

Maataloushallituksen insinööriosasto

Maa- ja vesiteknillinen tutkimustoimisto

Tiedotus 2/1961

Seppo Mustonen ja Hannu Laikari

Ojituksen vaikutuksesta valuntaan Huhtisuon
havaintoalueella

Helsinki 1961

Sisällys

- Alkusanat
- Johdanto
- 1. Havaintoaineisto
 - 11. Valuma-alueet
 - 12. Alueilla suoritetuista valuntasuhteita muuttavista toimenpiteistä
 - 13. Mittapadot ja vedenkorkeushavainnot
 - 14. Vedenkorkeuden ja virtaaman vuorosuhde mittapadoilla
 - 15. Valuntahavaintojen korjaaminen
- 2. Ojituksen vaikutus suon valuntasuhteisiin
 - 21. Ojituksen vaikutusta koskevien tutkimustulosten tilastomatemattinen tarkastelumenetelmä
 - 22. Ojituksen vaikutus eri kuukausien keskivalumiin
 - 23. Ojituksen vaikutus vuoden keskivalumaan
 - 24. Ojituksen vaikutus lumen sulamiskauden valuntaan
 - 25. Ojituksen vaikutus ylivalumaan
 - 26. Ojituksen vaikutus alivalumiin
- 3. Ojitushetkellä suossa olleiden vesien poistumisen vaikutus ojituksen jälkeiseen valuntaan
- 4. Yhteenveto tuloksista
 - Kirjallisuutta

Alkusanat

1950-luvulla on metsäojitustekniikassa tapahtunut käänteentekevä kehitystä. Metsäoja-aurojen käyttöön oton ansiosta tullaan maamme metsäojituskelpoinen suoala ojittamaan verraten lyhyessä ajassa. Kun tämä ala on varovaisenkin arvion mukaan 10 % koko maa-alastamme, saattaa näin suurella alalla suoritettu maan vesitalouden jyrkkä muuttaminen vaikuttaa maamme ilmastoon ja hydrologiaan varsin merkittävästi. Sen vuoksi on metsäojituksen vaikutuksia selvittävä tutkimustyö tullut erittäin ajankohtaiseksi.

Vuonna 1935 perustettiin prof. Pentti Kaiteran toimesta maataloushallituksen vesistötutkimusten uudelleen järjestelyn yhteydessä Ruokolahdelle Huhti- ja Latosuon vesistöhavaintoalueet. Näiden rinnakkaisalueiden avulla haluttiin tutkia ojituksen vaikutusta suon valuntasuhteisiin. Alueilla on havaittu jatkuvasti valuntaa, sadantaa, lumen syvyyttä ja tiheyttä sekä roudan paksuutta. Puuston hakkauksia ja pienehköjä metsäojituksia lukuun ottamatta ei alueilla ole suoritettu valuntaan vaikuttavia toimenpiteitä ennenkuin kevättalvella 1958, jolloin Huhtisuon laaja neva- ja rämealue valtaojitettiin. Ojitus täydennettiin elokuussa 1960 suorittamalla varsinainen metsäojitus.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, missä määrin pelkän valtaojituksen vaikutus Huhtisuon valuntasuhteisiin on todettavissa kolmen vuoden kuluttua ojituksesta. Ojituksen vaikutusta on selvitetty yksinomaan vertaamalla rinnakkaisalueiden

valuntoja toisiinsa erittelemättä ilmastollisten ym. tekijöiden mahdollista vaikutusta. Tutkimusta on näin ollen pidettävä myöhemmin esitettävään perusteellisempaan tutkimukseen liittyvänä ennakkoselvityksenä.

Prof. Pentti Kaitera on ohjannut tutkimusaineiston käsittelyä. Osan tästä tutkimuksesta on allekirjoittanut Hannu Laikari suorittanut hänen johdollaan tutkintotehtävänä Teknillisessä korkeakoulussa.

Huhtisuon havaintoalueen tutkimusten järjestämisessä ja suorittamisessa ovat tutkimustoimistoa auttaneet useat maataloushallituksen insinöörit ja rakennusmestarit. Erityisesti Kymen maanviljelysinsinööripiiri on piiri-insinööri J. Hakalan suosiollisella myötävaikutuksella merkittävästi avustanut havaintojen järjestämisessä ja maastotutkimusten suorittamisessa. Dipl.ins. Jaakko Mikkola on monin tavoin tukenut tämän selvityksen aikaansaamisessa.

Havaintojen suoritus on vuodesta 1942 lähtien tapahtunut tutkimustoimiston päällikön tekn.tri Matti Wäreén johdolla, ja hän on myös ohjannut tämän tutkimuksen aineiston käsittelyä.

Helsingissä toukokuun 2. pnä 1961

Seppo Mustonen

Hannu Laikari

Johdanto

Ojituksen vaikutusta suon valuntasuhteisiin selvittäviä tutkimuksia on tehty varsin vähän. Ojituksen vaikutuksia pohdittaessa on kiinnitetty eniten huomiota ylivaluman muuttumiseen. Hallakorpi (1930, 1936) on päätellyt ojituksen aiheuttaman pohjaveden pinnan alentumisen ja maan vedenvarastoimiskyvyn lisäätymisen johtavan ylivalumien pienemiseen. Metsänheimo (1936) on tullut samanlaiseen tulokseen omien havaintojensa perusteella. Tulvakomitea (1939) on esittänyt ojituksen voivan sekä vähentää että lisätä ylivalumaa riippuen suon ominaisuuksista ja ojien sijainnista. Kaitera (1955) on tutkimuksessaan käsitellyt Huhti- ja Latosuon havaintoalueiden tuloksia vuosilta 1935-1948. Vertaillessaan ojittamattoman Huhtisuon ja osittain ojitetun Latosuon ylivalumia toisiinsa hän on todennut Huhtisuon ylivalumien olevan suurempia kuin Latosuon. Vuoden keskivaluman on Kaitera todennut olevan Huhtisuolla pienemmän kuin Latosuolla, joten ojitus ilmeisesti on lisännyt keskivalumaa. Dubach (1936) on esittänyt Neuvostoliitossa suoritettujen havaintojen perusteella ojituksen lisäävän keskivalumaa. Huikari (1959) on Parkanon Liesnevalla vuosina 1954 ja 1955 suorittamiensa mittausten perusteella todennut metsäojitetuilla alueilla kesäkauden aikana valunnan olevan sitä suuremman mitä pienempi on ojien väli, siis mitä tehokkaampi on ojitus. Näistä havainnoista voidaan tehdä myös se johtopäätös, että ojitus lisää kesäkauden valuntaa ja siis ilmeisesti myös vuoden keskivalumaa. Saksan suokoeasemilla (Zunker 1937, Uhden 1960) on todettu soiden viljelysojituksen lisännen valuntaa erittäin suuresti, mutta valunnan kasvun on selitetty johtuvan yksinomaan suossa ojitushetkellä olleen ve-

den poistumisesta, siis suon painumisesta ja turpeen vesipitoisuuden pienenemisestä

Tässä tutkimuksessa on esitetty ensimmäiset Huhtisuon havaintoalueen ojituksen vaikutuksista saadut tulokset. Ennen ojitusta suoritettujen 22 vuoden havaintojen perusteella on pystytty määrittämään ojituksen jälkeisten kolmen vuoden jokaisen kuukauden valunnan lisäys, samalla myös vuoden keskivaluman lisäys. Lisäksi on tarkasteltu lumen sulamiskauden valunnan muuttumista sekä ylivalumien ja alivalumien muuttumista ojituksen vaikutuksesta.

Koska ojitus lisää suon valuntaa paitsi pienentämällä haihtumista myös johtamalla pois suossa ojitushetkellä olevia vesiä, on tutkittu suon painumista ja turpeen vesisuhteita näiden kahden valumista lisäävän vaikutuksen keskinäisen osuuden selvittämiseksi.

1. Havaintoaineisto

11. Valuma-alueet

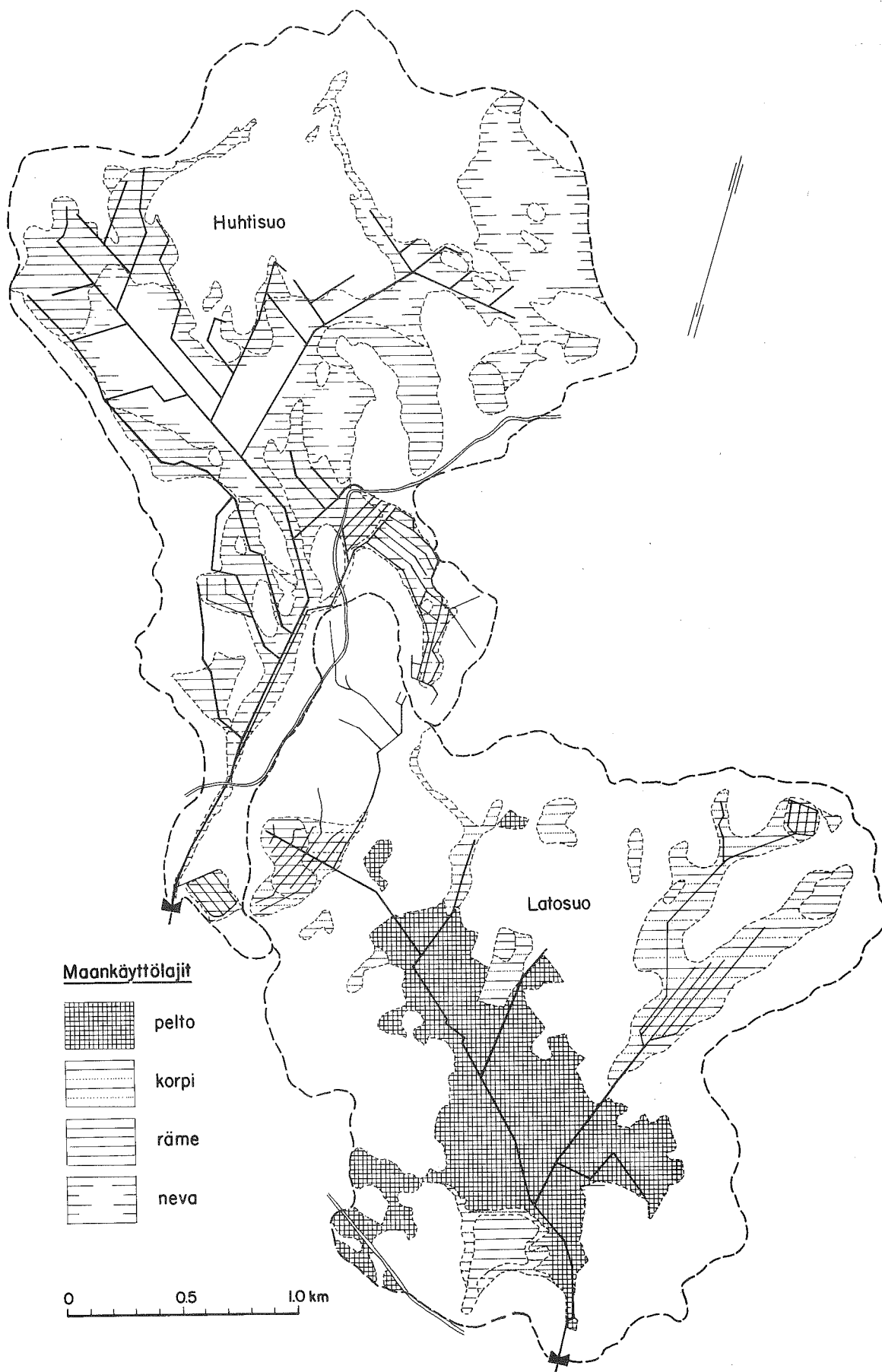
Huhti- ja Latosuon vesistöhavaintoalueet sijaitsevat Ruokolahden kunnassa noin 45 km Lappeenrannasta koilliseen. Molemmilta alueilta tulevat purot laskevat Saimaan Haapavesi-nimiseen lahteen. Alueiden sijainti toisiinsa nähden, niiden maankäyttölajit ja vesiuomat syksyllä 1958 ilmenevät kuvasta 1.

Kesällä 1958 on suoritettu molemmilla alueilla maastotutkimus tarkoituksena selvittää alueiden valuntaan vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen kohteena ovat olleet alueen suuruus, maaperä, pinnanmuodostus ja puusto.

Valuma-alueiden rajoittaminen on suoritettu vuonna 1958 kuvattuja mittakaavassa 1:10 000 olevia ilmavalokuvia apuna käyttäen. Kumpuilevassa maastossa vedenjakajan paikka on arvioitu silmä-määräisesti mittanauhalla mitattujen tutkimuslinjojen ollessa runkona. Tasaisella alueella on käytetty apuna vaa'itusta vedenjakajan paikan määrittämisessä.

Varsinainen alueiden tutkiminen on tapahtunut pisteittäisenä linja-arviona. Linjaväli on ollut 300 metriä ja tutkimuspisteiden etäisyys linjalla 100 metriä. Linjojen suunnaksi on valittu itä - länsi, jolloin linjat ovat kohtisuorassa maaston yleistä suuntaa vastaan.

Tutkimuspisteissä on määritetty maastotyyppi. Metsässä olevissa pisteissä on määritetty puuston kiintokuutiomääriä relaskoopin avulla puulajeittain. Maalaji on tutkittu kaikissa pisteissä silmävaraisesti ja määritetty myös laboratoriossa. Maanpinnan suurin kaltevuus 20 metrin matkalla ja kaltevuuden suunta on mi-



Kuva 1. Huhti- ja Latosuon vesistöhavaintoalueet. Karttaan on merkitty alueilla joulukuussa 1958 olleet ojat.

tattu kaltevuusmittarilla ja kompassilla. Lisäksi on tutkittu puiden latvusten peittävyyttä puulajeittain tutkimalla, onko havaintopiste ja neljä 20 metrin välein ennen sitä tutkimuslinjalla sijaitsevaa pistettä puun latvuksen alla.

Alueen maastokuviot on kartoitettu linjamittauksen yhteydessä.

Valuma-alueiden alat ovat miltei yhtä suuret, Huhtisuo 5.33 km² ja Latosuo 5.34 km².

Valuma-alueiden alan jakautuminen maankäyttölajeittain ilmenee taulukosta 1.

Taulukko 1. Maankäyttölajien osuudet Huhti- ja Latosuon valuma-alueiden alasta.

Maankäyttölaji	Ala km ²		Osuus koko alasta %	
	Huhti- suo	Lato- suo	Huhti- suo	Lato- suo
Pelto	-	0.99	-	18.6
Tontti	0.07	0.01	1.4	0.1
Tie	0.01	0.01	0.2	0.1
Kangasmetsä	2.84	3.53	53.2	66.1
Korpi	0.01	0.61	0.1	11.5
Räme	0.86	0.19	16.2	3.6
Neva	1.54	-	28.9	-
Yhteensä	5.33	5.34	100.0	100.0

Verrattaessa alueita keskenään todetaan suurempien erojen aiheutuvan Latosuon alueen peltoalasta ja Huhtisuon alueen nevalasta. Latosuon peltoalasta on valtaosa raivattu suolle. Huhtisuon metsäojittamisen jälkeen voidaan alueita pitää maankäyttölajiensa puolesta hydrologisessa mielessä melkoisesti toistensa kaltaisina. Luonnollisesti haihtumisolosuhteet ovat pellolla

toisenlaiset kuin ojitetulla nevasuolla, mutta ilmeisesti ojitus kuitenkin tasoittaa alueiden erilaisuutta.

Valuma-alueiden puuston määrä kangas- ja suometsissä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Puuston määrä Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla

Maankäyttölaji	Puuston määrä k-m ³ /ha			
	mänty	kuusi	lehtipuut yhteensä	
Huhtisuo				
Kangasmetsä	63	36	11	110
Korpi	-	105	24	129
Räme	18	1	1	20
Koko metsämaa	51	26	10	87
Latosuo				
Kangasmetsä	40	27	11	78
Korpi	9	26	19	54
Räme	18	2	-	20
Koko metsämaa	37	25	11	73

Huhtisuon alueen puuston määrä on hieman suurempi hehtaaria kohden, mutta koska metsää kasvava ala on Huhtisuon alueella pienempi, on puuston kokonaismäärä Huhtisuon alueella vain noin 2 % suurempi kuin Latosuon alueella.

Taulukossa 3 on esitetty puuston latvusten peittävyys puulajeittain valuma-alueilla edellä selostetulla tavalla määritettynä.

Taulukko 3. Puiden latvusten peittävyys (%) Huhti- ja Latosuon alueiden koko alasta.

Alue	Valuma-alueen alasta %					yhteensä
	peltoa, tonttia ja tietä	aukkoa metsässä ja nevaa	männyn latvuksen alla	kuusen	lehtipuun	
Huhtisuo	6.5	69.8	19.6	4.1	0	100.0
Latosuo	39.9	44.6	9.9	5.6	0	100.0

Alueiden kaltevuussuhteet on esitetty kuvassa 2 lukuisuuden summakäyrinä.

Todetaan, että Latosuon alue on hieman kaltevampi, keskeiskaltevuuden ollessa 5 %. Huhtisuon vastaava luku on 2 %.

Valuma-alueiden alan jakautuminen kaltevuuden perusteella pääilmansuunnittain ilmenee taulukosta 4.

Taulukko 4. Huhti- ja Latosuon vesistöhavaintoalueiden alan jakautuminen (%) kaltevuuden perusteella pääilmansuunnittain.

Alue	Tasaista	Pääilmansuunta				Yhteensä
		N	W	S	E	
Huhtisuo	31	5	26	18	20	100
Latosuo	12	18	20	28	22	100

Todetaan eri ilmansuuntiin kaltevien rinteiden olevan suurinpiirtein yhtä hyvin edustettuina molemmilla alueilla.

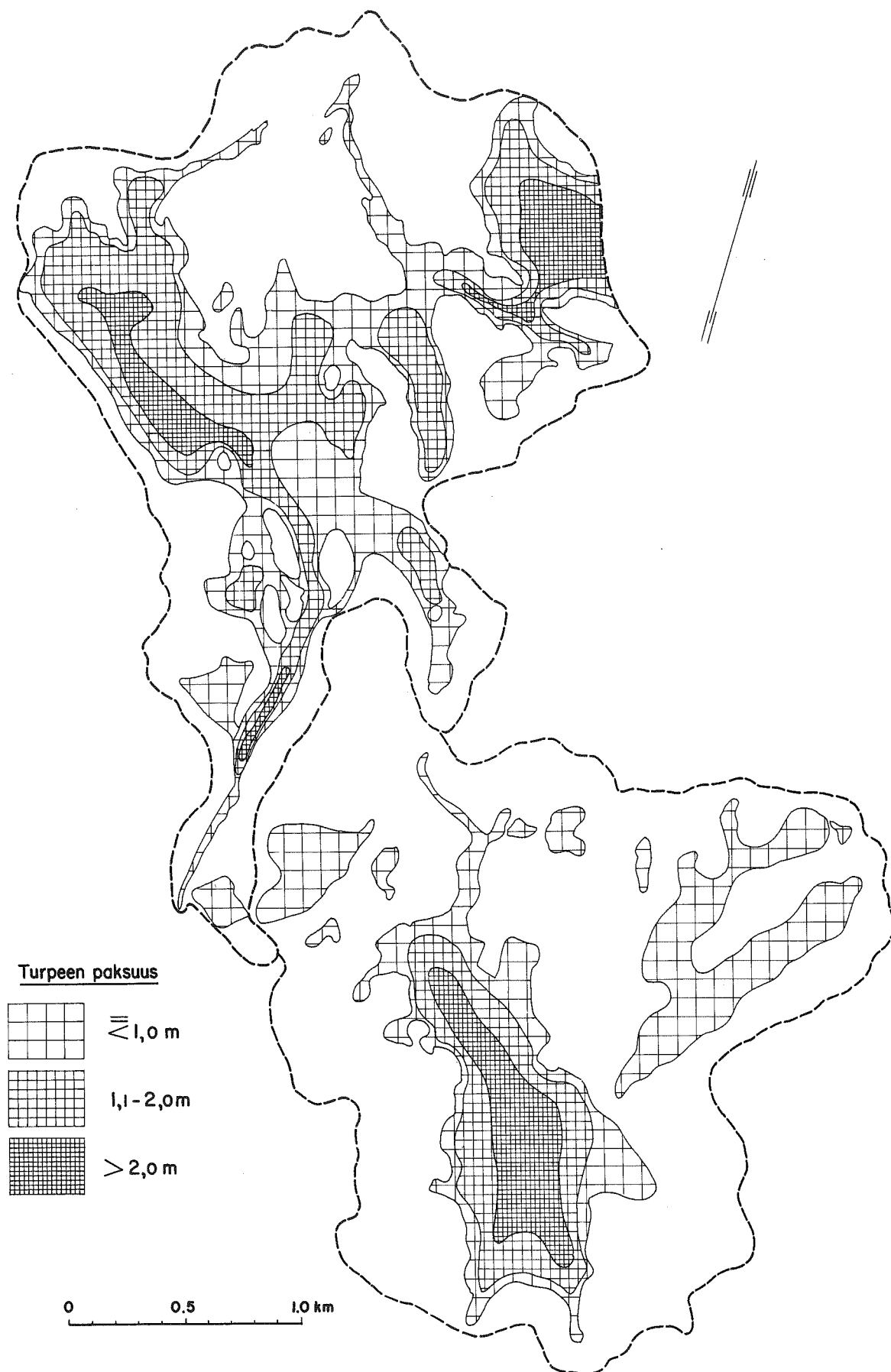
Taulukossa 5 on esitetty vesistöhavaintoalueiden alan jakautuminen maalajien perusteella kesällä 1958 suoritetun maastotutkimuksen mukaan. Maanäytteet on otettu kaikista tutkimuspisteistä 30 cm:n syvyydestä. Maalaji on määritetty laboratoriossa suoritettujen seulonta- ja areometrikokeiden perusteella.

Taulukko 5. Maalajien osuudet Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla

Maalajin osuus alueella %		
Maalaji	Huhtisuo	Latosuo
Moreenimaata	25.9	21.8
Hiekkamaata	0.6	4.5
Hietamaata	28.7	45.8
Turvemaata	44.8	25.7
Yhteensä	100.0	100.0

Latosuon alueella on hietamaata enemmän kuin Huhtisuon alueella, jolla vastaavasti on turvemaata enemmän. Huhtisuon turve on etupäässä heikosti tai keskinkertaisesti maatunutta rahka- ja rahkasaraturvetta. Myös turvekerroksen alla olevasta kivennäismaasta on Huhtisuolla otettu näytteitä. Turpeen alla oleva kivennäismaa on lähes koko alueella karkeata hiekkaa tai soraa, siis erittäin hyvin vettä johtavaa maata. Kun turvekerroksen paksuus on verraten pieni (kuva 3), ulottuu v. 1958 kaivettujen valtaojien pohja kivennäismaahan saakka suurella osalla aluetta. Hyvin vettä johtava pohjamaa tehostaa siis huomattavasti valtaojien vaikutusta.

Yhteenvetona rinnakkaisalueiden vertailusta voidaan todeta, että alueet ovat monessa suhteessa samankaltaisia. Hydrologisesti tärkein erilaisuus aiheutuu Huhtisuon suuresta neva- ja rämealueesta. Kun Huhtisuon havaintoalueella halutaan selvittää juuri suon ojituksen vaikutuksia, voidaan rinnakkaisalueita pitää edellä esitetyn perusteella tähän tarkoitukseen erittäin hyvin sopivina.



Kuva 3. Turvekerroksen paksuus Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla.

12. Alueilla suoritetuista valuntasuhteita muuttavista toimenpiteistä

Huhti- ja Latosuon vesistöhavaintoalueet perustettiin tarkoituksena tutkia ojituksen vaikutusta suolta tapahtuvaan valuntaan. Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarkoitus pitää molemmat alueet koskemattomina vuoteen 1946 saakka, jolloin Huhtisuon alueella oleva 240 ha suuruinen neva- ja rämealue olisi ojitettu piiri-ins. N. Paukkosen v. 1934 laatiman suunnitelman mukaisesti ja Latosuon alue olisi pidetty edelleen muuttumattomana. Sotien takia ojitusta päästiin toteuttamaan vasta vuoden 1958 tammikuussa työllisyystyönä. Saman vuoden kevättalvella saatiin pääosa (11.6 km) valtaojista kaivetuksi. Valtaojitus saatettiin päätökseen pääpiirteissään alkuperäisen suunnitelman mukaisena saman vuoden marras - joulukuussa, jolloin valtaojien kokonaismääräksi tuli 15.6 km eli 65 m ojitettavaa suohehtaaria kohti. Valtaojien keskisyvyys oli kaivettaessa 130 cm.

Ojitusta edeltävä havaintojakso käsitti vuodet 1936 - 1957 eli yhteensä 22 vuotta. Valtaojitettuna on Huhtisuo ollut vuodet 1958 - 1960 eli yhteensä 3 vuotta. Vuoden 1960 elokuussa kaivettiin Huhtisuoille varsinaiset sarkaojat metsäoja-auralla. Tällöin vedettiin ojaa yhteensä 39 km, joten lopulliseksi ojamääräksi tuli 54.6 km eli 225 m ojitettua hehtaaria kohti.

Sarkaojitus vaikuttaa luonnollisesti huomattavasti tehokkaammin valuntasuhteisiin kuin pelkkä valtaojitus, joten lopullisia johdopäätöksiä Huhtisuon valuntasuhteiden muuttumisesta voidaan tehdä vasta useiden vuosien kuluttua sarkaojituksen toteuttamisesta. Koska valtaojitus tehtiin verraten tiheäksi on kuitenkin aihetta tutkia alustavasti, onko jo pelkän valtaojituksen vai-

kutus havaittavissa valuntasuhteiden muuttumisena.

Ojitusta edeltäneen 22 vuoden pituisen havaintoajan ns. kalibrointijakson tarkoituksena on verrata ojitettavaksi tarkoitettun Huhtisuon valuntaa muuttumattomana pidettävän Latosuon valuntaan ja täten eliminoida lopullisessa tarkastelussa ojituksesta riippumattomien tekijöiden, kuten alueen ominaisuuksien ja ilmaston, vaikutus valuntasuhteisiin. Tämä edellyttää luonnollisesti sitä, että alueilla ei suoriteta koko havaintokaudella ojitusta luukuunottamatta mitään toimenpiteitä, jotka saattaisivat vaikuttaa valuntasuhteisiin. Alueita ei ole kuitenkaan voitu pitää koskemattomina, vaan niillä on suoritettu metsäojituksia ja paljaaksihakkuita vuonna 1956. Seuraavasta asetelmasta ilmenee suoritettujen toimenpiteiden laajuus.

	Paljaaksi hakattu alue		Metsäojitettu ala	
	ha	% koko alasta	ha	% koko alasta
Huhtisuo	64	12	18	3
Latosuo	47	9	38	7

Todetaan paljaaksihakkuiden koskeneen samaa suuruusluokkaa olevia aloja kummallakin alueella. Lisäksi alueilla on suoritettu normaaleja kasvatushakkuita.

Latosuon alueella v. 1956 metsäojitettu ala on 20 ha suurempi kuin Huhtisuon alueella ojitettu ala.

Ojituksen vaikutusta on tässä työssä tutkittu jällempänä lähemmin selostetulla tavalla vertaamalla alueiden valuntaa toisiinsa sekä ennen että jälkeen ojituksen. Näissä vertailuissa voidaan olettaa paljaaksihakkuiden mahdollisten vaikutusten kumoutuvan, koska molemmilla vertailtavilla alueilla ovat hakkuut koskeneet lähes yhtäsuuria aloja. Vuonna 1956 suoritettujen metsäojitus-

ten suurempi ala Latosuon alueella taas vaikuttaa vertailuissa sen, että Huhtisuon alueella vuonna 1958 suoritettun ojituksen vaikutukset tulevat esille todellista pienempinä.

13. Mittapadot ja vedenkorkeushavainnot

Huhtisuon ja Latosuon valuma-alueilta tapahtuva valunta on koko havaintojen suoritusajan mitattu mittapatojen avulla. Puolisuunnikkaan muotoinen purkautumisaukko on mitoiltaan molemmilla padoilla samanlainen (kuva 4). Aukon reunaan on kiinnitetty reunasta 1 mm:n vahvuiseksi höylätty teräslevy. Purkautuminen tapahtuu vapaana ylisyöksynä padon yläpuolisesta altaasta. Altaan pituus on molemmilla padoilla n. 5 metriä ja leveys padon edessä 3 metriä. Altaan pohja on purkautumisaukon edessä keskimäärin 0.5 metriä aukon kynnyksen alapuolella.

Vedenkorkeuden havaitseminen on suoritettu padoissa olevista asteikoista. Patoihin on asennettu v. 1958 tammikuussa piirtävät vedenkorkeusmittarit, jotka rekisteröivät jatkuvasti vedenkorkeuden. Myös vuosina 1937 - 43 on padoilla ollut rekisteröimislaitteet, mutta ne eivät ole toimineet jatkuvasti.

14. Vedenkorkeuden ja virtaaman vuorosuhde mittapadoilla

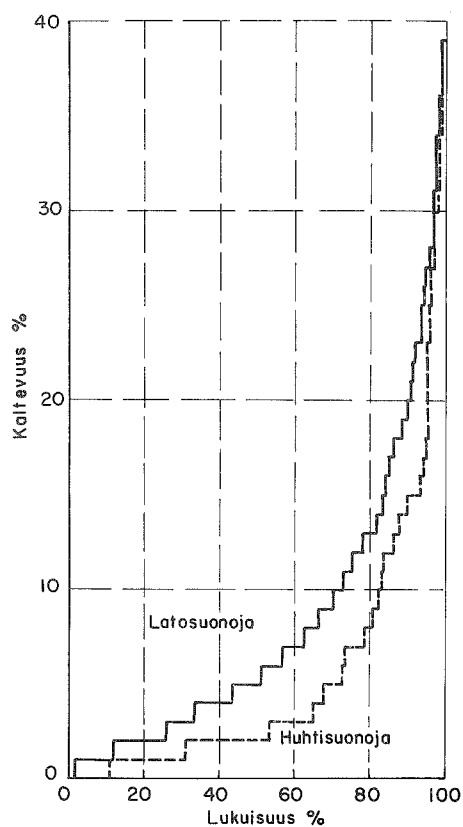
Puolisuunnikkaan muotoisesta mittapadon aukosta purkautuva vesimäärä voidaan laskea kaavasta (1)

$$(1) \quad Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot W^{3/2} + \frac{8}{15} \mu \operatorname{tg} \beta \sqrt{2g} \cdot W^{5/2}$$

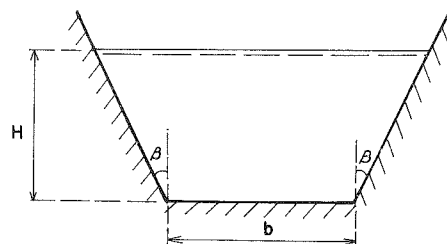
μ = purkautumiskerroin

g = painovoiman kiihtyvyys

W = vedenkorkeus



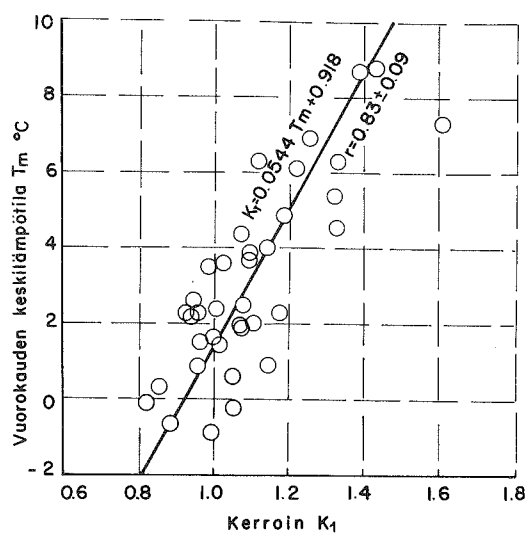
Kuva 2. Kaltevuussuhteet Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla.



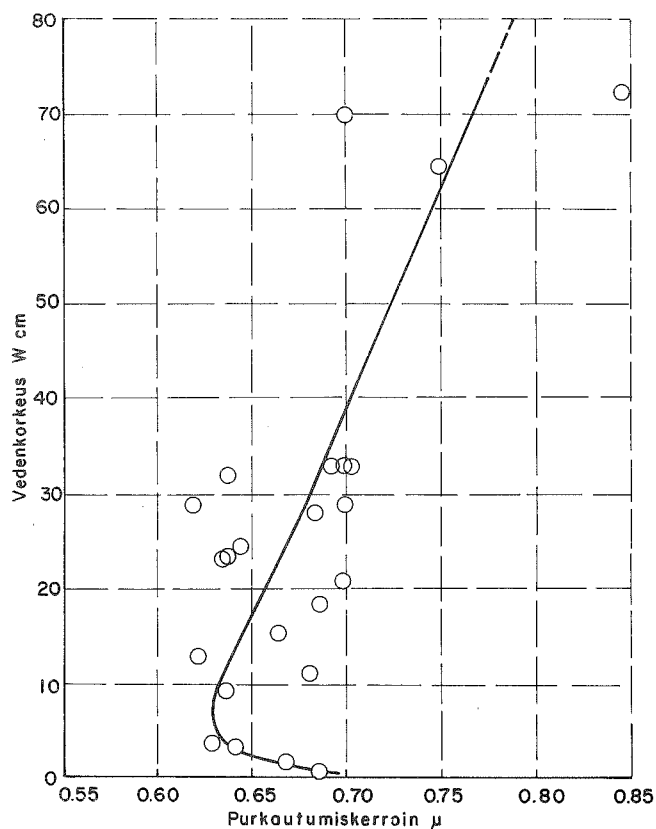
$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} H^{3/2} + \frac{8}{15} \mu \tan \beta \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$b = 50 \text{ cm}, \quad \tan \beta = 0.500$

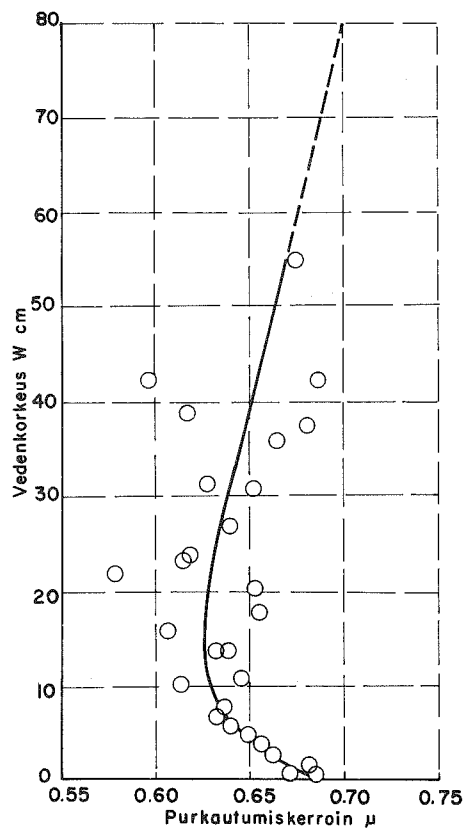
Kuva 4. Mittapadon purkautumisaukko.



Kuva 7. Vuorokauden keskilämpötilan ja kertoimen K_1 vuorosuhde Latosuon alueella.



Kuva 5. Vedenkorkeuden ja purkautumiskertoimen vuorosuhde Huhtisuonojan mittapadolla.



Kuva 6. Vedenkorkeuden ja purkautumiskertoimen vuorosuhde Latosuonojan mittapadolla.

b ja $tg\beta$ = purkautumisaukon mitoista riippuvia vakioita (kuva 4).

Aukon mittojen lisäksi on tunnettava purkautumiskertoimen μ :n arvo. Sen suuruus riippuu paitsi aukon muodosta, myös padon yläpuolisen altaan ominaisuuksista. Paikallisten olosuhteiden vaikutuksen takia on purkautumiskerroin määritetty erikseen kummallekin mittapadolle vedenkorkeuden W :n funktiona.

Molemmilla mittapadoilla on suoritettu virtaamamittauksia vuodesta 1935 lähtien. Nämä on tehty siivikolla n. 100-200 metrin etäisyydellä mittapadoista. Vuosina 1958-1960 on mittauksia suoritettu lisäksi alivaluman aikana ns. astiamittauksina. Astiamittaus suoritetaan ottamalla aukosta purkautuva vesi mittausastiaan ja samanaikaisesti mitataan kellolla tähän kulunut aika. Mittausastian täytön aloittaminen ja lopettaminen voidaan varsin tarkoin määrätä käyttämällä apuna ylisyöksyn ohjaamisessa mittausastian helposti liikuteltavaa kantta tai ohjauskourua. Mittausastianä on käytetty alumiinista valmistettua 200 litran vetoista, suorakulmaisen särmiön muotoista laatikkoa ja suuremmille vesimäärille muovista 1500 litran vetoista säkkiä. Vedenkorkeus on havaittu ennen ja jälkeen mittauksen. Astiamittauksen tulos kullakin vedenkorkeudella on laskettu viiden mittauksen keskiarvona.

Virtaamamittauksista on laskettu purkautumiskertoimen μ :n arvo kaavan (1) avulla. Näin saatu purkautumiskertoimen ja vedenkorkeuden välinen vuorosuhde on esitetty kuvissa 5 ja 6. Vuorosuhdekäyriä vertaamalla voidaan todeta, että purkautumiskertoimen arvot Huhtisuonojan mittapadolla ovat huomattavasti suuremmat kuin Latosuonojan mittapadolla suurilla vedenkorkeuk-

silla. Tämä johtunee siitä, että veden nopeus Huhtisuonojassa on mittapadon altaaseen tultaessa suurempi kuin Latosuonojassa, eikä virtaus ehdi rauhoittua ennen aukosta purkautumista. Tulonopeuden vaikutus ilmenee siis kuvissa 5 ja 6 purkautumiskertoimen kasvuna.

Mittapatojen vedenkorkeuden ja virtaaman välinen vuorosuhde on laskettu taulukon muotoon kaavasta (1) 0.5 cm vedenkorkeusvälein käyttäen purkautumiskertoimina kulloinkin kuvista 5 ja 6 saatuja arvoja.

15. Valuntahavaintojen korjaaminen

Niinä aikoina, jolloin padoilla ei ole ollut rekisteröimislaitetta on vedenkorkeus havaittu kerran vuorokaudessa klo 8. Tulvan aikana on suoritettu lisäksi toinen havainto yleensä klo 18.

Lumen sulamiskaudella, vuorokausivaihtelun ollessa voimakkainta, klo 8 suoritettu havainto antaa yleensä vuorokauden minimiarvon. Vedenkorkeuden maksimi on iltapäivällä tavallisimmin klo 18.

Vuorokauden keskivaluman määrittämiseksi klo 8, tai klo 8 ja 18 havaintojen perusteella on laskettu vuosina 1937-43 piirtävän vedenkorkeusmittarin rekisteröimistä havainnoista vuorokausivaihtelun suuruutta osoittavat kertoimet K_1 ja K_2 , jotka saadaan kaavoista (2) ja (3)

$$(2) \quad K_1 = \frac{q_m}{q_8}$$

$$(3) \quad K_2 = \frac{q_m}{\frac{q_8 + q_{18}}{2}}$$

q_m = vuorokauden keskivaluma l/s km²

q_8 = valuma klo 8 l/s km²

q_{18} = valuma klo 18 l/s km²

Vuorokauden keskivaluma q_m on laskettu klo 2, 6, 10, 14, 18 ja 22 havaittujen valumien keskiarvona.

Lumen sulamiskausi, lumen sulaessa vapautuvan veden purkautumisen alkuhetkestä sen päättymiseen, on jaettu tarkastelussa kahteen osaan, sulamiskauden alkupuoliskoon ja sulamiskauden jälkipuoliskoon.

Lumesta vapautuvan veden vaikutus on voitu selvästi havaita valuman äkillisenä kasvuna. Samanaikaisesti on todettu vuorokauden keskilämpötilan kohoaminen positiiviseksi sekä yöpakkasen pieneneminen. Mikäli keskilämpötila on laskenut jälleen lähelle 0 °C ja tavallisimmin myös yöpakkasen on voimistunut, on vuorokausivaihtelu vähentynyt voimakkaasti. Lumen vesivaraston loppuminen on voitu todeta valuman vähenemisenä tasaiseksi pohjavirtaukseksi. Sellaisina vuosina, jolloin on sattunut samanaikaisesti lumen vesivaraston loppuessa sateita, eikä lumesta vapautuneen veden loppumista ole voitu varmasti todeta, on katsottu sulamiskausi päättyneeksi sinä keskimääräisenä ajankohtana, joka muina vuosina on kulunut lumen loppumisesta sulamiskauden päättymiseen. Sulamiskauden alku- ja jälkipuoliskon erottaa toisistaan ylivaluman ajankohta. Sulamiskauden jälkipuoliskolla ei valuman suuruus riipu enää sanottavasti lämpötilan muutoksista.

Sulamiskauden alkupuoliskolla Latosuonojalla on määritetty vuorokauden keskilämpötilan ja kertoimen K_1 vuorosuhde vuosien 1937-43 havaintojen perusteella (kuva 7). Korrelaatiokertoimeksi on

saatu 0.83 ± 0.09 .

Kertoimen K_2 ja vuorokauden keskilämpötilan välillä sulamiskauden alkupuoliskolla Latosuonojalla ei ole todettu vuorosuhdetta. Kertoimen K_2 suuruus on sulamiskauden eri vaiheissa keskimäärin 1.0.

Huhtisuonojan mittapadolla on vedenkorkeushavainnot suoritettu sulamiskaudella kaikkina vuosina vähintään kaksi kertaa vuorokaudessa. Tämän alueen kertoimen K_2 arvojen ja vuorokauden keskilämpötilan välillä ei myöskään ole todettu vuorosuhdetta koko sulamiskaudella, ja kertoimen K_2 suuruus on ollut keskimäärin 1.0. Valuman vuorokausivaihtelu ojittamattomalla Huhtisuon alueella ei ole ollut yhtä säännöllistä kuin Latosuon alueella. Etenkin sulamiskauden alkupuoliskolla ovat sääsuhteet vaikuttaneet Huhtisuon alueen valuntaan eri tavoin kuin Latosuon alueen valuntaan. Yöpakkaset ovat pidättäneet iltapäivällä lumesta vapautuneen veden alueelle ja tämä vesi on purkautunut vasta lämpötilan uudelleen kohottua seuraavana päivänä. Huhtisuon alueilla vuorokauden valumahavainnoissa esiintyy tällaisten lämpötilavaihdosten aikana kaksi huippua, joista ensimmäinen aamupäivällä n. klo 11 ja toinen iltapäivällä keskimäärin klo 18.

Edellä mainitun perusteella on korjattu vuorokauden valumahavainnot vain sulamiskauden alkupuolella Latosuonojalla sellaisina vuorokausina, jolloin oli suoritettu vain yksi havainto. Kertoimen K_1 arvot on saatu kuvassa 7 esitetystä yhtälöstä vuorokauden keskilämpötilan funktiona. Vuorokauden keskivaluma on saatu kertoimen K_1 ja klo 8 valuman, q_8 , tulona.

Sota-ajan takia ovat vedenkorkeushavainnot keskeytyneet kesäällä 1941. Puuttuvat havainnot on korvattu sadehavaintojen perusteella tehdyillä arvioilla.

2. Ojituksen vaikutus suon valuntasuhteisiin

21. Ojituksen vaikutusta koskevien tutkimustulosten tilastomatemanttinen tarkastelumenetelmä

Tässä tutkimuksessa on selvitetty ojituksen aiheuttamia muutoksia Huhtisuon valuntasuhteisiin siten, että ensin on määritetty ennen ojitusta suoritettujen 22 vuoden havaintojen avulla Latosuon alueen ja Huhtisuon alueen valunnan välistä vuorosuhdetta kuvaavan regressiosuoran yhtälö. Sijoittamalla tähän yhtälöön ojituksen jälkeen havaittu Latosuon alueen valunta, on saatu selville, kuinka suuri olisi ollut vastaava Huhtisuon alueen todennäköinen valunta, mikäli ojitusta ei olisi suoritettu. Ojituksen vaikutus on saatu havaitun Huhtisuon alueen valunnan ja tämän lasketun "ojittamattoman" Huhtisuon alueen valunnan erotuksena.

Tutkittaessa rinnakkaisalueiden avulla vesistöalueella suoritettun toimenpiteen vaikutusta alueelta tapahtuvaan valuntaan, on määritettävä ennen toimenpiteen suorittamista tapahtuvan alueiden keskinäisen vertailun kestoajan, ns. kalibrointiajan pituus lyhimmäksi mahdolliseksi antamaan toimenpiteen vaikutukselle matemaattisen merkitsevyyden.

Jos kalibrointijakson pituus on jo ratkaistu, kuten Huhti- ja Latosuon alueiden suhteen on tapahtunut, on ratkaistava kysymys, kuinka monen vuoden ajan on käsittelyn jälkeen havaintoja jatkettava, jotta tutkimuksessa selvinnyt toimenpiteen vaikutus valuntaan olisi matemaattisesti merkitsevä.

Käytettäessä havaintotulosten tarkastelussa tilastomatemanttisia menetelmiä on havaintoaineiston täytettävä useita perusehtoja. Kummankin alueen valuntahavaintojen on oltava normaalisti

jakautuneita satunnaissuureita. Toiseksi rinnakkaisalueiden valuntojen keskinäistä suhdetta kuvaavasta regressiosuorasta laskettujen havaintopisteiden etäisyyksien eli ns. jäännöspoikkeamien on oltava normaalisti jakautuneita satunnaissuureita. Kolmantena ehtona on käsiteltävän alueen ja vertailualueen valuntojen välillä vallitseva riittävän tiivis vuorosuhde, sillä muussa tapauksessa saattavat sivutekijät tehdä tulosten analysoinnin epävarmaksi. Neljänneksi on kalibrointi- ja käsittelyjaksoihin sisällyttävä valuntasuhteiltaan mahdollisimman monenlaisia vuosia, jotta ilmastollisten tekijöiden vaikutus tulee esille tasapuolisesti.

Huhti- ja Latosuon alueiden kalibrointijakso täyttää kaikki nämä ehdot riittävällä tarkkuudella, sen sisältäessä huomattavasti toisistaan poikkeavia vuosia ja vuorosuhteiden ollessa verraten hyviä.

Havaintojaksojen pituuden määrittämistä koskevia menetelmiä on kehitetty erityisesti valuma-alueen paljaaksihakkuun vaikutusta koskevissa tutkimuksissa. Kovner ja Evans (1954) ovat kehittäneet Wilmin (1944, 1949) esittämää kovarianssianalyysiin perustuvaa menetelmää seuraavan yhtälön muotoon:

$$\frac{s_{y \cdot x}^2}{d^2} = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \frac{1}{F \left(1 + \frac{F}{n_1 + n_2 - 2} \right)}$$

$s_{y \cdot x}^2$ = rinnakkaisalueiden havaintosarjojen välistä regressiota kuvaavasta suorasta laskettujen havaintopisteiden etäisyyksistä eli ns. jäännöspoikkeamista johdettu varianssi

d = pienin merkitsevä käsitellyn alueen valunnassa tapahtunut muutos

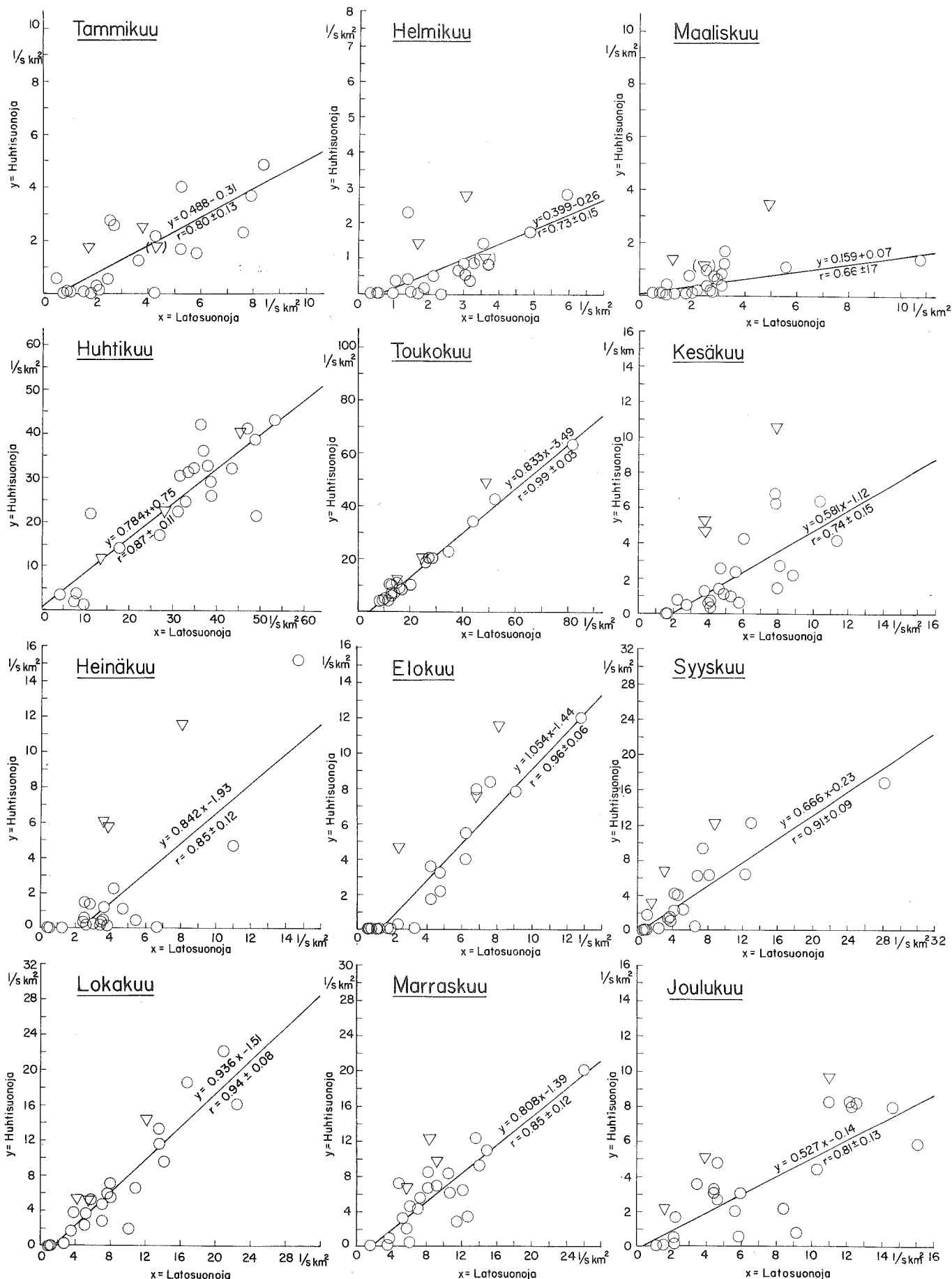
n_1 = kalibrointivuosien luku
 n_2 = käsittelyn vaikutusvuosien luku
 F = varianssiosamäärä

Yhtälön ratkaisemisen helpottamiseksi on laadittu nomogrammi (kuva 8), josta saadaan tarpeellinen käsittelyn vaikutusjakson pituus, kun tunnetaan edelläselostettu regression jäännöspoikkeamien varianssi, pienin merkitsevä käsittelyn vaikutus ja kalibrointivuosien luku. F -arvoksi on valittu 5 % riskiä vastaava arvo.

22. Ojituksen vaikutus eri kuukausien keskivalumiin

Taulukoissa 6-17 on esitetty eri kuukausien keskivalumat vuosina 1936-1957 ja 1958-1960 sekä laskettu edellä selostetulla tavalla ojituksen aiheuttama keskivalumien todellinen muutos. Lisäksi on tutkittu saadun muutoksen merkitsevyyttä.

Kuukausien keskivalumat sekä ennen ojitusta havaittujen vuosien havaintojen perusteella lasketut regressiosuorat on esitetty kuvassa 9. Kuvasta havaitaan ojittamattoman Huhtisuon alueen ja osittain ojitetun Latosuon alueen valuntojen suhteen muuttuminen talven kuluessa. Regressiosuoran kulmakerroin on lokakuussa 0.936, marraskuussa 0.808, joulukuussa 0.527, tammikuussa 0.488, helmikuussa 0.399 ja maaliskuussa 0.159. Huhtisuon valuma pienee siis Latosuon valumaan verrattuna tasaisesti talven kuluessa.



Kuva 9. Kuukausivalunta Huhtisuon ja Latosuon alueilla vuosina 1936-1957 (ympyrä) ja vuosina 1958-1960 (kolmio) sekä kauden 1936-1957 valuntojen välistä vuorosuhdetta kuvaava regressiosuora eri kuukausina.

Taulukko 6. Tammikuun keskivaluma ($l/s\ km^2$) Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Tammikuun keskivaluma		Vuosi	Tammikuun keskivaluma	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	3.69	7.97	(1958	1.82	4.31) ¹⁾
1937	4.87	8.44	1959	2.58	3.80
1938	0.30	2.04	1960	1.77	1.76
1939	0	1.82			
1940	0	1.01			
1941	0	0.75			
1942	0	0.97			
1943	0.05	4.23			
1944	1.70	5.24			
1945	2.60	2.70			
1946	0.08	1.55			
1947	0.09	0.91			
1948	0.59	0.53			
1949	2.31	7.64			
1950	0.08	1.04			
1951	1.26	3.65			
1952	2.77	2.57			
1953	2.18	4.30			
1954	0.14	2.14			
1955	4.04	5.29			
1956	0.58	2.49			
1957	1.54	5.86			
1936- 1957	1.31	3.32	1959- 1960	2.18	2.78

¹⁾ Ojitus ei ole vaikuttanut vuoden 1958 tammikuun valuntaan.

Ennen ojitusta havaittujen vuosien tammikuun keskivalumista lasketun regressiosuoran yhtälöksi on saatu $y = 0.488x - 0.31$ (y = Huhtisuon keskivaluma, x = Latosuon keskivaluma, $l/s\ km^2$).

Korrelaatiokertoimeksi on saatu $r = 0.80 \pm 0.13$. Käyttäen edellä selostettua menetelmää todetaan vuosina 1959 ja 1960 havaittu ojituksen aiheuttama keskimääräinen $1.13\ l/s\ km^2$ lisäys matemaattisesti merkitseväksi 5 %:n riskillä jo näiden kahden vuoden

havaintojen perusteella. Ojituksen aiheuttama tammikuun keskivaluman lisäys on 86 % vuosien 1936-1957 tammikuun keskivalumasta.

Taulukko 7. Helmikuun keskivaluma ($l/s\ km^2$) Huhti- ja Lato-suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Helmikuun keskivaluma		Vuosi	Helmikuun keskivaluma	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	1.44	3.57	(1958	1.00	3.59) ¹⁾
1937	0.38	1.07	1959	2.82	3.07
1938	0.51	2.13	1960	1.45	1.68
1939	0	2.36			
1940	0	0.97			
1941	0	0.35			
1942	0	0.57			
1943	0.57	3.07			
1944	0.91	3.30			
1945	0.89	3.01			
1946	0.01	1.69			
1947	0.02	0.55			
1948	0.44	1.43			
1949	2.86	5.95			
1950	0	0.97			
1951	0.40	3.18			
1952	2.32	1.40			
1953	0.68	2.86			
1954	0.07	1.50			
1955	1.78	4.89			
1956	0.17	1.87			
1957	0.87	3.72			
1936- 1957	0.65	2.29	1959- 1960	2.14	2.38

¹⁾ Ojitus ei ole vaikuttanut vuoden 1958 helmikuun valuntaan.

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.399x - 0.26$

Korrelaatiokerroin $r = 0.73 \pm 0.15$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys $1.45\ l/s\ km^2$ on 220 % vuosien 1936-1957 helmikuun keskivalumasta ja se on merkitsevä

jo yhden vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 8. Maaliskuun keskivaluma ($l/s\ km^2$) Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Maaliskuun keskivaluma		Vuosi	Maaliskuun keskivaluma	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	0.66	2.98	(1958	1.10	2.40) ¹⁾
1937	0.16	2.20	1959	3.51	4.95
1938	1.40	10.80	1960	1.38	1.25
1939	0	2.68			
1940	0	0.97			
1941	0	0.77			
1942	0	0.53			
1943	1.10	5.62			
1944	0.37	2.56			
1945	0.73	2.85			
1946	0	2.00			
1947	0	0.87			
1948	0.42	1.06			
1949	1.66	3.27			
1950	0.07	1.34			
1951	0.14	2.76			
1952	0.76	1.89			
1953	0.39	3.14			
1954	0.96	2.53			
1955	1.21	3.24			
1956	0.07	1.77			
1957	0.82	3.13			
1936- 1957	0.50	2.68	1959- 1960	2.44	3.10

¹⁾ Ojitus ei ole vaikuttanut vuoden 1958 maaliskuun valuntaan.

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.159x + 0.07$

Korrelaatiokerroin $r = 0.66 \pm 0.17$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys $1.88\ l/s\ km^2$ on 380 % vuosien 1936-1957 maaliskuun keskivalumasta ja se on merkitsevä jo yhden vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 9. Huhtikuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Lato-suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Huhtikuun keskivaluma		Vuosi	Huhtikuun keskivaluma	
	Huhti-suo	Lato-suo		Huhti-suo	Lato-suo
1936	36.20	36.80	1958	11.80	13.50
1937	32.80	38.00	1959	40.50	45.30
1938	30.60	31.50	1960	22.30	28.00
1939	22.50	31.20			
1940	3.90	8.11			
1941	3.44	4.18			
1942	14.00	17.90			
1943	39.00	48.50			
1944	32.10	34.50			
1945	31.40	33.40			
1946	32.20	43.30			
1947	17.10	26.60			
1948	25.90	38.50			
1949	24.50	32.70			
1950	29.30	38.20			
1951	43.30	53.10			
1952	21.70	49.00			
1953	41.40	46.80			
1954	21.90	11.30			
1955	0.99	7.61			
1956	1.34	9.80			
1957	42.00	36.20			
1936-1957	24.90	30.80	1958-1960	24.90	28.90

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.784x + 0.75$

Korrelaatiokerroin $r = 0.87 \pm 0.11$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys 1.40 l/s km² on 6 % vuosien 1936-1957 huhtikuun keskivalumasta eikä se tule merkitseväksi vaikka havaintoja jatkettaisiin äärettömän pitkän ajan.

Taulukko 10. Toukokuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Lato-suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Toukokuun keskivaluma		Vuosi	Toukokuun keskivaluma	
	Huhti-suo	Lato-suo		Huhti-suo	Lato-suo
1936	10.20	13.20	1958	49.20	48.60
1937	4.16	9.91	1959	20.80	24.60
1938	20.40	27.10	1960	12.50	15.20
1939	7.01	13.20			
1940	10.60	12.10			
1941	11.10	14.80			
1942	10.30	20.40			
1943	8.47	13.30			
1944	23.00	34.80			
1945	18.90	26.00			
1946	20.50	28.60			
1947	6.25	13.10			
1948	5.00	10.40			
1949	7.29	14.00			
1950	4.17	11.70			
1951	8.60	16.90			
1952	9.18	16.00			
1953	6.33	13.30			
1954	4.09	8.42			
1955	63.50	81.90			
1956	42.90	52.20			
1957	34.20	44.00			
1936-1957	15.30	22.50	1958-1960	27.50	29.50

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.833x - 3.49$

Korrelaatiokerroin $r = 0.99 \pm 0.03$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys 6.40 l/s km² on 42 % vuosien 1936-1957 toukokuun keskivalumasta ja se tulee merkitseväksi 5 vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 11. Kesäkuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Kesäkuun keskivaluma		Vuosi	Kesäkuun keskivaluma	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1036	0.49	2.78	1958	10.50	7.93
1937	0.74	2.28	1959	5.30	3.83
1938	2.31	5.60	1960	4.69	3.88
1939	0.05	1.69			
1940	0.05	1.65			
1941	1.42	8.00			
1942	0.67	5.81			
1943	6.80	7.82			
1944	6.38	10.40			
1945	2.71	8.13			
1946	4.19	11.40			
1947	0.99	5.32			
1948	1.27	3.83			
1949	4.23	6.06			
1950	6.27	7.89			
1951	0.70	4.13			
1952	1.11	4.90			
1953	2.55	4.72			
1954	0.31	4.17			
1955	1.39	4.65			
1956	0.63	4.03			
1957	2.20	8.91			
1936- 1957	2.16	5.64	1958- 1960	6.83	5.21

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.581x - 1.12$

Korrelaatiokerroin $r = 0.74 \pm 0.15$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys 4.92 l/s km² on 260 % vuosien 1936-1957 kesäkuun keskivalumasta ja se on merkitsevä jo yhden vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 12. Heinäkuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Heinäkuun keskivaluma		Vuosi	Heinäkuun keskivaluma	
	Huhti-suo	Lato-suo		Huhti-suo	Lato-suo
1936	0.21	3.00	1958	5.72	3.81
1937	0.36	2.44	1959	6.06	3.66
1938	0.52	2.50	1960	11.50	8.08
1939	0.03	1.22			
1940	0	0.41			
1941	0	0.50			
1942	4.65	11.00			
1943	15.20	14.70			
1944	1.08	4.73			
1945	0.01	2.65			
1946	0.04	6.64			
1947	0.13	3.80			
1948	0.21	2.61			
1949	0.43	3.57			
1950	1.37	2.85			
1951	0.37	3.48			
1952	1.19	3.64			
1953	1.47	2.51			
1954	0.18	3.40			
1955	0.01	0.97			
1956	0.46	5.44			
1957	2.22	4.20			
1936-1957	1.37	3.92	1958-1960	7.76	5.18

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.842x - 1.93$

Korrelaatiokerroin $r = 0.85 \pm 0.12$

Ojituksen aiheuttaman keskivaluman lisäys 5.33 l/s km² on 390 % vuosien 1936-1957 heinäkuun keskivalumasta ja se on merkitsevä kolmen vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 13. Elokuun keskivaluma ($l/s\ km^2$) Huhti- ja Lato-suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Elokuun keskivaluma			Elokuun keskivaluma		
Huhti- Lato-			Huhti- Lato-		
Vuosi	suo	suo	Vuosi	suo	suo
1936	0.29	2.36	1958	7.61	6.85
1937	0.02	0.97	1959	4.58	2.40
1938	0	0.71	1960	11.50	8.03
1939	0.01	0.64			
1940	0.02	1.20			
1941	0	0.81			
1942	3.58	4.23			
1943	12.00	12.80			
1944	0	1.18			
1945	5.44	6.21			
1946	0.04	3.32			
1947	0.05	1.78			
1948	2.14	4.80			
1949	1.70	4.26			
1950	0.01	1.97			
1951	0	1.31			
1952	3.97	6.22			
1953	7.95	6.83			
1954	3.21	4.77			
1955	0	0.64			
1956	8.35	7.59			
1957	7.82	9.09			
1936-1957	2.57	3.80	1958-1960	7.90	5.76

Regressiosuoran yhtälö $y = 1.054x - 1.44$

Korrelaatiokerroin $r = 0.96 \pm 0.06$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys $3.26\ l/s\ km^2$ on 130 % vuosien 1936-1957 elokuun keskivalumasta ja se on merkitsevä yhden vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 14. Syyskuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Syyskuun keskivaluma		Vuosi	Syyskuun keskivaluma	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	1.36	3.60	1958	3.12	1.65
1937	4.07	4.20	1959	6.65	3.16
1938	0	1.50	1960	13.10	8.82
1939	0	0.78			
1940	2.22	4.22			
1941	1.03	3.82			
1942	6.11	6.83			
1943	1.54	3.86			
1944	0.26	2.43			
1945	6.33	8.20			
1946	1.22	3.68			
1947	0	0.81			
1948	0.43	6.56			
1949	1.73	1.06			
1950	2.39	5.21			
1951	0	0.98			
1952	6.41	12.30			
1953	3.95	4.60			
1954	12.30	13.00			
1955	0	0.61			
1956	9.27	7.46			
1957	16.80	28.20			
1936- 1957	3.52	5.63	1958- 1960	7.62	4.54

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.666x - 0.23$

Korrelaatiokerroin $r = 0.91 \pm 0.09$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys 4.83 l/s km² on 140 % vuosien 1936-1957 syyskuun keskivalumasta ja se on merkitsevä yhden vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 15. Lokakuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Lato-suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	Lokakuun keskivaluma		Vuosi	Lokakuun keskivaluma	
	Huhti-suo	Lato-suo		Huhti-suo	Lato-suo
1936	3.69	7.04	1958	5.20	5.61
1937	3.19	3.48	1950	5.45	4.18
1938	5.89	7.70	1960	14.30	12.20
1939	0	1.17			
1940	2.80	10.10			
1941	0.14	2.74			
1942	13.20	13.50			
1943	9.49	14.10			
1944	3.67	3.85			
1945	4.56	7.05			
1946	3.60	5.26			
1947	0	1.03			
1948	6.51	10.90			
1949	5.41	8.06			
1950	6.94	7.97			
1951	0	0.99			
1952	11.50	13.60			
1953	5.21	5.80			
1954	18.40	16.80			
1955	2.22	5.11			
1956	22.00	21.00			
1957	16.00	22.50			
1936-1957	6.56	8.62	1958-1960	8.32	7.33

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.936x - 1.51$

Korrelaatiokerroin $r = 0.94 \pm 0.08$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys 2.97 l/s km² on 45 % vuosien 1936-1957 lokakuun keskivalumasta ja se on merkitsevä kolmen vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 16. Marraskuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Marraskuun keskivaluma			Marraskuun keskivaluma		
Huhti- Lato-			Huhti- Lato-		
Vuosi	suo	suo	Vuosi	suo	suo
1936	6.66	8.18	1958	12.30	8.36
1937	8.30	10.50	1959	6.71	5.77
1938	12.30	13.70	1960	9.80	9.36
1939	0.09	3.58			
1940	6.10	10.70			
1941	0	1.57			
1942	6.86	9.20			
1943	10.90	14.90			
1944	9.23	10.10			
1945	1.96	5.70			
1946	5.51	7.38			
1947	0.81	3.83			
1948	2.83	11.50			
1949	3.13	5.30			
1950	8.43	8.23			
1951	0.42	6.07			
1952	4.22	6.97			
1953	7.11	4.86			
1954	20.10	24.50			
1955	3.44	12.70			
1956	4.48	6.14			
1957	6.18	12.20			
1936-1957	5.87	8.99	1958-1960	9.60	7.83

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.808x - 1.39$

Korrelaatiokerroin $r = 0.85 \pm 0.12$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys 4.67 l/s km² on 80 % vuosien 1936-1957 marraskuun keskivalumasta ja se on merkitsevä kahden vuoden havaintojen perusteella.

Taulukko 17. Joulukuun keskivaluma (l/s km²) Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Joulukuun keskivaluma			Joulukuun keskivaluma		
Huhti- Lato-			Huhti- Lato-		
Vuosi	suo	suo	Vuosi	suo	suo
1936	7.97	12.30	1958	5.14	3.91
1937	0.48	2.12	1959	2.19	1.65
1938	3.04	4.43	1960	9.70	11.00
1939	0.11	2.18			
1940	2.65	4.61			
1941	0	1.11			
1942	0.78	9.14			
1943	8.14	12.60			
1944	4.77	4.63			
1945	0.07	1.56			
1946	3.21	4.45			
1947	1.63	2.23			
1948	5.88	16.10			
1949	7.93	14.60			
1950	8.21	11.00			
1951	0.51	5.86			
1952	3.00	5.96			
1953	3.52	3.46			
1954	8.25	12.20			
1955	1.99	5.66			
1956	4.38	10.30			
1957	2.11	8.43			
1936-1957	3.57	7.04	1958-1960	5.68	5.52

Regressiosuoran yhtälö $y = 0.527x - 0.14$

Korrelaatiokerroin $r = 0.81 \pm 0.13$

Ojituksen aiheuttama keskivaluman lisäys 2.91 l/s km² on 82 % vuosien 1936-1957 joulukuun keskivalumasta ja se on merkitsevä kolmen vuoden havaintojen perusteella.

Ojituksen jälkeen ovat kuukausien keskivalumat olleet molemmil-

la alueilla suurin piirtein yhtä suuret, Latosuon alueen keskivaluman ollessa suuremman tammi-lokakuussa ja Huhtisuon alueen keskivaluman kesä-joulukuussa.

Taulukossa 18 on koottuina ja kuukausivalunnoiksi (mm) muunnettuina edellä esitetyt kuukausien keskivalumat vuosina 1958-1960.

Taulukko 18. Huhtisuon alueen havaittu ja ojittamattomana laskettu kuukausivalunta sekä näiden erotus vuosina 1958-1960.

	Huhtisuon alueen kuukausivalunta mm								
	havaittu ojitettuna			laskettu ojittamattomana			ojituksen aiheut- tama lisäys		
Kuukausi	1958	1959	1960	1958	1959	1960	1958	1959	1960
Tammikuu	4.8	6.8	4.7	4.7	4.1	1.5	(0.1) ¹	2.7	3.2
Helmikuu	2.6	7.4	3.8	3.1	2.5	1.1	(-0.5) ¹	4.9	2.7
Maaliskuu	2.9	9.2	3.6	1.2	2.3	0.7	(1.7) ¹	6.9	2.9
Huhtikuu	31.0	106.4	58.6	29.8	95.3	59.7	1.2	11.1	-1.1
Toukokuu	129.3	54.7	32.9	97.2	44.7	24.1	32.1	10.0	8.8
Kesäkuu	27.6	13.9	12.3	9.2	2.9	3.0	18.4	11.0	9.3
Heinäkuu	15.0	15.9	30.2	3.4	3.0	12.8	11.6	12.9	17.4
Elokuu	20.0	12.0	30.2	15.2	2.9	18.5	4.8	9.1	11.7
Syyskuu	8.2	17.5	34.4	2.3	4.9	14.8	5.9	12.6	19.6
Lokakuu	13.7	14.3	37.6	9.8	6.3	26.0	3.9	8.0	11.6
Marraskuu	32.3	17.6	25.8	14.1	8.6	16.2	18.2	9.0	9.6
Joulukuu	13.5	5.8	25.5	5.1	1.9	14.9	8.4	3.9	10.6
Koko vuosi	300.9	281.5	299.6	195.1	179.4	193.3	105.8	102.1	106.3

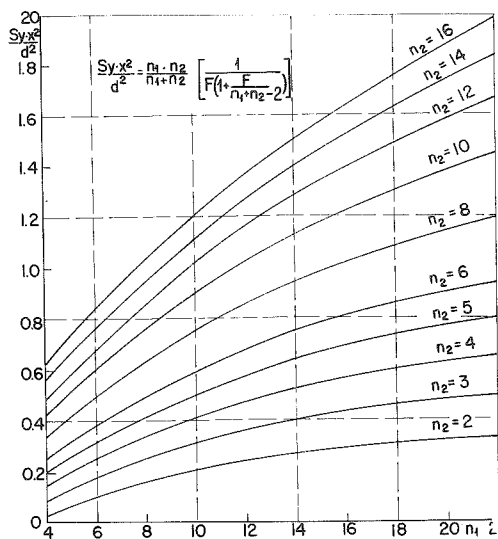
¹⁾ Ojitus ei ole vaikuttanut vuoden 1958 tammi-, helmi- eikä maaliskuun valuntaan.

Ojituksen aiheuttama kuukausivalunnan lisäys on esitetty myös kuvassa 10. Vuoden 1958 osalta ei ojituksen vaikutuksista voida tehdä johtopäätöksiä, koska ojitustyöt ovat suoranaaisesti aiheuttaneet valunnan muuttumista alueella olleiden vesien poisjohtamisen muodossa, mikä havaitaan esim. marras-joulukuun valunnan poikkeuksellisenä lisäyksenä. Ojitustyöthän on aloitettu uudelleen marraskuussa ja saatettu joulukuussa päätökseen. Vuosina 1959 ja 1960 havaitaan valunnan lisäyksen olleen suurimman vuoden kesäpuoliskolla, siis maan ollessa vapaana lumipeitteestä. Tämä tuntuukin luonnolliselta, kun oletetaan valunnan lisäyksen johtuvan pääasiassa haihdunnan pienentymisestä.

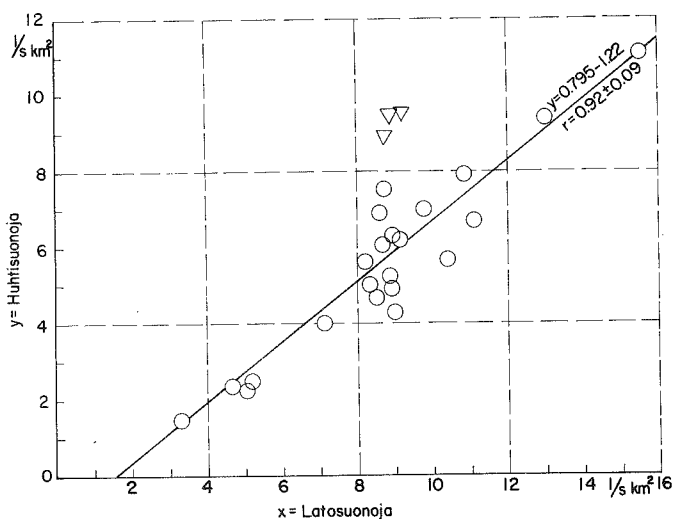
23. Ojituksen vaikutus vuoden keskivalumaan

Edellä taulukossa 18 on esitetty ojituksen aiheuttama vuosivalunnan lisäys kuukausivaluntojen lisäysten summana. Lisäys on ollut vuonna 1958 105 mm, vuonna 1959 102 mm ja vuonna 1960 106 mm. Keskimäärin tämä lisäys on 105 mm eli 58 % ennen ojitusta havaitusta Huhtisuon alueen valunnasta.

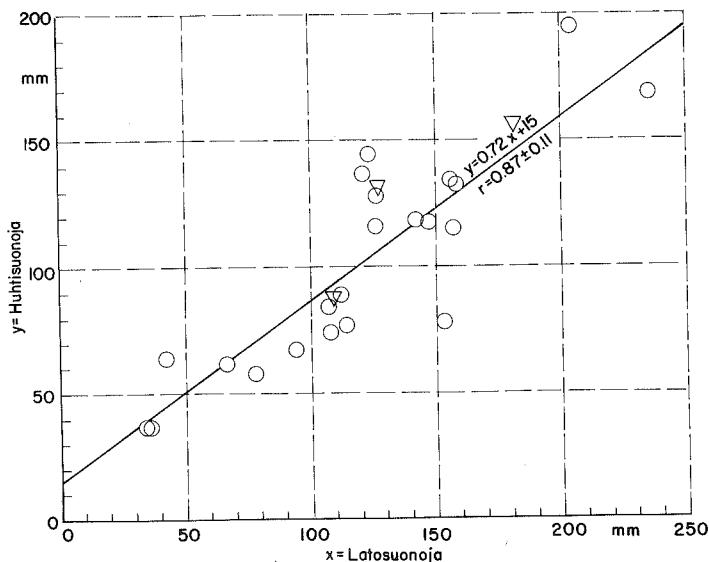
Taulukossa 19 on esitetty vuoden keskivaluma Huhti- ja Lato-suon alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.



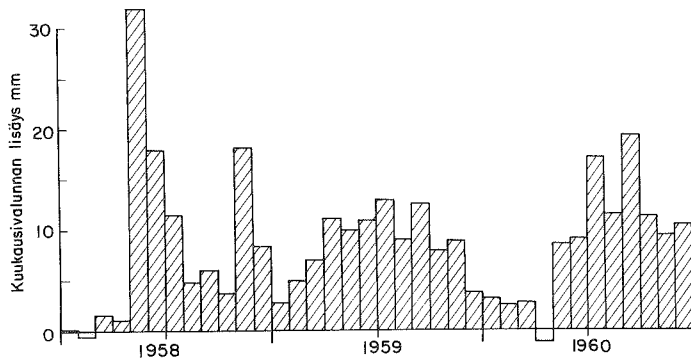
Kuva 8. Kalibrointiajan n_1 (v), käsittelyn vaikutusajan n_2 (v) ja tekijän $\frac{S \cdot y \cdot x}{d^2}$ vuorosuhde.



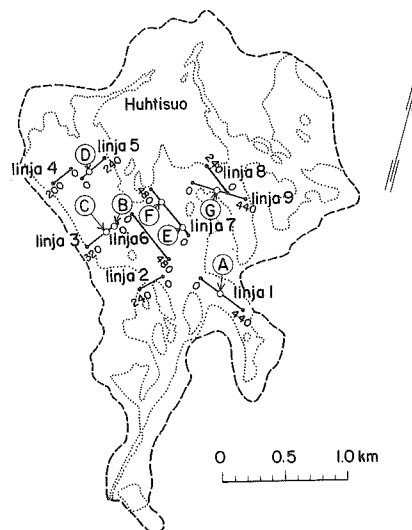
Kuva 11. Vuoden keskiarvo Huhtisuon ja Latosuon alueilla vuosina 1936-1957 (ympyrä) ja vuosina 1958-1960 (kolmio) sekä kauden 1936-1957 keskiarvojen välistä vuorosuhdetta kuvaava regressiosuora.



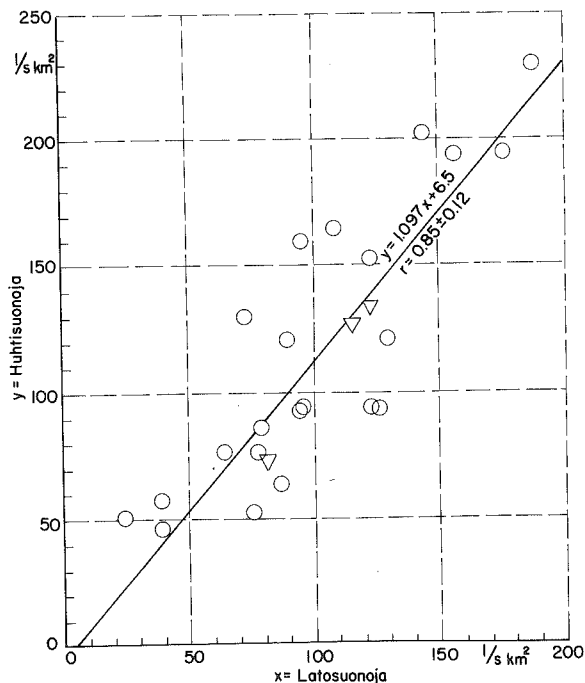
Kuva 12. Lumen sulamiskauden valunta Huhtisuon ja Latosuon alueilla vuosina 1936-1957 (ympyrä) ja vuosina 1958-1960 (kolmio) sekä kauden 1936-1957 valuntojen välistä vuorosuhdetta kuvaava regressiosuora.



Kuva 10. Ojituksen aiheuttama kuukausivalunnan lisäys Huhtisuon valuma-alueella vuosina 1958-1960.



Kuva 14. Vaa'itut linjat ja näytteenottopisteet Huhtisuolla.



Kuva 13. Ylivaluma Huhtisuon ja Latosuon alueilla vuosina 1936-1957 (ympyrä) ja vuosina 1958-1960 (kolmio) sekä kauden 1936-1957 ylivalumien välistä vuorosuhdetta kuvaava regressiosuora.

Taulukko 19. Vuoden keskivaluma (l/s km²) Huhtisuon ja Lato-suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
keskivaluma			keskivaluma		
Huhti- Lato-			Huhti- Lato-		
Vuosi	suo	suo	Vuosi	suo	suo
1936	6.07	8.65	1958	9.54	9.21
1937	4.96	7.14	1959	8.93	8.71
1938	6.19	9.14	1960	9.48	8.93
1939	2.48	5.21			
1940	2.36	4.66			
1941	1.42	3.28			
1942	5.01	8.34			
1943	9.41	13.00			
1944	6.96	9.81			
1945	6.30	8.96			
1946	5.88	9.94			
1947	2.26	5.07			
1948	4.30	9.02			
1949	5.26	8.87			
1950	5.60	8.20			
1951	4.64	8.52			
1952	5.68	10.40			
1953	6.90	8.60			
1954	7.49	8.73			
1955	6.71	11.10			
1956	7.89	10.80			
1957	11.10	15.50			
Keski- valuma vuosina 1936- 1957	5.68	8.77	Keski- valuma vuosina 1958- 1960	9.32	8.95

Ennen ojitusta havaittuina vuosina on Huhtisuon keskivaluma ollut vaihdellen 1.42 - 11.10 l/s km² koko jakson keskiva-

luman ollessa 5.68 l/s km^2 ja Latosuonojan keskivaluma on ollut vaihdellen $3.28 - 15.50 \text{ l/s km}^2$ koko jakson keskivaluman ollessa 8.77 l/s km^2 . Ojituksen jälkeen vuosina 1958-1960 havaitun jakson keskivaluma on ollut Huhtisuonojalla 9.32 ja Latosuonojalla 8.95 . Vuoden keskivalumien regressiosuoran (kuva 11) yhtälö on $y = 0.795x - 1.22$ ja korrelaatiokerroin $r = 0.92 \pm 0.09$. Regression jäännöspoikkeamien varianssin estimaatti $s_{y \cdot x}^2 = 0.624$. Huhtisuonojan keskivaluman ojituksesta johtuva suureneminen on ollut 3.57 l/s km^2 eli 63% ennen ojitusta havaitusta keskivalumasta. Kaikkina ojitusta edeltäneinä vuosina on Huhtisuonojan keskivaluma ollut pienempi ja ojituksen jälkeisinä vuosina suurempi kuin Latosuonojan keskivaluma. Käytetyn tilastollisen menetelmän mukaan 20% suuruista keskivaluman kasvua voidaan pitää matemaattisesti merkitseväenä (riski 5%) jo 3 vuoden havaintojen perusteella. Näin ollen 63% suuruinen keskivaluman kasvu on merkitsevä huomattavasti pienemmällä riskillä.

Edellä selostetulla tavalla laskettu kaikkien kuukausien valunnan lisäysten summa on 58% ennen ojitusta havaitusta Huhtisuonojan keskivalunnasta. Molemmilla tavoilla on saatu siis samaa suuruusluokkaa oleva tulos, noin 60% :n suuruinen vuoden keskivaluman lisäys.

24. Ojituksen vaikutus lumen sulamiskauden valuntaan

Taulukosta 18 ja kuvasta 10 voidaan todeta, että ojitusvuoden 1958 jälkeen, siis vuosina 1959 ja 1960 on huhti-toukokuun valunta lisäytynyt vähemmän kuin kesä- ja syyskuukausien valunta. Koska huhti-toukokuun valunta on noin puolet koko vuoden valunnasta on sulamiskauden valunnan suhteellinen lisäys melko vähäinen.

Koska kuukausivalunnan lisäys ei anna aivan selvää kuvaa lumen sulamisesta aiheutuvan valunnan mahdollisesta muuttumisesta, on asiaa tarkasteltu erittelemällä lumen sulamiskauden valunta koko havaintojakson ajalta ja laskemalla edellä esitetyllä tavalla sulamiskauden valunnan muuttuminen.

Taulukko 20. Lumen sulamiskauden valunta (mm) Huhtisuon ja Lato-suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
sulamiskauden valunta			sulamiskauden valunta		
Huhti- Lato-			Huhti- Lato-		
Vuosi	suo	suo	Vuosi	suo	suo
1936	116	126	(1958	131	127) ¹⁾
1937	89	112	1959	156	181
1938	137	121	1960	88	109
1939	74	108			
1940	37	36			
1941	37	34			
1942	62	66			
1943	117	147			
1944	144	123			
1945	128	126			
1946	134	156			
1947	58	78			
1948	77	114			
1949	68	94			
1950	84	107			
1951	132	158			
1952	78	153			
1953	118	142			
1954	64	42			
1955	168	235			
1956	115	157			
1957	194	204			
Keski- määrin v.1936 - 1957	101	120	Keski- määrin v.1959 - 1960	122	146

¹⁾ Ojitustyöt ovat vaikuttaneet suoranaaisesti valunnan suuruuteen.

alueella vaihdellen 37 - 194 mm keskiarvon ollessa 101 mm ja Latosuon alueella vaihdellen 34 - 235 mm keskiarvon ollessa 120 mm. Vuosina 1959-1960 on sulamiskauden valunnan keskiarvo ollut Huhtisuon alueella 122 mm ja Latosuon alueella 146 mm. Sulamiskauden valuntojen välinen riippuvuus on esitetty kuvas-
sa 11. Regressiosuoran yhtälö on $y = 0.720x + 15.0$. Korrelaatiokertoimeksi saadaan 0.87 ± 0.11 . Varianssin estimaatti $s_{y \cdot x}^2 = 363$. Todelliseksi Huhtisuon alueen sulamiskauden valunnan suurenemiseksi saadaan 2 mm, mikä on 2 % ennen ojitusta havaitusta Huhtisuonojan sulamiskauden valunnasta. 10 % suuruinen valunnan muutos vaatisi ojituksen jälkeen useiden kymmenien vuosien pituiset havainnot ollakseen merkitsevä, 20 % muutos 6 vuoden havainnot ja 30 % muutos 3 vuoden havainnot. Vuosien 1959-1960 havaintojen mukaan lumen sulamiskauden valunta on siis pysynyt muuttumattomana.

25. Ojituksen vaikutus ylivalumaan

Taulukossa 21 on esitetty Huhti- ja Latosuon alueiden ylivalumat vuosina 1936-1957 ja 1958-1960. Ylivalumalla tarkoitetaan vuoden aikana sattunutta suurinta vuorokauden keskivalumaa. Kaikkina vuosina on ylivaluma sattunut lumen sulamiskaudella.

Taulukko 21. Ylivaluma Hq (l/s km²) Huhtisuon ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	ylivaluma Hq		Vuosi	ylivaluma Hq	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	160.0	94.9	(1958	127.0	115.0) ¹⁾
1937	121.0	129.0	1959	134.0	122.0
1938	94.0	95.3	1960	73.5	80.4
1939	93.1	94.1			
1940	45.9	39.1			
1941	58.2	39.4			
1942	86.1	78.5			
1943	64.2	86.5			
1944	121.0	88.9			
1945	153.0	122.0			
1946	195.0	176.0			
1947	94.1	122.0			
1948	77.3	63.8			
1949	53.0	75.5			
1950	76.9	78.1			
1951	165.0	108.0			
1952	94.2	125.0			
1953	130.0	71.9			
1954	50.4	24.0			
1955	194.0	156.0			
1956	202.0	144.0			
1957	230.0	188.0			
Keski- yliva- luma v.1936 - 1957	116.3	100.0	Keski- yliva- luma v.1959 - 1960	103.7	101.2

1) Ojitustyöt ovat suoranaaisesti vaikuttaneet ke-
vään 1958 valunnan suuruuteen.

Ylivaluman suuruus on kalibrointijaksolla ollut Huhtisuon

alueella vaihdellen 45.9 - 230.0 l/s km² keskiylivaluman ollessa 116.3 l/s km² ja Latosuon alueella vaihdellen 24.0 - 188.0 l/s km² keskiylivaluman ollessa 100.0 l/s km². Vuosina 1959-1960 on Huhtisuon alueen keskiylivaluma ollut 103.7 ja Latosuon alueen 101.2 l/s km². Kuvassa 12 on esitetty regressiosuoran avulla ojittamattoman Huhtisuon alueen ylivaluman riippuvuus Latosuon alueen ylivalumasta. Suoran yhtälö on $y = 1.097x + 6.5$ ja korrelaatiokerroin $r = 0.85 \pm 0.12$.

Regression jäännöspoikkeamien varianssin estimaatti $s_{y \cdot x}^2 = 805$.

Todelliseksi Huhtisuon alueen kahden vuoden keskiylivaluman pienenemiseksi saadaan 13.8 l/s km² mikä on 12 % ennen ojitusta havaitusta Huhtisuon alueen keskiylivalumasta. Jos vuosi 1958 otetaan huomioon, saadaan kolmen vuoden keskiylivaluman pienenemiseksi 11.0 l/s km² eli 10 %.

Asettamalla pienimmäksi merkitseväksi Huhtisuon alueen ylivaluman muutokseksi 10, 20 ja 30 % ennen ojitusta havaitusta keskiylivalumasta, voidaan kuvan (12) avulla todeta, että 10 % suuruinen keskiylivaluman muutos ei tule matemaattisesti merkitseväksi (riski 5 %) käytännössä kysymykseen tulevan ajan puitteissa. 20 % muutos tulee matemaattisesti merkitseväksi 11 vuodessa ja 30 % muutos 4 vuodessa. Näin ollen ei havaittua 10 - 12 % suuruista ylivaluman pienenemistä voida pitää merkitseväenä.

26. Ojituksen vaikutus alivalumiin

Kuukausivaluntojen lisääytymistä osoittavasta taulukosta 19 voidaan havaita, että ojitus on aiheuttanut suhteellisesti suurimman valunnan lisäyksen niinä kuukausina, jolloin valunta on ennen ojitusta ollut pienin, siis ojitus on vaikuttanut eniten alivalumiin. Taulukossa 22 on esitetty yhden vuorokauden kestänyt alivaluma N_q rinnakkaisalueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960. Taulukossa 23 on esitetty vastaavasti q_{90} %, siis valuma, jota pienempi on alueen valuma ollut 37 vuorokauden ajan kunakin vuonna sekä taulukossa 24 q_{50} %, jolla tarkoitetaan valumaa, jota suurempi ja pienempi on valuma ollut yhtä monen vuorokauden ajan kunakin vuonna.

Taulukko 22. Alivaluma Nq (l/s km²) Huhti- ja Lato-
suon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	alivaluma Nq		Vuosi	alivaluma Nq	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	0	0.53	1958	0.73	0.57
1937	0	0.38	1959	1.60	0.54
1938	0	0.53	1960	0.45	1.22
1939	0	0.28			
1940	0	0.12			
1941	0	0.21			
1942	0	0.53			
1943	0	0.63			
1944	0	0.53			
1945	0	0.53			
1946	0	0.97			
1947	0	0.53			
1948	0	0.53			
1949	0	0.53			
1950	0	0.97			
1951	0	0.53			
1952	0	0.53			
1953	0	0.53			
1954	0.07	0.97			
1955	0	0.21			
1956	0.07	0.97			
1957	0.51 ¹⁾	0.53 ¹⁾			
Keski- aliva- luma vuosina 1936 - 1956	0.01	0.55	Keski- aliva- luma vuosina 1958 - 1960	0.93	0.78

¹⁾ V.1956 suoritettut metsäojitukset ovat vaikutta-
neet valuntaan.

Huhtisuonoja on siis kuivunut kokonaan joka vuosi ennen ojitus-
ta paria vuotta lukuunottamatta Latosuonojan kuivumatta kertaa-
kaan. Latosuonojan keskialivaluma on ollut 0.55 l/s km² eli
noin 6 % keskivalumasta. Ojituksen jälkeen alivaluma on ollut
samaa suuruusluokkaa (0.5-1.5 l/s km²) molemmilla alueilla.

Taulukko 23. q_{90} % Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	q_{90} %		Vuosi	q_{90} %	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	0	1.48	1958	0.96	2.08
1937	0	0.74	1959	2.07	1.22
1938	0	0.74	1960	1.41	1.48
1939	0	0.71			
1940	0	0.59			
1941	0	0.35			
1942	0	0.53			
1943	0.07	2.08			
1944	0.07	0.97			
1945	0	1.48			
1946	0	1.48			
1947	0	0.53			
1948	0	0.97			
1949	0.07	1.48			
1950	0	0.97			
1951	0	0.97			
1952	0.51	1.48			
1953	0.35	2.08			
1954	0.07	1.48			
1955	0	0.53			
1956	0.07	1.48			
1957	0.73 ¹⁾	2.74 ¹⁾			
Keski- määrin vuosina 1936- 1956	0.06	1.10	Keski- määrin vuosina 1958- 1960	1.48	1.58

¹⁾ V.1956 suoritettut metsäojitukset ovat vaikuttaneet valuntaan.

Taulukosta 23 havaitaan, että Huhtisuonoja on ollut kuivana 37 vuorokauden ajan 14 vuonna 21 vuodesta. Vastaavan 90 % valuman suuruus on Latosuon alueella ollut 1.10 l/s km^2 eli noin 12 % keskivalumasta. Ojituksen jälkeen on q_{90} % ollut samaa suuruusluokkaa ($1-2 \text{ l/s km}^2$) molemmilla alueilla.

Taulukko 24. q_{50} % Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla vuosina 1936-1957 ja 1958-1960.

Ennen ojitusta			Ojituksen jälkeen		
Vuosi	q_{50} %		Vuosi	q_{50} %	
	Huhti- suo	Lato- suo		Huhti- suo	Lato- suo
1936	1.45	4.23	1958	5.05	3.86
1937	0.51	2.74	1959	4.45	3.73
1938	0.73	3.67	1960	7.04	4.91
1939	0	1.76			
1940	0	1.81			
1941	0	1.48			
1942	0.96	4.79			
1943	6.06	8.87			
1944	2.01	4.23			
1945	2.01	4.23			
1946	0.35	4.23			
1947	0.07	1.48			
1948	0.51	5.94			
1949	2.66	5.94			
1950	2.01	5.05			
1951	0.35	3.47			
1952	3.38	5.94			
1953	2.66	4.23			
1954	2.66	5.05			
1955	1.45	4.23			
1956	0.96	4.23			
1957	2.01 ¹⁾	6.82 ¹⁾			
Keski- määrin vuosina 1936- 1956	1.47	4.17	Keski- määrin vuosina 1958- 1960	5.51	4.17

¹⁾ V. 1956 suoritettut metsäojitukset ovat vaikuttaneet valuntaan.

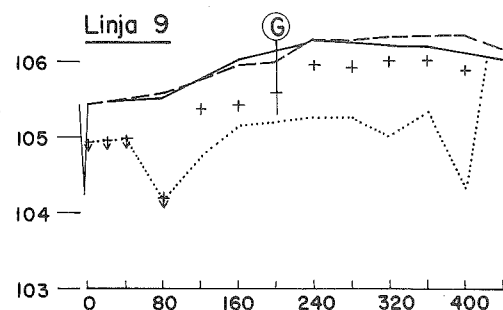
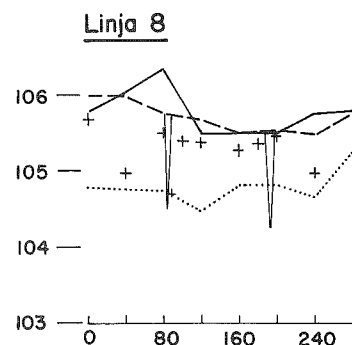
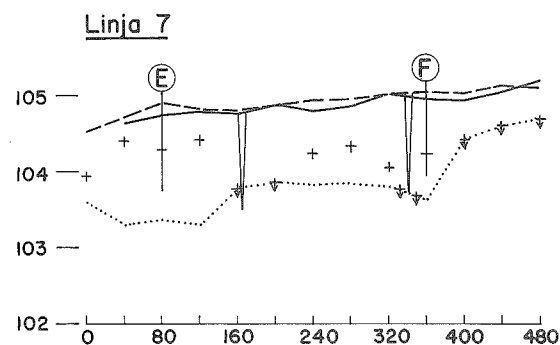
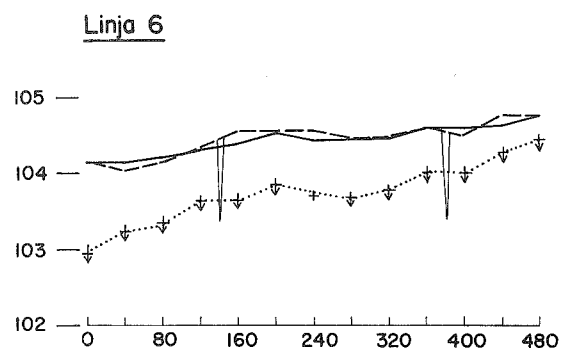
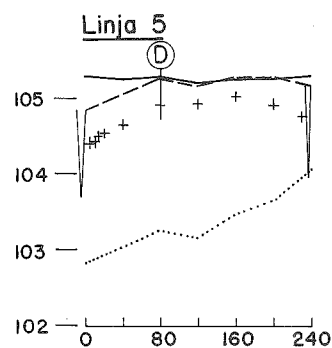
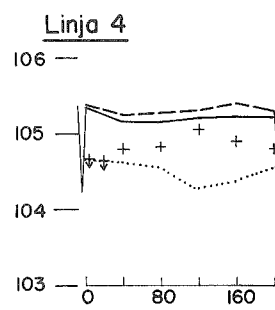
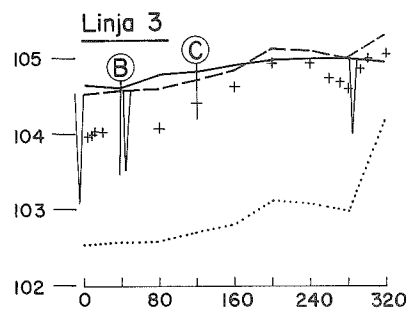
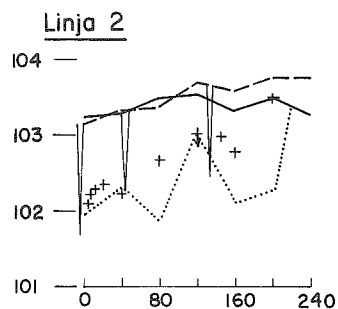
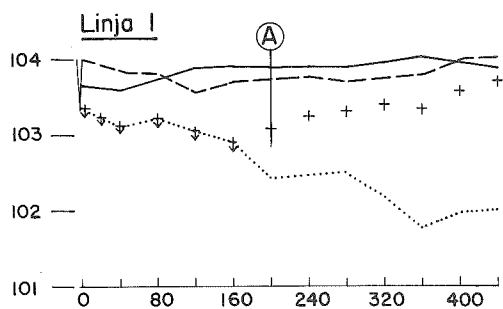
Huhtisuonoja on ollut kuivana kauemmin kuin puoli vuotta kolmena vuonna ennen ojitusta. Huhtisuon alueen q_{50} % on ennen ojitusta ollut samaa suuruusluokkaa kuin q_{90} % ojituksen jälkeen. Ojituksen jälkeen on keskeisvaluma q_{50} % ollut Huhtisuon-
ojalla hieman suurempi ja Latosuon alueella hieman pienempi kuin puolet vuoden keskivalumasta.

3. Ojitushetkellä suossa olleiden vesien poistumisen vaikutus ojituksen jälkeiseen valuntaan

Edellä on todettu ojituksen lisänneen Huhtisuon alueen vuosivaluntaa noin 60 %:lla. Valunnan lisäys voidaan selittää kahdesta tekijästä johtuvaksi. Suurin osa valunnan lisäyksestä aiheutuu haihdunnan pienentymisestä, mutta osa lisäyksestä aiheutuu suossa ojitushetkellä olleiden vesien poisvalumisesta. Jälkimmäinen ilmiö on todettavissa suon pinnan painumisena ja turpeen vesipitoisuuden pienenemisenä. Turpeen vesipitoisuuden pieneneminen on yhteydessä pohjaveden pinnan alentumiseen. Suon pinnan painumisen yhteydessä voidaan katsoa suolta poistuvan valumalla painumista vastaavan vesikerroksen.

Huhtisuon painumista ojituksen jälkeen on tutkittu vaa'itsemalla 8.2.1961 uudelleen eräitä Huhtisuon ojitussuunnitelmaa varten 17.10.1933 vaa'ittuja linjoja. Linjojen paikat on esitetty kuvassa 14 ja vaa'itustulokset kuvassa 15. Vaa'ituilla linjoilla on maanpinta ollut 8.2.1961 mittaustarkkuuden rajoissa yhtä korkealla kuin 17.10.1933, joten suon pinta ei ole vielä ehtinyt painua ojituksen vaikutuksesta. Kuvassa 15 on esitetty myös 24.2.1961 mitattu pohjaveden pinnan korkeus. Pohjaveden pinnan korkeus on mitattu suohon kairatuista halkaisijaltaan 10 cm suuruisista kivennäismaahan asti ulottuvista rei'istä vuorokauden kuluttua kairaamisesta. 15 vuorokauden kuluttua suorite-
tuissa tarkistusmittauksissa on todettu sama pohjaveden pinnan korkeus. Tutkituissa pisteissä on pohjaveden pinta ollut keskimäärin 50 cm syvyydessä maanpinnasta.

Turpeen vesipitoisuutta on tutkittu määrittämällä laboratoriossa kuviin 14 ja 15 merkityistä pisteistä otettujen turvenäytteiden kiinteän aineen, veden ja ilman osuus näytteen tilavuudesta.



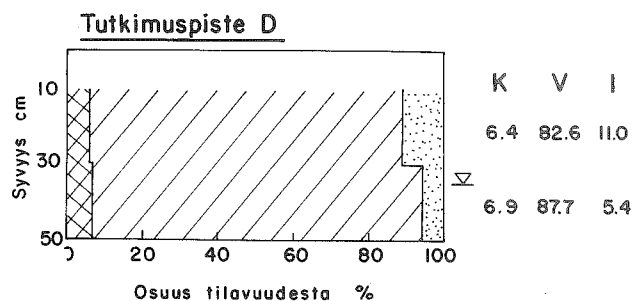
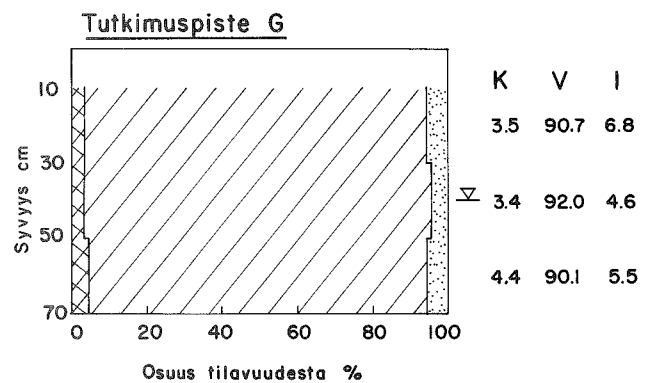
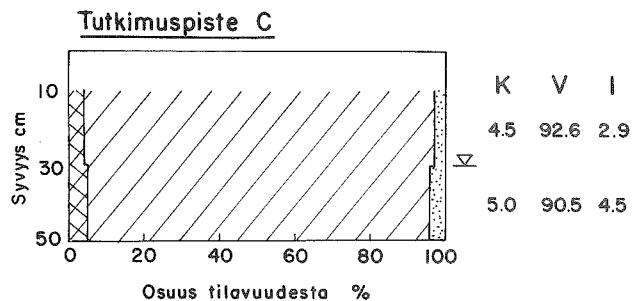
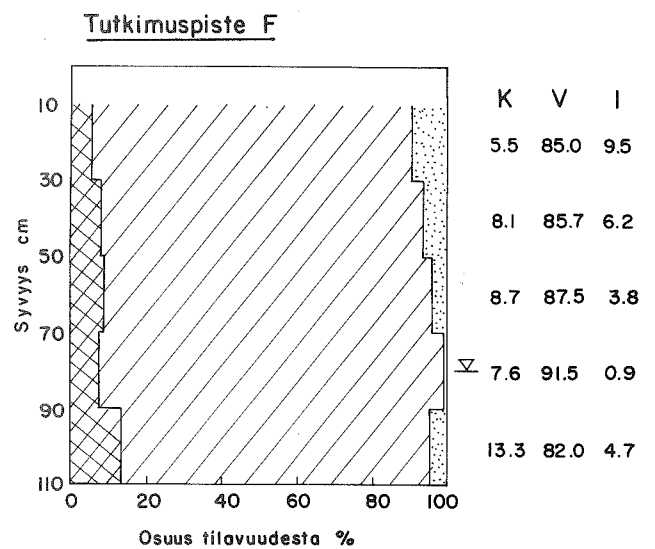
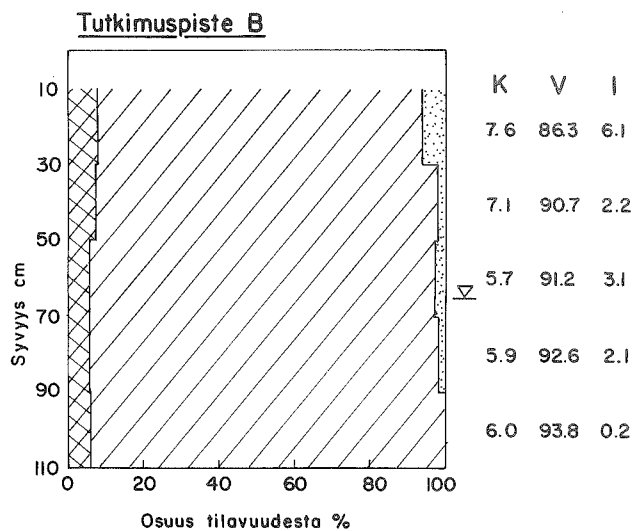
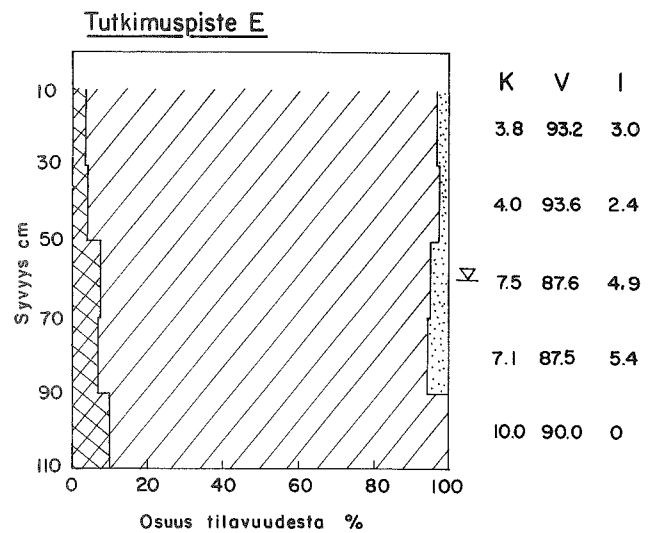
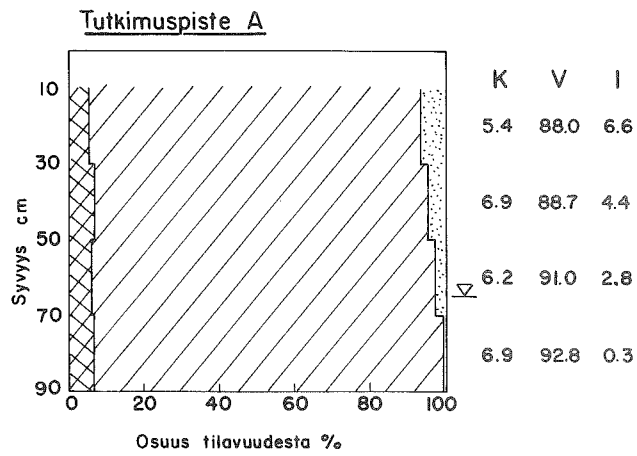
Merkkien selitys:

- maanpinnan korkeus 17. 10. 1933
- - - maanpinnan korkeus 8. 2. 1961
- ... turpeen ja kivennäismaan raja
- + pohjaveden pinnan korkeus
- ÷ pohjaveden pintaa ei ole havaittu turvekerroksessa

Kuva 15. Maanpinnan korkeus 17.10.1933 ja 8.2.1961, pohjaveden pinnan korkeus 24.2.1961 sekä turpeen ja kivennäismaan raja kuvaan 14 merkityillä linjoilla Huhtisuolla. Korkeutta osoittavat numerot tarkoittavat korkeutta NN-tasosta.

Näytteet on otettu yhtäjaksoisesti alkaen 10 cm syvyydestä maanpinnasta 20 cm pituisina osina. Näytelieriön poikkipinta-ala on ollut 45 cm^2 , joten yhden näytteen tilavuus on ollut 0.900 dm^3 . Kiinteäainetila on määritetty punnitsemalla näyte kuivana ja määrittämällä kuivan, hienoksi jauhetun näytteen tiheys pyknometrin avulla. Turpeen tiheys on ollut vaihdellen $1.4\text{--}1.6 \text{ g/cm}^3$. Vesitila on saatu punnitsemalla näyte luonnontilaisena ja kuivana. Ilmatila on saatu vähentämällä koko näytteen tilavuudesta kiinteäainetila ja vesitila. Näytteiden tutkimustulokset on esitetty kuvassa 16. Tutkituissa pisteissä on ilmatila ollut keskimäärin 4 % turvekerroksen tilavuudesta. Tätä lukua on pidettävä mieluummin hieman liian suurena kuin pienenä, koska näytettä otettaessa ja käsiteltäessä saattaa siitä poistua vettä, mikä tekee ilmatilan vastaavasti suuremmaksi.

Vesipitoisuuden pienenemisen laskemista varten oletetaan, että Huhtisuon turve olisi ollut ilman ojitusta 31.12.1960 täysin vedellä kyllästettyä pintaan saakka. Tämä olettamus lienee melko hyvin todellista tilannetta vastaava, koska Huhtisuo on suurimmaksi osaksi nevaa, jolla normaalisti alkutalvesta pohjaveden pinta on lähellä maan pintaa ja loppusyksy 1960 oli Ruokolahdella sateinen. Lisäksi oletetaan suoritettujen vesitilamääritysten perusteella, että Huhtisuon turpeessa on 31.12.1960 ollut koko suon alalla yhden metrin paksuudelta 4 %:n ilmatila, joka on johtunut suossa ojitushetkellä olleen veden poisvalumisesta. Tällöin ojitus olisi aiheuttanut 40 mm paksuisen vesikerroksen poistumisen suolta. Koska ojitetun suon osuus on noin 40 % koko valuma-alueesta, olisi tästä aiheutunut 16 mm valunnan lisäys koko alueelta. Näin ollen olisi kolmen vuoden valunnan lisäyksestä vain 5 % aiheutunut suossa ojitushetkellä olleiden vesien poisvalumisesta. Valunnan lisäys on siis valtaosaltaan johtunut haihdunnan pienenemisestä.



Merkkien selitys:



Kuva 16. Kiinteän aineen, veden ja ilman osuus tilavuudesta kuviin 14 ja 15 merkityissä pisteissä Huhtisuolla.

4. Yhteenveto tuloksista

Huhti- ja Latosuon valuma-alueilla suoritettut maastotutkimukset ovat osoittaneet alueiden olevan toistensa kaltaisia puuston määrän, kaltevuussuhteiden ja maalajien puolesta. Pääero alueiden välillä on maankäyttölajeissa. Huhtisuon suurta neva- ja rämealuetta vastaa Latosuon alueella suosta raivattu peltoalue. Valunnan voi odottaa olevan muiden tekijöiden puolesta molemmilla alueilla yhtä suuri, joten rinnakkaisalueet soveltuvat suon ojituksen vaikutuksia selvittävän tutkimuksen koealueiksi erittäin hyvin.

Ennen Huhtisuon ojittamista on rinnakkaisalueilla suoritettu valuntahavaintoja 22 vuoden ajan. Tässä vuosijaksossa on hydrologisesti varsin erilaisia vuosia, sekä erittäin kuivia että erittäin sateisia. Pitkä alueiden keskinäinen vertailu- eli kalibrointijakso tekee mahdolliseksi ojituksen vaikutuksia koskevat johtopäätökset jo muutaman vuoden kuluttua ojitukselta.

Ojituksen jälkeen suoritettujen kolmen vuoden havaintojen perusteella on todettu vuoden keskivaluman kasvaneen Huhtisuon alueella noin 60 %. Keskivaluman kasvaminen on johtunut pääosaltaan haihdunnan pienenemisestä. Suoritettujen maanpinnan painumista ja turpeen vesipitoisuuden pienenemistä koskevien tutkimusten mukaan on suossa ojitushetkellä olleiden vesien poisvalumisen osuus valunnan lisäyksestä ollut 5 %:n suuruusluokkaa. Keskimäärin 105 mm:n suuruisesta vuosivalunnan lisäyksestä on siis noin 100 mm aiheutunut haihdunnan pienenemisestä. Koska ojitettu suoala on noin 40 % koko Huhtisuon alueesta, on suolta tapahtuva valunta lisäytynyt 250 mm. Tämä keskivaluman lisäys ei ole kuitenkaan tehnyt Huhtisuon keskivalumaa poikkeukselli-

sen suureksi, vaan ainoastaan Latosuon alueen keskivaluman suuruiseksi. Ennen ojitusta on aukealla Huhtisuolla kesäaikana haihtunut runsaasti vettä suoraan maanpinnasta, koska olosuhteet nevalle ovat haihtumiselle kesäaikana erittäin suotuisat pohjaveden pinnan ollessa lähellä maanpintaa. Tällöin valunta jää kesäaikana pieneksi. Talvivalunta jää pieneksi maakerroksista vettä johtavien ojien puuttumisen vuoksi. Ojittamisen voi siis olettaa lisäävän voimakkaimmin kesä- ja talvikuukausien valuntaa. Näin on Huhtisuolla todettu tapahtuneenkin. Kaikkien kuukausien keskivalumat ovat ojituksen vaikutuksesta tulleet Huhtisuon alueella lähes yhtäsuuriksi kuin Latosuon alueella, samoin alivalumat. Lumen sulamisaikaisessa valunnassa ei ole tapahtunut muutoksia vuosina 1959 ja 1960. Ylivaluma on hieman pienentynyt ja tullut lähes samansuuruiseksi Latosuon alueen ylivaluman kanssa, mutta pienentymistä ei voida pitää matemaattisesti merkitseväenä. On kuitenkin syytä korostaa, että valtaojitus ei ole lisännyt lumen sulamiskauden kokonaisvaluntaa eikä ylivalumaa. Nämä kaksi hydrologista suuretta ovat suuresti riippuvaisia satunnaisista tekijöistä kuten lumen sulamiskauden lämpöoloista, joten matemaattisesti merkitsevien muutosten toteaminen niiden suhteen vaatii pitkäaikaiset havainnot.

Kaikissa tarkastelluissa suhteissa on Huhtisuon valunta muuttunut melkein samansuuruiseksi Latosuon valunnan kanssa, joten Huhtisuon suoalueen ojittaminen on ilmeisesti tehnyt rinnakkaisalueet hydrologisessa mielessä samankaltaisiksi.

Huhtisuon ojituksesta saatujen valunnan muuttumista koskevien tulosten yleistämisessä on oltava varovaisia. Kysymyksessä on lähes puuton suoalue. Puita kasvavalla suolla ojituksen aiheuttama valunnan lisäys on ilmeisesti pienempi, koska suon pinnas-

ta tapahtuvan haihdunnan osuus on pintaturpeen ollessa kuivempaa pienempi kuin avosuolla. Puiden haihduttamiskyvyn voi olettaa ojituksen vaikutuksesta mieluummin lisääntyvän kuin vähentyvän. Ojituksen aiheuttama valunnan lisäys tulee ilmeisesti ajan mittaan pienentymään, kun ojitetut alueet metsittyvät ja kasvava puusto alkaa haihduttaa vettä.

Suon maantieteellisellä sijainnilla on myös merkitystä. Esimerkiksi Lapin soilla, joilla haihdunta on huomattavasti pienempi kuin Etelä-Suomen soilla, ei ojitus voi aiheuttaa yhtä suurta valunnan lisäystä.

On lisäksi otettava huomioon, että ojien kuivatusteho on Huhtisuolla ollut suuri. Tämän osoittaa esimerkiksi se, että pohjaveden pinta on helmikuussa 1961 ollut keskimäärin 50 cm:n syvyydessä maanpinnasta. Tosin varsinaista sarkaojitusta ei alueella ole vielä ollut, mutta turpeen alla oleva hyvin vettä johtava hiekka ja sora on ilmeisesti tehostanut valtaojien vaikutusta. Vaikka valtaojitus onkin alentanut pohjaveden pinnan korkeutta voimakkaasti, ei se ole pystynyt vaikuttamaan sanottavasti pintavirtaukseen. Ilmeisesti varsinainen metsäojitus tulee muuttamaan Huhtisuon valuntasuhteita lähinnä pintavirtauksen osalta. Tällöin erityisesti ylivaluma saattaa muuttua.

Esitetyt tulokset perustuvat kolmen vuoden havaintoihin, jotka kaikki kolme vuotta ovat olleet tavallisia vuosia hydrologisessa mielessä. On vaikeaa sanoa, millaiseksi ojituksen vaikutukset osoittautuvat poikkeuksellisen sateisina tai kuivina vuosina. Tästä syystä lopulliset johtopäätökset Huhtisuon ojituksen vaikutuksista voidaan tehdä vasta sitten, kun havaintoja on useammalta vuodelta syksyllä 1960 suoritetun varsinaisen metsäojituksen ollessa vaikuttamassa valuntaan. Tällöin voidaan selvittää myös ilmastollisten tekijöiden osuutta valuntasuhteiden muuttumisessa.

Kirjallisuutta

Dubach, R.D. 1936 - Moorforschungen in UdSSR, V Hydr. Konf. der Baltischen Staaten, Helsinki.

Hallakorpi, J.A. 1931 - Maankuivatustöiden suoritus valtion toimesta, Esitelmä kansantal. yhd. kokouksessa 1930, Helsinki.

" 1936 - Suurenevatko vesistöjen vedenpaljoudet joenperkaus- ja maankuivatustöiden johdosta, Teknillinen Aikakauslehti, Helsinki.

Homén, Th. 1917 - Våra skogar och vår vattenhushållning, Helsingfors.

Huikari, O. 1959 - Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta, Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 51.2, Helsinki.

Kaitera, P. 1939 - Lumen kevätsulamisesta ja sen vaikutuksesta vesiväylien purkautumissuhteisiin Suomessa, Maataloushallituksen kulttuuriteknillisiä tutkimuksia 2, Helsinki.

" 1955 - Raivauksen ja ojituksen vaikutuksesta vesistöalueiden hydrologiaan. Suo n:o 6, Helsinki.

Kihlberg, S. 1958 - Himmelsberget, Grundförbättring, Tidskrift för jordbrukets rationalisering genom grundförbättringar, n:ot 2 ja 3, Uppsala 1958.

Kovner, J.L. ja Evans, T.C. 1954 - A method for determining the minimum duration of watershed experiments, Transactions, American Geophysical Union No. 4, Washington, D.C.

Lukkala, O.J. 1951 - Kokemuksia Jaakkoin suon koeojitusalueelta, Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 39.6, Helsinki.

- Metsänheimo, U. 1936 - Die Entwässerung für den Waldanbau und der Wasserhaushalt, V Hydr. Konf. d. Baltischen Staaten Bericht 8 B, Helsinki.
- Reinhart, K.G. 1958 - Calibration of five forested watersheds, Transactions, American Geophysical Union No. 5, Washington, D.C.
- Tulvakomitean mietintö, 1939 - Komiteamietintö n:o 14, Helsinki.
- Uhlen, O. 1960 - Das grosse Moor bei Ostenholz, Schriftenreihe des Kuratoriums für Kulturbauwesen, Hamburg.
- Weyrauch, R. - Strobel, A. 1930 - Hydraulisches Rechnen, Stuttgart.
- Wilm, H.G. 1949 - How long should experimental watersheds be calibrated? Transactions, American Geophysical Union, Washington, D.C.
- " 1944 - Statistical control of hydrologic data from experimental watersheds, Transactions, American Geophysical Union, Part 2, Washington, D.C.
- Zunker, F. 1937 - Abflussverhältnisse und Sackungserscheinungen bei der Entwässerung des Kehdinger Hochmoores. Verhandlungen des VI. Kommission der Internat. Bodenkundl. Gesellschaft, Teil B.