä ratkaistaan lannan kaliumpitoisuuden perusteella, riittää 60 kg:n K-tasolla (hietamaat) 17 000 kg olkikuivikelantaa tyydyttämään viljan kaliumtarpeen. Tämän lisäksi olisi väkilannoitetyyppeä käytettävä noin 50 kg/ha.

Syysviljoille suositellaan annettavaksi syksyllä savi- ja hietamailla 30 kg tyypeä/ha (JAAKKOLA 1978). Tämä määrä helppoliukoista tyypeä on 20 000 kg:ssa olkikuivikelantaa, 15 000 kg:ssa naudan lietelantaa ja 10 000 kg:ssa sian lietelantaa. Jos syysvilja kylvetään kesäntoon, voi karjanlantalannoitus mennä hukkaan, sillä kesänto- maasta vapautuva typpi vähentää lannoitustarvetta entisestään.

Heinänurmien typpilannoitukseksi suositellaan kivennäismailla ensimmäistä ja toista satoa varten kummallekin 100 kg N/ha ja kolmatta satoa varten 60 kg/ha (JAAKKOLA 1978). Jos lanta sijoitetaan kasvukauden alussa tai sen aikana suoraan maan sisään, on tarvittava määrä sian lietelantaa ensimmäistä ja toista satoa varten 33 000 kg/ha kerrallaan ja kolmatta satoa varten 20 000 kg/ha. Naudan lietelantaa tulisi vastaavasti käyttää 50 000 kg/ha ja 30 000 kg/ha. Lietelannan sijoittamista nurmeen ei kuitenkaan voi suositella suoritettavan useaan kertaan kasvukauden aikana, sillä sijoituslaitteen vantaat vioittavat nurmen juuristoa. Tämän vuoksi voitaneen nurmeen sijoittaa kerralla suurehkoja lietemääriä. HAKKOLA (1980) sai hyvän satotuloksen (68 % sadonlisäys lannoittamattomaan verrattuna) käyttämällä 60 000 kg naudän lietelantaa hehtaaria kohden. Suurempien määrien (90 000 kg/ha) sijoittaminen nurmeen ei HAKKOLAn (1980) kokeissa enää parantanut satoa 60 000 kg/ha levitysmäärään verrattuna.

Apilanurmille suositellaan annettavaksi kivennäismailla typpilannoitusta 20 kg/ha keväällä (JAAKKOLA 1978). Tämä vastaa keväällä levitettyä 13 000 kg kuivikelantaa, 10 000 kg naudän lietelantaa ja 7 000 kg sian lietelantaa. Suuria lantamääriä ei kannata käyttää, sillä palkokasvit eivät tarvitse ulkopuolista typpilannoitusta kuin korkeintaan kasvukauden alussa. Tämä nk. starttityppikin olisi varmasti edullisempaa antaa väkilannoitteena kuin karjanlantana. Toisaalta karjanlannan käyttöä puolustaa sen suuri kaliumpitoisuus ja mahdollinen myönteinen vaikutus apilan säilymiseen nurmessa. Puhuttaessa karjanlannan käytöstä apilanurmelle on virtsa ja kiinteä lanta erotettava toisistaan. Virtsan lannoitusvaikutus perustuu lähinnä helppoliukoiseen tyyppiin. Sen käyttö palkokasvien lannoitukseen on SALOSEN (1949, s. 197) mukaan kannattamatonta. Virtsan on myös havaittu olevan haitallista apilan säilymiselle nurmissa (SALONEN 1949, s. 197). IVERSEN (1943b) on puolestaan todennut, ettei virtsa sovi apilanurmen kaliumlannoitukseenkaan. Tanskalaisissa kokeissa saatiin parempi tulos pelkällä väkilannoitekaliumilla kuin antamalla sama määrä kaliumia virtsassa (IVERSEN 1943b). Kiinteällä lannalla saattaa sitä vastoin olla palkokasveille edullinen vaikutus. SALOSEN (1949, s. 197) mukaan se parantaa apilan menestymistä nurmessa. Ilmiön tarkkaa syytä ei vielä tunneta, mutta se saattaa johtua lantapesäkkeiden maassa vapaina olevia nystyräbakteereita suojaavasta vaikutuksesta.

Edellä esitettyssä ei ole pyritty antamaan tarkkoja ohjeita karjanlannan käyttömäärästä eri viljelykasveille. On vain esitetty se laskutapa, jolla tarkkaan levitysmäärään voidaan päästä. Pyrittäessä saamaan lannasta suurin mahdollinen hyöty olisi käytettävän lannan ravinnepitoisuus tunnettava tarkasti, sillä kirjallisuuden

antamia keskimääräisiä arvoja käytettäessä voi paikoittain tulla ylilannoitusta, paikoittain voi lannassa maahan tuleva ravinnemäärä olla liian pieni.

#### 4.5. LISALANNOITUS

Kun karjanlannan levitysmäärä ratkaistaan siinä maahan tulevan kasveille käyttökelpoisen typpimäärän perusteella, on muiden ravinteiden tarjonnasta huolehdittava väkilannoitelisäyksellä. Kaliumia lannassa on yleensä niin paljon, ettei lisälannoitusta tarvita. Sen sijaan on lannan täydentämistä fosforilla suositeltu maassamme lähes aina (SALONEN 1949, s. 193, KAILA 1950a).

Karjanlannan ohella annetun fosforilisäyksen edullisen vaikutuksen ovat kokeissaan todenneet mm. HUOKUNA (1961), KIVEKAS (1964), LAINE (1967) ja RINNE (1977). Hyvin yleinen havainto on, että sato kohoaa käytettäessä karjanlannan ja fosforin ohella vielä typpi- ja kaliumväkilannoitteita, mutta tällöin pienenee karjanlannan vaikutus (KIVEKAS 1964). Tällaisissa tapauksissa on käytetty karjanlantamäärä ollut ilmeisesti liian pieni; sitä ei ole mitoitettu tyydyttämään viljelykasvin typpitarvetta. Käyttämällä naudan lietelantaa 50 000 kg/ha tai väkilannoitteita sai RINNE (1977) toisaalta paremman sadon sekä suojaviljasta että nurmesta lannalla kuin väkilannoitteilla.

Lannan ohella annetun fosforin satoa kohottava vaikutus riippuu ratkaisevasti maan fosforitilasta. Koska fosfori ei juuri huuhtoudu ja toisaalta kasvit eivät ota kuin osan väkilannoitteissa annetusta fosforista, kertyy sitä maaperään. Tämä seikka pienentää fosforilisäyksen tarvetta karjanlantalannoituksessa. SALONEN (1965) ei saanut nelivuotisissa kokeissaan karjanlannan fosforitäydennyksellä lainkaan sadonlisäystä, minkä ilmiön hän selitti johtuvan juuri maan runsaasta varastofosforista. Nykyiset nousevilla väkilannoitemäärillä suoritettut kenttäkokeet osoittavat peltojemme fosforitilan olevan niin hyvä, ettei fosforilannoituksella yleensäkään saada viljalla ja nurmella aina sadonlisäystä (SAARELA 1981). Superfosfaatin teho oli Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen 2-4-vuotisissa kokeissa viljalla hyvä vain fosforiköyhällä mailla 30 kg:n fosforimäärään saakka (n. 350 kg superfosf.), nurmella kahden niiton perusteella vain 15 fosforikiloon saakka niittokertaa kohden. Onkin ilmeistä, että - ottaen huomioon vielä lannassa maahan tulevan fosforin - karjanlannalla voidaan käytännössä saada hyvä sato heinäkasveilla ilman fosforilisäystäkin. Levitettäessä lantaa keväällä niin paljon, että siinä tulee helppoliukoista typpeä 80 kg/ha, tulee fosforia KERÄSEN (1966), KÄHÄRIN (1974) ja SIMANIN (1981) esittämien ravinnepitoisuuksien perusteella laskettuna pihattolannassa 53 kg/ha, parsinavettalannassa 80 kg/ha, sian lietelannassa 43 kg/ha ja naudan lietelannassa 28 kg/ha. Nämä määrät näyttävät sellaisenaankin riittävilä viljoille ja nurmille.

Käytettäessä karjanlantaa perunan lannoitukseen lienee fosforitäydennys hyvin perusteltua. Jos lantaa käytetään 50 kg:n typpitasolla (helppoliukoinen typpi), tulee maahan samalla fosforia pihattolannassa 33 kg/ha, parsinavettalannassa 50 kg/ha, sian lietelannassa 27 kg/ha ja naudun lietelannassa 18 kg/ha. Perunan lannoitus suositus on JAAKKOLAN (1978) mukaan 60 kg P/ha. KAILA (1950a) suosittelee perunan lannoitukseen 10-20 kg:n superfosfaattilisäystä tuhatta kiloa lantaa kohden. SALLASMAAN (1979) suositus on 300-400 kg superfosfaattia 30 000 lantakiloa kohden.

Karjanlanta sisältää yleensä niin paljon kaliumia, ettei sitä tarvitse antaa lisälannoituksena. SIMANIN (1981) esittämien, ruotsalaisten tutkimustulosten mukaan sisältää kuivikelanta kaliumia 3,5 kg/1 000 kg lantaa ja lietelannat 2,5 kg K/1 000 kg lantaa. Suomalaisten tutkijoiden esittämät kaliumpitoisuudet ovat vielä suurempia, mikä johtuu ilmeisesti oljen suuresta käyttömäärästä lannassa. Laskettaessa SIMANIN (1981) esittämien ravinnepitoisuuksien mukaan maahan tuleva kaliummäärä silloin, kun lantaa käytetään 80 kg:n typpitasolla (helppoliukoinen typpi), saadaan tulokseksi olkikuivikelannoille 187 kg K/ha, naudun lietelannalle 100 kg K/ha ja sian lietelannalle 67 kg K/ha. Sijoitettaessa lietelantaa nurmen sisään HAKKOLAN (1980) edulliseksi havaitsema määrä 60 000 kg/ha tulee kaliumia samalla keskimäärin 150 kg/ha. Nämä määrät lienevät täysin riittäviä kaikilla maalajeilla. Vaikeutena lannan kertsijoituksessa nurmeen on tosin se, että kasvit voivat ottaa kaliumia ylimäärin välttämättömään tarpeeseensa nähden, jolloin ensimmäisen sadon kaliumpitoisuus voi kohota haitallisen korkeaksi, mutta toinen sato taas voi kärsiä kaliumin puutetta.

Karjanlantalannoituksen täydentäminen väkilannoitetyypellä voi olla aiheellista silloin, kun lantaa riittää käytettäväksi vain pieniä määriä pinta-alayksikköä kohden. Toisaalta typpitäydennys voi tulla ajankohtaiseksi silloin, kun lannan levitysmäärä ratkaistaan jonkin muun tekijän kuin helppoliukoisen tyypin pitoisuuden perusteella. Tämä tilanne saattaa olla esim. kiinteän lannan käytössä viljojen lannoitukseen. Kiinteän lannan kaliumvarat tulevat paremmin hyödynnetyiksi käytettäessä kohtuullinen määrä lantaa ja sen ohella väkilannoitetyypeä kuin pyrittäessä tyydyttämään kasvien koko typpitarve lannalla. Typpilisälannoitusta kiinteän lannan käytössä viljoille puolustaa myös se, että kiinteän lannan tyyppistä on levitysaikana vain varsin pieni osa mineraalimuodossa ja -viljojen lyhyen kasvuajan vuoksi -vain osa ensimmäisenä vuonna mineraloituvasta tyyppistä tulee käytettyä hyväksi. Kaliumia tulee SIMANIN (1981) mukaan viljakasvien tarpeeseen nähden riittävästi jo 17 000 kg:ssa olkikuivikelantaa. Tässä määrässä lantaa on toisaalta noin 26 kg helppoliukoista tyyppiä, joten typpilannoituksen määrää voidaan samalla laskea hietamaalla 80 kg:sta 50 kg:aan/ha ja savimaalla 100 kg:sta 70 kg:aan/ha. Melko edulliselta tu-

tuu myös vaihtoehto, että viljoille annetaan tarpeellista hieman runsaampi kaliumlannoitus kuivikelannassa ja kasvien typpiravitsemuksesta huolehditaan puoleksi lannalla, puoleksi väkilannoitteilla. Tämä edellyttäisi 80 kg:n typpitasolla n. 27 000 kg:n olkikuivikelantamäärää/ha, 100 kg:n typpitasolla 33 000 kg kuivikelantaa/ha. Kasveille, jotka ottavat tarvitsemansa typen viljakasveja tasaisemmin ja pidempänä aikana kasvukautta, ei kiinteän lannan täydentäminen typellä liene niin tarpeellista. Keväällä levitetyn lietelannan tai virtsan täydentäminen väkilannoitetyypellä ei liene aiheellista missään tapauksessa.

Karjanlannan lisälannoitussuositusten antaminen on vaikeaa, sillä lannan suositeltava käyttömäärä riippuu sen helppoliukoisen typen pitoisuudesta. Lisäksi vaihtelevat lantojen fosfori- ja kaliumpitoisuudetkin hyvin paljon. Kun kuitenkin lisälannoitustarve koskee lähinnä fosforia, jota toisaalta on vuosien kuluessa kertynyt peltomaihimme hyvinkin paljon, voitaneen karjanlantaa käyttää heinäkasvien lannoitukseen silloin tällöin ilman väkilannoitelisäystä. Perunalle on sen sijaan suositusten mukainen fosforitäydennys tarpeen.

#### 4.6. LANNAN JÄLKIVAIKUTUS

Karjanlannalla on väkilannoitteita suurempi jälkivaikutus, mikä johtuu lannan hitaasta hajoamisesta. Osa lannan ravinteista vapautuu kasvien käyttöön vasta ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Myös osa levitettävässä lannassa mineraalimuodossa olleista ravinteista voi säilyä maassa ensimmäisen kasvukauden yli, jos levitysmäärä on ollut suuri. Lannan jälkivaikutuksen katsotaan yleensä johtuvan tyyppistä, sillä fosfori ja kalium ovat lannassa käyttökelvottomuudeltaan lähes väkilannoiteravinteiden veroisia jo ensimmäisenä vuonna.

Jälkivaikutusta arvioitaessa on käytännöllistä ajatella lannan typen jakautuvan kolmeen luokkaan: jo levitysvaiheessa mineraalimuodossa oleva typpi ( $N_m$ ), ensimmäisen vuoden aikana mineraloituva, helppoliukoinen orgaaninen typpi ( $N_{oh1}$ ) ja vasta myöhemmin mineraloituva, vaikealiukoinen orgaaninen typpi ( $N_{ov1}$ ). Ensimmäinen näistä,  $N_m$ , on vaikutukseltaan väkilannoitetypen veroista, mikäli se ei joudu hukkaan levityksen yhteydessä. Ensimmäisen vuoden aikana mineraloituva typpi,  $N_{oh1}$ , vaikuttaa sitä paremmin mitä pidempi kasvu-aika viljeltävällä kasvilla on. Se osa  $N_{oh1}$ :sta, joka ei ehdi mineraloitua kasvin kasvun päättymiseen mennessä, säilyy maassa seuraavaan vuoteen tai huuhtoutuu. Vaikealiukoinen orgaaninen typpi,  $N_{ov1}$ , mineraloituu osittain toisena vuonna levityksestä, osa siitä säilyy vielä myöhemmäksi vapautuen yhä hidastuvalla vauhdilla vuosien kuluessa.  $N_{oh1}$  ja  $N_{ov1}$  ovat lannan biologista hajoamista kuvaavia lukuja, mutta ne voidaan määrittää kohtalaisella tuloksella



myös laboratoriossa happohydrolyysin avulla. SLUIJSMANS ja KOLENBRANDER (1977) ovat laajojen kenttäkokeiden perusteella laskeneet em. typpifraktioiden osuuden kokonaistypestä eri lantalajeilla (taulukko 12).

Taulukko 12. Mineraalityypen ( $N_m$ ), ensimmäisenä vuonna vapautuvan, helppoliukoisen orgaanisen typen ( $N_{ohl}$ ) ja myöhemmin vapautuvan, vaikealiukoisen orgaanisen typen ( $N_{ovl}$ ) osuus kokonaistypestä eri lantalajeilla SLUIJSMANSin ja KOLENBRANDERin (1977) mukaan.

Lantalaji	Typpifraktion osuus kokonaistypestä, %		
	$N_m$	$N_{ohl}$	$N_{ovl}$
Kiinteä lanta	10	46	44
Naudan lietelanta	50	25	25
Sian lietelanta	51	34	15
Virtsa	94	3	3

SLUIJSMANSin ja KOLENBRANDERin (1977) esittämistä luvuista voidaan päätellä, että eri lantalajit eroavat huomattavasti toisistaan sisältämiensä typpifraktioiden suhteen. Kiinteän lannan tpestä jää Hollannin olosuhteissa ensimmäisenä vuonna mineraloitumatta 44 %, naudan lietelannan tpestä 25 %, sian lietelannan tpestä 15 % ja virtsan tpestä 3 %. Vastaavasti on suurin jälkivaikutus odotettavissa kiinteästä lannasta ja pienin virtsasta.

Ensimmäisenä vuonna kasveille käyttökelpoisia ovat typpifraktiot  $N_m$  ja  $N_{ohl}$ . Käytännössä kaikki niiden sisältämä typpi ei kuitenkaan tule kasvien hyödyksi, sillä levitysvaiheessa tapahtuu ravinnehäviötä ja osa  $N_{ohl}$ -typestä mineraloituu vasta viljelykasvin kasvun päättymisen jälkeen. SLUIJSMANS ja KOLENBRANDER (1977) ovat arvioineet, että levitysvaiheessa tapahtuva typpihäviö pienentää lannan mineraalityypen ( $N_m$ ) määrää 20 %:lla. Hollannin olosuhteissa mineraloituu tutkijoiden mukaan lannan helppoliukoisesta orgaanisesta tpestä ( $N_{ohl}$ ) viljakasvien kasvuaikana 50 %, perunan kasvuaikana 60 %, juurikasvien kasvuaikana 70 % ja nurmien kasvuaikana jopa yli 90 %. Siten todelliset lannan hyväksikäyttöosuudet ensimmäisenä vuonna voidaan laskea kaavalla:  $0,8 \times N_m + \text{kasvilajikerroin} \times N_{ohl}$ . Kaavan mukaan laskettaessa saadaan Hollannin olosuhteissa kiinteän lannan typen vaikutukseksi ensimmäisenä vuonna viljakasveilla 31 %, perunalla 36 %, juurikasveilla 40 % ja nurmella 52 % vastaavan väkilannoitetyppimäärän vaikutuksesta. Naudan lietelannalle saadaan vastaavasti luvut: viljakasvit 53 %, peruna 56 %, juurikasvit 58 % ja nurmi 64 %, sian lietelannalle: viljat 57 %, peruna 60 %, juurikasvit 64 % ja nurmi 72 % sekä virtsalle: viljat 77 %, peruna 77 %, juurikasvit 77 % ja nurmi 78 %.

Jotta jälkivaikutus voitaisiin laskea vastaavalla tavalla, tarvitaan tieto lannan hajoamisnopeudesta ensimmäisen vuoden jälkeen. Tarkkaa tietoa tästä ei kuitenkaan ole. SLUIJSMANS ja KOLENBRANDER (1977) esittävät kokeidensa perusteella, että kiinteän lannan alkuperäisestä levitysmäärästä hajoaa ensimmäisenä vuonna noin 50 %, toisena vuonna 13 % ja kolmantena vuonna 5 %. PRATT ym. (1976) ovat puolestaan havainneet kiinteän lannan alkuperäisestä tyypestä vapautuvan ensimmäisenä vuonna maahan n. 45 %, toisena vuonna 6 % ja kolmantena vuonna 2,5 %, Koetulokset vaihtelevat ilmaston, maa- ja kasvilajin sekä määritysmenetelmän mukaan hyvin paljon. Käyttämällä hollantilaisten tutkijoiden saamaa tulosta voidaan toisena vuonna mineraloituva typpimäärä laskea kertomalla ensimmäisenä vuonna mineraloituva määrä ( $N_{oh1}$ ) osamäärällä 13/50. Vastaavasti on kolmantena vuonna levityksestä mineraloituvan tyypin määrä  $5/50 \times N_{oh1}$ . Ottaen huomioon vielä kasvilajikohtainen hyväksikäyttökerroin saadaan Hollannin olosuhteisiin laskettuna kiinteälle lannalle toisena vuonna typpivaikutukseksi viljoilla 6 %, perunalla 7 %, juurikasveilla 8 % ja nurmella 11 % siitä, mikä vaikutus olisi toisena vuonna käytetyllä väkilannoitetyypellä. Jälkivaikutus kolmantena vuonna on vastaavasti 2 %, 3 %, 3 % ja 4 %. Jos lantaa on levitettäessä annettu ylimäärin tai ensimmäisenä vuonna viljelty kasvilaji ei ole lyhyen kasvuaikansa vuoksi ehtinyt käyttää vuoden aikana mineraloituvaa typpimäärää hyväkseen, kasvaa jälkivaikutus edellä esitetyistä luvuista jonkin verran.

Edellä esitetyn, sinänsä varsin mielenkiintoisen laskutavan tulokset lannan tyypin vaikutuksesta eivät ole sellaisenaan sovellettavissa Suomen olosuhteisiin. Kylmän ilmastomme vuoksi lienee lannan hajoaminen maassa meillä jonkin verran hitaampaa kuin Hollannissa, mutta mikä tärkeintä, viljelykasvien aktiivinen kasvuaika on maassamme ratkaisevasti lyhyempi kuin laskelmissa käytetyt kasvuaikat. Onkin luultavaa, että lannan vaikutus ensimmäisenä vuonna on oloissamme pienempi ja jälkivaikutus suurempi kuin eteläisemmissä maissa. Jälkivaikutuksen suuruus riippuu tosin ravinteiden säilymisestä pellossa syksyn ja talven yli. HAKKOLA (1980) sai kokeissaan nautan lietelannalla nurmen lannoitteena jälkivaikutukseksi toisena vuonna 10-15 %, LAINE (1967) 17 %.

Jos lantaa levitetään samalle lohkolle vuodesta toiseen, voi jälkivaikutus lopulta olla hyvinkin suuri. Jatkuva karjanlantalannoitus johtaa tilanteeseen, jossa maahan kertyneestä lannan orgaanisesta aineesta mineraloituu vuosittain yhtä paljon kuin vaikeasti hajoavaa orgaanista ainetta tulee lannassa maahan. Tämä taas on kiinteällä karjanlannalla noin 50 % vuosittaisesta levitysmäärästä. SLUIJSMANSIN ja KOLENBRANDERIN (1977) mukaan voidaan hyvin pitkäaikaisella karjanlannan käytöllä päästä Hollannin olosuhteissa tilanteeseen, jossa - lannan välitön vaikutus ja kumuloituva jälkivaikutus huomioon ottaen - levitettävässä kiinteässä lannassa

oleva typpimäärä vastaa noin 70 %, lietelannoissa n. 75 % ja virtsassa noin 80 % vastaavan väkilannoitetyppimäärän välittömästi vaikutuksesta.

#### 4.7. KARJANLANNAN VAIKUTUS VÄKILANNOITTEISIIN VERRATTUNA

Karjanlannan vaikutusta väkilannoitteisiin verrattuna on sivuttu tässä tutkimuksessa jo useassa kohdassa. Tässä kappaleessa esitetään lyhyenä yhteenvedona kirjallisuuden antamia tietoja.

Karjanlannan lannoitus- ja maanparannusvaikutus johtuu ensisijaisesti sen sisältämistä pääravinteista: typestä, fosforista ja kaliumista (SPECTH 1968, ALLISON 1973, s. 424). Näiden ravinteiden saaminen takaisin kasvintuotantoon taas riippuu lannan talteenotto- ja varastointimenetelmästä. Siten ensimmäinen - ja usein erittäin merkittävä - vaihe, joka vaikuttaa lannalla saatavaan satoon, on sen talteenotto ja varastointi. Haluttaessa korvata mahdollisimman paljon väkilannoitteita karjanlannalla on lantaa hoidettava hyvin. Toisaalta vaikuttaa lannan käyttötapa hyvin merkittävästi siihen, kuinka suurta väkilannoitemäärää karjanlanta vastaa. Kun lannan erikoispiirteitä väkilannoitteisiin verrattuna on ravinteiden hidas mineraloituminen ja typen haihtumisalttius, voidaan tähän nk. korvauslukuun vaikuttaa mm. levitystavalla ja viljeltävällä kasvilajilla. Edullisimmillaan lanta väkilannoitteisiin verrattuna on sijoitettuna tai nopeasti maahan mullattuna pitkän kasvuajan omaaville kasveille.

C. CHRISTENSENin (1976, ref. KOFOED 1981b) kokoamien tanskalaisten koetulosten mukaan on keväällä sijoitetun virtsan typen arvo sokerijuurikkaalla 80 %, nurmella ja ohralla 50 %, pintaan levitetyn ja välittömästi äestämällä mullatun virtsan typen arvo sokerijuurikkaalla 60 % ja ohralla 50 % vastaavan väkilannoitetyppimäärän arvosta. Keväällä maahan sijoitetun lietelannan typen arvo on vastaavasti sokerijuurikkaalla 60 %, nurmella 50 % ja ohralla 40 % sekä pintalevityksen jälkeen välittömästi kyntämällä mullatun lietelannan typen arvo sokerijuurikkaalla 60 % ja ohralla 40 %. Välittömästi levityksen jälkeen kyntämällä mullatun kiinteän lannan typen arvo on C. CHRISTENSENin (1976, ref. KOFOED 1981b) mukaan sokerijuurikkaalla 50 % ja ohralla 40 % vastaavan väkilannoitetyppimäärän vaikutuksesta.

Hollantilaisten tutkijoiden SLUIJSMANSin ja KOLENBRANDERin (1977) mukaan on kiinteän lannan typen vaikutus ensimmäisenä vuonna viljelykasvista riippuen 31-52 %, naudon lietelannan typen 53-64 %, sian lietelannan typen 57-72 % ja virtsan typen 77-78 % vastaavan väkilannoitetyppimäärän vaikutuksesta.

Edellä esitetyt tutkimustulokset vastaavat varsin hyvin ruotsalaisessa oppikirjassa esitettyjä arvioita, joiden mukaan kiinteän lannan typpivaikutus on ensimmäisenä

vuonna keskimäärin 30-40 ja lietelannan jopa 70 % vastaavan väkilannoitetyypin määrän vaikutuksesta (J. ERIKSSON ym. 1977, s. 293).

Suomessa saivat SALONEN ja HONKAVAARA (1954) karjanlannalla ja erilaisilla väkilannoiteyhdistelmillä tuloksen, joka vastaa hyvin ruotsalaista arviota lannan typen käyttökelpoisuudesta ensimmäisenä vuonna. Samoin LAINEen (1967) saama tulos lietelannan typen tehosta (70 % väkilannoitetyyppeen verrattuna) on sopusoinnussa ruotsalaisen arvion kanssa.

Karjanlannalla saattaa tietyissä tilanteissa olla edellä esitettyjä lukuja suurempikin vaikutus väkilannoitteisiin verrattuna. Esimerkiksi perunan hyvä hyötyminen lannasta, joka - käytettäessä selittäväenä tekijänä lannan kokonaistyyppiä - saattaa olla jopa 100 % väkilannoitetyyppeen verrattuna (DORPH-PETERSEN 1946), johtuu osittain muistakin tekijöistä, sillä lannan tyypestä jää perunan kasvuaikana varsin suuri osa mineraloitumatta. RUOKOSALMI ja SURVONEN (1936, s. 54) esittävät, että hyvin peittävän lehvästön omaavien viljelykasvien (peruna, juurikasvit) kyky hyötyä karjanlannasta viljakasveja paremmin johtuu näiden kasvien kyvystä käyttää hyväksi lannasta vapautuva hiilidioksidi. Myös lannan vaikutus maan vesitalouteen ja rakenteeseen on yksi selitys.

Lannan arvoa väkilannoitteisiin verrattuna kohottaa vielä sen jälkivaikutus, joka käytettäessä lantaa jatkuvasti saattaa olla erittäin merkittävä. Hyvin pitkäaikaisessa kiinteän karjanlannan käytössä voidaan päästä tilanteeseen, jossa maahan lannassa kertyneestä orgaanisesta aineesta vapautuu vuosittain tyyppiä lähes yhtä paljon kuin on kerralla levitettävässä lantamäärässä helppoliukoisessa muodossa. Osa mineraloituvasta tyypestä joutuu tosin hukkaan huuhtoutumalla.

Pyrittäessä korvaamaan karjanlannalla mahdollisimman paljon väkilannoitteita on lannan levitysmäärä ratkaiseva seikka. Helppoliukoista tyyppiä ei pitäisi tulla maahan vuosittain enempää kuin kasvit pystyvät hyödyntämään. Ylimääräinen tyyppi on kasvukauden ulkopuolella altista huuhtoutumiselle, mikä pienentää lannan vaikutusta väkilannoitteisiin verrattuna.

## 5. SUOSITUKSIA LANNAN HYVÄKSIKÄYTÖN TEHOSTAMISEKSI

Karjanlanta on aikojen kuluessa tutkittu hyvin paljon. Varsin hyvin tiedetäänkin, millä tavoin lannan talteenotto-, varastointi- ja käyttötapa vaikuttaa sen arvoon. Kuitenkin on olemassa ristiriita edullisimpien menetelmien ja käytännön välillä, mikä johtaa lannan lannoitus- ja maanparannusvaikutuksen jäämiseen odotettua pienemmäksi. Lannan ravinnearvon säilymisen kannalta parhaat menetelmät eivät ole saaneet käytännön sovellutuksia mm. kalleutensa ja työtekniisten heikkouksiensa takia. Lisäksi vaikeutena ovat tiedon puute ja lannan vähäinen arvostus. Tilanteen parantamiseksi esitetään seuraavaa:

### Tutkimustarve

1. Laadittaessa suosituksia lannan hyväksikäytön tehostamiseksi on ollut vaikeutena se, ettei lannan hoidon ja käytön nykytilanteesta maassamme ole tarkkaa tietoa. Tämä asia on varsinkin neuvonnan kannalta selvittämisen arvoinen. Lannan hoidon ja käytön kartoitus lienee varsin helppo suorittaa valtakunnallisen neuvontaorganisaation avulla. Selvitettävänä seikkoin tulisi olla lannan talteenotto- ja varastointitapa sekä lannan käyttöön liittyen levitysmäärä, levitysaika ja -tapa, lannoitettava kasvilaji sekä mahdollinen lisälannoitus. Tiloilla, joilla lanta käsitellään kiinteässä muodossa, tulisi erityisesti selvittää virtsan ja lantaveden talteenotto, varastointi ja käyttö.
2. Analyysitiedot suomalaisista lannoista ovat epävarmoja. Kiinteän lannan osalta ne ovat jo vanhoja, lietelannan osalta ne perustuvat varsin pieneen aineistoon, joka lisäksi ei ehkä ole edustava käytännön karjatilaja ajatellen. Laaja selvitys suomalaisen karjanlannan kasvinravinnepitoisuudesta on tarpeen.
3. Turve on pohjoismaisissa tutkimuksissa osoittautunut olkea ja sahanpurua edullisemmaksi kuivikkeeksi lannan kasvinravinnearvon säilymisen suhteen. Toisaalta on turpeen käytön hankaluutena sen pölyävyys, tahraavuus ja kalleus. Tulisi perusteellisesti selvittää turpeen sopivuus kuivikkeeksi, sen edullisin käyttötapa ja käytön kannattavuus. Tutkimusaihe edellyttää turpeen ja muiden kuivikkeiden keskinäistä vertailua karjasuojissa sekä eri kuivikkeilla talteenotetun lannan kasvinravinnearvon määrittämistä laboratorioanalyysien ja viljelykokein.
4. Lannan mekaaninen tiivistäminen oli entisaikaan yleisesti käytetty tapa pienentää varastoinnin aikaista typpihäviötä, mutta tavasta luovuttiin sen työläyden takia. Nykyisillä maatalouskoneilla tiivistäminen on kuitenkin helppo tehtävä.

Tulisikin selvittää mahdollisuudet lannan mekaaniseen tiivistämiseen varastossa ja tämän menettelyn kannattavuus. Tämä edellyttää käytännön varastointikokeiden suorittamista sekä eri tavoin varastoidun lannan kasvinravinnearvon selvittämistä laboratorioanalysein ja viljelykokein.

5. Lannan kevätlevitystä ei maassamme pidetä suositeltavana kylvön viivästymisen ja kylvöalustan mahdollisen turmeltumisen vuoksi. Kuitenkin on kevät lukuisissa pohjoismaisissa tutkimuksissa osoittautunut edullisimmaksi levitysjankohdaksi. Tulisi perusteellisesti selvittää mahdollisuudet lannan kevätlevitykseen eri kasvi- ja maalajeilla sekä erilaisin multaustavoin. Toisaalta, koska kaikkea lantaa ei pienten varastotilojen vuoksi voida levittää keväällä, tulisi myös tutkia lannan edullisin levitysaika ja -tapa syksyllä. Tämä edellyttää kenttäkokeita, joissa koetekijöinä olisivat mm. tarkka levitysaika (aikaisin tai myöhään syksyllä) ja maanmuokkausaika (ennen lannan levitystä tai sen jälkeen).

6. Kun lannan lannoitusarvoa ei tiedetä tai tiedosteta, lantaa levitetään yleisesti liian suuria määriä, vieläpä annetaan sen lisäksi tavallinen määrä väkilannoitteita. Tästä menettelystä olisi päästävä eroon kunnollisilla lannoitussuosituksilla, joiden perusteena tulisi olla kasveille käyttökelpoisten ravinteiden pitoisuus lannassa. Koska lannan ravinnepitoisuus vaihtelee hyvin paljon, tulisi jokaisesta levitetävästä lantaerästä suorittaa ravinneanalyysi. Tämä taas edellyttää nopeaa analyysipalvelua tai tilakohtaista analyysimenetelmää. Toinen mahdollisuus on, että laaditaan kirjallisuustietojen perusteella taulukot eläinten kasvuvaiheen ja ruokinnan sekä lannan talteenotto- ja varastointitavan vaikutuksesta lannan ravinnepitoisuuteen. Kenttäkokeilla tulisi tämän jälkeen selvittää levitysmäärän tarkentamisen vaikutus lannan ravinteiden hyväksikäyttöasteeseen.

7. Kun lannan levitysmäärä ratkaistaan typen riittävyyden perusteella, on muiden ravinteiden tarjonnasta huolehdittava väkilannoitelisäyksellä. Käytännössä tämä koskee fosforia, jota on karjanlannassa vaativien viljelykasvien tarpeeseen nähden liian vähän. Tulisikin kenttäkokein selvittää fosforilisälannoituksen tarve perunan ja juurikasvien viljelyssä. Myös mahdollinen kaliumlannoituksen säästö seuraavina vuosina on tarkemman selvityksen arvoinen. Kenttäkokeiden avulla olisi myös selvitettävä typpi- ja fosforilisälannoitustarve silloin, kun lannan levitysmäärä ratkaistaan kaliumin riittävyyden perusteella.

Neuvonnan tehtäväksi esitetään lisäksi seuraavaa:

1. On korostettava virtsan keskeistä merkitystä lannan ravinnesisällön kannalta. Virtsa ja lantavesi tulisi ottaa huolellisesti talteen, varastoida mahdollisimman tiiviissä säiliössä ja käyttää todella hyväksi.

2. Jotta lantaa ei tarvitsisi levittää epäedullisena ajankohtana, on korostettava tarpeeksi suurien varastotilojen merkitystä. Lantalan pohjan tulisi lisäksi olla tiivis. Lantalan kattamisella voidaan vähentää lantaveden muodostumista ja sen levitystyön tarvetta. Jos lantavetta ei käytetä hyväksi, on lantalan kattamisella suoranainen vaikutus lannan kasvinravinnearvoon.

3. On painotettava lannan nopean multaamisen merkitystä. Suurin hyöty lannasta saadaan sijoittamalla se (virtsa, lietelanta) suoraan maan sisään. Tällä menetetyllä on myös lannan ympäristöhaittoja vähentävä vaikutus.

4. Karjanlannan levitysmäärä tulisi ratkaista sen ravinnesisällön perusteella. Keväällä levitettäessä lienee virtsan ja lietelannan levitysmäärä edullisinta laskea typen riittävyden perusteella ja muiden ravinteiden tarjonnasta huolehtia väkilannoitelisäyksellä. Kuivikelannan käytössä saattaa - ainakin viljakasvien lannoituksessa - olla edullisempaa laskea levitysmäärä lannan kaliumpitoisuuden perusteella ja suorittaa typpilisäys väkilannoitteina. Lannan levitysmäärän laske-  
misessa voidaan käyttää tässä tutkimuksessa esitettyjä ravinnepitoisuuksia.

Korostettakoon vielä sitä, että lannanhoitoketju lannan talteenotosta peltoon multaamiseen asti on kokonaisuus, jossa mikään osavaihe ei saa pettää. Esimerkiksi lietelantamenetelmän etu lannan talteenotossa ja hyvässä varastoinnissa voidaan helposti menettää, jos lanta levitetään epäedullisena ajankohtana. Lannan hyväksikäytön tehostamiseksi on jokainen työvaihe yhtä tärkeä.

Tehostumista lannan hyväksikäytössä ei voida edellyttää, ennen kuin lannan arvo tiedostetaan. Vasta sitten, kun levitysmäärä ratkaistaan tarkasti lannan ravinnesisällön perusteella, herää mielenkiinto menetelmiin, joilla lannan ravinnehäviötä talteenoton, varastoinnin ja käytön yhteydessä pienennetään. Tavoitteena karjanlannan - kuten väkilannoitteidenkin - käytössä tulisi olla kasvien ravinnetarpeen tyydyttäminen.

## 6. KIRJALLISUUSLUETTELO

- 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. 1930a. Fodringsforsög samt opbevaringsforsög med staldgödning ved Aarslev 1911-1926. Tidsskrift for Planteavl 36: 600-604.
- 1930b. Forskellige udförseltider for staldgödning. Tidsskrift for Planteavl 36: 607-611.
- 1930c. Tab ved staldgödningens udbringning. Tidsskrift for Planteavl 36: 604-607.
- 1930d. 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 Landbruksakademiens Handlingar och Tidskrift* 71: 257-291.
- EKESBO, I. 1977. Aspekter på stallgødningens håndtering, 4. *Kungliga Skogs- och Landbruksakademiens 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. *Væxtodlingslära 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 Gødning och Kalkning*. 223 p. Stockholm.
- GUDDING, R. 1980. Overlevelsessevne hos salmonellabakterier. Esitelmä NJF:n seminaarissa "Stallgødning som væxtnæringskilde og miljörisk". *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. Gødningforsøg 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. 1975a. Lannan käsittely ja hyväksikäyttö. Työtehoseuran Julkaisuja n:o 180: 1-150.
- 1975b. Lannanpoisto kiinteänä ja lietteenä. Käytännön Maamies 24,5: 70-73.
  - 1978a. Lannanpoisto sikalasta - lanta on rahaa. Sika 8, 4: 8-10.
  - 1978b. Lannanpoistolaitteet. Työtehoseuran Julkaisuja n:o 204: 1-64.
  - 1978c. Nesteet pellolle. Käytännön Maamies 27,1: 22-25.
  - 1979a. Kuiviketurpeen hinta ja kuljetukset. Maaseudun Tulevaisuus 10.11.1979.
  - 1979b. 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. Koetoiminta ja Käytäntö 18,12: 39.
- IVERSEN, K. 1924. Undersøgelser vedrørende ajlens opbevaring. Tidsskrift for Planteavl 30: 149-168.
- 1927. Gödningsforsøg paa forsøgsstationerne ved Askov og Lyngby. Tidsskrift for Planteavl 33: 557-752.
  - 1934. Fordampningstabet ved ajlens udbringning. Tidsskrift for Planteavl 40: 169-234.
  - 1938. Problemer innen husdyrgjødelsespørgsmålet, referat for Danmark. Beretning om Nordiska Jordbruksforskeres Förenings Sjette Kongress. Uppsala, Juli 1938.
  - 1943a. Staldgødningens vinter-opbevaring. Tidsskrift for Planteavl 47: 651-667.
  - 1943b. Forsøg med ajle til baelgplante-graesblanding 1937-1940. Tidsskrift for Planteavl 47: 272-286.
  - 1944. Forskellig udførselstid for ajle. Tidsskrift for Planteavl 48: 337-357.
  - & DORPH-PETERSEN, K. 1948. Forsøg med staldgødningens opbevaring og anvendelse. Statens forsøgsviksomhed i Plantekultur n:o 412: 69-110.

- IVERSEN, K. & DÖRPH-PETERSEN, K. 1949. Forsög med staldgödningens opbevaring og anvendelse. Tidsskrift for Planteavl 52: 69-110.
- & DÖRPH-PETERSEN, K. 1952. Konservering af staldgødning med superfosfat. Tidsskrift for Planteavl 55: 282-302.
- JAAKKOLA, A. 1978. Peltojen lannoitus. Kasvinviljelyoppi 1. p. 145-191. Helsinki.
- 1979. Ravinteiden huuhtoutumistutkimus käynnistynyt. Koetoiminta ja Käytäntö 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.
- 1950a. Superfosfaatin käytöstä karjanlannan seassa. Valtion Maatal. koetoim. Julk. n:o 134: 1-35.
- 1950b. Karjanlanta kasvien fosforin lähteenä. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 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.
- KIVEKÄS, 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 staldgødning. Tidsskrift for Planteavl 72: 618-631.
- 1981a. Kobbertilførsel i gylle. Nordisk Jordbrugsforskning 63: 388-389.
- 1981b. Husdyrgødningens kvaelstofvirkning. Esitelämä NJF:n seminaarissa "Nitrogengjødslingens effektivitet og nitrogen tap". Ås, Norja. 17.-18.2. 1981. Moniste. 26 p. Saatavissa MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan laitokselta.
- KORKMAN, J. 1971a. Lietelanta lannoitusaineena. Pellervo 72: 500-501.
- 1971b. Lietelannan multauskokeet. Pellervo 72: 1034-1035.
- KÄHÄRI, J. 1974. Lietelannan kasvinravinnepitoisuuksista. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 46: 215-219.
- LAINEN, T. 1967. Lietelannan käyttöarvo. Koetoiminta ja Käytäntö 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. & SKÜTERUD, 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 husdyrgjödssel (gylle) gjennom röranlegg. *Nordisk Jordbrugsforskning* 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. Parasitära organismer i stallgödssel. *Nordisk Jordbrugsforskning* 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 Rakennustiedote* n:o 137: 1-5.
- NASI, 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. Koetoiminta ja Käytäntö 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 maatalouskoetoiminnan julkaisuja n:o 142: 1-41.
- 1965. Lannoituksen välittömästä vaikutuksesta ja jälkivaikutuksesta hietamaalla. Maatalous ja Koetoiminta 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 stallgödsel användningens situation i Sverige. Nordisk Jordbrugsforskning 63: 356-357.
- SIMOJOKI, P. 1961. Karjanlannan talvilevitys ja multaus. Koetoiminta ja Käytäntö 18,3: 12.
- 1977. Sikalan liettelannan lannoitusarvo. Koetoiminta ja Käytäntö 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. 1974a. Kemisk luktbekämpning. Nordisk Jordbrugsforskning 56: 70-71.
- 1974b. 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. 1974a. Ombländning av flytgödsel. Jordbrukstekniska institutet, Medd. n:o 355.
- 1974b. 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 kvælstoftab 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. Valtion Maatalouskoetöiminnan Julkaisuja n:o 64: 1-38.
- 1941. Karjanlannan, väkilannoitteiden ja kalkkikivijauhon käytöstä vuoden 1941 maataloustuotantotäistelussa. Maatalousministeriön Maataloustuotanto-osaston Julkaisuja n:o 1: 1-49.
- UHLEN, G. 1975. Forurensning ved avrenning etter spredning av husdyrgödsel 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.

## SÄILÖREHUN PURISTENESTE

Karjanlannan tavoin muodostaa säilörehun puristeneste karjajaloilla ongelman. Puristenesteen mukana menetetään kasvinravinteita ja toisaalta hukkaan valuva neste aiheuttaa vakavan vaaratekijän ympäristölle. Koska säilörehun puristeneste kuuluu olennaisesti karjanhoidon ongelmiin, on tämän asian käsittely yhdessä karjanlannan kanssa perusteltua.

### 1. PURISTENESTEEN MUODOSTUMINEN JA OMINAISUUDET

Säilörehun puristeneste muodostuu pääasiassa kasvin omista solunesteistä sekä määrän rehun mukana säilöön joutuvasta kaste- ja sadevedestä. Lisäksi puristemehu sisältää säilöntään käytettyä happoa. Puristenestettä muodostuu 0-30 % säilötyn raaka-aineen painosta. Määrä riippuu lähinnä raaka-aineen kuiva-ainepitoisuudesta, joskin myös kasvilaji, rehumassan hienousaste, säiliön muoto ja koko, rehun painotus sekä korjuuajan sää vaikuttavat nesteen määrään (SYRJÄLÄ 1979). Puristenesteen aiheuttama tappio jää melko vähäiseksi, kun rehun raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus on yli 25 % (HILTUNEN 1975, s. 23, SYRJÄLÄ 1979). Kun raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus on yli 30 %, ei puristenestettä muodostu lainkaan. Puristenestettä muodostuu NURMISTON (1978) mukaan 3-4 viikon ajan rehun valmistuksesta. KARLGRENIN (1966, ref. PANKAKOSKI 1974) mukaan tulee mehusta - siilo nopeasti täytettäessä - 90 % kymmenen ensimmäisen vuorokauden aikana.

Puristenesteen mukana menee hukkaan rehun ravinto-opillisesti arvokkainta ainesta. Raakavalkuaisen osuus puristemehun kuiva-aineesta on SYRJÄLÄN (1979) mukaan 20-30 %, tuhkaa on jopa yli 30 % ja loppuosa kuiva-aineesta on sokereita ja orgaanisia happoja. Säilörehun kivennäishäviö johtuu lähes yksinomaan puristenesteen valumisesta hukkaan. SYRJÄLÄN (1979) mukaan voi tuoreen säilörehun kivennäistappio puristenesteen mukana olla fosforin kohdalla jopa 22,5 %, kalsiumilla 19 %, magnesiumilla 32 %, kaliumilla 32,5 % ja natriumilla 44 %. RISSANEN ja KOSSILA (1977) havaitsivat tutkimuksessaan puristenesteen mukana menetetyt 10 % raaka-aineen fosforista, 13 % kalsiumista, 14 % magnesiumista, 19 % kaliumista, 12 % natriumista sekä kuparia lukuunottamatta yli 10 % raaka-aineen hivenmetalleista.

Säilörehusta erottuvan puristenesteen kuiva-ainepitoisuus on RISSANEN ja KOSSILAN (1977) mukaan 3-8 % ja ravinnepitoisuus: Ca: 0,42 g/kg, P: 0,21 g/kg, Mg: 0,17 g/kg, K: 3,88 g/kg, Na: 4,7 mg/kg, Fe: 31,9 mg/kg, Cu: 0,3 mg/kg, Zn: 4,7 mg/kg ja Mn: 10,2 mg/kg. Norjalaisten analyysien mukaan sisältää puristeneste kuiva-ainetta keskimäärin 3,7 %, typpeä 1,7 g/kg, kalsiumia 0,49 g/kg, magnesiumia 0,23 g/kg, fosforia 0,40 g/kg ja kaliumia 3,9 g/kg (HALAND 1979). HOLMAN (1981, s. 8) mukaan

muodostuu puristenestettä maassamme vuosittain noin miljardi kiloa.

## 2. PURISTENESTEEN TALTEENOTTO, VARASTOINTI JA KÄYTTÖ

Puristenesteen johtaminen pois säilörehusta on säilönnän onnistumisen kannalta välttämätöntä. Sitä ei kuitenkaan saa johtaa vesistöön tai kontrolloimattomasti maaperään. Vesistöön joutunut puristeneste rehevöittää vesikasvillisuutta ja aiheuttaa suoranaistakin vahinkoa happamuudellaan ja pieneliöstön toimintaa vilkastuttavalla vaikutuksellaan. Kontrolloimattomasti maaperään laskettu puristeneste voi puolestaan aiheuttaa kasvuston kuolemista, salaojien tukkeutumista ja pohjavesien pilaantumista (KIVINIEMI ym. 1980). Puristeneste on siten otettava talteen ja varastoitava. Nesteen muodostumista voidaan vähentää esikuivaamalla säilöttävä heinä.

Puristenesteen varastointitapa määräytyy nesteen lopullisen käyttötavan perusteella. Mikäli puristemehu halutaan käyttää lannoitteeksi, voidaan se johtaa varastoitavaksi lietelanta- tai virtsasäiliöön. Jos se taas halutaan käyttää esim. rehuksi, on erillinen keräilyssäiliö tarpeen. Lietelanta- tai virtsasäiliöön johtamisen haittana on puristenesteen happamuus, joka voi aiheuttaa betonirakenteiden rapautumista (HOLMA 1975a, s. 67). Lisäksi hapan puristeneste saattaa kiihdyttää rikkivedyn vapautumista lietelannasta (PANKAKOSKI 1974). Toisaalta puristenesteen hapattavalla vaikutuksella voi olla merkitystä lannan ammoniakkityypen säilymisessä (PANKAKOSKI 1974, HILTUNEN 1975).

SYRJÄLÄ (1979) mainitsee puristenesteen hyödyntämismahdollisuuksiksi lannoituskäytön, käytön suoraan rehuksi, käytön rehu- tai lannoiteseoksiin sekä käytön kasvualustana mikrobivalkuaisen tuotannossa. Kaksi viimeksi mainittua käyttötarkoitusta edellyttävät kuitenkin puristemehun kuivausta ja/tai kemiallista puhdistusta ja lienevät tällä hetkellä kannattamattomia. Puristenesteen käyttöä suoraan rehuksi vaikeuttaa sen huono säilyvyys ja muodostumisen lyhytaikaisuus. Eläimet tarvitsevat tietyn totutusajan puristenesteen käyttöön. Niinpä puristenesteen käyttöä rehuksi pidetäänkin melko kannattamattomana (SYRJÄLÄ 1979). Puristenesteen korkea kalium- ja nitraattipitoisuus saattaa jopa aiheuttaa vahinkoa puristemehua rehuksi käytettäessä (PUUMALA ja NISULA 1980). Norjalaisten tutkimusten mukaan (ref. RISSANEN ja KOSSILA 1977) vastaa 1,3 kg puristenesteen kuiva-ainetta - noin 32 kg puristemehua (4 % k.a.) - yhtä rehuyksikköä. Puristenesteen käyttö lannoitteena on melko ongelmattonta, jos se on talteenoton yhteydessä johdettu virtsa- tai lietelantasäiliöön. Erikseen talteenotetun puristenesteen levityksessä voidaan myös käyttää virtsan- tai lietelannan levityskalustoa.

Puristeneste sisältää typpeä 0,1-0,2 %, fosforia 0,02-0,07 % ja kaliumia 0,3-0,4 %



(BECKER ja NEHRING 1969, ref. NIEMINEN 1977). Siten 1 000 kg:ssa puristemehua on tyyppiä 1-2 kg, fosforia 0,2-0,7 kg ja kaliumia 3-4 kg. Vaikka puristemehu sisältääkin usein säilörehun helppoliukoisimman osan, ei mehun sisältämä typpi ole kokonaisuudessaan kasveille käyttökelpoista. HALANDIN (1979) kokeissa puristenesteen tyyppiä käyttökelpoisuus oli vain n. 40 % väkilannoitetyyppeen verrattuna. Siten puristenesteen ravinteista voidaan pitää tärkeimpänä kaliumia. Suuri kaliumpitoisuus taas tekee puristenesteen erityisen hyvin nurmen lannoitukseen sopivaksi. Käytettäessä puristemehua nurmen lannoitukseen saadaan 25 000-33 000 kg:ssa puristemehua 100 kg kaliumia/ha. Tässä puristemehumäärässä tulee samalla kasveille käyttökelpoista tyyppiä 10-30 kg/ha ja fosforia 5-23 kg/ha, joilla määrillä väkilannoitusta voidaan vastaavasti pienentää. Suurempiakin määriä puristenestettä voidaan pinta-alayksikköä kohden levittää, mutta tällöin pienenee sen kaliumin hyväksikäyttöaste. HALAND (1979) käytti menestyksellisesti 80 000 kg puristenestettä/ha nurmen lannoitukseen. PUUMALAN ja NISULAN (1980) mukaan voidaan kesantomaalle levittää puristenestettä jopa 100 000-150 000 kg/ha.

Puristenesteen käyttö nurmen lannoitukseen voi aiheuttaa kasvustoon polttovioituksia. Vioitusten on havaittu olevan sitä pahempia mitä myöhemmässä kasvuvaiheessa levitys suoritetaan (HALAND 1979). Levitys olisi tämän vuoksi tehtävä mahdollisimman pian niiton jälkeen. Käytännössä tulisi ensimmäisestä sadosta erottuva puristeneste levitettäväksi heti toisen niiton jälkeen. Myös puristenesteen sijoittaminen multauslaitteistolla suoraan maan sisään vähentää kasvustovioituksia.

### 3. SÄILOREHUN PURISTENESTEEN HYVÄSIKAYTÖN TEHOSTAMINEN

Verrattuna karjanlanttaan on säilörehun puristenesteen merkitys maatalouden ravinetappioiden syynä varsin pieni. Hukkaan valuva puristeneste saattaa kuitenkin olla tilakohtaisesti lantaakin pahempi ympäristöongelma. Tämän vuoksi puristeneste tulisi ottaa huolellisesti talteen.

Puristeneste voidaan johtaa varastoitavaksi lietelanta- tai virtsasäiliöön. Säiliössä tulisi tällöin olla lantaa betoniseinien rapautumisen estämiseksi. Ilman vesilukkoa karjasuojaan yhteydessä olevaan lietelantasäiliöön ei puristemehua kuitenkaan tulisi johtaa, jos karjasuojassa on eläimiä.

Säilörehun puristeneste sopii ominaisuuksiltaan hyvin nurmen lannoitusaineeksi. Levitysmäärä on paras laskea siten, että puristenesteen kalium riittää tyydyttämään nurmen K-tarpeen, typpi- ja fosforilannoituksesta on huolehdittava väkilannoitetyydennyksellä. Kasvuston polttovioitusten välttämiseksi on puristenesteen levitys sijoittamalla suositeltavaa.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- HILTUNEN, A. 1975. AIV-aapinen eli vihreä AIV-linja. 98 p. Seinäjoki.
- HOLMA, M. 1975. Lannan käsittely ja hyväksikäyttö. Työtehoseuran Julkaisuja n:o 180: 1-150.
- 1981. Esitutkimus lannan hyväksikäytöstä. Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 Rahasto. 65 p. Helsinki.
- HALAND, A. 1979. Silopressaft som enggjödsel. Forskning og Forsög i Landbruket 30: 305-317.
- KIVINIEMI, J., POKKI, J., OKSANEN, E. H. & TURKKILA, K. 1980. Nurmisäilörehun valmistuksen ja käsittelyn tekniikka. VAKOLAN tutkimusselostus n:o 23: 1-132.
- NIEMINEN, L. 1977. Puristemehun käytöstä ja arvosta erilaisia käsityksiä. Käytännön Maamies 26,4: 67-72.
- NURMISTO, U. 1978. Lannan, virtsan ja puristenesteen varastointi. Työtehoseuran Rakennustiedotus 137: 1-5.
- PANKAKOSKI, M. 1974. Säilörehun puristemehu karjatalouden jäteongelma. Karjatalous 50,8: 16-17.
- PUUMALA, L. & NISULA, H. 1980. Puristenesteen käyttö edullisin lannoituksessa. Karjatalous 56,4: 32-33.
- RISSANEN, H. & KOSSILA, V. 1977. Mitä menetetään puristemehussa. Käytännön Maamies 26,4: 59.
- SYRJÄLÄ, L. 1979. Puristeneste - säilörehun valmistuksen ongelma. Karjatalous 55,5: 35-36.