

IDW2008

10th International Drainage Workshop
of ICID Working Group on Drainage
Helsinki/Tallinna | 6-11.7.2008

Esitysten suomenkieliset tiivistelmät



Salaoituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 28

IDW2008

10th International Drainage Workshop of ICID Working Group on Drainage
Helsinki/Tallinna | 6-11.7.2008

Esitysten suomenkieliset tiivistelmät

Salaoituksen tutkimusyhdistys ry

Simonkatu 12 A 11

00100 Helsinki

puh (09) 694 2100

fax (09) 694 2677

Päätoimittaja Rauno Peltomaa

Etukansi IDW2008-seminaarin osanottajat säätytalon portailla heinäkuussa 2008. Kuva: Vesa Vuorimaa.

Takakansi Seminaarin ekskursio Gårdskulla Gårdiin Siuntioon. Kuva: Mati Tönismäe

Taitto Juha Peltomaa

Painopaikka Multiprint Oy, Helsinki 2008

Web www.salaojayhdistys.fi -> julkaisut

Tämän julkaisun on kustannut Salaoituksen Tukisäätiö.

ISBN 978-952-5345-20-9

Sisällysluettelo

Esipuhe.....	3
--------------	---

Osa 1: Salaojitus ja ympäristö erityyppisissä maatalousympäristöissä

Keynote Dr.-Ing. Eiko Lubbe

Kuivatus- ja ympäristönäkökohdat erityyppisissä maatalousympäristöissä.....	4
---	---

Eileen J. Kladvko

Nitraattikuormitus (N) salaojiin -kuivatusintensiiteetin ja maatalouskäytäntöjen vaikutus.....	6
--	---

Jeff Strock

DRAINMOD-N II:n käyttö typen huuhtoumien ennustamiseen perinteisessä ja luomuviljelyksessä Minnesotassa USA:ssa.....	8
--	---

Jennifer Roper

Maanmuokkauksen vaikutukset nitraattitypen huuhtoumiin maatalouden kuivatusvesissä.....	9
---	---

Ch. Merz

Merkkiainemetallin käyttäytyminen kuivatetuilla tulva-alueilla.....	10
---	----

G.G. Gulyuk

Pitkään kuivatettujen maiden ongelmat - kokemuksia Venäjän keskiosien tiiviiltä mailta.....	11
---	----

P. Kovalenko

Viljelyjärjestelmien uudistaminen osana maatalouden parannustoimia Ukrainassa.....	13
--	----

Henk Ritzema

Salaojituksen rooli kasteluilla kuivilla maatalousalueilla.....	15
---	----

Sami Myyrä

Maanviljelijän ja maanomistajan kuivatusjärjestelmän valinta-voiton maksimointi ja ympäristö.....	16
---	----

Osa 2: Ravinnehuuhtoumien ratkaisukeinoja

Keynote Chandra A. Madramootoo

Ravinteiden huuhtoutumisen vähentäminen maatalouden kuivatusjärjestelmissä.....	18
---	----

Gary Sands

Kuivatuksen suunnittelu maatalouden ja ympäristön näkökulmista.....	21
---	----

Craig Schrader

Salaojavesien käsittely bioreaktorissa.....	23
---	----

Hamideh Noory

Salaojakastelujärjestelmä kuivatusveden laadun parantamiseksi Iranissa.....	25
---	----

Ingrid Wesström

Salaojituksen pitkän aikavälin vaikutukset viljasatoihin ja maaperän fysikaalisiin ominaisuuksiin.....	26
--	----

Jane Frankenberger

Kuivatusvesien hallinnan hydrologisten vaikutusten määrittäminen Indianassa.....	28
--	----

Maija Paasonen-Kivekäs

Salaojitus ja savipeltojen ravinnekuormitus.....	30
--	----

Kami Kavboosi

Riisin puintijäte salaojien ympärysaineena.....	32
---	----

Hamed Ebrahimian

Salaojitusjärjestelmän vaikutukset ympäristöön Iranin rannikkoalueella.....	33
---	----

Björn Klöve	
Suoalueiden kuivatuksen hydrologiset ja ympäristövaikutukset: vaihtoehtoisia toimintatapoja kestävään hallintaan	34
Piotr Kowalik	
Jätevesipeltojen käytön vaikutus maaperän ominaisuuksiin Gdanskissa Puolassa.....	36
Jörg Steidl	
Laskeutuslaitaiden käyttö maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisessä.....	37

Osa 3: Menetelmiä valumavesien hallinnan tueksi

Keynote R.Wayne Skaggs	
Säätösalaajituksen vaikutukset vesi- ja typpitasapainoon kuivatetuilla maa-alueilla	38
Lassi Warsta	
Valunnan mallintaminen pellolla.....	40
Maurits W. Ertsen	
Saliniteetin ja kuivatusprosessien mallintaminen Dulce-joella Argentiinassa.....	43

Osa 4: Kuivatus ja luonnonmukainen vesirakennus

Keynote Seppo Rekolainen	
Eurooppalainen vesilainsäädäntö - kuinka arvioida toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi	44
Pol Hakstege	
Saastuneiden vesistöjen kunnostaminen Hollannissa	46
Jukka Jormola	
Ympäristöystävälliset kuivatusmenetelmät	48
Juha Järvelä	
Hydrauliset lähtökohdat ympäristön kannalta parempien uomien suunnittelussa	51

Osa 5: Ilmastonmuutoksen haasteet kuivatukselle, tulvasuojelulle ja maankäytölle

Keynote Bart Schultz	
Äärimmäiset sääolosuhteet, kuivatus, tulvan hallinta ja maankäyttö.....	53
Kittiwet Kuntiyawichai	
Tulvavahinkojen ja riskikartoituksen kuvaus Chi-joen valuma-alueella Thaimaassa	56
Johannes Deelstra	
Hydrologiset prosessit pienillä maatalousvaluma-alueilla	57
Mikko Huokuna	
Tulvan hallinta ja maankäytön suunnittelu muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.....	58

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedotteet.....	61
---	----

■ Esipuhe

Tähän tiedotteeseen on koottu suomenkieliset tiivistelmät heinäkuussa 2008 pidetyn kansainvälisen kuivatusseminaarin esitelmistä. Julkaisulla yhdistys haluaa varmistaa seminaarin annin mahdollisimman laajan kotimaisen saatavuuden ja samalla herättää mielenkiintoa koko aineistoon tutustumiseen niiden osalta, jotka eivät ole siitä aiemmin olleet tietoisia.

Seminaarin järjestelyistä vastasivat maailmanlaajuisen kastelu- ja kuivatusjärjestön ICID:n Suomen ja Viron kansalliset osastot. Järjestäjät olivat erittäin tyytyväisiä seminaarin saamaan suosioon. Osanottajia oli yhteensä yli 130, jotka edustivat 25 kansallisuutta. Tilaisuuden järjestäjät olivat erityisen ylpeitä siitä, että seminaarin avainesitelmöitsijöiksi oli saatu maailman johtavia salaojituksen asiantuntijoita. Vastaavia alan asiantuntijoiden tapaamisia järjestetään maailmanlaajuisesti 3-5 vuoden välein. Suomessa edellinen kansainvälinen seminaari oli 22 vuotta sitten.

Seminaarin teemat olivat tilaisuuden luonteesta johtuen luonnollisesti varsin laaja-alaiset, kuten esitelmien tiivistelmistä käy ilmi. Salaojitus oli kuitenkin monissa esitelmissä keskeinen aihe. Siltä osin erityistä mielenkiintoa herättivät amerikkalaiset esitykset, jotka sivusivat Suomessa viime vuosina tehtyä salaojitus tutkimusta. Mielenkiintoista oli havaita, että salaojan syvyys ja ojaetäisyys ovat olleet USA:ssa tutkimuksen kohteena useita vuosia. Yllättävää sikäläisissä tuloksissa oli, että salaojan syvyys ei ollut vaikuttanut satotasoon ja salaojaetäisyyden puolittaminen laskennallisesta optimista ei ollut parantanut satotasoja. Lisäksi ojituksen tehostaminen oli lisännyt typpihuuhtoumaa. Kanadalaisissa tutkimuksissa oli todettu salaojituksen tehostamisen lisäävän myös fosforin huuhtoumia.

Seminaarin yhtenä teemana oli peltojen valumavesien laadun hallinta. Tämän teeman osalta yhteenvedon esitti säätösalojituksen uranuurtaja professori Wayne Skaggs. Hänen viestinsä oli, että valumavesien käsittelyssä ”ei ole olemassa yhtä viisasten kiveä, vaan on syytä käyttää useita eri menetelmiä valumavesien laadun parantamiseksi”. Yhtenä erikoisuutena seminaarissa esiteltiin tutkimusta, jossa hakkeesta rakennetulla bioreaktorilla poistettiin salaojavedestä typpeä.

Salaojituksen tutkimusyhdistys toivoo, että tiedote palvelee peltojen kuivatuksen parissa toimivien asiantuntijoiden tiedonhankintaa kansainvälisistä tutkimuksista ja että se toimii mielenkiinnon herättäjänä seminaariaineiston hyödyntämiseksi mahdollisimman laajasti. Esitelmien suomenkieliset lyhennelmät laati DI Johanna Jalonen, jolle parhaat kiitokset lukijoiden puolesta.

Tiedotteen lyhennelmissä on artikkelin kirjoittajaksi merkitty vain sen laatijoiden ensimmäinen nimi. Kokonaiset artikkelit sekä esitykset kaikkine laatijoineen löytyvät seminaarin alkuperäisaineistosta, joka löytyy osoitteesta: www.fincid.fi/idw2008

Seminaarin julkaisu: www.fincid.fi/julkaisut/IDW2008_proceedings.pdf

Marraskuussa 2008

Salaojituksen tutkimusyhdistys

Pertti Vakkilainen
Puheenjohtaja

Rauno Peltomaa
Sihteeri

Kuivatus- ja ympäristönäkökohdat erityyppisissä maatalousympäristöissä

Keynote Dr.-Ing. Eiko Lubbe

Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, Bonn, Germany

Kuivatustekniikoiden kehitys

Eaa./Jaa. Kivikaivannot, putkisalaojat

1650 puu-, risu-, sorasalaojat

1750 tiilisalaojat

1840 puristetut saviputket

1940 Maavesien virtauksen matemaattinen kuvaus

1950 Salaojakone saviputkien asentamista varten

1962 PVC- & PE-salaojaputket poimutetuin seinämin

1967 Taipuisa PVC salaojaputki > 50 mm halkaisija

1967 Salaojakone PVC- putkien asentamiseen

1975 Täysin automaattinen syvyyden säätö valokennoilla

Kuivatus on osa maanparannusta. Parannustoimenpiteet ovat osa kestävästä maatalousmaan muokkausta viljelymahdollisuuksien parantamiseksi pitkällä aikavälillä. Maaperän parannus voidaan jakaa seuraavasti:

1. vesitaloudellinen maanparannus, kuten kastelu ja kuivatus
2. maan/jankkokerroksen muokkaus
3. joutomaan käyttöönotto
4. maaperän ennallistaminen

Kuivatustöiden tarve ja kannattavuus

Kuivatustarve riippuu maalajista, ilmasto-olosuhteista, topografiasta, pohjavedenpinnan korkeudesta, maaprofilista ja sen vedenjohtavuudesta. Kuivatuksen kannattavuus riippuu taloudellisista ja maatalouspoliittisista seikoista (kustannus-hyöty-analyysit).

Maatalouspoliittiset ja taloudelliset päämäärät

Eläin- ja viljantuotannon kasvattaminen:

1. Elintarvikkeiden, ravinneaineiden ja kasvintorjunta-aineiden lisääntyneen käytön,
2. Tuotannon erikoistumisen ja keskittämisen sekä
3. Lisääntyneen muokatun maan käytön avulla

Sytä kuivatustöiden vähenemiselle:

1. Voittokeskeinen tuotanto
2. Kuivatustöiden kustannus-hyöty -suhde huonontunut

3. Julkisen tuen väheneminen
4. CAP-reformi, maaseudun kehittäminen
5. Ympäristönäkökulmat maaseutualueiden kehityksessä/ julkinen valvutuneisuus ympäristöasioissa
6. EU:n ympäristö-/vesilainsäädäntö

Tärkeä EU-lainsäädäntö

1. Nitraattidirektiivi (1991), päämääränä vähentää nitraatin osuus kaikissa vesissä alle 50 mg/l.
2. FFH direktiivi (1992) sisältäen Natura 2000-ohjelman luonnon monimuotoisuuden parantamiseksi.
3. EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi- VDP (2000) hyvän vesien laadun saavuttamiseksi.
4. Direktiivi tulvariskien hallintaan (2007) tarkoituksena vähentää haitallisia tulviin liittyviä ihmisen terveyteen, ympäristöön, kulttuuriperintöön ja taloudelliseen toimintaan kohdistuvia vaikutuksia.

Johtopäätöksiä

1. Kuivatusmenetelmät ovat pitkälle kehittyneitä
2. Kuivatuspinta-ala on laajenemassa
3. Kuivatusuomien tulee olla linjassa vesipolitiikan puitedirektiivin kanssa
4. Kuivatuksen ylläpitoa tulee parantaa
5. Kuivatuksen purkautumisteiden kuormitus pitää minimoida
6. Sopivat lailliset/vapaaehtoiset sitoumukset
7. Nykyisten kuivatustapojen ylläpito

Nitraattikuormitus (N) salaojiin -kuivatusintensiteetin ja maatalouskäytäntöjen vaikutus

Eileen J. Kladvko

Depts. of Agronomy and Agricultural and Biological Engin., Purdue University, Indiana USA

Taustaa

Salaojakuivatukselta on paljon hyötyä maataloudelle sekä ympäristölle, mutta se voi myös vaikuttaa osaltaan merkittävään nitraattikuormitukseen pintavesissä. On tärkeää löytää sopiva kuivatuksen tasapaino kasvintuotannon tehostamistarpeiden ja nitraattikuormituksen vähentämistarpeiden välillä.

Vuonna 1983 aloitetun SEPAC- ojavälikokeen alkuperäiset tutkimustavoitteet

- Miten kuivatustehokkuus vaikuttaa hiue- ja hieno hieta -mailla satoon ja huuhtoutumiin?
- Kasvin kasvu ja sadon paraneminen?
- Mikä on optimaalinen salaojaväli?
- Tapoja parantaa maaperän fysikaalisia ominaisuuksia?

Lisäyksiä projektin aikana

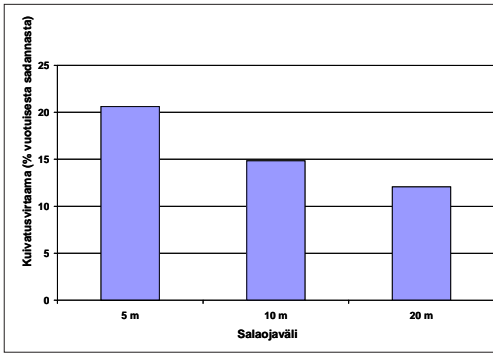
- Torjunta-aineiden kulkeutuminen tyypillisillä viljelyskäytännöillä
- Merkkiaineiden kulkeutumiskokeet, jotta voidaan ymmärtää oikovirtauksen prosessit
- Nitraatin huuhtoutuminen tyypillisillä viljelyskäytännöillä, miten salaojaväli vaikuttaa

Tavoitteet

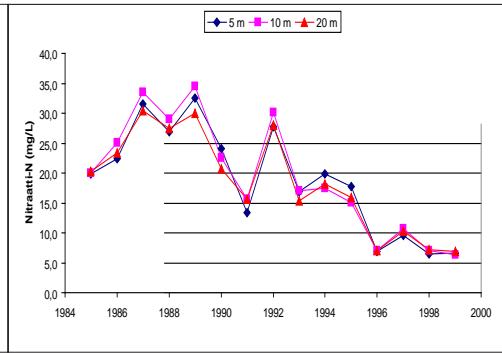
Tavoitteena oli arvioida kolmen eri ojavälin vaikutus nitraatin huuhtoutumiseen kuivatusojiin 15 vuoden aikana. Lisäksi mitattiin muutoksia salaojavalunnassa ja nitraatin huuhtoutumisessa kun viljely muutettiin perinteisestä korkean N-ravinneasteen jatkuvasta maissinviljelystä vaihtuvaan maissi- soijapapuviljelyyn, jossa käytetään matalampaa N ravinneastetta ja talvella vehnää ”sitojakasvina”.

Taulukko 1. Viljelytekniikka

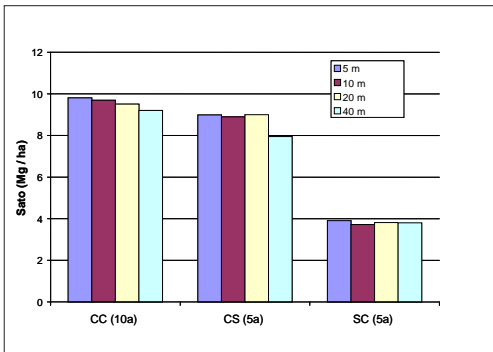
Vuosi	Kasvi	Maanmuokkaus	Ennen istutusta lannoitus N (kg/ha)	Nitrifikaation estäjä?	Talven ”sitojakasvi”
1985–88	Maissi	Aura	285	kyllä	ei
1989–93	Maissi	Aura	228	kyllä	ei
1994–95	Pavut/maissi	ei	200 (vain maissi)	kyllä	kyllä
1996–99	Pavut/maissi	ei	177 (vain maissi)	ei	kyllä



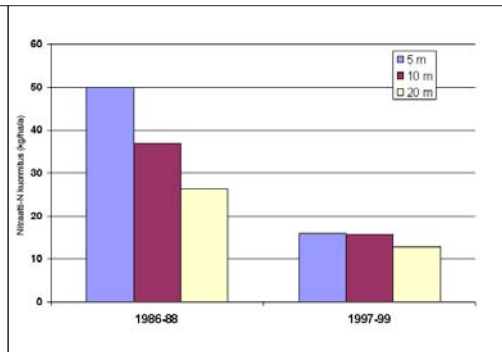
Kuva 1. Vuotuinen salaojavälunta prosenttina vuotuisesta sadannasta, keskiarvo vuosilta 1985-1999



Kuva 2. Vuotuiset virtaamalla painotetut nitraatin N (mg/l) keskipitoisuudet



Kuva 3. Keskimääräiset sadot eri salaojaväleillä 20 vuoden ajalta



Kuva 4. Jaksotetut nitraattikuormitukset salaojavälunnassa kolmella eri salaojaväleillä

Johtopäätöksiä

Salaojavirtaama ja nitraatin huuhtoutuminen ovat suurempia tiheämmällä salaojavälillä. Arvioitaessa parasta salaojaväliä tietyllä kasville ja ilmastoalueelle vaikutukset satoon sekä salaojavälunnon laatuun tulee arvioida. Pitkän aikavälin tutkimuksessa maissisato oli vain hieman korkeampi tiheimmällä salaojavälillä (5 m) verrattuna harvempaan salaojaväliin (20 m). Kuitenkin sadontuotantotalous johtaa kapeampaan salaojaväliin kuin halutessa vähentää nitraattikuormitusta pintavesiin.

Viljelijöiden lisätessä kuivatusintensiteettiä tulee yhä tärkeämmäksi löytää ratkaisuja vähentää nitraattihuuhtoumia kuivatusvesissä. Päämääränä on vähentää N-valuntaa joka esiintyy aina huuhtoumina, kun kasvatetaan yksivuotisia viljelykasveja. Monivuotiset kasvit käyttävät tyyppeä ja muita ravinteita aikaisemmin keväällä tai talvella kuin suurin osa yksivuotisista kasveista.

Salaojien valumavesien määrän kontrolloiminen on tärkeää. Tätä voidaan tehdä ”kierrättämällä” osa vedestä varastoimalla se lampiin tai kosteikkoihin, ja käyttämällä se kasteluun tai säätökasteluun.

■ DRAINMOD-N II:n käyttö typen huuhtoumien ennustamiseen perinteisessä ja luomuviljelyksessä Minnesotassa USA:ssa

Jeff Strock
University of Minnesota, USA

Tavoitteet

Tavoitteena on arvioida salaojavalunnan ja typen huuhtoutumisen määrää luonnonmukaisessa ja perinteisessä viljelyssä. Lisäksi verrataan DRAINMOD-N II:llä ennustettuja virtaama- ja kuormitustuloksia mitattuihin arvoihin kenttäkoetta varten.

Kenttäkoe

Koalue sijaitsee Minnesotan yliopiston tutkimusalueella, jossa on kaksi vierekkäistä peltoa kokonaispinta-alaltaan 65 hehtaaria kumpikin.

- ojaväli 55 m
- ojasyvyys 1,2 m
- putken halk. 12 ja 15 cm
- kuivatettu alue
 - 58.2 ha, luomu | - 46,9 ha, perinteinen
- ojitustiheys
 - 204 m/ha, luomu | - 230 m/ha, perinteinen

Luonnonmukaisen viljelyksen lannoituksena typen saamiseksi on käytetty nautan ja sian lantaa, kompostia sekä palkokasvin viljelyä. Perinteinen typen lähde on vedetön ammoniakki.

DRAINMOD-N II

Drainmod-N II:llä simuloidaan veden ja typen huuhtoumia salaojitetuilta pelloilta perinteisellä ja luomuviljelyalueella. Mallinnustuloksia käytetään arvioitaessa ympäristöhyötyjä vaihtoehtoisilla maankäyttö- ja viljantuotantotavoilla.

Johtopäätökset

Viljelymenetelmällä oli vaikutusta salaojavaluntaan ja typen huuhtoumiin. Merkittäviä tekijöitä olivat maaperän ominaisuudet, maankäyttö, typen käyttö, sadanta ja pinnanmuodot.

DRAINMOD N II kuvasi kohtalaisen hyvin sekä luonnonmukaisen että perinteisen menetelmän vaikutuksia typpihuuhtoumiin. Viljelymenetelmät, jotka ylläpitävät biodiversiteettiä, voivat vähentää typen huuhtoumaa vesistöön.

Maanmuokkauksen vaikutukset nitraattitypen huuhtoumiin maatalouden kuivatusvesissä

Jennifer Roper

Nova Scotia Agricultural College, Nova Scotia, Kanada

Kanadan Nova-Scotiaan on rakennettu kaksi salaojatutkimuskenttää. Koekentät suunniteltiin pellonhoitotoimenpiteiden kokonaisvaltaista arviointia varten. Molemmilla alueilla on vuodesta 2002 lähtien tutkittu maanmuokkauksen vaikutuksia kuivatusvesien laatuun jättämällä perinteinen muokkaus toteuttamatta puolella palsa-toista. Koekentillä on seurattu nitraattitypen pitoisuuksia ja kuormitusta valumavesissä perinteisellä muokkauksella ja nollamuokkauksella. Lannoituksena on käytetty karjan lantaa. Lisäksi on mitattu kasvihuonekaasu dityppioksidin (N₂O) päästöjä.

Taulukko I Vuosittaiset virtaamapainotetut nitraattityppipitoisuudet ja kuormitukset salaojavesissä perinteisellä ja nollamuokkauksella

	Muokkaus		Ei muokkausta	
	Pitoisuus (mg L ⁻¹)	Kuormitus (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)	Pitoisuus (mg L ⁻¹)	Kuormitus (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)
2002-2003	6.95	12.77	5.03	19.05
2003-2004	7.01	9.98	5.13	12.94
2004-2005	10.54	18.19	6.91	22.38
2005-2006	11.06	27.88	8.04	36.13
Keskiarvo	8.89	17.21	6.28	22.63

Johtopäätökset

Muokkaustapa ei vaikuttanut merkittävästi ravinnepitoisuuksiin, valumavesien kuormitus oli korkeampaa nollamuokkauksella kuin perinteisellä muokkauksella.

Muokkauksella ei ollut merkittävää vaikutusta N₂O konsentraatioihin tai kuormitukseen. N₂O ja NO₃⁻ kumulatiivisten kuormitusten välillä oli riippuvuus. Vaikka-kin liuenneet määrät vaikuttavat vähän ilmaan kertyvään N₂O kokonaisuudessaan, se on silti tärkeä tarkasteltava tekijä globaalissa typen määrässä.

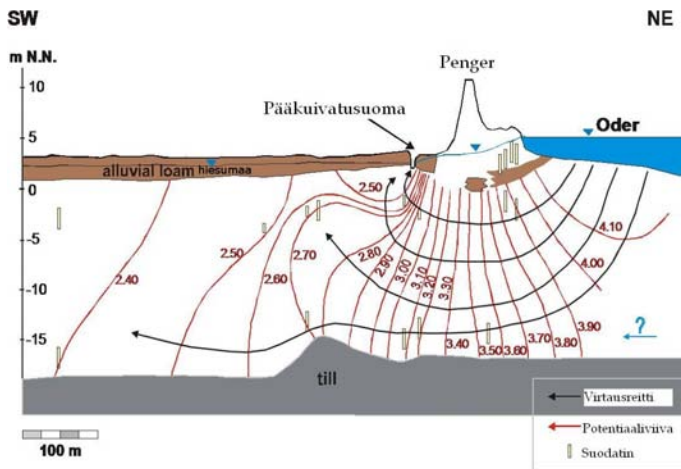
Merkkiainemetallin käyttäytyminen kuivatetuilla tulva-alueilla

Ch. Merz; ZALF, Berlin, Saksa

Työn tarkoituksena on tarkastella merkkiainemetallin kulkeutumista kohdealueen (Oderburch, Saksa) hydraulisissa ja hydrokemiallisissa olosuhteissa. Oderburch, pinta-alaltaan 800 km², on suurin omavarainen jokialue Saksassa. Suurin osa alueesta on tehokkaassa maatalouskäytössä. Alueella harjoitetaan mittavia vesienhallintatoimenpiteitä. Tulvapengerten rakennus, padotustoimenpiteet, ojitus ja pumppaus ovat mahdollistaneet maa-alan tehokkaan maatalouskäytön viimeisinä 250 vuotena. Nämä toimenpiteet ovat muuttaneet merkittävästi vesi- ja ainetasapainoa.

Merkkiainemetallin kulkeutumisen tunnistamiseksi pohjaveden ja kuivatusjärjestelmän rajapinnan välillä sekä merkkielementtien kertymisasteiden arvioimiseksi alueelle tyypillisissä vesistöolosuhteissa

suoritettiin geokemiallisia tutkimuksia ja otettiin sedimentinäytteitä. Lisäksi työssä tehtiin aineenkulkeutumisprosessien taselaskelmia eri uomatyypeille. Tavoitteena oli myös tuottaa käytännön tietoa tulevia hallintasuunnitelmia varten, jotta voidaan välttää vesienkäytöstä johtuvat negatiiviset vaikutukset alavilla alueilla.



Kuva 1. Hydraulinen tilanne Oderburc-joella

Johtopäätökset:

- Merkkiaineiden liikkuvuus pohjaveden ja pintaveden rajapinnalla riippuu merkittävästi hydraulisesti kontrolloiduista hapetus-pelkistysjaksoista.
- Fe, Cu ja As kerääntyvät hapettuneisiin uomasedimentteihin saostuneina hydroksideina, oksideina tai adsorption kautta Fe/Mn - hydroksidikalvoiksi. Karbonaatin saostuminen voi lisätä Mn:n kertymistä.
- Hallintatoimenpiteiden tulisi säilyttää geokemialliset esteet – Kemialliset gradientit tulisi tasapainottaa, jotta voidaan välttää suuret vaihtelut hapetus-pelkistysjaksoissa sedimenttiprofilissa.
- On tärkeää asettaa hapettumisvyöhyke syvälle sedimenttikerrokseen - makeanveden lisävirtaus uomiin on suositeltavaa.
- Häiriintymätön suhde pohjaveden ja pohjamaan välillä takaa alamailla tehokkaan nielun merkkiainemetalleille.

Pitkään kuivatettujen maiden ongelmat - kokemuksia Venäjän keskiosien tiiviiltä mailta

G.G. Gulyuk

Department of Land Reclamation, Ministry of Agriculture of Russian Federation

Venäjän alueella on tällä hetkellä 9,3 miljoonaa hehtaaria viljeltyä maata, josta 4,8 miljoonaa hehtaaria on kuivatettu. Koko kuivatetusta alueesta 3,0 miljoonalla hehtaarella (62 %) on salaojitusta. Tästä 2,6 miljoonaa hehtaaria sijaitsee alueella, jossa ei ole Venäjälle tyypillistä mustanmullan maata, ja loput Siperiassa ja Kaukoidässä. Alueella, joka ei ole mustanmullan maata biologinen tuotanto on vähäistä. Suurin osa maatalousmaasta sijaitsee alueilla, joilla ilmenee vettymishaittoja.

Neuvostoliiton aikaisen maanparannusohjelman tarkoitus oli kehittää maatalouden tuotantoa parantavia pitkän tähtäimen toimintatapoja sekä kuivatuksen avulla että kunnostamalla ihmisen toiminnan saastuttamia kostean vyöhykkeen maita.

Eri soistumisasteista podsolytyypistä maata on laaja-alaisesti ei-mustanmullan maalla luoteis- ja keskiosissa ja Valko-Venäjällä. Näitä maita ei voida viljellä ilman kuivatusta. Hiesusavimaiden kuivatus on kuitenkin monimutkaista johtuen maaprofiiliin fysikaalisten ominaisuuksien erityispiirteistä, varsinkin kuivatuskohteen ollessa tiivistä, rakenteetonta ja savista maata, jonka jankkokerroksen vedenläpäisevyys on huono ($K_s < 0,1-0,01$ m/d).

Alueilla, joilla esiintyy vettymishaittoja, suositeltu ojaväli vaihtelee 15-40 metrin välillä riippuen soistumistyyppistä/soistumisasteesta ja maaperän ominaisuuksista. Muualla maailmassa ojaväli vaihtelee huonosti vettä läpäisevillä mailla 6-17 metrin ja hyvin vedenläpäisevillä mailla 20-50 metrin välillä. Huonosti vettä läpäisevillä mailla Venäjällä, joissa virtausviivaverkosto ei muodostu pohjamaakerrok-



Kuva 1 Viljelymaisema

sisä, kuivatussyvyys on madallettu normaalista 1,0-1,2 metristä 0,7-0,9 metriin. Tiiviillä mailla käytetään hyvin vedenläpäisevää suodatinmateriaalia.

Kuivatusjärjestelmien toimivuus pitkällä tähtäimellä:

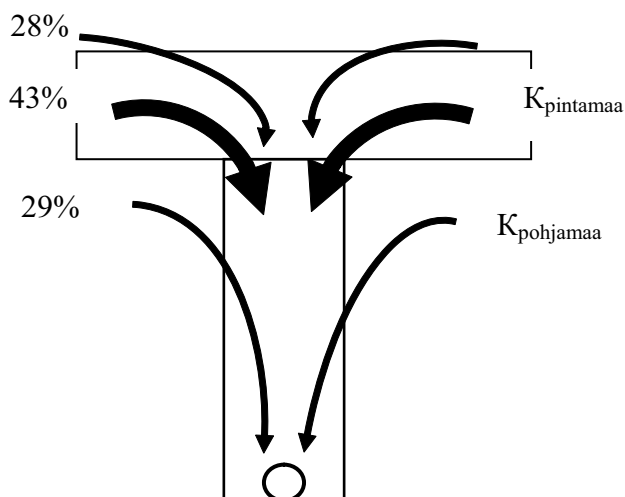
Jotta kuivatusjärjestelmä toimii pitkällä tähtäimellä ja tehokkaammin, seuraavat toimenpiteet ovat tarpeellisia:

- Kuivatusjärjestelmä tulee puhdistaa säännöllisesti sedimenteistä
- Ojat tulee kunnostaa ja puhdistaa kasvillisuudesta ja sedimenteistä. Tämä merkitsee huomattavia lisäyksiä kaivinkoneiden ja jyrinten määrissä ja muissa tärkeissä koneissa.

Johtopäätökset:

Kuivatusjärjestelmien kunnostukseen ja uudelleen rakentamiseen on tehtävä paljon työtä valtion ohjelman ”Maaperän viljavuuden ja maalaismaiseman säilyttäminen ja kunnostaminen Venäjän kansallisen hyvinvoinnin vuoksi vuosien 2006 – 2010 aikana ja vuoteen 2012 asti” toteuttamiseksi.

Ajanjaksolla 2006–2021 on suunniteltu kunnostettavan kuivatusjärjestelmiä yli 140 000 hehtaarin alalta, jotta voidaan toteuttaa merkittävä määrä muita töitä, joiden tarkoitus on parantaa kuivatettuja maa-alueita, maaperän viljavuutta ja tehostaa kuivatetun maan käyttöä.



Kuva 2 Virtaus kuivatusputkeen. $K_{\text{pintamaa}} > K_{\text{pohjamaa}}$.

Viljelyjärjestelmien uudistaminen osana maatalouden parannustoimia Ukrainassa

P. Kovalenko

Institute of hydraulic engineering and land reclamation, Ukraine

Tausta

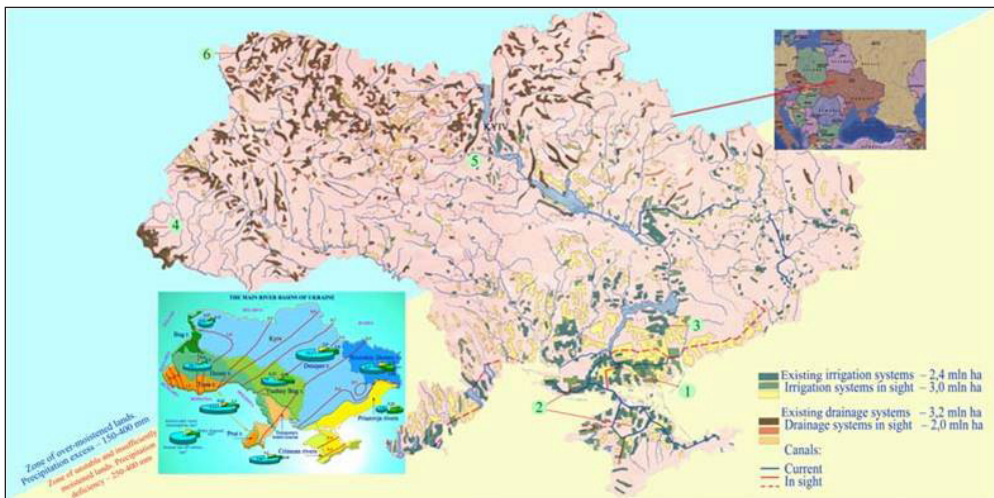
Ukrainan maataloussektorin muutosten, omistussuhteiden muuttumisen ja yksityistämisen myötä on kehitetty

- teoreettinen perusta nykyisten kuivatusjärjestelmien uudistamiseksi
- resursseja säästäviä teknologiaratkaisuja viljeltyjen maiden tehokkaaseen käyttöön
- lainsäädännöllinen perusta liittyen ihmisen vaikutuksesta tapahtuvaan kuorimitukseen paikallisilla maatalousalueilla

Maanparannukseen perustuva maatalous tulisi perustua nykypäivän olosuhteissa biologiseen, ekologiseen ja taloudelliseen perustaan.

Maanparannus- ja kuivatusjärjestelmän ominaispiirteitä kostealla vyöhykkeellä

Tällä hetkellä Ukrainassa tärkeysjärjestyksessä ensimmäisenä on lisätä viljelysalueiden roolia kohti kestäväää maataloustuotantoa riippumatta luonto- ja ilmasto-olosuhteista, yhtä lailla kuin luoda luotettava rehuvaranto karjan kasvatukseen ja ratkaista ruoan turvallisuusongelmat valtiotasolla.



Kuva 1. Kuva nykyisistä kastelu- (tummanvihreä) ja kuivatusjärjestelmistä (ruskea) sekä suunniteltavissa olevista järjestelmistä (vihreä ja oranssi)

Kuivatettujen alueiden käytön tehokkuus markkinaolosuhteissa ja maiden ollessa useiden maanomistajien omistuksessa riippuu seuraavista tekijöistä:

- järjestelmien rakenteellinen viimeistely, erityisesti maatilojen verkosto ja sen rakenteellinen palvelutaso
- vesienhallinnan teknologiaratkaisut vesiuomissa ja kokoomaojissa
- vesiolosuhteiden hallinnan teknologiaratkaisut kuivatetuilla alueilla

Maanparannus- ja kuivatusjärjestelmät kostealla alueella, yhteensä 1660 järjestelmää, on jaettu seuraaviin perustyyppisiin rakenteellis-teknisten ominaispiirteiden mukaan: kuivatusjärjestelmät, yhdistetyt (kuivatus-kastelu) järjestelmät, vesien kiertäjäjärjestelmät ja pengerrykset.

Johtopäätökset:

Maatalouden järjestelmien parantamisen ja uudistamisen periaatteita:

- lohkomoduulityyppisten järjestelmien suunnittelu, joita on sovellettu ympäristön ja maankäyttäjien tarpeisiin
- vesienhallinnan, maanparannusjärjestelmien rakentamisen yhdessä vesiolosuhteiden molemminpuolisen kontrollin ja teknisten prosessien hallintaolosuhteiden kanssa, sekä resurssija säästävän tekniikan luonti
- vesi- ja maavarojen järkevän käytön turvaaminen, maaperän uudistuskyvyn ja maan viljavuuden parantaminen
- ekologisen tasapainon turvaaminen viljellyillä maa-alueilla
- tieteellisesti pätevien teknologioiden käyttöönottoaminen säteilyn pilaamien alueiden kunnostamiseksi ja maatalouskäytön mahdollistamiseksi.

Hyvin tuottavien viljelysalueiden käytön lailliseksi tukemiseksi on tärkeää kehittää seuraavat ohjeistukset:

- menettelytavat kuivatettujen maiden käytön ja maatilajärjestelmien maanparannustoimien rahoitukseen
- säännöt peltojen tarkkailuun, sertifiointiin, kuivatus- ja kastelujärjestelmien teknisten olosuhteiden arvioimiseen ja maatilamaisemien ekologiseen tilaan ja määrittämään viljeltyjen ja muokattujen maiden luonnonmukaistamisen laajuus
- Ihmisen vaikutuksen aiheuttaman kuormituksen normalisointitavat maatalousalueilla pienten jokien valuma-alueilla
- yksityiskohtainen määrittely kuivatus- ja kastelujärjestelmien teknisten olosuhteiden arvioinnissa.

■ Salaojituksen rooli kastelluilla kuivilla maatalousalueilla

Henk Ritzema; Wageningen University and Research Centre, Hollanti

Johdanto

Salaojitusta tiedetään tehdyn jo tuhansia vuosia sitten. Sen teorian tieteellinen perusta muotoutui kuitenkin vasta 1900-luvun puolivälissä. Tuolloin aiempien käytännön kokemusten perusteella kehittyivät teoreettiset perusteet kuivatuksen ja sen vaikutukset maan suolaantumisen teoriaan. Vaikka modernin kuivatussuunnittelun yleisistä perusteista vallitseekin yksimielisyys, yksittäisissä hankkeissa suunnittelijalle jää aina vastuu lopullisesta ratkaisusta eli ns. taiteellisesta vaikutelmasta.

Salaojituksen toteutus on muuttunut kehitysmaissa nopeasti yksittäisten tilojen käsin kaivuusta jopa tuhansien hehtaarien koneellisesti toteutettuihin projekteihin. Muutos on ollut niin nopea, että on ollut tarpeen kehittää monia käytännön toteutukseen liittyviä menetelmiä. Salaojitusten suunnittelun haasteisiin on tullut mukaan lisäksi salaojavesien laadun ja määrän hallinta. Tätä hallintaa korostaa se, että maailman viljellystä peltoalasta on kastelun piirissä noin 20 %. Tämä osuus tuottaa kuitenkin 35-40 % maatalouden tuotannosta. On arvioitu, että seuraavien 25 vuoden aikana ruoantuotannon on kaksinkertaistuttava. Lisäys on pääosin tuotettava nykyisellä peltoalalla.

Haasteet

Kastelluilla alueilla salaojituksen päätarkoitus on pitää maan suolapitoisuus hallinnassa. Näillä alueilla salaojitustehokkuuden haasteena on minimoida kasteluveden tarve, mutta samalla varmistaa, että maan suolapitoisuus ei pienennä satotasoa.

Yhteenveto

Kastelluilla alueilla päätavoite on vuorovaikutteisen maankuivatuksen aikaansaaminen. Näissä olosuhteissa erityistä huomiota tulee kiinnittää:

- Kuivatusvesien mukana kulkeutuu myös ravinteita ja muita haitallisia aineita vesistöihin
- Kuivatusvesien haittojen jakaminen maanomistajille on vaikeaa päinvastoin kuin kasteluveden hankinnan kustannukset.
- Yhteistyön aikaansaaminen kuivatushankkeissa on käytännössä vaikea organisoida
- Institutionaaliset järjestelmät perustuvat usein kastelujärjestelmien hoitamiseen. Kuivatusjärjestelmien mukaan ottaminen kastelluilla alueilla edellyttää vastuunjaon uudelleen organisointia
- Kasteluveden laadun muuttuminen yläjuoksulta alajuoksulle aiheuttaa veden laadun heikkenemisestä aiheutuvien haittojen epätasaista jakaantumista.
- Korkeat investointikustannukset ja suhteessa pitkän ajan hyötyihin vähentävät maanomistajien rahoitusmahdollisuuksia
- Kuivatusveden kierrätystä kastelun käyttöön rajoittaa sen suolapitoisuus ja mahdolliset muut haitalliset aineet.

Maanviljelijän ja maanomistajan kuivatusjärjestelmän valinta -voiton maksimointi ja ympäristö

Sami Myyrä, MTT

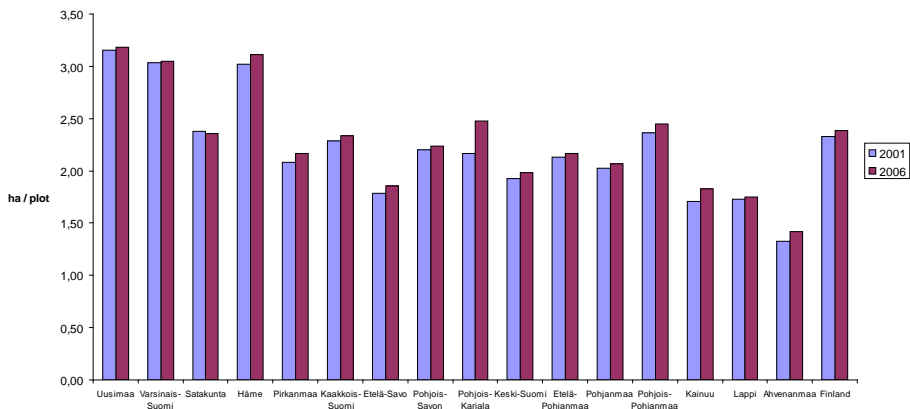
Maanviljelijän näkökulmasta kuivatusjärjestelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan: järjestelmät maanpinnalla ja salaajakuivatus. Salaajitusta suositaan ja tuetaan johtuen siihen liittyvistä hyödyistä viljelyalueilla. Avo-ojitusten negatiiviset vaikutukset ja siitä johtuva epäsuotuisa lohkomuoto on dokumentoitu hyvin (Suomela 1950, Klemola et al. 2002). Salaajitus on yksi tehokkaimmista kuivatustavoista, kun lohkokokoa kasvatetaan. Mitään tiettyä tavoiteltavaa maksimaalista lohkokokoa ei ole. Voitaisiin jopa väittää, ettei tuollaista maksimaalista lohkokokoa ole edes olemassa. Kuitenkin maanviljelijät jakavat vapaaehtoisesti suuret lohkot pienemmiksi. Onko kyse riskintorjunnasta?

Ongelmana on, että maatalouden tuottavuus vaatii suurempia peltolohkoja. Ehtona laajemmalle yhdistetylle alueelle on yhteistyö maanomistajien välillä ja parannukset kuivatusjärjestelmissä. Kuinka suuria peruslohkoja tehokas maatalous tarvitsee?

Tutkimuksessa käydään läpi 1000 maanviljelijän taloudellisia päätöksiä jaettaessa yhtenäiset peruslohkot muutaman eri kasvin kanssa. Lisäksi kysely lähetettiin järjestämättömien lohkojen uudelleen järjestämisestä 6000 maanomistajalle. Yhtenä tutkimuskysymyksenä oli, onko järjestämättömien lohkojen uudelleen järjestäminen tarpeen?

Suurimmalla osalla kokeiluista muuttujista ei ollut mitään vaikutusta lohkon jakamispäätökseen (maanviljelijän status, etäisyys alueelta), mutta joidenkin muuttujien vaikutus oli merkittävä (maatilana koko, tuotantolinja ja peruslohkon koko).

Peruslohkon koko ja maanviljelijän valinta jakaa lohko kahteen tai useampaan maanviljelyslohkoon (kahdelle tai useammalle lajikkeelle) korreloivat (kuva 2).

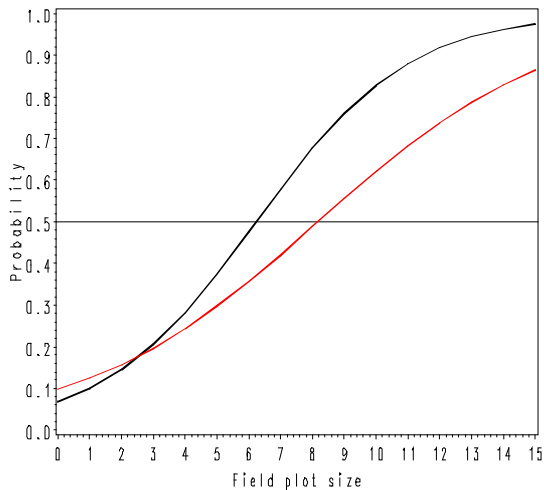


Kuva 1 Peruslohkojen koko Suomen maakunnissa

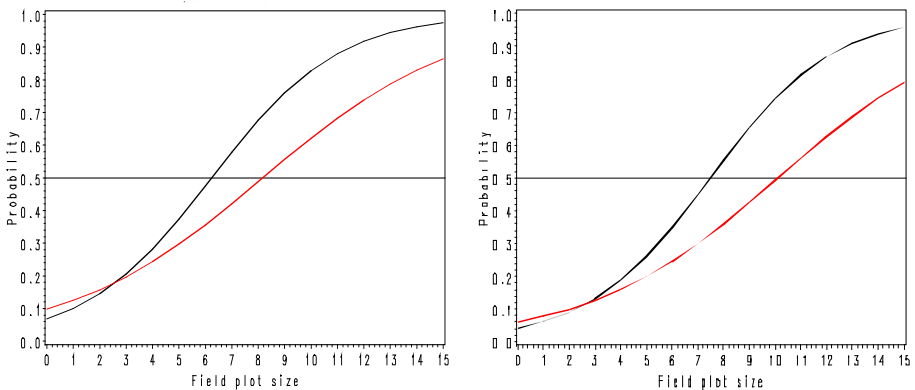
Nykyisellä peltolohkon koolla lohkoja viljellään tyypillisesti yhtenä lohkona. Kuitenkin todennäköisyys jakaa peltolohko kasvoi, kun peruslohkon koko kasvoi. Nykyisellä teknologialla tähdätään peltolohkoon, joka on kooltaan 6 ha rehuviljelyssä ja 8 ha viljan viljelyssä. Rakenteellinen kehitys lisää peltolohkon kokoa (kuva 3).

Johtopäätös

Nykyinen peruslohkokoko 2,39 hehtaaria on kaukana tähdätystä lohkokokoosta, jonka todettiin olevan noin 6 hehtaaria 8 hehtaariin.



Kuva 2 Todennäköisyys pellon lohkokoon suhteen jakaa peltolohko kahteen tai useampaan lohkoon. Punainen kuvaa viljaa ja musta rehuviljelyä.



Kuva 3 Todennäköisyys pellon lohkokoon suhteen jakaa peltolohko kahteen tai useampaan lohkoon. Kuvassa vasemalla maatilan koko on 30 ha ja oikealla maatilan koko on 90 ha.

Ravinteiden huuhtoutumisen vähentäminen maatalouden kuivatusjärjestelmissä

Keynote Chandra A. Madramootoo, McGill University, Montreal, Kanada

Viime vuosien tutkimuksissa painopiste on ollut fosforikuormituksen ilmiön selvittämisessä ja salaojituskastelun vaikutukset siihen. Tutkimusten yhteydessä on mitattu lisäksi nitraattitypen kulkeutumista. Siinä yhteydessä on seurattu sekä maan nitratityppeä että sen denitrifikaatiota

Johdanto

Vaikka maatalousmaat yleisesti hyötyvät salaojituksista, tyypillinen kuivatussyvyys (1 m) on alle kasvintuotannon kannalta parhaan pohjavedenpinnantason, jonka vuoksi kuivatus saattaa pienentää satoa. Kuivatuksen vuoksi saattaa myös vesiliukoisille ravinteille ja maatalouden kemikaaleille muodostua nopea reitti pohja- ja pintavesiin. Tarve rajoittaa kuivatusta, lisääntynyt kastelutarve sekä tarve vähentää ravinteiden huuhtoutumista ovat johtaneet parhaan mahdollisen viljelymenetelmän kehittämiseen (BMP-best management practice), johon sisältyy vedenpinnan korkeuden säätely (WTM-water table management). Siihen sisältyvät sekä säätösalaajitus että salaojakastelu.

Pohjavedenpinnan säätelyn on todettu lisäävän satoa. Lisäksi on havaittu vuosittaisten, kausittaisten tai hetkellisten valumien vähenemistä. Vaikka typen ja fosforin huuhtoutumista voidaan pienentää vähentämällä lannoitusta, sitä voidaan myös osittain vähentää säätämällä pohjaveden pinnankorkeuksia.

Koska fosfori sitoutuu maapartikkeleihin, sen on todettu huuhtoutuvan suurimaksi osaksi pintavalunnan mukana eikä fosforin huuhtoutumista salaojavesistä ole juurikaan tarkasteltu. Quebecissä kuitenkin useat maatalousmaat ovat saavuttaneet fosforin kyllästymisasteen pitkään jatkuneen runsaan fosforilannoituksen vuoksi. Viime vuosien tutkimuksissa painopisteenä on ollut selvittää fosforikuormituksen reitit ja osatekijät salaojitetuilla ja salaojakastelluilla pelloilla.

Pohjavedenpinnan säätelyn vaikutukset fosforiin salaojavesissä (2001, 2002, 2005)

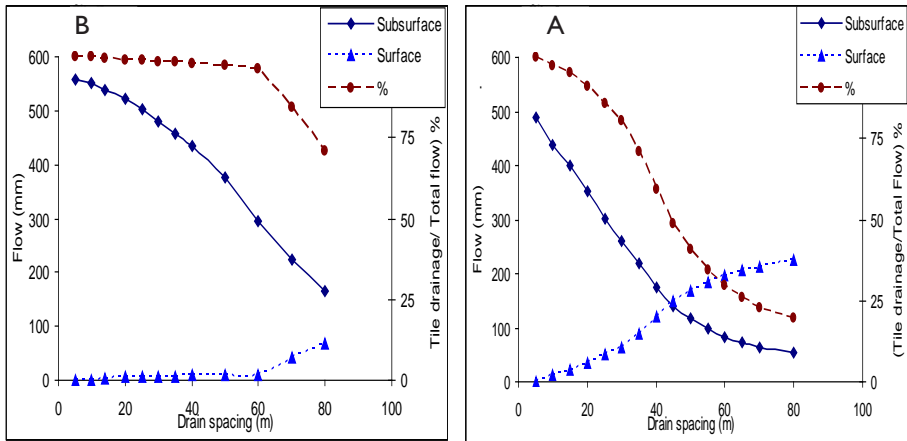
Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa mitattiin vuosina 2001 ja 2002 liuenneen fosforin kokonaismäärää. Aineisto osoitti, että fosforipitoisuudet kuivatusvesissä salaojakastelluilta lohkoilta olivat yleisesti ottaen suuremmat kuin normaalisti salaojitetuilta lohkoilta. Keväällä 2005 saadut mittaustulokset olivat samansuuntaisia.

Tutkimuksista havaittiin, että salaojakastelu vähentää nitraattitypen huuhtoutumia salaojista sekä pidättämällä enemmän vettä maassa ja vaikuttamalla denitrifikaatiota lisäävästi. Tämä voi kuitenkin lisätä jonkin verran dityppioksidin (N_2O) vapautumista ilmakehään, vaikkei dityppioksidi ollutkaan denitrifikaation päätuote kummallakaan salaojitustavalla. Salaojakastelu näyttää kuitenkin lisäävän liuenneen fosforin kokonaismäärää.

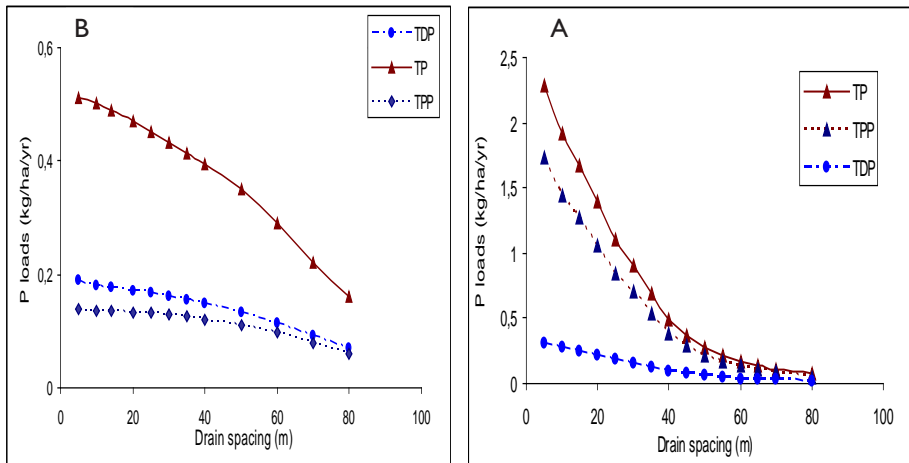
Salaojavälin vaikutus valuntaan ja fosforin huuhtoumiin

Kenttäkoeaineiston tiedoilla laskettiin Drainmod-mallin avulla ojavälin vaikutusta myös fosforin huuhtoumaan. Mallin testaus perustuu koekenttiin A ja B. Koelue A on savimaalla, savespitoisuus 40 %, salaojaetäisyys 10 m ja ojasyvyys 1 m. Koelue B on hietamaalla, savespitoisuus 10 %, ojaväli 13 m ja ojasyvyys 1 m.

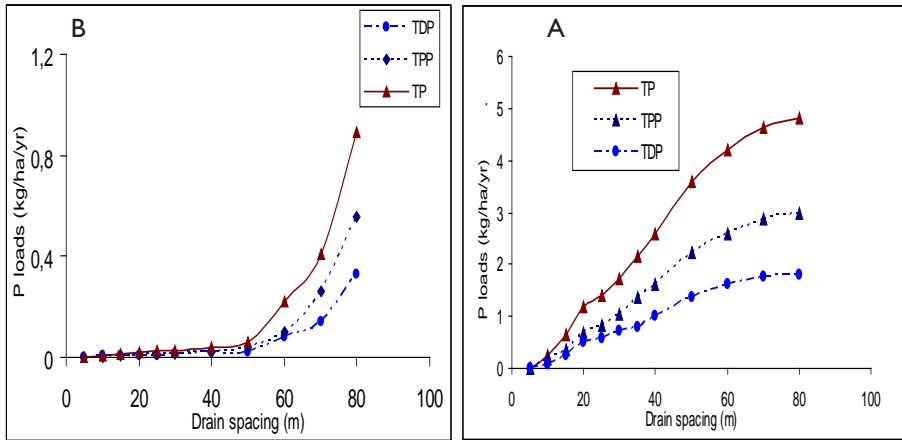
Mallin antamat tulokset valuntaan ja fosforin huuhtoumaan on esitetty alla olevissa kuvissa. Kriittiseksi ojaväliksi muodostui 40 m.



Ojavälin vaikutus salaojavaluntaan (Subsurface) ja sen osuuteen kokonaisvalunnasta (%) sekä pintavaluntaan (Surface), A savimaa, B hietamaa.



Ojavälin vaikutus salaojavalunnan fosforihuuhtoumaan. TDP = Liukoinen fosfori, TP = kokonaisfosfori, TPP = partikkelifosfori. A savimaa, B hietamaa.



Ojavälin vaikutus pintavalunnan fosforihuuhtoumaan. TDP = Liukoinen fosfori, TP = kokonaisfosfori, TPP = partikkelifosfori. A savimaa, B hietamaa.

Johtopäätökset

Salaojakastelusta ja pohjavedenpinnan säätelystä on merkittävästi hyötyä nitraattityppipäästöjen hallinnassa. Pitkän ajanjakson tutkimus Quebecissa, itäisessä Kanadassa, osoittaa että nitraatti-typpihuuhtoumat maissipelloilta voivat olla jopa viidesosan alhaisempia salaojakastellulta pellolta verrattuna perinteiseen salaojakasteluun. Denitrifikaatioaste oli myös paljon korkeampi salaojakastelluilla lohkoilla, kun pohjavedenpinta pidettiin 50-75 cm maanpinnan alapuolella. Salaojakastelu ei kuitenkaan ollut yhtä tehokas fosforin huuhtoumien vähentämisessä. Tutkimus osoittaaakin että liuenneen fosforin kokonaispitoisuudet salaojakastellulla voivat olla jopa 4 kertaa korkeammat kuin perinteisellä salaojituksella.

Kenttäkoeaineistosta laskettiin DRANIMOD-mallin avulla salaojavälin vaikutuksia salaoja- ja pintavaluntaan sekä fosforin eri fraktioiden huuhtoumiin. Yli 40 m suuremmat salaojavälit johtivat kokonaisfosforin, partikkelimaisen fosforin ja liuenneen fosforin määrien kasvuun. Lisäksi maalajilla oli vaikutusta, sillä fosforihuuhtoumat olivat korkeampia savimaalla. Tämä voi johtua virtauksesta makrohuokosissa sekä savimaiden halkeilusta kuivaan aikaan ja tästä johtuvasta fosforin huuhtoutumisesta rankkasateiden aikaan.

Kuivatuksen suunnittelu maatalouden ja ympäristön näkökulmista

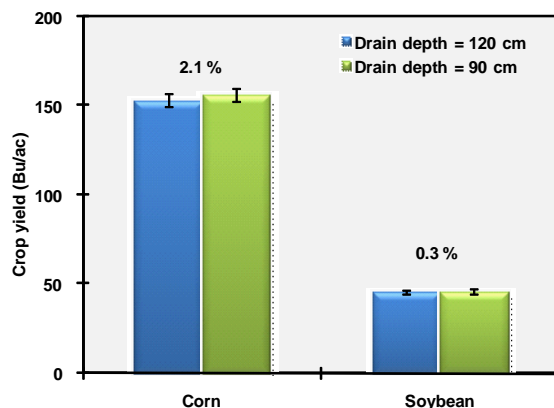
Gary Sands
University of Minnesota, USA

Yhteenvedo

Tutkimuksessa selvitetään muun muassa ojitustehokkuuden vaikutuksia typpihuuhtoumiin. Tutkimuksen taustalla yhtenä tekijänä on myös käytännön ojituksissa sala- ojamäärien kasvu hehtaaria kohti merkittävästi laskennallisia suosituksia suuremaksi. Optimaalisen ojavälin määrittämisessä käytettiin Hooghoudtin kaavaa.

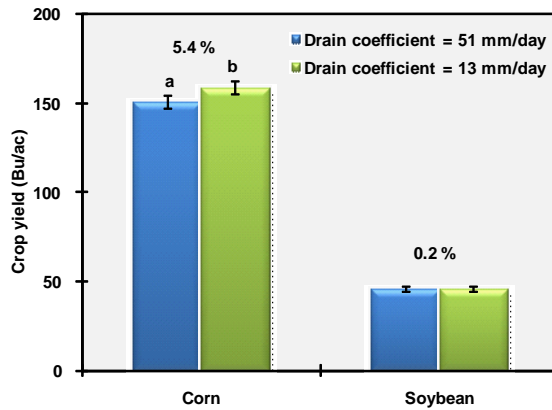
Tutkimuksessa seurataan kahta ojasyvyyttä ja kahta mitoitusvirtaamaa. Laskennalliset ojavälit 13 mm/vrk mitoitusarvolla antoivat ojaväleiksi 1,2 m ojasyvyydellä 24 m ja 0,9 m ojasyvyydellä 18 m. Vertailuojaväleinä ovat laskennallisten ojavälien puolittaminen eli 12 m ja 9 m vastaavilla ojasyvyyksillä 1,2 m ja 0,9 m. Pienempi ojaväli vastaa mitoitusvirtaamaa 51 mm/vrk. Maalajit ovat hiue- ja hietasavea. Vuonna 2001 alkaneessa tutkimuksessa selvitetään salaojavalunnan määrää ja typpihuuhtoumia sekä mitataan satomääriä.

Tutkimuksen yhteenvedossa todetaan, että ojasyvyys ei vaikuttanut satotasoon, kuva 1. Myöskään ojaväli ei vaikuttanut merkittävästi satotasoon. Satotaso oli pienellä ojavälillä jopa pienempi kuin laskennallisella ojavälillä, kuva 2. Matala ja normaali ojaväli pienensivät typpihuuhtoumia (kuvat 3-4). Tulosta selittää se, että tehokkaassa ojituksessa kokonaisvalunta lisääntyi, mutta se ei pienentänyt valumaveden pitoisuutta. Kun lisäksi ojitustehokkudella ei ollut vaikutusta satotasoon, se ei vaikuttanut sadon ottamaan typen määrään. Tulokset kattavat kuuden vuoden seurantajakson.

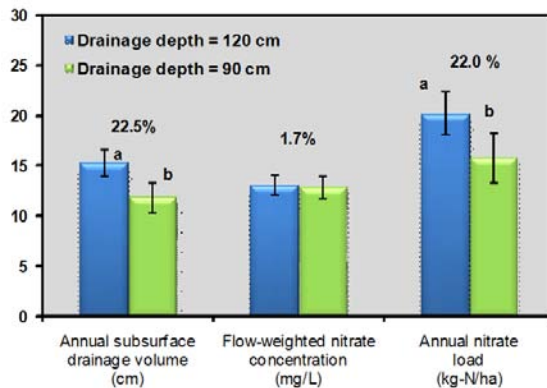


Kuva 1. Ojasyvyyksien 120 ja 90 cm vaikutus satotasoon

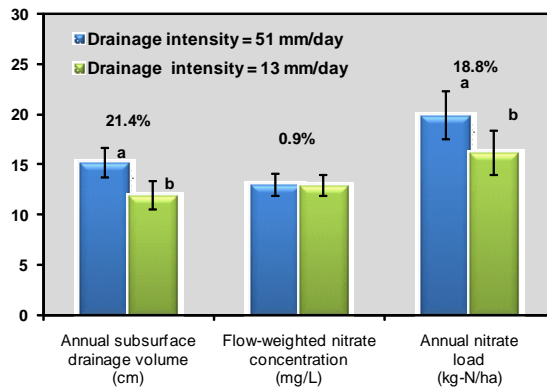
Kuva 2. Ojavälin vaikutus satotasoon. Mitoitusvaluma 5 l mm/vrk = ojavälit 9 ja 12 m ja vastaavasti 13 mm/vrk = ojavälit 18 ja 24 m



Kuva 3. Ojasyvyysien 120 ja 90 cm vaikutus vuosittaiseen salaojaväluntaan, valunnan nitraattitypen pitoisuuteen ja sen huuhtoumaan



Kuva 4. Ojavälin vaikutus vuosittaiseen salaojaväluntaan, valunnan nitraattitypen pitoisuuteen ja sen huuhtoumaan. Mitoitusvaluma 5 l mm/vrk = ojavälit 9 ja 12 m ja vastaavasti 13 mm/vrk = ojavälit 18 ja 24 m



Salaojavesien käsittely bioreaktorissa

Craig Schrader

University of Minnesota, USA

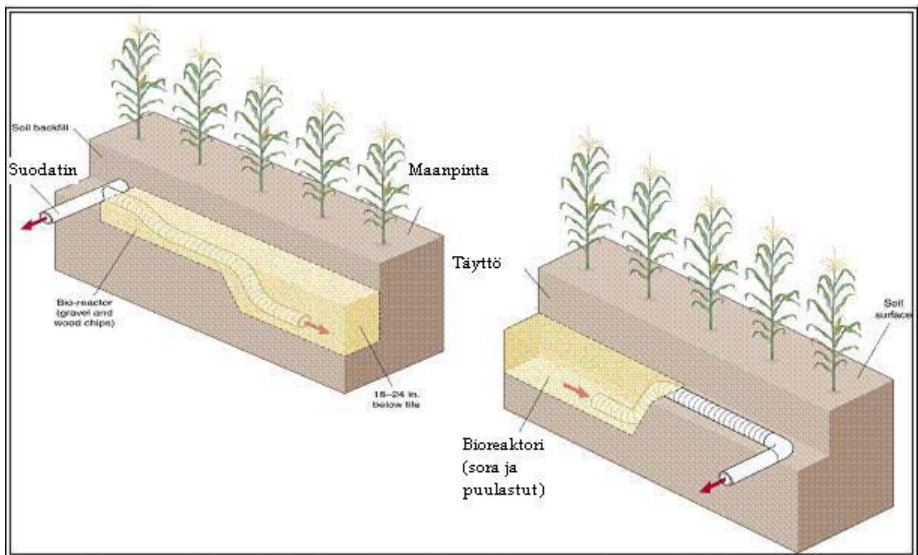
Minnesotassa on 79 000 maatilaa ja 11 miljoonaa hehtaaria maanviljelysmaata. Maanviljelysalueesta 3,4 miljoonaa hehtaaria on maissin ja 2,5 miljoonaa hehtaaria soijapapujen viljelystä.

Kuivatuksesta ollaan kiinnostuneita vedenlaatuongelmien, kiintoaineksen ja ravinteiden huuhtoutumisen vuoksi. Lisäksi keskustelua ovat aiheuttaneet Meksikonlahden happivajeongelmat – 'kuollut vyöhyke'. Minnesotan pinta-ala on 225 339 km² (vrt. Suomen pinta-ala on 338 000 km²).

Kuivatukseen liittyviä huolenaiheita:

- Vaikutus vedenlaatuun
- Vaikutus veden virtauksiin – huippuvirtaama, kokonaisvirtaama ja vaihtelut eri vuodenaikoina
- Vaikutus rantojen eroosioon
- Vaikutus kosteikkoalueisiin
- Taloudellinen vaikutus sijoituksiin

Nykyisen periaatteen mukaan pyritään kuivatamaan vain sen verran kuin viljelyn ja kasvintuotannon kannalta on tarpeen. Minnesotassa, Iowassa, Illinoisissa, Indianassa ja Ohiossa on jokaisessa tutkittu neljällä alueella kuivatusta. Tutkimus on kolmivuotinen.



Periaatekuva pellon reunalla olevasta bioreaktorista

Tutkimuksen tarkoitus

Tarkoituksena oli osoittaa, että vaihtoehtoisia kuivatusmenetelmiä voidaan käyttää sekä vähentämään ravinteiden huuhtoutumista että säilyttämään vettä viljelyjärjestelmissä Minnesotassa. Lisäksi käytettiin hakebioreaktoria vähentämään nitraattipitoisuuksia pellolta huuhtoutuviissa vesissä.

- Kuivatusmenetelmien vertailu:
 - Perinteinen (salaojasyvyys keskimäärin 1,2 m)
 - Matalampi kuivatus (salaojasyvyys keskimäärin 0,9 m)
 - Säättösalaojitus – padotusrakenteiden käyttö kuivatuksen hallitsemiseksi
- Biosuodattimet – denitrifikaatio

Bioreaktori muodostaa hapettoman ympäristön, jossa denitrifioivat bakteerit muuttavat nitraatin (NO_3) takaisin typeksi N_2 . Vesi virtaa ojan läpi ennen kuin poistuu pellolta. Muilta tutkimusalueilta saadut tulokset ovat osoittaneet 20-50 % alenevaa $\text{NO}_3\text{-N}$ -pitoisuuksissa.

Minnesotan yliopiston aikaisemmat tutkimukset Eteläiseltä tutkimusalueelta eivät ole osoittaneet merkittävää eroa sadoissa erilaisilla kuivatusmenetelmillä, mutta pellolta poistuvat NO_3 -pitoisuudet pienenevät tutkimuksissa huomattavasti sekä säättömenetelmillä että bioreaktorilla yhtälailla.

Tulokset

Vuoden 2007 sadantaolosuhteet poikkesivat normaalista. Sadanta oli suurimman osan vuodesta normaalin alapuolella Minnesotan kärsiessä kuivuudesta. Kun tarkastelee kuivatusvalumaa kolmessa järjestelmässä, voi nähdä että perinteinen (120 cm) ja matala (90 cm) olivat suunnilleen samat. Säättösalaojitus kuivatti noin 3 cm vähemmän vettä kasvukaudella, johtuen oletettavasti kasvien kasvusta. Säättösalaojituksen $\text{NO}_3\text{-N}$ huuhtouma oli noin puolet pienempi kuin muiden kuivatusmenetelmien. Sadot eivät eronneet merkittävästi kolmen menetelmän välillä. Tulos on yhtenevä muiden tutkimusten kanssa Minnesotan alueelta.

Salaojakastelujärjestelmä kuivatusveden laadun parantamiseksi Iranissa

Hamideh Noory

Dept. of Irrigation & Reclamation Eng., University of Tehran, Iran

Kuivatus on välttämättömyys kuivilla alueilla, joita kastellaan, jotta maan suolaantumiselta välttyttäisiin. Kuivatusjärjestelmistä aiheutuu kuitenkin ravinteiden huuhtoutumista. Suuri ravinnekuormitus jokiin ja järviin on vahingollista ympäristölle (vesiekosysteemit, alajuoksun vedenlaatu jne.). Vesien saastuminen on ympäristölle haitallisten vaikutusten lisäksi kallista. Tämän vuoksi on tärkeää löytää toimintasuunnitelmia ja lähestymistapoja, joissa huomioidaan samanaikaisesti sekä maaperän laatu, vedenlaatu että viljankasvu. Pohjavedenpinnan säätelyn on todettu olevan yksi parhaista toimintatavoista. Tässä yhteydessä pohjavedenpintaa säädellään kuivatuksella ja salaojakastelujärjestelmillä.

Säätösalojitus estää virtaaman salaojan laskuaukolla lähtöputken korkeutta säätämällä, kun taas salaojakastelussa pumpataan vettä salaojiin pitääkseen pohjavedenpinnan tietyllä tasolla. Kummassakin järjestelmässä pidetään pohjavedenpinta viljelykasvin vaatimalla korkeudella. Suurin osa pohjavedenpintaan liittyvistä tutkimuksista on tehty kosteilla alueilla, mutta kuivilla alueilla aihetta ei ole juurikaan tutkittu.

Salaojakastelun soveltaminen Iranin kuivilla alueilla, kuten Khoozestanin maakunnassa etelässä ja Moghanin seudulla Iranin luoteisosissa, on tärkeää johtuen rajallisten vesivarojen lisäksi lähellä maanpintaa olevasta läpäisemättömästä kovasta pohjasta. Olemassa olevista kastelu- ja kuivatusjärjestelmistä tulee suuria määriä kuivatusvettä. Tämä on yksi merkittävistä ympäristöongelmista näillä alueilla, joilla voitaisiin hyötyä säätösalojitus- ja salaojakastelujärjestelmien soveltamisesta.

Tutkimuksen tarkoitus on tarkastella pohjavedenpinnan säätelyn vaikutuksia satoon ja kuivatusveden laatuun. Tutkimus toteutettiin käyttämällä 12 lysimetriä, jotka olivat 1,2 m korkeita ja halkaisijaltaan 0,7 m.

Tuloksia

Kuivatusvedenvirtaama oli merkittävästi pienempi salaojakastelujärjestelmästä kuin perinteisestä salaojituksesta (kuva 1).

Johtopäätökset

- Vedenpinnansäätely salaojakastelun avulla vähensi olennaisesti nitraattihuuhtoutumaa ja alensi kuivatusveden sähkönjohtavuutta kasvukauden aikana.
- Salaojakastelujärjestelmä lisäsi merkittävästi satoa, vähensi kasteluveden tarvetta ja tästä johtuen lisäsi myös vedenkäytön tehokkuutta.
- Salaojakastelu on tehokas menetelmä kuivatusvesien kautta tapahtuvaa nitraatin ja suolojen kuormituksen minimoimiseksi sekä kasvintuotannon lisäämiseksi.

Salaojituksen pitkän aikavälin vaikutukset viljasatoihin ja maaperän fysikaalisiin ominaisuuksiin

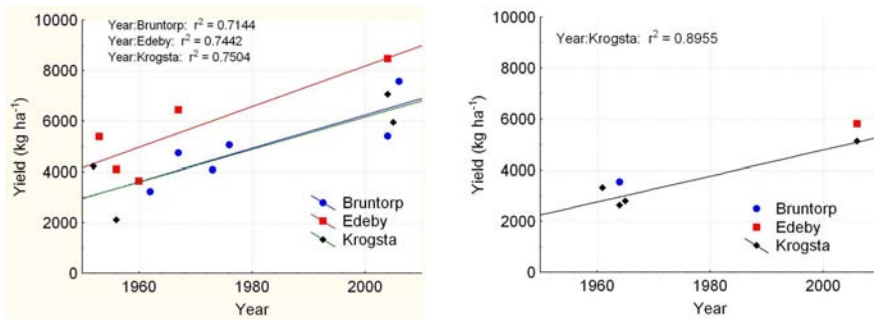
Ingrid Wesström

Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Ruotsi

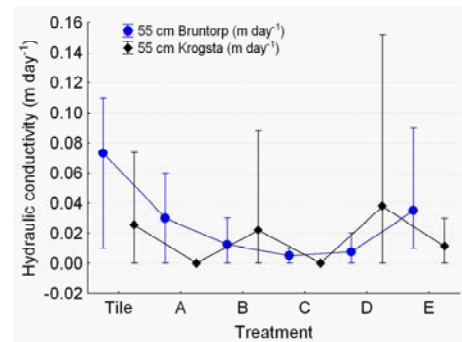
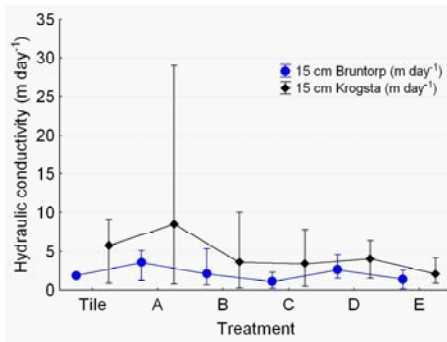
Salaojitus Ruotsissa on lisännyt viljelypinta-alaa ja parantanut maanmuokkaus- ja sadonkorjuuajankohtien valintamahdollisuuksia. Ruotsissa kuivatetusta maasta 80 % on salaojitettua ennen 1970-lukua. Salaojakuivatusjärjestelmän keskimääräinen elinikä on 30-50 vuotta. Useimmat yli 50 vuotta vanhat järjestelmät kuitenkin toimivat yhä.

Ruotsissa tehtiin kenttäkokeita 30 vuoden aikana (1947-1977) erilaisilla maalaajeilla ja erilaisissa ilmasto-olosuhteissa. Kenttäkokeita perustettiin kaikkiaan sataan eri paikkaan ja niissä tutkittiin ojaetäisyyden ja ojasyvyyden vaikutuksia 14 vuoden ajan. Näiden kokeiden tulokset yhdessä vuosien aikana karttuneiden käytännön kokemusten kanssa muodostavat Ruotsin kuivatussuunnittelun kriteerien raamit. Viime vuosikymmenten aikana kasvintuotannon toimintatavat ovat muuttuneet merkittävästi intensiivisemmiksi. Nämä muutokset ovat paikoin pienentäneet satoa maan tiivistymisen vuoksi erityisesti päisteissä. Maaperän rakenteen huononeminen vaikuttaa myös maatalousalueilta lähtevän veden virtaamaan ja laatuun.

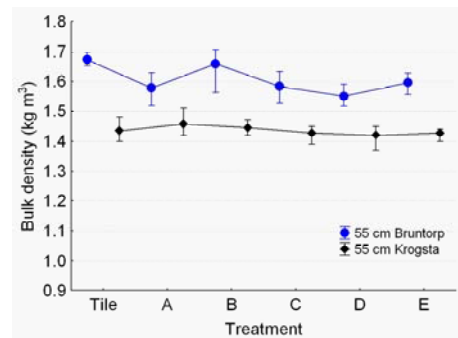
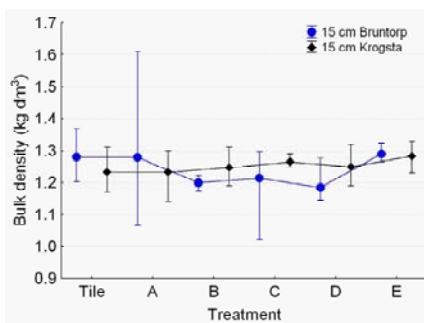
Tämän työn tarkoituksena on arvioida vanhojen salaojien toimivuus hiesusavimaissa, jotta voidaan arvioida salaojituksen pitkän ajan vaikutuksia maaperän ominaisuuksiin ja satoon. Kolme vanhaa ojavälikoetta 1950-luvulta tarkasteltiin uudelleen ajanjaksolla 2004-2006. Tietoa nykyisistä kenttäkokeista maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja satoon verrattiin vanhaan tietoon, jotta voitiin arvioida maaperän tiivistyminen ja sato eri etäisyyksillä ojista pitkän ja lyhyen aikavälin näkökulmista.



Kuva 1 Syysvehnän (vas.) ja ohran (oik.) sadon kehitys Bruntorpissa, Edebyssä ja Krogstassa



Kuva 2 Hydraulisen johtavuuden keski-, minimi- ja maksimiarvot 15 ja 55 cm syvyyksillä



Kuva 3 Irtotiheyden keski-, minimi- ja maksimiarvot 15 ja 55 cm syvyyksillä

Mittauksia tehtiin kasvualustan maanmuokkausominaisuuksista, sadosta, maaperän fysikaalisista ominaisuuksista (kyllästyneen maan hydraulinen johtavuus, irtotiheys, huokoisuus), pohjavedenpinnan korkeuksista sekä maaperän vedenpidätyskyvystä.

Kuvassa 1 on esitetty tuloksia viljan kasvusta eri alueilla, kuvassa 2 maaperän fysikaalisia ominaisuuksia ja kuvassa 3 irtotiheyksiä.

Johtopäätöksiä

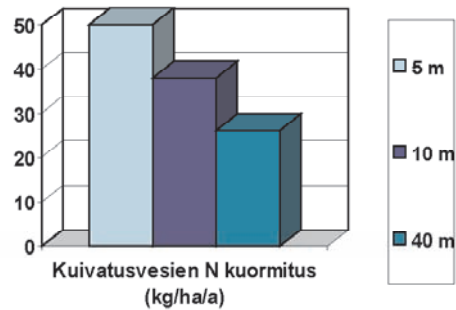
Viimeisen 40 vuoden aikana keskimääräiset syysvehnän ja ohran sadot ovat lisääntyneet 130 % ja 95 %. Korkeimmat sadot olivat Edebyssä, jossa oli korkein savipitoisuus, syvin ojasyvyys (90 cm) ja tihein ojaväli (30 m). Korkeimpia sadot olivat lähellä ojia. Sadot pienenevät etäisyyden ojista kasvaessa (ojaväli 30-36 metriä). Pohjamaassa oli korkeampi hydraulinen johtavuus lähellä ojia, mutta ojien läheisyydellä ei ollut vaikutusta irtotiheyteen. Maan rakenteessa oli havaittavissa selviä positiivisia merkkejä salaojien kohdalla vielä 50 vuotta ojituksen jälkeen.

Kuivatusvesien hallinnan hydrologisten vaikutusten määrittäminen Indianassa

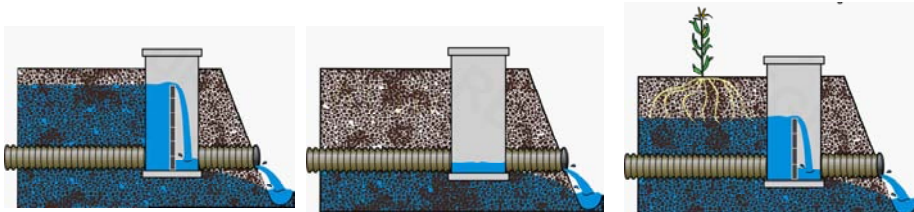
Jane Frankenberger
Purdue University, Indiana, USA

Indianassa harjoitetaan paljon salaojitusta (salaojitusprosentti n. 50 %). Kuivatusvesien typen (N) kuormitus kuitenkin kasvaa salaojituksen myötä Eileen Kladvikon tutkimuksen mukaan (kuva 1). Säätsalaojituksen avulla pyritään kuivattamaan vain kuivatuksen ollessa tarpeen (kuva 2). Tutkimukset ovat osoittaneet säätsalaojituksella voitavan vaikuttaa typpikuormitukseen 15-50%, kun viljellään maisia tai soijapapua.

Tutkimusta varten on rakennettu viisi kohdetta. Jaettujen peltojen peltopareilla on samanlaiset maalajit, kuivatussysteemit, kuivatushistoria ja sato, ja niillä kasvatetaan samaa maisia ja soijapapulajistoa sekä käytetään samoja kasvintorjunta-aineita ja ravinnetasoa. Tarkastelun kohteena on ollut peltotaso, ei palstataso.



Kuva 1 Salaojavälin vaikutus kuivatusvesien typpikuormitukseen



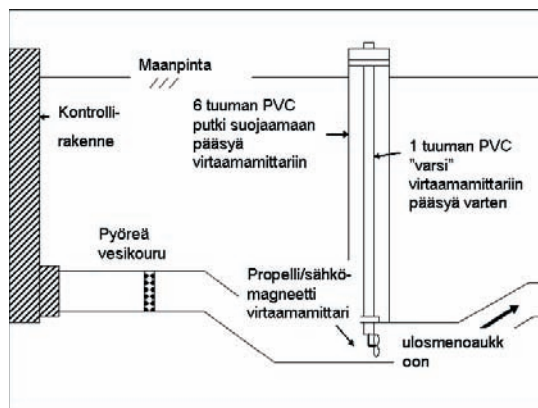
Kuva 2 Säädön ajoitus. Vasemalla sadonkorjuun jälkeen, keskellä ennen kylvöjä ja sadonkorjuuta, oikealla kasvukauden aikana

Tavoite

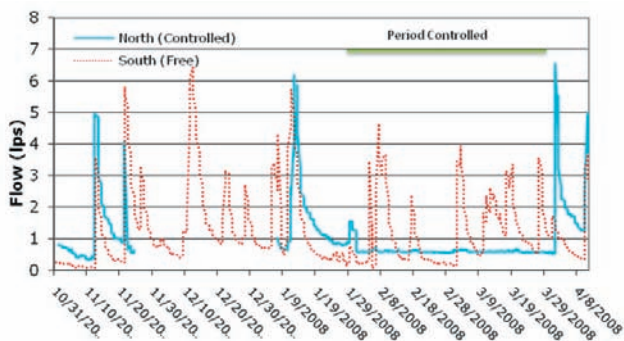
Tutkimuksessa tavoitteena oli tarkastella kuivatuksen säädön vaikutusta pohjavedenpintaan, valuntaan ja nitraattityppikuormitukseen, maaperän laatuun, satoon ja tilan tuottavuuteen. Pohjavedenpintaa mitataan automaattisilla mittareilla.

Salaojavalunta ja typen huuhtouma

Tutkimusalueilla salaojavalunnan mittaaminen oli haastavaa johtuen alueen matalasta topografisesta gradientista sekä siitä, että ulosmenoaukko oli tästä johtuen usein kuivatusvirtaamien aikana vedenpinnan alapuolella. Lisäksi suspendoitunut sedimenttikonsentraatio vaihtelee välillä 25 mg/l ja 1000 mg/l ja virtausnopeus vaihtelee välillä 1cm/s - 1 m/s.



Kuva 3 Propelli-/sähkömagneettinen virtaamamittari



Kuva 4 Esimerkki säätösalaajituksen vaikutuksista virtaamaan. Sininen kuvaa säätösalaajitusta, punainen piste virtaamaa ilman säätöä ja ylhäällä vihreällä on säätöajanjakso

Kuvassa 3 on periaatekuva käytetystä virtaamamittauksesta.

Nitraattitypen mittaamiseksi vesinäytteitä analysoitiin viikoittain jokaisella kohteella. Nitraattikonsentraatiot olivat samanlaisia kuivatustapojen välillä. Virtaaman vähentyessä nitraattikuormitus kuitenkin pienenee.

Lisäksi tarkasteltiin säätösalaajituksen vaikutuksia maaperän laatuun, kasvin tyyppien käyttöön sekä satoon. Tulokset osoittavat, että säätösalaajituksella on yleisesti ottaen positiivinen vaikutus satoon, vaikkakin sen suuruus vaihtelee ajan suhteen riippuen vuodesta ja alueellisesti riippuen pellon topografiasta.

Johtopäätökset

- Toimenpiteitä, kuten säätösalaajitus, tarvitaan vähentämään intensiivisestä salaajituksesta johtuvaa tyyppien kuormitusta.
- Säätösalaajitus nosti pohjavedenpintaa kun vettä oli saatavilla
 - merkittävästi jokaisena talvikautena
 - ei kuitenkaan jokaisena kasvukautena
- Tuloksena sadot kasvoivat joinakin vuosina, vaikkakin vaikutus vaihteli laajasti.
- Säätösalaajitus vähensi salaajavaluntaa, ja vähensi tällöin myös nitraattitypen huuhtoutumaa.

Salaojitus ja savipeltojen ravinnekuormitus

Maija Paasonen-Kivekäs

Teknillinen korkeakoulu, vesitalous ja vesirakennus

Ingressi

Savimaissa muokkauskerroksen alapuolisen pohjamaan vedenjohtavuus on hyvin pieni. Tällöin vesi virtaa salaojiin pääasiassa salaojakaivannon täyttömaan ja sorasilmäkkeiden sekä maassa olevien suurten huokosten kautta. Makrohuokosia (hal-kaisija > 0,03 mm) syntyy maan kuivumishalkeilun, juurikanavien, lierojen kaivamien reikien, roudan ja maan muokkauksen seurauksena. Nämä oikovirtaukset voivat joko lisätä tai vähentää aineiden kulkeutumista salaojiin riippuen niiden ominaisuuksista ja esiintymispaikasta maassa.

Etelä- ja Lounais-Suomessa, missä salaojituksen osuus on keskimäärin 75 % peltopinta-alasta, valtaosa pelloista on eroosioherkkiä savimaita. Varsinkin näillä seuduilla salaojituksella voidaan saada välittömiä vesiensuojelullisia hyötyjä pintavalunnan ja sen kiintoaine- ja fosforikuorman vähenemisen myötä. Typen huuhoutumisen lisäystä salaojituksen seurauksena ei Suomessa ole pidetty kovin haitallisena, koska fosfori on useimmiten pintavesiemme rehevöitymistä säätelevä minimitekijä.

Valunta

Salaoja- ja pintavaluntaa muodostui vaihtelevasti eri vuodenaikoina. Lumen sulassa pintavalunta oli yleensä vallitseva ja salaojavaluntaa alkoi esiintyä runsaammin vasta roudan sulettua. Leutoina alkutalvina, kuten tammi-helmikuussa 1998 ja tammikuussa 1999, vettä virtasi runsaasti myös salaojista. Kesällä valunnasta tuli salaojien kautta ja pintavaluntaa syntyi vain rankkasateiden yhteydessä vähäisiä määriä muutaman tunnin ajan. Syksyisin salaojavalunnan osuus kokonaisvalunnasta (salaoja- ja pintavalunnan summa) vaihteli välillä 40-90 %.

Fosforin ja kiintoaineen kulkeutuminen salaojista

Sjökullan salaojastosta kulkeutuvaksi kiintoainemääräksi saatiin 105-1900 kg ha⁻¹ a⁻¹ vuosien 1995, 1996 ja 1998 mittauksen perusteella. Salaojavesien kokonaisfosforikuorma oli 1,7 kg ha⁻¹ vuonna 1998, jolloin kokonaisfosforin pitoisuuksia mitattiin läpi vuoden. Valtaosa salaojavesien mukana tulleesta fosforista kulkeutui maainekseen sitoutuneena, sillä vastaava liukoisen fosfaattifosforin kuorma oli vain 0,105 kg ha⁻¹.

Kiintoainetta ja partikkelimaista fosforia kulkeutui salaojista varsinkin syksyllä muokkauksen jälkeen. Tällöin ylivirtaamien aikaiset kiintoaine- ja kokonaisfosforin pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin pintavalunnasta mitatut suurimmat pitoisuudet.

Salaojavesien kiintoaine- ja fosforikuormituksen arvioitiin muodostaneen 30-40 % syksyn 1996 ja 1998 kokonaiskuormituksista. Kokonaisfosforin kuormasta salaojista tuli vajaa 40 % vuonna 1998. Tällöin liukoista fosfaattifosforia kulkeutui

salaojien kautta hieman enemmän kuin pintavalunnassa. Esitettyihin lukuihin sisältyy kuitenkin epävarmuutta mm. erilaisista näytteenotto-ohjelmista johtuen.

Veden reitti pellon pinnalta salaojaan

Salaojavalunnan nopea vaste sadantaan ja salaojavesien korkeat tyypipitoisuudet heti lannoituksen jälkeen viittasivat veden nopeaan virtaukseen muokkauskerroksesta syvemmälle maahan. Samoin salaojavesissä havaittu runsas maa-ainemäärä kulkeutui pääosin oikovirtausten mukana muokkauskerroksesta salaojiin.

Tutkimusalueella maa on selvästi tiivistynyt muokkauskerroksen alapuolella sekä salaojien kohdalla että niiden välissä. Veden virtaus tapahtuneekin pääasiassa biohuokosten (lierojen käyttävät ja juurikanavat) sekä halkeamien ja kuivumisen synnyttämien pysyvien rakojen kautta. (Kuva 1) Makrohuokokset näyttävät olevan suhteellisen pysyviä myös paisuneessa maassa sadannan ja salaojavalunnan lyhyen viiveen ja lähellä mitoitusvalumaa olevien ylivaluma-arvojen perusteella.

Johtopäätökset

Tutkimus osoitti, että kiintoainetta, kokonaisfosforia ja kokonaistyppeä kulkeutui huomattavan paljon salaojien kautta pintavesiin kohtuullisen viettävällä peltoalueella. Tulokset tukevat muilla savisilla peltoalueilla tehtyjä havaintoja. Kuitenkin pelot eroavat toisistaan mm. peltojen saviaineksen hyvinkin erilaisten kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien takia. Kiinnostavaksi kysymyksi nouseekin, miten yleistä maa-aineksen ja siihen sitoutuneen fosforin kulkeutuminen salaojista on erityyppisillä savipelloilla.

Sjökullan tutkimusalueella kuormitusta salaojien kautta tuli varsinkin silloin, kun lannoituksen ja syysmuokkauksen jälkeen sattui runsaita sateita. Vastaava ilmiö on todettu myös muilla koealueilla. Pellolta tulevan pintavalunnan ja sen aiheuttaman eroosion vähentäminen uusinta- tai täydennysojituksella ei välttämättä ole riittävä keino fosforikuormituksen vähentämiseksi. Salaojituksen tehostamisen lisäksi olisi muutettava maan muokkausta vähemmän kuormittavaksi ja parannettava pintamaan kestävyyttä eroosiota vastaan.

Uusien salaojitusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota ratkaisuihin, joilla voidaan vähentää vesistökuormitusta. Tutkimusta tarvitaan esimerkiksi siitä, missä määrin salaojien ympärysaineella ja kaivannon täyttömateriaalilla voidaan estää savimaissa maapartikkelien ja ravinteiden kulkeutumista salaojiin. Myös säätösalaojituksen käyttö ravinnekuormituksen, erityisesti typen huuhtoutumisen, vähentämiseen kaipaisi perusteellista selvitystä suomalaisissa viljelyolosuhteissa.



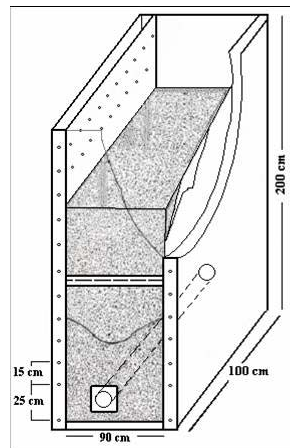
Kuva 1. Maahan muodostuneita halkeamia

Riisin puintijäte salaojien ympärystyneenä

Kami Kavboosi; Islamic Azad university, Science and Research branch, Teheran, Iran

Monilla kastelluilla alueilla vedenpintojen nostaminen on aiheuttanut vettymishaittoja, suolaantumista ja kuivatusongelmia. Iranissa noin 29 % (2,1 miljoonaa ha) kastellusta alueesta (7,2 miljoonaa ha) on suolaantunut, mutta vain 0,6 %:lla kastellusta alueesta harjoitetaan pinta- tai salaojakuivatusta. Jotta salaojakuivatus toimii pitkällä tähtäimellä hyvin, on valittava huolella sopivat putki- ja ympärystymateriaalit sekä kiinnitettävä huomiota niiden ylläpitoon ja asentamiseen.

Tässä tutkimuksessa riisin puintijätettä on verrattu hiekkaan ja soraan salaojien ympärystymateriaalina. Tätä varten mitattiin joitakin akanoiden fysikaalisia ja hydraulisia ominaisuuksia, kuten irtotiheys, huokosluku, rakeisuuskäyrä ja vedenjohtavuus. Maankuivatuksen simuloimiseksi laboratoriossa ja akanoiden vedenjohtavuuden arvioimiseksi käytettiin fysikaalista mallia. Koe tehtiin kahdella eri maatyypillä, joilla ympärystymateriaali on välttämätön, sekä kahdella eri vedenpinnankorkeudella (45 cm ja 95 cm salaojan yläpuolella). PVC salaojaputken halkaisija ja ympärystymateriaalin paksuus olivat 10 cm. Mallissa on putken yläpuolella maata 150 cm. Kuvassa on esitetty koeolosuhteet. Vedenpintaa seinämissä säädellään padoilla. Vesi virtaa maahan halkaisijaltaan 4 mm aukoista, jotka on sijoitettu 10x10 cm etäisyyksille seinämille.



Johtopäätökset

- Valunta oli pienempi verrattuna perinteisiin ympärystymateriaaleihin
- Riisinkuoren käyttö on suositeltavaa riisinviljelyalueilla ja erityisesti alueilla joilla ei ole saatavilla muita ympärystymateriaaleja, kuten Iranin pohjoisosat.
- Tutkimuksen tarkoitus oli myös vähentää kuivatuksen kustannuksia käyttämällä paikallisia ympärystymateriaaleja. Riisin kuorta tuotetaan Iranissa merkittäviä määriä (0,5 miljoonaa tonnia/vuosi). Käyttämällä 15 cm paksuista kerrosta halkaisijaltaan 10 cm levyisen putken ympärillä, on tällä ympärystymateriaalilla mahdollista tehdä yli 35 km putkilinjoja vuosittain.
- Materiaalin vedenjohtavuus heikkeni ajan myötä, mikä johtui ympärystymateriaalin tukkeutumisesta maa-aineksella.
- Vaikuttaa, että riisinkuoren ja soran yhdistelmä estää riisinkuoresta tehdyn ympärystymateriaalin tukkeutumisen, lisäten ympärystymateriaalin vedenjohtavuutta ja vähentäen kuivatuksen kuluja. Tämän vuoksi olisi hyvä tutkia ympärystymateriaaleja, joissa on käytetty eri määriä soraa ja riisinkuorta.
- Lisäksi pitäisi tutkia ympärystymateriaalin toimivuutta todellisissa kenttäolosuhteissa.

Salaoitusjärjestelmän vaikutukset ympäristöön Iranin rannikkoalueella

Hamed Ebrahimián

Dept. of Irrigation & Reclamation Eng., Faculty of Water & Soil Eng., University of Teheran, Iran

Salaoitus on välttämätöntä vesienhallinnan ja viljelysmaiden tuotannon kannalta kosteilla ja huonosti vettä läpäisevillä mailla. Taloudellisten näkökulmien lisäksi on huomioitava kestävän maatalouden ympäristönäkökulmat. Kuivatuksen on todettu lisäävän valunnan määrää ja sisältävän liuenneita ravinteita ja suoloja, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti vastaanottavaan vesistöön.

USA:ssa lähes 50 prosenttia kosteikkoalueista on muunnettu viljelysmaiksi kuivatusjärjestelmiä rakentamalla. Tämä muutos on aiheuttanut erilaisten lintujen muuttoa ja niiden populaation kasvua muilla kosteikkoalueilla. Araljärven kuivatus on esimerkki katastrofista, joka on syntynyt kastelujärjestelmäprojektien myötä. Kosteikkoalueiden ympäristö on elintärkeä kasvien ja villieläinten selviytymiseksi. Kosteikot ovat merkittäviä myös matkailun kannalta.

Miankale-lahti on biosfäärialue, joka on erityisen tärkeä ympäristön monimuotoisuuden kannalta. Lahti on myös kuivatusjärjestelmien ulosvirtaamatie Iranin pohjoisosassa. Tämän artikkelin tarkoitus on arvioida kuivatusjärjestelmien toimivuutta Miankale-lahdella niiden ympäristövaikutusten kannalta.

Miankale-lahdella on puoliksi välimerellinen ilmasto. Vuotuinen sadannan keskiarvo on 577 mm. Vuoden keskimääräinen lämpötila on 16 °C.

Alueelle oli välttämätöntä rakentaa kuivatusjärjestelmä johtuen korkeasta pohjavedenpinnasta (keskimääräinen syvyys 0,5m) ja korkeasta saliniteetista pohjavedessä (EC = 55- 129 dS/m) ja maaperässä (yli 80 prosentilla pelloista oli hyvin korkea saliniteetti ja alkaliniteetti).

Kuivatusjärjestelmä: Maaperän suolaantumisen estämiseksi asetettiin halkaisijaltaan 125 mm salaojaputket 1,5 metrin syvyydelle ja 75m ja 440 m pituudelle. Putkien ympärysaine oli valmistettu riisin kuoresta. Kuivatusjärjestelmässä oli avoimet kokooajot, joiden laskuaukko oli Miankale-lahdelle. Kuivatusvettä tuli viljelyltä kastelemattomalta pellolta liiallisen sadannan vuoksi.

Johtopäätöksenä on todettu, että suolojen kuormitus Miankale-lahteen (tunnettu ”Aasian lintujen paratiisina”) oli hyvin suuri ja aiheuttaisi ongelmia rannikon ympäristölle ja villieläimien ekosysteemille.

- Salaoituksen mahdollisuudet pohjavedenpinnan ja maaperän saliniteetin säätelemiseksi todettiin yleisesti ottaen riittämättömäksi, mikä johtuu havaitusta suotaumisesta Miankale-lahdelta pellolle.
- Miankalen kosteikkoalueille tulevat saastuneet vedet aiheuttavat merkittäviä ekologisia haittoja sekä lintupopulaatioiden häviötä tulevaisuudessa.
- Monien paikallisten lintujen ja vesistökasvien katoaminen sekä uusien lajien ilmestyminen häiritsevät ekosysteemin tasapainoa ja hävittävät paikallisia lintuja ja kasveja.

Suoalueiden kuivatuksen hydrologiset ja ympäristövaikutukset: vaihtoehtoisia toimintatapoja kestävään hallintaan

Björn Klöve
Oulun yliopisto

Suoalueilla on tärkeä hydrologinen ja ekologinen merkitys. Nämä toiminnot voivat kadota kuivatuksen myötä. Erilaisia suoalueita, kuten vähäravinteisia soita, runsasravinteisia puuttomia soita ja rannikoiden tulva-alueita, on kuivatettu, jotta maita saadaan maatalouden, metsätalouden, turvetuotannon tai kaupunki-infrastruktuurin käyttöön. Tämä kuivatus saattaa kuitenkin lisätä ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin sekä lisätä kasvihuonekaasupäästöjä ilmakehään.

Tässä esityksessä käydään läpi suoalueiden merkitystä sekä suoalueiden kuivatuksen ympäristövaikutuksia. Lisäksi tarkastellaan toimintatapoja, joilla voidaan vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia. Näitä ovat:

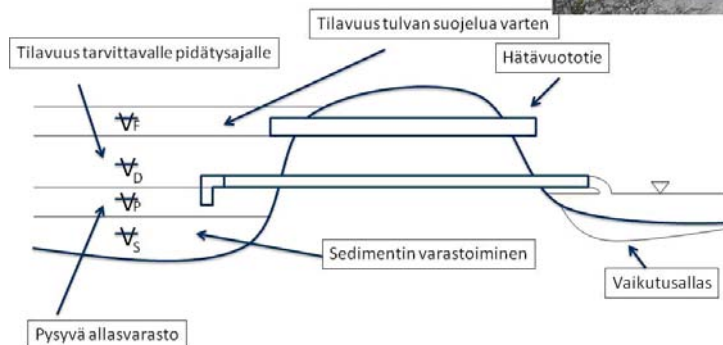
- erilaiset kuivatustavat
- huippuvirtaamien säätely
- valuma-alueiden ennallistaminen
- rakennetut kosteikot
- jokien ja purojen ennallistaminen

Suoalueiden merkitys

- Hydrologia: pienten virtaamien ja huippuvirtaamien säätely
- Vesikemia: jokivesien kemikaalisen koostumuksen ja aineiden pidättymisen säätely
- Ekologia
- Hiilen pidättäminen
- Suoalueiden ja turpeen käyttö: maatalous, lämmitys, metsätalous jne.



Kuvassa esimerkki huippuvirtaaman säätelystä padon avulla, jossa on sedimenttivarasto, säätövuototie ja hätävuototie.



Suoalueiden kuivatuksen vaikutukset

- Hydrologiset muutokset
- Turve- ja mineraalimaan eroosio
- Ravinteiden huuhtoutuminen
- CO₂, N₂O -päästöt
- Raudan huuhtoutuminen
- Alentunut pH happamilla sulfaattimailla
- Ekologiset vaikutukset

Johtopäätökset

Suuri osa borealisesta vyöhykkeestä on suo/turvealuetta. Ne ovat ainutlaatuisia alueita, joilla on tärkeitä ekologisia ja hydrologisia toimintoja, joita ei vielä tunneta tarpeeksi hyvin. Nämä toiminnot ovat sekä paikallisesti että alueellisesti tärkeitä. Tuleva käyttö vaatii, että erilaisten toimintatapojen ympäristövaikutukset minimoidaan. Kustannustehokkaita metodeja tulisi kehittää erityisesti vesien kuivatuksesta johtuvan saastumisen kontrolloimiseksi sekä jokien ja purojen ennallistamiseksi.

Jätevesipeltojen käytön vaikutus maaperän ominaisuuksiin Gdanskissa Puolassa

Prof. Piotr Kowalik

Gdansk University of Technology, Puola

Artikkelissa kuvataan kasvien ja maaperän käyttöä jätevesien käsittelyyn 1800-luvun lopulta 1990-luvun lopulle kosteikkoalueilla, jotka ovat aiemmin olleet hiekkasärkkiä. Maan ekosysteemejä ja kasveja on käytetty ratkaisemaan saastumisongelmaa, joka olisi muuten ollut vahingollinen Itämeren vesi- tai merellisille ekosysteemeille.

Jäteveden määrä oli yli 3000 mm/a vuosina 1872-1962, kasvaen vuosi toisensa jälkeen ja ollen lopulta 8000 mm/a vuonna 1972. Vuosittainen sadanta on ollut keskimäärin 600 mm/a.

Tehokkuus

Ravinteiden poiston tehokkuus oli 80% 1800-luvun lopussa. Jätevesipelto poisti selvitusten mukaan lähes kaiken ammoniakkin (NH_4) ja fosforin (P) jätevesistä. Keskimääräiset tulokset olivat seuraavat: kesällä fosforin poisto jätevedestä oli 100 % ja ammoniakkin 82 %, talvella luvut olivat 95 % ja 42 %. Hiekkasärkissä oli merkittävästi rautaa, josta johtui ravinteiden poiston tehokkuus.

Kasvillisuus

Peltoja peitti heinä. Paikoissa, joissa oli jätelietteen sedimentaatiota, kasvatettiin nokkosta.

Maaperän muokkautuminen 120 vuoden aikana:

- Hiekkasärkät
- Metsäpodsolia hiekkasärkillä
- Kastellut niityt hiekkasärkillä
- Kastellut saviniityt hiekkasärkillä
- Kasteltua kosteikkoa – turvemaata savisilla hiekkasärkillä

Järjestelmän loppu

Järjestelmä oli tehokas 100 vuoden ajan. Johtuen huonosta ylläpidosta, yhä enemmän jätevedettä virtasi peltojen pinnalla sen sijaan että suotautuisi läpi hiekkaisen maan. Tämä vähensi puhdistustehokkuutta 80 %:stä 10 %:in. Vuosina 1992-1994 alue suljettiin 120 vuoden jatkuvan käytön jälkeen.



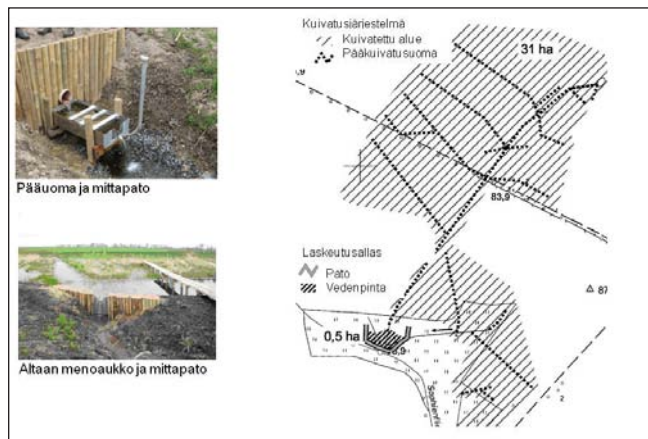
Laskeutusaltaiden käyttö maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisessä

Jörg Steidl

Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Müncheberg, Saksa

Artikkelissa tarkastellaan laskeutusaltaiden käyttöä ravinnehuuhtouman vähentämisessä koealtilta saatujen tulosten valossa. Laskeutusaltaiden tarkoitus on vähentää maatalouden ravinteiden kuormitusta lisäämällä

- veden pidätystä
- sedimentaatioprosessia
- ravinteiden kertymistä biomassaan ja
- biokemiallisia muutosprosesseja.



Kuva koejärjestelyistä

Tulokset

- Koko kahden vuoden tutkimusaikana laskeutusaltaat vaikuttivat kuivatusjärjestelmistä tulevaan kuormitukseen vähentämällä
 - virtaamaa 8 – 56 prosentilla,
 - typen kuormitusta 13 – 15 prosentilla ja
 - fosforin kuormitusta 7 – 78 %
- Laskeutusaltaat tulisi sijoittaa mahdollisimman luonnonmukaisesti kuivatusuomien suiden ja alavirran vastaanottavien vesistöjen väliin, jolloin myöskään maatalouden kuivatusjärjestelmille ei aiheudu altaista haitallisia vaikutuksia.

Säätösalaajituksen vaikutukset vesi- ja typpitasapainoon kuivatetuilla maa-alueilla

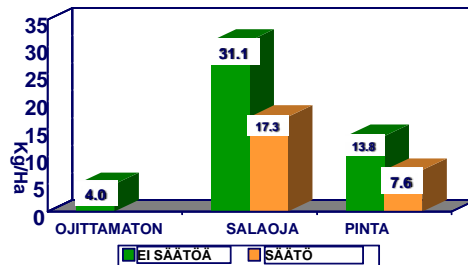
Keynote R.Wayne Skaggs
North Carolina State University, USA

Tehokas salaajakuivatus vähentää pintavaluntaa ja sedimenttihuhtoumia vesistöihin, kuten myös sedimentteihin sitoutuneiden ravinteiden kulkeutumista pintavesiin. Kuivatuksen tehostaminen lisää kuitenkin typen huuhtoutumista nitraattimuodossa.

Typen huuhtoumat salaojavesissä lisääntyvät kun salaajituksen intensiteetti kasvaa:

- Typen (N) huuhtoutuminen on pääosin nitraattimuotoista
- Nitraatin huuhtoutuminen kasvaa kun kuivatussyvyys kasvaa
- Typpihiuhtoumat vähenevät ojavälin kasvaessa

Säätösalaajitus on vähentänyt valuntaa verrattuna perinteiseen salaajitukseen. Vähennyksen suuruus on vaihdellut 17% ja 90 % välillä. Joissakin tutkimuksissa nitraatin huuhtoutumien vähennyksen pinta- ja pohjavesiin on lähes samaa luokkaa kuin valunnan pieneminen.



Maatalouden kuivatusvesien ominaispiirteitä. Typen kulkeutuminen 14 maan keskiarvona eri ojitusvaihtoehdoilla.

Viite	Alue	Maalaji	Ala (ha)	Salaojaväli (m)	Ojasyvyys (m)	Säätösävyys (m)	Vähennys -%	
							Kuivatusvirtaama	N häviö
Gilliam et al. (1979)	N. Carolina	Portsmouth sl	5 to 16	30 & 80	1.2	0.3-0.5	50	50
	N. Carolina	Goldsboro sl	3	30	1	0.3	85	85 ??
Evans et al. (1989)	N. Carolina	Ballahack sl	4	18	1	0.6	56	56
	N. Carolina	Wasda muck	4	100	1.2	0.6	51	56
	N. Carolina	Wasda muck	4	18	1	0.6	17	18
Lalonde et al. (1996)	Ontario	Bainesville sil	0.63	18.3	1	0.75	49	69
						0.5	80	82
Tan et al. (1998)	Ontario	Brookston cl	2.2	9.3	0.65	0.3	20	19
Drury et al., 2008	Ontario	Brookston cl	0.1	7.5	0.6	0.3	29**	31 - 44***
Wesstrom et al. (2007)	Sweden	Loamy Sand	0.2	10	1	0.2-0.4	80	80
Fausey (2005)	Ohio	Hoytville sic	0.07	6	0.8	0.3	41	46

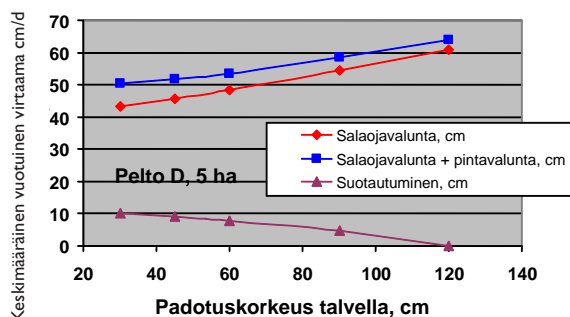
* Säätö poistettu tyypillisesti kylvö- ja kyntöaikaan.

**Säätösalaajitus vähensi salaojavirtaamaa 29%, lisäsi pintavaluntaa 38% & vähensi kokonaisvirtaamaa 10.6%

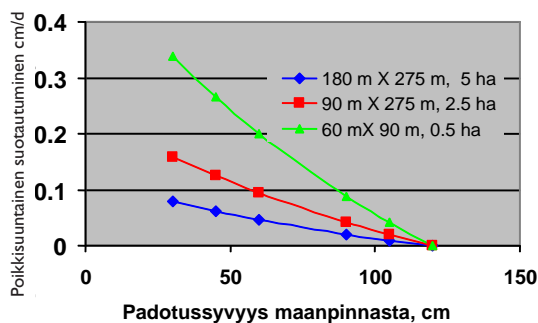
*** Säätösalaajitus vähensi N häviöitä 44% suosituilla N lannoitusmäärillä ja 31% korkeilla N määrillä

Yli kolmenkymmenen vuoden tutkimustulokset osoittivat säätösalaajituksen tehokkuuden typen huuhtoutumisen vähentämisessä Pohjois-Carolinassa.

Padotuskorkeuden vaikutukset pellon hydrologisiin osatekijöihin. Tulokset ovat 50 vuoden DRAINMODilla arvioituja keskimääräisiä arvoja. Poikkisuuntainen suotautuminen huomioitiin, mutta syvä pohjavesivalunta oletettiin nollassi.



Säätösalaajituksen vaikutukset valuntaan (salaojavalunta + pintavalunta) 5 hehtaarin pelloilta, puolikkaalta pelloilta ja 0,5 hehtaarin peltolohkolta.



Yhteenvedo

Vaikutukset valuntaan

- Suotautumisella on tärkeä merkitys säätösalaajituksen toimintaan
- Tutkimukset, joissa tarkastellaan säätösalaajituksen vaikutuksia virtaamaan ja typen huuhtoumiin, tulisi suorittaa pelto- tai valuma-alueittakaavassa
- Koeruutukohtaisessa tarkastelussa säätösalaajituksen vaikutukset saattavat olla suurempia kuin vaikutukset peltomittakaavassa

Vaikutukset typpihuuhtoumiin

- Erityyppisillä maalajeilla ja alueilla tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että säätösalaajitus vähentää valuntaa ja typen huuhtoutumia
- Säätösalaajituksen vaikutusmahdollisuudet riippuvat sen vaikutuksesta suotautumiseen ja hapettomien olosuhteiden esiintymisestä suotautumisreitillä. Molemmat tekijät liittyvät maaperän luonnollisiin kuivatusominaisuuksiin.

Valunnan mallintaminen pellolla

Lassi Warsta
TKK

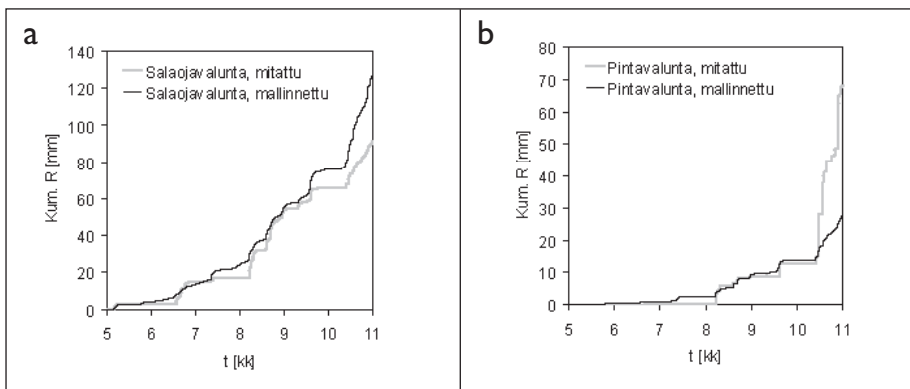
Maatalouden hajakuormituksen vähentäminen on yksi tärkeimmistä vesiensuojelun tavoitteista Suomessa. Pellon vesitalouden ymmärtäminen edistää vesiensuojelumenetelmien kehittämistä koska virtaava vesi on ravinteiden tärkein kuljettaja pelloilla. Salaojitus on tärkeä elementti nykyaikaisessa maataloudessa, varsinkin savipelloilla. Lounais-Suomessa 60 % viljeltyjen maiden pohjamaista on savea. Näillä alueilla pelloista on salaojitettu jopa 75–80 %.

Tutkimuksen tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa deterministinen virtausmalli joka yhdistää samaan mallirakenteeseen pintavirtaus- sekä kolmiulotteisen maa- ja pohjavesivirtausmallit. Virtausmallia käytetään jatkossa ravinteiden kulkeutumisen ja eroosiomallien pohjana. Lopullisella mallilla arvioidaan erilaisten vesiensuojelutoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksia.

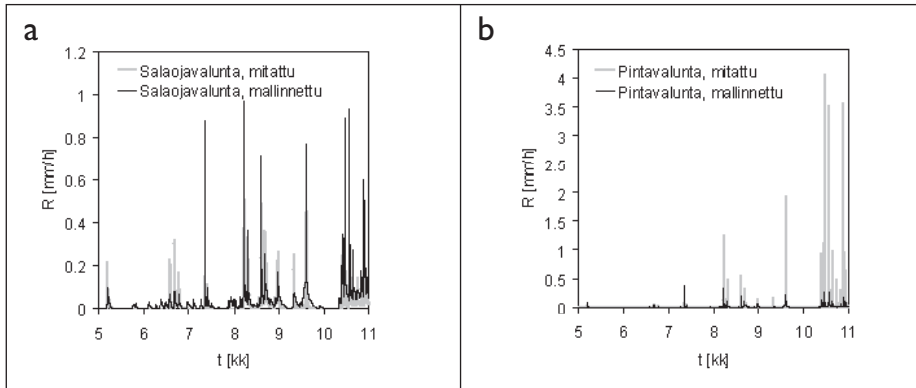
Mallin kehitykseen käytettiin mittaustuloksia Sjäkullan koepelloilta (60°15' N, 24°27', 3.3 ha), joka sijaitsee Etelä-Suomessa, Kirkkonummella. Pelloilta oli käytävissä pinta- ja salaojavalunnat (mittausväli 1 h) sekä sadanta ja pohjaveden pinnan korkeudet. Potentiaalisen evapotranspiraation arvot oli laskettu valmiiksi edellisessä tutkimuksessa. Tutkimuspellon hehtaarin kokoiselta osa-alueelta oli saatavilla myös laajat maaperätutkimustulokset.

Mittaustulokset sekä aiemmat tutkimuspelloilla suoritettut yksi- ja kaksiulotteiset mallinustyöt ovat osoittaneet että oikovirtauksilla on merkittävä rooli veden ja ravinteiden kulkeutumisessa salaojiin. Yksi- ja kaksiulotteiset mallit ovat kuitenkin rajoittuneita peltoaikalain tutkimuksissa, koska niillä ei voida simuloida horisontaalista pintavirtausta ja vertikaalista virtausta salaojiin samanaikaisesti.

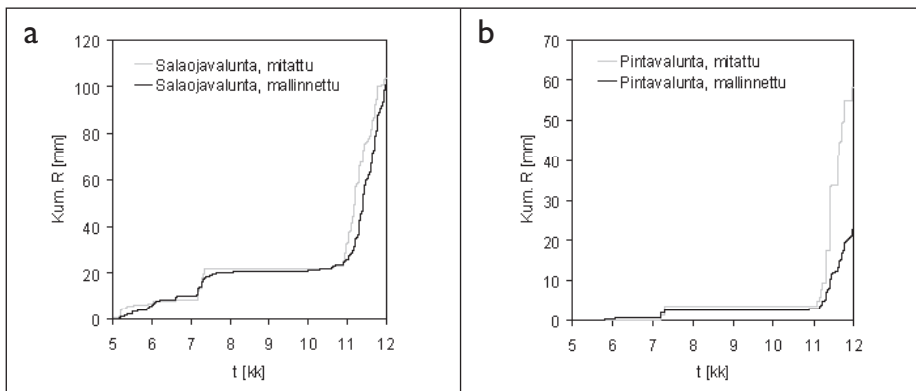
Työssä toteutettu malli sisältää muun muassa seuraavat ominaisuudet: kolmiulotteinen maa- ja pohjavesivirtaus, kaksiulotteinen pintavirtaus, sadanta, evapotranspiraatio sekä avo- ja salaojat. Niin sanottua dual-permeability ratkaisua käytettiin Richardsin yhtälön kanssa maa- ja pohjavesivirtauksen mallintamiseen maamat-



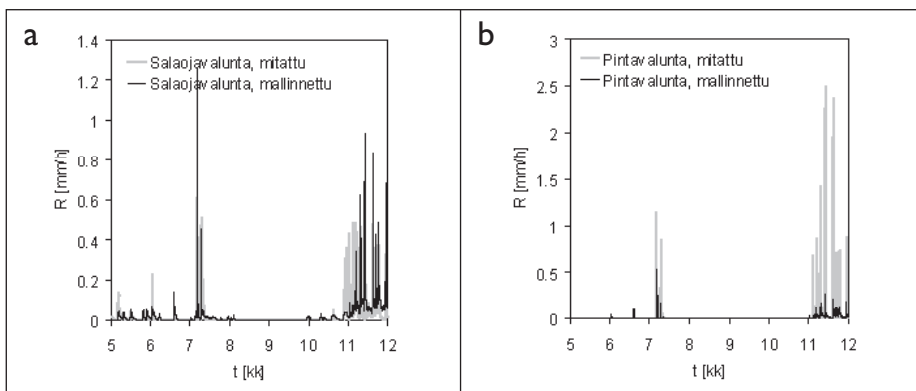
Kuva 1. Mitattu ja mallinnettu kumulatiivinen salaojavalunta toukokuun alusta lokakuun loppuun vuonna 1998 (a) ja mitattu ja mallinnettu kumulatiivinen pintavalunta toukokuun alusta lokakuun loppuun vuonna 1998 (b).



Kuva 2. Mitattu ja mallinnettu salaojavalunta toukokuun alusta lokakuun loppuun vuonna 1998 (a) ja mitattu ja mallinnettu pintavalunta toukokuun alusta lokakuun loppuun vuonna 1998 (b).



Kuva 3. Mitattu ja mallinnettu kumulatiivinen salaojavalunta toukokuun alusta marraskuun loppuun vuonna 1996 (a) ja mitattu ja mallinnettu kumulatiivinen pintavalunta toukokuun alusta marraskuun loppuun vuonna 1996 (b).



Kuva 4. Mitattu ja mallinnettu salaojavalunta toukokuun alusta marraskuun loppuun vuonna 1996 (a) ja mitattu ja mallinnettu pintavalunta toukokuun alusta marraskuun loppuun vuonna 1996 (b).

riisissa ja makrohuokosissa. Pintavirtaukseen sovellettiin samaa mallia, koska sitä on vaikea erottaa maa- ja pohjavesivirtauksesta kosteina ajanjaksoina pellon pinnan liettymisen takia. Osittaisdifferentiaaliyhtälöt ratkaistiin implisiittisesti kontrollitilavuusmenetelmällä.

Malli kalibroitiin ja validoitiin pinta- ja salaojavaluntatuloksilla sekä pohjaveden pinnankorkeuksilla. Kalibrointiin käytettiin vuoden 1998 mittauksia ajalta toukokuu–lokakuu. Vuoden 1996 mittaustuloksia ajalta toukokuu - marraskuu käytettiin mallin validointiin. Mallinnustulokset kalibrointikaudelta on piirretty kuvaajiin 1 ja 2. Mallinnustulokset validointikaudelta on piirretty kuvaajiin 3 ja 4.

Johtopäätökset

Kalibrointi-validointi prosessi osoitti että virtausmallista puuttui jokin oleellinen komponentti. Todennäköisin syy oli saven kutistumista ja turpoamista kuvaavan mallin puute, joka olisi saattanut korjata loppuvuoden virheet valunnan jakaantumisen pinta- ja salaojavalunnan välillä.

Saliniteetin ja kuivatusprosessien mallintaminen Dulce-joella Argentiinassa

Maurits W. Ertsen
Technische Universiteit Delft, Alankomaat

Aridisilla ja semiaridisilla alueilla suolaantuminen on tärkein kasvintuotantoon ja -kasvuun vaikuttava tekijä kastelussa. Suolaantumisprosessin tarkastelemiseksi tarkemmin sekä lyhyellä että pitkällä ajanjaksolla käsitellään kahdella mallilla, WASIM ja SALTMOD, saatuja tuloksia.

Testialue sijaitsee Argentiinassa, Dulce-joen valuma-alue on n. 100 000 km². Valuma-alueella kastelun piirissä on 122 000 hehtaaria.

Johtopäätökset

Vaikka WASIM ei kyennyt arvioimaan saliniteettia kyllästymättömässä vyöhykkeessä, se kuvasi hyvin pohjavedenpintojen muutoksia sekä juuristokerroksen saliniteettia. Saliniteettitasoa ei voi WASIMissa asettaa yli arvon 12 dS/m, jonka vuoksi jouduttiin suorittamaan lisälaskentoja mallin ajoa varten. SALTMODilla ei kuitenkaan ollut tätä ongelmaa. SALTMODin etuna on, että malli kykenee kuvaamaan sekä kastellun että kastelemattoman pellon.

Molemmat mallit osoittavat, että on mahdollista saavuttaa maataloudelle sopiva saliniteettitaso kuivatusjärjestelmän asentamisen ja kastelemattomien peltojen kastelun avulla. WASIM kuvaa saliniteettitasojen vuosittaiset sekä vuoden sisäiset vaihtelut, kun taas SALTMOD antaa lähinnä trendiviivan.

WASIMin ja SALTMODin yhdistelmällä pystytäänkin saamaan kohtalaisen hyvä kuvaus saliniteetista myös lyhyemmillä ajanjaksoilla.

KUIVATETTU ALUE

DULCE-JOELLA



Proyecto Río
Dulce,
Argentina



■ Eurooppalainen vesilainsäädäntö - kuinka arvioida toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

Keynote Seppo Rekolainen, Suomen ympäristökeskus

23. lokakuuta 2000 Euroopan parlamentti ja neuvosto hyväksyivät EU:n vesipoliitiikan puitedirektiivin (VPD). VPD:n avainpiirteet ovat:

- suojella kaikkia vesistöjä, pinta- ja pohjavesiä kokonaisvaltaisesti
- hyvän ekologisen tilan saavuttaminen vuoteen 2015 mennessä
- valuma-alue lähtöinen yhdennetty vesien hallinta
- päästöjen hallinnan ja veden laadun standardien yhdennetyt käytännöt, sekä erityisen haitallisten aineiden käytön lopettaminen vähitellen
- taloudelliset keinot: taloudelliset analyysit, hintojen saaminen oikealle tasolle - vesivarojen järkevän käytön edistämiseksi
- saada kansalaiset ja asianosaiset mukaan: avoin osallistuminen

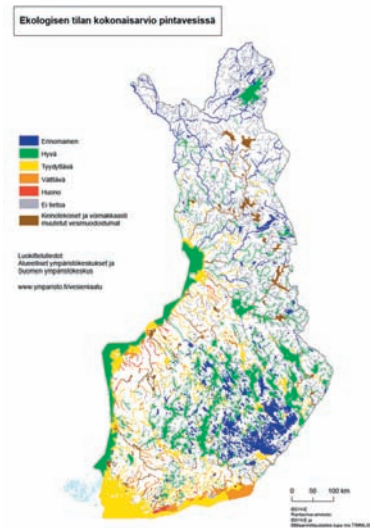
Lähtökohtana on kartoittaa pintavedet, jotka ovat vaarassa olla saavuttamatta VPD:n tavoitteita vuoteen 2015 mennessä. Kuvassa 1 on esitetty ekologisen tilan kokonaisarvio Suomen pintavesissä.

Maatalouden rooli

Useat EU-maat ovat raportoineet maatalouden olevan vakava ongelma sekä pinta- että pohjavesille. 25:stä maasta (vuonna 2005) 25 ilmoittivat maatalouden tulevan olemaan aiheena heidän toimenpideohjelmassaan. Suomessa maatalouden fosforipäästöt ovat 60 % koko ihmisen aiheuttamasta P-kuormituksesta pintavesiin.

VDP – toimenpideohjelma

Riittävät toimenpiteet tulee määrittellä ja toteuttaa käytäntöön. Tämä on helpointa pistekuormitukselle. Maatalouden ravinne- ja sedimenttikuormituksen vähentämiseksi tarvitaan useita erilaisia toimenpiteitä. Ensimmäinen haaste on oikeanlaisten työkalujen löytäminen toimenpiteiden muotoilemiseksi. Toinen haaste on epävarmuuksien käsittely.



Ekologisen tilan kokonaisarvio Suomen pintavesissä

Saastuneiden vesistöjen kunnostaminen Hollannissa

Pol Hakstege

Rijkswaterstaat Centre for Public Works, Alankomaat

Hollanti sijaitsee Rein- ja Maas-jokien suistossa. Näitä jokia ovat saastuttaneet teollisuus ja muut lähteet, kuten maatalous, erityisesti teollisuuden kehittyessä 1950-luvulta 1975-luvulle. Ensimmäinen askel oli säädellä päästöjä pintavesiin kansallisella tasolla. Pintavesien saastumislaki tuli voimaan vuonna 1970.

Pistekuormitusta on pienennetty merkittävästi, mutta hajakuormituslähteet ovat tulleet merkittävämmiksi. Hajakuormitusta tulee mm. liikenteestä, rakennusten materiaaleista ja maataloudesta. Huomioitava kuormituslähde on peltojen lannoitus, sillä peltojen kuivatusvesissä kulkeutuu tästä johtuen ravinteita, kuten nitraattia ja kasvinsuojeluaaineita. Myös uudet saastelähteet, kuten tietyt rikkakasvien torjunta-aineet ja lääkkeistä tulevat päästöt vesijärjestelmiin. Vaikkakin toimiin on ryhdytty, tulisi hajakuormitusta vähentää tehokkaammin jotta päästään kansallisten ja Euroopan säädösten tasolle.

Ruoppausmassojen kohtalo

Pilaantuneiden sedimenttien ruoppausta harjoitetaan navigoinnin, satamien kehityksen, tulvan hallinnan ja maatalouden kuivatuksen tarpeisiin. Ruopatun materiaalin sijoittamiselle on olemassa useita vaihtoehtoja. Nämä riippuvat ruopatun aineksen laadusta ja alueelle tyypillisistä olosuhteista. Ruopatun maa-aineksen kemikaalinen laatu on kuvattu kontaminaatioluokkina. Viime aikoina tätä luokitusta on muokattu perustuen aluespesifiseen riskinarviointiin, jotta ruoppattua maa-ainesta voidaan hyötykäyttää enemmän. Laki maaperän laadusta on tullut voimaan vuonna 2007.

Sedimenttejä voidaan:

- sijoittaa uudelleen vesistöihin ja vesiteiden penkereille
- poistaa ja käyttää
- poistaa ja eristää

Ojien ylläpidon seurauksena syntyy suuria määriä ruoppattua massaa. Tämä ruoppausmassa sijoitetaan usein näiden vesiteiden penkereille ja levitetty viljelysmaille ja niityille maatalouden ja karjankasvatuksen käyttöön. Joissakin paikoissa ruopatusta massasta poistetaan vesi luonnollisesti läjitysalueella, jolloin noin vuoden päästä sitä voidaan käyttää. Tällä tavalla ruoppausmassaa käytetään maa-aineksena ja maanpintaa kohotetaan, jolloin alueesta tulee vähemmän tulvaherkkä.

Kuitenkin sedimentin ollessa voimakkaasti pilaantunutta, jolloin ympäristölle ja mahdollisesti ruoantuotannolle aiheutuu potentiaalista riskiä, ruoppausmassa tulee sijoittaa rajatuille läjitysalueille. Tästä aiheutuu kuitenkin ylimääräisiä kuluja; toiminta on kallista. Hollannissa on useita laajoja veden alaisia läjitysalueita, joihin voidaan sijoittaa voimakkaasti pilaantuneita ruoppausmassoja. Ruoppausmasso-

jen läjityksessä ja käsittelyssä tulee ottaa huomioon Euroopan lainsäädäntö, kuten lintu- ja luontodirektiivi.

Pilaantuneiden sedimenttien kunnostusohjelma

Sedimentit toimivat pintavesien haitta-ainenielenä, josta tulee koko ajan tiiviimpi ja suljetumpi. Kuitenkin joissakin olosuhteissa niistä vapautuu haitta-aineita. Alueille, joissa on korkeita pitoisuuksia haitta-aineita, tehdään aluespesifinen riskinarviointi, jossa huomioidaan ympäristö- ja terveystarve.

Kunnostusmenetelmiä voi olla pilaantuneiden sedimenttien poisto tai eristäminen, esim. peittäminen puhtaalla materiaalilla

EU-lainsäädäntö

Tällä hetkellä pilaantuneiden sedimenttien kunnostusta säätelee Maaperänsuojelulaki, mutta vuodesta 2009 vesipuitedirektiivi ohjaa sedimenttien kunnostusta. Tällöin sedimentit siis poistetaan maaperälainsäädännöstä ja siirretään vesilainsäädäntöön.

Sedimentit ovat epäsuorasti vesipuitedirektiivin alla, sillä ne ovat elintärkeä osa vesijärjestelmää. Jotta päästään VPD:n edellyttämään vesien hyvään ekologiseen tilaan, tulee vesiä tarkastella valuma-alueella.

EU:n luonto- ja lintudirektiivi on otettu huomioon Hollannin luonnonsuojeluun ja lajiston suojelemiseen liittyvässä lainsäädännössä.

Yhdistetyt ohjelmat ja toimintatavat jokaiselle Jokialueelle Hollannissa muodostavat pohja jokien valuma-alueiden hallintaohjelmalle. Näitä suunnitelmia säädelään EU:n vesipuitedirektiivissä ja ne tulee saada päätökseen vuonna 2009. Koska ylävirralla tapahtuvalla toiminnalla voi olla vaikutuksia alavirtaan, näiden suunnitelmien rajat ylittävä koordinointi eri maiden välillä on erittäin tärkeää, jotta voidaan saavuttaa tehokas ja kestävä jokien käyttö ja hallinta.

Johtopäätökset

- Vaikka pistekuormitusta jokiin onkin pystytty vähentämään merkittävästi Hollannissa, erityisesti hajakuormitukseen on kiinnitettävä huomiota
- Ruoppausmassan käsittelyyn on kehitetty uusi kohdekohtaiseen riskinarviointiin perustuva luokittelujärjestelmä, joka mahdollistaa ruoppausmassan paremmat hyötykäyttömahdollisuudet
- Sedimenttien kunnostusta määräävä lainsäädäntö siirretään maaperälainsäädännöstä vesilainsäädäntöön, mikä tarkoittaa että kunnostuskriteerit muutetaan noudattaen vesipuitedirektiiviä
- Toimenpiteet jokien tulvanhallinnalle, vesien hallinnalle (sisältäen sedimentit) ja luonnonsuojelulle yhdistetään jokivaluma-alueiden hallintasuunnitelmissa.

Ympäristöystävälliset kuivatusmenetelmät

Jukka Jormola
SYKE

Maatalousalueiden ja talousmetsien kuivatus tarvitsee ruoppauksia ja uomien perkauksia riittävän kuivatussyvyyden ja vesien liikkumisen takaamiseksi, jotta voidaan välttää paikalliset tulvat. Salaojituksen tulee olla riittävän tehokasta, jotta pelolle päästään koneilla. Märät kesät, joiden esiintymisen on arvioitu tulevan yhä yleisemmäksi, paljastavat pienten vesialueiden ylläpitotarpeen. Uomien säännöllinen perkaus on toteutettu suoristamalla ja syventämällä uomia. Tämä on johtanut monimuotoisuuden pienenemiseen Suomessa.

Liettyminen ja kasvillisuuden kasvu, jotka johtavat lisäperkauksiin, voidaan myös nähdä pienten uomien luontaiseksi palautumiseksi. Jopa arvokkaat kalalajit voivat selvitä maatalousolosuhteissa. Euroopan vesilainsäädäntö ohjaa vesien hallintaa ottamaan huomioon ympäristön monimuotoisuus. Hyvän ekologisen tilan saavuttamiseksi tarvitaan uusia uomien ylläpitomenetelmiä. Tämä voidaan toteuttaa yhdistämällä kuivatustarpeiden tavoitteet jokien ja uomien ennallistamisen kanssa.

- Kuinka yhdistää kuivatus ja pienten vesistöjen ekologinen kunnostus?
- Perattujen jokien luonnollinen palautuminen
- Maatalouden joet kaloille, jopa taimenen tuotannolle
- 2-tasoiset poikkileikkaukset

Miten yhdistää kuivatus ja pienten vesistöjen ekologinen kunnostus?

- Kuivatusta tarvitaan ilmaston muuttuessa
- Siirrytään pilaamisesta pienten jokien ennallistamiseen
- Kuivatusmenetelmiä tulee kehittää
- Ympäristöystävällisen vesitekniikan keinoin ja ennallistamismenetelmillä



Perattujen virtojen luonnollinen palautuminen

- Rehevöityminen aiheuttaa tarpeen uusille ruoppauksille
- Myös alku luonnolliselle palautumiselle
- Kalat, jopa taimenet voivat palata
- Voidaan käyttää kuivatustöissä



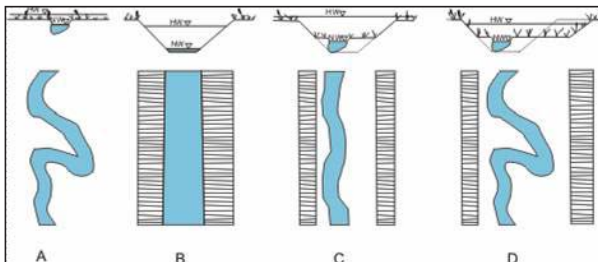
Maatalouden virrat taimenen kasvatukselle

- Suoristettujen jokien ja ojien ennallistaminen
- Mutkien kaivaminen, jos ei luontaista palautumista tapahdu
- Kiviä ja soraa kalojen elinalueille ja eroosion hallintaan

- Sora muodostaa pyörteitä, jolloin vesi pääsee sorakerroksen läpi ja taimenen kutu kehittyi talven aikana
- Soran liettyminen voi olla ongelma

Kuivatusta tarvitsevat uomat

- Perinteinen kaivu:
 - suora, tasainen
 - leveä ja kapea pohja kuivaan aikaan
 - kaltevuus < 1:2 auttaa kasvillisuuden palautumista
 - veden pyörteisyys muodostuu sivualueelle, kun koko pohja on kaivettu
- 2-vaiheen profiili
 - kaivetaan vain kaivinkoneen puolelta
 - tulvasanteiden laajennus koko uoman pohjan sijaan
 - kapea hitaan virtaaman pohja-alue, jolloin syvyys pysyy tarpeeksi korkealla, jotta kalakanta säilyy



- A. Luonnollinen uoma tulvineen
 B. Uoman suoristus perinteiseen profiiliin
 C. Liettyminen ja palautuminen, tarvetta ylläpitäviin perkauksiin
 D. 2-tasoinen poikkileikkaus tulvasanteella
 - palautuminen kohti hyvää ekologista tilaa voi jatkua

Kuvasta näkee muutoksen luonnollisesta (A) uudelleen hyvään ekologista tilaan (D).

Kaksitasoisen profiilin toimintaa on tarkasteltu Juottimenojalla heinäkuussa 2007. Kaivun aikana uomassa ei ollut veden pyörteisyttä. Kasvillisuus ja puut suojaavat alivirtausuomaa. Tulvasanne asetettiin mahdollisimman matalalle.

Kahden kuukauden jälkeen uomassa oli havaittavissa eroosiota ja penkereiden luhistumista. Uomaan kehittyi uutta tulvasannetta ja profiili muuttui kolmitasoiseksi. Lisäksi kasvillisuuden takana havaittiin sedimentoitumista ja kaivetulla osalla taimenia.

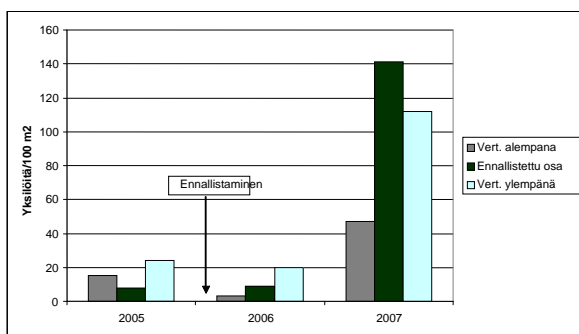


Vuoden jälkeen alivirtaamatasanteella tapahtui eroosiota ja se laajeni. Kasvillisuutta oli kehittynyt tulvatasanteilla. Kuitenkin pohjan eroosion estämiseksi tarvitaan kivimateriaalia.

Kalat ennallistetuilla alueilla

- Nuoria paikallisia taimenia, jotka ovat vaeltaneet pääjoelta
- Täysikasvuisia mereltä vaeltaneita taimenia, jotka valmistautuvat kutemaan

Taimenia oli ennallistamisen jälkeen tiheästi, 140 taimenta/100m². Kalatilanne ennallistamisalueella oli vertailualueetta parempi.



Kuvassa kalastustulokset Longinojalta

Johtopäätökset kaksitasoisen leikkauksen toimivuudesta

- Vedenlaatu oli kaivun aikana hyvä
- Monimuotoisuus pystyttiin säilyttämään
- Eroosion hallinta kivi-, puumateriaalin ja kasvillisuuden avulla on tarpeellista gradientin ollessa suuri. Lisäksi niitä tarvitaan kalahabitaatteja varten.
- Alavirtaan tarvitaan kosteikkalueita ja -altaita sedimentaatiota varten
- Tarkkailutarpeet:
 - erilaisten maiden eroosio
 - liikkuvuus tulvien aikaan, kun kasvillisuus on kasvanut
 - tulvatasanteet sedimenttiloukkuina
 - kalojen elinalueiden kehittyminen

Johtopäätökset ennallistamisesta kalapopulaatioiden kannalta

- Nuorten taimien merkittävä kasvu on mahdollista maatalousuomissa
- Eroosion hallinta on tarpeellista, jotta voidaan estää haitat kaloille ja koko alajuoksun vesialueelle.
- Tekniset kuivatustarpeet, vedenlaatu ja arvokkaita kalalajeja varten tehtävät ennallistamistoimenpiteet, voidaan yhdistää.



■ Hydrauliset lähtökohdat ympäristön kannalta parempien uomien suunnittelussa

Juha Järvelä, TKK

Työn tarkoituksena on tarkastella hydraulisen suunnittelun haasteita ympäristöystävällisten uomien osalta. Tarkastelun pohjana ovat viimeaikaiset tulokset kenttä- ja laboratoriotutkimuksista. Erityisesti painotetaan kahta aiheetta: 1) pienten luonnomukaisten virtojen hydrauliset ominaisuudet, ja 2) luonnollisen kasvillisuuden vaikutukset virtausvastukseen. Näiden hydraulisten perustojen ymmärtäminen on pohjana luotettavien mallinnusmenetelmien kehittämiseksi (sedimentin kulkeutuminen, virtojen morfologia, ja haitta-aineiden kulkeutuminen).

Perinteinen jokisuunnittelu on keskittynyt lähinnä maatalouden tuotannon lisäämiseen sekä suojelemaan ihmisiä ja omaisuutta tulvilta. Nykyisin ympäristöystävällinen suunnittelu ja tulvan hallinta yhdessä biotekniikan sovellusten kanssa on tullut rutiinikäytännöksi virtavesien suunnittelijoille. Suunnittelijoiden haasteena on teknisten, taloudellisten ja ekologisten lähtökohtien tasapainottaminen.

Tulvansuojelu, joka perustuu ainoastaan teknisiin tavoitteisiin, ei ole enää useissa maissa riittävää; sen sijaan tavoitellaan osittaisen palautumisen ja mahdollisimman pienien insinööriratkaisujen yhdistelmää. EU-vesilainsäädäntö pyrkii ekologisten, taloudellisten ja teknisten asioiden tarkasteluun ekologisesti kestävämmältä pohjalta.

Hydraulinen suunnittelu on yksi avaintekijöistä sekä jokien ennallistamisessa että ympäristöystävällisten uomien kunnostuksessa. Ympäristölle parhaaksi on tavallisesti määritelty se vaihtoehto, joka aiheuttaa vähiten vahinkoa biologiselle ja fysikaaliselle ympäristölle. Se tarkoittaa myös vaihtoehtoa, joka suojelee, säilyttää ja lisää historiallisia -, kulttuuri- ja luonnonvaroja. Perinteisessä uomien suunnittelussa veden liikkuvuus ja uoman vakaus ovat tärkeimpiä näkökulmia. Luonnonmukaisessa vesirakennuksessa huomioidaan sellaisia tekijöitä kuin epätasaiset poikkileikkaukset, meanderit (mutkittelevuus), railot ja altaat sekä luonnollinen kasvillisuus, joka lisää syvyyksien ja nopeuksien heterogeenisuutta ja luo tällöin monimuotoisia elinalueita.

Pienet luonnonmukaiset joet

Erityisesti pienissä joissa luonnollisella uoman topografialla, rantapenkereiden kasvillisuudella, ja puujäänteillä voi olla merkittävä vaikutus hydraulikkaan, ja lisäksi eliöiden elinalueeseen.

Kenttätutkimus: Myllypuron uoma

Myllypuron uomassa toteutettiin hydraulisia kenttätutkimuksia osana ennallistamisprojektia. 1900-luvun alussa osa valuma-alueesta oli maatalouden käytössä peltoviljelyksessä ja laidunmaana, jolloin uomaa suoristettiin ja syvennettiin maankuivatusta varten. Nykyisin vain 0,5 % valuma-alueesta on maatalouskäytössä. Viiden vuoden kenttätutkimuksessa kiinnostavaa oli se, että suurin osa kirjallisuudesta kattaa joko isompia jokia tai teknisesti muutettuja uomia.

Virtaamaresistanssitietoja kerättiin kahdelta neitseelliseltä tai luonnonmukaiselta, kahdelta kunnostetulta ja kolmelta suoristetulta uoman osalta. Näillä alueilla havaittiin merkittäviä paikallisia vaihteluja virtausvastuksessa, mutta erot olivat odottamattoman pieniä neitseellisten, kunnostettujen ja suoristettujen osien välillä, vaikka geomorfologisissa ja kasvillisuuden ominaisuuksissa oli merkittävä ero. Kuitenkin pienissä uomissa satunnaiset tekijät, kuten yksittäiset puut, voivat vaikuttaa erittäin paljon virtausvastukseen.

Johtopäätökset

Kenttäkokeiden perusteella pienissä uomissa poikkileikkauksen geometria ja virtausvastus olivat heikosti toisistaan riippuvaisia, ja niihin vaikuttivat merkittävästi tekijät, kuten paikalliset karkeuselementit. Pienten virtojen erikoispiirteet tulisi arvioida tarkasti, jotta saavutetaan hyvä hydraulisen suunnittelun taso. Tällä hetkellä käytetyt mallit ja metodit puisen kasvillisuuden aiheuttaman virtausvastuksen määrittämiseksi pohjautuvat teoriaan ja kokeisiin jäykällä sylintereillä. Tällöin niistä puuttuvat olennaiset prosessikuvaukset, kuten kasvillisuuden muodonmuutokset virtaustilanteessa. Kasvillisuuden ominaisuuksien luonnehdinnan tulisi perustua valmiiksi määritettyihin kohteelle ominaisiin ja mitattuihin muuttujiin. Tässä luonnollinen puukasvillisuus oli luokiteltu lehtialaindeksin, lajille tyypillisen vastuskertoimen, ja kasvillisuusparametrin mukaan. Nämä vaikuttavat kasvin muodonmuutokseen virtaustilanteessa.

■ Äärimmäiset sääolosuhteet, kuivatus, tulvan hallinta ja maankäyttö

Keynote Bart Schultz

Professor of Land and Water Development, UNESCO-IHE, Delft, Alankomaat

Tausta

Tulville alttiita alueita on joka puolella maailmaa erityisesti rannikoilla, jokien tulva-alueilla ja sisämaan syvänteissä. Nämä alueet ovat herkkiä alueita, joilla on suurta ekologista arvoa. Pääpiirteissään ne eivät sovi kehitettäviksi. Näiden maiden kehittämiselle eri maankäytön tarpeisiin on kuitenkin merkittävää painetta. Tästä seuraa kasvava tarve ehkäistä ympäristön tilan huononeminen sekä saavuttaa kestävä kehityksen mukainen tila.

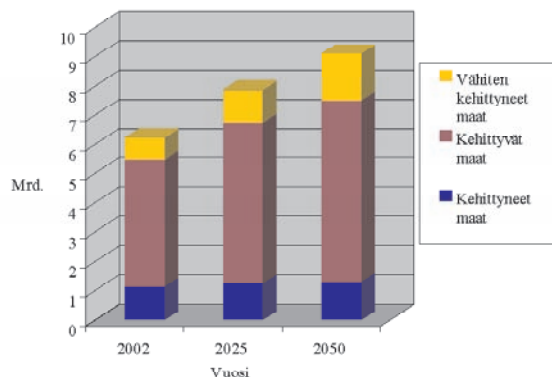
Yhä kasvava osa maailman väestöstä asuu ja työskentelee tulville alttiilla alueilla eikä tämän suuntauksen muuttumiselle ole merkkejä. Parannuksia on tapahtunut maatalouden tuottavuudessa, viljelykasvien arvossa, maatilojen rakennuksissa, vesien hallinnassa ja infrastruktuurissa. Erityisesti kaupunki- ja teollisuusalueilla omaisuuden, rakennusten ja infrastruktuurin arvo on noussut merkittävästi ja tulee yhä nousemaan.

Erityisesti Etelä- ja Itä-Aasiassa on tapahtunut erittäin nopeaa kaupunkialueiden kasvua. Uusille kaupunkialueille on tehty tulvalle alttiiden alueiden kartoitus olemassa olevan kaupunkialueen lähistöllä. Vesien varastoalueet ovat samalla pienentyneet. Kaupunkialueiden kuivatusten virtaamat ja tarve riittävään tulvasuojeluun ovat kasvaneet.

Väestönkasvu, kaupungistuminen ja elintaso

Vesien hallinnan ja tulvasuojelun vaatimuksien perustana ovat asukasluku, kasvu ja elintaso. Maat on luokiteltu kolmeen luokkaan: kehittyneet maat, kehittyvät maat sekä vähiten kehittyneet maat. Alla olevassa kuvassa on esitetty maailman väestönkasvun ennustetta. Keltainen kuvaa vähiten kehittyneitä maita, punainen kehittyviä maita ja sininen kehittyneitä maita.

Maailman asutuksesta n. 73 % on kehittyvissä maissa. Kasvua tapahtuu kehittyvissä maissa ja vähiten kehittyneissä maissa. Kehittyneissä maissa väestönkasvussa on tapahtunut pieni lasku. Muuttoa tapahtuu maaseudulta kaupunkiin. Odotuksena on, että väestö maaseudulla kehittyvissä ja vähiten kehittyneissä maissa tulee



enemmän tai vähemmän tasoittumaan ja kasvu keskittyy kaupunkialueille. Viidenkymmenen vuoden sisällä arvioidaan 80 % maailman väestöstä asuvan tulville alttiilla alueilla, suurimmaksi osaksi kaupunkialueilla. Avainsanoja ovat kuivatus, tulvan hallinta ja tulvasuojelu.

Tulevaisuudessa maatalouden haasteena tulee olemaan riittävä ruoantuotanto yhä kasvavalle väestölle. Lisäksi haasteina ovat elintason ja ympäristön tilan parantaminen kaupunkialueilla. Haasteet kohdistuvat maa-alueiden ja vesivarojen kehittämiseen ja hallintaan kestäväällä tavalla tulevien vuosisatojen tarpeisiin. Haasteet korostuvat erityisesti kehittyvissä ja vähiten kehittyneissä maissa.

Tulvaherkkien alueiden kehitysmahdollisuudet

Kuivatetut tulvaherkät alueet vaikuttavat merkittävästi maatalouden tuotantoon ja luovat tilaa kaupunkiasutukselle ja teollisuudelle. Merkittävä osa tulvaherkistä alueista saattaa olla taloudellisesti erittäin arvokasta johtuen hyvästä sijainnista ja optimaalisista tuotanto-olosuhteista. Tulvaherkät alueet voivat lisäksi luoda sijaa tulevalle kehitykselle tiheästi asutuilla alueilla. Kuitenkin tulvaherkät alueet, joilla on merkittävää ympäristöarvoa, tulee säilyttää ennallaan.

Tulevaisuudessa mahdollisuutena on parantaa veden hallinnan infrastruktuuria paremman käytön ja ylläpidon kautta sekä lisätä käyttäjien osallistumista ja sitoutumista. Lisäksi odotetaan elinolosuhteiden ja tuotannon paranemista kuivatetuilla alueilla. Muutoksia tulee oletettavasti maankäytössä kuivatetuilla alueilla, yleisesti ottaen maataloudesta monipuolisempaan maankäyttöön.

Ongelmia voi syntyä riittämättömästä kuivatuksesta, - tulvan hallinnasta sekä –saasteiden hallinnasta. Nopean kaupungistumisen myötä voi tulvista seurata lisääntyneitä vahinkoja ja kuolemia. Lisäksi negatiiviset ympäristövaikutukset tulee huomioida. Pitkän ajan ongelmia ovat maaperän painuminen ja merenpinnan nousu.

Kehitysmahdollisuuden näkökulmana voi olla laaja-alainen ja nopea kehitys, tai pienen mittakaavan asteittainen kehitys. Kehitys voi perustua myös suoraan lopputulokseen tai olla asteittaista.

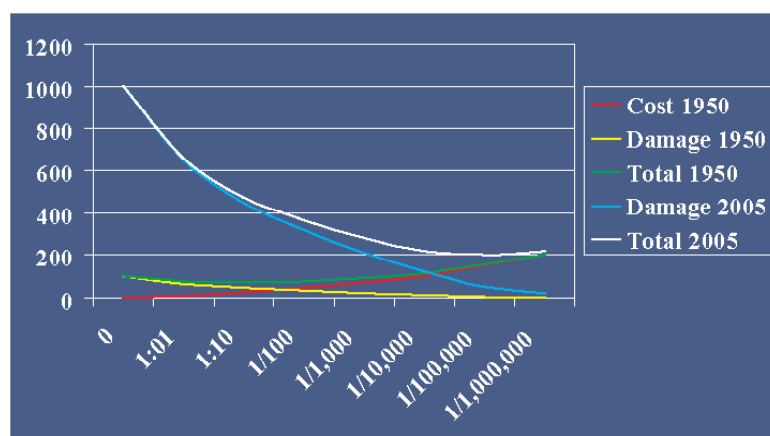
Tulvasuojelu, tulvan hallinta, kehitys ja toimenpiteet

Tulvasuojelussa olennaiset infrastruktuurit ja arvokkaat rakennukset ja rakenteet asetetaan korkealle sijalle ja hyväksytään vähemmän arvokkaiden alueiden tulvinta. Alueita voidaan suojella vedenalaisten patojen avulla, jotka suojaavat maa-alueita säännöllistä tulvaa vastaan, mutta ovat ylitettyjä äärimmäisten tulvien aikaan. Suuri suojelun taso toteutetaan patojen avulla, jotka pettävät vain äärimmäisissä olosuhteissa.

Tulvahallinnan ja tulvasuojelun toimenpiteet voivat olla rakenteellisia (padot, tulvaesteet, pengerrykset jne.) tai ei-rakenteellisia (tulvan ennustaminen, tulvavaroitukset, tulvakartointi, evakuointisuunnitelmat, maankäytön kaavoittaminen jne.). Käytännössä joen valuma-alueelle tulisi toteuttaa yhdenmukainen paketti tulvan hallintaan ja tulvasuojelun toimenpiteitä sekä taajama- että maaseutualueille.

Oheisessa kuvassa on havainnollistettu suunnitteluperusteiden merkitystä omaisuuden arvojen muuttuessa ajan suhteen. Riskien hallinta on vaaka-akselilla riskin toistuvuuden suhteen. Vertailukohtina ovat vuosien 1950 ja 2005 arvot.

Suunnittelun lähtökohtana on minimoida mahdollisten haittojen ja sen torjuminen kustannukset. Vuoden 1950 kustannustasolla suunnittelun optimitaso toistu-



vuoden osalta oli noin kerran 50 vuodessa. Omaisuuden arvonnousu vuodesta 1950 vuoteen 2005, eli 55 vuodessa, on nostanut suunnittelun optimitason toistuvuuden vähintään kerran tuhannessa vuodessa.

Ilmastonmuutos ja maankäytön muutoksen vaikutukset

Ilmastonmuutoksen myötä merenpinnan keskitaso kohoaa, jokialueet muuttuvat ja niiden virtaamahiuiput kasvavat. Keskimääräinen vuosittainen sadanta ja sadantahiuiput kasvavat. Vaikutus voi olla 10–30 % vuosisadassa. Ihmisen vaikutukset maankäytön muutokseen aiheuttavat julkisen ja yksityisen omaisuuden arvon nousua, väestönkasvua sekä viljelykasvien arvon nousua. Vaikutus voi olla 100–1 000 %.

Tulevaisuuden näkymiä

Tulevaisuudessa tarvitaan kansallisia kehitysstrategioita, jotka ottavat huomioon lyhyen-, keski-, ja pitkän aikavälin ennusteet. Tarvitaan vahva keskitetty hallinto käytäntöjen, standardien, lakien ja valvonnan kehittämiseen. Yleispätevät tulvan hallintapaketit, erityisesti tiheästi asutuille tulvaherkille alueille pitää kehittää ja toteuttaa huolellisesti. Vesitalouden ja tulvasuojelun vastuu, toiminnan rahoitus, ylläpito ja hallinta tulee olla niin paljon kuin mahdollista hyödynsaajien vastuulla. Vuorovaikutteinen suunnittelu, kestävä kehitys, hyväksyttävät ympäristövaikutukset, kehitys kuivatuksessa, tulvien hallinnassa ja tulvasuojelussa sekä integroitu vesien hallinta ovat tulevaisuuden haasteita.

■ Tulvavahinkojen ja riskikartoituksen kuvaus Chi-joen valuma-alueella Thaimaassa

Kittiwet Kuntiyawichai, UNESCO

Tulvariskien hallinta voi vaikuttaa merkittävästi turvallisuuteen ja elämänlaatuun tulville alttiilla alueilla. Tutkimuksessa tarkastellaan Nam Pong joen valuma-alueita, joka on yksi suurimmista Chi joen osavaluma-alueista koillis-Thaimaassa. Päätarkoituksena on arvioida tämän hetken maankäyttötavoista johtuvat vaikutukset tulvaprozesseihin äärimmäisissä tulvatapahtumissa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi käytettiin ohjelmista Soil and Water Assessment Tool SWAT ja 1D/2D/ SOBKE yhdistettyä ohjelmaa.

SWATia on käytetty arvioimaan määrällisesti nykyisen maankäytön vaikutuksia sadanta-huuhoutuma tapahtumiin sekä myös osoittamaan ohjelman toimivuutta. Lisäksi 1D/2D SOBKEia sovellettiin tulvaprozessin mallintamiseen tulva-alueilla Nam Pong joen alavaluma-alueella. Malli tuottaa tietoa tulvavahinkojen esiintymisalueiden määrittämiseksi ja riskikartoitukseen.

SWATin tulokset osoittavat, että malli toimi tyydyttävästi Nam Pong joen alavaluma-alueen kalibrointiajanjaksona (1/1983- 12/1984). SWAT laski sivujokien virtaamat, jotka taas 1D/2D SOBKEiin täytyy laittaa lähtötietoina. SWAT kuvasi kohtalaisen hyvin päivittäisten jokivirtaamien vaihtelut koko simulointiajanjaksolla. Kuitenkin saadut jokivirtaamat olivat hieman alakanttiin. Tämä saattaa johtua malliin syötetyistä parametreista. Kalibrointi pitäisikin tehdä pidemmälle ajanjaksolle ja suorittaa mallin validointi, jotta saataisiin tarkempia tuloksia.

1D/2D SOBKEilla käytettiin mallinnassa äärimmäisiä virtaamia vuoden 1978 tulvan aikaan, jotta voitiin simuloida maksimitulvan laajuus äärimmäiselle tulvatapahtumalle, jota voidaan sitten soveltaa tulvavahinkokartoitukseen. Perustuen mallinnan tuloksiin ja päällekkäin laitettuun digitaalisen korkeusmallin (DEM), tehtiin arvioita tulvasyvyydestä ja tulvan laajuudesta missä tahansa paikassa Nam Pong joen alavaluma-alueella.

Maatalous- ja taajama-alueiden havaittiin olevan tulvaherkimpiä, johtuen Nam Pong joen virtaamista äärimmäisten tapahtumien aikaan. Alin raja-arvo korkeille vahinkotasolle asetettiin vesisyvyydelle 0,1 m, jolloin huomattiin että 13,9 % Nam Pong joen alavaluma-alueen maatalous- ja taajama-alueista tulvi maksimivesisyvyyden ollessa enemmän kuin 2,3 m.

■ Hydrologiset prosessit pienillä maatalousvaluma-alueilla

Johannes Deelstra
Bioforsk, Norja

Hydrologisia ominaispiirteitä tarkasteltiin 17 valuma-alueella. Kolmessa näistä oli salaojakuivatus (<6,5 ha), yksi oli isompi valuma-alue (> 29 500 ha) ja 14 pienempää valuma-aluetta (10 – 2 800 ha).

- Mitä tapahtuu kun vertaa päivittäisiä ja tuntivirtaama-arvoja? Katoaako tietoa?
- Miten pienten valuma-alueiden hydrologia eroaa suuremmista?
- Tarvitsevatko pienet valuma-alueet erikoistarkastelua liittyen ilmastonmuutokseen ja miten tämä vaikuttaa eroosioon ja ravinteiden huuhtoutumiseen?
- Hydrologia ja vesinäytteenotto.

Valuma-alueiden välillä oli merkittäviä eroja vuotuisessa virtaamassa. Lähes kaikilla valuma-alueilla suurin virtaama esiintyy heti kasvukauden jälkeen syyskuusta maaliskuuhun johtuen sadannasta ja/tai lumen sulamisesta.

Muutosaste viittaa siihen, kuinka nopeasti virtaus vaihtuu toisesta tilanteesta toiseen. Miksi muutosasteessa oli eroja?

- Topografia
- Valuma-alueen koko
- Salaojakuivatusintensiivisyys
- Maalajit
- Geologia
- Muut tekijät

Muutosasteessa oli suuria eroja valuma-alueiden välillä. Monilla valuma-alueilla oli suuria eroja tunti ja päivittäisten muutosasteiden välillä, erityisesti pienillä valuma-alueilla. Suurusluokka ja erot päivittäisissä maksimiarvoissa ja keskimääräisessä virtaamassa antavat lisätietoa eroosioon ja ravinteiden kulkeutumiseen saatavilla olevasta energiasta.

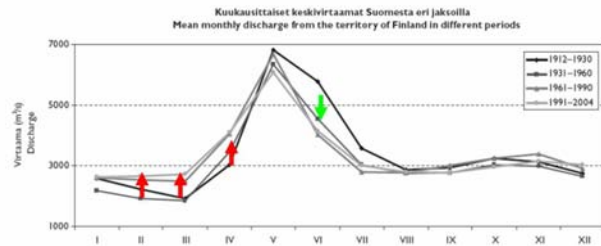
Tulvan hallinta ja maankäytön suunnittelu muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa

Mikko Huokuna, SYKE

Suomessa sadannan keskiarvo on 700 mm/vuosi. Puolet tästä haihtuu ja loppu valuu mereen.

Tällä hetkellä lumen sulamisesta johtuvat tulvat aiheuttavat vakavimmat tulva-vauriot Suomessa. Vuosittainen tulvavahinkojen keskimääräinen vahinkoarvo on vajaa viisi miljoonaa euroa.

1900-luvulla Suomen keskilämpötila nousi 0,7°C. Tilastollisesti merkittäviä sadannan tai vuosittaisen kokonaiskeskivirtaaman vaihteluita ei ole havaittu. Kuitenkin kausittaiset muutokset ovat olleet merkittäviä. Leudommat ja lyhyemmät talvet ovat aiheuttaneet suurempia virtaamia talvella ja varhaiskevällä.



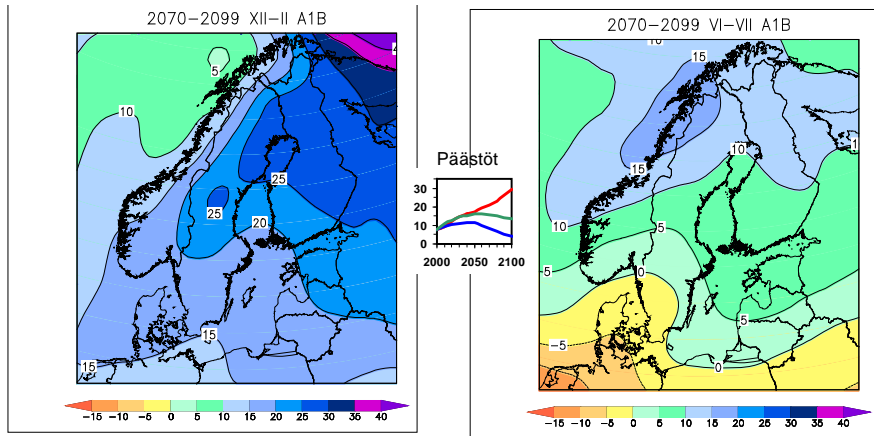
Kuva 1. Kuukausittaiset keskivirtaamat Suomesta eri jaksolla

Ilmastonmuutoksen vaikutukset sadantaan

- Perustuen 19 maailmanlaajuisen ilmastonmuutosmallin keskiarvoon sadannan on todettu kasvavan Suomessa vuosiin 2070 -2099 mennessä suhteessa jaksoon 1971 -2000
 - talvikaudella 10-40 %
 - kesällä 0-20 %
- Joillakin alueilla kuuden tunnin maksimaalinen sadanta voi kasvaa 20-40%.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulviin

- Virtaamaennusteet vaihtelevat suuresti
- Joitakin esimerkkejä:
 - Kokemäenjoella, jonka valuma-alue on 27 000 km², on ennustettu 0-15 % suurempia tulvia. Valuma-alue on säännöstelty.
 - Etelä-Suomessa sijaitsevalle pienelle (600 km², 0,6 % järviä) säännöstelemättömälle Uskelanjoelle, on ennustettu tulvien huippuvirtaamien vähentyvän kymmenestä kolmeen kymmeneen prosenttiin.



Kuva 2. Sadannan lisääntyminen Suomessa (©RATU 2008).

Tulvariskien hallinta jokien, järvien ja merien tulville

Suomen ympäristön ja yhteiskunnan sopeutumiskyky muuttuvaan ilmastoon arviointiin FINADAPT-projektissa (2007). Tulvan hallintaan liittyvät päävaatimukset olivat:

- suositeltavien rakennusten korkeusasemien arviointi, suunnitella sadanta- ja tulva-ajankohdat, tulvakartat jne.
- valumien ja vedenpinnantasojen säännöstelyn lupien tarkastus
- valuma-alueen vesien pidättymisalueet tulisi ottaa huomioon
- vesistöjä tulisi tarkastella kokonaisuuksina
- patojen turvallisuutta tulee arvioida uudelleen muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa

Johtopäätökset

- Ilmastonmuutoksen ennustettujen hydrologisten vaikutusten perusteella tarvitaan muutoksia tulvariskien hallinnassa ja maankäytön suunnittelussa
- Tulvadirektiivin säädösten täyttämiseksi on perustettu rahasto kansallisten tulvariskien hallintaan Suomessa
- Direktiivi ottaa ilmastonmuutoksen huomioon kattavasti
- Kestävät kuivatusratkaisut ovat parhaita urbaanin valunnan hallinnassa, sillä johdattaessa ylivirtaamia alavirtaan siirretään ongelma vain muualle
- Kestävien kuivatusratkaisujen tarve tulisi huomioida yhdyskuntasuunnittelussa, erityisesti kun tihennetään kaupunkirakennetta tai uudistetaan olemassa olevia kuivatusjärjestelmiä

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedotteet

- 1 Yhdistyksen toiminnasta ja otteita salaojitustutkimuksesta (1987)
- 2 Salaojitustutkimusta koskevia aiheita (1987)
- 3 Salaojituskoetoiminnasta Ruotsissa ja salaojaputken ympärysaineista (1987)
- 4 Salaojatutkimuksia vuosilta 1987–1988 (1988)
- 5 Kuivatusta ja kastelua koskevia tutkimuksia (1988)
- 6 Maan tiivistymisen tutkimisesta Ruotsissa ja salaojatutkimuksesta Suomessa (1989)
- 7 Salaojaseminaari Osuuspankkiopistolla 17.9.1988 (1988)
- 8 Salaojituksen tavoiteohjelma, näkymiä vuoteen 2010 saakka (1989)
- 9 Sievin salaojituspäivät 20.–21.9.1989 ja ajankohtaista asiaa ympärysaineista (1989)
- 10 Maaseudun ympäristöpäivät Laukaalla 21.3 ja Jokioisissa 26.3.1990 (1990)
- 11 Turve- ja kivennäismaiden vesitaloudesta sekä rautasaostuman muodostumisesta (1990)
- 12 Salaojituskäytännön näkymiä maailmalta (1990)
- 13 Kenttätutkimusmenetelmistä paineenalaisilla salaojitusalueilla sekä Junkkarinjärven pengerrys (1991)
- 14 Myyräojituksesta (1991)
- 15 Zaitsevo-koekentän tuloksia (1992)
- 16 Säättösalojitus-koekenttien perustaminen (1992)
- 17 Turvemaiden salaojituksesta ja suoto-ojituksesta (1992)
- 18 Säättösalojitus-tutkimustuloksia vuosilta 1992–1993 (1993)
- 19 Agriculture sector reform in the Baltic republics (1995)
- 20 Maatalouden kehitysnäkymät Baltian maissa lähivuosina (1995)
- 21 Säättösalojituksen, uusinta- ja padotuskastelun tutkimustuloksia (1996)
- 22 Salaojitus ja pellon vesitalous – tavoitteita toimialan kehittämiseksi (1998)
- 23 Peltoviljelyn ravinnehuuhtoutumien vähentäminen pellon vesitaloutta säättämällä (1998)
- 24 Peltoviljelyn ravinnehuuhtoutumien vähentäminen pellon vesitaloutta säättämällä – vuoden 1998 väliraportti (2000)
- 25 Peltoviljelyn ravinnehuuhtoutumien vähentäminen pellon vesitaloutta säättämällä – loppuraportti (2000)
- 26 Haja-asutuksen jätevedet & Jaloittelutarhojen valumavedet – katsaus vuoden 2003 tilanteeseen (2004)
- 27 Laiduntamisen ja suojavyöhykkeiden vaikutukset pintamaan rakenteeseen ja vesitalouteen (2007)
- 28 IDW2008 - 10th International Drainage Workshop of ICID Working Group on Drainage -seminaarin esitysten suomenkieliset tiivistelmät (2008)