

METSA VARE HULK JA KOOSTIS LOOMETSAS

R. SEPP

Seoses loalade metsastamise ja loometsade majandamisega alustati 1956. aastal ENSV TA Zooloogia ja Botaanika Instituudis uurimistöid loomuldade (paepealsed e. huumus-karbonaatmullad) metsakasvatustlike omaduste tundmaõppimiseks. Silmas pidades loomuldade viljakuse tõstmist, kuulub suur osa sellest tööst metsataimestiku ja mulla vaheliste suhete väljaselgitamisele, mis on väga mitmekülgne. Võib julgesti väita, et seni oleme neist ainult üksikuid tundma õppinud. Teatavat edu selles suhtes on saavutatud alles viimastel aastatel, tänu V. Sukatšovi (1947) poolt arendatud biogeotsöonoloogia teooria praktilisele rakendamisele.

Biogeotsöonoloogilisest seisukohast lähtudes on metsa ja mulla keeruliste suhete aluseks nende vahel pidevalt toimuv ainevahetusprotsess. Selle olulisemaid momente on puude poolt tarvitatud mineraalainete suurema osa tagastamine mulda koos sureva orgaanilise ainega — metsa varega.

Vare hulgast ja koostisest oleneb metsa ja mulla vahel toimuva ainevahetusprotsessi intensiivsus, mis omakorda mõjutab mullatekkeprotsessi kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid külgi. Seepärast on metsa ja üksikute puuliikide osatähtsuse mõistmiseks loomuldade arengu protsessis oluline teada metsa vare hulka, langemise dünaamikat ja koostist.

Allpool ongi neid küsimusi käsitletud Kuusiku metskonna loometsadest 1956.—1957. aastani kogutud materjalide põhjal.

Uurimisobjektid ja -metoodika

Pae sügavuse, struktuuri, lagunemise astme ja teiste metsa kasvu mõjustavate tegurite suur varieeruvus põhjustab erinevate metsakasvatustlike omadustega puistute esinemist loometsades. Tüüpiliste puistute väljaselgitamiseks toimus 1956. a. kevadel Kuusiku, Vardi ja Märjamaa metskonna loometsade marsruut-uurimine. Saadud andmed olid aluseks üheksa statsionaarse proovitüki rajamisele Kuusiku metskonna Koikse (proovitükid nr. 1—4) ja Abru (proovitükid nr. 5—9) vahtkonnas (tabel 1).

Puistute takseeriseloomustus

Tabel 1

Proovitükid	Koosseis	Boniteet	Vanus aastates		Täius	Keskmine kõrgus m	Keskmine diameeter cm	Puude arv pro ha			Tagavara tm pro ha		
			Valitsev	Keskmine				Kokku	Kuusk	Mänd	Kokku	Kuusk	Mänd
1	9 Ku* 1 Mä**	III	77	75	0,90	18,4	20,6	856	744	112	270	240	30
2	7 Ku 3 Mä	III	85	92	0,70	19,2	23,7	500	376	124	214	143	71
3	8 Ku 2 Mä	IV	96	103	0,68	16,8	20,6	620	552	68	187	141	46
4	5 Ku 5 Mä	III	60	51	0,79	14,3	14,0	1360	776	584	167	89	78
5	5 Ku 5 Mä	IV	65	66	0,79	14,3	14,5	1252	444	808	174	97	77
6	5 Ku 5 Mä	IV	70	72	0,90	12,6	13,2	1716	1072	644	166	85	81
7	7 Mä 3 Ku	V	50	61	0,49	8,5	12,0	884	216	668	54	13	41
8	9 Mä 1 Ku	V	130	124	0,64	15,5	22,3	544	36	518	159	11	148
9	5 Ku 5 Mä	IV	70	69	0,74	15,5	16,6	1044	576	468	177	94	83

* kuusk

** mänd

Paepealsete muldade metsakasvatustlike omaduste iseloomustamisel, samuti erimiteks jaotamisel kasutatakse olulise näitajana peeneselise mullakihi tusedust ehk nn. pae sügavust. Viimane määrati proovitüki mõlemal diagonaalil metallvardaga iga sammu järel (ca 100 mõõtmist) ja leiti keskmised peeneselise mullakihi tusedused (tabel 2).

Tabel 2

Peeneselise horisondi tusedused proovitükkidel

Proovitükid	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Keskmine tusedus (cm)	10,2	12,2	9,2	13,0	14,7	8,6	4,4	4,9	9,4

Peeneselise mullakihi tusedus üksinda ei iseloomusta ammendavalt paepealsete muldade metsakasvatustlike omadusi. Sageli on olulisemaks tunnuseks alumistes horisontides paepragude vahel olev mulla peenese hulk, mis oleneb pae struktuurist, lagunemise astmest ja iseloomust.

Parimad kasvutingimused valitsevad proovitükkidel nr. 1 ja 4, sest paas on siin 30 cm sügavuses tugevasti lagunenenud, nii et mustjaspruuni värvusega struktuurse mulla ja pae vahekord on 1:1.

Proovitükkidel nr. 2 ja 3 on paas 30 cm sügavuses märgatavalt vähem lagunenenud; peeneseks on pruunikaskollane savi, mille suhe paesse on 1:10. Vähelagunenud (massiivne) paas algab 50—60 cm sügavuselt (foto 1), kuid üksikud puude juured tungivad mööda lõhesid kuni 70—80 cm sügavuseni.



Foto 1. Huumus-karbonaatmulla profiil proovitükil nr. 3.

Puistute kasvutingimustes proovitükkidel nr. 2 ja 3 olulisi erinevusi ei esine. Nad valiti katsealadeks vaid selleks, et kontrollida kasutatavaid meetodeid.

Abu vahtkonnas on parimad kasvutingimused proovitükil nr. 5. Peeneselise horisondi tusedus on siin ca 15 cm; vähelagunenud paas algab

35—40 cm sügavuselt, millest allapoole puude juured enam ei tungi. Riso-sfääri tusedust kompenseerib suurem mulla niiskus, mis on tingitud mada-last, lohutaolisest reljeefist. Sademete perioodidel on ala üle ujutatud ja pae vahelõhestunud struktuuri tõttu püsib vesi kaua maapinnal või mulla peeneselises horisondis.

Mullastikutingimusi proovitükil nr. 6 iseloomustab 200—600 m² suu-ruste laikude esinemine, kus mulla peeneseline kiht täiesti puudub ja 2—3 m läbimõõduga 8—12 cm paksusi paeplaate katab ühtlane sambla-vaip (*Pleurozium schreberi* ja *Hylocomium proliferum*). Paeplaatide all on 2—4 cm tusedune paemurendi ja musta, struktuurse mulla segune hori-sont. Sellele järgneb 3—4 cm tusedune rähakiht, segatud vähese hulga savika, kollase peenesega. Järgnevad paksud paeplaadid, millest puude juured sügavamale ei tungi. Kirjeldatud laigud on kaetud tiheda 20—40-aastase kuusenorendikuga, mille suhteliselt hea kasv on seletatav sellega, et paeplaatide kate aitab säilitada peeneselises horisondis küllaldaselt niiskust.

Laikudevahelisel alal kasvavad vanemad männid ja kuused. Peenese-lise horisondi tusedus on siin ca 9 cm; sellele järgneb 35 cm tusedune räha-peenese kiht. Vahelagunenud paas asub 45—50 cm sügavusel.

Mullastikutingimused proo-vitükil nr. 9 sarnanevad proovitüki nr. 6 paelaikude-vaheliste aladega. Samuti on palju ühist nende proovitük-kide puistute ehituses ja üld-ilmes; erinevus on vaid noor-te kuuskede suuremas arvus proovitükil nr. 6.

Kõige halvemate mullas-tikutingimustega on proovi-tükid nr. 7 ja 8, mis asuvad suhteliselt kõrgema, kumera reljeefiga aladel. Ohukesele (5 cm) peeneselisele mulla-kihile järgneb 15—20 cm tü-sedune vähese peenesega se-gatud rähahorisont. Massiiv-ne paas algab proovitükil nr. 7 30—35 cm ja proovitü-kil nr. 8 40—45 cm sügavu-selt. Peenese vähese hulga ning kõrge reljeefi tõttu on niiskusvaru mullas väike, mille tagajärjel metsa kasv kuivuse all tublisti kannatab (sageli «kõrbe» juulis alus-taimestik). Puistud on hõre-dad, puude tüved suure koon-dega ja kõverad ning võrad ažuursed.



Foto 2. Puistu proovitükil nr. 7.

Üheksa proovitükki hõlmavad ühtekokku kahte mullaerimit — väga õhukesi ja õhukesi huumus-karbonaat- e. paepealseid muldi. Peeneselise mullakihi tuseduse kõikumused ei ole suured ja erinevused kasvukoha tin-gimustes sõltuvad peamiselt pae murenemise astmest ning veerežiimist.

Vaadeldavate proovitükkide hulgas võib tinglikult eraldada paare, mille kasvukohatingimused on enam-vähem ühesugused, kuid puistute tunnustes, nagu vanuses, koosseisus jne., esinevad teatavad erinevused. Paigutades niisugused paarid kasvukohatingimuste halvenemise järjekorras, saame järgmise rea: 4/1 — 2/3 — 5 — 6/9 — 8/7.

Langeva vare kogumiseks kasutati proovitükkidel nr. 1—4 1×1 m suurus ja 15 cm kõrgusi puidust kaste, millel olid põhjas võrguga kaetud augud vihma ja sulamisvete äravooluks.

Proovitükkidel nr. 5—9 kasutati sama suuri tõrvapapist varekogujaid (foto 3). Tõrvapapilt on vare korjamine tülisam ja vee äravooluaukude kiire ummistumise tõttu vajavad nad sagedast hooldamist. Puitkastidega võrreldes on tõrvapapp palju odavam ja temast valmistatud varekogujate

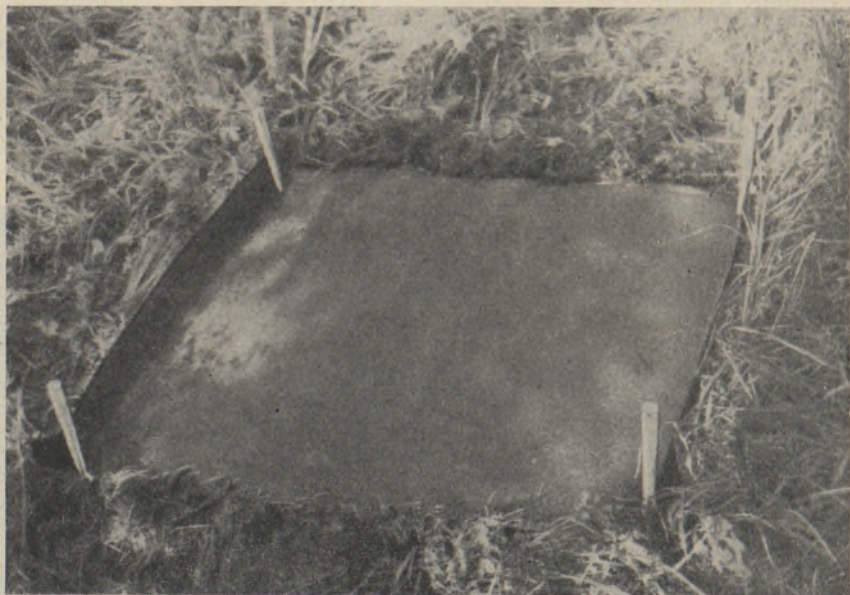


Foto 3. Tõrvapapist varekoguja.

paigutamine teedest kaugel asuvatesse puistutesse on hõlpsam.

Igale proovitükile asetati 10 varekogumiskasti resp. tõrvapappi. Suhteliselt väikese kogujate arvu ja loometsade ebaühtlase ehituse tõttu kasutati kogujate paigutamisel valikulist meetodit, et oleks võimalik hõlmata enam-vähem kõik puistu iseärasused. Seetõttu paigutati kogujaid ka häiludesse, järelkasvugruppide alla ja mujale.

Vare kogumine toimus periooditi: 1) 27. juulist 15. oktoobrini 1956 — proovitükkidel nr. 1—4 iga 10 päeva järel (kokku 8 korda), proovitükkidel nr. 5—9 üks kord; 2) 16. oktoobrist 1956 16. maini 1957; 3) 17. maist 27. juulini 1957.

Kogutud õhukuiv vare eristati järgmiselt (sorteerimist hõlbustas tunduvalt mullasõelte komplekti kasutamine): 1) kuuseokkad, 2) männiokkad, 3) kuivanud oksad (neist 90% 1,5 mm jämedusega 1—12 cm pikkused kuuseoksad, 10% männioksad), 4) kooretükid (80% männikorba soomuseid), 5) käbid, 6) määramata materjal (peenike purutaoline materjal, mis läbib 0,5 mm sõela ja milles võib eraldada väikesi kooretükke, käbisoomuste ja samblike osi). Loetletud koostisosad kaaluti ja määrati nende niiskussisaldus.

Vare hulk, koostis ja langemise dünaamika

Ühe aasta jooksul maapinnale langeva vare hulgad (joon. 1) olid ligikaudu ühesuured kõigil Koikse vahtkonnas asuvatel proovitükkidel (proovitükkidel nr. 1 ja 4 — 2623 kg/ha, proovitükil nr. 2 — 2550 kg/ha ja proovitükil nr. 3 — 2415 kg/ha).

Abru vahtkonna proovitükkidel olid vare hulgad märgatavalt väiksemad ja erinevused nende vahel suuremad. Kõige vähem moodustus varet proovitükil nr. 7 — 886 kg/ha; peaaegu võrdselt oli varet proovitükkidel nr. 6 ja 9 — 1353 ja 1387 kg/ha; proovitükil nr. 8 oli teda 1536 kg/ha ja kõige rohkem varet oli langenud proovitükil nr. 5 — 1834 kg/ha.

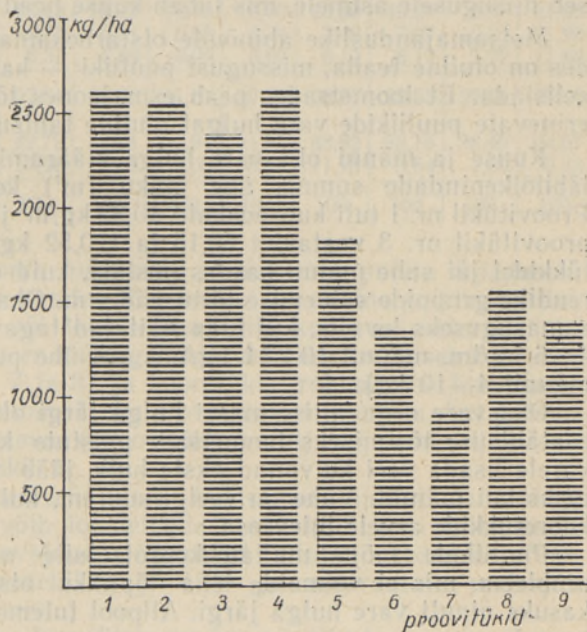
Esitatud andmed näitavad, et vare hulk väheneb kasvukohatingimuste halvenedes; võrdsete kasvukohatingimuste puhul on vare hulgad ühesuured. Erandiks on proovitükk nr. 8, kus vare hulk oli ligi 2 korda suurem mullastikutingimustelt võrdlemisi sarnasest proovitükist nr. 7 ja suurem ka paremate kasvukohatingimustega proovitükkidest nr. 6 ja 9.

Väiksem vare hulk halvemate kasvukohtade puhul on tingitud puude väiksematest dimensioonidest ega sõltu eriti puude arvust, kuna see võib ühevanuselistel puistudel korral olla siin suurem kui heades kasvukohtades (näit. proovitükkidel nr. 1 ja 7). Põhjuseks pole ka niivõrd puude väike kõrgus ja diameeter kui nende hõredad võrad ja harv okastik.

Mitmete autorite (Зонн, 1954; Мина, 1954; Смирнова, 1951 a ja b) uurimised näitavad, et ühesuguste kasvukohatingimuste puhul on metsa vare hulk mitmesugustest puistu omadustest, millest olulisemateks on metsa vanus ja liigiline koosseis. Vare hulk on suurim puistu jooksva juurdekasvu kulminatsioonil (40–60 a. vanuses) ja ta langeb puistu vananedes. Puistu koosseisu mõju vare hulgale on puistu puuliikide bioloogilistest omadustest.

Loometsade vare hulk ei peegelda puistute iseärasusi; see oli võrdsete kasvutingimustega aladel ühesuune (proovitükid nr. 1/4, 2/3 ja 6/9). Üheks puistute mõju vähendavaks teguriks vare moodustumisel on loometsade ebaühtlane koosseis: mullastikutingimuste varieerumise tõttu esineb väikesel, mõnekümne ruutmeetri suurusel alal mitmesuguse kasvukäiguga puid, mille juurdekasvu langus saabub erinevatel aegadel (vahe võib olla kuni 30 aastat) (Sepp, 1957).

Võrreldavate puistute paarides ei olnud vanuste erinevused suured (tabel 1), kuid liigilises koosseisus ja puude arvus on ilmsed vahed.



Joon. 1. Ohukuiva vare aastane hulk kg/ha.

Proovitükil nr. 1 (9 Ku 1 Mä) kasvab ühe hektari kohta 744 kuuske ja 112 mändi, proovitükil nr. 4 (5 Ku 5 Mä) on kuuskede arv ligikaudu sama suur (776), kuid mände on üle 5 korra rohkem (584). Analoožilisi erinevusi on ka teistel proovitükkidel, mille vare hulgad tegelikult on võrdsed (proovitükid nr. 2/3, 6/9).

Puuliikide vähemärgatav mõju vare üldhulgale on loometsades seletatav kehvade kasvutingimustega, mis ei võimalda kitsama ökoloogilise amplituudiga kuuse bioloogilistel iseärasustel täielikult avalduda: tema võra ja okastik jäävad siin alati hõredaks. Kasvukoha metsakasvatustlik efekt, mille määravad loometsas eeskätt mullastikutingimused, asetab vare üldhulgale teatavad piirid, mida ei saa liigilise koosseisu reguleerimisega oluliselt muuta. Võimalus selleks avaneb alles siis, kui mullaviljakus tõuseb niisugusele astmele, mis lubab kuuse head kasvu ja arenemist.

Metsamajanduslike abinõude otstarbekamaks rakendamiseks loometsades on oluline teada, missugust puuliiki — kas mändi või kuuske — tuleb eelistada. Et loometsades peab esmajoones tõstma muldade viljakust, on erinevate puuliikide vare hulgal oluline tähtsus.

Kuuse ja männi okasvare hulga määramiseks tegime kindlaks nende läbilõikepindade summa ühe ühiku (m^2) kohta tuleva okaste koguse. Proovitükil nr. 1 tuli kuuseokkaid $40,82 \text{ kg}/m^2$ ja männiokkaid $139,50 \text{ kg}/m^2$, proovitükil nr. 3 vastavalt $53,15$ ja $120,52 \text{ kg}/m^2$. Kõikidel teistel proovitükkidel jäi suhe männi kasuks püsima, kuid oli kuuse järelkasvu ja noorendike gruppide esinemise tõttu väiksem. Okaste produktiooni suhe jääb samasuguseks ka siis, kui tuua näitajad tagavara ühe tihumetri (kuusel $4-6 \text{ kg}/\text{tm}$, männil $10-14 \text{ kg}/\text{tm}$) või ühe puu kohta (kuusel $1,5-2 \text{ kg}$, männil $4-10 \text{ kg}$).

Okasvare orgaanilise massi hulga järgi otsustades pole põhjust kuuse osatähtsuse tõstmiseks loometsade puistute koosseisus. Kui kuuseokaste varele lisada veel kuivanud okste hulk, jääb vare üldhulk siiski väiksemaks kui männil. Vahe on veelgi suurem, kui viimasele juurde arvestada kooretükkide arvele tulev osa.

Puuliikide mõju mullatekkeprotsessile on omaette komplitseeritud probleem, mis ei võimalda teha lõplikku otsust ühe või teise puuliigi kasuks ainult vare hulga järgi. Allpool tuleme selle küsimuse juurde veel tagasi.

Kirjanduse andmed vare hulga kohta (Зонн, 1954; Мелехов, 1957; Ремезов jt., 1949; Смирнова, 1951 a ja b) on üldjoontes erinevad, olenedes metsa tüübist, puistu metsakasvatustlikest omadustest ja geograafilisest rajoonist, kus vastavad uurimised teostati. Keskmisteks suurusteks loetakse kuusikutes $6000 \text{ kg}/\text{ha}$ ja männikutes $4100 \text{ kg}/\text{ha}$ (Зонн, 1954; Роде, 1955). Loometsade vare hulk on nendest näitajatest 2—5 korda väiksem ja halvemates kasvukohtades (näit. proovitükil nr. 7) ka samblikumännikute vare hulgast madalam (Мелехов, 1957).

Eriti oluline paepealsetel muldadel on intensiivne aine ja energia ringkäik metsataimestiku ja mulla vahel. Sellest oleneb mullatekkeprotsessi kiirus ehk teiste sõnadega — muldade viljakuse tõus. Loometsades rakendatavad metsamajanduslikud abinõud peavad kindlustama niisuguse majandamisviisi, mille juures paepealsed on pidevalt metsaga kaetud ja ei vähene maapinnale langeva orgaanilise aine hulk. Esimeseks mõõdapääsematuks sammuks siin on loometsade viimine II grupi koosseisust I grupi alla. Loometsade mullakaitsele tähtsusele ja eriliste raieviiside rakendamise vajadusele juhtisid metsakasvatajad tähelepanu juba palju aastaid tagasi (Kosenkranius, 1929; Schabak, 1928 ja 1933).

Vare osatähtsuse hindamisel metsataimestiku ja mulla vahel toimivas ainete ringkäigus on oluline teada üksikute komponentide osa vare üldhul-

gas (tabel 3), sest puurindest pärinev materjal ei ole ühesuguse keemilise koostise ja lagunemiskiirusega.

Vare aastase hulga mehaaniline koostis %-des

Tabel 3

Koostisosad	Proovitükid								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kuuseokkad	38,60	32,89	34,69	28,45	25,94	29,21	19,05	10,13	18,95
Männiokkad	16,80	21,89	23,93	37,39	35,21	30,74	51,58	59,26	30,67
Kokku	55,40	54,78	58,62	65,84	61,15	59,95	70,63	69,39	49,62
Kuivanud oksad	14,85	15,42	15,92	12,42	16,99	15,50	10,27	9,43	21,52
Kooretükid	3,26	6,21	5,71	6,69	6,74	7,18	7,09	12,31	11,90
Määramata materjal	8,95	6,31	7,69	6,99	6,97	6,19	8,17	7,27	11,63
Kokku	27,06	27,94	29,32	26,10	30,70	28,87	25,53	29,01	45,05
Okkad ja muu kokku	82,46	82,72	87,94	91,94	91,85	88,82	96,16	98,40	94,67
Käbid	17,54	17,28	12,06	8,06	8,15	11,18	3,84	1,60	5,33
Kõik kokku	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Vare koostisosade vahetõrja määravad esmajoones puistu omadused; kasvukohatingimuste mõju on kaudne. Esimestest on oluline puistu liigiline koosseis, mis määrab ühele või teisele puuliigile kuuluva materjali osa vare üldhulgas. Nii on männi enamusega puistute vare koostises kuivanud oksti vähem (proovitükid nr. 7 ja 8) ja kooretükke rohkem kui kuusikutes (proovitükid nr. 1, 2, 3). Kuivanud okste protsent on suurem, kui puistus esineb tihedalt kuuse järelkasvu (proovitükk nr. 6) või rohkesti IV—V kasvuklassi kuuski (proovitükk nr. 9).

Üksikute komponentide protsent vare üldhulgas muutub suhteliselt väikestes piirides, mistõttu võib loometsade keskealiste kuni raieküpsete puistute vare koostise kohta avaldada järgmised näitajad: okkaid 50—70%, kuivanud oksti 13—20%, kooretükke 5—10% ja määramata materjali 6—10%.

Metsa vare lagunemine ja humifitseerumine on tihedas seoses ilmas-tiku, mullafauna ja eriti mikrofloora elutegevuse sesoonsete seaduspärasustega. Seepärast on vaja teada eri perioodidel maapinnale langeva vare hulka ja koostist, milleks korraldati Koikse vahtkonna proovitükkidel vastav uurimine. Selle kohta tabelis 4 ja joonistel 2—6 esitatud andmed võimaldavad teha rea järeldusi.

Vare langemine ei toimu aasta kestel ühesuguse intensiivsusega. Kõige enam varises suvisügisel perioodil (27. juulist 15. oktoobrini): 80 päeva jooksul moodustus 40—50% varet aastast kogusest. Talvise perioodi (16. oktoobrist 16. maini) 212 päeva jooksul langes 30—40% varet ja kevadsuvisel perioodil (17. maist 27. juulini) 71 päeva jooksul 20% aastast vare hulgast. 60—70% varest langes vegetatsiooniperioodil, millal valitsevad soodsad mikrobioloogilised tingimused orgaanilise aine lagunemiseks. See on üks põhjusi, miks loometsade vare mineraliseerumine toimub kiiresti ja metsakõdu hulk on väike.

Vare koostis eri perioodidel ei ole ühesugune. Okaste aastast kogusest langes suvisügisel 50—55%, talvel 25—30% ja kevadsuvel 20%, kuid üksikute puuliikide järgi on vahetõrjad teistsugused.

Kuuseokkaid langes suvisügisel perioodil 40—50%, talvel 40—45% ja kevadsuvel 5—20%. Kuna peaaegu pool raskesti lagunevate kuuseokaste aastast hulgast langeb talvel, on nende mineraliseerumine veelgi aegla-

Vare langemise dünaamika %-des

Koostisosad	Perioodid*			Proovitükk nr. 1			Proovitükk nr. 2			Proovitükk nr. 3			Proovitükk nr. 4		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Kuuseokkad	45,11	44,69	10,20	49,12	38,02	12,86	49,12	38,02	12,86	44,17	45,52	10,31	37,70	43,20	19,10
Männiokkad	49,83	5,47	44,70	64,56	17,86	17,58	64,56	17,86	17,58	56,48	6,60	26,92	67,62	9,75	22,63
Kokku	46,60	32,80	20,60	55,29	29,96	14,75	55,29	29,96	14,75	53,25	29,71	17,04	54,75	24,15	21,10
Kuivanud oksad	29,41	56,51	14,08	43,41	30,13	26,46	43,41	30,13	26,46	33,79	49,59	16,62	35,22	47,21	17,57
Kooretükid	24,45	46,71	28,84	25,03	38,41	36,56	25,03	38,41	36,56	27,82	42,82	29,36	25,40	46,10	28,50
Määramata materjal	48,78	23,11	28,11	52,01	25,49	22,50	52,01	25,49	22,50	46,98	21,94	31,08	67,07	15,16	17,77
Kokku	35,26	44,39	20,35	33,53	38,33	28,14	33,53	38,33	28,14	36,10	41,00	22,90	42,54	37,15	20,31
Okkad ja muu kokku	42,83	36,62	20,55	48,04	32,77	19,19	48,04	32,77	19,19	47,57	33,43	19,00	50,92	28,14	20,94
Käbid	31,71	64,23	4,06	41,86	51,58	6,56	41,86	51,58	6,56	78,00	18,20	3,80	57,26	39,47	3,27
Kõik kokku	40,87	41,47	17,66	46,98	36,02	17,00	46,98	36,02	17,00	51,23	31,59	17,18	51,43	29,05	19,52

* I periood: 27. VII — 15. X 1956.

II " " 16. X 1956 — 16. V 1957.

III " " 17. V — 27. VII 1957.

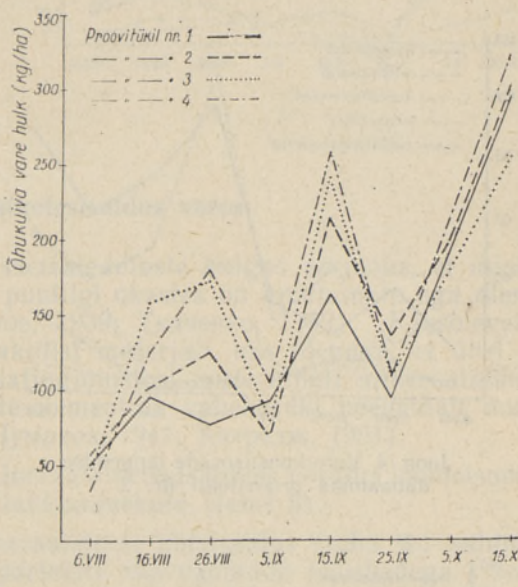
sem; mistõttu metsakõdu koostises — eriti kevadel ja sügisel — leidub alati rohkem kuuseokkaid.

Männiokaste lagunemine toimub paremates tingimustes, sest vegetatsiooniperioodil langes neid 80—90% (suvisügisel 60—70%, kevadsuvel 20—30%) ja talvel ainult 10%.

Loometsade vare raskemini mineraliseeruvat materjali — kuivanud oksti — langes vegetatsiooniperioodil 50—60%, talvel 40—45%. Kooretükkide varisemine, mille lagunemine toimub samuti aeglaselt, oli suvisügisel ja kevadsuvel peaaegu võrdne (25—35%) ja talvel mõnevõrra suurem (40—45%). Määramata materjalist langes suvisügisel 50—60%, kevadsuvel 20—30% ja talvel 15—25%. Kuigi siin põhimassi moodustavad raskemini lagunevate materjalide tükikesed (kooretükid, käbisoomused jm.), võib oletada, et nende mineraliseerumine toimub kiiresti osakeste väikese suuruse tõttu.

Metsakõdu üldhulga tunduvalt vähenemist kesksuvel ei saa seletada ainult paremate lagunemistingimustega (loometsades puudub sel ajal A_0 -horisont sageli täielikult), nagu näiteks väidavad Abramova (1947) ja Moltšanov (1952). Siinjuures tuleb kindlasti arvestada asjaolu, et just sel perioodil on vare hulk kõige väiksem ja tema põhilise osa moodustab paremini lagunev materjal. Seda tõendavad peale eespool toodud keskmiste näitajate ka vare langemise dünaamikat suvisügisperioodil kujutavad joonised 2—6.

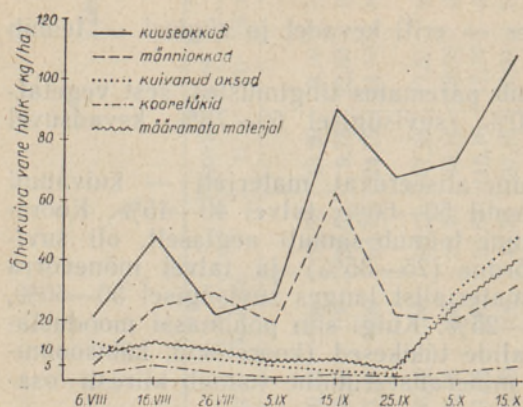
Sügise saabudes toimus kõikidel proovitükkidel ühetaoliselt vare üldhulga perioodiline suurenemine (joon. 2), mis moodustas ainuüksi vaatlusperioodi viimase kümne päeva jooksul (5.—15. oktoobri) üle 60% kevadsuvisse perioodi (72 päeva) vältel kogunenud hulga. Nii näiteks oli 10-päevane vare hulk proovitükil nr. 1 296 kg/ha ja kevadsuveperioodil 463 kg/ha; proovitükil nr. 3 olid vastavad näitajad 256 ja 415 kg/ha.



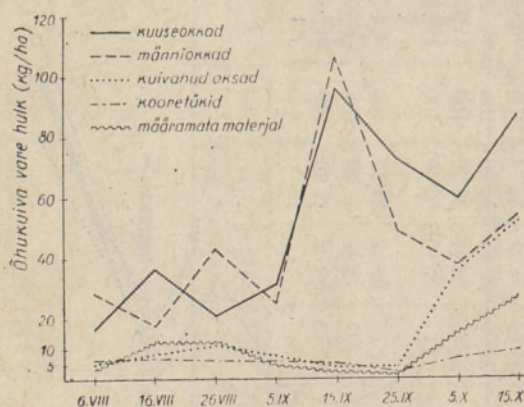
Joon. 2. Vare üldhulga langemise dünaamika.

Analoogiliselt vare üldhulga langemisele oli samade koostisosade langemine eri proovitükkidel enam-vähem ühesugune (joon. 3—6). Üksikute koostisosade langemine samal proovitükil oli aga erinev, mistõttu vare üldhulga perioodiline suurenemine siin ei kajastu.

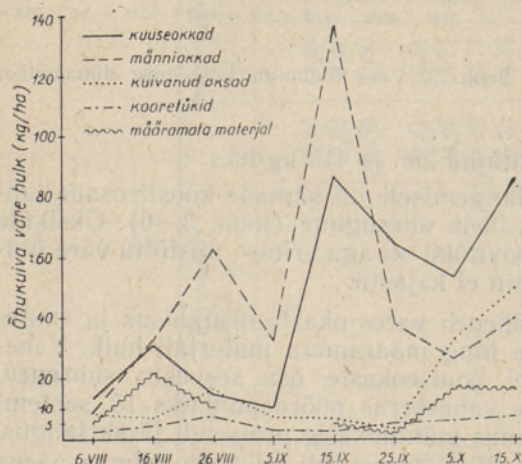
Vegetatsiooniperioodi lõpul väheneb vares okaste osatähtsus ja suureneb kuivanud okste, kooretükkide ning määramata materjali hulk. Vähenemine toimub männiokaste arvel, kuuseokaste osa seevastu suureneb. Kõikidel proovitükkidel oli okaste vahekorras pöördepunktiks 15. september: sellest kuupäevast alates toimus männiokaste protsendi järsk langus, kuna kuuseokaste protsent tõusis. Vaatlusperioodi viimase kümne päeva jooksul varises sama palju kuuseokkaid kui kogu kevadsuvisse perioodi vältel: proovitükil nr. 1 oli 10-päevane okaste hulk 109 kg/ha ja kevad-



Joon. 3. Vare koostisosade langemise dünaamika proovitükil nr. 1.



Joon. 4. Vare koostisosade langemise dünaamika proovitükil nr. 2.



Joon. 5. Vare koostisosade langemise dünaamika proovitükil nr. 3.

suvine kogus 103 kg/ha; proovitükil nr. 3 olid vastavad andmed 387 ja 86 kg/ha. Männiokkaid langes aga 4–5 korda vähem.

Kuivanud okste, koaretükide ja määramata materjali hulga märgatav tõus algas kõikidel proovitükkidel 25. septembril. Vaatlusperioodi lõpul kogutud materjalis oli kuivanud oksti peaaegu sama palju kui kogu kevadsuvises vares (proovitükil nr. 1 — vaatlusperioodi lõpul 47 kg/ha, kevadsuvel 53 kg/ha; proovitükil nr. 3 vastavalt 51 ja 64 kg/ha).

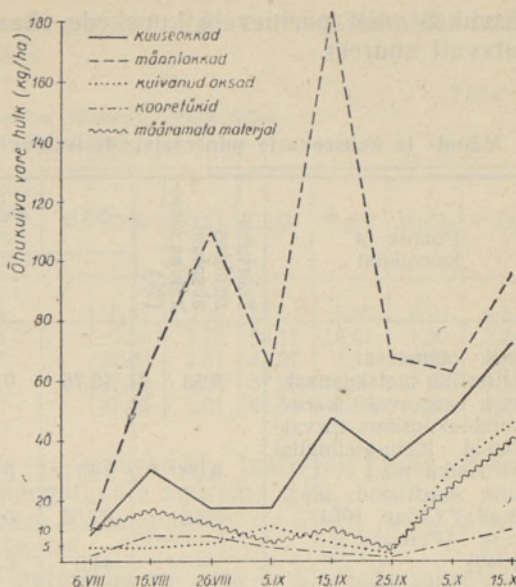
Kuna vare langemine oli kõikidel proovitükkidel põhijoontes ühesugune, võib seda lugeda iseloomulikuks kogu loometsade tüübirühmale. Vaatamata ühesugustele puuliikidele ja meteoroloogilistele tingimustele, võib see teistes metsatüüpides olla mõnevõrra erinev (Мелехов, 1957).

Vare hulka ja langemise seaduspärasusi võivad muuta juhuslikud põhjused, nagu kahjurite rüüste, seenhaigused, lageraie kõrvalasuvates puistutes vm. Proovitükil nr. 8 oli näiteks 1956. a. septembri—oktoobri vares erakordselt suur kogus männiokkaid (583 kg/ha), mis ületas vastava hulga teistel proovitükkidel 4–5-kordselt. Selline intensiivne männiokaste langus ühel proovitükil oli ilmselt vastuolus nende varisemisega teistel proovitükkidel. Põhjuseks osutus siin pudetõve (*Lophodermium pinastri*) tugev kahjustus, mille tagajärjel eelmisel aastal nakatatud okkad sügiseks kolletasid ja maha langesid.

Ühe aasta vaatlusandmed ei võimalda veel teha lõplikke järeldusi vare üldhulga kohta, sest peale juhuslike põhjuste mõjustavad seda veel meteoroloogilised tingimused. Tavaliselt koguneb varet kuivematel aastatel vähem kui niisketel

(Зонн, 1954; Ковалевский, 1953). Kuna 1956. aasta oli sademeterikas, võib oletada, et ka mitme aasta keskmine vare hulk loometsades ei kujune meie andmetest väiksemaks. (1957. aasta uurimised näitasid, et suvisügiseseid vare hulga olid peaaegu võrdsed vastavate 1956. aasta hulkadega.)

Joon. 6.
Vare koostisosade
langemise dünaamika
proovitükil nr. 4.



Mineraalainetesisaldus vares

Veel hiljuti levis mulla- ja metsateadlaste hulgas arvamus, et mineraalainetesisaldus ühe ja sama puuliigi okastes on muutumatu ega olene kasvukohatingimustest (Степанов, 1939; Ткаченко, 1952). Käesolevaks ajaks on kogunenud rohkesti faktilist materjali, mis tõendab, et ühel ja samal puuliigil oleneb kasvukohatingimustest mitte ainult mineraalainete üldsisaldus okastes, vaid üksikute elementide vahetorki peegeldab muldade iseärasusi (Зонн, 1954; Шумаков, 1941; Китредж, 1951).

Kuuse ja männi elusokaste mineraalainetesisalduse võrdlus loometsades ja teistes kasvukohtades näitab lahkuminekuid (tabel 5).

Lookuuskede okastes on mineraalainete üldsisaldus (tuha %) suhteliselt kõrge (3,53%) ja võrdne parimate kasvukohtade kuuskedega. Seevastu loometsade männiokastes on mineraalaineid ligi kaks korda vähem, võrreldes teiste kasvukohtadega, ja üle 2,5 korra vähem kui loometsade kuuseokastes.

SiO_2 -sisaldus on loomuldadel mõlema puuliigi (eriti männi) okastes tublisti madalam kui teistel muldadel kasvavatel puudel. Kuuseokaste SiO_2 -sisaldus (13,76%) on lähedane kehvald leedemuldadel kasvavate puude omaga.

Fe_2O_3 leidub nii loopealse kuuse kui ka männi okastes ligikaudu nii sama palju kui teistelt muldadel pärinevas materjalis. Seetõttu on kaheldav Rode (1955, lk. 271) väide, et huumus-karbonaatmuldadel kannatavad puud, eriti mänd, raua puuduse all, mis väljendub okaste kloroosis. Viimaste heleroheline või kollakas värvus võib olla tingitud ka mitmest muust tegurist.

Võrreldes teiste kasvukohtadega on CaO -sisaldus loomuldadel kuuse okastes 20–25% võrra suurem, männil aga mõnevõrra väiksem.

MgO hulk lookuuse okastes on võrdne tema sisaldusega parematelt

kasvukohtadelt pärinevate kuuskede okastes; männiokastes on see märgatavalt suurem.

Tabel 5

Männi- ja kuuseokaste mineraalainetesisaldus erinevates kasvukohatingimustes *

Puuliik ja kasvukoht	Toortuhasisaldus absoluut-kuiwas aines (%)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
		% tuha kaalust					
Kuusk loometsas (Kuusiku metskonnas)	3,53	13,76	0,89	52,29	4,75	0,97	5,05
Kuusk soostuvas karusamblakuusikus turvastunud kõdu-gleimullal (Kuusiku mk.)	3,09	18,77	0,65	30,42	6,51	1,24	7,44
Kuusk leostunud mustmullal (Зонн, 1954)	3,56	21,85	0,58	30,97	4,73	4,17	—
Kuusk (Ремезов jt., 1949)	—	44,3	0,80	29,10	1,70	0,60	—
Kuusk liitkuusikus (Смирнова, 1951a ja b)	3,54	20,09	0,23	28,88	4,81	2,67	—
Kuusk tugevasti leetunud leedemullal (Роде, 1955)	3,02	14,9	—	31,8	5,3	4,3	6,6
Mänd loometsas (Kuusiku mk.)	1,33	2,76	0,89	24,34	9,35	0,78	16,12
Mänd leostunud mustmullal (Зонн, 1954)	2,43	8,60	1,00	26,60	7,10	3,60	—
Mänd (Шумаков, 1941)	2,30	—	—	47,34	5,60	—	3,25

* Loometsade kohta on toodud viielt puult kogutud andmete keskmine summa, kusjuures analüüside tulemused ei erinenud üle 2%.

MnO-sisaldus on eespool nimetatud mineraalainetest üldiselt väiksem, eriti männil.

Väga kõrge fosforisisaldusega on männiokkad; selle poolest ületavad nad isegi viljakatel muldadel kasvanud tammede lehed (Мина, 1951). Kuuseokaste P₂O₅-sisaldus loomuldadel on natuke madalam kui kehvald leetmuldadel.

Okaste suremisel toimuvad nende koostises muutused, mistõttu vareokaste mineraalne koostis erineb elusokastest. Üheks okaste keemilise koostise muutumise põhjuseks on sügisene toitelementide ja orgaaniliste ainete äravool. Orgaanilise osa vähenemise arvel tõuseb vareks muutunud okaste tuhasisaldus (tabel 6).

Tamme ja vahtra mahalangenud lehtede koostise muutumist põhjendatakse veel toitainete väljauhtumisega sademete poolt (Мина, 1951). Küi-das see okastes toimub, ei ole täpselt teada, kuid arvestades nende pikka iga (männil 2—5, kuusel 5—12 aastat), võivad siin avaldada tunduvalt mõju nii sisemised biogeensed kui ka välised tegurid. Burges'i (1956) uurimused näitavad, et okastest uhutakse välja suurem osa fosforit kohe pärast rakkude suremist. Tõenäoliselt on sellega seletatav ka meie tabelist 5 ja 6 ilmnev suur erinevus elusokaste ja vare fosforisisalduses.

Kuuseokastes on muutused väiksemad ja peale fosfori väheneb märgatavalt ainult raua hulk. SiO₂ osa suureneb mõnevõrra.

Männi elus- ja vareokaste koostises on erinevused suuremad. Fosfori-

sisaldus väheneb vares neljakordselt, kõikide teiste mineraalühendite hulk aga suureneb peaaegu kahekordselt.

Tabel 6

Mineraalainetesisaldus loometsa vare tuhas
(protsentides)

Vare koostisosad	Toortuhasisaldus absoluut-kuivas aines	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
Kuuseokkad	4,43	15,61	0,39	52,94	5,39	0,80	2,01
Männiokkad	1,48	7,26	1,79	56,11	16,61	1,30	3,74
Kuivanud oksad	2,07	27,08	2,81	44,27	4,43	0,67	4,68
Kooretükid	3,17	37,58	1,86	37,93	2,10	0,28	1,24
Määramata materjal	3,10	37,65	2,01	36,54	1,98	0,26	1,32

Kuivanud okste, kooretükkide ja määramata materjali tuha mineraalne koostis erineb okastest märgatavalt suurema SiO₂-sisalduse poolest. CaO hulk on tunduvalt väiksem. Tähelepanev on Fe₂O₃ ja P₂O₅ hulk okaste tuhas, olles kõrgem kui okastes.

Kooretükkides ja määramata materjalis on tuha ja üksikute mineraalühendite sisaldus praktiliselt ühesugune, mis tõenäoliselt on tingitud kooretükikeste suurest osatähtsusest määramata materjalis. MgO- ja P₂O₅-sisaldus samas on väiksem kui okastes ja okstes; Fe₂O₃ hulk on märgatavalt suurem ja võrdne tema sisaldusega männiokastes.

Vare koostisosadega mulda tagastatavate mineraalainete hulga määramisel omab tähtsust viimaste hulk õhukuivas* aines, mille kohta on toodud andmed tabelis 7.

Tabel 7

Mineraalainetesisaldus loometsa vares
(%-des õhukuiva aine kohta)

Vare koostisosad	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
Kuuseokkad	0,68	0,018	2,30	0,24	0,035	0,088
Männiokkad	0,11	0,027	0,83	0,25	0,019	0,056
Kuivanud oksad	0,55	0,059	0,92	0,09	0,013	0,098
Kooretükid ja määramata materjal	1,20	0,059	1,21	0,07	0,09	0,039

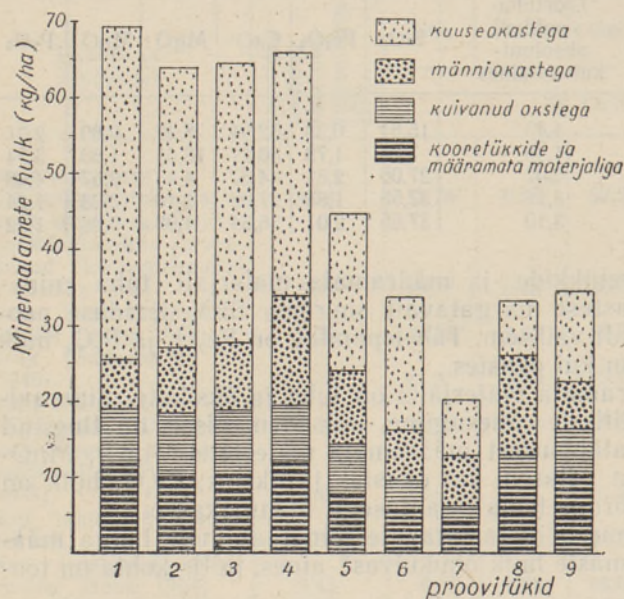
SiO₂ tagastatakse kõige enam kooretükkidega; okstega ja kuuseokastega tagastatakse teda kaks korda vähemas koguses ja männiokastega kümme korda vähemas koguses. Fe₂O₃ leidub maapinnale langenud okstes ja kooretükkides üle kahe korra vähem kui okastes. Lubjaga rikastavad mulla ülemist horisonti kõige enam kuuseokkad ja kooretükid. Männi okastes ja okstes sisaldub CaO võrdselt, seejuures poole vähem kui kuuse okastes. Magneesiumi on okastes kolm korda rohkem kui okstes ja kooretükkides. MnO-sisalduse poolest on esikohal kuuseokkad; muus materjalis leidub seda märgatavalt vähem. Fosforit tuleb maapinnale kõige rohkem kuuseokaste ja okste varega.

Aasta jooksul varega maapinnale langevate mineraalainete üldhulk on loometsades tublisti kõikuv (joon. 7). Kehvemates kasvukohtades (proovitükk nr. 7) tuleb aastas hektari kohta 20 kg mineraalaineid ja

* Vare kaaluti pärast kümnepäevast kuivatamist, millal õhukuiva materjali niiskussisaldus osutus eri perioodidel kogutud vares praktiliselt võrdseks.

paremates lookuusikutes kuni 70 kg (proovitükk nr. 1). Isegi viimane arv on tagasihoidlik, kui arvestada okaspuistutes keskmiseks näitajaks 90—100 kg/ha (Зонн, 1954).

Maapinnale langevate mineraalainete hulk on proovitükkidel üldiselt vastavuses vare hulga (vt. joon. 1). Kuna kuuseokastes on mineraal-



Joon. 7. Aasta jooksul varega maapinnale langevate mineraalainete hulk.

aineid tunduvalt rohkem kui männiokastes ja muus materjalis, on proovitükkidel nr. 2, 4 ja 9 kõrgem mineraalainete üldhulk (võrreldes vare hulga) põhjustatud kuuse suuremast osatähtsusest puistute koosseisus.

On tähelepanuväärne, et kuivanud okste ja kooretükkide poolt mulda tagastatav mineraalainete hulk on küllaltki suur, moodustades keskmiselt 30% (proovitükkides nr. 8 ja 9 üle 40%) tagastatavate mineraalainete üldhulgast.

Metsataimestiku ja mulla vaheliste suhete selgitamisel ja üksikute puuliikide osatähtsuse hindamisel muldade arengus on oluline tea-

da mulda tagastatava üldise mineraalainete hulga kõrval ka üksikute elementide osatähtsust.

Vastavad andmed toome ainult proovitükkide nr. 1 ja 7 kohta arvestusega, et need on loometsade tüübirühmas n. ö. äärmuskasvukohtadeks (tabel 8).

Toodud andmed näitavad, et käsitletavatest elementidest tagastatakse varega mulda kõige rohkem kaltsiumi. See toimub peamiselt kuuseokaste näol, sest võrreldes teiste vare koostisosadega on CaO-sisaldus kuuseokastes märgatavalt suurem. Kõrge karbonaatidesisaldusega loomuldade pealmise horisondi rikastamine kaltsiumiga ei ole aga soovitatav.

SiO₂ tagastatakse ligi kolm korda vähem kui kaltsiumi. Kuuse okste kõrval on siin suur osatähtsus ka kooretükkidel. Näiteks langes proovitükil nr. 7 viimastega mullapinnale peaaegu sama palju SiO₂ (1,61 kg/ha) kui okastega kokku (1,65 kg/ha). Loomulla peeneselise osa suurendamise ja karbonaatsuse vähendamise seisukohalt on teatav tähtsus mulda tagastataval SiO₂ hulgal, mille poolest kõige rikkamad on kuuseokkad.

Teisi mineraalühendeid tagastatakse palju väiksemates kogustes. Järjestades viimased vähenemise suunas, saab järgmise rea: MgO—P₂O₅—Fe₂O₃—MnO.

Võrreldes omavahel proovitükke nr. 1 ja 7 näeme, et viimasel langeb varega mulda kõiki mineraalühendeid umbes kolm korda vähem. SiO₂ ja MnO hulkade erinevused on veelgi suuremad, sest nende peamiseks allikaks on kuuseokkad, mida kõnesolevate proovitükkide vares leidub vähem. Teistel proovitükkidel moodustavad tagastatavad mineraalainete hulga

Tabel 8

Aasta jooksul varega mulda tagastatavate mineraalainete hulk (kg/ha)
proovitükkidel nr. 1 ja nr. 7

Vare koostisosad		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
PROOVITÜKK NR. 1	Kuuseokkad	6,880	0,182	23,270	2,420	0,350	0,890
	Männiokkad	0,483	0,118	3,640	1,090	0,084	0,246
	Kokku	7,363	0,300	26,910	3,510	0,434	1,136
	Kuivanud oksad	2,140	0,229	3,570	0,350	0,050	0,382
	Kooretükid ja määramata materjal	3,840	0,189	3,870	0,220	0,029	0,124
	Kokku	5,980	0,418	7,440	0,570	0,079	0,506
Kõik kokku		13,343	0,718	34,350	4,080	0,513	1,642
PROOVITÜKK NR. 7	Kuuseokkad	1,149	0,030	3,888	0,405	0,059	0,148
	Männiokkad	0,503	0,123	3,796	1,143	0,086	0,256
	Kokku	1,652	0,153	7,684	1,548	0,145	0,404
	Kuivanud oksad	0,500	0,053	0,837	0,081	0,018	0,089
	Kooretükid ja määramata materjal	1,611	0,079	1,625	0,094	0,012	0,052
	Kokku	2,111	0,132	2,462	0,175	0,030	0,141
Kõik kokku		3,763	0,285	10,146	1,723	0,175	0,545

mitmesuguseid vaheastmeid proovitükkide nr. 1 ja 7 vastavate hulkade vahel.

Mitmekordne erinevus metsa ja mulla vahel toimuva ainevahetusprotsessi intensiivsuses ühel ja samal mullaerimil asuvatel proovitükkidel nr. 1 ja 7 on järjekordseks tõendiks, et loomuldade metsakasvatustlikke omadusi ei saa iseloomustada ainult peeneselise horisondi tusedusega.

Eespool ilmnes, et langeva vare hulga poolest ei ole kuusel männiga võrreldes olulisi eeliseid. Mineraalainetesisaldus oli küll kuuseokastes märgatavalt suurem kui männil, kuid kõrge lubjasisalduse tõttu pidurdab kuuse okasvare loomuldade viljakuse tõusu. Milline puuliik seda soodustab, selle väljaselgitamiseks tuleb analüüsida männi- ja kuusevare lagunemisel tekkivaid huumusaineid. Seejuures tuleb silmas pidada, et kuigi männi osatähtsus mulla ülemiste horisontide mullatekkeprotsesside kiirendamisel on väiksem, ei tohi seda alahinnata. Sügavale paelõhede vahele tungiv männijuurestik intensiivistab pae lagunemist; tekkinud pragudesse aga kuhjub orgaanilist ainet ja areneb mikrobioloogiline tegevus. Järelikult tuleb loomuldade parandamise seisukohast hinnata männi-kuuse segapuis-tuid. Puuliikide optimaalse vahekorra neis peab välja selgitama edaspidine uurimistöö.

KIRJANDUS

- Burges, A., 1956. The Release of Cations during the Decomposition of Forest Litter. Trans. 6th Int. Congr. Soil. Sci., vol. B. Paris.
- Kosenkranius, H., 1929. Loopealsetest metsadest Saaremaa läänerrannikul. «Eesti Mets», nr. 11/12.
- Schabak, E., 1928. Harjumaa pae- ja kaljutüübi rühmadest. «Eesti Mets», nr. 10.
- Schabak, E., 1933. Paljasraiestikest. «Eesti Mets», nr. 10.
- Sepp, R., 1957. Loomuldade metsakasvatustilikest omadustest. «Looalade metsastamise ja loometsade majandamise küsimusi». Tartu.
- Абрамова М. М., 1947. Сезонная изменчивость некоторых химических свойств лесной подзолистогой почвы. Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXV. М.—Л.
- Зонн С. В., 1954. Влияние леса на почвы. Изд. АН СССР. М.
- Китредж Дж., 1951. Влияние леса на климат, почвы и водный режим. Изд. ИЛ. М.
- Ковалевский А. К., 1953. Залежність кількості відпаду листя від метеорологічних умов. Питання лісового ґрунтознавства та екології лісу. АН Укр. РСР, Київ.
- Мелехов И. С., 1957. Об отложении лесной подстилки в зависимости от типа леса. Тр. Архангельского лесотехнического ин-та, т. XVII.
- Мина В. Н., 1951. Зольный обмен в дубовых лесах на различных почвах. Тр. ин-та леса АН СССР, т. VII. М.
- Мина В. Н., 1954. Взаимодействие между древесной растительностью и почвами в некоторых типах дубового леса южной лесостепи. Тр. ин-та леса АН СССР, т. XV. М.
- Молчанов А. А., 1952. Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах. Изд. АН СССР. М.
- Ремезов Н. П., Смирнова К. М., Быкова Л. Н., 1949. Некоторые итоги изучения роли лесной растительности в почвообразовании. Вестник МГУ, № 6.
- Роде А. А., 1955. Почвоведение. М.—Л.
- Смирнова К. М., 1951a. Круговорот азота и зольных элементов в ельнике-зеленомошнике. Вестник МГУ, № 3.
- Смирнова К. М., 1951b. Круговорот азота и зольных элементов в ельниках сложных. Вестник МГУ, № 10.
- Степанов Н. Н., 1939. Химические свойства лесной подстилки как основного фактора естественного возобновления. Тр. по лесн. опытн. делу Центр. лесн. опытн. ст., вып. II.
- Сукачев В. Н., 1947. Основы теории биогеоценологии. Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской соц. рев., ч. II. М.
- Ткаченко М. Е., 1952. Общее лесоводство. М.—Л.
- Шумаков В. С., 1941. Динамика разложения растительных остатков и взаимодействие продуктов их разложения с лесной почвой. Исследования по лесному почвоведению, Труды ВНИИЛХ, т. I, вып. 27.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Saabus toimetusse
21. IV 1958

КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ ЛЕСНОГО ОПАДА В АЛЬВАРНЫХ ЛЕСАХ

Р. А. Сепп

Резюме

Исследование количества годичного опада, его состава и динамики опадения производилось в 1956—1957 гг. на 9 постоянных пробных площадях лесничества Куузику, таксационная характеристика которых приведена в табл. 1. Пробные площади находились на очень маломощных и маломощных перегнойно-карбонатных почвах (рендзинные, или альварные почвы) с мощностью мелкоземистого слоя в 4,4—14,7 см (табл. 2). Степень разложения материнской породы — известняка — была различна. На лучших местах произрастания (пробные площади 1—4) на глубине 30 см соотношение между кусками известняка и мелкозема было 1:10, а массивный неразложившийся известняк находился уже на глубине 20—30 см. На участках с относительно хорошими

почвенными условиями произрастали насаждения III—IV класса бонитета с преобладанием ели. По мере ухудшения почвенных условий участие сосны в насаждениях увеличивается и господствуют насаждения IV—V бонитета. Возраст насаждений на исследованных участках колебался от 51 года до 124 лет.

Исследования показали, что количество опада уменьшается в зависимости от ухудшения почвенных условий, что обусловлено главным образом редкой кроной и охвоением деревьев, растущих на худших местах произрастания. Количество воздушно-сухого опада составляло на более плодородных местах произрастания 2400—2600 кг/га и на менее плодородных — 900—1300 кг/га (рис. 1).

В насаждениях с одинаковыми почвенными условиями, но с различным видовым составом, количества годичного опада практически были одинаковы. Незначительное влияние древесных пород на количество опада объясняется тем, что в скудных условиях произрастания альварных лесов крона ели всегда остается редкой. Количество опада, образованного елью, было в 3—4 раза меньше, чем у сосны.

По отдельным составным частям в общем количестве опада хвои было 50—70%, сухих веток — 13—20%, кусочков коры — 5—10% и неопределенного материала (мелкий материал, в котором можно различить небольшие кусочки коры, чешуйки шишек и т. п.) — 6—10% (табл. 3).

Динамика опадения по отдельным составным частям и временам года различна. Зимой опадало до 40—45% от общего количества еловой хвои, сухих веток и кусочков коры, а от сосновой хвои — только 10% (табл. 4).

Поскольку в летние месяцы основную массу опада составляет лучше разлагающаяся сосновая хвоя, то минерализация лесной подстилки происходит быстро. Это является одной из причин, почему в летние месяцы горизонт лесной подстилки в альварных лесах часто отсутствует.

Общее содержание минеральных веществ (% зольности) в живой еловой хвое равен 3,53%, в сосновой — 1,33%. Отдельных элементов в еловой хвое было (в % от веса золы): SiO_2 —13,76; Fe_2O_3 —0,89; CaO —52,29; MgO —4,75; MnO —0,97 и P_2O_5 —5,08. В живой сосновой хвое: SiO_2 —2,76; Fe_2O_3 —0,89; CaO —24,34; MgO —9,35; MnO —0,78 и P_2O_5 —16,12% (табл. 5).

При отмирании хвои происходят изменения в ее составе, в связи с чем минеральный состав опада отличается от состава живой хвои. Общее содержание минеральных веществ в опавшей хвое увеличилось: в еловой хвое % золы составлял 4,43 и в сосновой хвое — 1,48. В еловой хвое заметно уменьшилось количество P_2O_5 и Fe_2O_3 , а содержание SiO_2 несколько увеличилось. В составе живой и опавшей хвои сосны различий больше. Содержание P_2O_5 в опаде уменьшилось в 4 раза, а участие всех других элементов увеличилось почти вдвое (табл. 6).

Минеральный состав золы сухих веток и кусочков коры отличается от хвои заметно большим содержанием SiO_2 , количество CaO значительно меньше. Заметное количество Fe_2O_3 и P_2O_5 , превышающее содержание таковых в опавшей хвое, имеется в золе сухих веток.

При выяснении интенсивности круговорота минеральных веществ имеет значение их количество в воздушно-сухом веществе (табл. 7). SiO_2 возвращается в наибольшей степени кусочками коры; ветками и еловой хвоей — наполовину меньше, а сосновой хвоей — в 10 раз меньше. Fe_2O_3 в опавших на землю ветках и кусочках коры более чем в 2 раза меньше, чем в хвое. Известью обогащают почву более всего еловая хвоя и кусочки коры. В сосновой хвое и ветках CaO содержится в одинаковом количестве, но наполовину меньше, чем в еловой хвое. Магнезии в хвое в 3 раза больше, чем в ветках и кусочках коры. По содержанию MnO на первом месте стоит еловая хвоя, в остальном материале ее значительно меньше. Фосфора более всего на поверхность земли попадает с еловой хвоей и ветками.

Общее количество возвращаемых минеральных веществ колеблется на исследованных участках в больших пределах — от 70 кг/га на относительно производительных местах произрастания до 20 кг/га на худших (рис. 7). Более всего возвращается CaO ; SiO_2 — почти в 3 раза меньше. Другие элементы возвращаются в значительно меньших количествах, и их можно расположить по нисходящей степени следующим образом: MgO — P_2O_5 — MnO (табл. 8).

DIE MENGE UND ZUSAMMENSETZUNG DES WALDABFALLES IM ALVARENWALD

R. Sepp

Zusammenfassung

Untersuchungen über die Menge und Zusammensetzung des jährlichen Waldabfalles, sowie über die Dynamik des Fallens wurden in den Jahren 1956—1957 auf neun ständigen Probeflächen der Forstei Kuusiku (siehe deren Bestandesbeschreibung in Tabelle 1) durchgeführt.

Die Probeflächen befanden sich auf dünnen und sehr dünnen Humuskarbonatböden (Rendzina- oder Alvarenböden), wo die feinerdige Bodenschicht 4,4—14,7 cm mächtig ist (Tabelle 2).

Der Zersetzungsgrad des Untergrundes (Kalkstein) war verschieden. Auf den besseren Standorten (die Probeflächen Nr. 1—4) war das Verhältnis zwischen Kalksteinstücken und feinerdigem Boden in einer Tiefe von 30 cm 1:10; der massive unzersetzte Kalkstein befand sich 50—60 cm tief. Auf den schlechteren Standorten befand sich der massive Kalkstein schon 20—30 cm tief.

Auf den besseren Standorten wuchsen Bestände der III und IV Bonitätsklasse, vornehmlich Fichten.

Mit der Verschlechterung der Bodenbedingungen nahm der Anteil der Kiefer zu und wurden Bestände der IV und V Bonitätsklasse vorherrschend. Das Alter der Bestände schwankte auf den untersuchten Flächen zwischen 51 und 124 Jahren.

Die Untersuchungen zeigten, dass die Menge des Waldabfalles sich mit der Verschlechterung der Bodenbedingungen vermindert, was hauptsächlich den weniger dichten Kronen und der dürrtiferen Benadelung der auf den schlechteren Standorten wachsenden Bäume geschuldet ist.

Die Menge des lufttrockenen Abfalles war auf den besseren Standorten 2400—2600 kg/ha, auf den schlechteren 900—1300 kg/ha (Abb. 1).

In Beständen mit gleichartigen Bodenbedingungen, doch mit verschiedener Zusammensetzung der Holzarten waren die jährlichen Mengen des Waldabfalles praktisch gleich. Die wenig merkliche Wirkung der Holzarten auf die Menge des Waldabfalles ist dadurch zu erklären, dass in den ungünstigen Wachstumsbedingungen der Alvarenwälder die Fichtenkronen immer undicht bleibt. Die von der Fichte gebildete Menge des Waldabfalles war 3—4-mal kleiner als bei der Kiefer.

Den einzelnen Komponenten nach bestand die Gesamtmenge des Waldabfalles zu 50—70% aus Nadeln, zu 13—20% aus dürrerem Geäst, zu 5—10% aus Rinde- und zu 6—10% aus Mischmaterial (feines schuttartiges Material), worin kleinere Rinde- und Zapfenschuppen und dgl. zu unterscheiden sind (Tabelle 3).

Die Dynamik der Bildung des Waldabfalles ist je nach den einzelnen Komponenten und Jahreszeiten verschieden. Im Winter fiel bei der Fichte 40—45% von der Gesamtmenge der Nadeln, trockenen Zweige und Rinde- und Zapfenschuppen, bei der Kiefer aber bloss 10% (Tabelle 4).

Da in den Sommermonaten die sich besser zersetzenden Kiefernadeln die Hauptmasse des Waldabfalles bilden, erfolgt die Mineralisierung der Waldstreu rasch. Es ist dies auch eine Ursache, warum in den Sommermonaten der Waldstreuhorizont in den Alvarenwäldern oft fehlt.

Die Gesamtmenge der Mineralstoffe (der Aschengehalt) war in den frischen Fichtennadeln 3,53%, in den Kiefernadeln 1,33%. Die Menge der einzelnen Elemente war in den Fichtennadeln (in % vom Aschengewicht): SiO_2 — 13,76, Fe_2O_3 — 0,89, CaO — 52,29, MgO — 4,75, MnO — 0,97 und P_2O_5 — 5,08. In den frischen Kiefernadeln: SiO_2 — 2,76, Fe_2O_3 — 0,89, CaO — 24,34, MgO — 9,35, MnO — 0,78 und P_2O_5 — 16,12 (Tabelle 5).

Beim Absterben der Nadeln erfolgen in ihrer Zusammensetzung gewisse Veränderungen, weswegen die mineralische Zusammensetzung des Waldabfalles sich von der Zusammensetzung der lebendigen Nadeln unterscheidet. Die Gesamtmenge der Mineralstoffe in den Nadeln des Waldabfalles nimmt zu: der Aschengehalt der Fichtennadeln ist jetzt 4,43%, der Kiefernadeln 1,48%. Der Gehalt an P_2O_5 und Fe_2O_3 wird in den Fichtennadeln merklich geringer, der Anteil des SiO_2 nimmt einigermassen zu. Bei der Kiefer sind die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der lebendigen Nadeln und der Nadeln des Waldabfalles noch viel grösser. Der Phosphorgehalt wird im Waldabfalle 4-mal geringer, der Anteil der anderen Elemente verdoppelt sich nahezu (Tabelle 6).

Die mineralische Zusammensetzung der Asche der trockenen Nadeln und Rinde- und Zapfenschuppen unterscheidet sich merklich von der der Nadeln: der Gehalt an SiO_2 ist merklich

grösser, der CaO-gehalt bedeutend kleiner. Beachtenswert ist der grosse Fe_2O_3 - und P_2O_5 -gehalt in der Asche der trockenen Zweige, der den entsprechenden Gehalt in den Nadeln des Waldabfalles übertrifft. Bei der Beurteilung der Menge der von den Bestandteilen des Waldabfalles dem Boden zurückgegebenen Mineralstoffe ist ihre Menge im lufttrockenen Stoff wichtig (Tabelle 7). SiO_2 wird am meisten in Rindestücken zurückgegeben; in Zweigen und Fichtennadeln um die Hälfte weniger, in Kiefernadeln zehnmal weniger. Zweige und Rindestücke, die zu Boden fallen, enthalten 2-mal weniger Fe_2O_3 als Nadeln. Kalk geben dem Boden besonders die Fichtennadeln und Rindestücke. Der CaO-gehalt in den Zweigen und Kiefernadeln ist der gleiche und bildet die Hälfte des CaO-gehalts der Fichtennadeln. Der Magnesiumgehalt der Nadeln ist 3-mal grösser, als der der Zweige und Rindestücke. Der MnO-gehalt ist am grössten in den Fichtennadeln; in den anderen Bestandteilen des Waldabfalles ist er merklich kleiner. Der meiste Phosphor wird dem Boden mit den Zweigen und Fichtennadeln zurückgegeben.

Die Gesamtmenge der jährlich dem Boden zurückgegebenen Mineralstoffe war auf den untersuchten Flächen schwankend: auf den besseren Standorten betrug sie 70 kg/ha, auf den schlechteren 20 kg/ha (Abb. 7).

Am meisten wird CaO zurückgegeben; SiO_2 aber fast dreimal weniger. Andere Elemente werden in merklich kleineren Mengen zurückgegeben; wenn man sie nach der fallenden Menge der zurückgegebenen Stoffe ordnet, so ergeben sie die folgende Reihe: MgO — P_2O_5 — Fe_2O_3 — MnO (Tabelle 8).

*Institut für Zoologie und Botanik
der Akademie der Wissenschaften
der Estnischen SSR*

Eingegangen
am 21. April 1958