

METSÄN ALUSKASVILLISUUDEN BIOMASSAN JA PEITTÄVYYDEN VÄLISESTÄ SUHTEESTA

SEPPÖ KELLOMÄKI

SUMMARY:

ON THE RELATION BETWEEN BIOMASS AND COVERAGE IN GROUND VEGETATION OF FOREST STAND

Saapunut toimitukselle 17. 1. 1974

Työssä on tutkittu mahdollisuuksia käyttää peittävyysanalyysien tuloksia pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärien arvioimiseen. Tutkimus käsittelee sukkession loppuvaiheissa olevaa mustikkatyypin pintakasvillisuutta.

Tutkimuksen mukaan voidaan pintakasvillisuuden kuiva-ainemääriä ennustaa tyydyttävästi peittävyyden avulla ryhmittelemällä se peittävyyspainon mukaan yhtenäisiin ositteisiin, joita käytetään itsenäisinä selittävinä muuttujina. Erityisesti kenttäkerroksen kuiva-ainemäärän ennusteyhtälön arvoa kyettiin parantamaan oleellisesti käyttämällä peittävyystietojen ohella selittäjinä kasvillisuuden pituus- ja tiheystunnuksia. Tällöin kyettiin kenttäkerroksen kuiva-ainemäärien kokonaisvaihtelusta ennakoimaan hieman yli 80 %. Pohjakerroksen kasvillisuudessa vastaava selitysosuus kohosi hieman yli 70 %.

1. JOHDANTO

Pintakasvillisuuden rakenteen kuvaamiseen käytetään yleensä peittävyysuhteiden analyysiä. Monissa kasviekologisissa ongelmassa tarvitaan kuitenkin tietoja myös lajien kuiva-ainemäärästä. Koska kuiva-ainesuhteiden analysointi esim. korjuumenetelmällä on varsin työlästä (vrt. esim. NEWBOULD 1967; MÄLKÖNEN 1971), on houkuttelevaa tutkia, voidaanko peittävyyshavaintoja käyttää pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärien arvioimiseen.

Käsiteltävästä aihepiiristä on varsin vähän systemaattisia havaintoja. MILNERIN & HUGHESIN (1970, s. 17) mukaan kuvaavat kuitenkin ns. neulamenetelmällä hankitut peittävyystiedot jokseenkin hyvin heinäkasvillisuuden vastaavaa kuiva-ainemäärää (vrt. myös GREIG-SMITH 1964, s. 17). Tässä menetelmässä tutkitaan joko systemaattisesti tai satunnaisesti koealalle asetettujen neulojen osumia lajiyksilöissä, minkä perusteella voidaan tehdä päätelmiä koealakasvillisuuden peittävyysuhteista.

Tavallisesti peittävyyshavainnot kuitenkin tehdään silmävaraisina arvioina, joissa selvitetään tarkasteltavien lajien pystyprojektioiden osuudet havaintopinnasta. Tällöin kasvuston sisäiset versonosat eivät peittävyys-havainnossa saa niin suurta painoa kuin neulamenetelmässä. Kuitenkin on eräässä aiemmassa tutkimuksessa saatu myös silmävaraisten peittävyys-havaintojen ja vastaavien biomassa-arvojen välille lupaava korrelaatio (KELLOMÄKI 1973). Tämän työn tarkoituksena onkin selvittää lähemmin, mitä mahdollisuuksia on käyttää silmävaraisia peittävyys-havaintoja pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärien arvioimiseen. Paitsi normaalien kuiva-ainemääritysten työläyden vuoksi on tällaista tarkastelua pidetty tarpeellisenä siksi, että erilaisissa seurantatutkimuksissa on tärkeätä kyetä arvioimaan pintakasvillisuuden kuiva-ainemääriä sitä tuhoamatta.

Tutkimusaineiston keräyksessä on avustanut yo. HILKKA SARJAMO. Työn käsikirjoitusta on kommentoinut prof. PEITSA MIKOLA. Esitän molemmille parhaat kiitokseni.

2. MENETELMÄT JA AINEISTO

21. HAVAINNOMETSIKKÖ

Tutkimusaineisto kerättiin kesän 1972 aikana eräästä Helsingin yliopiston metsäharjoitteluaseman (60° 47' N; 24° 18' E) läheisyydessä sijaitsevasta kuusikosta. Tutkimusmetsikköä kuvaavat seuraavat tunnuksat:

- maalaji: hiekka- ja hietamoreeni
- metsätyyppi: mustikkatyypin
- kehitysluokka: 4B, yli-ikäinen, kiireellisesti uudistettava
- puulajisuhteet: kuusi 100 %, mänty läsnä, koivu läsnä
- puuston keski-ikä: 125 v
- puuston tiheys: 0.9
- puuston pohjapinta-ala: 26 m²/ha
- puuston keskipituus: 25 m
- puuston kuutiomäärä: 280 k-m³/ha

Tutkimusmetsikkö sijaitsee alueella, jossa vuotuinen keskilämpötila on keskimäärin -3.0—+3.5° C, tehoisan lämpötilan summa 1100—1200 dd ja vuotuinen keskisadanta 550—600 mm (KOLKKI 1966; HELIMÄKI 1967).

22. SUORITETUT HAVAINNOT JA MITTAUKSET

Tutkimusta varten erotettiin havaintometsiköstä 30 m × 70 m laaja otanta-ala, jolle arvottiin KOSOSEN (1969) kuvaamaa menettelyä noudattaen 150 kpl 20 cm × 20 cm:n koealaa. Näiltä suoritettiin kasvillisuuden peittävyysuhteiden analyysi silmävaraisesti yhden prosentin tarkkuudella. Havainnot tehtiin erikseen kenttä- ja pohjakerroksesta. Apuna käytettiin erilaisia mallialoja ja apuristikoita. Koealakasvillisuuden biomassan, jolla tarkoitetaan koealakasvillisuuden maanpäällisten versonosien kuiva-ainepainoa (24 h, 105° C), määrä selvitettiin ns. korjuumenetelmällä (NEWBOULD 1967). Sadalta koealalta (aineisto 1) sekä kenttä- ja pohjakerroksen biomassamääritykset suoritettiin vain osakasvustottaisina kokonaisuuksina. Muilta koealoilta (aineisto 2) selvitettiin myös kuiva-ainemäärän jakautuminen, kenttäkerroksessa varpujen, heinien ja ruohojen sekä pohjakerroksessa kerros-, seinä-, kynsi- ym. sammalien muodostamien kollektiiviryhmien osalta. Eräistä peittävyysarvoiltaan tärkeimmistä kenttäkerroksen lajeista laskettiin niiden koealakohtaiset yksilöluvut ja mitattiin kunkin lajin pisimmän verson korkeus pohjakerroksen tasosta. Lisäksi mitattiin pohjakerroksen lajiryhmien koealakohtainen pituus koealan keskipistettä lähinnä sijaitsevasta lajiyksilöstä. Koealahavainnot jakautuvat tasaisesti 20. 6.—15. 8. väliselle ajanjaksolle.

23. AINEISTON LAATU

Tutkimusmetsikön pintakasvillisuuden peittävyysuhteet on esitetty taulukossa 1. Siitä havaitaan metsikön edustavan varsin tavanomaista mustikkatyypin pintakasvillisuutta (vrt. esim. KALELA 1961), jossa mustikan osuus kenttäkerroksessa ja seinäsammalien osuus pohjakerroksessa on hallitseva. Eri lajien tai lajiryhmien peittävyysarvojen hajonta osoittautuu huomattavan suureksi; sen suhde vastaavaan peittävyiden keskilukuun on mustikkaa lukuunottamatta suurempi kuin yksi. Useimpien lajien esiintymisessä havaitaan siis selvää ryhmittymistä. Sen sijaan mustikkaa tavataan varsin tasaisesti ja säännöllisesti havaintoalueen kaikissa osissa (vrt. GREIG-SMITH 1964, s. 54—93; ODUM 1971, s. 205—207). Tähän yleistykseen on kuitenkin syytä suhtautua tietyllä varovaisuudella, sillä koealakoon vaikutusta kuviointimalliin ei tunneta (COLLIER & al. 1973).

Taulukossa 2 esitetään kenttäkerroksen lajien keskinäiset esiintymissuhteet peittävyyshavaintoihin perustuvina korrelaatiokertoimina. Taulukosta ilmenee, etteivät lajit muodosta keskenään mitään erityisen selviä yhteenliittyviä. Tulos voidaan tulkita siten, että eri lajien kasvustomosaiikit muodostavat suhteellisen homogeenisen kokonaisuuden. Toisin sanoen havaintometsikön eri osissa ympäristötekijöiden vaihtelu on vähäistä (vrt.

CAJANDER 1949). Pohjakerroksen lajeista ei vastaavaa tarkastelua ole suoritettu.

Havaintometsikön pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärä sekä kenttä- että pohjakerroksessa esitetään seuraavassa asetelmassa.

Osakasvusto	Kuiva-ainetta g m ⁻²
Kenttäkerros	90 ± 50
Pohjakerros	55 ± 48

Taulukko 1. Tutkimusmetsikön pintakasvillisuuden kuvaus.
Table 1. Ground vegetation of the study area.

Laji tai lajiryhmä <i>Species or group of species</i>	Peittävyys, % — Coverage		
	Keskiarvo <i>Mean</i>	Keskihajonta <i>Variance</i>	Varianssisuhde <i>Variance-mean ratio</i>
Varvut <i>Dwarf shrubs</i>			
<i>Vaccinium myrtillus</i>	22.47	23.05	0.69
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	7.32	8.52	1.16
<i>Linnaea borealis</i>	3.03	4.36	1.43
<i>Ramischia secunda</i>	0.06	0.51	8.50
Heinät <i>Grasses</i>			
<i>Deschampsia flexuosa</i>	2.24	4.16	1.86
<i>Luzula pilosa</i>	0.29	0.89	3.07
<i>Melica nutans</i>	0.07	0.43	6.14
Ruohot <i>Herbs</i>			
<i>Melampyrum sp.</i>	0.85	1.95	2.29
<i>Maianthemum bifolium</i>	3.48	3.87	1.11
<i>Goodyera repens</i>	0.35	1.29	3.68
<i>Trientalis europea</i>	0.12	0.53	4.42
<i>Oxalis acetosella</i>	0.15	.90	6.00
<i>Dryopteris linnaeana</i>	0.03	.30	10.00
Sammalet <i>Mosses</i>			
<i>Hylocomium splendens</i>	12.46	20.78	1.67
<i>Pleurozium schreberi</i>	21.67	25.84	1.24
<i>Dicranum sp.</i>	14.25	25.44	1.79
Muut sammalet	0.31	2.05	6.61
<i>Other mosses</i>			

Taulukko 2. Kenttäkerroksen lajien keskinäiset korrelaatiot
Table 2. Intercorrelations between species of the field layer.

Lajit — Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Vaccinium myrtillus</i> (1)	1.000												
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> (2)	-.326	1.000											
<i>Linnaea borealis</i> (3)	-.356	-.009	1.000										
<i>Ramischia secunda</i> (4)	-.087	.155	-.083	1.000									
<i>Deschampsia flexuosa</i> (5)	-.247	.027	.156	-.060	1.000								
<i>Luzula pilosa</i> (6)	-.101	.021	.141	-.039	.082	1.000							
<i>Melica nutans</i> (7)	-.045	-.056	.031	-.019	-.072	-.054	1.000						
<i>Melampyrum sp.</i> (8)	-.255	-.085	.168	-.053	.287	.228	.180	1.000					
<i>Maianthemum bitolium</i> (9)	-.172	-.007	.145	-.082	.201	.400	-.051	.323	1.000				
<i>Goodyera repens</i> (10)	-.120	-.101	.263	-.033	.354	-.037	-.054	-.016	.122	1.000			
<i>Trientalis europea</i> (11)	-.188	.016	.016	-.027	.264	.264	-.037	.142	.396	.244	1.000		
<i>Oxalis acetosella</i> (12)	-.021	-.091	-.027	-.020	.368	.058	-.027	.099	.196	.379	.400	1.000	
<i>Dryopteris linnaeana</i> (13)	-.125	.270	-.070	-.012	.067	-.033	-.017	-.045	.040	.028	-.023	-.012	1.000

Arvot ovat havaintokauden keskilukuja, joihin kasvilajien levinneisyys-tavasta johtuvan hajonnan lisäksi sisältyy kasvukauden kehityksestä aiheutuva vaihtelu. Suuruussuhteiltaan arvot vastaavat varsin hyvin eräissä aiemmissa tutkimuksissa vastaaventyypistä kasvillisuudesta saatuja tuloksia (esim. TAMM 1953; MÄLKÖNEN 1971, KELLOMÄKI 1973).

24. AINEISTON ANALYYSI

Tutkimuksen selitettävänä muuttujana on pintakasvillisuuden kokonaisbiomassa ja sen vaihtelu havaintometsikössä. Tarkastelu on käytännöllisistä syistä jaettu siten, että biomassan vaihtelua on tutkittu erikseen kenttä- ja pohjakerroksen suhteen. Näin on menetelty erityisesti siksi, että eri osakasvustojen lajit ovat peittävyden arvioinnissa havaintoteknillisesti täysin eri asemassa. Osakasvustojen lajit poikkeavat myös erimerkiksi organologisissa suhteissa huomattavasti toisistaan.

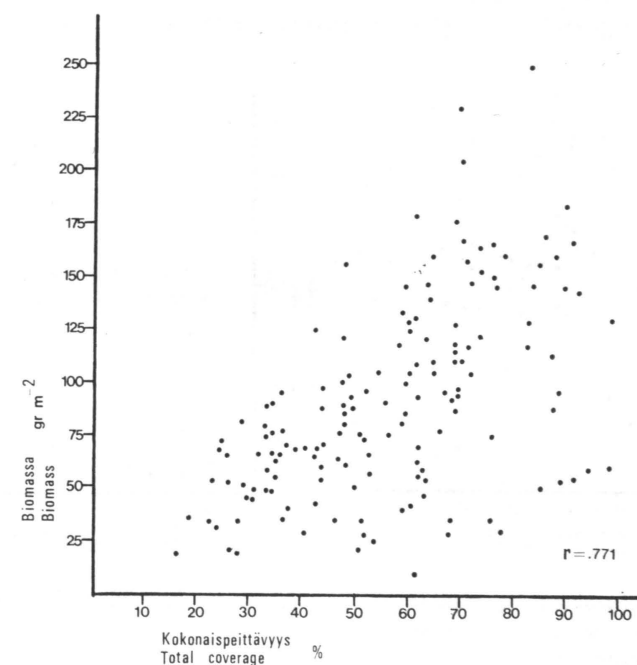
Analyysin perusmenetelmän muodostaa regressioanalyysi, jonka lineaarisen vaihtoehdon havaittiin soveltuvan tutkittavan ongelman käsittelyyn (vrt. kuvat 1 ja 8). Tällöin on ennustemalli laadittu aineistosta (1) pienimman neliösumman menetelmää noudattaen (esim. MÄKINEN 1968). Muodostetun mallin pätevyyttä ennustetarkoituksiin on tutkittu soveltamalla sitä aineistoon (2); ennustettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien välistä korrelaatiota on tällöin pidetty mallin pätevyyden arvioimiseen riittävänä ehtona (VÄLIAHO 1964; ESKOLA 1962; KÄRKKÄINEN 1969). Malleja on myös

arvosteltu tutkimalla niiden selittämää osuutta kriteerimuuttujan kokonaisvaihtelusta. Mallien ja niiden selittäjien tilastollista merkitsevyyttä on tarkasteltu F- ja t-testien avulla. Koska selitysvirheanalyysiä ei ole suoritettu, ei testiedellytysten olemassaolosta ole varmuutta (vrt. DRAPER & SMITH 1968, s. 86—95). Myöskään selitettävien ja selittävien muuttujien mahdollisia käyräviivaisia korrelaatioita ei ole pyritty tunnistamaan kokonaispeittävyden ja vastaavan biomassan välistä graafista tarkastelua lukuunottamatta.

3. PEITTÄVYYDEN JA BIOMASSAN SUHDE KENTTÄKERROKSESSA

31. SELITTÄJÄNÄ KOKONAIPEITTÄVYYS

Analyysin ensimmäisessä vaiheessa pyrittiin kenttäkerroksen kuiva-ainemäärän vaihtelua selittämään näytteen vastaavalla kokonaispeittävydellä (kuva 1). Aineistosta (1) saatiin taulukon 3 mukainen regressiomalli (1), joka selitti 59.5 % biomassanäytteiden kokonaisvaihtelusta. Mallin ominaisuuksia kuvaavat F- ja t-testit olivat molemmat muodollisesti erit-



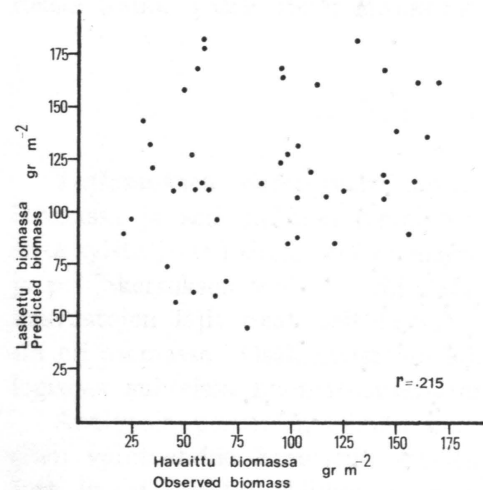
Kuva 1. Kenttäkerroksen biomassa kokonaispeittävyden funktiona.
Figure 1. Total biomass of field layer as a function of total coverage.

täin merkitseviä. Saadun mallin havaittiin kuitenkin soveltuvan varsin huonosti testiaineiston kuvaamiseen: laskettujen -ja havaittujen kuiva-ainemäärien välinen korrelaatio oli .215 (kuva 2).

Syitä sekä mallin alhaiseen selityssasteeseen että sen heikkoon ennustekykyyhin etsittiin aineiston laadusta. Tarkastelu osoitti näytteen kuiva-ainemäärän ja sitä vastaavan kokonaispeittävyuden välisen suhteen, peittävyyspainon, suuruuden riippuvan voimakkaasti näytteen pääkasvilajista. Eriyisesti muiden varpujen ja ruohojen peittävyyspainot jäivät vähäisiksi verrattuna mustikan ja puolukan peittävyyspainoihin, kuten oheisesta jaotelmasta ilmenee.

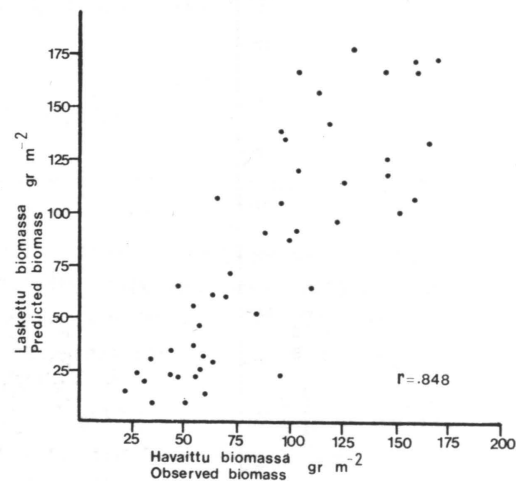
Laji tai lajiryhmä	Peittävyyspaino, g/peitt. yksikkö
Mustikka .....	.767
Puolukka .....	.973
Muut varvut .....	.230
Heinät .....	.319
Ruohot .....	.243

Tämä havainto selittää eräitä mallin ominaisuuksia. Ensinnäkin se korostaa peittävyydeltään ja peittävyyspainoltaan hallitsevien lajien mustikan ja puolukan, osuutta kokonaisbiomassan muodostuksessa. Niissä testiaineiston näytteissä, jotka koostuvat pääasiassa esimerkiksi ruoho-



Kuva 2. Kenttäkerroksen lasketun ja havaitun biomassan suhde testiaineistossa. Ennustemalli (1).

Figure 2. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of field layer in test material. Prediction model (1).



Kuva 3. Kenttäkerroksen lasketun ja havaitun biomassan suhde testiaineistossa. Ennustemalli (2).

Figure 3. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of field layer in test material. Prediction model (2).

lajeista, jää puolestaan lasketun ja havaitun kuiva-ainemäärän vastavuus vähäiseksi. Koska aineistossa havaittiin selvää mosaiikkimaista vaihtelua, ovat tällaiset tapaukset mahdollisia. Eri lajien väliset peittävyyspainoerot selittävät myös aineiston suurta hajontaa ja mallin (1) alhaista selityssastetta (katso kuva 1). Käyttämällä biomassavaihtelun selittämiseen kokonaispeittävyuden sijasta lajeitteisia peittävyyspainoja olisi mahdollista laatia ennustemalli, joka kokonaispeittävyysperustuvaa mallia paremmin ja aineistosta riippumatta kuvaisi kenttäkerroksen kasvillisuuden kuiva-ainemäärien vaihtelua.

Taulukko 3. Ennustemalli (1). Selitettävänä kenttäkerroksen biomassa. Table 3. Prediction model (1). The biomass of field layer as a dependent variable.

Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskihajonta Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selitys % Percentage increase in explaining power	r
Kokonaispeittävyys .....	.783	.065	.771	11.934***	59.5	.771
Total coverage						

Vakio: -4.208
Constant
F-arvo: 142.428***
F-value
R²: .595

32. SELITTÄJINÄ LAJIRYHMITTÄISET PEITTÄVYYDET

Koska molemmat aineistot olivat suhteellisen pieniä, ei kaikkia lajikohdaisia peittävyyspainoja voitu käyttää itsenäisinä selittävinä muuttujina. Ryhmittelyperusteina käytettiin lajien keskinäisiä peittävyyspaino- ja yleisyys-suhteita sekä lajien morfologisia ja lajien suhteellista sijaintia kuvaavia tunnuksia, joiden perusteella päädyttiin edellä käytettyyn jaotteluun. Tämän sijasta olisi voitu käyttää esimerkiksi lajien keskinäisiin esiintymissuhteisiin perustuvaa faktorianalyttistä ryhmittelyä, jossa faktoreiden näytealoittaisia estimaatteja käytetään regressioanalyysin selittävinä muuttujina (vrt. GREIG-SMITH 1964, s. 158-209; MÄKELÄ 1968). Koska suoritettu

faktoriansalyysi osoittautui vaikeasti tulkittavaksi, luovuttiin tästä vaihtoehdosta (taulukko 4).

Lajiryhmittäisiin peittävyksiin perustuva malli (2) selitti 72.3 % aineiston (1) biomassavaihtelusta, siis selvästi enemmän kuin kokonaispeittävyteen perustuva ennustemalli (taulukko 5). Tämä malli soveltui myös varsin hyvin testiaineiston kuvaukseen (kuva 3), sillä laskettujen ja todettujen kuiva-ainemäärien korrelaatio oli .848. Ennustamisessa voidaan havaita systemaattista virhettä siten, että pienet kuiva-ainemäärät on ennustettu liian suuriksi ja suuret kuiva-ainemäärät liian pieniksi. Selitys tähän löytynee käytetystä peittävyden arvioimismenetelmästä. Tämä on saattanut antaa liian suuria arvoja pienillä peittävyksillä (vrt. BROWN 1954) — toisaalta se kuvaa heikosti lajien ja lajiyksilöiden erisuuntaista ja kerroksellista kasvatapaa, joka oli yleistä suurilla peittävyysarvoilla. Ennustevirhe ei kuitenkaan vaikuta korrelaatiokertoimen suuruuteen.

Kokonaisselitysasteesta muodostivat pääosan mustikka ja puolukka. Muiden lajiryhmien selitysosuus jäi siksi vähäiseksi, että ne olisi voitu pois-

Taulukko 4. Tutkimusmetsikön pintakasvillisuuden kenttäkerroksen kuvaus faktoriansalyysin avulla.

Table 4. Description of the field layer vegetation in the study area by factor analysis.

Lajit — Species	Faktorit — Factors						aj ² *)
	1	2	3	4	5	6	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	-.119	-.404	-.133	-.655	-.189	-.228	.712
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	-.101	.723	.033	.143	-.121	.329	.678
<i>Linnaea borealis</i> .....	.048	-.133	.077	.859	-.009	-.121	.778
<i>Ramischia secunda</i>	-.015	.010	-.066	-.032	-.011	.916	.844
<i>Deschampsia flexuosa</i> .....	.663	.158	.118	.241	.116	-.082	.556
<i>Luzula pilosa</i>	-.091	-.053	.801	.087	-.056	-.004	.664
<i>Melica nutans</i>	-.047	-.047	-.168	-.039	.840	.008	.739
<i>Melampyrum sp.</i>	.096	-.033	.433	.226	.629	-.049	.647
<i>Maianthemum bifolium</i> .....	.208	.051	.757	.083	.055	-.092	.637
<i>Goodyera repens</i> .....	.722	-.143	-.142	.321	-.160	-.057	.694
<i>Trientalis europea</i> .....	.546	.018	.526	-.136	-.017	.103	.604
<i>Oxalis acetosella</i> .....	.798	-.058	.118	-.189	.036	.039	.692
<i>Dryopteris linnaeana</i> .....	.048	.808	-.054	-.117	.007	-.229	.725
aj ² *)	1.989	1.414	1.787	1.484	1.198	1.099	8.971

*) latausten neliöiden summa
sum of squared factor loadings

**) muuttujien lukumäärä
number of species

$$8.971/n^{**}) = 69 \%$$

Taulukko 5. Ennustemalli (2). Selitettävänä kenttäkerroksen biomassa.
Table 5. Prediction model (2). The biomass of field layer as a dependent variable.

Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskihajonta Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selityslisä % Percentage increase in explaining power	r
<i>V. myrtillus</i> .....	.800	.056	.917	14.153***	59.5	.740
<i>V. vitis-idaea</i>	1.063	.138	.450	7.686***	17.5	.148
Muut varvut .....	.174	.274	.037	.636	0.1	-.281
Other dwarf shrubs						
Heinät	-.045	.288	-.009	-.159	0.1	-.189
Grasses						
Ruohot .....	.254	.198	.077	1.280	0.4	-.170
Herbs						

Vakio: -.223

Constant

F-arvo: 48.648***

F-value

R²: .723

Taulukko 6. Selittäjien keskinäiset korrelaatiot mallissa (2).
Table 6. Intercorrelations between independent variables in model (2).

	1	2	3	4	5
<i>V. myrtillus</i> (1)	1.00				
<i>V. vitis-idaea</i> (2)	-.326	1.00			
Muut varvut (3)	-.367	.009	1.00		
Other dwarf shrubs					
Heinät (4)	-.247	.027	.149	1.00	
Grasses					
Ruohot (5)	-.248	-.053	.207	.380	1.00
Herbs					

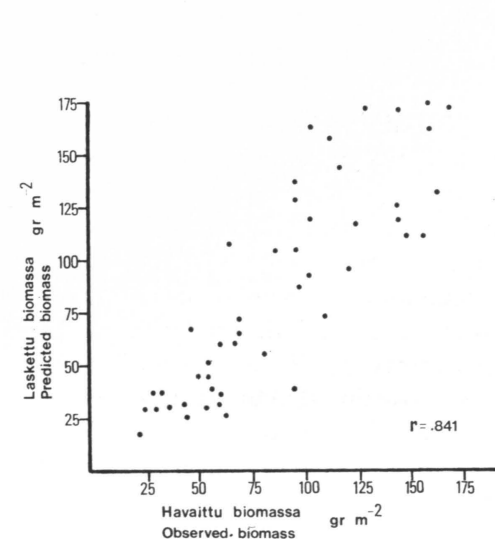
Taulukko 7. Ennustemalli (3). Selitettävänä kenttäkerroksen biomassa.
Table 7. Prediction model (3). The biomass of the field layer as a dependent variable.

Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskihajonta Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selitysaste % Percentage increase in explaining power	r
<i>V. myrtillus</i> .....	.800	.057	.922	13.945***	59.5	.733
<i>V. vitis-idaea</i>	1.056	.139	.454	7.552***	17.4	.135
Muut lajit .....	.153	.117	.081	1.304	.5	-.317
Other species						

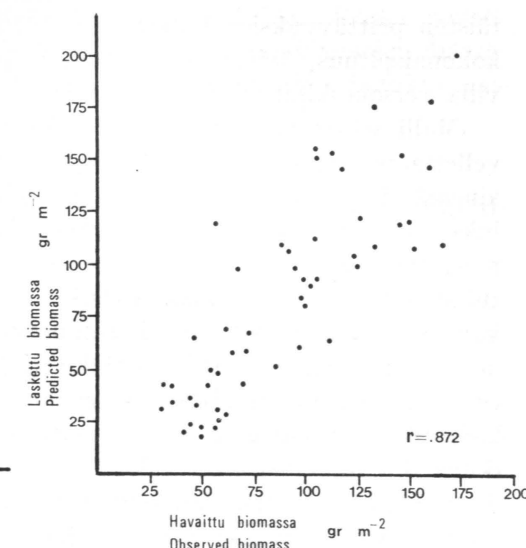
Vakio: -1.397
Constant
F-arvo: 77.507***
F-value
R²: .712

taa mallista sen selitysoisuutta sanottavasti alentamatta. Näiden muuttujien regressiokertoimet eivät myöskään olleet muodollisesti merkitseviä. Koska ko. muuttujien sisällyttäminen malliin oli ekologisesti perusteltua, ei niiden poisjättämistä katsottu tarpeelliseksi. Näin on haluttu korostaa eri lajien suhteellista merkitystä osakasvuston kokonaisbiomassan muodotuksessa, missä peittävyydeltään suurienkin ruohokasvustojen osuus jää vähäiseksi. Eräänä analyysivaihtoehtona laskettiin kuitenkin ratkaisu (malli 3), jossa mustikan ja puolukan peittävyyksien lisäksi käytettiin selittäjänä kaikkien muiden lajien yhteenlaskettua peittävyyttä (taulukko 7). Tässä ratkaisussa kohosi selitysaste 71.2 %:iin; testiaineistossa oli laskettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien välinen korrelaatio .841 (kuva 4). Edellä mainittua systemaattista ennustevirhettä ei tässä ratkaisussa sanottavasti esiintynyt.

Vaikka selittäjien keskinäiset korrelaatiot jäivät suhteellisen alhaisiksi (taulukko 6), ilmenee silti vaikeuksia ennustemallin tulkinnessa. Niinpä muille varvuille ja ruohoille on saatu positiiviset regressiokertoimet huolimatta siitä, että nämä muuttujat korreloivat negatiivisesti kriteerimuuttujan kanssa. Tätä ei kuitenkaan voida pitää olennaisena esteenä mallin käyt-



Kuva 4. Kenttäkerroksen lasketun ja havaitun biomassan suhde testiaineistossa. Ennustemalli (3).
Figure 4. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of field layer in the test material. Prediction model (3).



Kuva 5. Kenttäkerroksen lasketun ja havaitun biomassan suhde testiaineistossa. Ennustemalli (4).
Figure 5. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of field layer in test material. Prediction model (4).

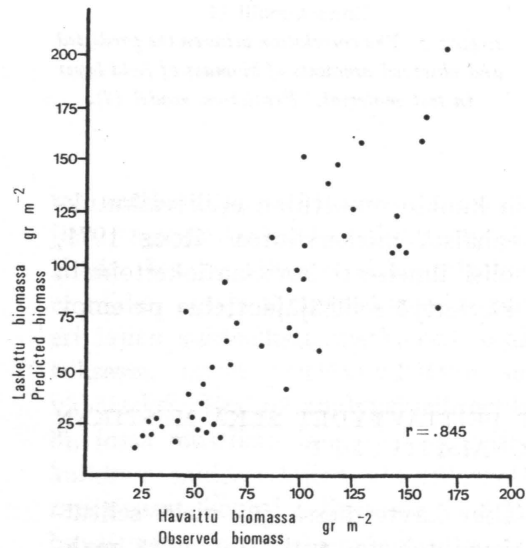
tölle ennustetarkoituksiin, varsinkin, kun kunkin muuttujan erillisvaikutuksen selvittämiseen on tunnettu vain vähäistä mielenkiintoa (Roos 1971, s. 100). Tulosten tulkinnan kannalta olisi ilmeisesti korrelaatiokertoimiin perustuva luonnollinen ryhmittely ollut käytettyä selittäjäjaottelua parempi.

33. SELITTÄJINÄ LAJIRYHMITTÄISET PEITTÄVYYDET SEKÄ MUSTIKAN JA PUOLUKAN KOKONAISPITUUDET

Koska lajiryhmittäisiä peittävyksiäkin käytettäessä jäi vielä selittämättä runsaat 20 % biomassan kokonaisvaihtelusta, tutkittiin, mitä mahdollisuuksia oli kohottaa mallin selitysastetta käyttämällä mainittujen muuttujien lisäksi selittäjinä niiden koaloittaisia yksilölukuja ja -pitouksia. Aineiston analyysissä käytettiin aluksi regressioanalyysin valikoivaa muunnosta, jossa lajiryhmien peittävyudet olivat pakollisina selittäjinä. Valinnaisista muuttujista osoittautuivat muodollisesti merkitseviksi selittäjiksi ainoastaan mustikan ja puolukan versojen määrää ja pitoutta osoittavat tunnuksat. Korkeimman selitysasteen antoi regressiomalli, jossa lajiryhmit-

täisten peittävyyskäsien lisäksi oli selittäjänä mustikan ja puolukan versojen kokonaispituus, lajien koaloittaiset versolukumäärät kerrottuna vastaavilla versokeskipituuksilla (taulukko 8).

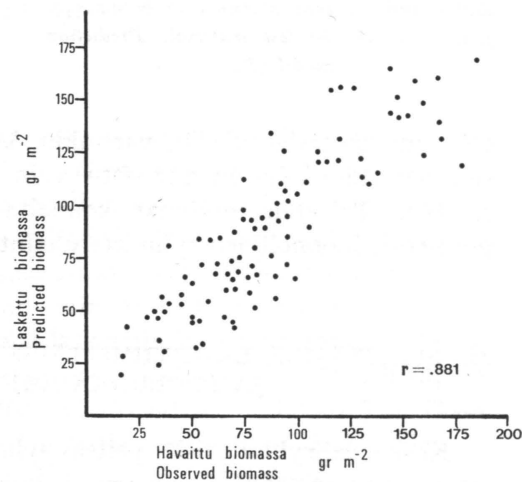
Malli selitti 82.6 % kenttäkerroksen kuiva-ainemäärän vaihtelusta. Sovellettaessa mallia testiaineistoon saatiin laskettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien väliseksi korrelaatioksi .872 (kuva 5). Koska mustikan ja puolukan peittävyysluvut korreloivat voimakkaasti koalojen versojen kokonaispituuksien kanssa ($r_{\text{must.}} = .826$, $r_{\text{puol.}} = .860$), muodostuu mallin tulkinta tässäkin tapauksessa vaikeaksi (taulukko 9). Kun mallista mustikan ja puolukan peittävyysluvut poistettiin ja muut lajit yhdistettiin yhdeksi muuttujaksi, saatiin taulukossa 10 esitetty malli. Se selitti 73.9 % tutkittavasta varianssista. Testiaineistossa saatiin tämän mallin avulla laskettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien väliseksi korrelaatioksi .846 (kuva 6). Analyysi osoittaa, että tutkitun tyyppisessä pintakasvillisuudessa biomassan määrään eniten vaikuttavien lajien peittävyysarvot voitaisiin korvata vastaavilla versojen kokonaispituutta kuvaavilla arvoilla mallin (taulukko 5) selityksasteen olennaisesti vähenemättä (vt. FLOWER-ELLIS 1971; POHJONEN & HARI 1973). Näin voitaisiin välttää mm. peit-



Kuva 6. Kenttäkerroksen lasketun ja havaitun biomassan suhde testiaineistossa.

Ennustemalli (5).

Figure 6. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of field layer in test material. Prediction model (5).



Kuva 7. Kenttäkerroksen lasketun ja havaitun biomassan suhde testiaineistossa käytettäessä peittävyyspainoja kenttäkerroksen biomassan ennakkointiin.

Figure 7. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of field layer in test material when using weighted coverage value for predicting biomass of field layer.

tävyysarvioon liittyviä virhelähteitä (katso BROWN 1954). Koska peittävyysarvioon vaikuttaa pääversojen määrän ohella myös sivuversojen määrä, voitaisiin selityksastetta ilmeisesti kohottaa ottamalla malliin joitakin näiden määrää kuvaavia tunnuksia.

34. PAINOTETTujen PEITTÄVYYKSIEN SUMMA BIOMASSAN ENNUSTAMISESSA

Regressioanalyysin ohella tutkittiin myös muita mahdollisuuksia pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärien ennakoimiseksi. Erään vaihtoehdon muodostaa lajipeittävyyskäsien summa, jossa painolukuina käytetään lajien peittävyyspainoja. Aineiston pienuuden vuoksi ei tässäkin tapauksessa voitu käyttää kaikkia lajipeittävyyskäsia sellaisenaan, vaan aineisto ryhmiteltiin

Taulukko 8. Ennustemalli (4). Selitettävänä kenttäkerroksen biomassa.
Table 8. Prediction model (4). The biomass of the field layer as a dependent variable.

Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskihajonta Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selitysaste % Percentage increase in explaining power	r
<i>V. myrtillus</i> .....	.452	.071	.518	6.357***	7.7	.740
<i>V. vitis-idaea</i> .....	.236	.212	.100	1.111	0.2	.148
Muut varvut .....	.237	.220	.051	1.076	0.2	-.281
<i>Other dwarf shrubs</i>						
Heinät .....	.087	.233	.018	376	<0.1	-.189
<i>Grasses</i>						
Ruohot .....	.287	.159	.087	1.806	0.6	-.170
<i>Herbs</i>						
Mustikan varpujen pituus <i>Length of V. myrtillus</i>	.053	.008	.480	6.041***	6.9	.703
Puolukan varpujen pituus <i>Length of V. vitis-idaea</i>	.083	.016	.449	5.095***	4.9	.273

Vakio: -4.700

Constant

F-arvo: 61.899***

F-value

R²: .826

Taulukko 9. Selittäjien keskinäiset korrelaatiot mallissa (4).
Table 9. Intercorrelations between independent variables in model (4).

	1	2	3	4	5	6	7
<i>V. myrtillus</i> (1)	1.000						
<i>V. vitis-idaea</i> (2)	-.326	1.00					
Muut varvut (3)	-.367	.009	1.00				
<i>Other dwarf shrubs</i>							
Heinät (4)	-.247	.027	.149	1.00			
<i>Grasses</i>							
Ruohot (5)	-.249	-.053	.207	.380	1.000		
<i>Herbs</i>							
Mustikan pituus (6) .....	.826	-.305	-.321	-.201	-.223	1.000	
<i>Length of V. myrtillus</i>							
Puolukan pituus (7)	-.219	.860	-.019	-.058	-.075	-.293	1.000
<i>Length of V. vitis-idaea</i>							

Taulukko 10. Ennustemalli (5). Selitettävänä kenttäkerroksen biomassassa.
Table 10. Prediction model (5). The biomass of the field layer as a dependent variable.

Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskihajonta Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selityslisä Percentage increase in explaining power	r
Mustikan pituus <i>Length of V. Myrtillus</i>	.098	.006	.881	14.473***	58.2	.695
Puolukan pituus <i>Length of V. vitis-idaea</i>	.098	.010	.540	9.491***	25.0	.262
Muiden lajien peittävyys . <i>Other species</i>	.095	.109	.054	.866	.2	-.317

Vakio: .775
Constant
F-arvo: 88.676***
F-value
R²: .739

sivulla 27 mainitulla tavalla. Aineistosta (2) lasketut peittävyyspainot, joita käytettiin painolukuina, on esitetty sivulla 26. Mallin testaus suoritettiin soveltamalla sitä aineiston (1) kuvaukseen. Laskettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien korrelaatioksi saatiin .881 (kuva 7).

Malli selitti kuiva-ainemäärien vaihtelua suhteellisesti yhtä hyvin kuin regressiomalli, jossa selittäjinä käytettiin vastaavien lajiryhmien peittävyksiä. Tähän menetelmään verrattuna on summamenetelmän etuna tulokinnallinen yksiselitteisyys, jota selittävien muuttujien mahdolliset interkorrelaatiot eivät häiritse. Tämänkin mallin yhteydessä voidaan havaita systemaattista ennustevirhettä — pienillä peittävyysarvoilla saatiin tulokseksi liian suuria ja suurilla peittävyysarvoilla liian pieniä kuiva-ainemääriä.

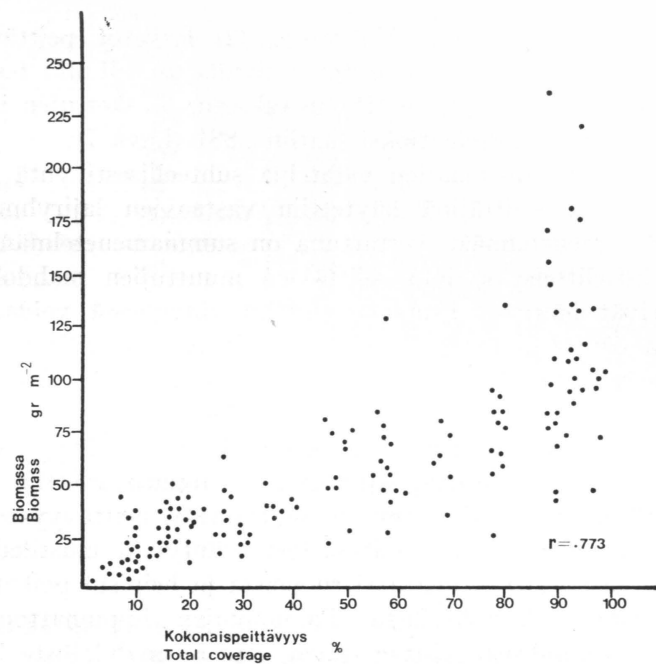
Käytetyt painoluvut osoittautuivat suhteellisen riippumattomiksi muista kasvillisuuden kvantitatiivisista tunnuksista kuin peittävydestä ja sitä vastaavasta kuiva-ainemäärästä; lajiryhmästä riippuen kyettiin koaloittaisia versomääriä ja -pituuksia käyttäen selittämään peittävyyspainon vaihtelusta 0–16 %. Korkeimmat selitysasteet esiintyivät mustikalla ja puolukalla, joiden kasvutapa esimerkiksi ruohoista ja heinistä poiketen on varsin moniulotteista ja -kerroksellista. Painolukujen riippumattomuus kasvilajien ulkoisista tunnuksista viittaa siihen, että on mahdollista käyttää kehitettyä menetelmää laajemminkin tutkituntyyppisen pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärien arvioimiseen. Toisaalta tämä osoittaa tutkimusmetsikön pintakasvillisuuden olleen näinkin ilmaistuna varsin yhtenäistä.

4. PEITTÄVYYDEN JA BIOMASSAN SUHDE POHJAKERROKSESSA

4.1. SELITTÄJÄNÄ KOKONAISPEITTÄVYYS

Tutkittaessa pohjakerroksen peittävyden ja biomassan välistä suhdetta on noudatettu kenttäkerroksen kasvillisuuden analyysissä kuvattua käsittelyjärjestystä. Aineistosta (1) laskettu kokonaispeittävyteen perustuva ennustemalli (6) esitetään taulukossa 11 (katso myös kuva 8).

Malli (6) selitti pohjakerroksen kuiva-ainemäärän vaihtelusta 59.8 %. Kenttäkerroksen vastaavasta ennustemallista poiketen se ennakoii suhteellisen hyvin myös testiaineiston biomassavaihtelua; laskettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien välinen korrelaatio oli .836 (kuva 10). Eri lajien peittävyyspainot eivät tässä tapauksessa vähäarvoista muiden sammalien ryhmää lukuunottamatta poikenneet toisistaan yhtä voimakkaasti kuin kenttäkerroksen lajien ollessa kysymyksessä.



Kuva 8. Pohjakerroksen biomassa kokonaispeittävytenä.
Figure 8. Total biomass of ground layer as a function of total coverage.

Laji tai lajiryhmä	Peittävyyspaino g/peitt. yksikkö
Kerrossammal .....	.398
Seinäsammas .....	.527
Kynsisammalet .....	.497
Muut sammaslet .....	.769

Näin ei kasvilajien laikkumainen kasvutapa muodostu yhtä häiritseväksi kuin kenttäkerroksen kokonaispeittävyysmallissa. Ennusteessa ei havaita olennaista systemaattista virhettä.

42. SELITTÄJINÄ LAJIRYHMITTÄISET PEITTÄVYYDET

Mallin (6) alhaiseen selityksasteeseen vaikutti olennaisesti kuiva-ainemäärien voimakas hajonta suurilla peittävyysarvoilla (kuva 8). Erityisesti havaittiin kynsisammallajien kuiva-ainemäärien voivan kohota korkeiksi. Mallin selityksastetta pyrittiinkin tämän vuoksi kohottamaan käyttämällä kokonaispeittävyys sijasta selittäjinä tärkeimpien lajien ja lajiryhmien peittävyksiä sivulla 27 mainitulla tavalla. Näin laadittu malli esitetään taulukossa 12.

Mallin (7) selityksaste kohosi 70.4 %:iin, siis selvästi suuremmaksi kuin kokonaispeittävyysmallissa. Kokonaispeittävyysasteesta muodostivat tärkeimmän osan kynsisammallajit. Nämä kasvustolaikut esiintyivät koelohjoilla, joilla kenttäkerroksen lajistoa ei lainkaan esiintynyt tai se koostui pääasiassa heinä- ja ruoholajeista. Tällaisilla kasvupaikoilla kynsisammallien kasvustot muodostuivat huomattavasti pidemmiksi kuin muiden aineistossa esiintyvien sammallajien. Tämä puolestaan selittää ko. lajien korkean kuiva-ainepitoisuuden peittävyysyksikköä kohti kuvatuissa olosuhteissa. Koelohjoilla, joilla kenttäkerroksen kasvillisuus muodostui pääasiassa muista lajeista kuin heinistä tai ruohoista, oli pohjakerroksen kasvillisuuden kuiva-ainemäärä suoraan rinnastettavissa vastaavaan kokonaispeittävyysasteeseen, sillä näillä koelohjoilla kynsisammallajeja esiintyi vain vähän.

Taulukko 11. Ennustemalli (6). Selitettävänä pohjakerroksen biomassa.
Table 11. Prediction model (6). The biomass of the ground layer as a dependent variable.

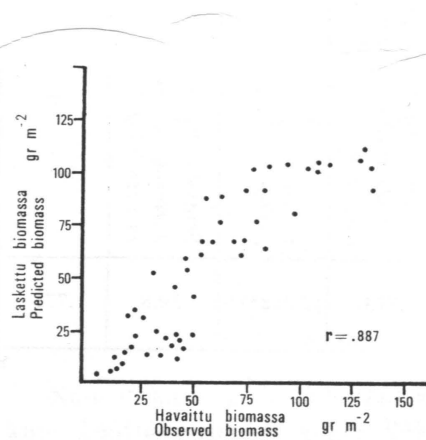
Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskiahjonta Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selityslisä % Percentage increase in explaining power	r
Kokonaispeittävyys .....	.438	.036	.773	12.012***	59.8	.773
Total coverage						

Vakio: 1.111
Constant
F-arvo: 144.292***
F-value
R²: .598

Mallin (7) selittäjät olivat muiden sammalten ryhmää lukuunottamatta muodollisesti erittäin merkitseviä kuten koko ennusteyhtälökin. Tämä muuttuja aiheuttaa mallin tulkinnaissa epävarmuutta, sillä sen regressio selitettävän muuttujan kanssa muodostui positiiviseksi vastaavasta negatiivisesta korrelaatiosta huolimatta. Vaikka selittäjien keskinäinen korreloituminen oli varsin vähäistä (taulukko 13), on syytä tähän kuitenkin etsittävä näistä suhteista. Tässä yhteydessä korostettakoon selittäjien välisten korrelaatiokerrointen pienten itseisarvojen lisäksi niiden negatiivisuutta.

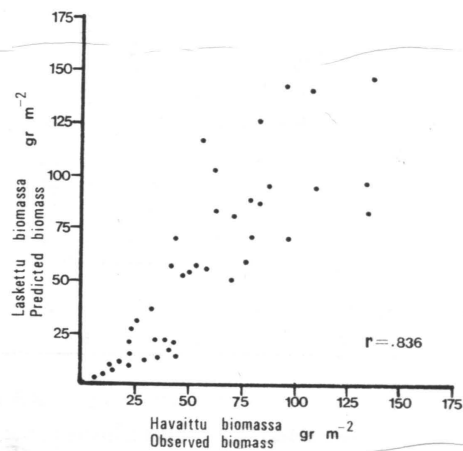
Molemmat piirteet kuvastavat näiden lajien tai lajiryhmien mosaiikki-
maista esiintymistapaa, johon jo edellä kiinnitettiin huomiota (vrt. s. 23).

Myös tämä malli ennakoi varsin hyvin kuiva-ainemäärien vaihtelua testi-
aineistossa. Tässä tapauksessa oli laskettujen ja havaittujen kuiva-aine-
määrien välinen korrelaatio .887 (kuva 9), mikä vastaa tyydyttävästi so-
velletun ennusteyhtälön selitysasetta. Ennuste antoi suurilla biomassaa-
arvoilla systemaattisesti jonkin verran liian pieniä arvoja. Tärkeä syy tä-
hän lienee se, että nämä kuiva-ainearvot koostuivat useassa tapauksessa
pitkistä lajiyksilöistä, joiden morfologisia ominaisuuksia peittävyysarvio ku-
vasi huonosti. Sen sijaan pienet ja keskisuuret kuiva-ainearvot muodostui-
vat verrattain lyhyistä ja tasapitkistä lajiyksilöistä, joiden kuiva-ainepitoi-
suus peittävyysyksikköä kohti oli jokseenkin vakio. Koska lajiyksilöiden
ylimpien versonosien alapuolella ei juuri ollut eläviä versonosia, kuvasi
peittävyys kasvillisuuden biomassaa paremmin kuin edellisessä tapauksessa.



Kuva 9. Pohjakerroksen lasketun ja ha-
vaitun biomassan suhde testiaineistossa.
Ennustemalli (7).

Figure 9. The correlation between the predicted
and observed amounts of biomass of ground
layer in test material. Prediction model (7).



Kuva 10. Pohjakerroksen lasketun ja ha-
vaitun biomassan suhde testiaineistossa.
Ennustemalli (6)

Figure 10. The correlation between the pre-
dicted and observed amounts of biomass of
bottom layer in test material. Prediction
model (6).

Taulukko 12. Ennustemalli (7). Selitettävänä pohjakerroksen biomassa.
Table 12. Predicting model (7). The biomass of the ground layer as a dependent variable.

Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskihajonta Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selityslisä % Percentage increase in explaining power	r
<i>H. splendens</i> .....	.284	.052	.311	5.394***	9.1	.277
<i>P. schreberi</i> .....	.383	.042	.542	9.107***	26.1	.119
<i>Dicranum sp.</i> .....	.611	.044	.820	13.792***	59.9	.631
Muut sammaleet .....	.260	.521	.028	.499	>0.1	-.060
Other mosses						

Vakio: 1.827
Constant
F-arvo: 55.798***
F-value
R²: .704

Taulukko 13. Selittäjien keskinäiset korrelaatiot mallissa (7).
Table 13. Intercorrelations between independent variables in model (7).

	1	2	3	4
<i>H. splendens</i> (1)	1.000			
<i>P. schreberi</i> (2)	-.145	1.000		
<i>Dicranum sp.</i> (3)	-.138	-.267	1.000	
Muut sammalet (4)	-.023	-.066	-.054	1.000
Other mosses				

Taulukko 14. Ennustemalli (8). Selitettävänä pohjakerroksen biomassa.
Table 14. Prediction model (8). The biomass of the ground layer as a dependent variable.

Selittäjä Independent variable	Regressiokerroin Regression coefficient	Keskijointa Deviation	Standardoitu regressiokerroin Standardized regression coefficient	t-arvo t-value	Selityslisä % Percentage increase in explaining power	r
<i>H. splendens</i> .....	.313	.052	.343	6.028***	10.3	.119
<i>P. schreberi</i> .....	.372	.042	.527	8.795***	22.1	.277
<i>Dicranum sp.</i> .....	.594	.043	.796	13.640***	53.2	.631
Muut sammalet .....	.489	.503	.053	.971	0.2	-.060
Other mosses						
Seinäsammalen pituus <i>Length of P. schreberi</i>	2.014	.752	.149	2.678	2.0	.197
Kynsisammalen pituus <i>Length of Dicranum sp.</i>	1.395	.695	.120	2.005	1.1	.171

Vakio: -9.169
Constant
F-arvo: 42.942***
F-value
R²: .737

Taulukko 15. Selittäjien keskinäiset korrelaatiot mallissa (8).
Table 15. Intercorrelations between independent variables in model (8).

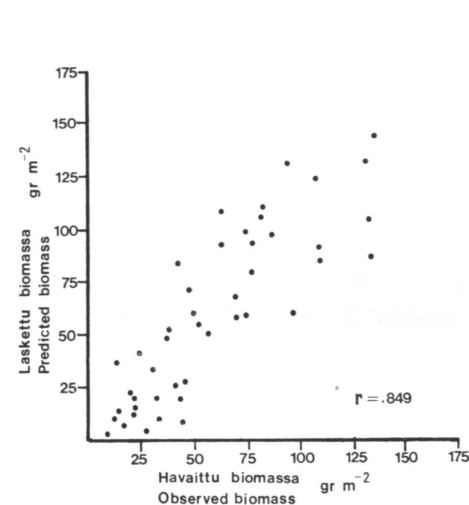
	1	2	3	4	5	6
<i>H. splendens</i> (1)	1.000					
<i>P. schreberi</i> (2)	-.145	1.000				
<i>Dicranum sp.</i> (3)	-.138	-.267	1.000			
Muut sammalet (4)	-.023	-.066	-.054	1.000		
Other mosses						
Seinäsammalen pituus (5)	-.247	-.220	.330	-.135	1.000	
<i>Length of P. schreberi</i>						
Kynsisammalen pituus (6)	-.060	-.010	.049	.428	-.155	1.000
<i>Length of Dicranum sp.</i>						

43. SELITTÄJINÄ LAJIRYHMITTÄISET PEITTÄVYYDET JA KESKIPITUUDET

Mallin (7) selitysastetta pyrittiin kohottamaan käyttämällä selittäjinä lajiryhmittäisten peittävyyskertoimien lisäksi vastaavien ryhmien keskipituuksia — näinhän oli syytä olettaa edelläesitetyn perusteella. Käytettäessä lajiryhmittäisiä peittävyyskertoimia pakollisina ja niiden vastaavia pituuksia valinnaisina selittäjinä saatiin taulukon 14 mukainen malli.

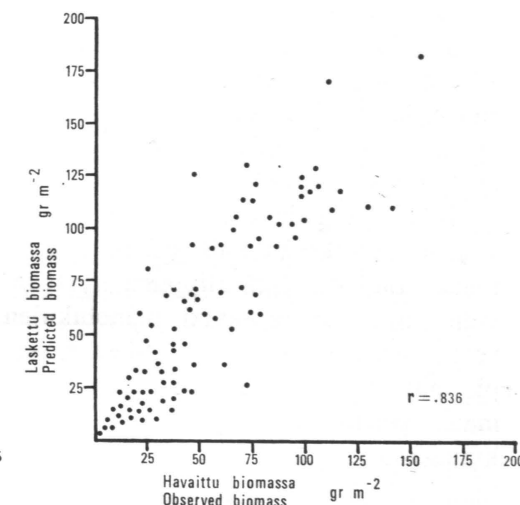
Lisätunnukset kohottivat mallin (7) selitysasteen 70.4 %:sta 73.7 %:iin, ts. selitysaste ei kohonnut kovinkaan olennaisesti. Tämä on varsin ymmärrettävää, sillä pohjakerroksen kasvillisuus oli tasamittaista ja lajien sisäinen vaihtelu jäi vähäiseksi. Kenttäkerroksen kasvillisuudessa sen sijaan voitiin havaita varsin voimakasta sekä lajien välistä että niiden sisäistä pituusvaihtelua. Yksittäishavainnot osoittivat, että esimerkiksi kynsisammalien ja seinäsammalyksilöiden versojen lukumäärää ja paksuutta kuvaavat tunnuksat saattaisivat pituuden ohella olla käyttökelpoisia muutujia pyrittäessä kohottamaan mallin (8) selitysastetta.

Mallin (8) selittäjien keskinäiset korrelaatiot jäivät vähäisiksi (taulukko 15). Pituustunnusten käyttäminen peittävyystunnusten ohella poistaa osit-



Kuva 11. Pohjakerroksen lasketun ja havaitun biomassin suhde testiaineistossa. Ennustemalli (8).

Figure 11. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of bottom layer in test material. Prediction model (8).



Kuva 12. Pohjakerroksen lasketun ja havaitun biomassin suhde testiaineistossa käytettäessä peittävyyspainoja pohjakerroksen biomassin ennakkoinnissa.

Figure 12. The correlation between the predicted and observed amounts of biomass of bottom layer in test material when using weighted coverage value for predicting biomass of ground layer.

tain mallissa (7) esiintyneen systemaattisen ennustevirheen, vaikkakin suurilla kuiva-ainearvoilla edelleenkin esiintyy huomattavaa hajontaa (kuva 11). Laskettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien välinen korrelaatio oli tässä tapauksessa .849 ja vastasi siten varsin hyvin sovelletun ennusteyhtälön selitysosuutta aineistossa (1).

44. PAINOTETTujen PEITTÄVYYKSIEN SUMMA BIOMASSAN ENNUSTAMISSESSA

Pohjakerroksen kasvillisuuden kuiva-ainemääriä pyrittiin ennakoimaan myös kenttäkerroksen kasvillisuuteen sovelletulla peittävyyspainomenetelmällä (vrt. s. 33). Tätä varten aineisto ryhmiteltiin sivulla 27 mainitulla tavalla, sillä aineiston pienuuden vuoksi ei kaikkia lajipeittävyksiä voitu käyttää hyväksi. Peittävyyssummaa laskettaessa käytettiin painolukuina sivulla 36 esitettyjä arvoja, jotka laskettiin aineistosta (2). Sovellettaessa laadittua ennustemallia aineistoon (1) saatiin laskettujen ja havaittujen kuiva-ainemäärien väliseksi korrelaatioksi .836 (kuva 12).

Malli johti suhteellisesti yhtä tyydyttävään tulokseen kuin regressioyhtälö, jossa selittävinä muuttujina käytettiin lajiryhmittäisiä peittävyksiä. Myös tässä tapauksessa havaitaan ennusteessa systemaattista virhettä; tulokseksi saadaan pienillä biomassa-arvoilla liian suuria ja suurilla biomassa-arvoilla liian pieniä kuiva-ainemääriä. Tähän mahdollisesti vaikuttavia syitä on jo käsitelty sivulla 38.

Käytetyt painoluvut olivat varsin riippumattomia muista kvantitatiivisista tunnuksista kuin peittävydestä ja sitä vastaavasta kuiva-ainemäärästä. Lajiryhmästä riippuen kyettiin pituustunnuksen avulla selittämään vain muutama prosentti painolukujen kokonaisvaihtelusta. Jotkin muut tunnuksot olisivat kenties olleet tässä tapauksessa selitysasteeltaan parempia muuttujia. Menetelmä näyttää varsin lupaavalta pyrittäessä arvioimaan peittävyyslukuja hyväksi käyttäen pohjakerroksen kasvillisuuden kuiva-ainemääriä.

5. LISÄNÄKÖKOHTIA

Kun otetaan huomioon sovellettu peittävyuden arvioimismenetelmä, ei liene suuriakaan mahdollisuuksia kohottaa ennustemallien selitysosuutta saavutetusta tasosta. Virhevarianssia kasvattavat monet havaintopsykologiset seikat. Niinpä esim. havainnoitsijan heikosti tuntemat lajit saattavat saada systemaattisesti liian alhaisia peittävyysarvoja, kun taas tutttujen lajien peittävyysosuudet saattavat kohota liian suuriksi (SMITH 1944). Myös

havainnontekijän psykofyysinen tila saattaa vaikuttaa peittävyysarvioihin tavalla, jonka kvantifioiminen ei liene useinkaan mahdollista.

Erään mahdollisuuden peittävyystietoihin vaikuttavien subjektiivisten tekijöiden vähentämiseen tarjoaa ns. neulamenetelmä, jonka kykyyn kuvata heinämäisen kasvillisuuden määrää on jo edellä viitattu. Neulamenetelmän soveltuvuudesta tutkituntyyppisen pintakasvillisuuden peittävyysuhteiden kuvaamiseen on kuitenkin varsin niukasti kokemuksia. Menetelmän tärkein etu lienee se, että sen avulla kyetään sovellettua peittävyysarviota paremmin ottamaan huomioon myös kasvuston sisäiset verosonat. Näin voitaisiin ilmeisesti vähentää pelkkiin peittävyystietoihin perustuneissa malleissa esiintynyttä ennustevirhettä, jonka seurauksena pienet kuiva-ainearvot tulivat yliarvostetuiksi ja suuret aliarvostetuiksi. Suurien koalamäärien tutkimiseen tämä menetelmä kuitenkin on suhteettoman työläs. Huomattakoon, että perinteellistä silmävaraista peittävyysarviota sovellettaessakin on mahdollista lajien versotiheyttä ja niiden pituustunnuksia hyväksi käyttäen vähentää ennustevirhettä.

6. YHDISTELMÄ

Työssä on tutkittu metsän aluskasvillisuuden biomassan ja peittävyuden välistä suhdetta. Aineiston muodostaa 150 kpl 400 cm²:n suuruista näytealaa, jotka edustavat sukkession loppuvaiheissa olevaa mustikkatyyppin pintakasvillisuutta (taulukko 1). Kasvilajien peittävyysuhteiden lisäksi on näytteistä selvitetty osakasvuttoittain niiden kuiva-ainemäärät. Aineiston analyysissä on sovellettu lineaarista regressioanalyysiä, jossa selittävinä muuttujina ovat olleet kenttä- ja pohjakerroksen kuiva-ainearvot ja selittävinä muuttujina peittävyysanalyysien tulokset. Peittävyystietojen lisäksi on kokeiltu myös eräiden muiden kvantitatiivisten tunnusten käyttökelpoisuutta kuiva-ainemäärien ennustamisessa. Laadittujen ennustemallien pätevyyttä on tutkittu soveltamalla niitä toiseen itsenäiseen aineistoon.

Kenttäkerroksen kokonaispeittävyys selitti n. 60 % osakasvuston kuiva-ainemäärien vaihtelusta (malli 1). Käytettäessä selittävinä muuttujina eräiden tärkeimpien lajien ja lajiryhmien peittävyyslukuja kohosi mallin selityaste n. 70 %:iin kuiva-ainemäärien kokonaisvaihtelusta (malli 2). Lisättäessä viimeksi mainittuun malliin selittäjiksi mustikan ja puolukan koaloittaiset kokonaispituudet kohosi mallin selityaste hieman yli 80 %:iin (malli 4). Ensimmäistä mallia lukuun ottamatta soveltuivat laaditut mallit varsin hyvin myös testiaineiston kuvaukseen. Kokonaispeittävyysmallin heikon selityskyvyn havaittiin johtuvan siitä, että eri kasvilajien, erityisesti varpuja ruoholajien kuiva-ainepitoisuudet peittävyysyksikköä kohti poikkesivat

toisistaan varsin selvästi. Tällöin samansuuruisen kokonaispeittävyys saattoi näytteen kasvilajista riippuen ilmaista hyvinkin erilaista kuiva-ainemäärää.

Pohjakerroksen kokonaispeittävyys selitti n. 60 % pohjakerroksen kuiva-ainemäärästä (malli 6). Käytettäessä selittäjinä eräiden tärkeimpien lajien ja lajiryhmien peittävyysarvoja kohosi selitysaste n. 70 %:iin (malli 7). Pohjakerroksen kuiva-ainemäärien vaihtelua ei kyetty selittämään oleellisesti tarkemmin, vaikka selittäjinä peittävyystunnusten lisäksi käytettiin lajien ja lajiryhmien pituustunnuksia (malli 8). Kaikki mallit soveltuivat ennusteyhtälön selitysastetta vastaavalla tavalla myös testiaineiston kuvaukseen. Tässä tapauksessa eivät eri lajien ja lajiryhmien kuiva-ainepitoisuudet poikenneet toisistaan niin oleellisesti kuin kenttäkerroksen kasvillisuudessa.

Pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärien ennustamiseen sovellettiin myös lajipeittävyysien summaa, jossa painolukuina käytettiin lajien peittävyyspainoja 1. kuiva-ainepitoisuutta peittävyysyksikköä kohti. Tämä menetelmä kuvasi sekä kenttä- että pohjakerroksen kuiva-ainemäärien vaihtelua suhteellisesti yhtä hyvin kuin regressiomallit, joissa selittäjinä käytettiin vastaavien lajien ja lajiryhmien peittävyysarvoja (kuvat 7 ja 12).

LÄHDEVIITTEET

- BROWN, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Bull. Bur. Past. 42.
- CAJANDER, A. K. 1949. Metsätyypit ja niiden merkitys. Summary: Forest types and their significans. Acta For. Fenn. 56.
- COLLIER, B., COX, G., JOHNSON, A. & MILLER, P. 1973. Dynamic ecology. London—Sidney—Toronto—New Delhi—Tokyo.
- DRAPER, N. R. & SMITH, H. 1968. Applied regression analysis. New York—London—Sidney.
- ESKOLA, A. 1962. Sosiologian tutkimusmenetelmät 1. Porvoo—Helsinki.
- FLOWER—ELLIS, J. 1971. Age structure and dynamics in stand of viberry (*Vaccinium myrtillus* L.) Skogshögskolan, Departments of forest ecology and forest soils. Research Notes 9.
- GREIG-SMITH, P. 1964. Quantitative plant ecology. London.
- HELMÄKI, U. I. 1967. Taulukoita ja karttoja Suomen sadeoloista kaudelta 1931—1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan nide 66, osa 2.
- KALELA, A. 1961. Waldvegetationszonen Finnlands und ihre klimatischen Paralleltypen. Vanamon Tied. 16.
- KELLOMÄKI, S. 1973. Tallauksen vaikutus mustikkatyyppin kuusikon pintakasvillisuuteen. Summary: Ground cover response to trampling in a spruce stand of *Myrtillus* type. Silva Fenn. 7 (2): 96—113.
- KOLKKI, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpötiloista kaudelta 1931—1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan nide 65, osa Ia.
- KOSONEN, M. 1969. Tilastollisista otantamenetelmistä. Luonnontutkija 73: 6.
- KÄRKKÄINEN, M. 1969. Metsän vaurioituminen kesäaikaisessa puunkorjuussa. Summary: The amount of injuries caused by timber transportation in the summer. Acta For. Fenn. 100.

- MILNER, C. & HUGHES, R. E. 1970. Methods for the measurement of the primary production of grassland. IBP Handbook No 8. Oxford—Edinburgh.
- MÄKELÄ, J. 1968. Puunkorjuun tuottavuuteen vaikuttavat tekijät maatilametsätaloudessa. Summary: Factors affecting logging productivity in farm forests. Acta For. Fenn. 85.
- MÄKINEN, Y. 1968. Tilastotiedettä biologeille. Turku.
- MÄLKÖNEN, E. 1971. Kuiva-ainetuotoksen ja ravinteiden jakautuminen männiköissä. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.
- NEWBOULD, P. J. 1967. Methods for estimating the primary production of forests. IBP Handbook No 2. Oxford—Edinburgh.
- ODUM, E. P. 1971. Fundamentals of ecology. Philadelphia—London—Toronto.
- POHJONEN, V. & HARI, P. 1973. A dynamic model of crop growth rate of italian ryegrass after cutting. Acta Agr. Scand. 23: 121—126.
- ROOS, J.-P. 1971. Monimuuttujamenetelmien perusteet. Helsingin yliop. sos. pol. lait. julk. 7.
- SMITH, A. D. 1944. A study of the reliability of range vegetation estimates. Ecology 25: 441—448.
- TAMM, C. O. 1953. Growth, yield and nutrition in carpets of a forest moss (*Hylacomium splendens*). Medd. Stat. Skogsforskn. Inst. 43.1.
- VÄLIAHO, H. 1963. Yleinen lineaarinen regressioanalyysi. Tilastomatematiikan perusteet II. Suomen Teknillinen Seura.

SUMMARY:

ON THE RELATION BETWEEN BIOMASS AND COVERAGE IN GROUND VEGETATION OF FOREST STAND

The possibilities of using the results of coverage analyses for estimating the quantity of ground vegetation dry matter has been examined in the study. The material comprises 150 sample areas, 400 m² large, which represent ground vegetation of *Myrtillus* type in the final succession stage (Table 1). In addition to the coverage ratios of the various plant species, the amount of dry matter in the samples has been determined for each vegetation layer. When the material was subjected to linear regression analysis, the amount of dry matter in the field and ground layer has been used as the dependant variable and the results of the coverage analyses as the independant variable. As well as information about the coverage, the suitability of some other quantitative characteristics for predicting the amount of dry matter has also been tested. The validity of the constructed prediction models has been determined by applying them to some other independent material.

The total coverage of the field layer explained approximately 60 % of the variation in the dry matter content of the vegetation layer (Model 1). When the coverage values of some of the most important species and species groups were used as the independent variable, the explaining power of the model increased to approx. 70 % of the total variation in the amounts of dry matter (Model 2). When the total height per plot of *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea*

was added to the above mentioned model as an explaining variable, the explaining power of the model increased to a little above 80 % (Model 4). Apart from the first model, the constructed models were also quite well suited for describing the test material. The weak explaining ability of the total coverage model was found to be due to the fact that the dry matter contents of the different plant species, especially the dwarf shrubs and grasses, per coverage unit quite clearly differed from each other. Thus an equal-sized coverage value could indicate, depending on the plant species present in the sample, quite different dry matter contents.

The total coverage of the ground layer explained approx. 60 % of the amount of dry matter in the bottom layer (Model 6). When the coverage values of some of the most important species and species groups were used as explaining variables, the explaining power increased to approx. 70 % (Model 7). The variation in the dry matter contents of the bottom layer could not be explained clearlier enough even though the height characteristics of the species and species groups were used as explaining variables (Model 8). All the models were adapted in a corresponding manner to the explaining power of the prediction equation and also to the description of the test material. In this case, the dry matter contents of the various species and species groups did not deviate from each other as much as in the vegetation of the field layer.

In the prediction of the dry matter contents of the ground vegetation the sum of the species coverage was adapted so that the coverage weights i.e. the dry matter content per coverage unit, were used as weighting coefficient. This method described the variation of both the field and the ground layer relatively as well as the regression models in which the coverage values of the corresponding species and species groups were used as explaining variable (Figs. 7 and 12).