

Laiduntamisen ja säilörehuniiton aiheuttama ravinne- ja mikrobikuormitus pohjaveteen hietamaalla

Kirsi Järvenranta¹, Perttu Virkajärvi¹, Helvi Heinonen-Tanski² ja Irmeli Taipainen³

¹Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Pohjois-Savon tutkimusasema, Halolantie, 71750 Maaninka kirsi.jarvenranta@mtt.fi, perttu.virkajarvi@mtt.fi

²Kuopion Yliopisto, Ympäristötieteiden laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, helvi.heinonen-tanski@uku.fi

³Pohjois-Savon Ympäristökeskus, Sepänkatu 2B, 70100 Kuopio, irmeli.taipainen@vyh.fi

Johdanto

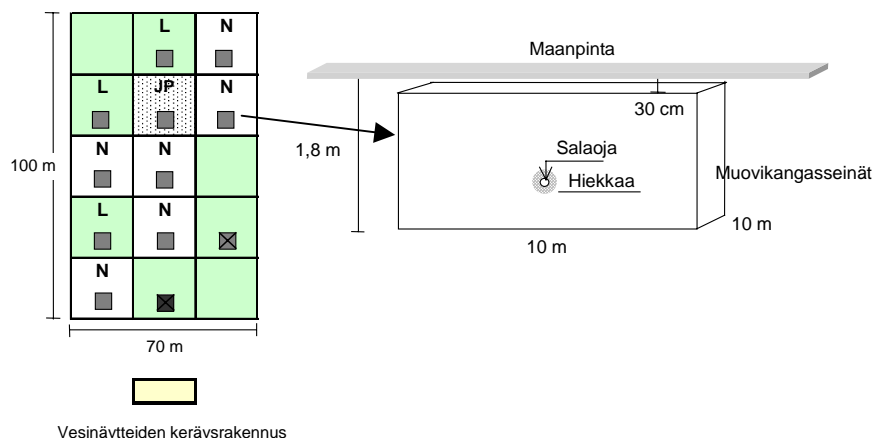
Laidunten ravinnekuormitus on niitonurmiin verrattuna huomattavasti suurempaa. Niitonurmelta suurin osa annetuista ravinteista poistuu sadon mukana, kun taas laitumilla noin 80 - 90 % lehmän syömistä ravinteista palaa ulosteiden mukana takaisin laitumelle. Ulkomaisten tutkimusten mukaan intensiivisessä laiduntamisessa ulosteiden kohdalle syntyvä typpikuormitus on kerta-annoksena luokkaa 900 kg ha⁻¹ ja virtsan vastaava kuormitus 300 - 600 kg ha⁻¹ (Holmes 1989). Sonnan orgaaninen tyyppi vapautuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon hitaasti, mutta suurin osa virtsan tyypeistä on heti liukoisessa muodossa ja liikkuu helposti maaperää huuhtovan veden mukana pohjavesiin. Pohjois-Saksassa tehdyissä tutkimuksissa laitumelta huuhtoutuva nitraatin määrä oli 1.8 -5.0 -kertainen niitonurmiin verrattuna (Benke 1992), mikä johtuu juuri laitumen sisäisestä typpikuormituksesta. Ulosteiden mikrobien huuhtoutuminen pohjavesiin on myös mahdollista. Sen sijaan eritteiden fosfori ei karkeilla kivennäismailla yleensä kulkeudu pohjavesiin saakka, vaan sitoutuu partikkeleihin maan pintakerroksessa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää laitumen ja niitonurmen aiheuttamaa ravinne- ja mikrobikuormitusta pohjavesiin. Erityistä huomiota kiinnitettiin juomapisteen aiheuttamaan kuormitukseen.

Aineisto ja menetelmät

Koe tehtiin MTT:n Pohjois-Savon tutkimusasemalla Maaningalla sijaitsevalla ympäristökeskuksen lysimetrikentällä. Kentän maaperä on vettä helposti läpäisevää multavaa hietaa. Kokeessa oli kolme laidunruutua, juomapiste ja kuusi niittoruutua (kuva 1). Lysimetrit ovat pinta-alaltaan 100 m² kokoisia muovikankaasta tehtyjä altaita, joiden sisällä on salaojaputki. Putki johtaa keräysrakennukseen, jossa valumäärä rekisteröitiin ja vedestä otettiin kokoomanäyte. Näytteestä määritettiin Pohjois-Savon ympäristökeskuksessa pH, sähkönjohtokyky, kokonais-, nitriitti-, nitraatti- ja ammoniumtyppi, kokonais- ja fosfaattifosfori, rauta sekä mangaani. Ainevirtaamat saatiin kertomalla näytteen ainepitoisuudet valumaveden määrällä.

Nurmen alkumassa mitattiin. Lehmien määrä sovitettiin jokaiselle laidunkierrokselle niin, että yhtä eläintä kohti oli tarjolla 23 kg laitumen kuiva-ainetta. Laitumen alku- ja loppukorkeudet mitattiin nurmitikulla. Lisäksi mitattaessa eroteltiin syödyt alueet ja hylkylaitut.



Kuva 1. Kartta lysimetrikentästä (N=niittoruutu, L=laidunruutu ja JP=juomapiste) sekä lysimetrin rakennekaavio. X:llä merkityt lysimetrit eivät olleet käytössä tässä kokeessa.

Sekä niitonurmen että laidunnurmen lannoitus oli suositusten mukainen $220 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Vuonna 1999 laskettiin jokaisen laidunkierroksen jälkeen lysimetriruutujen päälle kertyneet sontakasat, jotta pystyttiin arvioimaan eritteiden mukana laitumelle palautuvien ravinteiden määrää.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Sadot ja laidunnuksen onnistuminen

Vuonna 1998 kasvukausi oli sateinen ja viileä, mikä näkyy sadon määrässä verrattuna kuivaan ja lämpimään kesään 1999 (taulukko 1). Säilörehu niitettiin kolmesti ja muu alue laidunnettiin viisi kertaa kesässä. Niitonurmi tuotti molempina vuosina korkeamman yhteiskuiva-ainesadon kuin laidunnurmi. Korkeammasta typpipitoisuudesta johtuen laidunnurmen typpisato oli kuitenkin vuonna 1999 niitonurmen typpisatoa suurempi.

Laiduntaminen onnistui hyvin; laitumen keskimääräiset alku- ja loppukorkeudet vastasivat suositusta kumpanakin vuonna. Hylkylaikkujen (nurmen loppukorkeus $> 20 \text{ cm}$) osuus oli myös melko alhainen (Virkajärvi ym. 2001). Eläinmäärän mitoitus on ravinteiden huuhtoutumisen kannalta avainasemassa, sillä tulevien ulosteiden määrä on suoraan verrannollinen eläintihyteen.

Taulukko 1. Sato- ja laidunnustiedot niitto- ja laidunlysimetreiltä 1998-1999. Taulukossa keskiarvot, suluissa keskivirhe.

	1998		1999	
	Niitto	Laidun	Niitto	Laidun
Sato kg KA ha^{-1}	8810 (447)	6020 (78)	8980 (252)	7940 (503)
N pitoisuus g (kg KA)^{-1}	26.4 (0.28)	36.7 (0.54)	27.8 (0.62)	34.9 (1.05)
N sato kg ha^{-1}	233 (14.3)	224 (6.1)	250 (13)	278 (26)
Nautayksikkövuorokausia vuosi^{-1}		278		355
Nurmen alkukorkeus, cm (min - maks)		16.6 - 34.7		14.7 - 42.0
Nurmen loppukorkeus, cm (min - maks)		9.2 - 14.4		7.9 - 16.0
Hylkylaikkujen osuus, % (min - maks)		12.0 - 29.8		12.0 - 34.0

Laitumelle palautuvat ravinteet

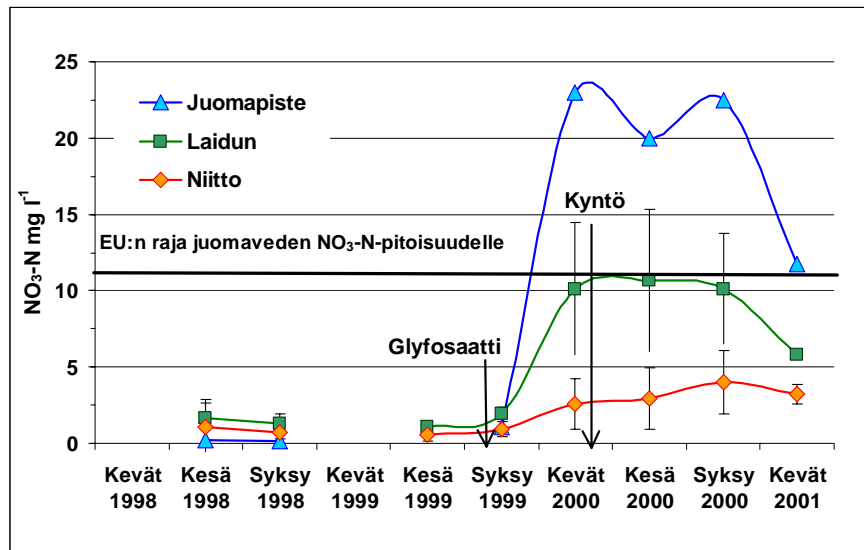
Laitumelle palautuvien ravinteiden määrän arvioimiseksi alueelle kertyvien sontakasojen määrä laskettiin vuonna 1999 jokaisen laidunkierroksen jälkeen. Aarin kokoisen lysimetrin päälle tuli keskimäärin 48 sontakasa ja juomapisteesen kasoja kertyi 90 kappaletta. Sontakasojen keskimääräinen paino (2.0 kg) saatiin kirjallisuudesta (Haynes ja Williams 1993) ja ravinnepitoisuus rinnakkaisessa laidunkokeessa otetuista sontanäytteistä. Virtsassa erittyvän typen osuus arvioitiin kesällä 1999 asemalla tehdyn fysiologisen kokeen perusteella (MTT, julkaisematon). Virtsassa erittyi arviolta 68 % tpeestä, mikä on hieman korkeampi kuin Haynesin ja Williamsin (1993) kirjallisuudesta keräämät arvot 60 - 65 %. Tällä laidunpaineella voidaan siis arvioida laitumelle palautuneen vuonna 1999 tyypeä yli 96 kg ha^{-1} väkilannoituksen lisäksi. Juomapaikan osalta vastaava lisäkuormitus oli n. 181 kg ha^{-1} .

Huuhtoutuvan veden ravinnepitoisuudet

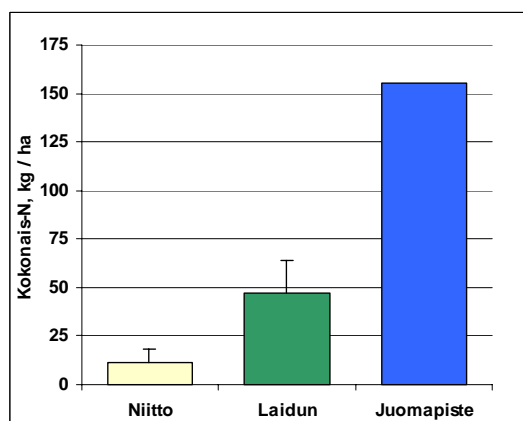
Laidun- ja niitoruuduista huuhtoutuvan veden kokonais- ja nitraattityppipitoisuudet olivat vuosina 1998 ja 1999 alhaisia, vaikka nitraattimuodossa oleva tyyppi liikkuukin vapaasti maaveden mukana (kuva 2). Tyypeä huuhtoutui pohjaveteen alle 2 kg hehtaarilta vuodessa eikä käsittelyiden välillä ollut eroa. Myös kokonais- ja fosfaattifosforipitoisuudet olivat 1998-99 hyvin alhaisia. Fosfori sitoutuu tällä maalajilla pintamaahan eikä huuhtoudu pohjavesiin. Laiduntaminen ei tutkimuksen kahden ensimmäisen vuoden aikana aiheuttanut merkittävää kuormitusta pohjavesiin.

Koko alueen kasvusto tuhottiin glyfosaatilla syksyllä 1999 ja nurmi uusittiin toukokuun lopussa 2000. Koska kasvusto ei enää sitonut ravinteita, laidunlohkoilta tulevan veden nitraattityppipitoisuus kohosi keväällä 2000 huomattavasti (kuva 2) ja juomapaikalta tulevan veden pitoisuus ($21,8 \text{ mg l}^{-1}$) ylitti selvästi EU:n nitraattidirektiivin asettaman rajan $11,3 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$. Juomapisteesestä huuhtoutui nurmen uusimisvuonna $151 \text{ kg kokonais-N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (kuva 3). Valumaveden typpipitoisuus pysyi vuodenaikasta riippumatta samana, joten eniten tyypeä huuhtoutui keväällä valumahuipun aikana. Nurmen uusimisen on muissakin tutkimuksissa havaittu lisäävän typen mineralisaatiota ja huuhtoutumista eri-

tyisesti laitumilla, missä maahan kertyy runsaasti sonnan orgaanista typpeä (Johnston ym. 1994; Hassink ym. 1990).



Kuva 2. Niitto- ja laidunlysimetrivereden nitraattityppipitoisuus käsittelyvuosina 1998-1999 ja nurmen uusimisvuonna 2000. (Pystyjanat = keskipvirhe)



Kuva 3. Niitto- ja laidunlysimetriverdessä huuhtoutunut kokonaistypin määrä (kg ha⁻¹) nurmen uusimisvuonna 2000. (Pystyjanat = keskipvirhe)

Niitto- ja laidunalueen tyypitase

Aineiston perusteella laadittiin esimerkinomainen tyypitaselaskelma (taulukko 2). Annettuun tyyppiin laskettiin mukaan lannoitus, väkirehut ja sadeveden mukana tullut typpilaskeuma. Kokeessa ei käytetty lietelantaa nurmea perustettaessa, mikä olisi ollut tavanomainen ratkaisu etenkin niitonurmen osalta. Poistumapuolelle on niitonurmen osalta huomioitu sadon mukana poistunut N, ja huuhtoutunut N. Laidunkoejäsenelle on laskettu maidon mukana poistunut N, lypsyn aikana navettaan eritteissä jäänyt N sekä huuhtoutunut N. Osa eläinten eritteiden tyyppistä myös haihtuu, mutta haihtumista ei ole tutkittu Suomen olosuhteissa, joten sen arvioiminen olisi epävarmaa. Ulkomaisissa tutkimuksissa eritteistä on haihtunut ammoniakkiin ja typen oksidien mukana 10-30 % niiden sisältämästä tyyppistä. Koska säilörehun mukana poistuu huomattavasti enemmän tyyppiä kuin maidossa ja navettaan jääneissä eritteissä, on niitonurmen tyypitase negatiivinen ja laitumen positiivinen.

Kahden koevuoden aikana laitumelle kertyi lannoitteissa ja eritteissä yli 380 kg N ha⁻¹. Tästä määrästä poistui nurmen uusimisvuoden sadossa 23,4 % ja huuhtoutui 12,1 %. Laitumelle jäi tyyppiä tämän laskelman mukaan yli 245 kg ha⁻¹, kun taas niitonurmen tyypitase oli kolmen vuoden jälkeen n. 135 kg ha⁻¹ negatiivinen. Voimakas typen kertyminen selittää sen, että Suomessa tehdyissä laidunten lannoituskokeissa tyyppille on saatu alhaisia vasteita, (5-10 kg ka kg⁻¹ N, esim. Ettala ym. 1971), kun taas niitonurmilta vastaavissa kokeissa on saatu yli kaksinkertaisia vasteita (esim. Hiivola 1974). Sekä voimakas typen kumuloituminen että lannoituskokeissa lisätyypille saadut alhaiset vasteet viittaavat siihen, että laidunten lannoitusta olisi syytä selvittää tarkemmin.

Taulukko 2. Niitto- ja laidunalueiden typpitaseet vuosina 1998-2000 (Haihtunutta typpeä ei huomioitu).

	1998		1999		2000	
	Niitto	Laidun	Niitto	Laidun	Niitto	Laidun
Annettu N kg ha ⁻¹						
Lannoitus	220	220	220	220	-	-
Väkirehu		26,2		35,8		
Sadevesi	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Yhteensä	222,4	248,6	222,4	258,2	2,4	2,4
Poistunut N kg ha ⁻¹						
Säilörehu	233	-	245	-	90*	90*
Maito	-	26,3	-	49	-	-
Eritt. lypsytyn aikana		19,2		26,8		
Huuhtoutunut	1,7	1,4	0,7	1,1	12	46
Yhteensä	234,7	46,9	245,7	76,9	102	136
N tase kg ha⁻¹	-12,3	201,7	-23,3	181,3	-99,6	-133,6

*koko alue niitetty kerralla, ei erillisiä rehunäytteitä laidun ja niittoruuduista

Mikrobit

Vuonna 1998 saatiin runsaasti vesinäytteitä, koska kesä oli poikkeuksellisen sateinen. Mikrobiologisesti lysimetriverdet eivät - lukuun ottamatta juomapisteenä ollutta ruutua - sisältäneet ollenkaan suolistomikrobeja. Kaikista laidunnuksen aloittamisen jälkeen otetuista juomapisteen vesinäytteistä löydettiin pieni määrä enterokokkeja, mutta ei muita indikaattorimikrobeja, joten kyseessä voisivat olla kasvikunnasta peräisin olevat streptokokit.

Kuivuuden tähden kesältä 1999 saatiin vain vähän näytteitä. Kevään ja kesän näytteistä ei voitu havaita ulosteen mikrobeja. Kokonaismikrobipitoisuudet olivat kohtuullisen pieniä lukuun ottamatta yhden niittoruudun kevään tulosta 160 000 kpl ml⁻¹. Syksyllä 1999 maalajiltaan läpäisevimmistä ruuduista tulleiden vesien kokonaismikrobipitoisuudet olivat erittäin korkeita: 13 000 000 - 72 000 000 kpl ml⁻¹. Näistä kaksi oli laidunruutuja ja niistä oli osoitettavissa pieniä määriä monia eri ulostemikrobiryhmiä. Myöhemmin samana vuonna saaduista näytteissä ei enää havaittu mitään hälyttävää, paitsi juomapisteen näytteestä löydettiin 1 kpl ml⁻¹ voihapsaa tuottava klostridi (joka siis voisi pilata juustonvalmistuksen).

Keväällä 2000 lysimetriveresien heterotrofisten mikrobien geometrinen keskiarvo oli edellisen vuoden niittoruuduista 800 kpl ml⁻¹ ja laidunnuruuduista 4300 kpl ml⁻¹. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Vuoden 1999 juomapaikan lysimetriveresistä ei voitu osoittaa merkkejä ulostesaastunnasta.

Yhteenveto ja johtopäätökset

Laitumille kertyi kokeen aikana typpeä huomattavasti enemmän kuin niitonurmille. Tämä ei kuitenkaan lisännyt typen huuhtoutumista kahtena ensimmäisenä laidunvuonna niittokäsittelyyn verrattuna. Nurmen uusimisen jälkeisenä vuonna laitumelta huuhtoutui lähes neljä kertaa enemmän typpeä kuin niittoalueelta. Juomapisteenä typpeä huuhtoutui yli 150 kg ha⁻¹ ja juomapiste on suhteellisesti pahin typpikuormituksen aiheuttaja laitumella. Typen kumuloituminen ja laitumien lannoituskokeissa saadut heikot vasteet annetulle lisätyypelle antavat aiheutta tarkastaa laitumien lannoitussuosituksia niitonurmiin verrattuna. Lisäksi laiduntaminen ja juomapiste aiheuttavat jonkin verran mikrobikuormitusta pohjavesiin etenkin valumahuippujen aikana.

Lähteet

- Benke, M.** 1992. Inauguraldissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 125 p.
- Ettala, E., Poutiainen, E., Lampila, M., Rinne, K. & Takala, M.** 1971. Kehittyvä maatalous 4/1971. pp. 18-30.
- Hassink, J., Scholefield, D. & Blatern, P.** 1990. Proceedings of the 13th General Meeting, European Grassland Federation, Banska Bystrica, Czechoslovakia, Vol. II, pp. 25-32.
- Haynes, R.J. & Williams, P.H.** 1993. Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem. *Adv. Agron.* 49:119-199.
- Hiivola, S-L., Huokuna, E., Rinne, S-L.** 1974. *Agrogeologia et -chimica/Ann. Agric. Fenn* 13(70): 149-160.
- Holmes, W.** 1989. Grass. Its production and utilization. Blackwell Scientific Publications. p. 305
- Johnston, A.E., McEwen, J., Lane, P.W., Hewitt, M.V., Poulton, P-R. & Yeoman, D.P.** 1994. *J. of Agric. Sci. Cambridge* 122:73-89.
- Virkajärvi, P., Sairanen, A., Nousiainen, J. & Järvenranta, K.** 2001. Laiduntamisen tehokkuuteen vaikuttavat tekijät. NURMI 2001 Symposium: esitykset ja tilastokuvauksia. Suomen nurmijhdistyksen julkaisu nro 15:42-47.