

TALLAAMISEN VAIKUTUS MUSTIKKATYYPIN KUUSIKON PINTAKASVILLISUUTEEN

SEPPO KELLOMÄKI

SUMMARY:

GROUND COVER RESPONSE TO TRAMPLING IN A SPRUCE STAND OF MYRTILLUS TYPE

Saapunut toimitukselle 21. 3. 1973

Tutkimuksessa on tarkasteltu eräiden mustikkatyypillä tavattavien metsäkasvilajien kulukskestävyyssuhteita sekä lyhytaikaisen kulutuksen vaikutusta mustikkatyypin pintakasvillisuuden peittävyys- ja biomassasuhteisiin. Pintakasvillisuuden kulutukseen on sovellettu ns. simulointimenetelmä. Siinä korvataan tallaaminen erilaisin mekaanisin laittein ja oletetaan näin aikaansaadut pintakasvillisuuden muutokset luonteeltaan samanlaisiksi kuin tallaamisen aiheuttamat vastaavat muutokset. Tässä työssä kulutus tapahtui 7 kilogramman painoisella juntalla, joka pudotettiin 0.5 metrin korkeudelta. Osumaenergia oli tällöin $0.0088 \text{ kgm s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Tuloksien luotettavuutta on tutkittu suorittamalla simuloitun kulutuksen kanssa saman aikainen rinnakkaiskoe, jossa kulutus tapahtui normaalisti tallaten.

Työn tulokset ovat seuraavat:

1. Pohjakerroksen kasvillisuus kului vähemmän kuin kenttäkerroksen kasvillisuus.
2. Kenttäkerroksen kasvilajien välillä havaittiin kulutuskestävyyseroja. Heinä- ja varpu-
lajit kestivät kulutusta paremmin kuin ruoholajit.
3. Pintakasvillisuuden peittävyys- ja biomassasuhteissa aiheutti jo vähäinen ja lyhyt-
aikainen kulutus havaittavia muutoksia, ja suurilla kulutustasoilla kasvillisuus tuhoutui paikoin
täydellisesti. Kenttä- ja pohjakerroksen kulumista kuvaavat funktiot osoittautuivat käyriksi,
tarkasteltiinpa kulumista peittävyyyden tai biomassan kannalta.
4. Kulumisen todettiin pienillä kulutustasoilla olevan kenttäkerroksen kaikkien veronosien
tasapuolista kulumista. Voimakkaampi kulutus tuhosi varpujen lehtiä nopeammin kuin muita
veronosia.

1. JOHDANTO

Ulkoilijan ja ympäristön vuorovaikutus ilmenee, paitsi maaston roskaantumisena ja muina hygieenisinä haittoina, myös pintakasvillisuuden kulumisena ja tuhoutumisena (vrt. esim. HOLMSTRÖM 1970). Näiden ulkoilu-ympäristön visuaaliseen laatuun vaikuttavien muutosten lisäksi aiheuttaa tallaaminen

maaperässä myös monia ekologisia muutoksia, jotka voivat suorasti tai epäsuorasti heikentää myös puuston kasvua (vrt. LAPAGE 1962, MAGILL & NORD 1963). Erilaisia metsäalueita voidaan käyttää kestävästi ulkoiluun vain niiden ekologisen kapasiteetin sallimissa rajoissa (WAGAR 1964).

Pintakasvillisuuden kulumistapahtumassa vaikuttaa kaksi toisilleen vastakkaisista tekijää: tuottavan biomassan tuhoutuminen kulutuksessa ja toisaalta tämän biomassan uudistuminen. Tarkasteltaessa ongelmaa tarkemmin voidaan osoittaa, että pintakasvillisuuden tuotos-kulutus-suhteisiin vaikuttavat monet tekijät mm. kulutuksen määrä ja laatu, kulutuksen ajoittuminen eri vuodenaikoihin, pintakasvillisuuden biomassan määrä, lajin ekologinen soveltuvuus kasvupaikan olosuhteisiin sekä eri kasvilajien morfologiaan, organologiaan ja anatomiaan liittyvät seikat (vrt. esim. BATES 1935, WAGAR 1964, LAPAGE 1967). Näistä tekijöistä johtuen muodostuu eri kasvilajien ja niistä koostuvien kasviyhdyksien kulutuskestävyys erilaiseksi.

On voitu todeta, että metsäsukcession myöhempien vaiheiden kypsät metsiköt ovat ulkoilu-ympäristönä suhteellisesti arvostetumpia kuin ko. kehityksen alkuvaiheiden nuoret metsiköt (KELLOMÄKI 1972 b). LUTZ (1945) on kuitenkin havainnut kypsän ja sulkeutuneen metsikön kasvillisuuden tuhoutuvan helposti tallaamisen vaikutuksesta (vrt. myös MAGILL & NORD 1963, FRISSEL & DUNCAN 1964). Erityisesti jäkälä-, sammal- ja varpulajien kulutuskestävyys on heikko. Sen sijaan niittykasvillisuus heinä-lajeineen on osoittautunut varsin kestäväksi (esim. LAPAGE 1967, HOLMSTRÖM 1970). BATES (1935) on osoittanut, että etenkin heinälajien morfologiset ja organologiset ominaisuudet tekevät niistä kestäviä. Esim. tuoreilla kangasmailla lieneekin metsäkasvillisuus kestäväntä uudistushakkuuta seuraavan sekundäärisukcession alkuvaiheissa, joille on tyypillistä mm. metsälauhan voimakas rehevöityminen. Tämän kehitysvaiheen metsä ei kuitenkaan ole ulkoilu-ympäristönä erityisen arvostettua.

Tallaamisen aiheuttamat muutokset kasviyhdyksissä ovat sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia. Muutoksista voidaan mainita, että esim. kasvillisuuden peittävyys ja biomassat vähenevät nopeasti kulutuksen kasvaessa (vrt. WAGAR 1964, FRISSEL & DUNCAN 1964, HOLMSTRÖM 1970, MERRIAM et al. 1971). Kulutuksen ajoittumista tutkiessaan on LAPAGE (1967) todennut kasvipeitteen tuhoutuvan voimakkaimmin kulutuksen alkuvaiheissa. Kulutukselle herkän kasvillisuuden tuhouduttua kulutussuhteet tasoittuvat, ja sekundääristä, kulutusta paremmin kestävästä lajistosta ilmaantuu alueelle. Amerikkalaisten kokemusten (esim. WAGAR 1964) mukaan vähenee pintakasvillisuus käyräviivaisesti kulutuksen kasvaessa; kasvillisuuden peittävyys sekä biomassat lähenevät asympotoottisesti nollassa tai tasapainotilaa, jossa sekundäärinen kasvillisuus korvaa alueen alkuperäisen kasvipeitteen. Tallaamisen selektiivinen vaikutus kasvipeitteeseen sekä ympäristön ja organis-

mien välisten säätelymekanismien muuttuminen aiheuttavat sen, että kasvillisuuden sukkessio muodostuu tiettyjä, erityisesti heinämaisii lajeja suosivaksi.

Tässä työssä on kokeellisesti tutkittu eräiden mustikkatyypillä tavallisten metsäkasvilajien keskinäisiä kulutuskestävyyssuhteita sekä lyhytaikaisen kulutuksen vaikutusta mainitun tyyppisen pintakasvillisuuden peittävyys- ja biomassasuhteisiin.¹⁾

Tässä yhteydessä haluan kiittää erityisesti prof. PEITSA MIKOLAA ja vt. prof. ANTTI HAAPASTA, jotka ovat lukeneet työn käsikirjoituksen ja antaneet monia varteenotettuja neuvoja. Myös prof. PAAVO YLI-VAKKURI on osoittanut kannustavaa mielenkiintoa tätä työtä kohtaan. Aineiston käsittelyssä ja analysoinnissa on auttanut fil. lis. PERTTI HARI. Suomen Metsätieteellinen Seura on tukenut työtä myöntämällä apurahalla. Esitän kaikille parhaat kiitokseni.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. TUTKIMUSALUE

Tutkimus suoritettiin Helsingin yliopiston metsäharjoitteluasemalla 28. 5. —12. 8. 1971 välisenä aikana. Kenttäkokeet suoritettiin eräässä mustikkatyypin kuusikossa, jonka maaperästä ja puustosta mainittakoon seuraavat tunnuksat:

- maalaji: hiekka- ja hietamoreeni
- kehitysluokka: 4 B (kiireellisesti uudistettava, yli-ikäinen)
- puulajisuhteet: kuusi 100 %, mänty läsnä, koivu läsnä
- keski-ikä: 115 vuotta
- tiheys: 0.8
- pohjapinta-ala: 16—18 m²/ha
- keskipituus: 23 m
- kuutiomäärä: n. 180 k-m³/ha

Metsikön pintakasvillisuuden tarkempi erittely on esitetty taulukossa 1.

22. KOEJÄRJESTELY

Pintakasvillisuuden kulutukseen sovellettiin WAGARIN (1964, 1967) kehittämää simulointimenetelmää. Tällöin korvattiin pintakasvillisuuden talletaminen energiapulssilla, jotka saatiin aikaan kuvan 1 mukaisella junta-

¹⁾ Tutkimus on lyhennelmä kirjoittajan metsäbiologian opinnäytetyöksi (KELLOMÄKI 1972 a) valmistamasta selvityksestä, jossa on tarkasteltu pintakasvillisuuden kulutuskestävyyden tutkimukseen liittyviä kysymyksiä.

Taulukko 1. Tutkimusmetsikön pintakasvillisuus
Table 1. Ground vegetation of the study area

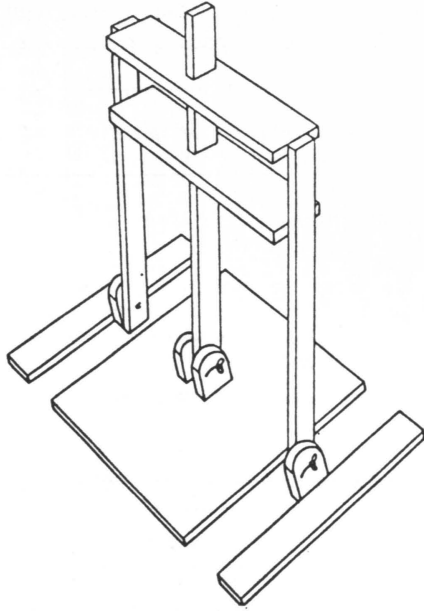
Laji tai lajiryhmä — Species or group of species	Peittävyys, % Coverage, %
Kenttäkerros — Field layer	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	43.1 ± 21.0
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	5.6 ± 6.6
<i>Linnaea borealis</i>	1.5 ± 2.7
<i>Picea abies</i> (alle 20 cm korkeita taimia seedlings smaller than 20 cm)	0.7 ± 0.8
<i>Ramischia secunda</i>	läsnä (alle 0.1) less than 0.1
<i>Deschampsia flexuosa</i>	2.3 ± 2.6
<i>Melampyrum spp.</i>	0.7 ± 1.3
<i>Maianthemum bifolium</i>	1.5 ± 2.7
<i>Luzula pilosa</i>	läsnä (less than 0.1)
<i>Goodyera repens</i>	läsnä (less than 0.1)
Yhteensä — Total	55.5
Pohjakerros — Bottom layer	
<i>Hylocomium splendens</i>	26.0 ± 30.4
<i>Pleurozium Schreberi</i>	56.1 ± 36.2
<i>Dicranum spp.</i>	15.2 ± 21.6
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	1.5 ± 11.5
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	läsnä (less than 0.1)
<i>Polytrichum spp.</i>	0.2 ± 1.0
Yhteensä — Total	99.0

laitteella. Juntaamiseen liittyvät pintakasvillisuuden muutokset oletetaan samanlaisiksi kuin normaalin tallettamisenkin yhteydessä. Tämän vastaavuuden tutkimiseksi suoritettiin rinnakkaiskoe, jossa kulutus tapahtui normaalisti talletten.

Kulutuksen käytetyn junnan massa oli 7000 g ja pinta-ala 2500 cm². Junta pudotettiin 50 cm korkeudelta. Junnan putoamiseen liittyvän energiapulssin suuruus oli tällöin 0.0088 kgm s⁻¹ cm⁻² (vrt. WAGAR 1967).

Koe suoritettiin ns. täydellisesti arvottuna kokeena (MATTILA 1969). Työn alkaessa tutkimusmetsiköstä valittiin silmävaraisesti 40 kenttäkerroksen kasvillisuuden suhteen homogeenista koealaa. Näille arvottiin 8 toistona seuraavat kulutustasot: 0, 1, 4, 16 ja 64 junnan pudotusta viikottain. Koeaika oli 8 viikkoa. Kulutuksen summa eri tasoilla oli seuraava:

Taso:	0	1	4	16	64
kulutus, iskuja yhteensä	0	8	32	128	512



Kuva 1. Kulutuksen simulointiin käytetty junttalaite.
Figure 1. Tamp used to simulate recreational use of sample plots.

Kulutuskoealat olivat 50×50 cm suuruisia neliöitä, jotka jakautuivat 30×30 cm suuriseen varsinaiseen koealaan ja sitä ympäröivään 10 cm levyiseen suojavyöhykkeeseen. Kulutus kohdistui koko neliön alueelle. Rinnaikkaiskokeessa korvattiin koealat 30×500 cm suuruisilla koepoluilla, joiden kulutus tapahtui tallaten. Käsittelyn muodosti 0, 1, 4, 16 ja 64 viikottaista kävelykertaa. Kustakin käsittelytasosta oli myös tässä tapauksessa 8 toistoa. Kullakin askeleella kohdistui maanpintaan n. 270 g cm^{-2} suuruinen paine.

23. KULUMISTA KUVAAVAT HAVAINNOT JA MITTAUKSET

Ennen kulutuksen aloittamista suoritettiin silmävaraisesti kunkin varsinaisen koealan eri lajien ja lajiryhmien peittävyys-suhteiden analyysi. Tutkimusjakson lopussa tutkittiin kulutuskoealoista kasvillisuuden peittävyys-suhteiden lisäksi biomassaa ja sen jakautuminen eri osakasvustoihin ns. harvested quadrat-menetelmällä (NEWBOULD 1968). Samoista näytteistä selvitettiin vielä erikseen varpujen lehtien kuivapaino, jota on muiden tunnus-ten ohella käytetty eräänä kulumisen indikaattorina.

3. KULUMISEN LUONNE JA LAJIEN KULUTUSKESTÄVYYS

Pintakasvillisuuden kulumisen yleistä luonnetta ja muutamien kasvilajien keskinäisiä kulutuskestävyyssuhteita analysoitiin peittävyys-havaintojen perusteella. Tällöin konstruointiin analysoiva malli, joka perustuu olettamukselle, että jokainen juntan isku tuhoaa kasvillisuudesta aina tietyn osan. Malli voidaan ilmaista matemaattisin symbolein:

$$(1) y_i = P^j x_i + e_i, \text{ jossa}$$

- x_i : peittävyys havaintojakson alussa
coverage before tamping
- y_i : peittävyys havaintojakson lopussa
coverage after the completed tamping period
- P : parametri, joka ilmaisee peittävyuden yhden kulutuskerran jälkeen, $P \leq 1.0$
parameter expressing the coverage after a single tamping treatment
- j : kulutuksen määrä (0, 1, 4, 16, 64)
number of tamp drops during each treatment
- e_i : virhetermi
uncontrolled variance

Kestävyysparametrin P :n arvo estimoidiin osakasvustottain, lajeittain ja lajiryhmittäin minimoimalla kaavan (2) mukainen jäännösneliösumma.

$$(2) \sum_{i=1}^{40} (P x_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^{40} e_i^2$$

Tulokset on esitetty taulukossa 2. Kaavan (1) mukaisen mallin ja simuloitun kulumisprosessin vastaavuutta tutkittiin korrelaatioanalyysillä, jossa verrattiin keskenään mallin perusteella laskettuja ja havaintokauden lopussa todettuja todellisia peittävyysarvoja. Tämän tarkastelun tulokset esitetään taulukossa 2. Näitä arvoja on käsitelty lähemmin sivulla 106.

Taulukosta 2 havaitaan, että pohjakerroksen lajisto kokonaisuudessaan on kestänyt kulutusta paremmin kuin kenttäkerroksen lajisto. Tulosta eriteltiin tarkemmin myös t -testin avulla, jolloin kuitenkin todettiin, ettei havaittu ero tavanomaisia riskitasoja käyttäen ollut tilastollisesti merkitsevä.

Yksityisistä kenttäkerrokseen kuuluvista lajeista tai lajiryhmistä kului vähiten vanamon ym. varpujen muodostama ryhmä ja eniten pääasiassa oravanmarjan ja maitikkalajien muodostama ruohojen ryhmä. Tutkimusalueelta yleisesti tavatuista ja peittävyydeltään merkittävimmistä lajeista oli puolukka, jonka kestävyysarvo vastaa kenttäkerroksen yleistä kestävyysarvoa, kestävämpi kuin mustikka. Molemmat mainitut lajit olivat kuitenkin kulutuskestävyydeltään heikompia kuin metsälauha. Tulos on yhden-

Taulukko 2. Eri osakasvustoille, lajeille ja lajiryhmille lasketut kestävyysarvot (P) sekä laaditun kulutusmallin perusteella lasketujen arvojen vastaavuus todellisten kulutusarvojen kanssa.
Table 2. Tolerance values for different species and groups of species as well as the difference between the calculated and real values.

Osakasvusto, laji tai lajiryhmä Species or group of species	P ¹⁾	Mallin vastaavuus todettuun kulutukseen ¹⁾ Difference between calculated and real values		
		r	r ²	N ²⁾
<i>Vaccinium myrtillus</i> .....	.929	.713	.508	40
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> .....	.944	.789	.621	20
<i>Linnaea borealis</i> ym. ....	.992	.617	.380	19
varvut, and other dwarf shrubs				
<i>Deschampsia flexuosa</i> .....	.975	.456	.208	21
Ruohot herbs .....	.900	.493	.243	15
Heinät ja ruohot yhdessä .....	.975	.595	.353	28
Herbs and grasses together				
Kenttäkerros kokonaisuudessaan, .....	.944	.717	.514	40
Field layer as a whole				
Pohjakerros kokonaisuudessaan, .....	.979	.885	.777	40
Bottom layer as a whole				

¹⁾ Katso teksti sivulla 101. — See text, page 101.

²⁾ Havaintojen lukumäärä — Number of observations.

mukainen monien aiempien tutkimustulosten kanssa (vrt. BATES 1935, WAGAR 1964, LAPAGE 1967, HOLMSTRÖM 1970). Kenttäkerroksen muodostavien lajien lähempi keskinäinen vertailu kuitenkin osoitti, että eri lajien ja lajiryhmien kestävyysarvot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkittävästi.

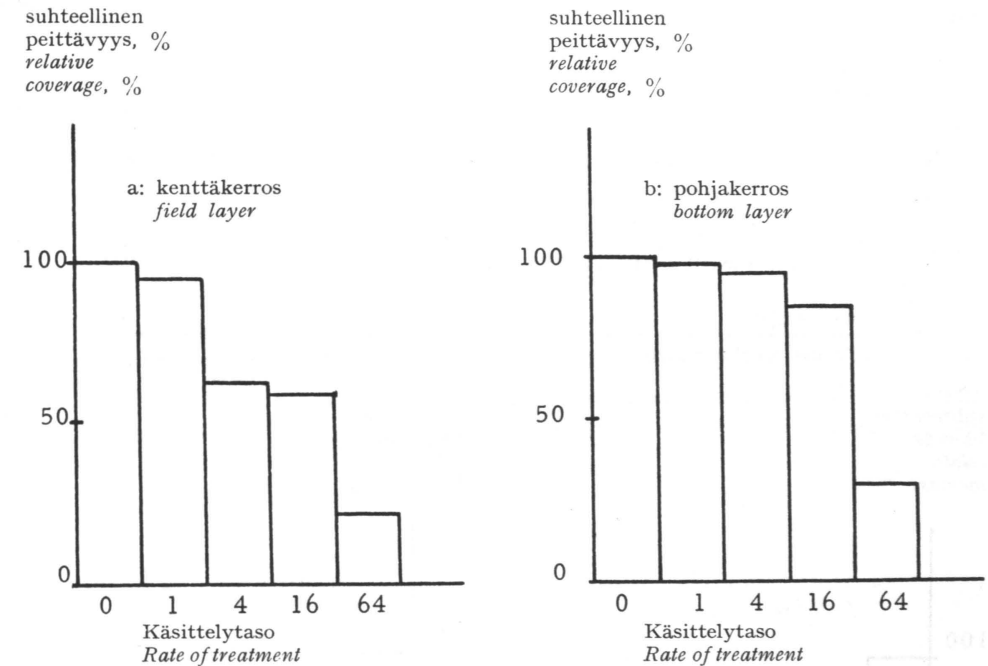
4. KULUTUKSEN AIHEUTTAMAT MUUTOKSET KASVILLISUUDEN PEITTÄVYYDESSÄ JA BIOMASSASSA

41. PEITTÄVYYS

Kenttäkerroksen peittävyden (kuva 2) todettiin käsittelymäärän kasvaessa alentuvan siten, että ero käsittelemättömien ja käsiteltyjen koealojen välillä oli tasolta 4 lähtien tilastollisesti merkitsevä. Kuitenkin jo yhden pudotuksen viikoittainen käsittely on alentanut peittävyttä havaittavasti. Tämä voidaan todeta myös seuraavasta asetelmasta, jossa esitetään peittävyden suhteellinen muutos kulutustasoittain.

kulutustaso:	1	4	16	64
peittävyden suhteellinen alenema:	5 %	40 %	40 %	80 %

Asetelmasta voidaan myös havaita, ettei kenttäkerroksen peittävyys ale- ne suoraan verrannollisesti lisääntyvän kulutuksen suhteen, vaan kulutus- funktio on käyrä, joka asympotoottisesti lähenee nollassa, kuten laadittu analyysimalli myös edellytti (vrt. myös WAGAR 1964, LAPAGE 1967).



Kuva 2. Kenttä- ja pohjakerroksen peittävydessä tapahtuneet muutokset eri käsittelytasoilla
Figure 2. Changes in coverage of vegetation in the field and bottom layers at different rates of treatment

Myös pohjakerroksen kasvillisuudessa on jo yhden pudotuksen viikoittainen käsittely aiheuttanut selvästi havaittavan peittävyysmuutoksen, joka oli käsittelytasolta 4 lähtien tilastollisesti merkitsevä käsittelemättömään kasvillisuuteen verrattuna. Käsittelymäärän kasvaessa väheni peittävyys seuraavasti:

kulutustaso	1	4	16	64
peittävyden suhteellinen alenema:	1 %	5 %	16 %	70 %

Asetelman mukaan pohjakerroksen kasvillisuuden peittävyys näyttää vähenevän suorassa suhteessa kasvavaan kulutusmäärään. Havaintomenetelystä johtuen saattavat kuitenkin alhaisten kulutustasojen arvot olla epätarkkoja.

42. BIOMASSA

Kenttäkerroksen biomassin muutosten (kuva 3) todettiin muodostuvan malliltaan varsin samanlaiseksi kuin peittävydessäkin tapahtuvien muutosten. Seuraavasta asetelmasta ilmenee todettu biomassin käyräviivainen alenema.

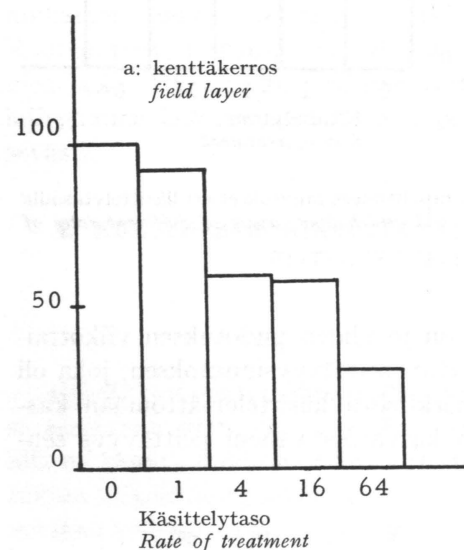
kulutustaso:	1	4	16	64
biomassin suhteellinen alenema:	8 %	50 %	50 %	70 %

Käsittlemättömään kasvillisuuteen verrattuna olivat havaitut biomassamuutokset käsittelytasolta 4 lähtien tilastollisesti merkitseviä.

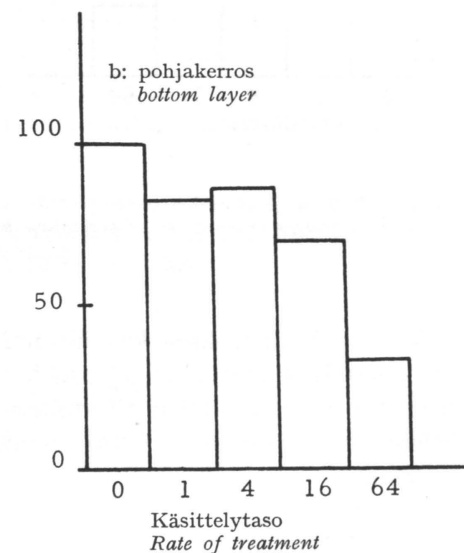
Myös pohjakerroksen biomassassa tapahtui jo alimmalla käsittelytasolla selviä muutoksia, kuten seuraavasta ilmenee.

kulutustaso:	1	4	16	64
biomassin suhteellinen alenema:	20 %	15 %	30 %	70 %

suhteellinen
biomassa, %
*relative
biomass, %*



suhteellinen
biomassa, %
*relative
biomass, %*



Kuva 3. Kenttä- ja pohjakerroksen biomassassa tapahtuneet muutokset eri käsittelytasolla
Figure 3. Changes in biomass of vegetation in the field and bottom layers at different rates of treatment

Asetelman perusteella voidaan olettaa pohjakerroksenkin biomassin vähenevän epälineaarisesti. Koska biomassin määrittäminen oli mittausteknillisesti eksaktimpaa kuin peittävyuden havainnointi, lienee pohjakerroksen peittävyuden suoraviivaista alenemista pidettävä näennäisenä ja lähinnä mittauksen heikkoudesta johtuvana. Tilannetta ei ole kuitenkaan tässä yhteydessä tutkittu tarkemmin. Käsittlemättömään kasvillisuuteen verrattuna olivat havaitut biomassamuutokset käsittelytasolta 16 lähtien tilastollisesti merkitseviä.

5. KULUTUKSEN VAIKUTUSTAPA KENTTÄKERROKSESSA

Kulutuksen kohdistumista kasvillisuuden eri osiin tutkittiin tarkastelemalla varpujen lehtien biomassaa. Mainittujen punnitusten perusteella on laskettu kulutustasoinnain varpujen lehtien biomassin suhde kenttäkerroksen kokonaisbiomassaan.

kulutustaso:	0	1	4	16	64
biomassasuhde: .....	.33	.33	.31	.30	.14

Asetelman mukaan näyttää kenttäkerroksen kasvillisuuden kulumisen käsittelytasoon 16 saakka olevan sekä varpujen lehtien että muiden kenttäkerrokseen kuuluvien versonosien suhteen varsin samanlaista. Vasta suurimmalla kulutustasolla varpujen lehdet tuhoutuvat muita versonosia nopeammin.

6. TARKASTELU

61. TULOSTEN LUOTETTAVUUS

611. Yleiset näkökohdat

Simuloidun kulutuksen ja todellisen kulutuksen välillä voidaan havaita mm. seuraavia teoreettisia eroja:

- normaalissa tallauksessa vaikuttavat maanpinnan suuntainen ja maanpintaa vastaan kohtisuora komponentti, joiden suuruus riippuu askeleen tulokulmasta ja iskuvoimasta. Simuloidussa kulutuksessa sen sijaan vaikuttaa vain kohtisuora komponentti. Tutkittaessa tämän vaikutusta pohjakerroksen kasvillisuuteen on erityisesti korostettava, että kenttäkerroksen kasvillisuus hidastaa junnan putoamista ja suojaa siten pohjakerroksen kasvillisuutta. Toisin sanoen normaali tallaus kohdistuu pohjakerrokseen suorana painona mutta kenttäkerrokseen ehkä vain askeleen maanpinnan suuntaisen liikkeen aiheuttamana hankauksena.

- tavallinen askel poikkeaa simuloidusta askeleesta myös siinä, että se muuttuu joustavasti maaperän epätasaisuuksiin.
- tavallisessa askeleessa maaperään kohdistuva paine vaihtelee askelvaiheesta riippuen, simuloidussa askeleessa se sen sijaan on vakio.
- lisäksi tavalliseen askeleeseen liittyy pintakasvillisuuteen kohdistuvaa kiertovaikutusta, jota simuloidussa askeleessa ei ole.

612. Kestävyyssarvot

Simuloidun ja todellisen kulutuksen empiirinen vertailu osoitti kuitenkin niiden välillä varsin suurta yhtäläisyyttä, kuten havaitaan taulukosta 3. Siinä esitetään kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuuden kokonaispeittävyysien perusteella lasketut kulutustasottaiset kestävyyssarvot.

Taulukon 3 mukaan ovat osakasvustojen kulumissuhteet eri kulutustavoilla samansuuntaiset. Kulutustapojen vertailu t-testillä osoitti, että kulutustapojen välillä havaitut erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Siihen, että simuloidussa kulutuksessa kenttäkerroksen kuluminen on suurempi kuin pohjakerroksen, saattaa vaikuttaa kenttäkerroksen kasvillisuuden joutuminen koko koealaa koskevan puristuksen kohteeksi. Samalla kenttäkerroksen kasvillisuus hidastaa junnan putoamista, mikä osaltaan selittänee pohjakerroksen kasvillisuuden vähäisen kulumisen verrattuna todelliseen kulutukseen — siinä askel kohdistuu hidastumatta ja kenttäkerroksen kasvillisuuden sanottavasti suojaamatta myös pohjakerroksen kasvillisuuteen.

Taulukko 3. Eri kulutustapojen antamien kestävyyssarvojen (P) vertailu.
Table 3. Comparison between different types of trampling using P-values.

Osakasvusto — <i>Vegetation layer</i>	Kulutustapa — <i>Type of trampling</i>	
	Simulointi <i>Simulated</i>	Tallaus <i>Real</i>
Kenttäkerros — <i>Field layer</i> .....	.944	.953
Pohjakerros — <i>Bottom layer</i> .....	.982	.963

Kulutuskäytävyyssuhteiden analysoimiseksi kehitetty malli ennusti parhaiten osakasvustojen kokonaisuusina tarkasteltua kulumista (taulukko 2). Senkin osalta selitysaste jäi suhteellisen pieneksi. Varsin suuren virhelähteen muodostaa ilmeisesti peittävyden silmävarainen arviointi. Havaintopsykologisiin tekijöihin viittaa mm. mallin vähäinen selitysaste niiden lajien kohdalla, joiden peittävyys on alunperin ollut pieni (vrt. GREIG—SMITH

1964, KELLOMÄKI 1971). Maaperän epätasaisuuksien vuoksi ei myöskään yksittäisten koealojen kulumisen simuloidussa kulutuksessa muodostu tasaiseksi. Lisäksi humuskerroksen paksuus- ja kimmoisuusvaihtelut voivat osaltaan vaikuttaa simuloituun kulumistahtumaan.

Konstruoidessa lajien kulutuskestävyyssuhteita analysoivaa mallia oletettiin, että kasvipeitteessä havaintojakson aikana ei tapahdu muutoksia. Todellisuudessa asia ei ole näin, vaan kasvipeitteessä tapahtuu muutoksia koko kasvukauden ajan. Kenttäkerroksen peittävyden todettiin havaintokauden puoliväliin mennessä lisääntyvän n. 40 %:n alkuarvosta n. 60 %:iin, minkä jälkeen se vähitellen laski n. 40 %:n tasolle. Pohjakerroksessa sen sijaan ei tapahtunut niin suuria peittävyden muutoksia, että ne olisi käytetyllä tutkimusmenetelmällä voitu luotettavasti havaita. Mainittujen kenttäkerroksen peittävyysmuutosten suunta ja suuruus riippui olennaisesti kasvukauden ajankohdasta, mikä osaltaan vaikeuttaa peittävyysmuutosten huomioonottamista analyysissä.

613. Peittävyden ja biomassan muutokset

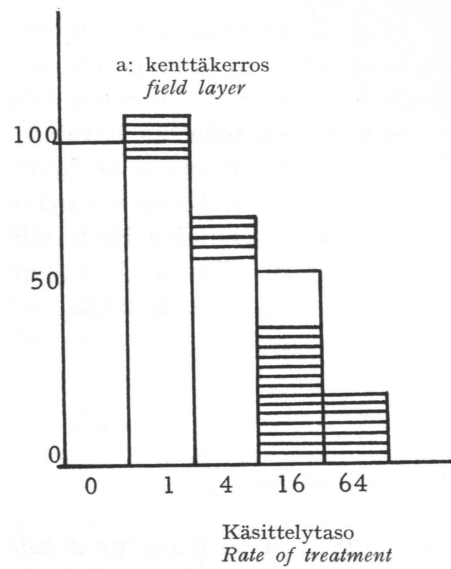
Simuloidun kulutuksen aiheuttamia peittävyys- ja biomassamuutoksia verrattiin myös tavanomaiseen tallaamiseen perustuvaan kontrolliaineistoon.

Vertailu esitetään kuvissa 4 ja 5. Kenttäkerroksen kulumista osoittavat tulokset vastaavat toisiaan. Pohjakerroksen peittävyttä tallaus sen sijaan alensi selvästi voimakkaammin kuin simuloitu kulutus, vaikka aiemmin todettiin, ettei tallaamisen antama pienempi kestävyyssarvo poikennut tilastollisesti merkitsevästi simuloidun kulutuksen antamasta tuloksesta.

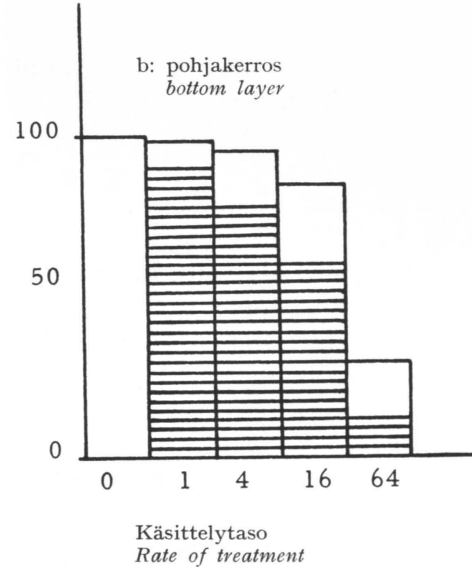
Osakasvustojen biomassamuutoksista havaittiin kenttäkerroksen kulumisen tallauksessa vähemmän kuin simuloidussa kulutuksessa. Tulos johtunee pääasiassa simulointi- ja tallauskoealojen kasvillisuuden homogeenisuuseroista. Pohjakerroksen voimakkaampi kuluminen tallaamisessa kuin simuloidussa kulutuksessa lienee pääosiltaan todellista, mihin viittaa mm. kestävyyssarvojen ja peittävyden muutossuhteiden vertailu.

Myös peittävyys- ja biomassamuutoksia tarkasteltaessa on otettava huomioon kestävyyssarvojen yhteydessä käsitellyt virhelähteet. Lisäksi voidaan mainita erityisesti kasvillisuuden biomassassa tapahtuneet kasvukautiset muutokset, jotka kenttäkerroksen osalta noudattivat peittävyden kasvumallia, vaikka peittävyden ja biomassan välinen vuorosuhde ei ollutkaan erityisen kiinteä: $r = 0.63^{***}$, d.f. = 144. Kenttäkerroksen tuotokseksi mitattiin havaintojakson aikana n. 70 g/m² ja pohjakerroksen vastaavaksi arvoksi n. 20 g/m². Näitä kasvillisuuden peittävydessä ja biomassassa tapahtuneita muutoksia ei tässä tutkimuksessa ole otettu huomioon.

suhteellinen
peittävyys, %
relative
coverage, %



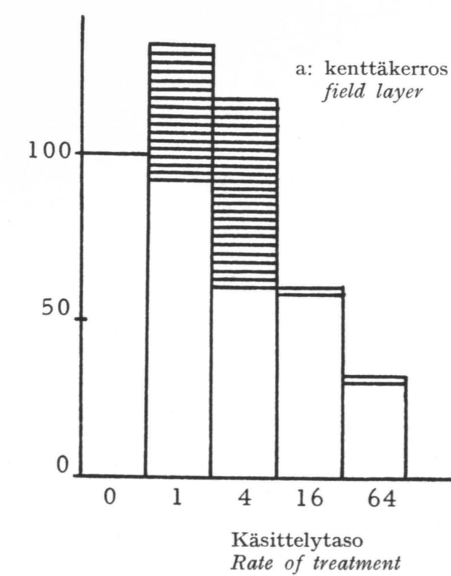
suhteellinen
peittävyys, %
relative
coverage, %



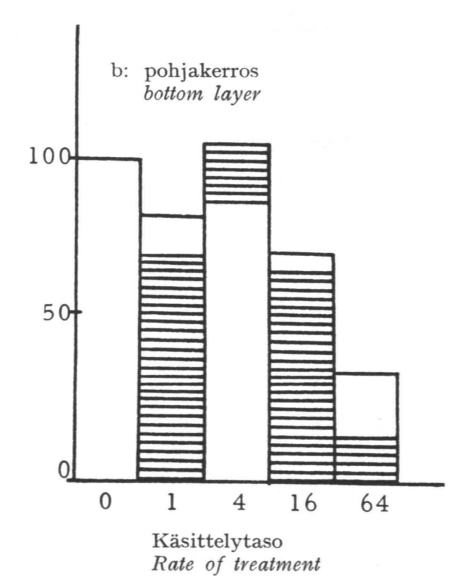
simulointi,
simulated
tallaus,
real
trampling

Kuva 4. Kenttä- ja pohjakerroksen peittävydessä tapahtuneet muutokset eri käsittelytasoilla ja -tavoilla.
Figure 4. Changes in coverage of vegetation in the field and bottom layers using different rates and types of treatment

suhteellinen
biomassa, %
relative
biomass, %



suhteellinen
biomassa, %
relative
biomass, %



simulointi,
simulated
tallaus
real
trampling

Kuva 5. Kenttä- ja pohjakerroksen biomassassa tapahtuneet muutokset eri käsittelytasoilla ja -tavoilla.
Figure 5. Changes in biomass of vegetation in the field and bottom layers using different rates and types of treatment

614. Kulutuksen vaikutustapa kenttäkerroksessa

Kulutuksen vaikutustapaa tutkittiin myös kontrolliaineiston perusteella. Tämän tarkastelun tulokset esitetään taulukossa 4.

Taulukko osoittaa molempien kulumisprosessien kesken varsin suurta yhdenmukaisuutta. Varianssianalyysin mukaan tallaaminen kuitenkin kulutti varpujen lehtiä muita kenttäkerrokseen kuuluvia versonosia jonkin verran voimakkaammin kuin simuloitu kulutus. Etenkin tallaamisen maanpinnan suuntainen vektori lienee tällöin tärkeä kulumisen luonteeseen vaikuttava tekijä kuten askeleen hiertovaikutuskin.

Taulukko 4. Kulutustapojen vaikutus kenttäkerroksen kasvillisuudessa ilmaistuna varpujen lehtien biomassan suhteella kenttäkerroksen kokonaisbiomassaan.

Table 4. Effect of trampling on the vegetation of the field layer by using the relation between the biomass of dwarf shrub leaves and the total biomass of the field layer.

Kulutustapa Type of trampling	Käsittelytaso — Rate of treatment				
	0	1	4	16	64
Simuloitu — Simulated .....	.33	.33	.31	.30	.14
Tallaus — Real .....	.33	.33	.29	.25	.12

62. EKOLOGISET NÄKÖKOHDAT

Selvitys osoittaa, että jo varsin vähäinen ja lyhytaikainen kulutus aiheuttaa selvästi havaittavia muutoksia sulkeutuneelle metsälle ominaisessa pintakasvillisuudessa, tässä tapauksessa mustikkatyypin pintakasvillisuudessa. Tuloksista voidaan myös todeta, että lyhytaikainenkin voimakas kulutus voi lähes täydellisesti tuhota mainitunlaisen pintakasvillisuuden. Koska aineistoon ei kuulu muita — karumpia tai viljavampia — metsätyyppejä edustavaa kasvillisuutta, ei erilaisten kasvillisuustyyppien välisiä vertailuja voida suorittaa.

Karumpien kasvupaikkojen pintakasvillisuus tuhoutuu ilmeisesti nyt käsiteltä kasvillisuutta helpommin, kun taas kasvillisuuden kulutuskestävyys viljavimmilla kasvupaikoilla on jossain määrin suurempi (vrt. esim. HOLMSTRÖM 1970). Vastaaviin seikkoihin viittaavat myös eri lajien kulutuskestävyysuhteissa havaittavat erot. Myöhempien tutkimusten tehtävänä on selvittää, ovatko eri metsäkasviyhdyksien keskinäiset kulutuskestävyysuhteet suoraan rinnastettavissa niiden tuotossuhteisiin, kuten on oletettu (esim. HOLMSTRÖM 1970), vai noudattavatko ne jotakin muuta mallia. — Pohjoisilla alueilla metsäkasvillisuus lienee myös kulutuskestävyydeltään huomattavasti heikompaa kuin maan eteläosassa, kuten kasvillisuuden tuotossuhteidenkin perusteella voidaan olettaa.

LÄHDEVIITTEET

- BATES, G. H. 1935. The vegetation of footpaths, cart-tracks and gateways. The Journal of Ecology 23: 470–487.
- FRISSEL, S. S. & DUNCAN, D. P. 1965. Campsite preference and deterioration in Quetico-Superior Canoe Country. Journal of Forestry 63: 256–260.

- HOLMSTRÖM, H. 1970. Eräiden Etelä-Suomen vapaa-aika-alueiden kasvillisuuden kulutuskestävyyden tutkimus. Moniste. Helsinki.
- KELLOMÄKI, S. 1971. Maanpinnan reliefin ja kasvillisuuden kehityksestä aurauksen jälkeisinä vuosina Perä-Pohjolan metsänuudistusaloilla. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.
- » — 1972 a. Simulointi talleamisen aiheuttaman kasvillisuuden kulumistapahtuman tutkimuksessa. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.
- » — 1972 b. Julkaisematonta aineistoa.
- LAPAGE, W. F. 1962. Recreation and the forest site. Journal of Forestry 60: 319–321.
- » — 1967. Some observation on campground trampling and ground cover response. U. S. Forest Service Research Paper NE-68.
- LUTZ, H. J. 1945. Soil condition of picnic grounds in public forest parks. Journal of Forestry 43: 121–127.
- MAGILL, A. W. & NORD, E. C. 1963. An evaluating of campground conditions and needs for research. U. S. Forest Service Research Note PSW-4.
- MATILA, S. 1969. Tilastotiede II. Moniste. Helsinki.
- MERRIAM, L. C., GOECKERMANN, K., BLOEMENDAL, J. A. & COSTELLO, T. M. 1971. A progress report on the condition of newly established campsites in Boundary Waters Canoe Area. Minnesota Forestry Research Notes. No. 232.
- NEWBOULD, P. J. 1967. Methods for estimating the primary production of forests. IBP Handbook No. 2. Oxford.
- WAGAR, J. A. 1964. The carrying capacity of wild lands for recreation. Forest Science Monograph 7.
- » — 1967. Simulated trampling as a technique in recreation research. XIV IUFRO congress. Paper VII. Section 26. München.

SUMMARY:

GROUND COVER RESPONSE TO TRAMPLING IN A SPRUCE STAND OF MYRTILLUS TYPE

The study deals with the trampling tolerance of forest vegetation in a Myrtillus site type, based on the effects of simulated trampling on the coverage and biomass of the field and bottom layers of the vegetation.

The field studies were carried out at the Forest Training Station of the University of Helsinki (61° 47' N 24° 18' E), in a closed spruce (*Picea abies*) stand, 115 years old. The vegetation of the sample plots, characteristic of a Myrtillus site type, is shown in table 1.

The experiments were carried out using the trampling simulation method developed by WAGAR (1964, 1967). The trampling was performed with a tamp (figure 1) of 7000 g weight by dropping it onto the ground from a height of 50 cm. The energy impulse thus obtained was 0.0088 kgm s⁻¹ cm⁻². The rate of treatment for each plot was chosen at random as follows: 0, 1, 4, 16, 64

tamp drops per plot per week. Each rate of treatment had eight replications. The experiment covered eight weeks.

The trampling tolerance estimation was based on coverage and biomass determinations made on the vegetation. Coverage observations were made both before and after treatment and were based on visual estimations of the shoot coverage of different species. The biomass was measured using the harvested quadrat method after cessation of the treatment. Coverage and biomass determinations were made separately for the field and the bottom layer. The leaves of dwarf shrubs were weighed separately.

The character of the tolerance to trampling of the plant cover as a whole and the tolerance of different species were analysed by coverage observation. It was supposed that each tamp drop destroys a certain part of the vegetation according to formula 1. The trampling tolerance parameters, i.e. the values of P , were estimated for some species, for certain groups of species and for the field and bottom layers as a whole by minimizing the square sum in formula 2. The results obtained are shown in table 2. The test was performed using correlation analysis in those cases where the trampling tolerance formula was adequate. The actual coverages were compared with those obtained using the model. The results are shown in table 2.

The changes produced in the coverage and the biomass by trampling were examined by counting the average coverage and biomass figures for each of the five trampling levels. The effects of trampling on the coverage and biomass of the vegetation are shown in figures 2 and 3.

The effects of trampling on the field layer were studied in more detail. The biomass of the leaves of dwarf shrubs at different trampling levels were compared with the total biomass of the field layer at the same trampling levels. The results are shown in table 2.

The reliability of the results from the simulated trampling was tested by comparing them with those obtained from real trampling. The results are shown in tables 3 and 4 and in figures 4 and 5.

The following was established in the study:

1. The trampling tolerance of the bottom layer is greater than that of the field layer (table 2).
2. The trampling tolerance of different species varies, so that grasses and dwarf shrubs have a higher tolerance capacity than herbs (table 2).
3. Even light trampling of short duration causes noticeable changes in the coverage and biomass of the ground vegetation, and when trampled enough the vegetation is totally destroyed. The parameters showing the effect of trampling on the field and bottom layer were curves asymptotically approaching the zero level. This is so both for the coverage and the biomass (figures 2 and 3).

4. In the case of a low trampling rate, the response of the vegetation to trampling seemed to be an equal wearing of all parts of the shoots. Heavier trampling caused faster wearing of the leaves of dwarf shrubs than of other parts of the shoots (table 4).

5. Despite certain deficiencies, the simulated trampling gave parallel results to those obtained from real trampling (table 3 and 4, figures 4 and 5).