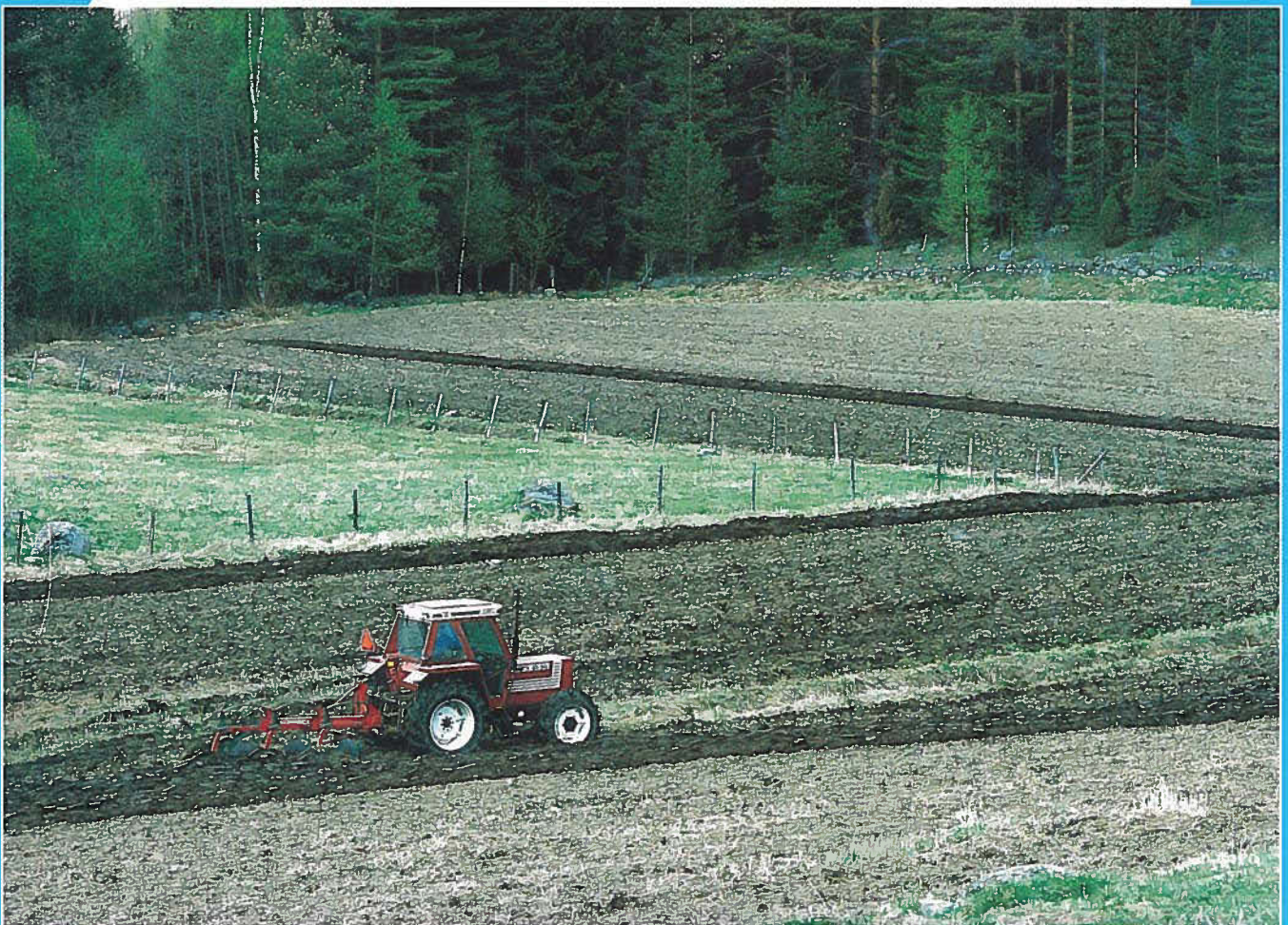




YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Leena Huttunen, Esa Rönkä ja Jukka Matinvesi

Erilaisten viljely- ja lannoitustapojen vaikutus pohjaveden laatuun



Leena Huttunen, Esa Rönkä ja Jukka Matinvesi

Erilaisten viljely- ja
lannoitustapojen
vaikutus pohjaveden
laatuun

HELSINKI 2000

ISBN 952-11-0065-6
ISSN 1238-7312

Kannen kuva: Jorma Peiponen

Oy Edita Ab
Helsinki 2000

Alkusanat

Vuonna 1985 käynnistettiin silloisessa Vesi- ja ympäristöhallituksessa (1.3.1995 lähtien Suomen ympäristökeskus) projekti ”Peltolannoituksen vaikutus pohjaveden typpipitoisuuteen”. Tavoitteena oli vähiten pohjavettä kuormittavien maanviljelystapojen löytäminen.

Seurantatutkimukset aloitettiin sekä Rengon harjun maatalousalueella että Maaningan Halolassa, maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Savon tutkimusasemalla. Maaningalla seurattiin viljely- ja lannoitustapojen vaikutuksia pohjaveden laatuun lysimetrien avulla.

Maaningan projektin käytännön työt on hoitanut Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri yhteistyössä Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Savon tutkimusaseman kanssa. Tutkimusaseman johtajaa, Kalle Rinnettä, kiitämme hyvästä yhteistyöstä. Tutkimuksen näytteet on analysoitu Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin laboratoriossa.

Julkaisun referoijina ovat toimineet MMT Seppo Rekolainen ja dosentti Jouko Soveri. Yksityiskohtaisia kommentteja käsikirjoitukseen ovat antaneet Seppo Rekolainen ja dosentti Pertti Seuna. Esitämme heille lämpimät kiitokset.

Helsingissä

Leena Huttunen

Esa Rönkä

Jukka Matinvesi



Sisällys

Alkusanat	3
I Johdanto	7
2 Koealue ja -järjestelyt	8
2.1 Koealue	8
2.2 Lysimetrien rakentaminen	8
2.3 Sääolot	8
2.4 Analyysimenetelmät	10
3 Lysimetrikokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu	12
3.1 Lysimetrien toimivuuden seuranta	12
3.2 Viljely- ja lannoituskokeet	14
3.2.1 Kyntökokeet	14
3.2.2 Typpilannoituskoe	17
3.2.3 Tuorerehuaumakokeet	20
3.3 Veden laatu lysimetrin pohjalla	22
4 Alueen normaalipintaisen pohjaveden laatu	24
5 Johtopäätökset	27
5.1 Viljely- ja lannoituskokeet	27
5.2 Tulosten edustavuus	27
Kirjallisuus	28
Liitteet	
Liite 1. Maalajijakauma lysimetreissä eri syvyyksillä	29
Liite 2. Maalajijakauma pohjavesiputkilla eri syvyysväleillä	30



Johdanto

Maatalouden aiheuttama fosfori- ja typpikuormitus on nykyisin suurempi kuin teollisuuden ja asutuksen yhteensä aiheuttama kuormitus. Keskimääräinen fosforilannoitustaso Suomessa on noin 40 kg/ha ja keskimääräinen typpilannoitustaso noin 100-120 kg/ha. Maatalouden aiheuttama fosforikuormitus oli keskimäärin 0,95-1,70 kg/ha ja typpikuormitus 17,5-19,5 kg/ha vuosina 1986-1990 (Rekolainen ym. 1993). Pelloilta tuleva fosfori ja typpi aiheuttavat pintavesien rehevöitymistä. Pohjavesissä maatalouden ravinnekuormitus näkyy useimmiten pelkästään nitraattipitoisuuden nousuna, koska fosfori sitoutuu tehokkaasti mineraalimaan.

Suuret nitraattipitoisuudet juomavedessä aiheuttavat terveysriskejä. Raja-arvo talousveden nitraattipitoisuudelle on Suomessa 25 mg/l, nitraattityppipitoisuudelle 6 mg/l (sosiaali- ja terveysministeriö 1994). Haja-asutusalueiden kaivoissa on todettu yli 100 mg/l:n ylittäviä pitoisuuksia ja parilla kymmenellä vedenottamalla on jo raja-arvon ylittäviä pitoisuuksia (Korkka-Niemi ym. 1993, Lehtikangas ym. 1995, Huttunen 1995). Lannoitteet ovat pohjavesien suurin typpikuormittaja. Tärkeät pohjavesialueet sijaitsevat Suomessa kuitenkin usein harjualueilla, eikä niillä viljellä laajasti. Poikkeuksen muodostavat nk. piiloharjut, joissa harjun karkea ydinosa on peittynyt hienommilla aineksilla ja harju voi olla kokonaan peltojen peittämä. Näin on esimerkiksi osalla Rengon harjua, jossa pohjaveden nitraattipitoisuudet ovat nousseet 20 mg/l:aan (Huttunen & Rönkä 1994).

Tämän tutkimuksen kokeet tehtiin maatalouden tutkimuskeskuksen pelloilla, Maaningan Halolassa, jotka ovat hyvin läpäisevää karkeaa hietaa. Pintavalunnan osuus on pieni, joten ravinteet kulkeutuvat suotoveden mukana ja päätyvät pohjaveteen. Pohjaveden laatua tutkittiin pellolle kaivettujen lysimetrien avulla. Lysimetrien "päällä" tehtiin kokeita kyntöajankohdan, typpilannoitustason ja tuorerehuaumauksen vaikutuksista pohjaveden laatuun.

Lysimetrit rakennettiin talvella 1985/1986. Vuosina 1987 - 1989 niillä tehtiin kyntökokeita, vuosina 1990 - 1992 typpilannoituskokeita ja vuosina 1993 - 1995 tuorerehuaumakokeita.

Maaningan lysimetritutkimuksen tuloksia on aiemmin julkaistu useissa eri yhteyksissä (Rönkä 1986, Rönkä ym. 1987, Rönkä 1988, Rinne & Matinvesi 1990, Matinvesi 1992). Tässä raportissa niitä on analysoitu laajemmin kuin aiemmissa julkaisuissa ja uutta tietoa ovat mm. tuorerehuaumakokeiden tulokset.

2

Koalue ja -järjestelyt

2.1 Koalue

Maatalouden tutkimuskeskuksen koasemalle Maaningan Halolaan oli jo aiemmin rakennettu koekenttä lietalannoituksen huuhtoutumistutkimuksia varten. Koekentän kaltevuus on 3 - 8 metriä tuhannella metrillä ja maalaji keskimäärin karkeaa hietaa. Pintavalunta oli noin 10 % sadannasta. Pintakerroksen vedenjohtavuus kentällä vaihteli välillä 10^{-7} - 10^{-5} cm/s (Melanen ym. 1985).

2.2 Lysimetrien rakentaminen

Talvella 1985/1986 rakennettiin huuhtoutumiskentän 12 ruutuun lysimetrit (Kuva 1), joilta saatiin mitattua kaikki pohjaveteen menevä vesi.

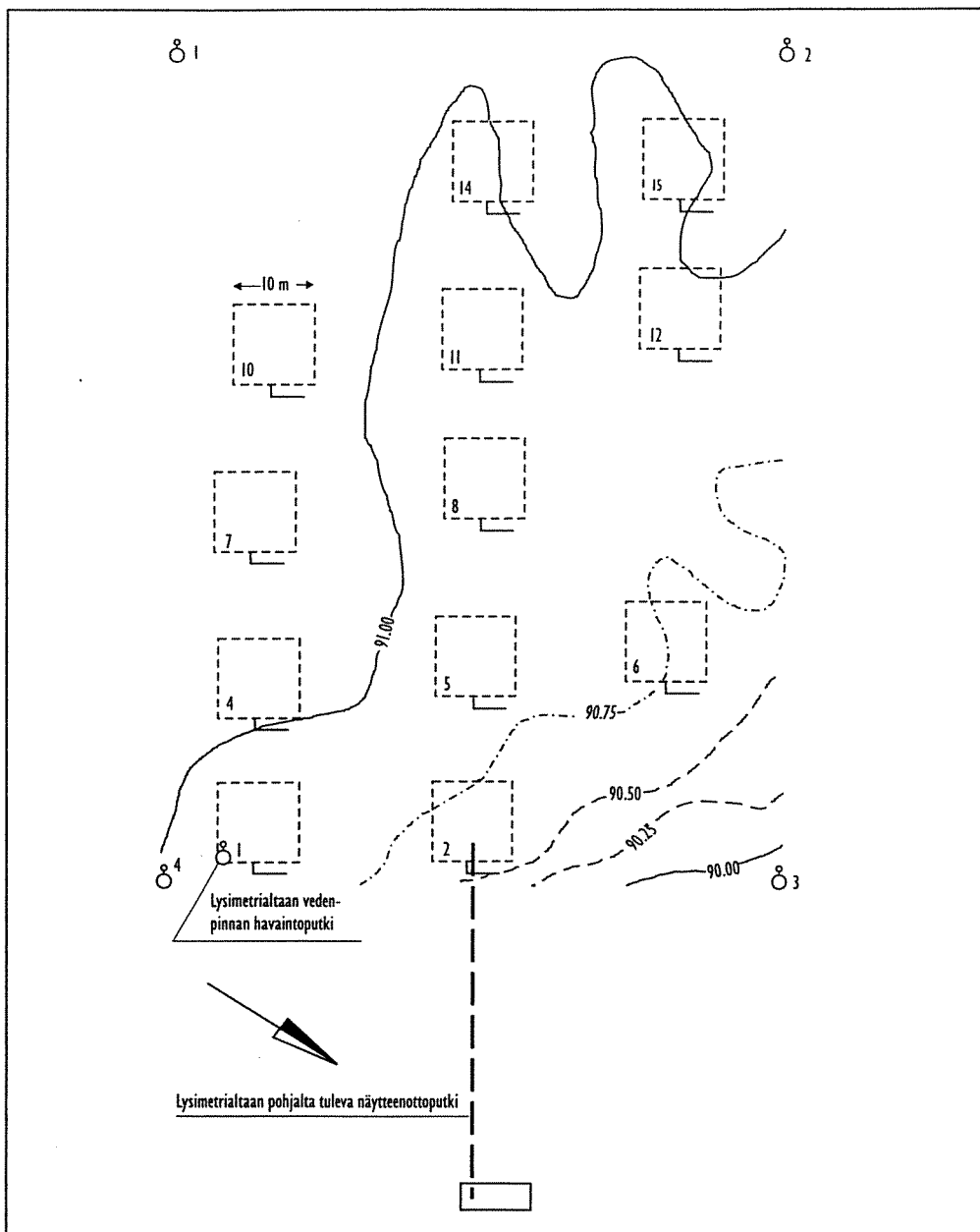
Lysimetrit ovat neliön muotoisia (10 x 10 m) ja niiden syvyys on 1,8 m. Lysimetreissä kulkee 1,1 m syvyydessä salaojaputki, joka johtaa näytteenottorakennukseen. Lysimetrin pohjan ja seinämät muodostaa yhtenäinen muovipressu, jonka reunat ulottuvat muokkauskerroksen alapuolelle (Kuva 2). Lysimetrin pohjalle, salaojaputken alapuolelle, muodostuu pohjavettä kuvaava orsivesiallas, jossa periaatteessa voi tapahtua samat biologiset ja kemialliset toiminnot, kuin luonnossakin. Tosin lysimetrien asentamiseksi maa jouduttiin kaivamaan pois ja sitten asettamaan takaisin, joka muuttaa luonnontilaa. Jokaisen lysimetrin salaojasta tuleva vesimäärä mitattiin ja niistä kerättiin kokoomanäytteitä analysointia varten. Lysimetriin nro 1 asennettiin havaintoputki, joka ulottuu lähelle altaan pohjaa. Lysimetrin nro 2 pohjalta johdettiin putki näytteenottorakennukseen, josta voitiin jatkuvasti havaita orsiveden taso lysimetrissä, sekä ottaa haluttaessa vesinäytteet.

Lysimetreistä kerättiin maanäytteet lapiolla horisontaalisesti neljästä kohdasta kokoomanäytteenä, kaikkiaan kolmelta eri syvyydeltä. Ensimmäinen näyte otettiin routarajalta, toinen salaojaputken syvyydeltä ja kolmas lysimetrien pohjalta (LIITE 1).

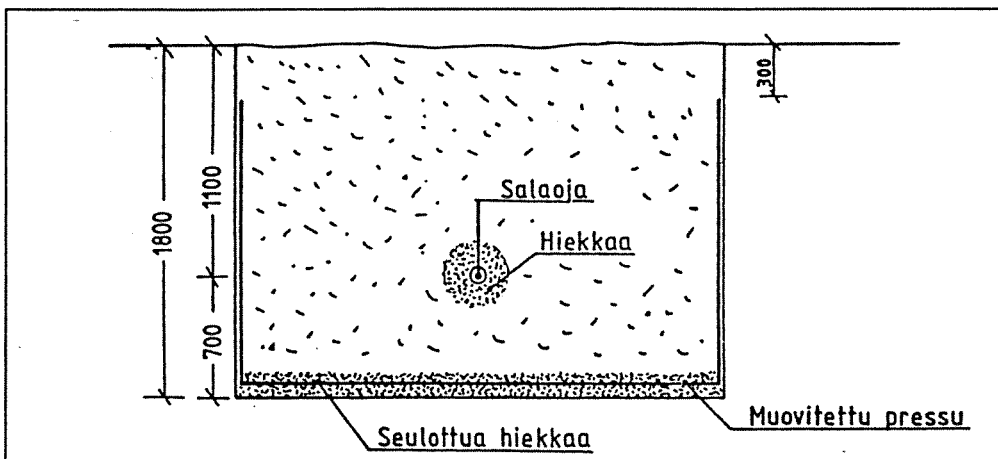
Koekentän nurkkiin asennettiin 12 - 18 metriä syviä normaalipintaiseen pohjaveteen ulottuvia havaintoputkia. Lisäksi asennettiin 4 havaintoputkea lysimetrikentän lähiympäristöön (Kuva 3). Kairaamisen yhteydessä otettiin maanäytteitä usealta eri syvyydeltä (LIITE 2).

2.3 Sääolot

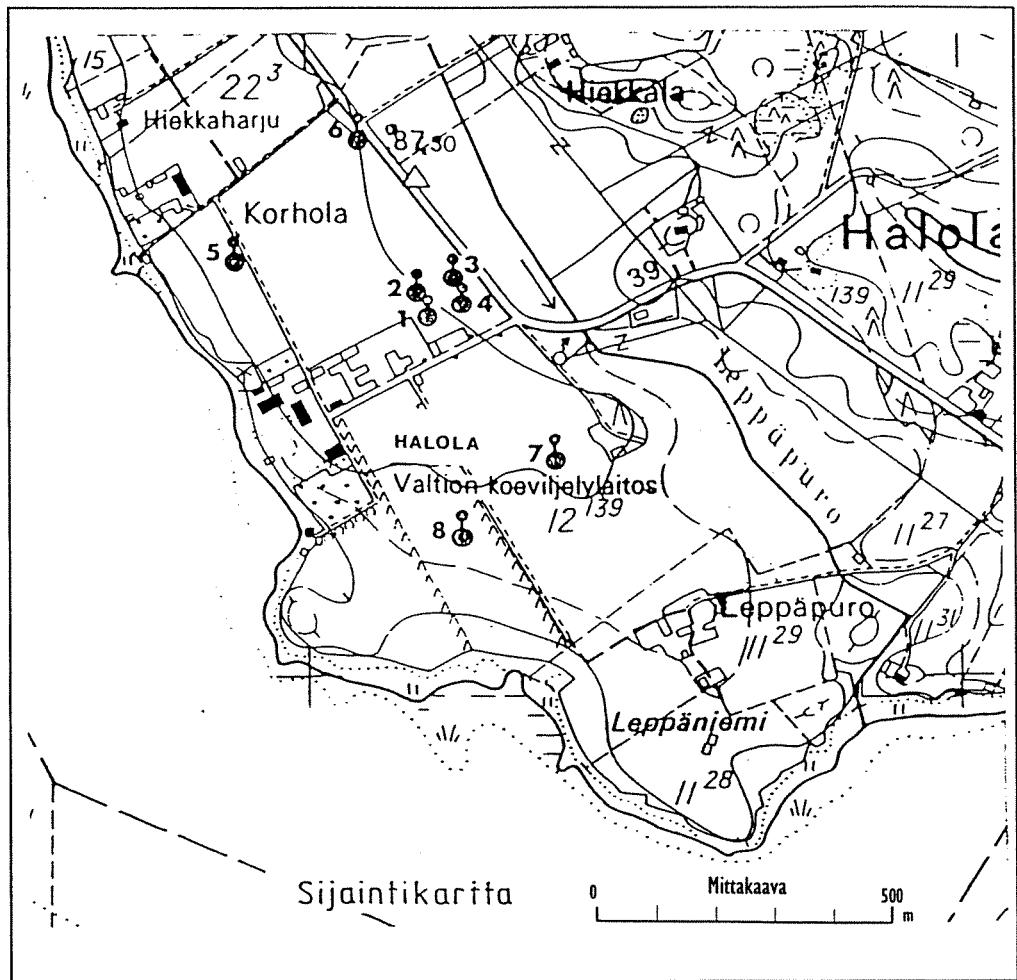
Maaningan koasemalla mitataan säätietoja (kuva 4). Keskimääräinen vuosisadanta oli 630 mm jaksolla 1985 - 1993. Vuosi 1990 oli harvinaisen kuiva: vuosisadanta jäi 152 mm keskiarvon alapuolelle. Vuoden 1988 sadanta taas oli 62 mm ja vuoden 1991 sadanta 42 mm keskimääräistä vuosisadantaa suurempi.



Kuva 1. Lysimetrikenttä



Kuva 2. Lysimetrin poikkileikkaus

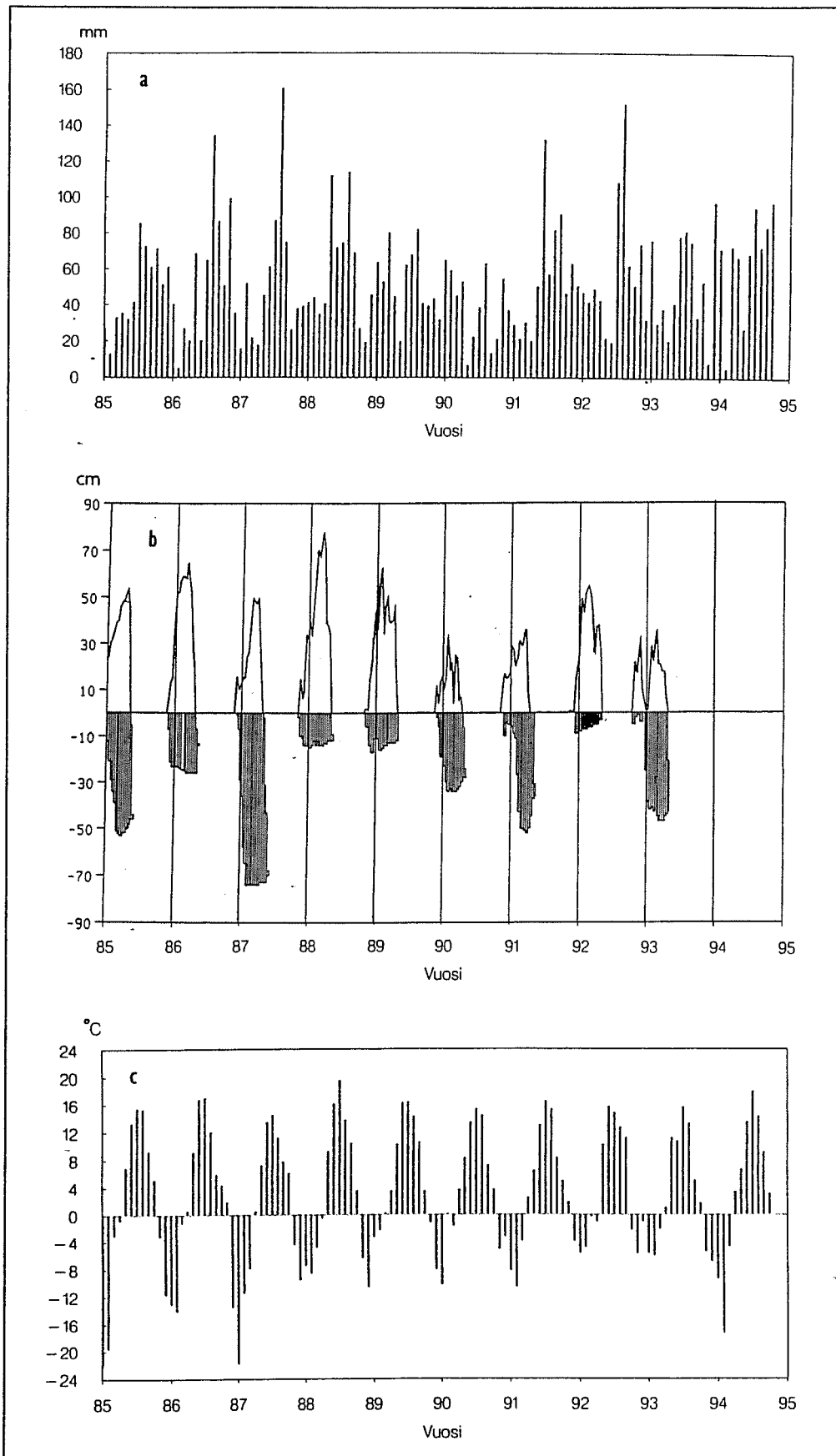


Kuva 3. Pohjavesiputket (♂) sijaitsevat lysimetrikentän nurkissa (1,2,3 ja 4) sekä kentän ympäristössä (5,6,7 ja 8).

Alueen roudan ja lumen syvyyttä ei mitata lysimetreistä vaan läheiseltä pelolta. Roudan syvyys on keskimäärin 30 - 50 cm. Talvi 1986/1987 oli harvinaisen syväroutainen ja routa rikkoi joidenkin lysimetrien laippaliitoksia tänä lysimetrien rakentamistalven jälkeisenä talvena. Talvella 1991/1992 oli routaa vain 10 cm. Lysimetreissä pohjaveden pinta on ylempänä kuin normaalipellolla, joka vähentää roudan muodostumista. Toisaalta kapillaarinen nousu pintakerrokseen edistää roudan muodostumista lysimetreissä.

2.4 Analyysimenetelmät

Kokonaistypen määrittämisessä noudatettiin pääosin SFS 3031 standardia automaattiselle analyysointilaitteelle ja $\text{NO}_{23}\text{-N}$ määrittämisessä pääosin SFS 3030 standardia automaattiselle analyysointilaitteelle. Nitraattityypen määrittämisessä noudatettiin standardia SFS 3029, ammoniumtyypen määrittämisessä standardia SFS 3032, kokonaisfosforin määrittämisessä standardia SFS 3026 ja fosfaattifosforin määrittämisessä standardia SFS 3025.



Kuva 4. Kuukausisadanta (a), lumen ja roudan syvyys (b) sekä kuukauden keskilämpötila (c) Maaningan Halolassa. (Lähde: Maatalouden tutkimuskeskuksen ilmastohavaintorekisteri)

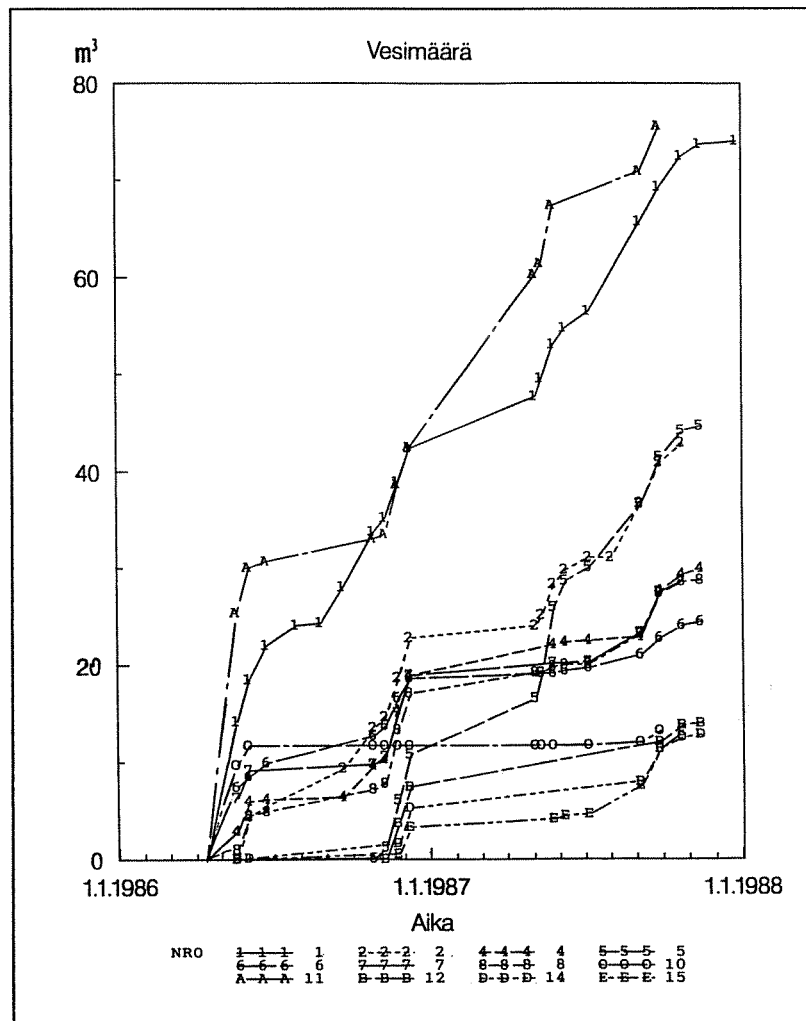
3

Lysimetrikokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1 Lysimetrien toimivuuden seuranta

Lysimetrit tehtiin talvella 1986. Maat kaivettiin ylös muovipressun asettamista varten ja asetettiin takaisin. Koska maita oli liikuteltu, niiden annettiin tiivistyä noin puolitoista vuotta, keväästä 1986 syksyyn 1987, ennenkuin varsinaiset kokeet aloitettiin. Tänä aikana niillä viljeltiin ohraa normaalisti lannoittaen ja seurattiin läpitulevia vesimääriä (kuva 5) ja salaojaveden laatua.

Keväällä 1986 joidenkin lysimetrien salaojista ei tullut lainkaan vettä, yhdestä taas tuli reilun kuukauden jaksolla 260 mm vettä. Suuri vaihtelu olikin odotettavissa, koska lysimetrien maita oli liikuteltu. Kesällä ja alkusyksystä 1986 vesimäärän vaihtelut tasoittuivat selvästi, mutta eroja eri lysimetrien välille jäi: ilmeisesti joissakin lysimetreissä tapahtui yli- tai ohivirtausta. Maalajijakauman vaihtelevuuskin eri lysimetrien välillä aiheuttaa eroja läpitullessiin vesimääriin.



Kuva 5. Kumulatiivinen salaojavalunta ennen varsinaisten kokeiden aloittamista, 15.4.1986-8.9.1987.

Lysimetristä nro 10 rikkoutui kesällä 1986 vesimäärän mittauslaite, joka korjattiin seuraavana kesänä. Lysimetreistä nro 12 ja 14 kova pakkastalvi todennäköisesti rikkoi laippaliitokset. Ne korjattiin ennen kesää 1988. Lysimetreissä ei havaittu merkittävää painumista.

Nitraattityppi vaihteli keväästä 1986 syksyyn 1987 eri lysimetreissä välillä 2,3 - 9,0 mg/l. Poikkeuksen muodosti lysimetri nro 2, jossa nitraattityppi pysytteli tasolla 20 mg/l.

Ammoniumtyppi oli alussa korkea useassakin lysimetrissä (vaihteluväli 36 - 210 µg/l), mutta laski kaikissa syksyyn 1987 tultaessa (vaihteluväli 6 - 28 µg/l).

Kokonaisfosforipitoisuudet olivat myös melkein kaikissa lysimetreissä selvästi korkeammat keväällä 1986 (vaihteluväli 14 - 210 µg/l) kuin syksyllä 1987 (vaihteluväli 6 - 46 µg/l). Lysimetrissä nro 14 oli alussa yli 200 µg/l:n pitoisuudet, mutta nekin laskivat alle neljäsosaan syksyyn 1987. Lysimetrissä nro 2 pitoisuus oli syksyllä 1987 suurempi kuin muissa lysimetreissä.

Alun korkeat ammoniumtyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet ovat seurausta alueella aiemmin tehdyistä viljelykokeista (Melanen ym. 1985) Lysimetrissä nro 2 oli suurempia nitraattityppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksia kuin muissa lysimetreissä. Todennäköistä on, että tämä lysimetri lievästi viettävässä rinteessä (kts. kuva 3) kerää pintavaluntaa muidenkin lysimetrien, varsinkin lysimetrin nro 4, alueelta. Kokonaisfosforipitoisuudet olivat melko suuret myös lysimetrissä nro 14, mutta siinä ne laskivat ensimmäisen seurantavuoden jälkeen muiden tasolle.

Taulukko 1. Lysimetrien salaojavalunta ja salaojaveden nitraattityppi-, ammoniumtyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksien keski- ja ääriarvot ennen varsinaisten kokeiden aloittamista, 15.4.1986-8.9.1987.

Lysimetri nro	Vesimäärä mm	NO ₃ -N mg/l			NH ₄ -N µg/l			Kok.-P µg/l		
		ka	min	max	ka	min	max	ka	min	max
1	660	7,1	4,8	9,0	12	5	18	225	72	
2	366	20,5	19,4	22,0	38	7	140	48	38	66
4	230	44	3,2	5,6	15	5	42	19	5	52
5	366	6,5	6,2	7,1	10	6	15	8	5	10
6	219	2,7	1,4	4,7	17	8	49	15	8	36
7	237	5,4	3,3	7,5	15	4	28	12	9	15
8	254	2,9	2,6	3,0	52	11	140	42	13	79
10	158	4,1	2,6	5,9	23	6	47	13	11	14
11	714	3,8	3,1	5,1	16	2	36	16	8	22
12	74	5,4	5,2	5,5	3	1	4	66	66	66
14	80	6,9	5,8	8,7	61	6	210	151	38	210
15	75	6,6	4,7	8,5	7	6	8	17	8	33
ka	286	6,4			22			36		
min	74	2,9	1,4		3	1		8	5	
max	660	20,5		22,0	61		210	151		210

3.2 Viljely- ja lannoituskokeet

3.2.1 Kyntökokeet

Syksystä 1987 alkaen ja kesään 1989 jatkuen tehtiin lysimetreillä koe, jossa seurattiin rinteiden suuntaisen kynnön ajankohdan vaikutusta lysimetrien salaojista tulevan veden määrään ja laatuun. Syksyllä 1987 kynnettiin lysimetrit 2, 5, 6, 8, 12, ja 15 ja keväällä 1988 ja edelleen uudelleen syksyllä 1988 lysimetrit 1, 4, 7, 10, 11 ja 14. Kesällä 1987 ruuduilla kasvoi kaura ja kesällä 1988 ohra. Keväällä 1989 kylvettiin kaikille ruuduille taas ohra. Viljan lannoituksena käytettiin aina normaali Y-lannosta (nykyään typpirikas Y-lannos 3) keskimäärin 500 kg/ha, jolloin typpeä tulee 80 kg/ha, fosforia 35 kg/ha ja kaliumia 67 kg/ha.

Lysimetrien läpi tuli vettä keskimäärin 440 mm syksyn 1987 ja kevään 1989 välisenä aikana, joka oli 41 % vastaavan jakson sadannasta. Lysimetristä 11 tuli läpi poikkeuksellisen paljon vettä (770 mm) ja lysimetristä 6 taas poikkeuksellisen vähän (96 mm). Näiden lysimetrien tulokset jätettiin pois kahden eri kyntöryhmän vertailussa. Molempien kyntöryhmien tulokset koostuvat näin viiden lysimetrin keskiarvoista.

Lysimetrien läpi tulleet vesimäärät olivat huipussaan huhti-toukokuun vaihteessa. Talven ja kesän aikana oli yli kuukauden jaksoja, jolloin vettä ei tullut läpi lainkaan. Keväiset suodannan huiput olivat syksyllä 1987 kynnetyillä koeruuduilla korkeammat kuin kyntämättömillä, mutta koko ensimmäisellä jaksolla (kuva 6) erot eivät olleet suuret: kynnetyiltä ruuduilta tuli salaojavaluntaa 225 mm ja kyntämättömiltä 209 mm. Kolmannella jaksolla, jolloin syyskynnön kohteena olivat eri ruudut, erot olivat selvästi suuremmat: syyskynnön kohteena olleet lysimetrit suodattivat läpi 186 mm, kun kyntämättömiltä ruuduilta vettä tuli läpi 90 mm. Kolmannen jakson kyntöruudut oli kynnetyt myös keväällä. Kevätkynnön vaikutus näkyi sateisena syksynä 1988, jolloin edellisenä keväänä kynnetyjen ruutujen suodannan syyshuippu oli kuuden viikon jaksolla (31.8.-10.10.1988) 34 mm ja kyntämättömien 16 mm. Koko toisella jaksolla kevätkynnön kohteena olleiden ruutujen suodanta oli 105 mm ja kyntämättömien 83 mm.

Salaojavalumaveden nitraattityppipitoisuuden kynnöllä ei ollut selvää vaikutusta (kuva 7a). Kun vesimäärät kuitenkin kasvoivat kynnön seurauksena, niiden mukana pohjaveteen huuhtoutunut nitraattityypin kokonaismäärä kasvoi myös (kuva 7b). Ensimmäisellä jaksolla salaojavalumaveden nitraattityppimäärä oli syksyllä kynnetyiltä lysimetreiltä 13,9 kg/ha ja kyntämättömiltä 9,4 kg/ha. Kolmannella jaksolla syksyllä kynnetyjen lysimetrivesien nitraattityppimäärä oli 11,1 kg/ha ja kyntämättömien 5,5 kg/ha. Toisella jaksolla eli kevätkynnön jälkeen nitraattityppimäärät olivat samat kuin kyntämättömiltä, 5,7 kg/ha.

Salaojaveden kokonaisfosforipitoisuudet olivat melko pieniä. Pitoisuus oli koko ajan suurempi syksyllä 1987 kynnetyissä ruuduissa (kuva 8a) eikä kyntöajankohdalla näyttänyt olevan selvää vaikutusta pitoisuuteen. Kokonaisfosforimäärät (kuva 8b) olivat kuitenkin ensimmäisellä jaksolla suurempia syksyllä kynnetyiltä ruuduilta kuin kyntämättömiltä ruuduilta. Kolmannella jaksolla syksyllä kynnetyjen lysimetrien vesissä kokonaisfosforimäärät nousivat myös korkeammiksi kuin kyntämättömien vesissä.

Alkaliteetti (kuva 9a) laski selvästi ensimmäisellä jaksolla syksyllä kynnetyissä ruuduissa ja ero kyntämättömiin ruutuihin verrattuna oli selvä. Kolmannen jakson lopussa erot olivat tasoittuneet: syksyllä kynnetyjen ruutujen alkaliteetti oli laskenut ja kyntämättömien noussut. Syyskyntö näyttäisi pienentävän pohjave-

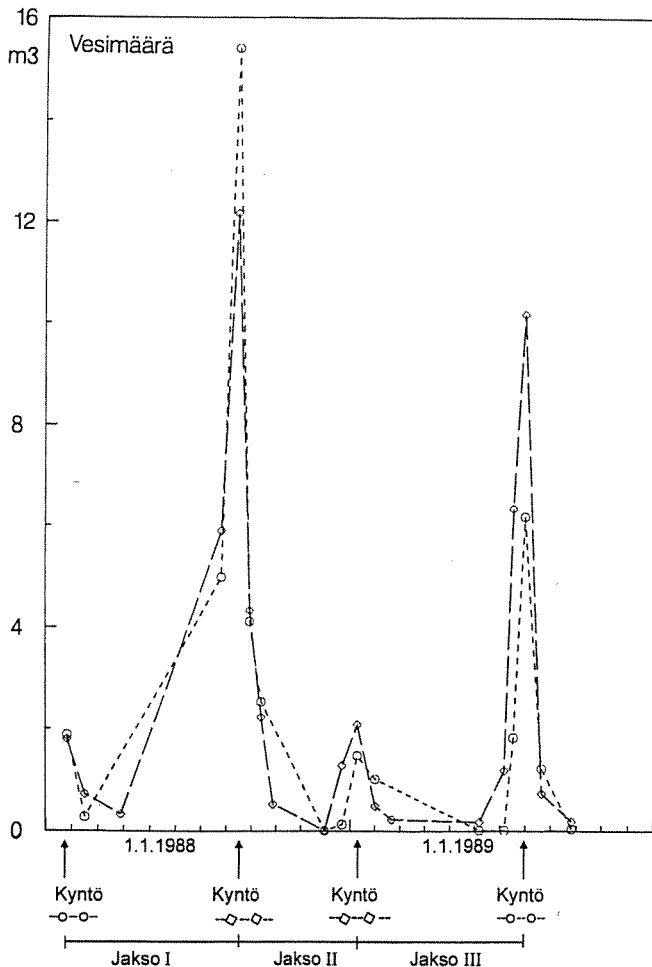
den alkaliteettia. Salaojaveden happamuuden muutokset (Kuva 9b) vaihtelevat vuodenaikojen mukaan samalla tavalla molemmissa ryhmissä, eikä kyntö-ajankohdalla näytä olevan siihen vaikutusta.

Tämän tutkimuksen mukaan syyskyntö lisäsi pohjaveden nitraattityypimäärää, mutta kevätkyntö ei.

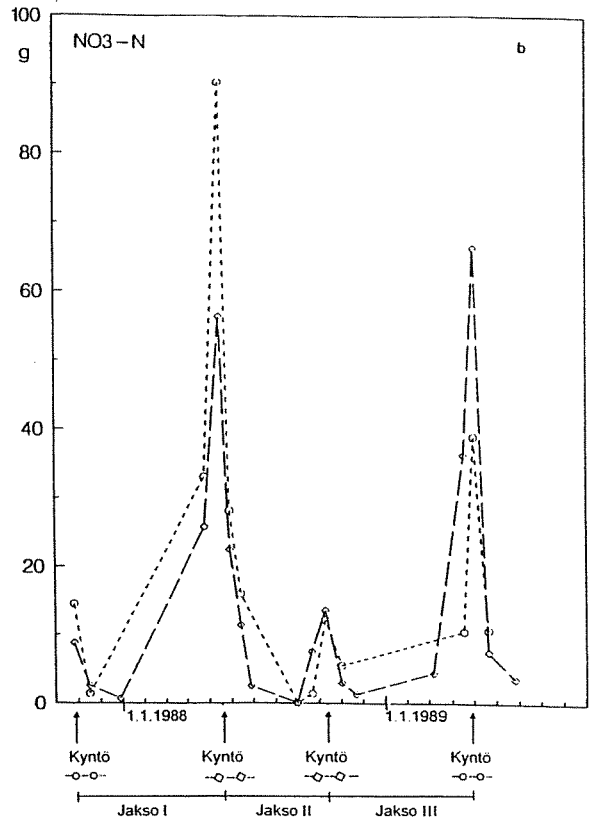
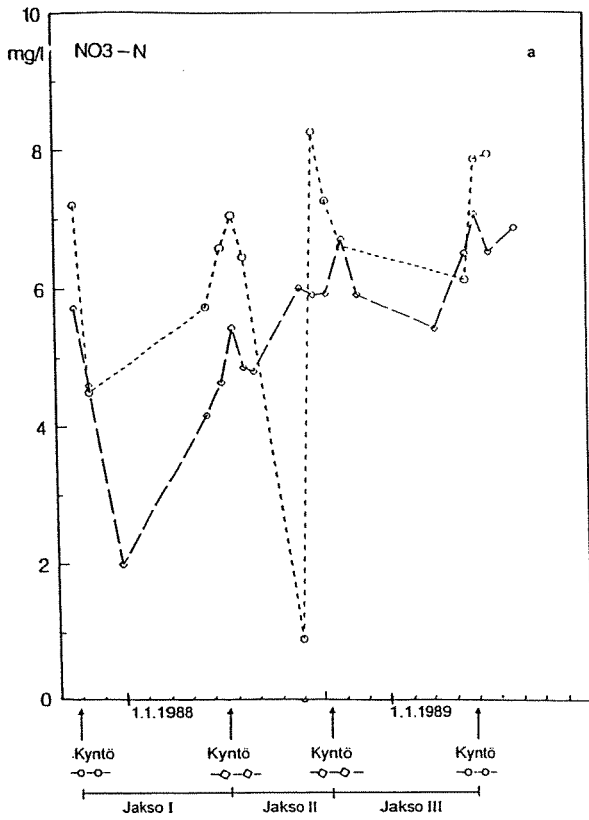
Suomessa on tutkittu vastaavanlaisen rinteensuuntaisen syyskynnön vaikutusta valunnan määrään ja valumaveden ravinnepitoisuuksiin savimailla. Viuhdisä (Paajanen 1994) tutkittiin salaojavaluntaa 1,2-1,5 metrin syvyydellä olevista salaojaputkista ja todettiin, että salaojavalunta oli hieman pienempi kynnetyltä pellolta kuin kyntämättömältä. Tuloksen arvellaan johtuvan makrohuokosista, joita pitkin vesi pääsee kyntämättömässä savipellossa salaojiin, mutta jotka kynnössä tuhoutuvat. Pintavaluntaa ei tutkittu.

Pintakerrosvaluntaa (0 - 30 cm) savipelolta on sensijaan tutkittu Aurajoen koekentällä (Puustisen 1993). Näiden tutkimusten mukaan kynnetyin maan valunnat olivat 1,01 - 1,41 kertaiset kyntämättömään nähden. Nämä tulokset käyvät yksiin tämän tutkimuksen kanssa, jossa syyskynnön jälkeen vastaava suhdeluku oli 1,08 ja peräkkäisten kevät- ja syyskynnöiden jälkeen 2,07. Aurajoen tutkimuksen kyntämättömän pellon valunnat olivat 203 - 236 mm, eli samaa luokkaa kuin tämän tutkimuksen ensimmäisen jakson valunnat.

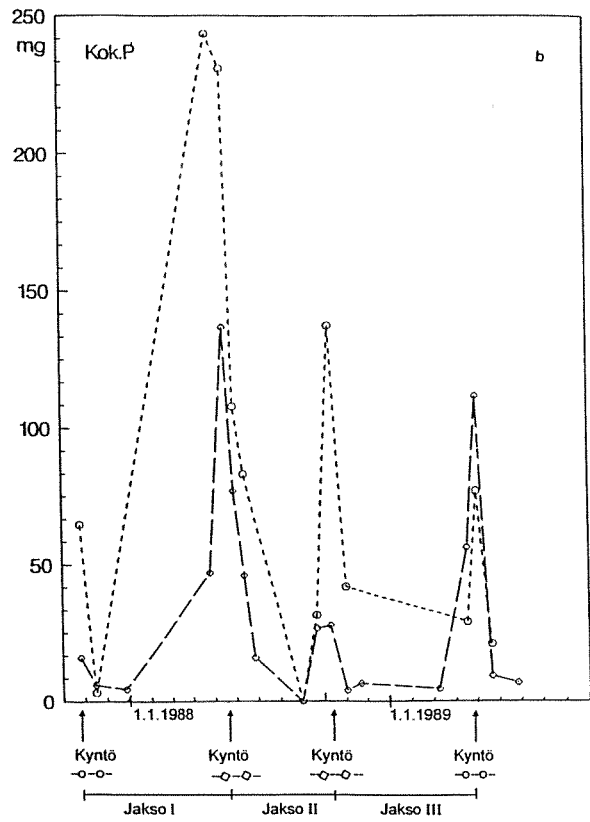
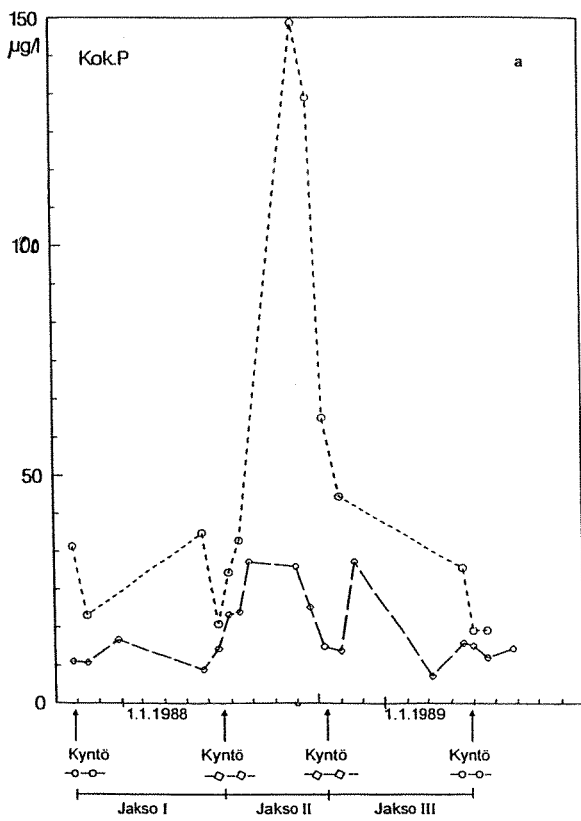
Nitraattityypimäärät valumavedessä eivät kasvaneet kynnön vaikutuksesta Aurajoen tutkimuksessa vaan olivat sekä kynnetyillä että kyntämättömällä pellolla noin 5-6 kg/ha syksystä kevääseen. Yhdellä jaksolla nitraattityypimäärät tosin nousivat kynnetyillä pellolla yli 11-kertaisiksi kyntämättömään nähden. Maaningan tutkimuksen mukaan nitraattimäärät salaojavesiin kasvoivat kynnön seurauksena 1,48 kertaiseksi ja 2,03 kertaiseksi.



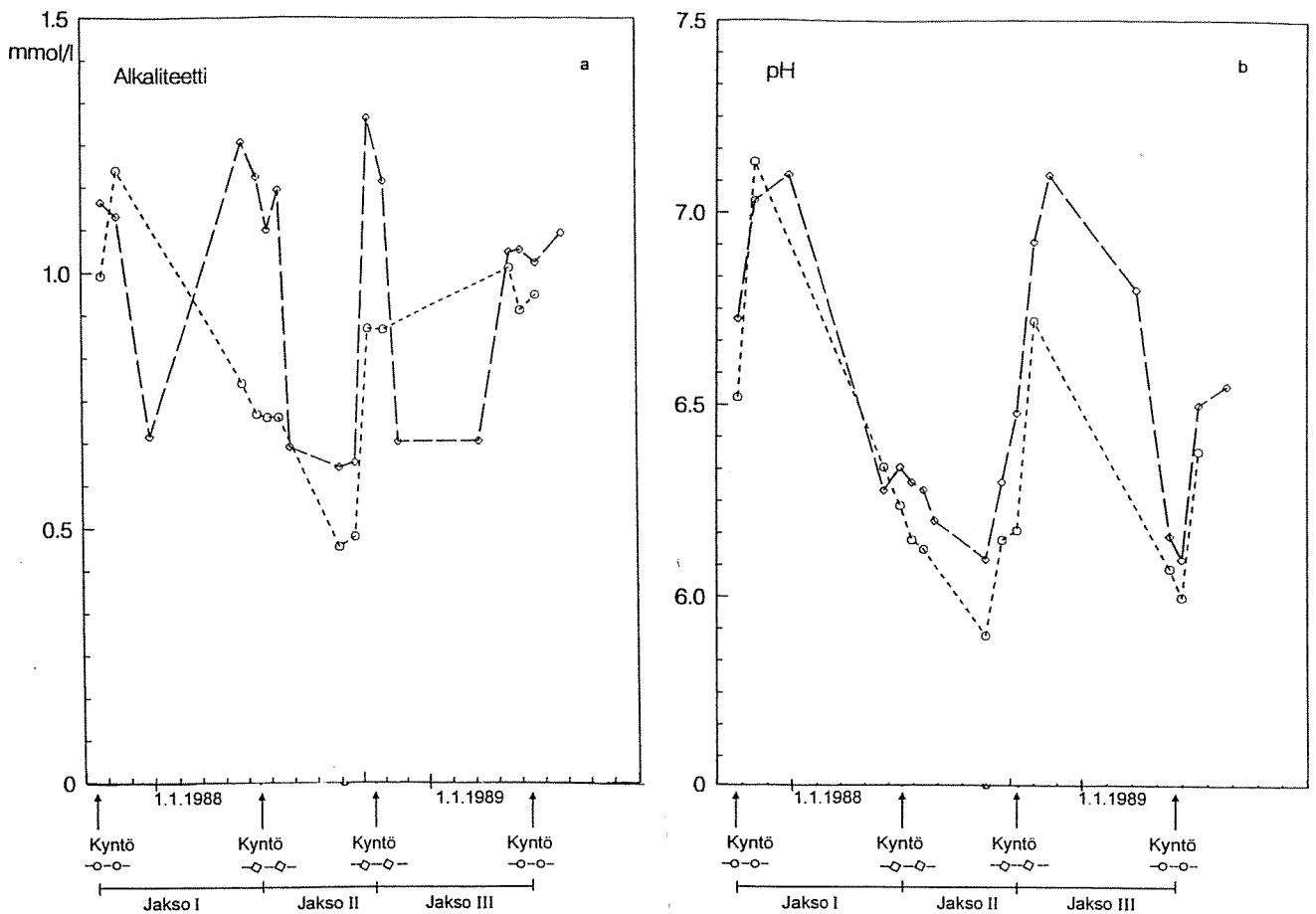
Kuva 6. Salaojavalunta syksyllä 1987 kynnetyissä ruuduissa (o—o), sekä keväällä 1988 ja uudelleen syksyllä 1988 kynnetyissä ruuduissa (◇—◇).



Kuva 7. Salaojaveden nitraattityppipitoisuus (a) ja nitraattimäärä (b) syksyllä 1987 kynnetyissä ruuduissa (○—○), sekä keväällä 1988 ja uudelleen syksyllä 1988 kynnetyissä ruuduissa (◇—◇).



Kuva 8. Salaojaveden kokonaisfosforipitoisuus (a) ja kokonaisfosforimäärä (b) syksyllä 1987 kynnetyissä ruuduissa (○—○), sekä keväällä 1988 ja uudelleen syksyllä 1988 kynnetyissä ruuduissa (◇—◇).



Kuva 9. Salaojaveden alkaliteetti (a) ja pH (b) syksyllä 1987 kynnetyissä ruuduissa (○—○), sekä keväällä 1988 ja uudelleen syksyllä 1988 kynnetyissä ruuduissa (◇—◇).

Aurajoen tutkimuksen mukaan sekä kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin pitoisuudet että liukoisen fosforin pitoisuudet kasvoivat selvästi kynnön seurauksena. Tässä tutkimuksessa määritettiin kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori, eikä niiden pitoisuuksissa havaittu oleellisia muutoksia kynnön seurauksena. Fosforipitoisuudet Maaningan salaojavalumavesissä olivat noin kymmenes-sadasosa savimaan pintakerrosvalumaveden pitoisuuksista, jotka olivat 1-2 mg/l. Fosfori sitoutuukin tehokkaasti mineraalimaahan. Salaojaveden liukoiseen fosforiin kynnöllä voisi olla vaikutusta, mutta tässä tutkimuksessa ei määritetty liukoista fosforia.

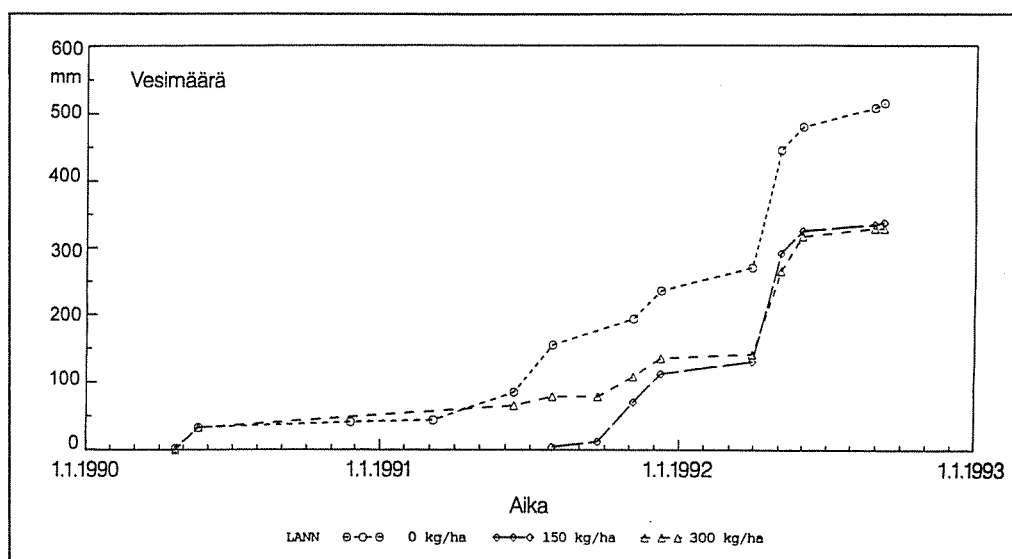
3.2.2 Typpilannoituskoe

Kevään 1990 ja syksyn 1992 välisenä aikana lysimetrikentällä tehtiin typpilannoituskoe nurmelle. Lysimetrejä 1, 7 ja 12 ei lannoitettu lainkaan, lysimetreille 4, 8 ja 15 annettiin typpilannoitusta 150 kg/ha ja lysimetreille 5, 10 ja 14 annettiin typpilannoitusta 300 kg/ha. Kaikille ruuduille annettiin fosforilannoitusta noin 50 kg/ha vuodessa. Nurmi korjattiin kolme kertaa kesässä. Lysimetrit eri ryhmiin pyrittiin valitsemaan niin, että läpitulleet vesimäärät olisivat ryhmien välillä samaa luokkaa. Tässä ei kuitenkaan onnistuttu. Lannoittamattoman ryhmän lysimetrit päästivät läpi selvästi enemmän vettä kuin muut ryhmät, kaikkiaan 516 mm vajaan kahden ja puolen vuoden tutkimusjaksolla (23.4.1990 - 9.9.1992). Kevät 1990 oli poikkeuksellisen kuiva eikä 150 kg/ha lannoitetuista lysimetreistä saatu vettä

lainkaan ennen heinäkuuta 1991. Kaikkiaan niistä tuli kuitenkin vettä läpi keskimäärin 338 mm, joka on samaa luokkaa kuin 300 kg/ha lannoitetun ryhmän 329 mm (kuva 10). Vastaavan jakson sadanta oli 1420 mm.

Salaojaveden laatuomuuksien keski- ja ääriarvot laskettiin jaksolle 29.7.1991 - 9.9.1992, jolloin kaikista lannoitusryhmistä saatiin näytteitä ja ryhmien tuloksia voidaan näin verrata keskenään (taulukko 2). Kokonaistyyppi- ja nitraattityppipitoisuudet olivat korkeimmat eniten lannoitusta saaneessa ryhmässä ja matalimmat lannoittamattomassa ryhmässä. Lannoitustasolla 300 kg/ha nitraattityppipitoisuus on kaksinkertainen lannoitustason 150 kg/ha pitoisuuteen verrattuna ja kolminkertainen lannoittamattomien lysimetrien pitoisuuteen verrattuna.

Lannoitustasolla 300 kg/ha lysimetreistä saadun veden nitraattityppipitoisuus nousi koejakson aikana 6,4 mg/l:sta 8,8 mg/l:aan (Kuva 11a). Lannoitustasolla 150 kg/ha nitraattityppipitoisuus sensijaan laski 5,5 mg/l:sta 2,3 mg/l:aan. Lannoittamattomissa lysimetreissä pitoisuus laski 5 mg/l:sta 1,0 mg/l:aan.



Kuva 10. Kumulatiivinen salaojavalunta eri typpilannoitusryhmissä.

Taulukko 2. Salaojaveden laatuominaisuuksien keski- ja ääriarvot jaksolla 29.7.1991 - 9.9.1992 eri typpilannoitustasoilla.

	Lannoitus 0 kg/ha			Lannoitus 150 kg/ha			Lannoitus 300 kg/ha		
	Keski-arvo	Maksimi	Minimi	Keski-arvo	Maksimi	Minimi	Keski-arvo	Maksimi	Minimi
Lämpötila °C	9.2	15.1	2.3	10.1	15.7	2.0	9.2	15.5	1.6
Johtokyky mS/m	25.7	34.4	17.6	27.5	34.2	22.9	29.1	34.0	22.7
pH	6.5	6.9	6.0	6.5	7.0	6.1	6.4	7.1	6.1
Alkaliteetti mmol/l	1.24	1.73	0.76	1.33	1.60	1.09	0.99	1.60	0.66
Kok-N mg/l	3.59	15.00	0.79	3.96	6.60	0.90	8.92	13.00	5.90
NO3-N mg/l	2.77	4.40	0.55	3.87	6.50	0.64	8.51	12.00	5.30
NO2-N µg/l	2	3	2	2	6	2	2	2	2
NH4-N µg/l	3	5	1	4	9	2	5	15	2
Kok-P µg/l	11	25	6	11	32	6	11	42	4
PO4-P µg/l	6	12	4	9	28	4	7	38	1
COD-Mn mg/l	3.1	4.4	2.7	2.5	4.6	0.8	2.6	4.9	1.2

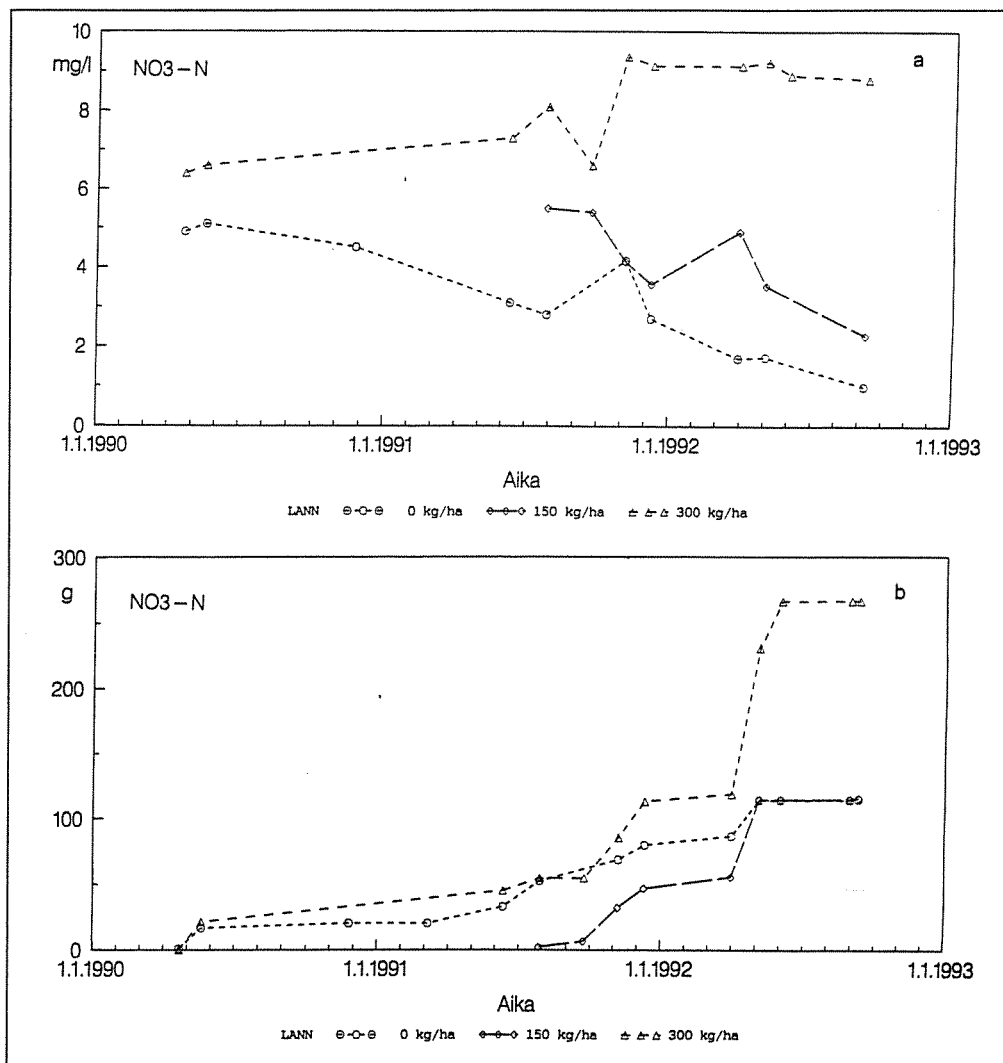
Koko tutkimusjakson aikana läpi huuhtoutunut nitraattityppimäärä oli lannoitustasolla 300 kg/ha 26,6 kg/ha (kuva 11b). Lannoitustasolla 150 kg/ha ja lannoittamattomassa ryhmässä läpihuuhtoutuneet nitraattityppimäärät olivat käytännössä samat: 11,6 ja 11,5 kg/ha.

Vuoden jaksolla, syyskuusta 1991 syyskuuhun 1992, huuhtoutui salaojavesiin nitraattityppeä 21,2 kg/ha lannoitustasolla 300 kg/ha, 11,4 kg/ha lannoitustasolla 150 kg/ha ja 6,2 kg/ha lannoittamattomista lysimetreistä. Salaojavalunnat olivat vastaavassa järjestyksessä tuona vuoden jaksona 251 mm, 335 mm ja 361 mm ja sadata 657 mm.

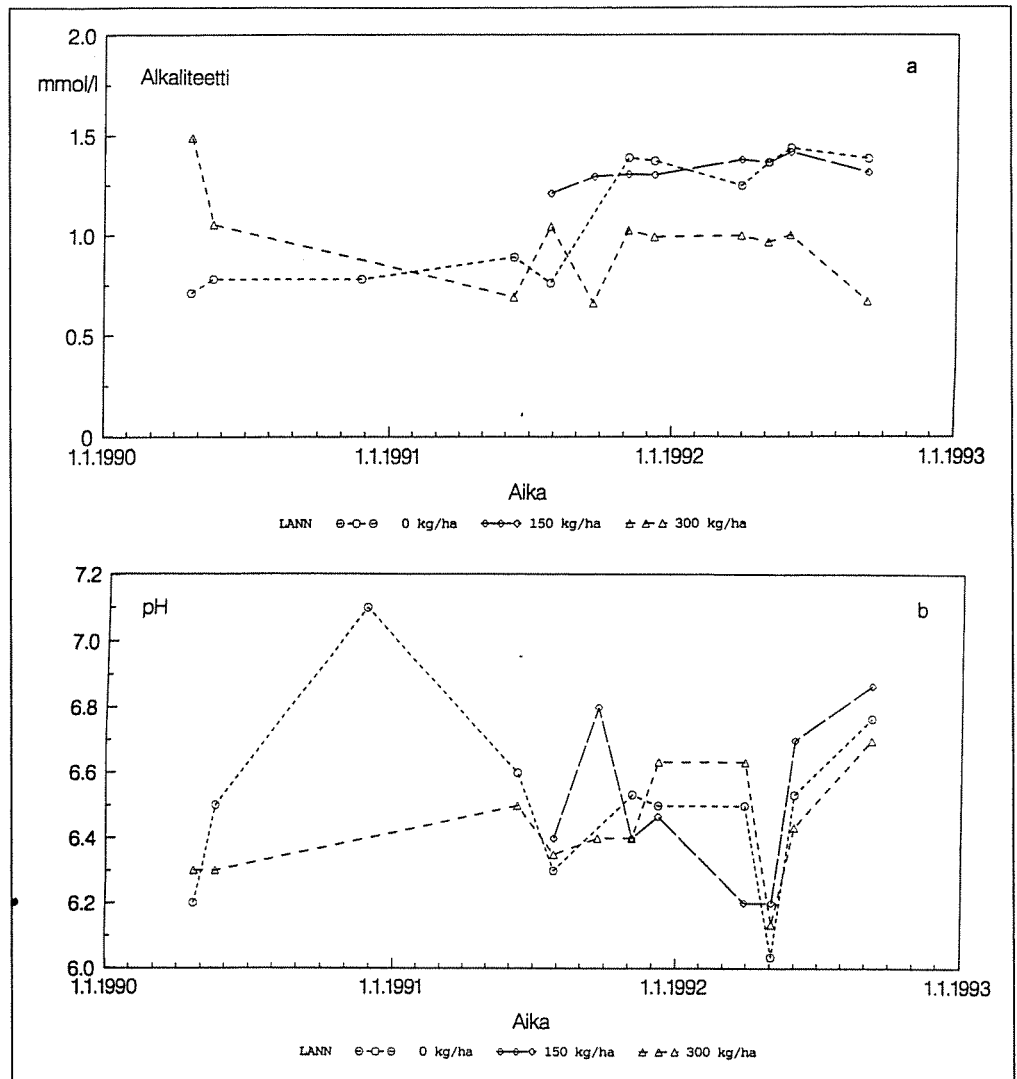
Maatalouden aiheuttama keskimääräinen typpikuormitus vesiin on 17,5 - 19,5 kg/ha vuodessa (Rekolainen et. al. 1993). Maaningalla, lannoitustasolla 300 kg/ha salaojaveden nitraattityppimäärät olivat keskimääräistä typpikuormitusta suurempia, mutta jo lannoitustasolla 150 kg/ha keskimääräistä pienempiä. Näissä lannoitusryhmissä lähes kaikki salaojaveden tyyppi oli nimenomaan nitraattityppeä.

Nitriittityppi- ja ammoniumtyppipitoisuudet eivät nousseet lannoituksen vaikutuksesta: ne olivat kaikissa ryhmissä muutamien mikrogrammojen luokkaa.

Alkaliteetti laski lannoitustasolla 300 kg/ha koejakson aikana 1,5 mmol/l:sta 0,67 mmol/l:iin (kuva 12a). Lannoitustasolla 150 kg/ha alkaliteetti pysyi 1,3 - 1,4 mmol/l:ssa ja lannoittamattomissa lysimetreissä alkaliteetti nousi 0,71 mmol/l:sta 1,4 mmol/l:iin. Alkaliteetin ollessa alhainen pieni hapan lisäys muuttaa pH:ta enemmän, kuin alkaliteetin ollessa korkea. pH:n vaihtelut kaikissa ryhmissä olivat kuitenkin vielä samaa luokkaa (kuva 12b). Jos alkaliteetti kuitenkin lannoitetulla alueella vielä laskisi, pH muutokset voisivat tulla suuremmiksi.



Kuva 11. Salaojaveden nitraattityppipitoisuudet (a) ja nitraattityppimäärien summakäyrät (b) eri typpilannoitustasoilla.



Kuva 12. Salaojaveden alkaliteetti (a) ja pH (b) eri typpilannoitustasoilla.

3.2.3 Tuorerehuaumakokeet

Lysimetriin nro 6 tehtiin tuorerehuaumat kesällä 1993 ja 1994 ja seurattiin aumauksen vaikutusta suotautuvan veden laatuun. Molemmilla kerroilla auma tehtiin suoraan maan pinnalle ilman pohjamuovia. Rehu tiivistettiin traktorilla polkamalla ja peitettiin muovilla, jonka päälle pantiin vain kevyt painotus.

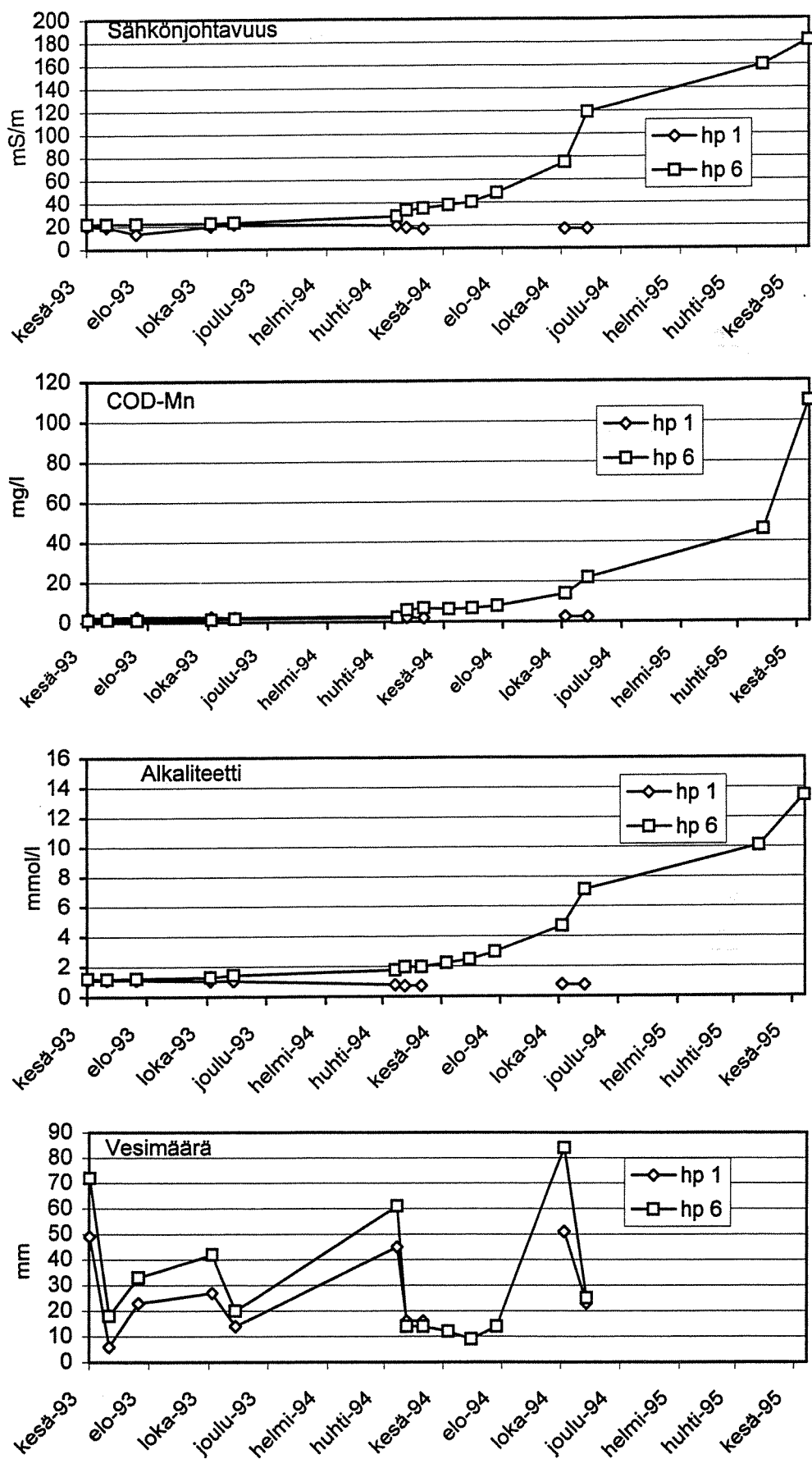
Kesällä 1993 lysimetrin nro 6 päällä kasvoi nurmi, jota oli lannoitettu normaalisti. Auma tehtiin 22.6. suoraan nurmen päälle ja säilöntäaineena käytettiin AIV 2-liuosta.

Kesällä 1994 lysimetrin nro 6 päällä kasvoi ohra, jota oli lannoitettu normaalisti. Auma tehtiin 1.7. ja ohrakasvusto jätettiin auman alle. Säilöntäaineena oli taas AIV 2-liuos. Ennen auman tekoa maanpinta tiivistettiin ajamalla traktorilla.

Kumpaankin aumaan tuotiin säilörehun raaka-aine muualta tilan säilörehunurmilta.

Lysimetrin nro 6 salaojaveden laatua verrattiin lysimetrin nro 1 salaojaveden laatuun. Lysimetri 1 oli kesällä 1993 nurmella, joka kynnettiin syksyllä ja kesällä 1994 sillä kasvoi ohra.

Ensimmäisen aumauksen vaikutuksia lysimetrin läpi suotautuneessa vedessä ei näkynyt syystalven 1993 aikana (Kuva 13). Tämä johtuu ilmeisesti syyskauden pienistä sadannoista (syyskuu 33,1 mm, lokakuu 52,9 mm). Rankat sateet tuli-



Kuva 13. Tuorerehuaumauksen vaikutus salaojaveden laatuun. Lysimetriin numero 6 tehtiin aumat 22.6.1993 ja 1.7.1994. Lysimetriä numero 1 ei aumattu.

vat vasta joulukuussa (kuukausisadanta 97,2 mm), jolloin maa oli jo roudassa. Kevään 1994 sulamisvesien myötä alkoivat COD-Mn, johtokyky ja alkaliteetti nousta. Toisen aumauksen jälkeen näiden parametrien nousu kiihtyi syyskuun ja lokakuun runsaiden sateiden vaikutuksesta (syyskuu 83,6 mm, lokakuu 97,4 mm) ja lukemat olivat kesäkuun 1995 lopulla korkeita: COD-Mn oli noussut 110 mg/l:aan, johtokyky 181 mS/m:iin ja alkaliteetti 13,44 mmol/l:iin.

Kokonaisfosfori nousi 260 µg/l:aan ja fosfaattifosfori 130 µg/l:aan keväällä 1995. Talousveden teknis-esteettinen raja-arvo fosfaattifosforille on 100 µg/l (Sosiaali- ja terveysministeriö 1994).

3.3 Veden laatu lysimetrin pohjalla

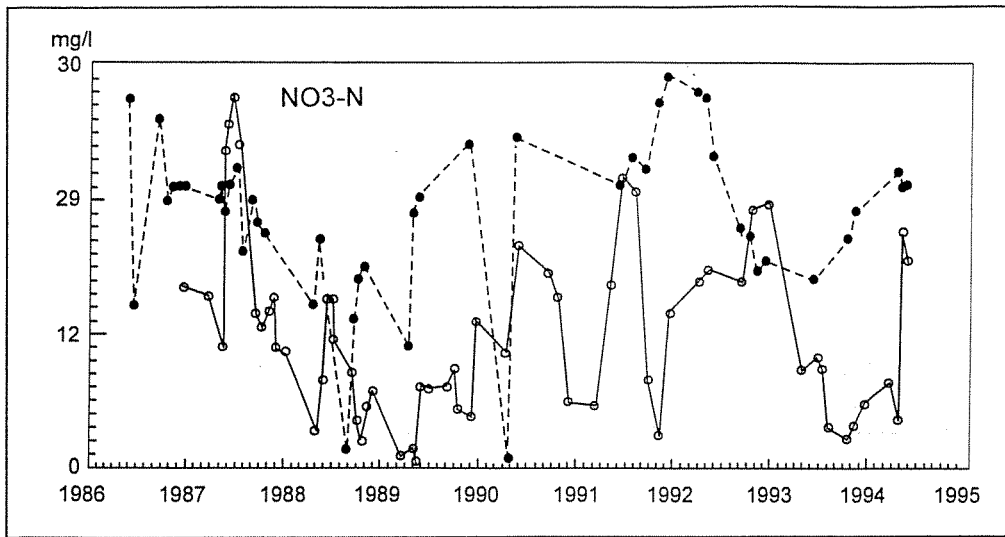
Lysimetrin numero kaksi pohjasta kerättiin näytteitä havaintorakennukseen kaikkien kokeiden aikana jaksolla 21.5.1986 - 1.9.1994. Lysimetrin salaojaveden ja lysimetrin pohjalla olevan veden laadussa oli selviä eroja (Taulukko 3).

Keskimääräinen nitraattityppipitoisuus oli suurempi salaojavedessä (18,66 mg/l) kuin lysimetrin pohjalla (9,49 mg/l). Nitriittityppipitoisuus taas oli lysimetrin pohjalla selvästi korkeampi, maksimissaan 1500 µg/l (Kuva 15). Talousveden terveydellinen raja-arvo nitriittityypelle on 30 µg/l. Vuoden 1990 lopulta lähtien nitriittityppi on kuitenkin pysynyt alhaalla. Myös ammoniumtyppi ylittää lysimetrin pohjalla useita kertoja talousveden raja-arvon, 400 µg/l (kuva 16). Lysimetrin pohjalla happi käy ilmeisesti ajoittain vähiin, mikä estää ammoniumin ja nitriitin nitrifikoitumisen nitraatiksi.

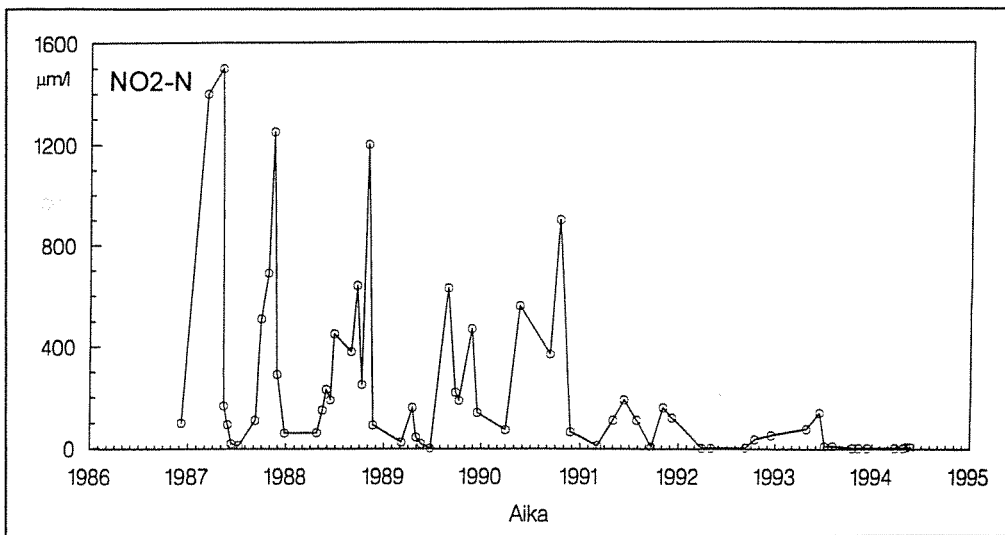
Vedenpinnanvaihteluja seurattiin lysimetristä nro 1. Pinta pysyi salaojaputken tasossa (1,1 m maanpinnasta) paitsi kuivina kesinä, jolloin se laski 20 - 30 cm sen alapuolelle ilmeisesti kapillaarisen nousun vaikutuksesta. Kapillaarisen nousun seurauksena kasvit ovat saaneet orsiveden ravinteita käyttöönsä eivätkä ravinteet ole väkevöityneet lysimetrin pohjalle, vaikka siellä vesi ei vaihdu.

Taulukko 3. Veden laatu salaojassa ja lysimetrin pohjalla havaintojakson 21.5.1986 - 1.9.1994 keskiarvoina lysimerissä nro 2.

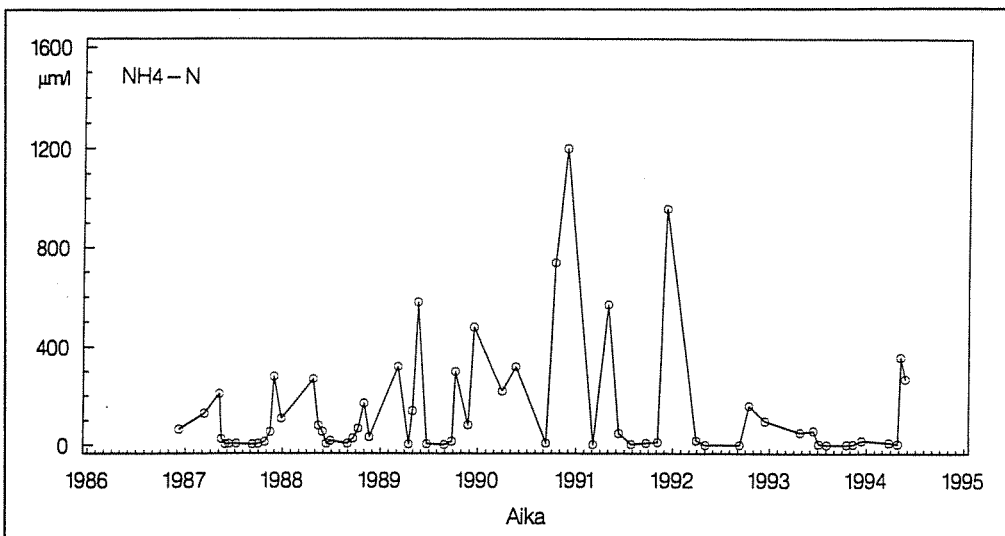
		Salaojassa		lysimetrin pohjalla	
		Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	°C	8.7	15.0	5.4	12.2
Johtokyky	mS/m	33.9	52.0	32.7	48.8
pH		6.2	6.9	6.1	6.5
Alkaliteetti	mmol/l	0.36	1.59	1.02	1.74
Kok-N	mg/l	20.6	34.0	11.2	29.0
NO3-N	mg/l	18.7	29.0	9.5	27.0
NO2-N	µg/l	11	280	242	1500
NH4-N	µg/l	23	440	144	1200
Kok-P	µg/l	71	290	24	65
PO4-P	µg/l	25	100	5	32
COD-Mn	mg/l	10.9	18.0	11.5	23.0



Kuva 14. Nitraattipitoisuus lysimetrin nro 2 salaajavedessä (●) ja lysimetrin pohjalla (○).



Kuva 15. Veden nitriittityppipitoisuus lysimetrin nro 2 pohjalla.



Kuva 16. Veden ammoniumtyppipitoisuus lysimetrin nro 2 pohjalla.

4

Alueen normaalipintaisen pohjaveden laatu

Alueen normaalipintaisen pohjaveden laatua seurattiin kahdeksasta pohjavesi-putkesta, joista 4 sijaitsi lysimetrikoealueen nurkissa ja 4 kauempana lysimetri-alueesta (Kuva 3). Putket ulottuvat 12 - 18 metrin syvyydelle. Pohjaveden pinta alueella on syvemmällä kuin 5 metriä. Pohjaveden nitraattityypipitoisuus oli keskimäärin 5,07 mg/l koejaksolla 21.5.1986 - 1.9.1994. 30.3.1992 lähtien havainnoitiin vain putkia 1, 7 ja 8, koska muissa putkissa ei näyttänyt olevan vaihtelua nitraattityypin suhteen.

Talousvedelle asetettu nitraattityypiraja-arvo (6 mg/l) ylittyi putkella nro 4, putkella nro 7 ja putkella nro 8 (taulukko 4). Putken numero 4 nitraattipitoisuus asetui alkuvuosien korkeiden pitoisuuksien jälkeen tasolle 6 mg/l ja sen havainnointi lopetettiin kevättalvella 1992 (Kuva 17). Pohjavesi-putki nro 4 sijaitsee lysimetrikoealueen nurkassa ja alkuvuosien korkeat nitraattipitoisuudet olivat ilmeisesti seurausta lysimetrikokeita edeltäneistä viljelytoimista alueella (Melanen ym. 1985).

Putkien 7 ja 8 kohdalla maalaji on pohjaveden pinnan alapuolella keskimääräistä karkeampaa, lähes puhdasta hiekkaa. Tämä viittaa siihen, että pohjaveden päävirtausvyöhykkeillä ja kohonneilla nitraattipitoisuuksilla on jokin riippuvuus.

Taulukko 4. Normaalipintaisen pohjaveden laatuominaisuuksien keskiarvot jaksolta 21.5.1986 - 30.3.1992. Putket 1, 7 ja 8 : keskiarvo jaksolta 21.5.1986 - 1.9.1994.

		Putken numero							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Lämpötila	°C	5.5	5.5	5.4	5.4	5.6	5.1	5.6	5.7
Johtokyky	mS/m	25.5	16.8	23.8	22.4	22.6	23.6	31.9	20.8
pH		6.0	6.2	6.3	6.0	6.1	6.7	6.2	6.1
Alkaliteetti	mmol/l	0.59	0.64	0.93	0.52	0.45	1.27	0.82	0.49
Kok-N	mg/l	3.70	3.21	0.30	9.16	3.72	0.59	15.57	9.56
NO ₃ -N	mg/l	3.30	3.01	0.09	7.92	3.46	0.05	14.16	8.57
NO ₂ -N	µg/l	10	1	3	1	1	4	1	1
NH ₄ -N	µg/l	16	10	69	19	13	406	7	11
Kok-P	µg/l	11	22	270	35	35	534	25	33
PO ₄ -P	ug/l	8	14	246	15	21	442	16	17
COD-Mn	mg/l	1.2	1.2	3.1	1.4	0.8	2.4	1.7	1.5

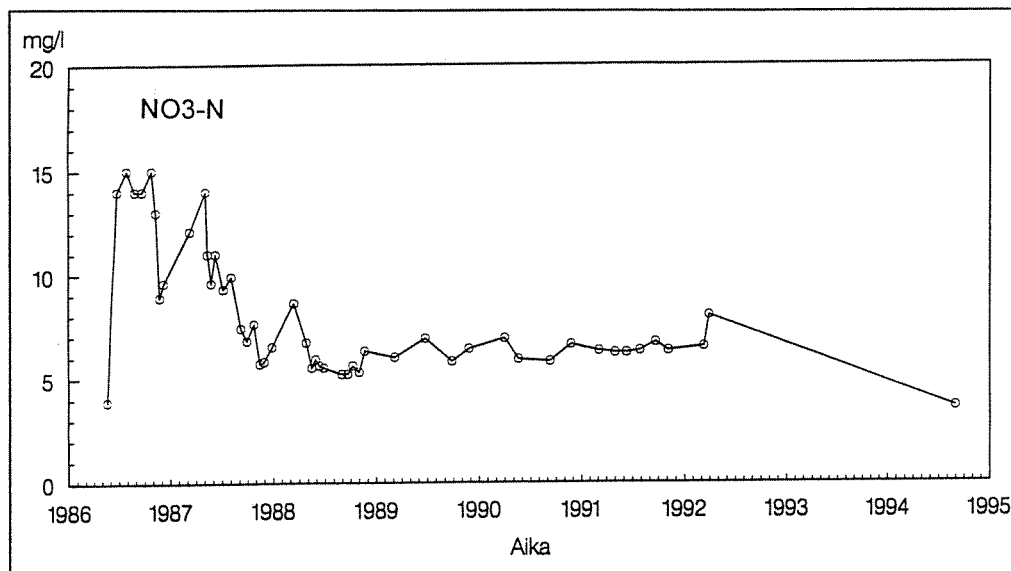
Pohjavesiputken nro 7 ympärillä olevilla pelloilla viljeltiin ohraa ennen tämän tutkimuksen havaintojen alkamista ja pohjaveden nitraattityypipitoisuus oli kohonnut 15 - 20 mg/l (kuva 18).

Keväällä 1986 aloitettiin useampivuotinen nurmiviljely, jossa väliin oli ohra nurmen suojaviljana. Nitraattityypipitoisuus laski 10 mg/l:aan, vaikka nurmen typpilannoitus oli noin 200 kg/ha. Useampivuotinen nurmi kynnettiin syksyllä 1993. Nitraattityypipitoisuus oli jostain syystä alkanut nousta jo edeltävänä kesänä.

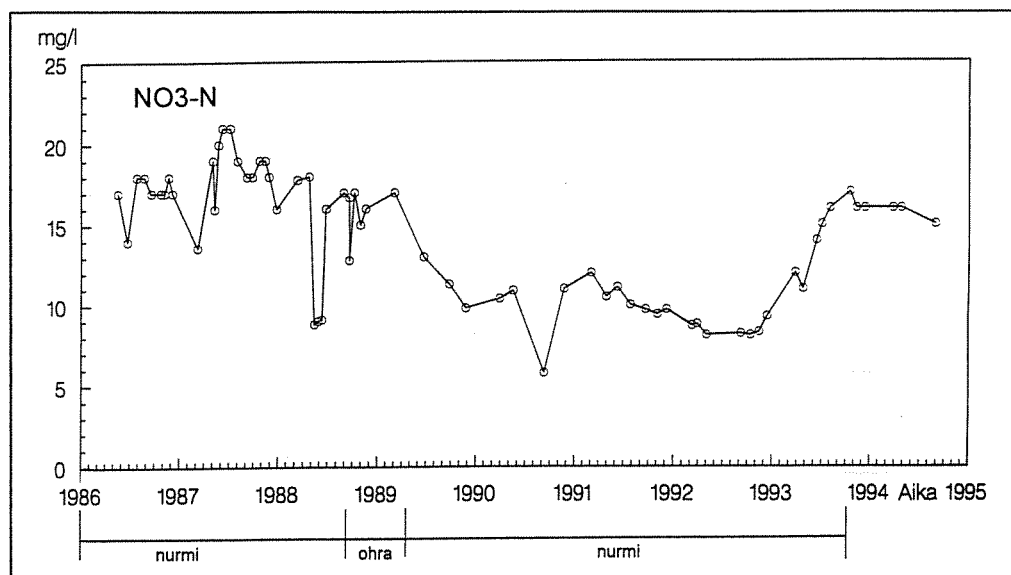
Pohjavesiputken nro 8 ympärillä olevat pellot olivat nurmena vuodesta 1984 vuoteen 1987 ja pohjaveden nitraattityypipitoisuus laski tänä aikana selvästi (kuva 19). Sen jälkeen pelloilla tehtiin viljelykokeita ja välillä ne olivat kesantona. Nitraattityypipitoisuus kohosi 15 mg/l:aan. Kesästä 1993 lähtien alue on ollut nurmena, jota ei ole lannoitettu ja nitraattityypipitoisuus on laskenut 5 mg/l:aan.

Sekä putkella 7 että putkella 8 pohjaveden nitraattityypipitoisuus oli alhaisempi nurmiviljelyn aikana.

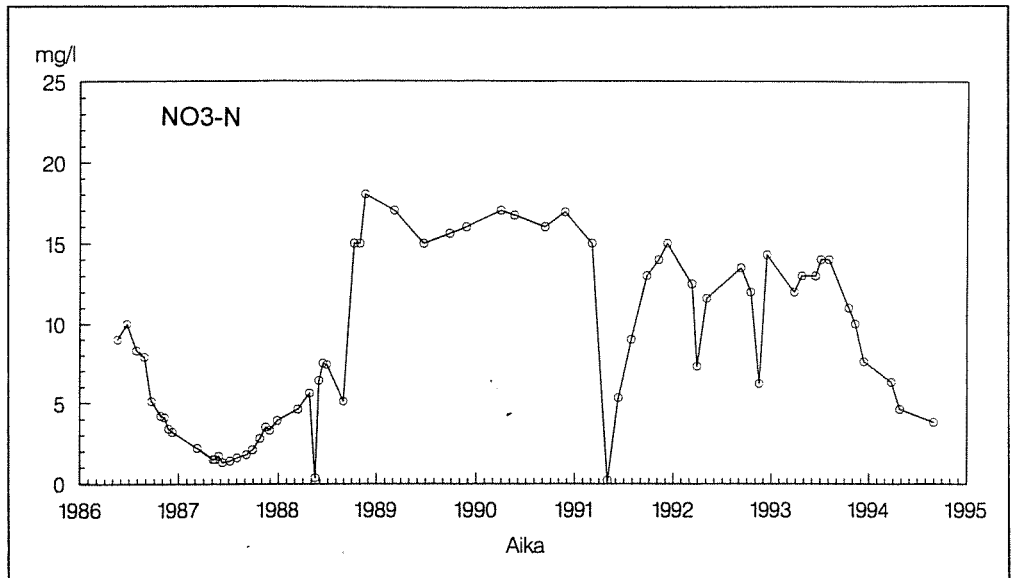
Pohjavesiputkissa 3 ja 6 oli poikkeuksellisen pienet nitraattityypipitoisuudet. Typpi esiintyi niissä ammoniumtyyppinä, jonka pitoisuudet olivat paljon korkeammat kuin muilla putkilla. Putken nro 6 ammoniumtyypipitoisuus (kuva 20a) ylitti jatkuvasti talusvedelle asetetun teknis-esteettisen raja-arvon, 400 µg/l. Fosfaatin teknis-esteettinen raja-arvo, 100 µg/l, ylittyi jatkuvasti sekä putkella 6 (kuva 20b) että putkella 3.



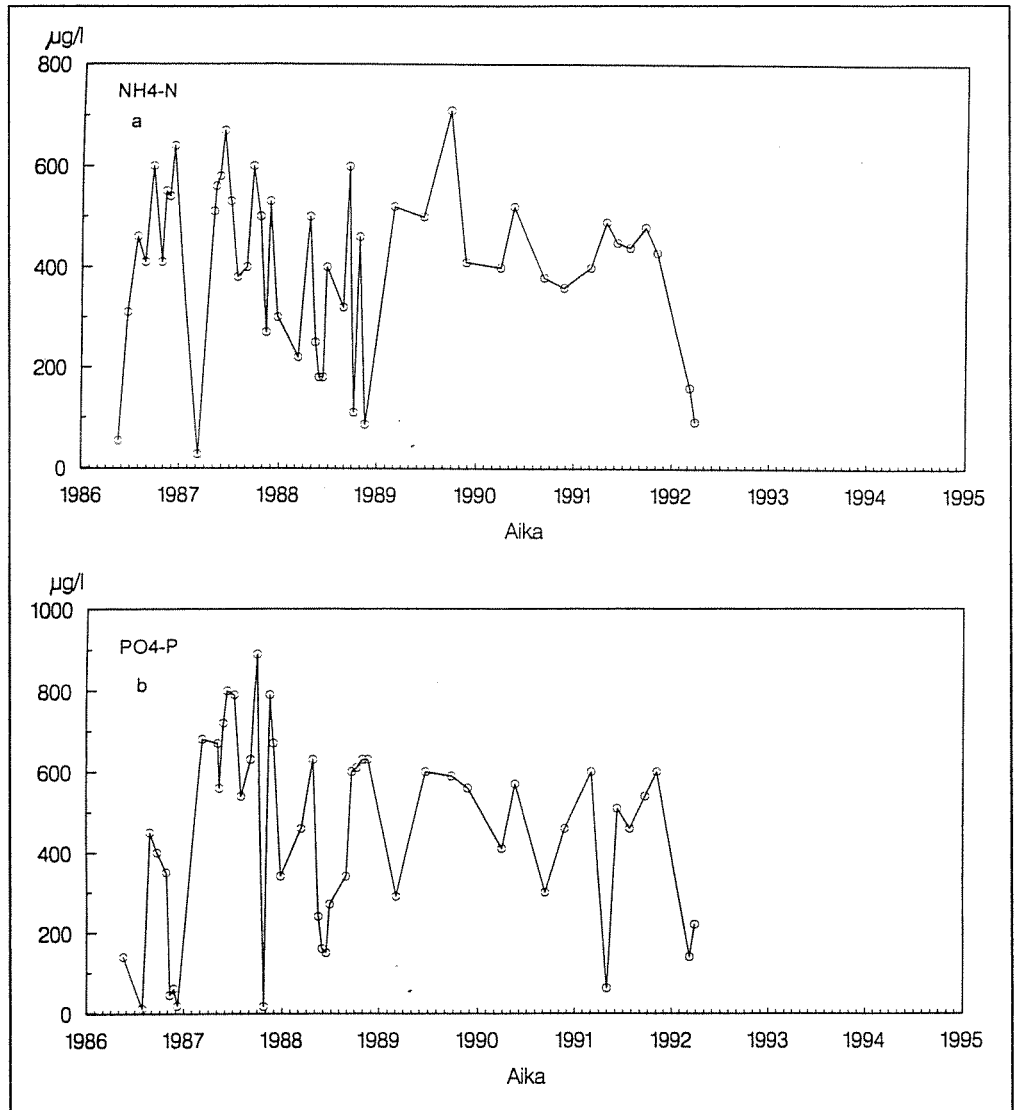
Kuva 17. Pohjaveden nitraattityypipitoisuus putkella nro 4.



Kuva 18. Pohjaveden nitraattityypipitoisuus putkella nro 7.



Kuva 19. Pohjaveden nitraattityypipitoisuus putkella nro 8.



Kuva 20. Pohjaveden ammoniumtyppi- (a) ja fosfaattifosforipitoisuudet (b) putkella nro 6.

Johtopäätökset

5.1 Viljely- ja lannoituskokeet

Syyskyntö lisäsi pohjaveteen tulevaa vesimäärää ja sen myötä myös nitraattityppimäärää. Pohjaveden nitraattityppipitoisuuteen kynnyksellä ei ollut selvää vaikutusta. Ensimmäisenä syksynä vesimäärä rinteeseen suuntaisesti kynnetyltä maalta oli 1,08-kertainen kyntämättömään nähden ja toisena syksynä 2,07-kertainen kyntämättömään nähden. Syksyllä kynnetyjen peltojen pohjaveden nitraattityppimäärä oli ensimmäisen syksyn jälkeen 1,48-kertainen ja toisen syksyn jälkeen 2,03-kertainen kyntämättömään verrattuna.

Nurmi, joka korjattiin kolme kertaa kesässä, ei pystyt hyödyntämään tehokkaasti typpilannoitusta 300 kg/ha vaan osa lannoitteesta joutui pohjaveteen. Pohjaveden nitraattityppipitoisuus nousi 8,8 mg/l:aan, joka on yli talousveden raja-arvon (6 mg/l). Sensijaan typpilannoitusmäärän 150 kg/ha nurmi pystyi hyödyntämään tehokkaasti ja pohjaveden nitraattipitoisuus kääntyi laskuun. Nitraattityppeä joutui pohjaveteen vuoden jaksolla 21,2 kg/ha lannoitustasolla 300 kg/ha, 11,4 kg lannoitustasolla 150 kg/ha ja 6,2 kg/ha ilman lannoitusta. Typpilannoitustaso 300 kg/ha laski pohjaveden alkaliteettia. Pienen alkaliteetin omaava vesi on herkempi happamuuden muutoksille, kuin suuren alkaliteetin omaava vesi.

Suoraan maanpinnalle tehty tuorehaurauma nosti pohjaveden johtokyvyn, alkaliteetin ja COD-Mn:n erittäin korkeaksi. Johtokyky nousi 181 mS/m:iin, alkaliteetti 13,4 mmol/l:iin ja COD-Mn 110 mg/l:aan. Myös kokonais- ja fosfaattifosforipitoisuudet nousivat. Fosfaattifosfori nousi yli talousveden teknisesti esteettisen raja-arvon, 100 µg/l.

Alueen normaalipintaisen pohjaveden nitraattityppipitoisuus oli keskimäärin 5 mg/l. Tämä on samaa luokkaa, kuin Rengon harjun viljelyllä osalla (Huttunen & Rönkä 1994).

5.2 Tulosten edustavuus

Tulosten edustavuutta ja luotettavuutta haittaavat lyhyet koejaksot. Lisäksi lysimetrit ovat keskenään erilaisia maalajijakaumaltaan ja siten myös vedenjohtavuudeltaan, eivätkä näinollen suoraan vertailukelpoisia. Maaperän kaivun jälkeen tulokset eivät myöskään täydellisesti edusta luonnontilaa.

Kirjallisuus

- Britschgi, R. 1989. Tutkimus peltolannoituksen vaikutuksesta pohjaveden kemialliseen koostumukseen ja laatuun Rengon maanviljelysalueella. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 172.
- Huttunen, L. 1995. Nitraatit kohoamassa pohjavedenottoilla - yksityiskaivoissa suuriakin pitoisuuksia. *Vesitalous* 3/1995. s. 29 - 32.
- Huttunen, L. & Rönkä, E. 1994. Peltolannoituksen vaikutus pohjaveden nitraattipitoisuuteen Rengon harjulla. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 611.
- Korkka-Niemi, K., Sipilä, A., Hatva, T., Hiisvirta, L., Lahti, K. & Alftan, G., 1993. Valtakunnallinen kaivovesitutkimus, Talousveden laatu ja siihen vaikuttavat tekijät. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja A nro 146 ja Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä nro 2/93.
- Lehtikangas, S., Sandqvist, H. & Lakso, E., 1995. Nitraatin esiintyminen pohjavesissä ja sen poistomahdollisuudet. vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 622.
- Matinvesi, J. 1992. Maatalouden kuormitus ja pohjavedet, Maaninnan koekentän tutkimukset. Ympäristön tutkimuspäivät Kuopiossa 26. - 27. 10. 1992, Maatalouden ympäristökuormituksen vähentäminen. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 459.
- Melanen, M., Jaakkola, A., Melkas, M., Ahtiainen, M. & Matinvesi, J., 1985. Leaching resulting from land application of sewage sludge and slurry. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland, No. 61.
- Paajanen, A., 1993. Aurattoman viljelyn vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, Maanviljelyskemian ja fysiikan osasto.
- Puustinen, M., 1994. Effect of soil tillage on erosion and nutrient transport in plough layer runoff. Publications of the Water and Environment Research Institute, National Board of Waters and the Environment, Finland, No. 17. pp. 71 - 90.
- Rekolainen, S., Posch, M. & Turtola, E., 1993. Mitigation of agricultural water pollution in Finland: An evaluation of management practices. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 28, No. 3 - 5. pp. 529 - 538.
- Rinne, K. & Matinvesi, J., 1990. Valumat pohjaveteen syksyllä tai keväällä kynnettyä maata. *Koetoiminta ja käytäntö* 47:37, Maaseudun tulevaisuuden liite 29.5.1990.
- Rönkä, E., 1986. Åkerbrukets inverkan på kväve i grundvatten - pågående forskning i vattenstyrelsen. Nordiska Jordbruksforskarens Förening, seminar nr. 109, Jokioinen, Finland.
- Rönkä, E., Soveri, J. & Hyyppä, J., 1987. Pohjavesien typpipitoisuuksista. Kuopion vesitutkimuspäivät 14. - 15. 10. 1987, Typen pitoisuus ja merkitys vesissä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 45.
- Rönkä, E. 1987. Valvontatehtävät käynnistivät pohjaveden nitraattipitoisuutta selvittävän tutkimusprojektin. *Geologi* nro 4 - 5. s. 92 - 96.
- Sosiaali- ja terveysministeriö 1994. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista N:o 74/94.22

Liite 1. Maalajijakauma lysimetreissä eri syvyyksillä

LYSIMETRIEN MAALAJIJAKAUMA					
	Syvyys m	Savi %	Siltti %	Hiekka %	Sora %
Ruutu 1	0,3	3	12	85	0
	1,1	23	77	0	0
	1,8	16	82	2	0
Ruutu 2	0,7	3	7	90	0
	1,1	6	20	73	1
	1,8	39	61	0	0
Ruutu 4	0,6	17	77	6	0
	1,1	3	50	47	0
	1,8	13	69	18	0
Ruutu 5	0,6	3	10	87	0
	1,1	14	82	4	0
	1,8	2	21	77	0
Ruutu 6	0,4	9	21	70	0
	1,1	16	84	0	0
	1,8	12	62	26	0
Ruutu 7	0,6	3	37	60	0
	1,1	8	54	38	0
	1,8	6	52	42	0
Ruutu 8	0,6	12	75	13	0
	1,1	6	52	42	0
	1,8	6	63	29	0
Ruutu 10	0,5	3	36	61	0
	1	3	25	72	0
	1,8	3	47	50	0
Ruutu 11	0,6	9	45	46	0
	1,2	5	52	43	0
	1,8	2	39	58	1
Ruutu 12	0,3	6	62	32	0
	1,1	2	28	70	0
	1,8	5	48	47	0
Ruutu 14	0,5	2	21	77	0
	1,1	5	60	35	0
	1,8	2	31	67	0
Ruutu 15	0,5	5	65	30	0
	1,1	5	55	40	0
	1,8	3	42	55	0

Liite 2. Maalajijakauma pohjavesiputkilla eri syvyyväleillä

POHJAVESIPUTKIEN MAALAJIJAKAUMA					
	Syvyysväli m	Savi %	Siltti %	Hiekka %	Sora %
Putki 1	0,6 - 1,0	3	45	52	0
	1,0 - 1,5	3	45	52	0
	1,5 - 2,0	3	37	60	0
	2,0 - 2,5	3	31	62	4
	2,5 - 4,15	3	29	60	8
	4,3 - 5,5	3	21	67	9
	5,5 - 6,0	2	21	57	20
	6,0 - 7,0	4	26	56	14
	8,0 - 10,2	0	12	44	44
	10,2 - 12,0	0	10	78	12
	12,0 - 14,6	0	14	82	4
Putki 2	0,4 - 0,7	6	59	35	0
	0,7 - 1,3	5	42	53	0
	1,3 - 3,0	6	50	44	0
	6,0 - 9,0	3	23	56	18
	9,0 - 10,0	8	36	45	11
	10,0 - 12,0	0	6	94	0
Putki 3	1,0 - 3,0	11	69	20	0
	3,0 - 4,2	2	26	53	19
	4,3 - 6,0	2	26	58	14
	6,0 - 9,0	2	21	56	21
	9,0 - 12,0	5	39	40	16
	12,0 - 15,0	0	3	39	58
	15,0 - 18,0	0	2	68	30
Putki 4	0,5 - 2,0	37	63	0	0
	2,0 - 3,0	6	68	26	0
	6,0 - 7,0	2	27	55	16
	7,0 - 8,3	3	24	63	10
	8,3 - 12,0	3	30	53	14
Putki 5	0,5 - 2,0	4	42	54	0
	6,0 - 7,0	2	32	50	16
	7,0 - 9,0	2	22	48	28
	9,0 - 10,5	8	29	53	10
	10,5 - 12,3	3	11	83	3
Putki 6	0,5 - 1,5	4	42	46	8
	5,8 - 6,5	5	33	45	17
	6,5 - 8,0	5	22	40	33
	8,0 - 12,0	6	35	47	12
Putki 7	0,5 - 1,0	5	55	40	0
	1,0 - 2,5	3	33	62	2
	6,0 - 6,5	3	30	56	11
	6,5 - 12,0	0	0	100	0
Putki 8	0,6 - 1,1	2	40	57	1
	1,1 - 2,8	4	39	57	0
	5,0 - 7,0	0	3	93	4
	7,0 - 9,0	0	14	84	2
	9,0 - 11,5	0	2	95	3
	11,5 - 15,0	0	4	96	0

Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika joulukuu 2000
Tekijä(t)	Leena Huttunen, Esa Rönkä ja Jukka Matinvesi	
Julkaisun nimi	Erialaisten viljely- ja lannoitustapojen vaikutus pohjaveden laatuun	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Peltolannoituksen vaikutus pohjaveden nitraattipitoisuuteen Rengon harjulla, Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 611	
Tiivistelmä	<p>Erialaisten viljely- ja lannoitustapojen vaikutusta pohjaveden laatuun tutkittiin pellolle rakennettujen lysimetrien avulla. Koalueen maalaji on keskimäärin karkeaa hietaa ja pintavalunta on vähäistä. Suotautunut vesi kerättiin salaojaputkilla lysimetrien sisältä, jolloin lysimetreihin muodostui keinotekoinen pohjaveden pinta.</p> <p>Syyskynä lisäsi pohjaveteen tulevaa vesimäärää ja sen myötä pohjaveden nitraattityppimäärää. Ensimmäisenä syksynä kynä nosti pohjaveden nitraattityppimäärän 1,48 kertaiseksi ja toisena 2,03 kertaiseksi kyntämättömään verrattuna. Pohjaveden nitraattityppipitoisuuteen kyntällä ei ollut selvää vaikutusta.</p> <p>Nurmi ei pysynyt hyödyntämään tehokkaasti typpilannoitusta 300 kg/ha vaan osa lannoitteesta joutui pohjaveteen. Pohjaveden nitraattityppipitoisuus nousi yli talousveden raja-arvon. Typpilannoitusmäärän 150 kg/ha nurmi pystyi hyödyntämään tehokkaasti, ja pohjaveden nitraattityppipitoisuus kääntyi laskuun.</p> <p>Suoraan maanpinnalle tehdyn tuorerehuauman vaikutuksesta pohjaveden johtokyky, alkaliteetti ja COD-Mn nousivat korkeiksi. Myös kokonais- ja fosfaattifosforipitoisuudet kasvoivat.</p>	
Asiasanat	pohjavesi, pohjaveden laatu, pohjaveden nitraattipitoisuus, peltolannoitus	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 45	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Suomen ympäristökeskus	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0065-6
	Sivuja 33	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta 50 mk
Julkaisun myynti/ jakaja	Oy Edita Ab, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380, sähköpostiosoite: asiakaspalvelu@edita.fi www-palvelin: http://www.edita.fi/netmarket	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus PL 140, 00251 Helsinki	
Painopaikka ja -aika	Oy Edita Ab Helsinki 2000	

Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum december 2000
Författare	Leena Huttunen, Esa Rönkä och Jukka Matinvesi	
Publikationens titel	Om olika odlings- och gödslingsmetoders inverkan på grundvattnets kvalitet	
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Åkergödslings inverkan på nitrathalten i grundvattnet vid åsen i Renko, Vatten- och miljöstyrelsens duplikatserie nr 611	
Sammandrag	<p>Odlings- och gödslingsmetoders inverkan på grundvattnets kvalitet undersöktes med lysimeterprov. Jordarten i det undersökta området är i genomsnitt grovmo och tillrinningen från ytan har varit mycket liten, Perkolerat vatten samlades med täckdikesrör från lysimetern och en konstgjord bassäng med grundvatten bildades i lysimetern.</p> <p>Höstplöjning ökade mängden av perkolerat vatten vilket resulterade i en ökning av nitratkvävemängden i grundvatten. Den första hösten ökade plöjningen nitratkvävemängden 1,48 gånger och den andra hösten 2,03 gånger i jämförelse med oplöjd jord. Plöjningen hade inte klar inverkan på nitratkvävehalten i grundvattnet.</p> <p>Gräs kunde inte effektivt utnyttja en kvävegödslingsnivå på 300 kg/ha och en del av gödslet urlakades i grundvatten. Nitratkvävehalten i grundvattnet höjdes över det tillåtna gränsvärdet. Gräs kunde emellertid utnyttja en kvävegödslingsnivå på 150 kg/ha, och då sjönk nitratkvävehalten i grundvattnet.</p> <p>Råfoderstäckar byggda på bar markyta resulterade i att konduktiviteten, alkaliniteten och COD-Mn värdet betydligt. Den totala- och fosfatfosforhalten höjdes också.</p>	
Nyckelord	grundvatten, grundvattnets kvalitet, nitratkvävehalten i grundvattnet, åkergödsling	
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 45	
Publikationens tema	miljövård	
Projektets namn och nummer		
Finansiär/ uppdragsgivare	Finlands miljöcentral	
Organisationer i projektgruppen		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0065-6
	Sidantal 33	Språk finska
	Offentlighet offentlig	Pris 50 FIM
Beställningar/ distribution	Edita Ab, Kundservice, PB 800, 00043 Edita tel. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380, e-mail:asiakaspalvelu@edita.fi www-server:http://www.edita.fi/netmarket	
Förläggare	Finlands miljöcentral PB 140, 00251 Helsingfors	
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Oy Edita Ab Helsingfors 2000	

Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date	December 2000
Author(s)	Leena Huttunen, Esa Rönkä and Jukka Matinvesi		
Title of publication	The Impact of Various Cultivation and Fertilization Methods on the Quality of Groundwater		
Parts of publication/ other project publications	Effect of farm fertilizers on nitrate concentration in groundwater on Renko ridge, Mimeograph Series of the National Board of Waters and the Environment no. 611		
Abstract	<p>The Impact of various cultivation and fertilization methods on the quality of groundwater was studied in lysimeter experiments. The soil type in the studied area mainly consists of fine sand, and the surface runoff is negligible. Percolated water was collected through subsurface drains, whereby an artificial groundwater table was formed inside the lysimeters.</p> <p>Ploughing in autumn increased percolated water and as a result the level of nitrate in the groundwater also increased. The first autumn ploughing increased the nitrate level 1.48 times, and the second autumn 2.03 times in comparison to unploughed fields. Ploughing had no clear impact on the nitrate content of the groundwater.</p> <p>Grass was not able to effectively profit from nitrogen fertilization at 300 kg/ha, and some of the fertilizer was found in the groundwater. The nitrate content of the groundwater exceeded permitted levels. Grass was, however, able to effectively profit from nitrogen fertilization at 150 kg/ha, and in this case the nitrate content of the groundwater decreased.</p> <p>Green fodder stacks built on a bare soil surface considerably increased the conductivity, the alkalinity, and the COD-Mn -level of the groundwater. The total- and phosphate phosphorus contents increased as well.</p>		
Keywords	groundwater, groundwater quality, nitrate content of the groundwater, farm fertilization		
Publication series and number	The Finnish Environment 45		
Theme of publication	environmental protection		
Project name and number, if any			
Financier/ commissioner	Finnish Environment Institute		
Project organization			
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0065-6	
	No. of pages	Language Finnish	
	Restrictions Public	Price 50FIM	
For sale at/ distributor	Edita Ltd, PB 800, FIN-00043 Edita tel. +358 9 566 0266, telefax (09) 566 0380, e-mail:asiakaspalvelu@edita.fi www-server: http://www.edita.fi/netmarket		
Financier of publication	Finnish Environment Institute P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, FINLAND		
Printing place and year	Edita Ltd Helsinki 2000		



YMPÄRISTÖN- SUOJELU

Erilaisten viljely- ja lannoitustapojen vaikutus pohjaveden laatuun

Erilaisten viljely- ja lannoitustapojen vaikutusta pohjaveden laatuun tutkittiin pellolla, jonka maalaji on karkeaa hietaa. Pintavalunta pellolta on vähäistä. Pellolle oli rakennettu lysimetri, jolloin saatiin aikaan keinotekoinen pohjaveden pinta. Maaperän läpi suotautunut vesi kerättiin salaojaputkilla lysimetricien sisältä. Veden määrää ja laatua mitattiin mm. syyskynnön ja erisuuruisten typpilannoitusten jälkeen.

ISBN 952-11- 0065-6

ISSN 1238-7312

Oy EDITA Ab
PL 800, 00043 EDITA, vaihde (09) 566 01
ASIAKASPALVELU
puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380
EDITA-KIRJAKAUPPA HELSINGISSÄ
Annankatu 44, puh. (09) 566 0566



9 789521 100659