

## AJATUKSIA METSÄOJITUKSEN TULVAVAIKUTUSTEN ARVIOIMISESTA

### ON THE ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF FOREST DRAINAGE ON FLOODING

Suomessa ei toistaiseksi ole sanottavasti julkaistu metsäojituksen tulvavaikutuksia koskevia tutkimustuloksia. Väitteet, että ojitus suurentaa tulva-alttiutta, ovat ilmeisesti perustuneet ns. terveeseen järkeen ja siihen, että ojituksen on havaittu lisäävän valuntaa (Huikari 1959, Mustonen ja Laikari 1961, Huikari ym. 1966, Ravela 1967, Mustonen ja Seuna 1971, Seuna 1974).

Mustosen ja Laikarin (1961), Mustosen ja Seunan (1971) ja Seunan (1974) mukaan metsäojitus on suurentanut ylivalumia eräällä pienellä valuma-alueella. On myös esitetty, että ojitus voi valuma-alueesta riippuen pienentää ylivalumia (Ravela 1969, Huikari ja Paavilainen 1971).

#### OJITUS NOPEUTTAA PINTAVALUNTAA

Vesien ojaanvalumismatka on suoraan verrannollinen sarkaleveyteen. Tämä merkitsee, että myös pintavesien ojaanvalumisaika on tietyllä suolla suoraan verrannollinen sarkaleveyteen. Koska sarkaleveyden kasvaessa lähestytään luonnontilaa, ojitus aivan ilmeisesti nopeuttaa pintavesien valumista suolta.

On todennäköistä, että ojituksen aiheuttama ylivalumien kasvu johtuu juuri ojaverkoston ve-

sien kulkua nopeuttavasta vaikutuksesta (vrt. Mustonen ja Seuna 1971).

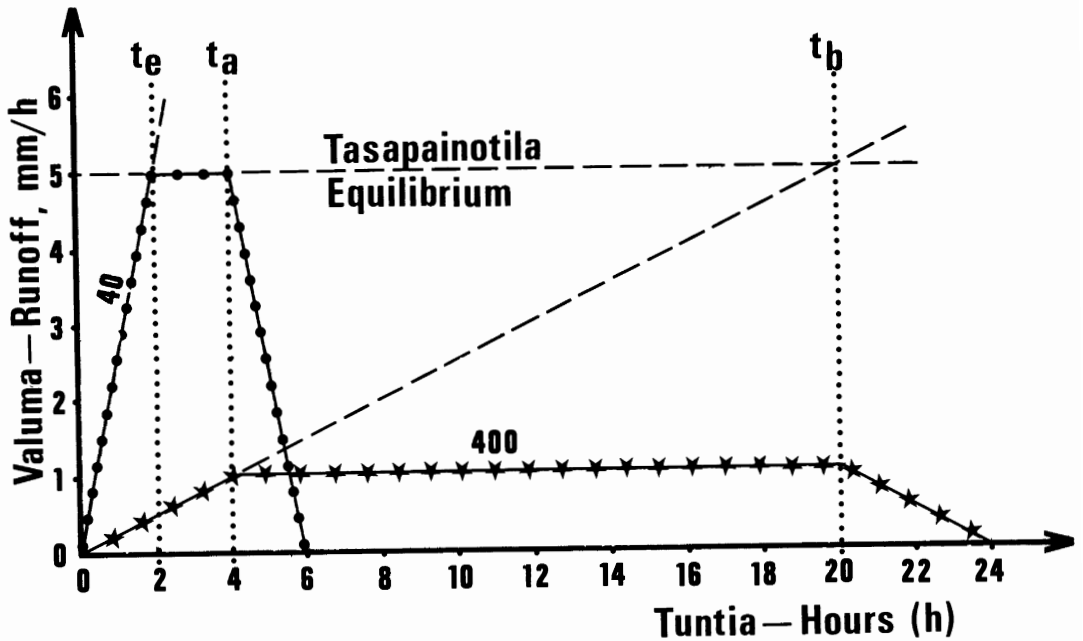
#### RATKAISUMALLI

Jos tunnetaan tietyn sateen aiheuttama valumakäyrä suolla, joka on ojitettu 40 metrin sarkaan, voidaan konstruoida teoreettinen valumakäyrä esimerkiksi 400 metrin sarkaleveydelle (vrt. kuva 1).

Koska ojaanvalumisaika on suoraan verrannollinen sarkaleveyteen, valunta kestää 400 metrin saralla huomattavasti kauemmin kuin 40 metrin saralla. Samasta syystä valunta kasvaa sateen alettua 40 metrin saralla 10 kertaa niin nopeasti kuin 400 metrin saralla.

400 metrin sarkaleveys ei vastaa luonnontilaa, mutta vertailu antaa kuvan ojituksen aiheuttamasta vähimmäismuutoksesta.

Jos sade kestää tasaisena riittävän kauan, saavutetaan jossakin vaiheessa tasapainotila, jonka vallitessa saroilta valuu aikayksikössä yhtä paljon vettä kuin niille sataa. Tasapainotilan saavuttamiseen kuluva aika ( $t_e$ ) on sateen intensiteetistä riippumaton (vrt. Mustonen 1963) ja suoraan verrannollinen sarkaleveyteen. Jos  $t_e$  tunnetaan, voidaan konstruoida kaikkien riittävän pitkien ja tasaisten sateiden aiheuttamat pintavaluntakäyrät ja vastaavat "luonnontilaiset" pintavaluntakäyrät. Tämä merkitsee, että kyetään arvioimaan ojituksen suon pintavaluntaan



Kuva 1. Teoreettisten valumakäyrien konstruointiminen  $t_e$  n perusteella.  $t_a$  = sateen päättymishetki,  $t_b$  = tasapainotilan saavuttamiseen kuluva aika, jos suo on ojitettu 400 m:n sarkaan.

Fig. 1. Construction of theoretical runoff curves by using equilibration time ( $t_e$ ) as a basis.  $t_a$  = rain stops,  $t_b$  = theoretical equilibration time for 400 m spacing. Rain intensity 5 mm/h, duration 4 hours,  $t_e$  = 2 hours.

aiheuttamat vähimmäismuutokset sellaisissa sadetapaüksissa, joilla on merkitystä suurten ylivalmien ja tulvien kannalta.

Oletetaan, että  $t_e$ , siis tasapainotilan saavuttamiseen kuluva aika, on tietyn valuma-alueen ojitusalueilla keskimäärin kaksi (2) tuntia. Lisäksi tiedetään, millaisen valuman 20 mm:n suuruisen 4-tuntinen sade aiheuttaa valuma-alueen tulvapisteessä (kuva 2, a) ja mikä on ojitusalueelta tulevien vesien osuus tulvapisteeseen valumakäyrästä (kuva 2, b).

Kuva 1 osoittaa, miten ojitusalueiden todellinen ja "luonnontilainen" valumakäyrä konstruoidaan kyseisessä sadetapaüksissa, kun  $t_e$  tunnetaan. Voidaan todeta, että "luonnontilaisen" käyrän huippuarvo on 1/5 todellista tilannetta vastaavan käyrän huippuarvosta. Tämän tiedon avulla voitaneen piirtää tulvapisteeseen valumakäyrä, tai ainakin sen huippuarvo, ojittamaton tilannetta vastaavaksi (kuva 2, a'). Sama las-

kelma voidaan tehdä mille hyvänsä sateelle, jonka suhteen tulvapisteeseen valumakäyrä ja soita tulevien vesien osuus tunnetaan.

#### EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Tähän asti esitetty perustuu lähes kokonaan teoriaan. Monet tekijät voivat vaikeuttaa mallin käyttöä. Käytön edellytyksenä on, että tulvia aiheuttavat ylivalumat muodostuvat pääasiassa pintavalunnasta, ja että suodanta on tulvien kannalta merkittävien sateiden aikana merkityksetöntä luokkaa (vrt. Mustonen ja Seuna 1971). Jos esimerkiksi pintakerrosvalunta on tulvien kannalta merkittävien sateiden aikana huomattavaa, pintavalunta ja pintakerrosvalunta olisi otettava huomioon erikseen. Lisäksi turpeen vedenläpäisevyyden vaihtelu aiheuttaisi vaikeuksia.

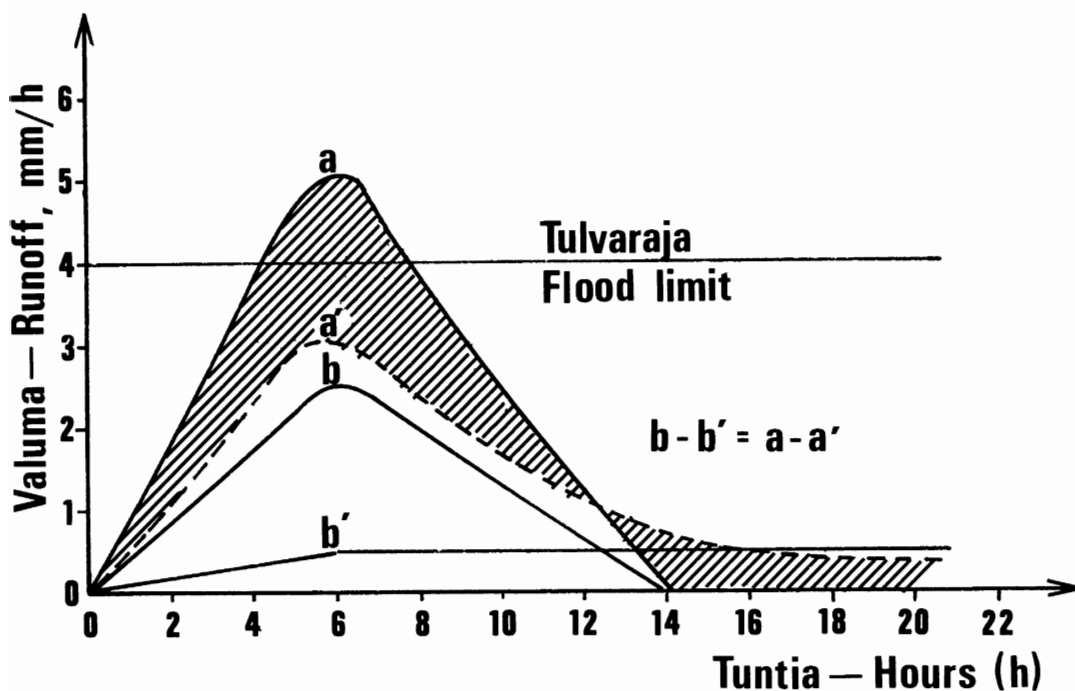
Toinen oleellinen kysymys on, voidaanko valuma-alueen ojitusalueilla määrittää keskimääräinen  $t_e$ :n arvo. Ojitusalueiden koon vaihtelu voi aiheuttaa jonkin verran  $t_e$ :n vaihtelua, koska mallissa ei ole otettu huomioon vesien ojissa viipymää aikaa. Toisaalta esimerkiksi kaltevuuserot saattavat aiheuttaa niin suurta vaihtelua, että yksityisten ojitusalueiden  $t_e$ :n arvot on painotettava pinta-aloilla keskiarvoa laskettaessa.

Todellinen valumakäyrien muoto poikkeaa huomattavasti edellä esitettyjen teoreettisten käyrien muodosta. Tämä johtuu siitä, että sateet eivät yleensä ole tasaisia, ja että suodannan ja haihdunnan merkitys kasvaa sateen päätyttyä, ja sitä enemmän, mitä suuremmasta sarkaleveydestä on kysymys. Näillä tekijöillä saattaa olla mallin sovellutusmahdollisuuksia pienentävä vaikutus. Sateiden epätasaisuuden vaikutukset voitaneen ainakin osittain eliminoida käyttämällä Mustosen (1963) kuvailemaa valunnan

jakautumakäyrämenetelmää, jonka avulla sateen vaikutus valumakäyrään voidaan osoittaa. On myös todennäköistä, että haihdunnan ja suodannan merkitys on valumahuipun kannalta vähäinen.

## SOVELLUTUSALUE

Kesäsateiden aiheuttamat tulvat ovat Suomessa suhteellisen harvinaisia. Vuosi 1974 on kuitenkin osoittanut, että ne on otettava huomioon. Koska sateet jatkuivat suhteellisen tasaisina koko lumettoman ajan, kyseinen vuosi ei sovellu tulvavaikutusten arvioimiseen edellä esitettyä ratkaisumallia käyttäen. Tämä johtuu siitä, että myös luonnontilaisten soiden valumat ovat pitkien sadejaksojen aikana todennäköisesti nousseet lähelle tasapainotilan valumia. Toisaalta on samasta syystä todennäköistä, että metsäojituksen tulvavaikutukset ovat vuonna 1974 olleet lieviä runsaista sateista huolimatta.



Kuva 2. Ojituksen tulvavaikutuksen arvioiminen,  $a$  = tulvapisteeseen valumakäyrä,  $b$  = ojitetuilta soilta tulevien vesien osuus  $a$ :sta,  $b'$  =  $b$ :tä vastaava "luonnontilainen" valunta,  $a'$  = tulvapisteeseen valumakäyrä, mikäli ojituksia ei olisi tehty. Varjostettu alue osoittaa ojituksen vaikutuksen.

Fig. 2. Estimation of the influence of drainage on flooding.  $a$  = runoff curve for a point susceptible to flooding,  $b$  = drained-area runoff curve,  $b'$  = "natural state" runoff curve for the area corresponding to  $b$ .  $a'$  = "natural state" runoff curve for the area corresponding to  $a$ . The influence of drainage is illustrated by the shaded area.

Paremmiin ratkaisumalli soveltuu suhteellisen lyhyiden ja rankkasateisten jaksojen analysointiin. Mallia voitaneen myös soveltaa lumensulamisvesien aiheuttamien tulvien analysointiin käyttämällä sadehavaintojen asemesta sulamisnopeushavaintoja. Käytännön merkitystä mallin käyttämisellä tähän tarkoitukseen ei kuitenkaan luultavasti ole, koska on käytettävissä hyviä empiirisiä menetelmiä.

#### HYDROLOGISEN TUTKIMUKSEN TAVOITTEENASETELUSTA

Tässä kirjoituksessa esitetyt ajatukset pohjautuvat ajattelutavan suhteen Metsäntutkimus-

laitoksen suontutkimusosaston hydrologiseen koetoimintaan, jossa keskeisinä ovat ns. sarkaleveyskokeet (Huikari 1959, Huikari ym. 1966, Ravela 1967). Johtoajatukseksi on, ettei ojituksen hydrologisia vaikutuksia pyritä selvittämään puhtaasti empiiristä tietä, vaan tähdätään ojituksen vaikutuksiin liittyvien fysikaalisten lainalaisuuksien ymmärtämiseen ja niiden pohjalta laadittuihin arvioihin.

Onkin ilmeistä, että valuma-alueita edustavaan koeverkostoon perustuva empiirinen tie, joka merkitsee ehkä vuosikymmeniä kestäväää havainnointia ennen ojitusta ja sen jälkeen, ylittää moninkertaisesti nykyiset tutkimusresurssit.

#### KIRJALLISUUTTA

H u i k a r i, O. 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. Referat: Über den Wasserhaushalt Waldentwässerter Torfböden. Comm.Inst.For.Fenn. 51.2. Helsinki.

H u i k a r i, O., P a a r l a h t i, K., P a a v i l a i n e n, E. ja R a v e l a, H. 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of strip-width and ditch-depth on water economy and runoff on a peat soil. Comm.Inst.For.Fenn. 61.8. Helsinki.

H u i k a r i, O. ja P a a v i l a i n e n, E. 1971. Metsänparannustyöt ja luonnon moninaiskäyttö. Summary: Forest improvement works and multiple use of nature. Folia Forestalia 113. Helsinki.

M u s t o n e n, S. ja L a i k a r i, H. 1961. Ojituksen vaikutuksesta valuntaan Huhtisuon havaintoalueella. Maataloushallituksen Insinööriosaston Maa- ja vesitekn. Tutkimustoimiston tiedotus 2. Helsinki.

M u s t o n e n, S. 1963. Kesäsateiden aiheuttamasta valunnasta. Abstract: On the runoff due to summer-time rainfall. Maataloushallituksen Insinööriosaston Maa- ja vesitekn. Tutkimustoimiston tiedotus 3. Helsinki.

M u s t o n e n, S. ja S e u n a, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Summary: Influence of Forest Draining on the Hydrology of Peatlands. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2. Vesihallitus - National Board of Waters. Helsinki.

R a v e l a, H. 1967. Metsäojituksen vaikutuksesta valuntaan. Summary: On the influence of forest drainage on runoff. Suo 18: no 4.

R a v e l a, H. 1969. Metsärunko-ojien mitoitus. Summary: Dimensioning of forest main ditches. Folia Forestalia 65. Helsinki.

S e u n a, P. 1974. Influence of forest draining on the hydrology of an open bog in Finland. Proc. of the Int. Symp. on Forest Drainage, Sept. 2. - 6., 1974, Jyväskylä - Oulu, Finland, p. 385 - 393.

## SUMMARY:

## ON THE ESTIMATION OF THE EFFECT OF FOREST DRAINAGE ON FLOODING

In a drained area, the average flowing distance to a ditch is directly correlated to the ditch spacing. Accordingly, the flowing time and ditch spacing are directly correlated. Because the natural state is approached as ditch spacing is wide enough it is obvious that surface runoff is speeded up by drainage.

If the runoff curve corresponding to a certain hydrograph is known for a drained peatland area with a 40 m ditch spacing, theoretical runoff curves corresponding to the same hydrograph can be constructed for any alternative spacing (fig. 1).

By constructing a runoff curve for a large alternative spacing, for instance 400 m, an estimate of the minimum change caused by drainage can be obtained.

During a long spell of rainfall with a constant rain intensity, an equilibrium is achieved in which the surface runoff from a drained strip equals to the amount of precipitation falling on to it in unit time. Theoretically, the time required for achieving the equilibrium is independent of the rain intensity (Mustonen 1963) and directly correlated to the ditch spacing. Consequently, theoretical surface runoff curves corresponding to rainfalls with constant intensity can be constructed if the equilibration time ( $t_e$ ) is known for a drained peatland area.

The outlines presented above might be used for estimating the effects of forest drainage on flooding provided that the runoff curves for the points susceptible to flooding are known (fig. 2). The most difficult part of the estimation

process is to separate the drained-area-runoff from the total runoff curves. Further, it may be labourious to determine an average  $t_e$  value for the drained parts of a catchment area.

The model may be criticized because infiltration and evaporation effects have been neglected, and because it is based on rainfalls with a constant intensity. It is probable, however that peak runoff is not much influenced by infiltration and evaporation if rainfalls causing floods are considered.

The disturbing fact that the intensity of a rainfall usually varies with time can be partly eliminated by using the runoff distribution curve method (Mustonen 1963), which makes it possible to separate the influences of different rain intensities from a runoff curve.

The ideas dealt with in this paper are based on the hydrological experimentation carried out by the Department of Peatland Forestry at the Finnish Forest Research Institute (Huikari 1959, Huikari et al. 1966, Ravela 1967). The aim of this experimental activity is to understand the physical interdependencies connected with the hydrological influences rather than to determine the magnitude of the influences by direct observations and using time-series statistics.

It is obvious that the empirical approach, based on representative experimental fields and decades of field measurements, proves unrealistic if the limited research capacity and the extensive drainage activity carried out in Finland are considered.