

<https://doi.org/10.3176/biol.1977.1.05>

УДК 556.555.7

Aini LINDPERE

MADALA BIOLOOGILISE PRODUKTIIVSUSEGA JÄRVEDE SETETE KEEMILISEST JA MINERALOOGILISEST KOOSTISEST

Paljudesse Eesti järvedesse on akumulbeerunud rohkesti setteid, kuid seni puudub täielik ülevaade nende varudest, koostisest ja omadustest.

ENSV TA Zooloogia ja Botaanika Instituudi geobiokeemialaboratoorium, kes alates 1951. aastast on tegelnud Eesti järvede hüdrokeemilise uurimisega, asus 1971. aastal selgitama ka järvesetete keemilist koostist. Limnoloogia teoreetiliste ja praktiliste probleemide lahendamiseks on muu hulgas vaja tähelepanu pöörata vesi- ja mudakeskkonna ning nende vastastikuse mõju uurimisele. Järvesetete tundmine aitab ühtlasi selgitada järvede geneesi, sest setete koostis kajastab veekogus valitsenud hüdrokeemilisi ja -bioloogilisi tingimusi. Praktika seisukohast on järvesetete koostise ja omaduste tundmine oluline nii veekogude bioloogilise produktiivsuse tõstmise kui ka muda põllumajanduses, meditsiinis ja tööstuses kasutamise eeldusena.

Käesolevas artiklis antakse ülevaade 10 järve setete keemilisest ja mineraloogilisest koostisest.

Järvede iseloomustus

Uuriti Viitna Linajärve, Viitna Pikkjärve, Uljaste järve, Pesujärve, Väikjärve, Piigandi järve, Nohipalu Valgejärve, Kirikumäe järve, Pahi-järve ja Pullijärve. Andmeid nende veekogude morfoomeetria (Kask, 1964; Eesti järved, 1968) ja mudavarude kohta (Veber, 1964; Сапропелевые месторождения СССР, 1964) esitatakse tabelis 1.

Kõigi käsitletud järvede ühine tunnus on liivane valgala, kus kuju-nevad veekogusid toitvad veed. Peale selle mõjustab Uljaste ja Kirikumäe järve ning Pahi-, Väik- ja Pullijärve vee kujunemist mõnevõrra ka raba. Järvede läbivool on nõrk või puudub täiesti. Nende tunnuste alusel kuuluvad uuritavad veekogud Eesti järvede hüdrokeemilise tüpoloogia (Simm, 1975; Симм, 1973) järgi C-tüüpi. Valgala pinnakatte iseloomust tingituna iseloomustab C-tüüpi järvede vett äärmiselt väike mineraal- ja orgaaniliste ainete sisaldus (summaarne ionidesisaldus < 50 mg/l, dikromaatne oksüdeeritavus < 25 mg O/l). Enamiku uuritud järvede hüdrokeemilised tunnused mahuvad nende piirväärtuste raamesse. Erandiks on Viitna Linajärv ja Pesujärv, mille vee dikromaatne oksüdeeritavus ületab 25 mg O/l (Simm jt., 1975); põhjuseks on inimtegevuse mõju. Viimast võib täheldada ka Pullijärvel, Väikjärvel ja Uljaste järvel.

Tabel 1

Andmeid järvede morfomeetria ja mudavarude kohta

| Järve nimi ja number* | Pindala (ha) | Suurim sügavus (m) | Keskmine sügavus (m) | Mudase ala pindala (ha) | Muda- varud (tuh. m ³) |
|---------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|--|
| Viitna Linajärv (38) | 4,5 | 5,5 | — | — | — |
| Viitna Pikkjärv (39) | 16,3 | 6,2 | — | 16 | 320 |
| Uljaste järv (141) | 62,9 | 6,4 | 2,2 | 20 | 200 |
| Pesujärv (350) | 2,0 | 9,5 | — | — | — |
| Väikjärv (1409) | 9,8 | 15,0 | 4,5 | — | — |
| Piigandi järv (1084) | 43,4 | 25,3 | 6,2 | 28 | 560 |
| Nohipalu Valgejärv (1297) | 6,3 | 12,5 | 6,2 | — | — |
| Kirikumäe järv (1447) | 61,4 | 3,5 | 2,8 | 48 | 960 |
| Pahijärv (1531) | 10,0 | — | — | — | — |
| Pullijärv (1552) | 61,7 | 7,1 | 3,9 | 47 | 940 |

* H. Riikoja järgi (Kask, 1964).

Troofsuse poolest (Mäemets, 1971) on enamik käsitletavaist järvedest vähetootelised e. oligotroofsed. Kolm järve — Uljaste ja Kirikumäe järv ning Väikjärv — kuuluvad poolhuumustoiteliste e. semidüstroofsete hulka. Kõigi järvede bioloogiline produktiivsus on madal.

Materjal ja meetodika

Uuriti muda pindmist (sügavus kuni 20 cm) kihti, kus ainevahetus vesikeskkonnaga on kõige intensiivsem. Järvemuda koguti aastail 1971—1973 kevad-talvel järvede sügavaimast või selle lähedasest kohast.

Oligotroofsetest järvedest võetud sete osutus rohekaspruuniks sültjas-vesiseks massiks; semidüstroofsete järvede pruun muda sültjaid tükke ei sisaldanud.

Mineraalsed komponendid määrati ZBI geobiokeemialaboratooriumis. Selleks filtreeriti muda klaasfiltriga nr. 1, kuivatati temperatuuril 60 °C, peenestati, sõeluti läbi 0,5-mm-se sõela ning seejärel analüüsiti, kusjuures rakendati turvasmuldade puhul kasutatavat meetodikat (Lindpere, 1963). Selle kohaselt tuhistati proovid temperatuuril 500 °C, tuhk lahustati 20%-lises soolhappes ning määrati lahuse kaltsiumi-, raua-, alumiiniumi-, fosfori- ja kaaliumisisaldus. Järvesetete süsiniku- ja lämmastikuhulk tehti kindlaks TRÜ-s elementaaranalüüsimetodil ning mineraloogiline koostis (Утчал, 1971) röntgenograafilisel meetodil.

Setete koostis

Andmed proovide tuhasisalduse, SiO₂*, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, CaO, P₂O₅, N ning C sisalduse kohta on esitatud tabelis 2.

Andmetest selgub, et uuritud järvede setted on orgaanilise aine poolest rikkad. Tuhastamiskao andmeil on orgaanilist ainet enamikul juhtudel üle 62,7%, kõrgeim määr on 81,7%. Erandiks on Väikjärv ja Piigandi järv, mille setete koostises on orgaanilist ainet vastavalt 42,7 ja 33,0%; see võib johtuda nende järvede suurest sügavusest ja vee hapnikurikkusest. Enamasti moodustub liivastel valgaladel asuvate toitainete-

* Tegelikult soolhappes lahustumatu jääk, mille põhilise osa moodustab SiO₂.

vaeste järvede setete orgaaniline osa hääbunud makrofüütidest. Et Pii-
gandi ja Väikjärv lähevad kaldalt järsku sügavaks, on neis taimestikku
vähe. Tõenäoliselt on nende järvede põhja settinud vähene orgaaniline
hõljum jõudnud oma pikal teekonnal aeroobses keskkonnas ka juba olu-
liselt mineraliseeruda.

Elementaaranalüüsi andmeil on käsitletud järvede setteis 1,62—4,15%
lämmastikku, kõige rohkem (üle 3%) on seda Viitna Linajärve, Pesu-
järve, Pahijärve, Kirikumäe järve ja Pullijärve mudas. Süsinikuhulk
moodustab 17,2—43,8%. Mida suurem on muda süsinikuisaldus, seda
rohkem sisaldab see ka lämmastikku ($r=0,83$). Tabelist 3 nähtub, et

Tabel 2

Järvesetete keemiline koostis (%-des; proovide kuivatamistemperatuur 105 °C)

| Järve nimi | Järve sügavus proovivõtu- kohas (m) | Tuhk | Tuhastamis- kadu | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | K ₂ O | CaO | P ₂ O ₅ | N | C | C/N |
|-----------------------|---|------|---------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|-------------------------------|------|------|------|
| Viitna Linajärv | 4,9 | 23,4 | 76,6 | 17,2 | 2,77 | 1,05 | 0,17 | 1,03 | 0,79 | 4,15 | 41,0 | 9,9 |
| Viitna Pikkjärv | | | | | | | | | | | | |
| (põhjaosa) | 4,8 | 37,3 | 62,7 | 31,5 | 3,25 | 0,70 | 0,20 | 0,58 | 0,45 | 2,85 | 34,5 | 12,1 |
| (lõunaosa) | 5,5 | 28,8 | 71,2 | 23,5 | 2,65 | 0,58 | 0,18 | 0,53 | 0,54 | 3,38 | 40,2 | 11,9 |
| Uljaste järv | 3,9 | 27,1 | 72,9 | 20,8 | 3,47 | 1,15 | 0,27 | 0,95 | 0,24 | 2,91 | 41,4 | 14,2 |
| Pesujärv | 9,0 | 18,3 | 81,7 | 13,0 | 2,25 | 1,01 | 0,16 | 0,96 | 0,47 | 3,40 | 43,8 | 12,9 |
| Väikjärv | 11,0 | 57,3 | 42,7 | 47,2 | 5,15 | 1,77 | 0,44 | 1,29 | 0,38 | 1,62 | 23,3 | 14,4 |
| Pii- gandi järv | 15,0 | 67,0 | 33,0 | 54,7 | 6,85 | 3,10 | 0,61 | 0,85 | 0,59 | 1,66 | 17,2 | 10,4 |
| Nohipalu Valgejärv | 6,5 | 25,0 | 74,0 | 20,1 | 2,65 | 0,60 | 0,15 | 0,62 | 0,38 | 2,51 | 39,3 | 15,6 |
| Kirikumäe järv | 2,2 | 23,6 | 76,4 | 19,1 | 2,36 | 0,73 | 0,14 | 0,81 | 0,26 | 3,27 | 42,4 | 13,0 |
| Pahijärv | 1,0 | 24,7 | 75,3 | 18,6 | 2,07 | 0,86 | 0,28 | 1,13 | 0,28 | 3,73 | 38,8 | 10,4 |
| Pullijärv | 4,0 | 27,7 | 72,3 | 20,4 | 2,70 | 1,34 | 0,28 | 1,04 | 0,24 | 3,24 | 37,5 | 11,6 |

järvesetete lämmastiku- ja süsinikuisaldus on omavahel heas korrelat-
sioonis. Ka C. R. Frink (1969) ning G. J. Brunskill jt. (1971) on saanud
järvesetete süsiniku- ja lämmastikuisalduse vahel tugeva korrelatiivse
seose. Eeltoodu põhjal võib oletada setete C:N konstantsust. Uuritud
järvesetete korral kõigub see 9,9 ja 15,6 vahel (tabel 2).

Fosforit leidub uuritud veekogude mudas 0,24—0,79%. Selles suhtes
on esikohal Pii-
gandi järv ja Viitna järved. Eriti suur fosfori- (samuti
lämmastiku-)sisaldus iseloomustab inimtegevusest tugevasti mõjustatud
Viitna Linajärve muda (tabel 2; Линдпере, 1974). Uljaste, Kirikumäe,
Pahi- ja Pullijärves, millel on juurdevool rabast, sisaldavad põhjasetted
fosforit vähe — 0,24—0,28%. Põhjus on selles, et rabamõjuliste järvede
setete orgaanilise aine moodustamisest võtavad autohtoonsete ainete kõr-
val osa ka allohtoonset ained, mille fosforisisaldus on väike. Vaadeldud
rabamõjuliste järvede seas on erandiks Väikjärv, mille muda fosfori-
sisaldus on suurem.

Paljude autorite järgi on veekogu primaarne produktsioon ja biogeen-
sete elementide sisaldus seotud järgmise võrrandi kohaselt: C:N:P=
106:16:1 (Raia, Raia, 1974). C. R. Frinki (1969) ning G. J. Brunskilli jt.

(1971) andmeil ei korreleeru järvesetete fosforisisaldus lämmastikuisaldusega. Põhjus on arvatavasti selles, et mudas esineb fosfor peamiselt anorgaaniliste, lämmastik seevastu orgaaniliste ühendite koostises. Käesolevas töös käsitletud setete fosforisisaldus ei korreleeru ühegi teise vaaeldava elemendi sisaldusega (tabel 3).

Anorgaanilistest komponentidest domineerib räni. SiO_2 leidub järvesetetes enamasti 20% ümber. Tunduvalt rohkem, vastavalt 47,2 ja 54,7%, on SiO_2 Väikjärve ja Piigandi järve mudas. Mida suurem on tuhasus, seda suuremaks osutub ka ränisisaldus, ja vastupidi. Tuha- ja ränisisalduse vahel valitseb tugev korrelatiivne seos ($r=0,98$).

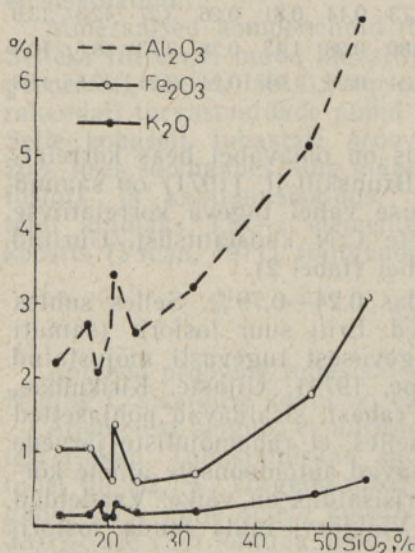
Tabel 3

Elementidesisalduse vahelised korrelatsioonikordajad (r)

| Määratud komponent | SiO_2 | CaO | Fe_2O_3 | Al_2O_3 | P_2O_5 | K_2O | N | C |
|-------------------------|----------------|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-------|-------|
| tuhk | 0,98 | 0,22 | 0,85 | 0,94 | 0,20 | 0,92 | -0,77 | -0,96 |
| SiO_2 | | 0,11 | 0,81 | 0,95 | 0,19 | 0,88 | -0,86 | -0,98 |
| CaO | | | 0,36 | 0,12 | 0,16 | 0,38 | -0,04 | -0,21 |
| Fe_2O_3 | | | | 0,88 | 0,22 | 0,94 | -0,66 | -0,86 |
| Al_2O_3 | | | | | 0,1 | 0,92 | -0,90 | -0,94 |
| P_2O_5 | | | | | | 0,07 | 0,12 | -0,19 |
| K_2O | | | | | | | -0,73 | -0,93 |
| N | | | | | | | | 0,83 |

Sisalduse poolest on järgmistel kohtadel alumiinium ja raud, vastavalt 2,07—3,47% Al_2O_3 ja 0,58—1,34% Fe_2O_3 . Sellest suuremad on alumiiniumi- ja rauahulgad Väikjärve ja Piigandi järve mudas — 5,15 ja 6,85%

Al_2O_3 ning 1,77 ja 3,10% Fe_2O_3 . Nende kahe järve mudas on ka kaaliumi poolest rikkaimad, sisaldades vastavalt 0,44 ja 0,61% K_2O . Ülejäänud juhtudel ei ületanud kaaliumisisaldus 0,28%.



Järvesetete alumiiniumi-, raua- ja kaaliumisisalduse sõltuvus ränisisaldusest.

Räni-, alumiiniumi-, kaaliumi- ja rauasisalduse vahelised korrelatiivsed seosed (tabel 3) viitavad alumosilikaatide (hüdrovilkude) olemasolule setetes. Nende nelja elemendi omavahelist seost mudas illustreerib joonis. Röntgenograafilisel analüüsil leiti, et 60—85% mudade mineraalsest koostisest moodustab kvarts, 10—25% on päevakive ja kuni 10% hüdrovilku. Vaid Piigandi järve mudas oli hüdrovilkude sisaldus suurem (20%). Seetõttu leiti sealt ka kõige rohkem alumiiniumi, rauda, kaaliumi ning räni. Kirjanduse andmeil (Eesti järved, 1968) on ka Piigandi järve vees palju räni — 6,5 mg Si/l (Σ_1 = ainult 35—40 mg/l). Ränihendid on järvesetetes kandunud peamiselt

valgalalt sademeteveega ja abrasiooni tagajärjel. Kogutud andmed ei võimalda selgitada, kui suur on setteis autohtoonset päritolu räni-, raua- ja kaaliumühendite osa.

Kaltsiumi leidub uuritud järvede mudas väga vähe — 0,53 kuni 1,29, keskmiselt 0,89% CaO. Kaltsiumi ja teiste elementide sisalduste vahelised korrelatiivsed seosed on nõrgad ($r < 0,4$). Kaltsiumi poolest on rikkaim Väikjärve muda. Tüüpiliste Eesti oligotroofsete järvede — Viitna Pikkjärve ja Nohipalu Valgejärve — muda kaltsiumisisaldus on madalaim. Ka nende järvede vees on mineraalaineid äärmiselt vähe, vastavalt 12—24 mg/l (Starast jt., 1974) ja 11,0—14,2 mg/l (Eesti järved, 1968).

Uuritud järvesetted on koostise poolest omavahel küllaltki sarnased. See avaldub eelkõige süsiniku-, lämmastiku- ja kaltsiumisisalduses — nende variatsioonikoefitsiendid on väikseimad. Nii on süsinikusisalduse variatsioonikoefitsient 23%, lämmastiku- ja kaltsiumisisalduse oma 27%. Seevastu setete räni-, raua-, alumiiniumi- ja kaaliumisisalduse variatsioonikoefitsiendid on vastavalt 51, 62, 49 ja 54%. Järelikult on madala bioloogilise produktiivsusega järvede setetele iseloomulik suur orgaanilise aine ja väike kaltsiumi akumulatsioon.

Autor avaldab tänu ZBI inseneridele R. Läänele ning E. Männikule järvesetete keemilise analüüsi, TRÜ geoloogiakateedri mineraloogiakabineti juhendajale K. Utsalile järvesetete mineraloogilise koostise määramise ning TRÜ keemilise kineetika laboratooriumi töötajale V. Pihlale elementaaranalüüsi eest.

KIRJANDUS

- Eesti järved, 1968. Tln.: 548.
- Brunskill, G. J., Povoledo, D., Graham, B. W., Stainton, M. P., 1971. Chemistry of surface sediments of sixteen lakes in the Experimental Lakes Area, Northwestern Ontario. J. Fish. Res. Bd. Canada 28 : 277—294.
- Frink, C. R., 1969. Chemical and mineralogical characteristics of eutrophic lake sediments. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33 (3) : 369—372.
- Kask, I., 1964. Eesti NSV järvede nimestik. Tln.: 222.
- Lindpere, A., 1963. Anorgaaniliste komponentide määramine turvasmullas. ENSV TA Toimet. Biol. 12 (1) : 81—91.
- Mäemets, A., 1971. Estonian Limnology. Tln.: 95.
- Raia, A., Raia, T., 1974. Fosfori osa vee kvaliteedi kujundamisel veekogudes. Keemia, bioloogia ja tervislik elukeskkond. Tartu: 26.
- Simm, H., 1975. Eesti pinnavete hüdrokeemia. Tln.: 200.
- Simm, H., Starast, H., Mälgi, U., Lindpere, A., 1975. Viitna Linajärve vee keemiline koostis ja hüdrokeemiline režiim. ENSV TA Toimet. Biol. 24 (4) : 295—305.
- Starast, H., Mälgi, U., Lindpere, A., Simm, H., 1974. Viitna Pikkjärve vee keemiline koostis ja hüdrokeemiline režiim. ENSV TA Toimet. Biol. 23 (2) : 164—176.
- Veber, K., 1964. Sapropel Eesti NSV järvedes. Eesti NSV sood. Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teaduslike tööde kogumik 4 : 155—173.
- Линдпере А., 1974. Химический состав поверхностного слоя сапропеля озер Вийтна. Изв. АН ЭССР. Биол. 23 (4) : 343—347.
- Сапропелевые месторождения СССР. 1964, М., 336.
- Симм Х., 1973. Гидрохимическая типизация малых озер Эстонии. Изв. АН ЭССР. Биол. 22 (1) : 58—67.
- Утсал К., 1971. О технике и методике исследования глинистых минералов рентгеновскими методами. TRÜ Toimet. 286. Tõid geoloogia alalt 3 : 3—51.

Айни ЛИНДПЕРЕ

О ХИМИЧЕСКОМ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОЗЕР С НИЗКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ

Резюме

Исследовались донные отложения 10 непроточных или слабопроточных, расположенных на песчаных водосборах озер Эстонии. Все изученные озера по гидрохимической типологии озер Эстонии (Симм, 1973; Simm, 1975) относятся к типу С.

Пробы для исследования брали в наиболее глубоком месте озера с поверхностного (0—20 см) слоя донных отложений. Озоляли пробы при температуре 500 °С. Золу растворяли в HCl, и в растворе определяли кальций, железо, фосфор, алюминий и калий. Нерастворимый в HCl остаток (SiO_2) устанавливали весовым методом. Содержание общего азота и углерода определяли элементарным анализом. Полученные данные представлены в табл. 2.

Установлено, что поверхностный слой донных отложений богат органическим веществом. Содержание органического вещества 62,7—81,7%, азота — 2,51—4,15% и углерода — 34,5—43,8% за исключением озер Пийганди и Вайкъярв, в которых соответствующие значения значительно ниже. Обнаружена тесная корреляция между содержанием углерода и азота (табл. 3).

Содержание фосфора в среднем составляет 0,42% P_2O_5 . Наиболее богатыми фосфором (0,79% P_2O_5) являются отложения оз. Вийтна Линаярв. Озеро находится под влиянием интенсивной деятельности человека. Мало фосфора (0,24—0,28% P_2O_5) в отложениях озер Улясте, Кирикумяэ, Пахи и Пуллиярв. Это, по-видимому, обусловлено притоком вод из верхнего болота. Содержание фосфора не коррелирует с содержанием других элементов.

Кальция обнаружено в среднем 0,89% CaO. По его содержанию озера различаются мало. Донные отложения двух самых олиготрофных озер Эстонии — оз. Вальгярв (в Нохипалу) и оз. Вийтна Пиккъярв — наиболее бедны кальцием.

Тесные корреляционные связи между содержанием кремния, алюминия, железа и калия (табл. 3, рис. 1) указывают на содержание алюмосиликатов в озерных отложениях. Рентгеновским методом установлено, что 60—85% минерального состава донных отложений составляет кварц, 10—25% — полевые шпаты и 20% — гидрослюда.

Характерными свойствами озер с низкой биологической продуктивностью являются аккумуляция главным образом органического вещества и низкое содержание кальция в донных отложениях.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
26/V 1975

Aini LINDPERE

ON THE CHEMICAL AND MINERALOGICAL COMPOSITION OF
THE SEDIMENTS OF LAKES WITH A LOW BIOLOGICAL PRODUCTIVITY

Summary

The sediments from ten lakes of the Estonian SSR were studied.

The lakes are situated on a sandy catchment area and either have only a few insignificant influxes or lack them completely. According to the hydrochemical typology of Estonian lakes, the lakes under consideration belong to type C (Simm, 1975; Симм, 1973).

The samples were taken at or near the maximum depth of each lake, from an upper layer (0—20 cm) of sediment. In the analyses for calcium, iron, aluminium, phosphorus and potassium, the sediment material was ashed at 500 °C and the ash was dissolved in hydrochloric acid. Silicon with undissolved residue was determined gravimetrically.

An elemental analyzer was used to determine the total carbon and nitrogen content. The mineralogical composition of the sediments investigated was determined by means of X-ray analysis.

All results are expressed in percentages on the basis of the oven-dry (105 °C) weight of sediment.

According to the data of ashing (Table 2), the organic matter content of sediments did not drop below 62.7 per cent, except for the samples from L. Piigandi and L. Väik-

järv. The total carbon and nitrogen content of sediments in many cases exceeds respectively 40 and 3 per cent. The correlation coefficient between carbon and nitrogen was 0.83.

The mean concentration of phosphorus was 0.42 per cent P_2O_5 . The richest in phosphorus was the sediment from L. Viitna Linajärv which is polluted by human action. The phosphorus content of sediments from L. Uljaste, L. Kirikumäe, L. Pahi and L. Pullijärv was small (0.24–0.28% P_2O_5). The lakes have inflows from raised bogs. The content of phosphorus is in no correlation with the content of other elements.

Significant correlations between silicon, aluminium, iron and potassium (Table 3; Fig. 1) give reason to suppose that these four elements derive mostly from silicates. It was determined that the major minerals of the lake sediments are quartz (60 to 85%), feldspar (10 to 25%) and plagioclase (0 to 20%).

The calcium content of sediments varied from 0.53 to 1.29 per cent, on the average 0.89 per cent CaO. The sediments revealed insignificant variation in their calcium content. The sediment of the most oligotrophic lakes in Estonia — L. Valgejärv and L. Viitna Pikkjärv — are the poorest in the content of calcium.

The sediments of lakes with a low biological productivity are characterized by a high content of organic matter and by a low calcium accumulation.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Zoology and Botany

Received
May 26, 1975