

## KUIVENDUSE MÕJU SAAGILE

E. Soovik

**SUMMARY: The effect of drainage on the yield.** The effect of drainage on the yield of arable rotation can be expressed and analysed by the dependence of the relative yield  $s$  on the relative drain spacing  $e$  ( $s = f(e)$ ) according to formulae (1), (2) and (3), where unreduced due to excessive moisture yield  $s = 1$  and drain spacing by the 1964 year instruction  $e = 1$ . Formulae (4) and (5) present the first and second derivatives of the dependence  $s = f(e)$ . These functions make possible to separate some characteristic stages of effect of drainage on the yield as it occurs from the Figure 1 giving ground to make several essential practical conclusions. Thus dependences about the effect of drainage on the yield of arable crops present basis for seeking for optimal solutions in land drainage in Estonia.

Taimekasvuks on muude vajalike tingimuste hulgas tarvis ka õhuhapnikku ja vett. Normaalseks vegetatsiooniks on vajalik nende ainete teatud optimaalne suhe mullas, millest kõrvalekaldumine halvendab kasvutingimusi ja vähendab saaki. Kuivõrd mulla õhusisaldus, aga peale selle ka toite- ja soojusrežiim ning kandevõime olenevad veesisaldusest, mis on inimtegevusega otseselt reguleeritav, siis omab mulla veerežiimi optimeerimine põllunduses mitmes mõttes olulist praktilist tähtsust.

2/3 Eesti põllumaast on kuivendatud drenidega, millest valdav enamik rajati 15...30 aastat tagasi. Projekti ja konstruktsioonide ebatäiuslikkuse, kasutatud materjalide ja tööde teostamise kohatise madala kvaliteedi, raskete looduslike tingimuste ja ajafaktori koosmõjul on praeguseks kujunenud olukord, kus drenitud maade veerežiim ei ole kaugeltki kõikjal optimaalne, vaid see on sageli vähemal või suuremal määral taastanud liigniiske maa omadused. Antud situatsioonis on põllunduse edu üheks eelduseks kuivendatud maa seisundi ning selle ja saagikuse vahelise sõltuvuse tundmine. Käesolevas artiklis esitatakse autori uurimistulemused kuivenduse mõjust saagile 1961...1980. a. kogutud katsematerjali alusel.

Autor uuris eksperimentaalselt kuivenduse mõju põllukultuuride saagile keskmise mehaanilise koostisega algselt ajuti liigniisketel kuivendatud ja ka kuivendamata tootmis-põldudel. Joonisel 1 on esitatud andmed kuivendusdreenide vahekauguse mõju kohta põllukultuuride keskmisele saagikusele 1969...1978. a. keskmise mehaanilise koostisega gleimullal, kus kasvatati (osatähtsuse vähenemise järjekorras) suvi- ja taliteravilja, põldheina, kartulit, silomaisi ja söödajuurvilja. Andmed pärinevad 12 tolleaegsest suurmajandist Harju, Rapla, Järva, Pärnu ja Viljandi maakonnas. Uuritav nähtus on esitatud sõltuvusena (1):

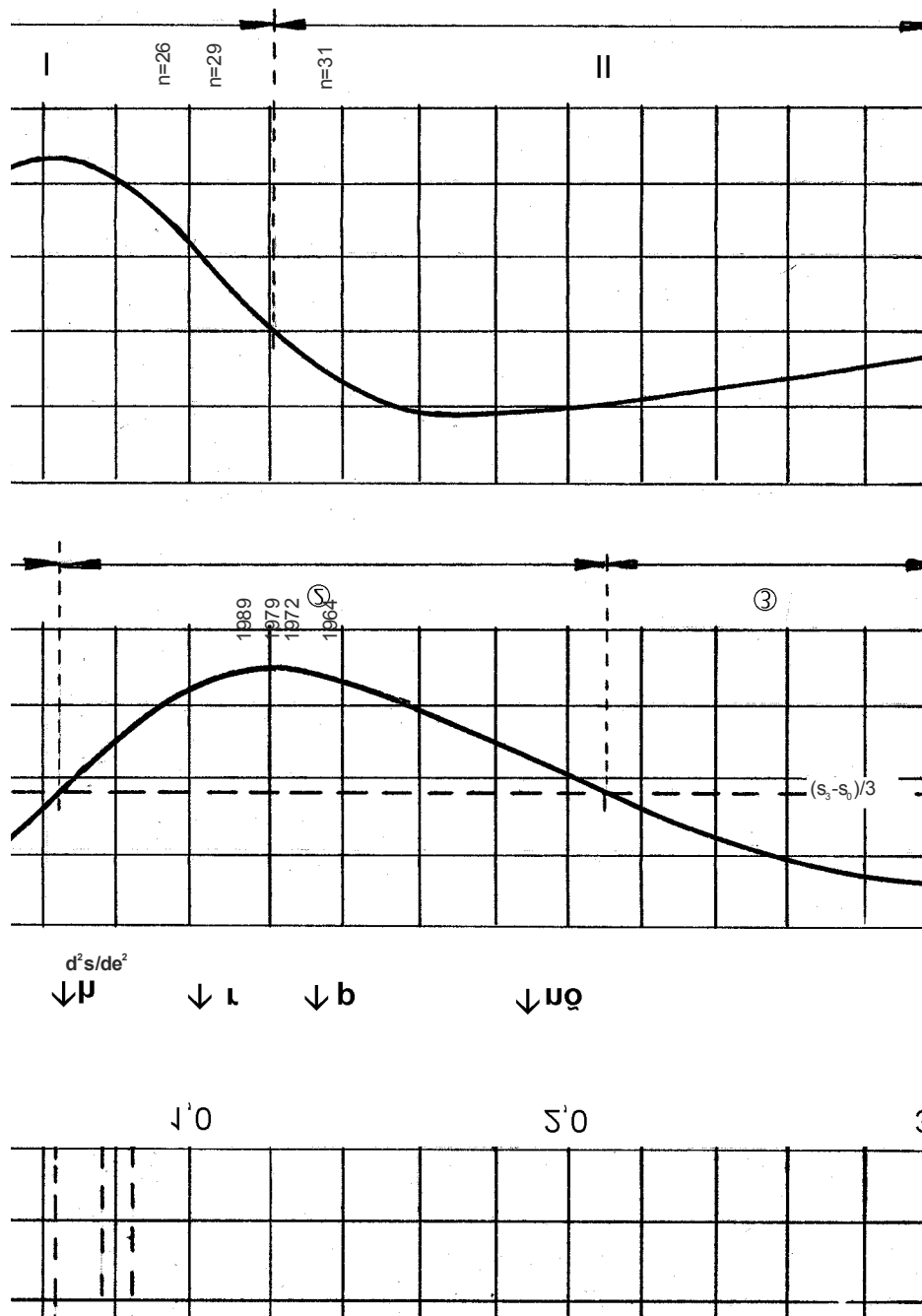
$$s = f(e), \quad (1)$$

kus  $s$  on suhteline saagikus ilma liigniiskusest tingitud kadudeta saadava saagikuse ühikutes,  $e$  – drenide suhteline vahekaugus 1964. a. juhendi järgi määratud vahekauguse ühikutes.

Sõltuvusele (1) antud konkreetne kuju tuleneb üldistest, nii teoreetilistest kui eksperimentaalsetest apriorsetest teadmistest vaadeldava protsessi kohta: drenide vahekauguse muutmise mõju saagikusele sõltuvuse ääresades, kui  $e \rightarrow 0$  (kumer kõver) või  $e \rightarrow \infty$  (nõgus kõver), väheneb, kusjuures kokkuleppeliselt, juhul kui  $e = 0$ , siis  $s = 1$ , ja, tulenevalt nähtuse sisust, piirkonnas  $e \rightarrow \infty$  funktsioon läheneb alumisele asümptoodile  $s = 0,37$ , mis kui kuivendamata gleimulla suhteline saagikus on teada meie varasematest uurimistest (Soovik, 1966). Nimetatud kahe ääreala vahele jääb drenide vahekauguse keskmisest suurema mõju piirkond, kus asub ka funktsiooni käänupunkt. Toodud eeldustele vastab sõltuvuse (1) konkretiseeritud kuju (2):

$$s = 1/(a * e^b + c) + d, \quad (2)$$

kus  $s$  on suhteline saagikus,  $e$  – drenide suhteline vahekaugus,  $a$  ja  $b$  – parameetrid, mis tuleb määrata katseandmete alusel, kuna  $c = 1,59$  ja  $d = 0,37$  tulenevad ülaltoodud üldistest eeldustest.



**Joonis 1.** Põllukülvikorra keskmise suhtelise saagikuse  $s$  sõltuvus drenide suhtelisest vahetavusest  $e$  ( $s = f(e)$ ) ja nimetatud sõltuvuse esimene ( $ds/de = f'(e)$ ) ning teine ( $d^2s/de^2 = f''(e)$ ) tuletisfunktsioon keskmise mehaanilise koostisega gleimullal

$n$  – katsepunktide arv; 1964, 1972, 1979 ja 1989 – projekteerimise juhendi väljaandmise aasta; kuivenduse intensiivsus:  $h$  – hea,  $r$  – rahuldav,  $p$  – puudulik,  $nõ$  – nõrk;  $I$  – saagikuse kiirenev langus resp. aeglustuv tõus (kumer kõver);  $II$  – saagikuse aeglustuv langus resp. kiirenev tõus (nõgus kõver); 1, 3 – saagikuse muutumise kiirus keskmisest kiirusest väiksem; 2 – saagikuse muutumise kiirus kuni kaks korda keskmisest kiirusest suurem.

**Figure 1.** Dependence of the average relative yield of the arable rotation  $s$  on the relative drain spacing  $e$  ( $s = f(e)$ ) on the medium textured gley soil, first ( $ds/de = f'(e)$ ) and second ( $d^2s/de^2 = f''(e)$ ) derivatives of this dependence

$n$  – number of experimental points; 1964, 1972, 1979 and 1989 – issue years of the drainage design instructions; intensity of drainage:  $h$  – good,  $r$  – sufficient,  $p$  – insufficient,  $nõ$  – weak;  $I$  – accelerating fall resp. decelerating growth of the yield (convex curve);  $II$  – decelerating fall resp. accelerating growth of the yield (concave curve); 1, 3 – the rate of change of the yield is under the average rate; 2 – the rate of change of the yield is up to twice higher than the average rate.

Normaalvõrrandite mittelineaarsuse tõttu oleks vähimruutude meetodi kasutamine parameetrite  $a$  ja  $b$  määramisel raskustega seotud. Seetõttu on mindud järkjärgulise kombineeritud lähenemise teed:  $b$  määratud sobivaima täisarvulise astendajana proovimise teel ja  $a$  – keskmiste meetodil. Tulemuseks on üldistele aprioorsetele eeldustele vastav ja keskmiste eksperimentaalandmetega hästi kokkusobiv teoreetilis-eksperimentaalne sõltuvus (3):

$$s = 1/(0,45 e^3 + 1,59) + 0,37. \quad (3)$$

Lisaks põhisõltuvusele (3) on määratud ja joonisel kujutatud ka sõltuvuse (3) esimene (4) ja teine (5) tuletisfunktsioon:

$$ds/de = -1,35 e^2/(0,45 e^3 + 1,59), \quad (4)$$

$$d^2s/de^2 = 26,67 e(e^3 - 1,77)/(e^3 + 3,53)^3. \quad (5)$$

Sõltuvused (3), (4) ja (5) iseloomustavad saagikuse sõltuvust kuivenduse intensiivsusest selle näitaja kõige enam praktilist huvi pakkavas piirkonnas ( $e = 0 \dots 3$ ).

Kuivenduse intensiivsuse vaadeldava diapasooni jagab sõltuvuse (3) käänupunkt, mis asub vahekauguse  $e \approx 1,2$  läheduses (kus  $d^2s/de^2 = 0$  ja millest läbiminekul  $d^2s/de^2$  muudab märki), kahte ossa: I ja II (vt. joonis).

I osas, liikudes kuivenduse intensiivsuse tõusu suunas, saagi suurenemise kiirus, olles läbinud maksimumi, väheneb, ja  $e \rightarrow 0$  puhul läheneb nullile. Sõltuvuse selles osas asuvad meie senistes projekteerimisjuhendites ette nähtud drenide vahekaugused, mille väärtused on määratud optimumülesande lahendamise teel ja mis on järk-järgult vähenenud. I osas paikneb ka kuivendussüsteemide ülevaatusel heaks ja rahuldavaks hinnatav kuivendus. Kuivendusintensiivsuse vaadeldav osa on teise osaga võrreldes täielikumalt katseandmetega kirjeldatud.

II osas, liikudes kuivenduse intensiivsuse vähenemise suunas ( $e \rightarrow \infty$ ), saagi alanemise kiirus, olles läbinud maksimumi, väheneb. I ja II osa piiril (funktsiooni käänupunkti läheduses) asub saagikuse maksimaalse muutumise kiiruse piirkond, millest nõuetekohane kuivendus peab arusaadavalt intensiivsem olema.

Saagikuse tõusu kiiruse poolest jaguneb kuivenduse intensiivsuse vaadeldav vahemik ( $e = 0 \dots 3$ ) 3 ossa (vt. joonis): 1. ja 3. osas on saagikuse tõusu kiirus antud vahemiku keskmisest kiirusest väiksem, 2. osas keskmisest kiirusest kuni kaks korda suurem. Ilma lähema analüüsita on selge, et optimaalne kuivendus ei saa paikneda kaugel 2. osa vasakpoolsest otsast (1989. a. juhendi soovitusel). Liikudes sealt edasi intensiivsemas suunas nõuab saagi iga lisäühik liiga palju järjest suuremaid kulutusi, mis muudab kuivenduse edasise olulise intensiivistamise ökonoomiliselt põhjendamatuks. Kuivenduse intensiivsust märgatavalt vähendada ka ei saa, kuna see hakkaks järjest kiirenevalt saaki alandama. Dreenide vahekauguse ökonoomiliselt põhjendatud väärtus oleneb dreeni maksumuse ja saagi hinna suhte kaudu ka üldisest majanduslikust konjunktuurist (Soovik, 1989), mille olulised muutused mõjutavad optimaalse kuivenduse intensiivsust. Et aga kord rajatud drenide vahekaugust muuta ei saa, siis on drenide vahekauguse määramisel alus arvesse võtta ainult pikaajalisi trende, mitte dreeni east tunduvalt lühemaid majandusliku konjunktuuri kõikumisi. Praeguste teadmiste kohaselt 1989. a. juhendis ettenähtud drenide vahekaugused enam-vähem vastavad intensiivse põllunduse nõuetele ja olulisi korrektsioone ei vaja. Küll nõuab tähelepanu ja tööd põlluna kasutatavatel pindadel olemasoleva dreenaži toimimisvõime hoidmine nõutaval tasemel või selle taseme taastamine.

## Kokkuvõte

Kuivenduse mõju põllukultuuride saagile on väljendatav ja analüüsitav suhtelise saagikuse  $s$  teoreetilis-eksperimentaalse sõltuvusena drenide suhtelisest vahekaugusest  $e$  vastavalt valemeile (1), (2) ja (3) ning nimetatud sõltuvuse esimese ja teise tuletisfunktsioonina (4) ja (5), kus liigniiskuse poolt alandamata saagikus  $s = 1$  ja 1964. a. juhendi järgi määratud drenide vahekaugus  $e = 1$ . Nimetatud seoste alusel on kindlaks määratud kuivenduse mõju erineva iseloomuga piirkonnad I ja II ning 1, 2 ja 3. Esitatud tulemused on vajalikuks lähteinformatsiooniks optimaalsete lahendite väljatöötamisel erinevate (mitte üksnes drenide vahekaugust puudutavate) kuivendusküsimuste lahendamisel.

### **Kirjandus**

- Soovik E. Ajutiselt liigniiskete mineraalmuldade kuivendamise suhtelisest ökonoomilisest efektiivsusest. – Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teaduslike tööde kogumik VII. Maaparandus, lk. 102...121, 1966.
- Soovik: Соовик Э. К европейскому стандарту по расстояниям между дренами. – Эстонский научно-исследовательский институт земледелия и мелиорации, научные труды LXVII. Почвы Эстонии и проблемы их мелиорации, с. 127...134, 1989.