



Institutionen för skoglig vegetationsekologi
SLU
901 83 UMEÅ

***Tillväxt hos Husmossa (*Hylocomium splendens*) i boreal skog och växthus
– effekter av ökad vattentillgång***



Sofia Löfberg

Examensarbete nr 10
Handledare: Anders Jäderlund
Maj 2006
ISSN 1652-4918

Innehållsförteckning

ABSTRACT.....	4
SAMMANFATTNING	5
1. INLEDNING	6
1.1 UTBREDNING OCH HABITAT	6
1.2 ARTBESKRIVNING	7
1.2.1 Utseende.....	7
1.2.2 Skottstruktur	8
1.2.3 Tillväxt.....	9
1.3 EKOLOGI	11
1.3.1 Solinstrålning.....	11
1.3.2 Temperatur	11
1.3.3 Fuktighet.....	12
1.3.4 Näringsomsättning.....	13
1.3.5 Störning	14
1.4 GRADIENTER.....	15
1.5 SYFTE MED STUDIEN	15
2.1 BEVATTNINGSFÖRSÖK HALLEN	16
2.1.1 Försöksområden.....	16
2.1.2 Försöksdesign	18
2.1.3 Skottinsamlande	20
2.2 MÄTNING OCH VÄGNING.....	21
2.3 VÄXTHUSFÖRSÖK	21
2.3.1 Provinsamlande.....	21
2.3.2 Försöksdesign	22
2.3.3 Skörd.....	25
2.4 GRADIENTSTUDIE VID ÖRNSTOLÅN OCH LÅNGSÅN.....	26
2.4.1 Provtagningsområden.....	26
2.4.2 Insamlande av mosskott.....	27
2.5 STATISTIK	27
3. RESULTAT	28
3.1 FÄLTFÖRSÖK HALLEN.....	28
3.2 VÄXTHUSFÖRSÖK	30
3.3 GRADIENTERNA VID LÅNGSÅN OCH ÖRNSTOLÅN	33
4. DISKUSSION.....	36
4.1 BEVATTNINGS- OCH NÄRINGSFÖRSÖKEN	36
4.2 GRADIENTUNDERSÖKNINGARNA.....	38
4.3 SAMMANFATTNING	39
TACK.....	39
REFERENSLISTA	40
BILDFÖRTECKNING.....	42
ORDFÖRKLARINGAR	42
BILAGOR	

Abstract

Hylocomium splendens (Glittering wood-moss) is a common species in the Nordic countries and can be found in many different types of boreal forests. It usually forms dense moss carpets on the forest floor. The shoots grow in segments and new segments form annually on the previous years growth. The size of the segments is probably regulated in a high extent by local micro environmental conditions. Previous experiments suggest increased growth of *H. splendens* following water treatment compared to untreated shoots. The purpose of this study was to investigate how length and biomass growth of *H. splendens* is affected by water supply, relative humidity and nutrient addition in field- and greenhouse experiments.

The field study was carried out in Hallen, Jämtlands län, Sweden, in forests dominated by spruce, during July up to October of 2001. Moss growth was compared in watered and non watered plots. The greenhouse study was done to study how the growth in length and biomass of moss segments was affected by different water- and nutrient regimes under controlled conditions. Watering, with distilled water, took place three times a week under three different regimes. Nutrients were added to half of the plots. To study if the growth of the moss segments is affected by the humidity gradient due to the distance to small water courses, samples were collected from two humidity gradients in Krokoms community, Jämtlands län, Sweden.

Water additions in the field study had a positive effect on the length and biomass growth of the current years segments, but the increase was not statistically significant. Although the differences are small they show that the watering had a positive effect on the growth in spite of a very rainy summer and autumn. The biomass for the last years segments was significantly larger in the none-treated plots than in the watered ones. The water regimes of the greenhouse experiment showed significantly larger current year segments with increased water supply. The last years segments had a corresponding decrease in growth with increased water supply. Nutrient addition had no significant effect on moss growth. The moss growth showed a great variation between the patches along the gradients. However, there was no clear tendency that the distance from water (the gradient of humidity) should be an important factor for growth.

Both the field study in Hallen and the greenhouse experiment showed that increased water supply generates a greater growth of the current years segments, while the growth of the last years segments decrease. This indicates that the moss allocates more resources to the current years segments when the water supply is good. The nutrient addition treatment showed no effect on growth during the greenhouse study; probably the experimental time was too short. For the gradient studies there are no results that clearly can be due to gradients of relative humidity. Other factors than the distance from the water probably have greater influences on the growth: for example the topography, ground conditions, temperature and density of the forest.

Sammanfattning

I Norden förekommer husmossa (*Hylocomium splendens*) allmänt, arten återfinns i många olika skogstyper. Husmossa är mattbildande och skotten växer i våningar och bildar en ny våning (segment) varje år på fjolårets våning. Segmentstorleken styrs till en stor del av lokala miljöförhållanden. Försök har indikerat att skott från *H. splendens* får ökad torrsvikt efter vattenbehandling jämfört med ovattnade skott. Syftet med denna studie var att undersöka hur längd- och biomassatillväxten hos *H. splendens* påverkas av vattentillgång, relativ luftfuktighet och näringstillgång i försök och i naturliga gradienter.

En fältstudie gjordes i grandominerad skog i Hallen, Jämtlands län, Sverige, under juli t.o.m. oktober 2001. Provytor med *H. splendens* vattnades och tillväxten jämfördes med tillväxten i ovattnade ytor. Växthusförsöket gjordes för att undersöka hur biomassa- och längdtillväxt påverkas av olika vatten- och näringsregimer under kontrollerade förhållanden. Tre vattennivåer användes och vattningarna utfördes tre gånger i veckan med destillerat vatten. Till hälften av provytorna tillsattes en svag näringslösning (NH_4NO_3). För att undersöka om mossans längd- och biomassatillväxt påverkas av den fuktighetsgradient, som följer med avståndet till mindre vattendrag, samlades prover in från två gradienter i Krokoms kommun, Jämtlands län.

Bevattningen i fältförsöket påverkade biomassa- och längdtillväxten hos årssegmenten positivt, men inte så mycket att de är statistiskt signifikant skilda från ovattnade segment. Även om skillnaderna är små visar de att bevattningen har påverkat tillväxten positivt, trots en mycket regnig sommar och höst. Däremot var vikten på fjolårssegmenten signifikant högre i de ovattnade provytorna än i de bevattnade. Växthusförsökets vattenregimer visade på signifikant större biomassa- och längdtillväxt för årssegmenten vid ökad vattentillgång. Fjolårssegmenten fick motsvarande minskning i tillväxt vid ökad vattentillgång. Näringstillförsel ökade inte mosstillväxten signifikant. I gradienterna visade tillväxtparametrarna stor variation mellan provpunkterna, men det finns inte någon tydlig trend att fuktighetsförändringen med avståndet till vattnet skulle vara den viktigaste faktorn för tillväxten.

Både fältförsöket i Hallen och växthusförsöket visar att ökad vattentillgång ger större tillväxt hos årssegmenten, medan tillväxten hos fjolårssegmenten snarare minskar. Det tyder på att mossan allokerar mera resurser till årssegmenten när tillgången på vatten är god. Näringstillförsel visar sig inte ha någon inverkan på tillväxten under växthusförsöket, troligen eftersom försöket pågått för kort tid för att effekterna av näringen skall kunna noteras. Vid åarna finns inga resultat som entydigt kan antas bero på fuktighetsgradienten. Andra faktorer än avståndet från vattnet har troligen större inverkan på tillväxten, t.ex. topografin kring åarna, temperaturen, markförhållanden och provpunkternas grundtyper.

1. Inledning

Mossor (bryofyter) växer i nästan alla miljöer, från arktisk tundra till tropisk regnskog (Hallingbäck och Holmåsen 1995). I ekosystem nära polerna är mossorna viktiga komponenter med avseende på deras stora marktäckning, diversitet, biomassa och produktion (Eckstein 2000) och de är viktiga för funktionen i de boreala och arktiska ekosystemen (Sveinbjörnsson och Oechel 1992, Rydgren *et al.* 1998). I dessa system gynnas mossorna av låga temperaturer och riklig fuktighet och deras produktion kan överstiga kärlväxternas produktion (Sveinbjörnsson och Oechel 1992). Deras höga tolerans för ojämn resurstillgång och ogynnsamt klimat, gör att de kan kolonisera områden där kärlväxter har svårt att etablera sig (Hallingbäck och Holmåsen 1995). Vattentillgången är en viktig faktor för mossornas överlevnad och tillväxt, men många arter kan också klara långa perioder med torra (Hallingbäck och Holmåsen 1995). Mossor delas in i tre grupper, blad- och levermossor samt nålfruktmosor. Bladmossorna delas upp i egentliga bladmossor och vitmossor (Hallingbäck och Holmåsen 1995). Bland de egentliga bladmossorna återfinns husmossan (*Hylocomium splendens*)

1.1 Utbredning och habitat

Husmossa (*Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.&G.) finns på hela norra hemisfären (Rydgren *et al.* 1998) och är vanligast förekommande i de arktiska och boreala regionerna (Ross *et al.* 1998, Rydgren *et al.* 2001). I hela Norden förekommer *H. splendens* allmänt och här har den ofta hög abundans på de lokaler där den förekommer (figur 1) (Hallingbäck och Holmåsen 1995).

Artens breda ekologiska amplitud gör att den återfinns i många olika skogstyper, från de fuktiga till de torra ristyperna och de mindre rika örtyperna. Sin största förekomst har *H. splendens* i de friska ristyperna, främst i blåbärsgrenskogen där den ofta bildar täta mattor tillsammans med bl.a. väggmossa (*Pleurozium schreberi*) och olika kvastmossarter (*Dicranum sp.*) (Hallingbäck och Holmåsen 1995).

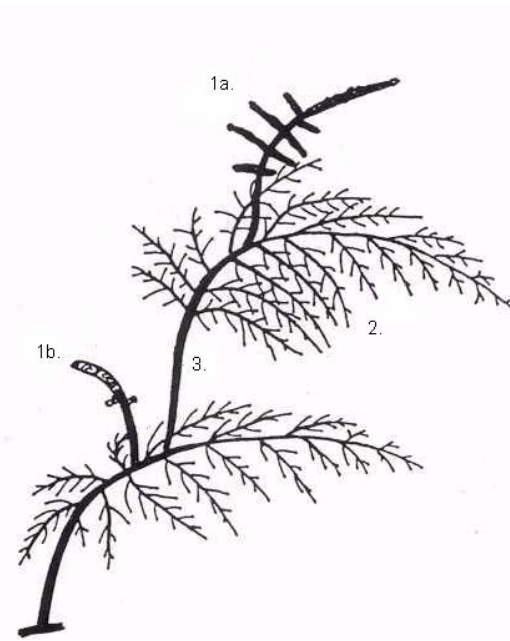


Figur 1 Utbredning för *Hylocomium splendens* i Norden (Hallingbäck och Holmåsen 1995).

1.2 Artbeskrivning

1.2.1 Utseende

Husmossa är pleurokarp, d.v.s. mattbildande med ett krypande växtsätt (Hallingbäck och Holmåsen 1995, Rydgren *et al.* 2001). Skotten växer i våningar och bildar en ny våning (även kallade segment) varje år på fjolårets våning, vilket gör att mossan får ett trappstegsliknande utseende (Hallingbäck och Holmåsen 1995). Segmenten är fjädergrenade och två gånger pargreniga (figur 2). Färgen är grön till gulgrön, men varierar med åldern. De nya utvecklade segmenten, liksom det fullt utvecklade moderssegmentet, är gröna medan tredjeårssegmenten är mer grönbruna till färgen (figur 3). Äldre segment är i stort sett bruna. Skottens äldsta segment är döda och saknar i allmänhet blad och de mindre grenarna. Denna del av skottet blir gradvis en del av markens humuslager. Mossan tillväxer således i toppen och dör underifrån i botten (Tamm 1953).



Figur 2 Skott av *Hylocomium splendens*. **1a.** Årsskott som tillväxer från knopp och utvecklas under vår och sommar det första året. **1b.** Årsskott som utvecklas från vilande knopp på äldre segment. **2.** Fjolårsskott som är fullt utvecklat. **3.** Huvudstam. (Økland 1995)

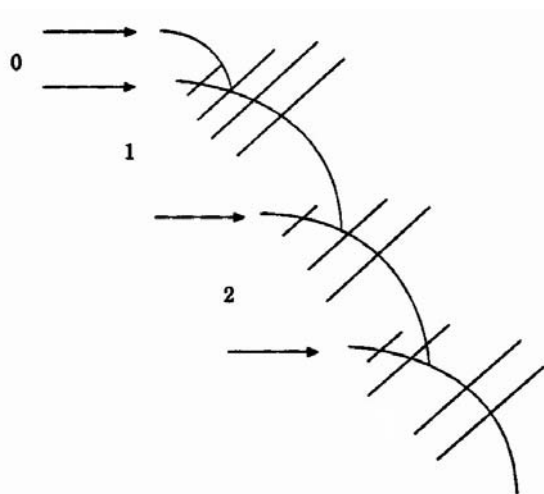


Figur 3 Skott av husmossa, *Hylocomium splendens*. (Hallingbäck och Holmåsen 1995)

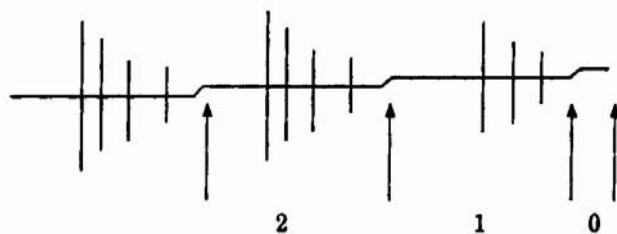
Mossor saknar egentliga rötter, men rotliknande bildningar, så kallade rhizoider kan förekomma. Dessa fäster mossan vid underlaget men har oftast ingen funktion i vatten- eller näringstillförseln för mossan. Hos bladmossorna är dessa rothår flercelliga och kan vara grenade (Hallingbäck och Holmåsen 1995).

1.2.2 Skottstruktur

Skottstrukturen på det enskilda skottet kan vara antingen sympodiale eller monopodiale (Tamm 1953). Det sympodiale växtsättet innebär att mossans *apikala meristem* årligen upphör att tillväxa. Nya segment (våningar) växer istället från meristem i en sidoknopp. Detta innebär att sympodiale skott är upprättväxande men med de nya segmenten vertikalt orienterade på de äldre (figur 4) (Ross *et al.* 1998, 2001). Skott med ett sympodiale växtsätt är starkare och har en kraftigare stam med ett större cellulosainnehåll, än monopodiale skott (Ross *et al.* 1998).



Figur 4 Sympodiale växtsätt hos *Hylocomium splendens*. Pilarna visar det årliga skottets placering där 0 är den nyaste knoppen, 1 är det föregående årets skott och 2 är ett två år gammalt skott. (Ross *et al.* 1998)



Figur 5 Monopodiale växtsätt hos *Hylocomium splendens*. Pilarna visar det årliga skottets placering där 0 är den nyaste knoppen, 1 är det föregående årets skott och 2 är ett två år gammalt skott. (Ross *et al.* 1998)

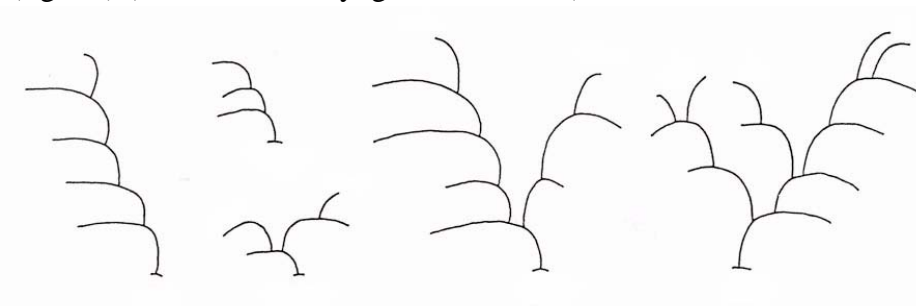
Det monopodiale växtsättet innebär att mossans årssegment växer ut från en toppknopp, apex och växer horisontellt liggande (figur 5) (Ross *et al.* 2001). De sympodiale och monopodiale skottformerna hos *H. splendens* förekommer med olika frekvens i olika miljöer (Ross *et al.* 1998, 2001). Den sympodiale skottformen är dominerande i tempererade och boreala miljöer, medan den monopodiale dominerar i mer högarktiska områden. Andelen monopodiale skott ökar betydligt med latituden. Skott av *H. splendens* består vanligen av ett av dessa växtsätt, men det förekommer att skott kan ha segment av båda typerna.

Sympodiale växtsätt i boreala miljöer är antagligen mer fördelaktigt än monopodiale. Det upprätta växtsättet bidrar till att mossan lättare når solljus och risken att begravas under lövförna och andra växter blir mindre, vilket troligen gynnar mossans konkurrenskraft gentemot andra arter. Nackdelen däremot är att mer resurser måste läggas på att stärka den mekaniska styrkan i stammen för att stå emot t.ex. ökad vindexponering genom det vertikala växtsättet. Det horisontella växtsättet nära marken är mindre krävande i tundra- och fjälltrakter, varför det är mer frekvent i dessa miljöer. Det minskar risken för att skotten skall utsättas för stora temperaturvariationer, hård vind och iskristallbildning, dessutom minskar risken för bete (Ross *et al.* 1998, 2001).

1.2.3 Tillväxt

De flesta mossor har inga definitiva viloperioder under året, men tillväxten blir långsammare under perioder med sämre förhållanden (Tamm 1953). *Hylocomium splendens* har två perioder med hög tillväxt per år, en på våren och en på hösten. De kan dock tillväxa även under sommaren om de yttre faktorerna (främst vattentillgång och temperatur) är gynnsamma. Vintertid hämmar mörker och låg temperatur tillväxten.

Redan tidigt under hösten bildas knopparna till nästa års segment på årssegmenten. Påföljande vår aktiveras en eller flera av knopparna och börjar långsamt växa (Tamm 1953). Under sensommaren (augusti) sker en snabbare tillväxt som avtar mot senhösten. Under denna tid utvecklas grenar av första, andra och tredje ordningen och det nya segmentet når nästan full storlek. Fortsatt tillväxt sker sedan mycket sakta under följande vinter, vår och försommar. Nya segment kan även utvecklas från vilande knoppar på äldre segment (2-3 års) på samma skott eller på lösa skottfragment (figur 6) (Økland 1995, Rydgren *et al.* 1998).



Figur 6 Exempel på förgreningssätt hos *Hylocomium splendens*. I denna studie har de raka segmentkedjorna kallats för "ogrenade skott" och de grenade för "grenade skott". (Økland 1995)

Tillväxt sker även hos moderssegmentet under juli till september samma år som det nya skottet, d.v.s. dottersegmentet, vuxit ut (Tamm 1953). Denna tillväxt är väldigt liten jämfört med segmentets tillväxt året innan, men ger troligtvis en verklig viktökning. Under denna period av tillväxt, när segmentet är på sitt andra år, växer även sporofyterna ut. Dessa tillväxer under vintern och blir mogna att sprida sina sporer på våren därefter.

En studie av Økland (1995) visar att de vuxna segmentens förmåga att producera nya knoppar är starkt storleksberoende. Upp till 35-50 % av segmentens storleksvariation kunde härledas till moderssegmentets storlek (Økland 1995, Økland 2000).

Undersökningen visade att de dottersegment som utvecklats på stora moderssegment oftare hamnade i små storleksklasser, beroende på en oftare förekommande multipel förgrening, vilket innebär att de nya skotten delar på moderssegmentets produktionspotential och därför blir mindre.

Segmentstorleken beror alltså till en del på moderssegmentets storlek, men det finns en stor variation som troligen styrs av de lokala mikromiljöförhållandena (Tamm 1953). Torrvikten hos segment av *H. splendens* visar på stora lokala variationer mellan olika populationer, även mellan populationer som är belägna med endast ett fåtal meter mellan sig. Skillnader i torrsvikt förekommer också mellan grannsegment (Økland *et al.* 1997). Det är också stora skillnader i segmentens tillväxtkapacitet

mellan olika år, där dottersegmentet kan vara betydligt tyngre än moderssegmentet redan under sommaren, trots att detta skott inte vuxit färdigt. På grund av dessa skillnader bör jämförelser mellan prov endast göras om proven är tagna samma år och säsong (Tamm 1953). En sammanslagen torrsvikt från tvillingsegment är densamma som för enkla segment, om moderssegmenten är av samma storleksklass. Det visar att moderssegmentets näringsresurser för de nya segmenten är begränsade och multipla segment därför delar på denna näringstillgång och blir mindre än enkla segment (Økland *et al.* 1997).

Segmentvikten hos *H. splendens* förändras med tiden och visar på en brant tillväxtfas och en flackare åldrande- och nedbrytningsfas. Denna förändring relaterades i en studie i subarktiska och arktiska områden på norra halvklotet till vädret (Callaghan *et al.* 1997). Försök har t.ex. visat att skott från *H. splendens* fått ökad torrsvikt efter vattenbehandling jämfört med obehandlade skott (Potter *et al.* 1995). Vädret föreslås även vara av större betydelse under segmentens tillväxtfas än senare, eftersom segmentets fysiologiska aktivitet är störst under det första året. Vegetationsperiodens längd var i en studie av Callaghan *et al.* (1997), starkt positivt relaterad till tillväxt och till den maximalt uppmätta vikten på segmenten. Även årsmedeltemperaturen är starkt korrelerad till tillväxten. De skillnader som noterades mellan populationerna i studien berodde huvudsakligen på skillnader i temperatur under försommaren och växtsäsongens varaktighet (Callaghan *et al.* 1997).

Segmentens torrsvikt och mossans tillväxthastighet styr processer inom populationen som t.ex. förgrening och nedbrytning (Økland *et al.* 1997). Skottens förmåga till förgrening tros ha betydelse för bibehållandet av storlek och riskspridning hos mossans skott under gynnsamma förhållanden. En hög grad av återväxt ger t.ex. större återhämtningsförmåga efter störning (Økland 1995). Troligen har stora skott i det övre skiktet av mossmattan fördel gentemot de mindre skotten, beroende bl.a. på att de större skotten har högre kapacitet att ta upp vatten, längre fotoperiod (p.g.a. större tillgång på ljus) och större elasticitet, som minskar risken för skada (Økland 2000).

Samhällen av *H. splendens* är oftast mycket rena från andra arter av mossor, vilket troligen beror på mossans konkurrensförmåga och att mossan är välanpassad till miljön (Tamm 1953), både i form av en bibehållen hög grad av tillväxt under växtsäsongen och en stor skottbiomassa. Detta gör arten potentiellt kapabel att konkurrera ut och överväxa andra arter om omgivningens förhållanden är gynnsamma (Hanslin 1999). För mycket solinstrålning och vindgenomsläpp minskar däremot fuktigheten och missgynnar mossorna som då istället blir konkurrenssvaga, till fördel för främst kärlväxter (Hallingbäck och Holmåsen 1995). Mossor med likartat växtsätt, t.ex. olika mattbildande mossor, och med likartade krav på den omgivande miljön, kan samexistera, som t.ex. *H. splendens* och väggmossa *Pleurozium schreberi* (Tamm 1953).

1.3 Ekologi

1.3.1 Solinstrålning

Ljusintensiteten i skogens bottenskikt påverkas i hög grad av trädens beskuggning av marken (Tamm 1953). Jämfört med öppna oskuggade habitat är ljusstillgången låg i skogens bottenskikt. I en kanadensisk granskog dominerad av kammossa (*Ptilium crista-castrensis*) och väggmossa (*Pleurozium schreberi*) nådde endast 12 % av ljuset marken (Sveinbjörnsson och Oechel 1992). Det ljus som når marken genom trädkronorna består dels av direkt solljus, som tränger ned genom bladverk och trädkronor, och dels diffust ljus. Den lägsta ljusintensiteten återfinns i tät vegetation som t.ex. under granar med hängande grenar, och den högsta ljusintensiteten i luckorna mellan träden. Produktionen av mossa ökar med ökad tillgång på ljus upp till ett optimum, därefter minskar produktionen med ökad ljusstillgång (Tamm 1953).

Den maximala produktionen hos *H. splendens* sker i de delar av mosstäcket som växer vid gränsen av skuggan från träd (Tamm 1953). Trädens art, form och höjd, samt omgivande vegetation, påverkar denna gräns. Mätningar av mossproduktionen under granar visar ett samband där produktionen av mossa minskar med minskad ljusmängd. Mossan under de yttre delarna av trädkronor är riklig och avtar sedan både i täthet och livskraft in mot stammen tills marken enbart täcks av granbarr. Förhållandet mellan mossans avkastning och avståndet till omgivande träd går inte att förklara med endast skuggningens effekt, men solljuset är en viktig faktor. Skott av *H. splendens* som växer i skugga, är gröna längre tid och lever längre än skott på mindre skuggiga platser. Både medelvikten och maxvikten är högre hos de segment som vuxit på skuggade platser, dessutom är frekvensen av små segment låg (Tamm 1953). Otillräcklig instrålning tillsammans med periodisk torka är de faktorer som till störst del reglerar mossornas tillväxt (Økland 2000).

Stark solinstrålning skadar mossan och risken för skador ökar om mossan plötsligt utsätts för denna strålning (Tamm 1953), vilket observerats efter t.ex. skogsavverkningar (Økland 1995, Økland 2000). Försök har dock visat att mossan kan ha större tolerans mot ökad solinstrålning om den tidigare vuxit exponerad (Tamm 1953). I mer exponerade miljöer återfinns mossorna (t.ex. *H. splendens* och *P. schreberi*) ofta i skydd av omgivande vegetation såsom buskar och ris. *Pleurozium schreberi* är mer tålig mot solinstrålning än *H. splendens* och återfinns även på öppna ytor (Tamm 1953).

1.3.2 Temperatur

I nordliga ekosystem där mossor som t.ex. *H. splendens* och *P. schreberi* ofta är dominerande, kan de minska marktemperaturen och därmed påverka primärproduktionen i negativ riktning (Eckstein 2000). Eftersom mossorna växer nära marken utsätts de inte lika mycket för avkylande och uttorkande vindar som de oftast mer högvuxna kärlväxterna. Detta gör att temperaturen nere i mossmattan oftast är något högre dagtid än den omgivande luftens temperatur. Den största temperaturskillnaden mellan luft och mossa uppstår när mossmattan är torr och inaktiv (Sveinbjörnsson och Oechel 1992).

En studie i laboratorium av en brittisk population av *H. splendens* visade ett temperaturoptimum för tillväxt på 20-25°C när skotten var välvattnade (Furness och Grimmel 1982). Uppgifter om den optimala temperaturen för fotosyntes hos *H. splendens* visade på ett temperaturspann, från 14 – 20°C (Sonesson *et al.* 1992, Callaghan *et al.* 1997). Bryofyter har temperaturoptima som är relativt vida och flexibla. Den övre temperaturgränsen för en fungerande fotosyntes överstigs sällan i boreala miljöer, eftersom de varmaste perioderna ofta är torra och mossan då blir inaktiv (Sveinbjörnsson och Oechel 1992). En fältstudie från Abisko visar att en medeltemperatur över 15°C minskade den årliga biomassatillväxten hos *H. splendens* (Potter *et al.* 1995).

Tillväxten hos *H. splendens* samvarierar med sommartemperaturen på växtplatsen. Denna korrelation mellan tillväxt och sommartemperatur gör *H. splendens* till en god indikator för klimatvariationen under året och eventuellt också en indikator på förändringar i klimatet (Callaghan *et al.* 1997). Resultat av studier i norra Sverige visar att *H. splendens* troligen skulle minska eller försvinna från bryofytsamhället om klimatet förändrades med ökad temperatur utan en motsvarande ökning av nederbörd (Potter *et al.* 1995).

1.3.3 Fuktighet

Till skillnad från kärlväxter saknar mossor förmåga att aktivt förhindra vattenförlust (Hanslin *et al.* 2001), vilket gör att de snabbt förlorar vatten vid torka och blir inaktiva. När det sedan blir fuktigt igen börjar de växa och återgår till den normala ämnesomsättningen (Longton 1992, Hylander *et al.* 2002). Vid torka minskar vattenpotentialen i skotten tills de är i jämvikt med den omgivande luftens fuktighet (Hanslin *et al.* 2001). Den kapillära stigningen av vatten genom *H. splendens* stam är långsam vilket gör att kapillärkraften inte kan förhindra en snabb uttorkning i de översta delarna av skotten när luftfuktigheten är låg (Tamm 1953). Kontakten med markvatten sker huvudsakligen när regnvatten skvätter upp på mossan vid kraftig nederbörd, när tillrinningen av ytvatten ökat till följd av periodvis hög nederbörd samt när tillförseln av smältvatten ökar på våren (Økland *et al.* 1997, Økland *et al.* 1999). Under torrperioder kommer endast mossans basala delar i kontakt med markvattnet (Økland *et al.* 1999).

Vatteninnehållet i skotten påverkas av faktorer såsom temperatur, solinstrålning, vind och avdunstning (Økland och Økland 1996, Hanslin 1999). Även faktorer med mer lokal variation mellan enskilda mosskolonier påverkar mossan. Dessa faktorer kan vara kolonistruktur, täthet (Økland och Økland 1996), tillväxt och skottens inbördes placering i mossmattan och de faktorerna påverkar mossans möjligheter till upptag, transport och bibehållande av vattnet (Hanslin 1999). En högre täthet av skott i mossmattan ökar vattenhållningsförmågan och minskar avdunstningen som i sin tur förlänger perioderna när vattenpotentialen är optimal (Hanslin *et al.* 2001).

Under torrperioder när mossan är inaktiv, är fotosyntesen låg. Hos fuktiga mossor bibehålls däremot en balans mellan fotosyntes och respiration. Denna balans fungerar även vid begränsad ljusstillgång och låga temperaturer, d.v.s. vinterförhållanden (Tamm 1953). Det medför att mossors fotosyntes kan ske vid lägre temperaturer än för kärlväxter och även fungera under ett snötäcke (Sveinbjörnsson och Oechel 1992). I försök har *H. splendens* visat en ökad fotosyntes vid näringstillförsel och vid

trädkronsdropp i granskog (Sveinbjörnsson och Oechel 1992). Förmågan att fotosyntetisera minskar med segmentens ålder, segment över tre år har endast en försumbar fotosyntes (Ross *et al.* 1998).

1.3.4 Näringsomsättning

Generellt sett anses bryofyter inte vara näringsbegränsade, detta gäller även på marker där kärlväxter betraktas som begränsade av näring (Potter *et al.* 1995). Näringsupptaget hos mossor sker över hela mossytan när denna kommer i kontakt med vatten, som t.ex. vid nederbörd och dropp från trädkronor (Økland *et al.* 1997, Økland *et al.* 1999). Försök med simulerat regn har visat att 30-100 % av den totala kvävemängden (ammonium- och nitratkväve) (Tamm 1953) och hälften av fosforhalten från regnet kan tas upp av bryofyter (Eckstein 2000). Enligt försök utförda i Abisko (Potter *et al.* 1995) ger näringstillförsel med ammoniumnitrat (10,0 g kväve/m² x år) och kaliumfosfat (10,0 g fosfor/m² x år och 12,6 g kalium/m² x år) under tre års tid negativa effekter på tillväxten hos *H. splendens*. Försöket resulterade i lägre mosstäckning och lägre tillväxt både hos års- och fjolårssegment.

Mossor anses ha liten kapacitet för inre näringstransport (Økland *et al.* 1997), p.g.a. att upptaget av näring från markvattnet sker med hjälp av kapillärkraften, som drar upp vattnet genom mossans skott till de delar som aktivt växer (Økland *et al.* 1999). Näringskoncentrationen i mossegmenten varierar beroende på segmentens ålder (Økland *et al.* 1997). Segmentens aktivt växande delar är viktiga mottagare av näring medan äldre delar tappas på näring. Det visar att det inom skottkedjan sker en betydande allokering av näringsämnen. När t.ex. en ny groddknopp bildas, minskar moderssegmentets kalium- och magnesiuminnehåll med 20-40 % (Økland *et al.* 1997). Allokering av kväve från äldre till yngre skottsegment av *H. splendens* är inte väderberoende (Eckstein 2000). Allokeringen är i stort sett lika både för torra och varma år som för nederbördsrika år. Detta visades av Eckstein (2000) genom mätningar av mängden inmärkt kväve i skott som sprejats med en ammonium-sulfatlösning. Det inmärkta kvävet kunde några månader senare spåras till de nya segmenten och ett år senare fanns allt märkt kväve i de två nyaste segmenten. Detta visar att allokeringen av kväve från de äldre skottdelarna till de nya tillväxtpunkterna genom inre transport, troligen är mera fördelaktigt än en extern transport, eftersom en extern transport skulle missgynna mossan vid t.ex. kraftiga regnskuror (Eckstein 2000). Försök där *H. splendens* behandlats med rinnande kranvatten under ett dygn, visar på ett ökat näringsläckage och att en del av mossans innehåll av kalium och fosfor urlakas (Tamm 1953). Kvävehalten höll sig däremot på ungefär samma nivå, medan kalciumhalten fördubblades (Tamm 1953). Unga segment av mossan som varit torra och inaktiva en längre tid reagerar med urlakning av näringsämnen, medan aktiv mossa bibehåller näringen bättre (Tamm 1953).

Mossmattan får sin mineralnäring från bl.a. damm som tillförs träd och mark genom atmosfären samt dropp från trädkronor vid nederbörd (Tamm 1953, Økland *et al.* 1997). Studier har även visat att kvävefixerande cyanobakterier som lever på mossan kan binda stora mängder kväve till mossmattan (DeLuca *et al.* 2002). Fördelningen och spridningen av näringsämnen varierar och beror bl.a. på hur variationer i trädkronornas täckning och artsammansättning påverkar fördelningen av regnvattnet (Tamm 1953). Koncentrationen av näringsämnen i mossan beror på de lokala miljöförhållandena som t.ex. humuslagrets pH och markens näringsinnehåll samt

trädkronstakets täckning (Økland *et al.* 1999). Förna från omgivande vegetation utgör också en viktig näringskälla för mossan samtidigt som den kan missgynna mossan genom att begrava den (Tamm 1953, Sveinbjörnsson och Oechel 1992). Löv och barr som faller ner på mossan kan bli liggande kvar ovanpå mossan och skugga den tills det ”infiltreras” i humusen (Tamm 1953, Sveinbjörnsson och Oechel 1992). Under denna tid frigörs vattenlösliga ämnen. Denna näringstillgång minskar sannolikt med avståndet till träden. Exkrementer från insekter och djur ökar också vattnets näringsinnehåll, både på marken och i trädens krondropp. Damm som tillförs från atmosfären tvättas ur luften vid nederbörd och hamnar på mossan direkt eller indirekt genom dropp från trädkronorna (Tamm 1953).

Utbredda mossmattor av *H. splendens* och *P. schreberi* kan kontrollera näringsflödet i ett ekosystem genom att de effektivt tar upp mineralnäringen från bl.a. krondropp och nederbörd och binder in den i biomassan (Oechel och Van Cleve 1986, Eckstein 2000). Näringen i biomassan återanvänds inom organismen under lång tid tills den frigörs vid nedbrytningen (Longton 1992). Nedbrytning av mossförna är mycket långsam (Berg 1984). Humuslagret under mossan har lågt pH och består till stora delar av svårnedbrytbara organiska föreningar (Wardle *et al.* 1997). Den låga förna och humuskvaliteten tillsammans med mosslagrets temperatursänkande egenskaper, kan reglera ett områdes näringsomsättning (Oechel och Van Cleve 1986, Wardle *et al.* 1997). Mossornas blockering av näringen kan därför inverka negativt på kärlväxternas tillväxt (Chapin *et al.* 1987).

1.3.5 Störning

Mosstäckets utsättning för en rad olika störningar, bl.a. skador av frost, is, bränder, tramp, bete och urinering av djur, fåglar som samlar bomaterial, ruttnande svampar som täcker mossan och luftföroreningar (Tamm 1953, Schimmel och Granström 1996, Økland 2000, Rydgren *et al.* 2001). *Hylocomium splendens* blir sällan betad men både regionala och temporära skillnader förekommer (Rydgren *et al.* 2001). En av de vanligaste orsakerna till att skott av *H. splendens* dör är att de bryts av och begravs under nedfallande kottar och grenar (Økland 1995, Rydgren *et al.* 1998). Risken att brytas av är relaterad till skottets vertikala position i mosstäckets där högt uppstickande skott utsätts för större risk att skadas än lågt sittande skott (Økland 2000). Svärting av mossan är en normal respons på vattendränkning hos *H. splendens* (Økland 1995).

Vid skogsbränder med hög intensitet bränns större delen av mossmattan bort (Schimmel och Granström 1996). Pleurokarpa mossor som *H. splendens* och *P. schreberi* återetablerar sig långsamt och det kan ta 50 – 100 år efter en brand innan dessa mossor åter dominerar mossmattan (Schimmel och Granström 1997). När brandintensiteten är lägre återstår ofta större eller mindre fläckar av mossmattan efter branden. Det mattformiga växtsättet hos pleurokarper som *H. splendens*, är väl anpassat för en snabb igenväxning av små luckor, som orsakats av t.ex. betning (Tamm 1953, Rydgren *et al.* 1998). Det ökade ljusinsläppet i mossmattan efter en störning gynnar mossans förgrening och ökar kapaciteten till horisontell tillväxt. Detta medför dock en storleksreducering hos de vuxna segmenten. Storleksreduceringen påverkar tillväxten negativt under ett antal år efter störningen, innan segmenten når större storlekar och mossan får full produktion (Rydgren *et al.* 1998, Rydgren *et al.* 2001).

Vid skogsavverkning förändras lokalklimatet drastiskt då skuggan försvinner och den fuktiga jorden torkas ut, vilket ofta leder till att även de vanligaste mossorna försvinner från hygget (Hallingbäck och Holmåsen 1995). Även i den kvarvarande skogen som gränsar till hygget kommer miljön att påverkas av hygget. Ljusnivån ökar liksom vindhastigheten och temperaturen medan fuktigheten minskar (Geiger 1965, Lee 1978). Strukturen på skogskanten blir ofta tätare med tiden och därigenom minskar kanteffekterna (Didham och Lawton 1999). Motsvarande kanteffekter återfinns även i skog som lämnas längs bäckar när skogen avverkas. Mikroklimatet i dessa bäckmiljöer skiljer sig från bäckmiljöer i tät skog när det gäller ljus, fuktighet och temperatur. Bäckmiljöer är viktiga för många arter, vilka riskerar att försvinna när miljöförhållandena förändras. Att lämna buffertzoner intill vattendragen kan minska de negativa effekterna, men är buffertzonen för smal minskar tillväxten hos mossan (Hylander *et al.* 2002).

1.4 Gradienter

Gradienter används allmänt för att mäta förändringen i miljöförhållanden längs en linje där förutsättningarna förändras för växtlighet och djurliv på grund av t.ex. höjdskillnader eller avstånd till vattendrag. I en studie gjord i Washington, USA, har mätningar invid bäckar gjorts på klimateffekterna av vattendrag i omgivande skog under orörda förhållanden (Brosofske *et al.* 1997). I studien sträcker sig effekterna generellt ca 50 meter in i skogen från vattendraget. Lufttemperaturen är 2 - 3°C lägre vid vattnet än i den täta skogen 40 meter längre in, medan marktemperaturen är ca 1°C lägre vid vattendraget än 50 meter in i skogen. Den relativa fuktigheten under dagtid är högst invid vattnet och når samma nivå som den relativa fuktigheten i skogen 30 meter från vattnet. Skillnaderna i solinstrålning och vind var försumbara (Brosofske *et al.* 1997).

1.5 Syfte med studien

Syftet med denna studie är att undersöka om längd- och biomassatillväxten hos *H. splendens* påverkas av vattentillgång, relativ luftfuktighet och näringstillgång i försök och i naturliga gradienter.

Specifikt undersöks om

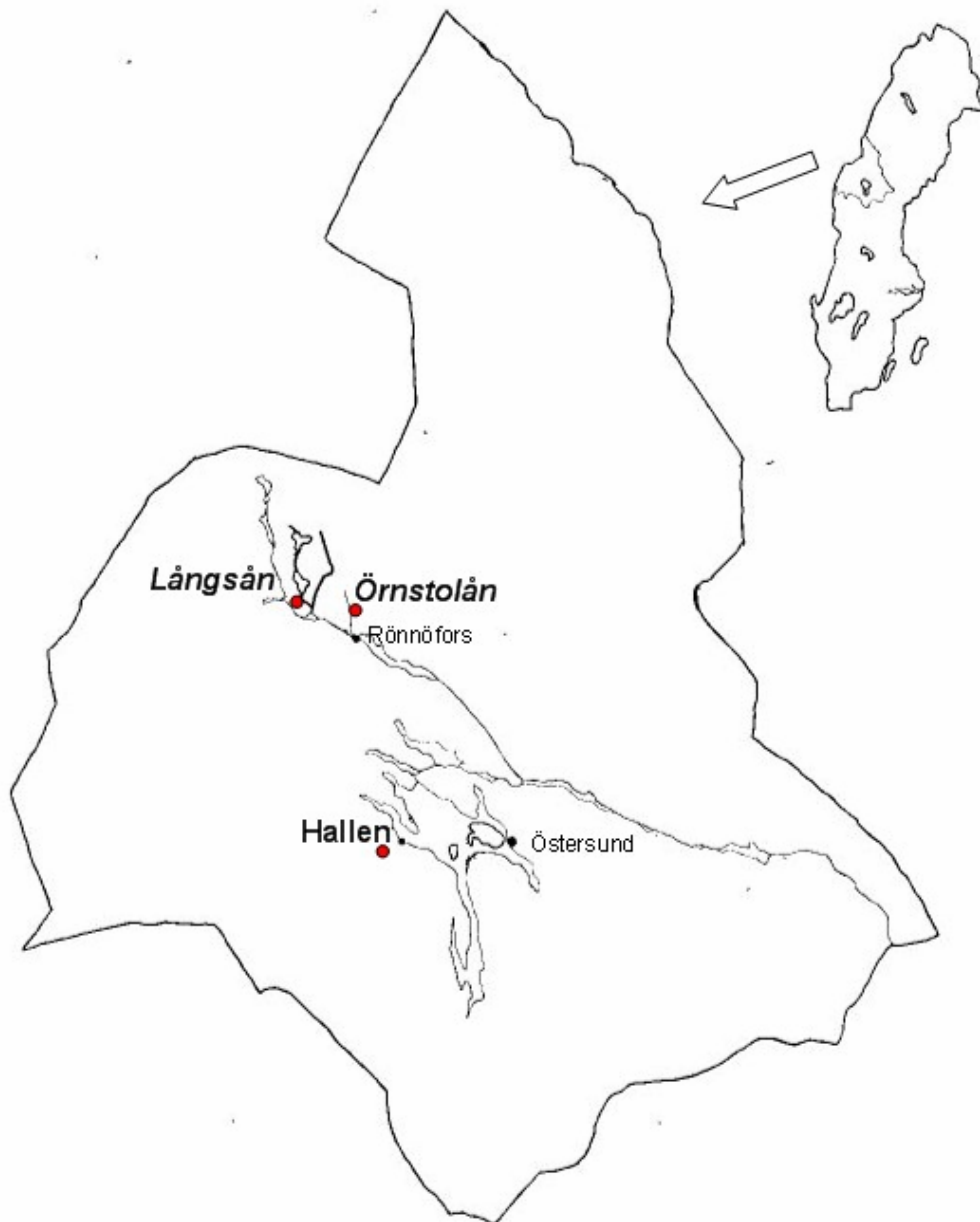
- ökad vattentillgång genom bevattning, ökar längd- och biomassatillväxten hos *H. splendens* års- och fjolårssegment under dels naturliga fältförhållanden och dels mer kontrollerade förhållanden i växthus
- näringstillförsel, genom gödsling, ökar längd- och biomassatillväxten hos *H. splendens* års- och fjolårssegment under kontrollerade förhållanden i växthus
- längd- och biomassatillväxten hos *H. splendens* minskar med avståndet från rinnande vatten (en mindre å), där avståndet från vattnet antas spegla minskande relativ fuktighet.

2. Material och metod

2.1 Bevattningsförsök Hallen

2.1.1 Försöksområden

För att undersöka om tillväxten hos *Hylocomium splendens* är vattenbegränsad under naturliga förhållanden startades ett bevattningsförsök i fält. Fältstudien utfördes i en tät grandominerad skog (ca 120 år) med ett heltäckande bottenskikt av mossa, ca 5 km sydväst om Hallen, Åre kommun (Jämtlands län, Sverige) (figur 7). Försöket pågick från 20 juli till 27 oktober 2001.



Figur 7 Karta över Jämtland med provlokalerna.



Figur 8 Ortofoto över block A, B och C vid fältförsöket i Hallen.

Inför fältförsöket gjordes kart- och fältstudier för att finna lämpliga områden med minst 80 % marktäckning av *H. splendens*. Tre mindre områden (block A, B och C) valdes ut till försöket (figur 8 och tabell 1). Mellan block A och B är det ca 200 meter och från dessa till block C omkring 1 km. Bottenskiktet i samtliga block dominerades av *H. splendens*.

Tabell 1 Sammanställning över skogliga fakta rörande de tre blocken i fältförsöket i Hallen.

Block	Grundyta (m ² /ha)	Höjd (m)	Volym (m ³ sk/ha)	Ståndortsindex	Humusdjup (cm)		
					min	medel	max
A	31	17	237	G22	15	36	42
B	36	17	260	G18	2	3,5	5
C	30	20	235	G18	6	7	8

Markskiktet i block A består i huvudsak av *H. splendens* (figur 9). Dessutom finns björnmossa (*Polytrichum commune*) och väggmossa (*Pleurozium schreberi*). Bland kärlväxterna finns linnéa (*Linnea borealis*), lingon (*Vaccinium vitis-idaea*) och örnbräken (*Pteridium aquilinum*). Busk- och trädskiktet består till största delen av gran (*Picea abies*) med ett mycket litet inslag av björk (*Betula sp.*). Föryngring bestående av smågranar förekommer. Området har förhållandevis mycket döda träd i form av lågor.

I block B finns förutom *H. splendens* även mindre förekomster av kammossa (*Ptilium crista-castrensis*), björnmossa och väggmossa (figur 10). Bland kärlväxterna noterades ett fåtal kovaller (*Melampyrum sp.*), lingon, harsyra (*Oxalis acetosella*) samt revlumner (*Lycopodium annotinum*). Busk- och trädskiktet består av gran och en enda björk. Detta område är det minst skiktade vad gäller trädens storlek och det finns endast några enstaka lågor. Marken är stenig under mossmattan.



Figur 9 Översikt över block A, Hallen.



Figur 10 Översikt över block B, Hallen.



Figur 11 Översikt över block C, Hallen.

Markvegetationen i block C består till största delen av *H. splendens* men även kammossa förekommer (figur 11). Linnéa, blåbär (*Vaccinium myrtillus*), harsyra samt diverse gräs (*Poaceae*) är de mest framträdande kärlväxterna i det här blocket. Busk- och trädskiktet består av gran och en del björk. Detta område har mest björk av de tre blocken. Granar finns i alla åldrar samt en del lågor.

2.1.2 Försöksdesign

I vart och ett av de tre blocken markerades tolv behandlingsytor på vardera 50x50 cm (figur 13). Av dessa slumpades hälften av ytorna ut för att vattnas och resten vara ovattnade (se figurer över bevattningsytorna i bilaga 1). En vattnad och en ovattnad yta inom varje block slumpades dessutom ut för att endast användas för destruktiv

provtagning. I varje yta märktes 15 mosskott med grillsnöre och numrerad plastbricka. Skotten som valdes ut var så lika som möjligt, d.v.s. i samma stadium av tillväxt och storlek samt ogrenade, i den mån detta gick att upptäcka (figur 12). Årssegmenten som vid denna tidpunkt inte var fullt utvecklade, användes sedan för de mätningar som utfördes.



Figur 12 Årssegmentens utseende (från sidan och framifrån) vid märkningen och starten av fältförsöket.

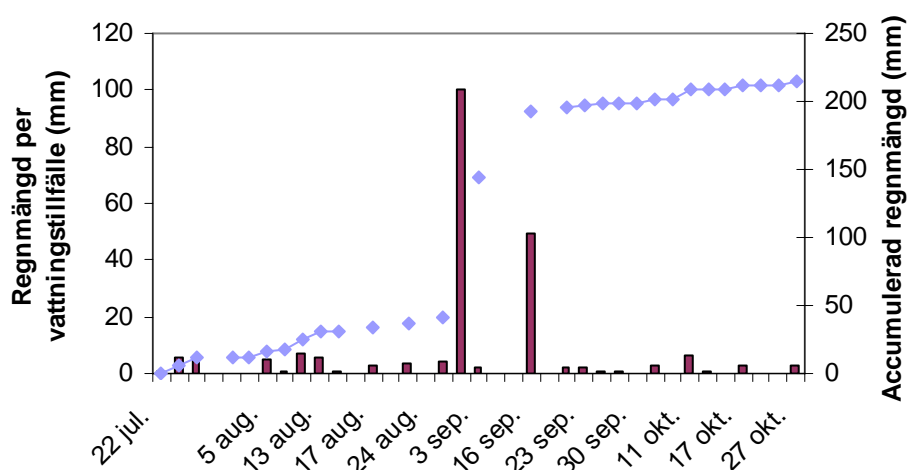


Figur 13 Bevattningsytor i block B.

Ytorna vattnades tre gånger per vecka under perioden 20 juli t.o.m. 19 oktober 2001. Undantag från vattningen gjordes den 27 augusti – 1 september och 5-16 september p.g.a. mycket regn. Vid varje vattning gavs två liter vatten/yta, vilket motsvarar en nederbörd på åtta mm. Totalt blev det ca 60 liter/yta, vilket motsvarar 240 mm i nederbörd. Vattningen skedde med kommunalt vatten. Prover på detta från Åre kommun visar på endast låga kvävehalter, nitrat-kväve (NO_3^-) <0,002 mg/l och ammonium-kväve (NH_4^+) <0,01 mg/l. Bevattningen skedde med vattenkanna nära mossmattans yta för att inte vatten skulle spridas utanför ytan. Under hela perioden mättes nederbörd och temperatur.

Regnmängden under hela försöksperioden var ca 212 mm (figur 14). Avbrott i mätserien inträffade den 30 juli när regnmätaren flyttades från Hallen till block A, samt den 16 – 17 augusti p.g.a. batterifel och den 27 augusti – 1 september under ett skyfall, se bilaga 2. Nederbördsräkningar från SMHI under detta skyfall visade en nederbörd på 114 mm i Höglekardalen, ca 1,5 mil från försöksområdet. Normalvärdet (standardperioden 1961 – 1990) för nederbörd vid Höglekardalen för augusti och september är 196 mm. Under augusti och september 2001 var nederbörden hela 391 mm. Humusprovtagning för fukthaltsbestämning samt mätning av humuslagrets

tjocklek, gjordes i provtagningsytorna vid tre tillfällen under försökets gång, den 11 och 25 augusti samt den 27 och 28 oktober 2001. Detta gjordes för att se hur bevattningen och nederbörden påverkade vattenhalten i humusen. Dessa prover togs genom att ta upp ca 1 dl humus strax under mosskiktet. Proverna förvarades i plastpåse i frys tills det var dags för vägning. De vägdes först våta och torkades sedan i minst 48 timmar i 70°C för att vara absolut torra vid den andra vägningen. Alla prover vägdes i påsarna. Medelvatteninnehållet visar att det finns en skillnad mellan de ytor som vattnades och de som inte fick något vatten (tabell 2). De rutor som blivit vattnade har en högre vattenhalt än de ovattnade, skillnaden är synlig trots den höga nederbörden under försöksperioden, se bilaga 2. Enligt de temperaturavläsningar som gjordes dagtid vid försöksytorna under försöket var medeltemperaturen under försöket för augusti 16°C, för september 11°C och för oktober 7°C. Temperaturen avlästes de dagar som försöket bevattnades, varför dessa temperaturvärden inte är direkt jämförbara med närliggande väderstationers temperaturvärden.



Figur 14 Nederbörsmängd under fältförsöket i Hallen avläst vid varje bevattningstillfälle. Staplarna visar regnmängd per avläsningstillfälle och kurvan den ackumulerade regnmängden under hela försöket.

Tabell 2 Vatteninnehåll i humusprover (\pm SE) tagna i bevattningsförsöket i Hallen. Medelvärdet grundas på tre prover för varje behandling och datum. a) % av totalvikt, b) vatteninnehåll i % av torrsvikt.

Provdatum (2001)	Vatteninnehåll (%) ^a		Fukthalt (torrvikts-%) ^b	
	Vattnade	Ej vattnade	Vattnade	Ej vattnade
11 augusti	71 \pm 2	70 \pm 0,9	251 \pm 27	231 \pm 11
25 augusti	69 \pm 2,1	58 \pm 2,7	223 \pm 23	173 \pm 15
27 oktober	75 \pm 1,3	71 \pm 0,9	302 \pm 20	251 \pm 13

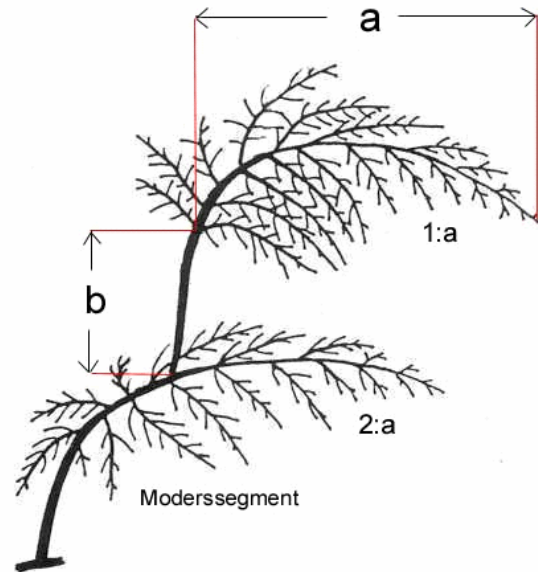
2.1.3 Skottinsamlande

Försöket avslutades den 27 oktober 2001 då de märkta skotten av *H. splendens* skördades. I de fall där markeringarna försvunnit, slumpades motsvarande antal nya skott ut så att totalt 15 skott togs in från varje ruta (figur 15). De skott som visade sig vara grenade samlades in, men är inte medräknade i statistiken. I försöket användes totalt 321 st årssegment (d.v.s. de översta segmenten) av *H. splendens* (figur 16). På hälften av alla skott från varje yta mättes även fjolårssegmentet (moderssegment), totalt användes 236 st fjolårssegment. Variationen i antal skott mellan blocken beror

på att vissa mosskott visade sig vara grenade vid skörden och därför inte tagits med i beräkningarna.



Figur 15 Försöksruta som ej vattnats, block B.



Figur 16 Delar av årssegmenten (1:a) som mättes och vägdes i försöket. a = bladlängd, b = skaftlängd och $a + b$ = segmentlängd. 2:a är fjolårssegment (moderssegment).

2.2 Mätning och vägning

Årssegmenten på varje skott klipptes av alldeles vid fästet på fjolårssegmentet och mättes på tre sätt, segmentlängd, d.v.s. hela segmentet (från skottets skaftände till yttersta bladspetsen), själva skaftets längd samt endast bladdelens längd (figur 16). Vid mätningen blöttes de upp för att inte gå av i hanteringen. Segmenten torkades minst 48 timmar i 70°C i torkskåp varefter hela segmentet vägdes på analysvåg. Alla skott, både års- och fjolårsskott från alla försök, behandlades på samma sätt vad gäller skörd, mätning och vägning.

2.3 Växthusförsök

2.3.1 Provinsamlande

Ett växthusförsök startades med syfte att undersöka hur biomassa- och längdtillväxten hos *H. splendens* påverkas av olika vatten- och näringsregimer under kontrollerade förhållanden. Tre vattennivåer (låg, medel och hög) och två näringsnivåer (med och utan kvävetillförsel) användes i försöket. Till detta försök togs 18 st mossblock in från ett område i närheten av block B i Hallen, Jämtland, den 10 november 2001. Blocken (20x20 cm) hade minst 80 % täckning av *H. splendens* och grävdes upp med några centimeters medföljande humuslager. Mossblocken placerades i plastburkar 20 x 20 x 11 cm och förvarades utomhus till den 15 november 2001 då de transporterades till Umeå där växthusförsöket utfördes.

2.3.2 Försöksdesign

För att mossorna skulle acklimatisera sig till växthusmiljön placerades de under växthusborden fram till försöksstarten. Den 21 november flyttades alla mossblocken upp på växthusborden och vattnades med 1 dl destillerat vatten för att alla skulle ha samma vattenförhållanden vid försöksstarten. Försöket startades den 22 november 2001 och pågick till den 24 januari 2002. De 18 mossburkarna delades in i tre block med sex mossburkar i varje block. Dessa fördelades lika på tre olika nivåer av behandlingar; högvatten (där ytorna gavs 7,5 dl vatten/vecka), medelvatten (6 dl/vecka) och lågvatten (4,5 dl/vecka). Vattningarna skedde tre gånger i veckan med destillerat vatten enligt schemat (tabell 3).



Figur 17 Fuktighetsanordning och burar.

För att kunna hålla en bestämd fuktighet kring varje mossburk byggdes tält som sattes över burkarna. De byggdes med en träram i botten och hönsnät i ett valv över som häftades fast i ramen samt transparent byggplast som spändes över nätet. Måttet på ramen var 60 x 40 x 30 cm, så att två plastburkar (20 x 20) fick plats inuti, en för mossprovet och en för vatten. Vattenburkarna placerades i tältet för att hålla en önskad luftfuktighet inne i tältet. I behandlingen med högvatten kompletterades vattenburkarna med fyra upphängda wettexdukar, dessa sög upp vatten från burken och höjde luftfuktigheten i tältet ytterligare. Medelvattenbehandlingarna hade endast en burk vatten stående inne i tältet medan lågvattenbehandlingarna inte hade någon burk med vatten i tältet (figur 17).

Tabell 3 Den tillförda vattenmängden per vecka, samt dess fördelning på de tre bevattningstillfällena, för vattenbehandlingarna i växthusförsöket.

Vattenbehandling	Vattning 1 (dl)	Vattning 2 (dl)	Vattning 3 (dl)	Totalt (dl)
Högvatten	2,5	2,5	2,5	7,5
Medelvatten	2,5	2,5	1,0	6
Lågvatten	2,5	1,0	1,0	4,5

Vattentillförseln provades ut så att mossorna i högvattenbehandlingarna alltid var fuktiga och hade lite vatten kvar i botten av burken vid nästa bevattningstillfälle. Mossorna i medelvattenbehandlingarna var alltid fuktiga i ytan men hade inte något vatten kvar i burken vid nästa bevattningstillfälle. Mossorna i lågvattenbehandlingarna fick lite vatten och de torkade ut i topparna mellan vattningarna. Hål borrades 1,5 cm upp från botten på mossburkarna för att överflödigt vatten skulle kunna rinna ut.

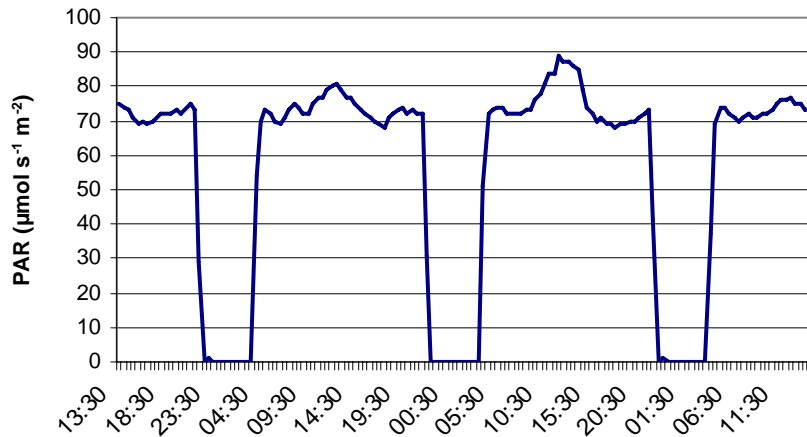
Mossburkarna vattnades med en liten vattenkanna med stril. I samband med vattningarna sprayades mossorna med destillerat vatten, och tälten lyftes av för att lufta mossproverna. När tälten sattes på igen duschades insidan av tälten med kranvatten för att ytterligare öka fuktigheten i tälten.

Hälften av mossburkarna i varje vattenbehandling och block slumpades ut till en behandling med näringstillförsel. En näringslösning av ammoniumnitrat med koncentrationen 0,00892 mol NH_4NO_3 /liter vatten, gavs fyra gånger under försöket till dessa mossprover. Näringen gavs med 0,5 dl destillerat vatten och 10 ml stamlösning ur en stänkflaska och därefter vattnades burkarna med återstående mängd vatten för respektive vattenbehandling. Den totala näringstillförseln under försöket motsvarar ett naturligt kvävetillskott till marken på 2,5 kg N/ha x år, (eller 0,25 g N/m² x år). Denna mängd är betydligt mindre än vid t.ex. skogsgödsling, där näring ges ca 2-4 gånger under en omloppstid med ca 150 kg N/ha och giva (Anon. 1991). En undersökning från Bredkälén, Jämtlands län, ca 6 mil öster om lokalen för gradienterna, visar att årsdepositionen av NO_3 -N och NH_4 -N låg på 0,12 g/m² 2002, d.v.s. 1,2 kg/ha x år (Pihl Karlsson *et al.* 2003).

Under försöket mättes den fotosyntesaktiva ljusmängden (PAR) vid sju tillfällen (tabell 4 och figur 18). PAR är ett mått på antal fotoner inom våglängdsområdet 400 – 700 nm som träffar en yta på 1 m² under en sekund ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \times \text{s}$). I en tät granskog en mulen sommardag kan PAR-värdet ligga under 30, medan det samtidigt på en öppen plats kan vara över 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \times \text{s}$. Vid starkt solsken kan värdet uppgå till ca 1500 – 1700 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \times \text{s}$ (Jäderlund opubl.). Ljusbmätningarna gjordes med en ceptometer (Sunflec (CEP40) Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK), som har 40 st ljussensorer längs en 40 cm lång prob. Vid varje mättillfälle fås ett medelvärde av de 40 sensorerna. Två olika mätningar utfördes, korta (momentana) och långa över 1-3 dygn. Ceptometern placerades ovanpå tälten för de korta mätningarna och inuti tälten för de långa mätningarna, för att få en bild av ljuset i växthuset och i de enskilda tälten. De korta mätningarna gjordes genom att under ca en minut göra 10 mätningar (10x40 sensorer) på ceptometern. Vid de längre mätningarna låg ceptometern inuti tälten en längre tid. (De ljusbmätningar som gjorts vid ett enda tillfälle har ett högre medelvärde än de som gjorts under längre tid, detta för att medelvärdet för de långa mätningarna även innefattar dygnets mörka period.) Medelljusstyrkan under hela växthuset försöket låg på 56,1 PAR, vilket stämmer väl överens med medelvärdena för de längre mättillfällena. Det var inga skillnader i ljus mellan de olika behandlingarna.

Tabell 4 Ljusbmätningar från växthuset försöket.

Datum	Tid	Ceptometers placering	Medel (PAR) ($\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$)	SE
2 jan-02	12.15	ovanpå	69,9	3,09
4 jan-02	11.10	ovanpå	68,8	2,84
11 jan-02	11.00	ovanpå	69,6	2,5
14 jan-02	15.45	ovanpå	61,9	2,16
17-18 jan-02	13.00 – 12.00	inuti	53,5	4,51
18-21 jan-02	13.00 – 15.00	inuti	55,9	2,55



Figur 18 Dygnsvariationen under ljusmätningarna den 18-21/1-02.

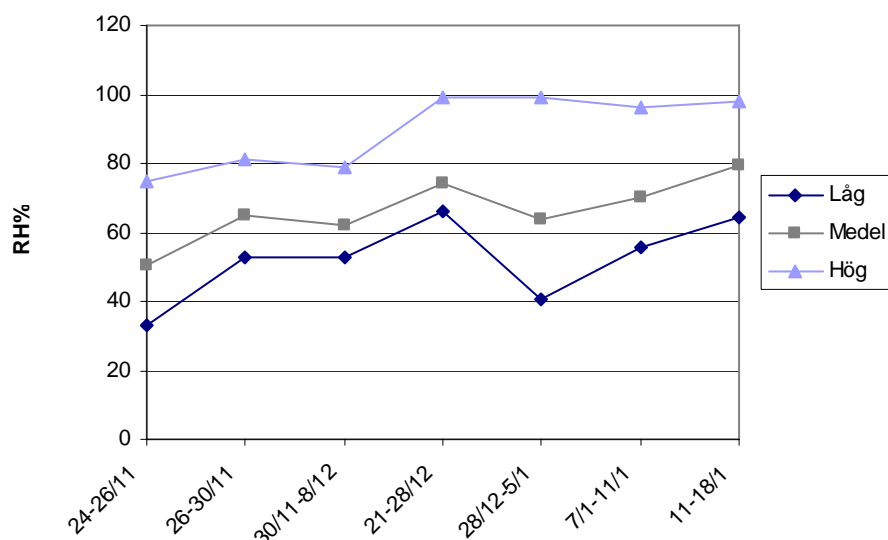
Fuktigheten mättes med 8 st Tinytag-RH (Intab AB, Stenkullen Sverige) under hela försöket. Dessa flyttades med jämna mellanrum mellan de olika behandlingarna och täkten för att få ett mått på fuktigheten i försökets tre behandlingar. Resultatet varierade mellan de olika behandlingarna och visade som väntat lägst fuktighet i lågvattenbehandlingen och högst i högvattenbehandlingen (tabell 5 och figur 19). Medelvärdet på fuktigheten fluktuerade något under försöksperioden, troligen beroende på variation i den omgivande luftfuktigheten. Bevattningstillfällena syns tydligt som toppar i luftfuktighetskurvan (figur 20). Likaså framträder dygnets mörka timmar (släckt belysning) med ökad luftfuktighet.

Temperaturen mättes med 10 st Tinytag-PT 100 (Intab) i täkten under hela försöket. Dessa flyttades omkring på samma sätt som beskrivits för fuktighetsloggarna ovan. Temperaturen låg mellan ca 15 – 25°C under försöket, med lägre temperatur på natten. Dessa mätningar visade inga skillnader mellan behandlingarna (tabell 5).

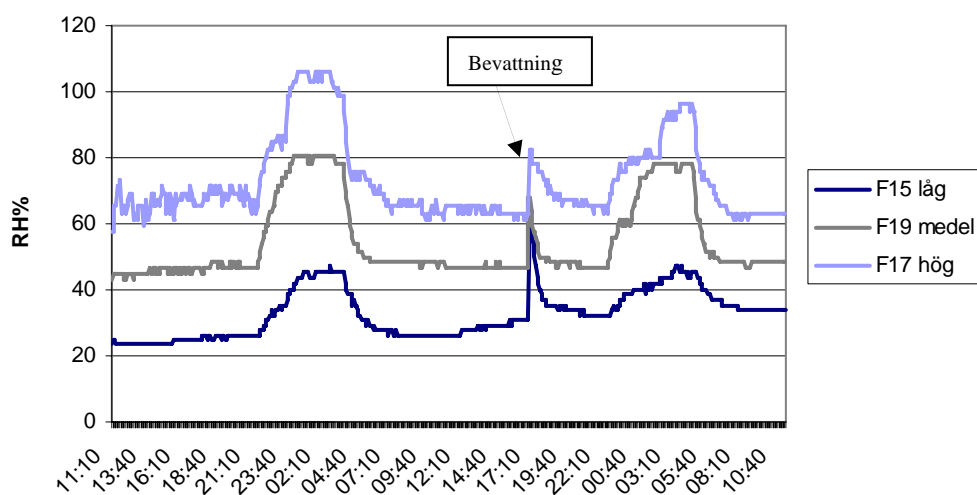
Tabell 5 Medelvärde ($\pm SE$) för fuktighet och temperatur i de tre vattenbehandlingarna i växthusförsöket.

Parameter	Lågvatten	Medelvatten	Högvatten
Fuktighet (RH %)			
Medel	54,2 \pm 0,112	68,8 \pm 0,107	89,1 \pm 0,132
Temperatur (°C)			
Medel	22,2 \pm 0,015	22,6 \pm 0,014	22,0 \pm 0,013

För att eventuella skillnader i ljus, fuktighet och temperatur, som kan finnas mellan olika positioner i växthuset inte ska påverka resultaten, (beroende på om mossan stod under en lampa eller i t.ex. ett hörn), flyttades mossburkarna med jämna mellanrum. Därmed har varje mossburk stått på alla platser i växthuset under någon del av försöket och har därmed även fått samma variation vad gäller dessa parametrar.



Figur 19 Relativ fuktighet (RH %) under försöksperioden (24/11-01 – 18/1-02) för de tre vattenbehandlingarna i växthusförsöket, mätt som medel för varje mätperiod (ca 1 vecka).



Figur 20 Relativ fuktighet (RH%) för de tre fuktighetsbehandlingarna loggat var femte minut från den 24/11 ca kl. 11.00 till 26/11 ca kl. 10.00 2001.

2.3.3 Skörd

När försöket avslutades skördades 10 stycken årssegment från ogrenade skott i varje mossburk, på samma sätt som för fältförsöket (figur 12). På fem av de skördade skotten från varje mossburk togs även fjolårssegmentet med. Mätning och vägning skedde på samma sätt som tidigare. Från bevattningsförsöket i växthus analyserades totalt 178 årssegment och 90 fjolårssegment från de tre blocken (tabell 6).

Tabell 6 Antal analyserade årssegment från de olika blocken och behandlingarna i växthusförsöket.

	Lågvatten		Medelvatten		Högvatten		Näring	Ej näring	Totalt antal			
	Seg- längd och vikt	Skaft- längd	Blad- längd	Seg- längd och vikt	Skaft- längd	Blad- längd	Seg- längd och vikt	Skaft- längd	Blad- längd			
Block D	20	8	8	20	10	10	20	10	10	30	30	60
Block E	20	7	7	19	11	11	20	10	10	30	29	59
Block F	20	12	12	19	16	16	20	17	17	29	30	59
Totalt		60			58			60		89	89	178

Antalet årssegment som tagits med i beräkningarna varierar mellan parametrarna. Detta beror på den svärtning av mossan som skedde av mossan i slutet av försöket. Årssegmenten blev korta, svarta och hoptorkade vilket gjorde det omöjligt att särskilja blad och skaft. På dessa skott har endast segmentlängden och vikten mätts.

2.4 Gradientstudie vid Örnstolån och Långsån

2.4.1 Provtagningsområden

För att undersöka om mossans längd- och biomassatillväxt påverkas av avståndet från ett mindre vattendrag samlades mossprover in från två gradienter. Den ena gradienten utgick från Långsån och den andra från Örnstolån, båda i närheten av Rönnöfors, Krokoms kommun, Jämtlands län (figur 7 och 21). Gradienten vid Långsån har en relativt jämn lutning ned mot vattnet med en stigning med ca 58 höjdmeter på 250 m medan gradienten vid Örnstolån har en kraftigare lutning vid vattnet, ca 5 höjdmeter på 20 m, därefter är marken plan. Se profilfigur i bilaga 3.

Tabell 7 Provpunkternas avstånd från vattendragen samt artsammansättningen vid de olika provpunkterna.

Prov- punkternas avstånd från vattnet	Metzgeriales	Ptilium crista-castrensis	Hylocomium splendens	Pleurozium schreberi	Dicranum sp	Nephroma arcticum	Cladina sp	Poaceae	Vaccinium myrtillus	Vaccinium vitis-idaea	Empetrum sp	Calluna vulgaris	Betula sp	Populus tremula	Picea abies	Pinus sylvestris	Salix caprea	Alnus incana
Långsån																		
10 m	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	X	X	
40 m	X	X	X	X	X				X	X	X				X	X		X
70 m	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X	X	X		
100 m	X	X	X	X	X				X	X		X	X		X	X		
250 m	X		X	X	X						X	X	X	X	X	X		
Örnstolån																		
5 m	X	X	X	X				X	X	X			X	X	X			X
10 m	X	X	X	X	X			X	X	X			X		X	X		
20 m		X	X	X	X			X	X	X			X		X	X		
40 m		X	X	X	X			X	X	X			X		X			
80 m		X	X	X	X				X	X			X		X			
160 m			X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		



Figur 21 Karta över gradienterna vid Långsån, block L och Örnstolån, block R.

Skogen i försöksområdena har inte brukats med modernt skogsbruk, istället har dimensionsavverkning skett från 1800-talet och framåt (Carl-Johan Wikström, opubl.). Detta innebär att skogen är luckig och har kvar ganska mycket gamla träd och död ved. Alla ytor på dessa platser är av frisk ristyp. Den totala grundytans medelvärde på de olika provytorna inom varje område är för Långsån ca 22 m²/ha och för Örnstolån ca 27 m²/ha. För grundytorna vid varje provpunkt längs gradienterna, se

bilaga 3. Bottenskiktets artsammansättning i de båda gradienterna består till huvudsak av olika mossarter, huvudsakligen *H. splendens*, väggmossa och kammossa (tabell 7). Fältskiktet utgörs av blåbärs- och lingonris samt gräs. Busk- och trädskiktet består till största delen av gran men även tall förekommer (främst i gradienten vid Långsån). Bland lövträden är björk vanligast, men även inslag av asp (*Populus tremula*) finns.

2.4.2 Insamlande av mosskott

Längs de båda gradienterna finns fasta provpunkter utlagda, dock har inte fuktighetsdata från dessa varit tillgängliga (Carl-Johan Wikström opubl.). Vid 11 av dessa provpunkter togs mossprover den 27 oktober 2002. Vid varje provpunkt mättes en cirkel med 10 m diametern ut. Därefter slumpades 10 punkter ut inom denna cirkel och vid dessa plockades en stor tuva markvegetation in. Hemma torkades sedan dessa tuvor en tid i rumstemperatur. När segmentprover skulle tas fuktades skotten med vatten för att de skulle vara lättare att hantera. Ur varje tuva togs sedan 10 årssegment ut av *H. splendens* (eller så nära 10 som möjligt). Totalt användes 458 st årssegment från Långsån och 593 st från Örnstolån. Även här eftersträvades att få ogrenade exemplar. För att få en bild av mossamhället vid provpunkterna gjordes en artbestämning av de mossarter som fanns med i varje inplockad tuva (tabell 7). Mossprover togs om hand på samma sätt som vid bevattningsförsöket i Hallen.

2.5 Statistik

För statistisk analys av torrvikts- och längddata från fältförsöket i Hallen har ANOVA använts. För att uppnå jämn varians har skaftlängdsdatat arcsintransformerats. Det faktoriella växthusförsöket har analyserats med ANOVA, som följts av Tukey's HSD för att separera de tre vattenbehandlingarna. Skottvikts- och skaftlängdsdatat har arcsintransformerats för att uppnå jämn varians mellan behandlingarna. Det två gradienterna har analyserats med GLM följt av Tukey's HSD för att separera "provpunkterna" från varandra. Skaft- och bladlängder för gradienten vid Örnstolån har arcsintransformerats. Alla data har analyserats med SPSS (version 10.0 och 11.5).

3. Resultat

3.1 Fältförsök Hallen

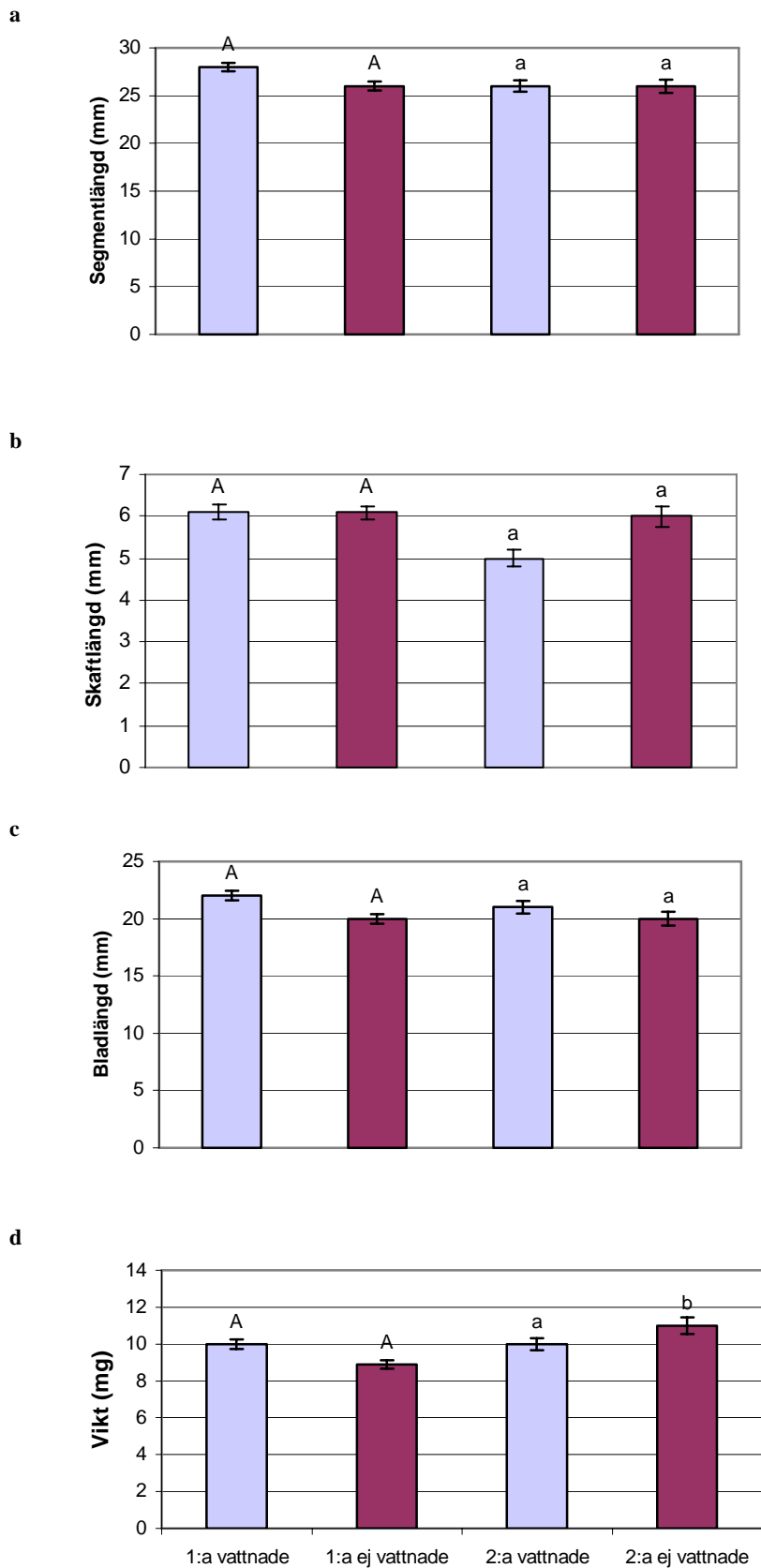
Bevattningen av *H. splendens* påverkade årssegmentens segmentlängd, bladlängd och segmentvikt positivt, men skillnaden var inte tillräckligt stor för att uppnå statistisk signifikans (figur 22 a-d, tabell 8). Skaftlängden påverkades inte av vattentillförsel. Fjolårssegmenten som haft sin huvudsakliga utveckling och tillväxt före försöksbehandlingarna uppvisade inga statistiskt säkerställda skillnader i längdparametrarna (figur 22 a-c, tabell 9). Däremot var vikten på fjolårssegmenten signifikant högre i den intakta behandlingen än i den bevattnade (figur 22 d). För segmentlängd, skaftlängd och i viss mån också bladlängd fanns det nivåskillnader mellan de olika blocken i försöket (tabell 8 och 9). Block B har kortare längdtillväxt än block A och C. Segmentens vikt visade inga sådana skillnader.

Tabell 8 Statistiktabel för årssegmenten vid fältförsöket i Hallen.

Parameter	df	MS	F	Sign. (p-värde)
Segmentlängd				
Vatten	1	2,368	5,318	0,146
Block	2	9,100	20,368	0,047
Vatten*Block	2	0,447	1,571	0,209
Skaftlängd				
Vatten	1	6,848E-07	0,011	0,927
Block	2	1,057E-03	16,516	0,057
Vatten*Block	2	6,397E-05	0,417	0,660
Bladlängd				
Vatten	1	2,274	7,313	0,112
Block	2	6,428	20,622	0,046
Vatten*Block	2	0,312	1,306	0,272
Segmentvikt				
Vatten	1	9,795E-05	9,520	0,089
Block	2	4,101E-05	3,982	0,201
Vatten*Block	2	1,030E-05	1,112	0,330

Tabell 9 Statistiktabel för fjolårssegmenten vid fältförsöket i Hallen.

Parameter	df	MS	F	Sign. (p-värde)
Segmentlängd				
Vatten	1	32,385	0,324	0,570
Block	2	661,578	6,619	0,002
Skaftlängd				
Vatten	1	9,408E-03	3,853	0,051
Block	2	3,343E-02	13,628	0,000
Bladlängd				
Vatten	1	4,620E-02	0,001	0,978
Block	2	27,454	0,444	0,642
Segmentvikt				
Vatten	1	5,840E-02	6,437	0,012
Block	2	5,262E-03	0,580	0,561



Figur 22 Tillväxtparameter (\pm SE) för *Hylocomium splendens* års- (1:a) och fjolårssegment (2:a) i vattnade och intakta ytor, fältförsöket Hallen. Olika bokstäver över staplarna i respektive årgång innebär statistiskt signifikanta skillnader ($p \leq 0,05$).

3.2 Växthusförsök

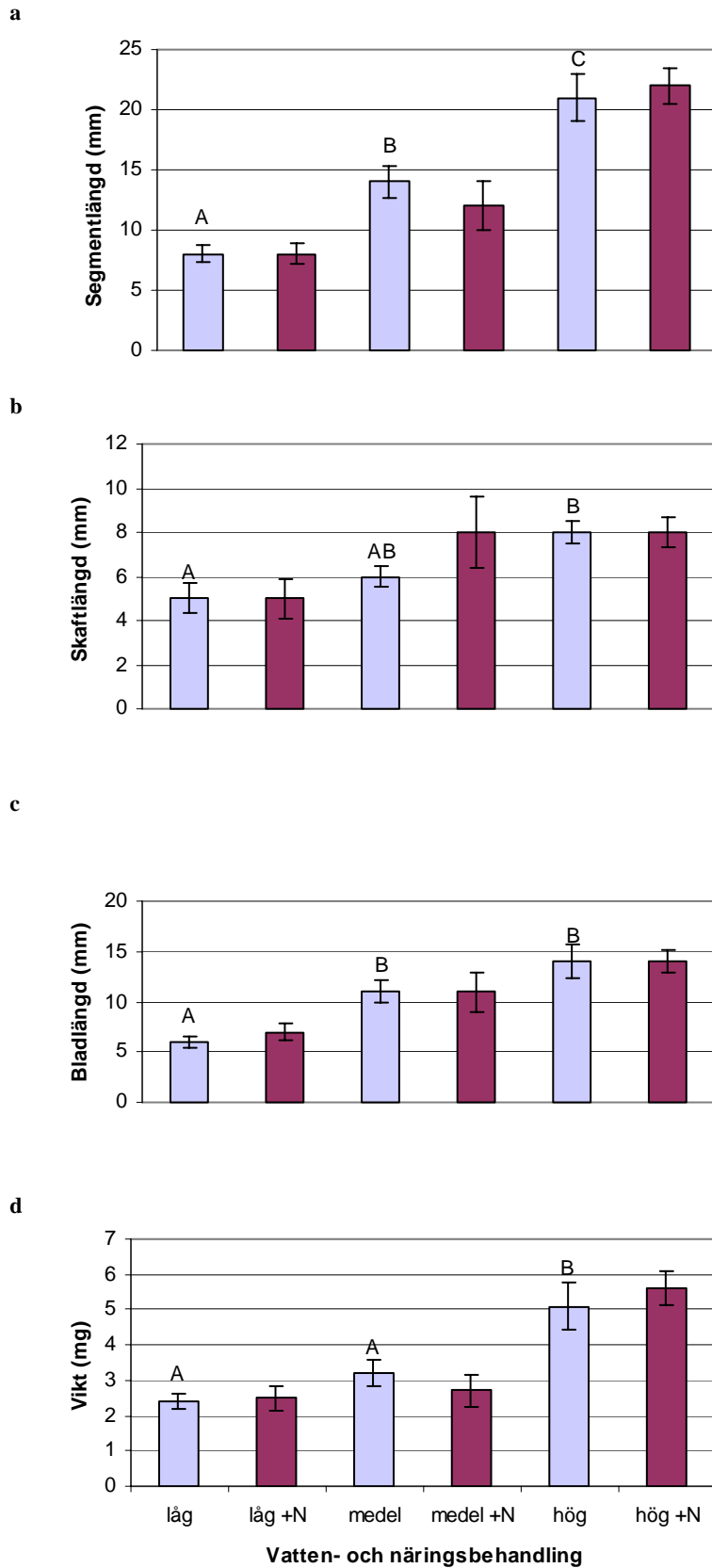
Odlingen av *H. splendens* i växthuset i de tre olika vattenregimerna från lågvatten till högvatten gav resultatet att årssegmenten blev större vid ökad vattentillgång (figur 23, tabell 10). Årssegmentens medellängd och vikt är signifikant högre i högvattenbehandlingen än i medel- och lågvattenbehandlingarna. Skaftmedellängd och bladmedellängd visar samma trend men här är inte alla vattenbehandlingarna statistiskt skilda från varandra, dock är alltid den lägsta och högsta vattenbehandlingen statistiskt skilda åt. Tillförseln av ammoniumnitrat påverkade inte mosskottens storlek i gödselytorna jämfört med mosskottens storlek i de intakta ytorna (figur 23, tabell 10).

Tabell 10 Sammanfattning av statistiken för årssegmenten vid växthusförsöket.

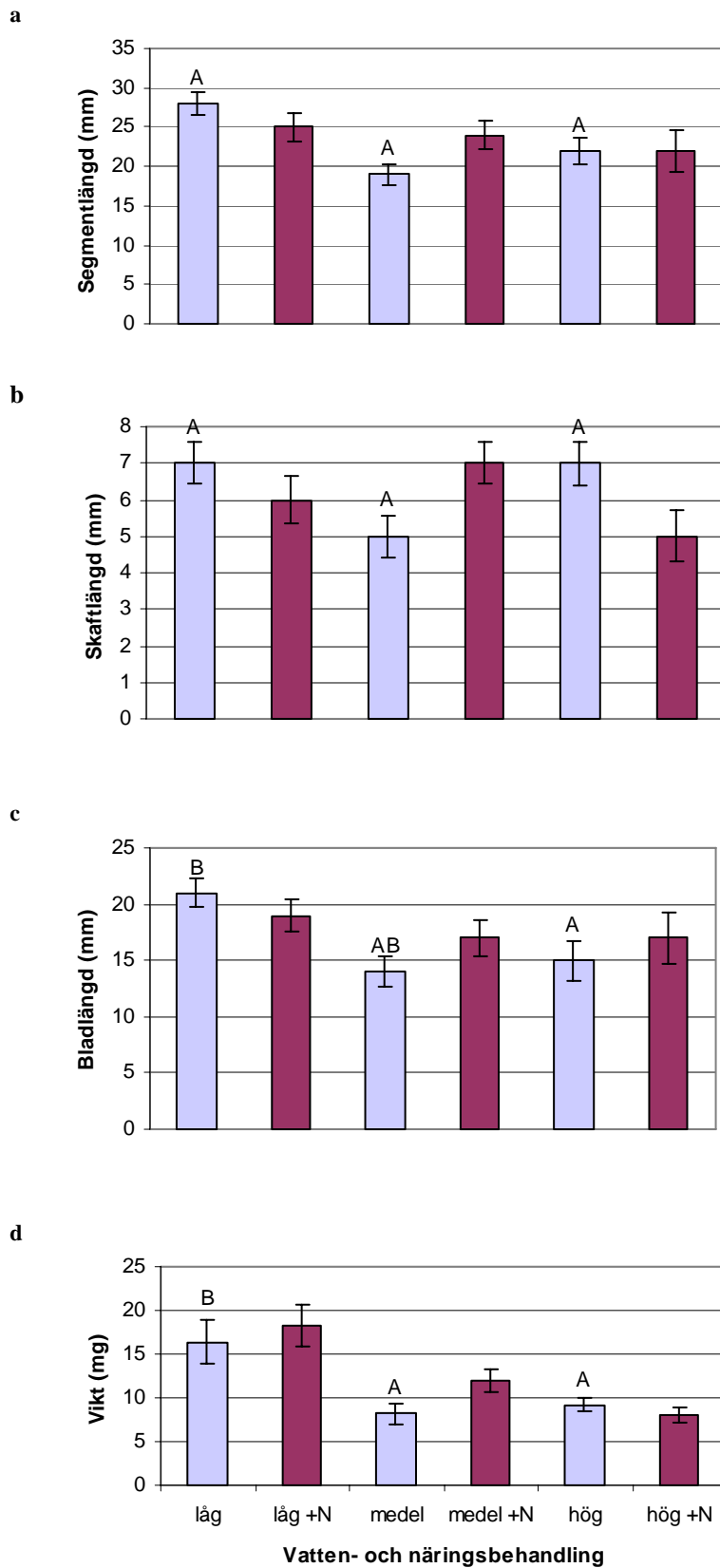
Parameter	df	MS	F	Sign. (p-värde)
Segmentmedellängd				
Vattenmängd	2	0,541	44,038	0,000
Näring	1	9,182E-04	0,075	0,785
Block	2	9,358E-04	0,076	0,927
Vattenmängd*Näring	2	1,341E-02	1,092	0,338
Skaftmedellängd				
Vattenmängd	2	3,705E-02	7,932	0,001
Näring	1	4,566E-03	0,978	0,325
Block	2	6,324E-04	0,135	0,874
Vattenmängd*Näring	2	2,333E-04	0,499	0,608
Bladmedellängd				
Vattenmängd	2	5,111	12,409	0,000
Näring	1	2,231E-03	0,005	0,941
Block	2	8,961E-02	0,218	0,805
Vattenmängd*Näring	2	1,175E-02	0,029	0,972
Viktmedel				
Vattenmängd	2	9,458E-0,3	25,881	0,000
Näring	1	5,245E-0,6	0,014	0,905
Block	2	1,713E-04	0,469	0,627
Vattenmängd*Näring	2	5,883E-04	1,610	0,203

Tabell 11 Sammanfattning av statistiken för fjolårssegmenten vid växthusförsöket.

Parameter	df	MS	F	Sign. (p-värde)
Segmentmedellängd				
Vattenmängd	2	80,144	1,070	0,348
Näring	1	11,378	0,152	0,698
Block	2	139,911	1,868	0,161
Vattenmängd*Näring	2	407,144	5,437	0,006
Skaftmedellängd				
Vattenmängd	2	1,284E-03	0,369	0,692
Näring	1	3,161E-03	0,909	0,343
Block	2	1,668E-03	0,479	0,621
Vattenmängd*Näring	2	1,041E-02	2,991	0,056
Bladmedellängd				
Vattenmängd	2	5,032E-02	3,957	0,023
Näring	1	5,942E-02	4,672	0,034
Block	2	3,488E-02	2,742	0,070
Vattenmängd*Näring	2	1,265E-02	0,995	0,374
Viktmedel				
Vattenmängd	2	0,103	7,212	0,001
Näring	1	4,203E-04	0,030	0,864
Block	2	2,846E-03	0,200	0,819
Vattenmängd*Näring	2	1,511E-02	1,061	0,351



Figur 23 Längd och viktparametrar (\pm SE) för årssegment av *Hylocomium splendens* i vatten- (låg, medel, hög) och näringsbehandlingarna (+N, -N) i växthusförsöket. Olika bokstäver över staplarna visar på signifikanta skillnader mellan vattenbehandlingarna ($p \leq 0,05$). Näringsbehandlingarna skiljer sig inte signifikant från varandra (se tabell 10 och 11).



Figur 24 Längd och viktparametrar ($\pm SE$) för *Hylocomium splendens*. Fjölårssegment i vatten- (låg, medel, hög) och näringsbehandlingarna (+N, -N) i växthusförsöket. Olika bokstäver över staplarna visar på signifikanta skillnader mellan vattenbehandlingarna ($p \leq 0,05$).

Fjolårssegmenten var tyngst och längst i lågvattenbehandlingen, men skillnaden var signifikant endast för bladmedellängd och vikt (tabell 11 och figur 24). Näringstillförseln gav endast signifikant skillnad för bladmedellängden, som var 17,6 mm för näringsbehandlade segment och 16,6 mm för segment utan näringstillskott.

3.3 Gradienterna vid Långsån och Örnstolån

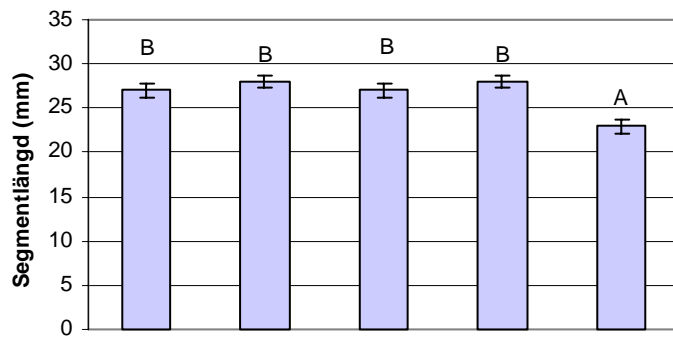
Tillväxtparametrarna uppvisar stor variation mellan provpunkterna vid både Långsån och Örnstolån, men ingen av gradienterna uppvisar tydligt att avståndet till vattnet skulle vara en viktig faktor för tillväxten hos *Hylocomium splendens* (figur 25 och 26, tabell 12). Årets segmentlängd, bladlängd och segmentvikt i gradienten vid Långsån var lägst i provpunkten längst från vattnet (250 m), bladlängden och segmentlängden var signifikant skild från provpunkten närmast vattnet (figur 25). Generellt återfinns den högsta tillväxten 40 m från vattnet men den skiljer sig oftast inte signifikant från de närliggande provpunkterna. Det är endast skaftlängden som är signifikant längre vid 40 m än vid 10 m. Mossegmentens medelvikt i gradienten Långsån visar den högsta medelvikten i ytan 40 m från vattendraget och den lägsta i ytan 250 m från vattendraget. Vikten på segmentproverna tagna från ytorna 10 respektive 70 m från vattnet skiljde sig inte från någon av de andra ytorna.

Vid Örnstolån finns en viss trend om man ser till de första 20 m från vattnet, där segmentlängden, bladlängden och segmentvikten ökar statistiskt signifikant med avståndet från vattnet (figur 26 och tabell 12). Därefter förblir tillväxten konstant (segmentvikten) eller minskar (segment- och bladlängd) med avståndet från vattnet. Generellt återfinns de högsta segmentlängderna, bladlängderna och segmentvikterna vid Örnstolån 20–40 m från vattnet. Den längsta skaftlängden återfinns 80 m från vattnet och är signifikant längre än på alla andra provpunkter längs gradienten. Den kortaste skaftlängden återfinns längst bort från vattnet (160 m) men den är inte signifikant skild från skaftlängderna 5 och 20 m från vattnet.

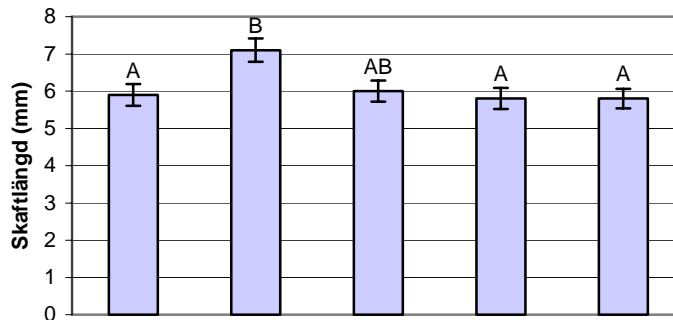
Tabell 12 Statistiktabel för årssegmenten från Långsån och Örnstolån. För separation av provpunkter i respektive gradient se figur 25 och 26.

Parameter	df	MS	F	Sign. (p-värde)
Segmentlängd				
Långsån	4	4,854	9,161	0,000
Örnstolån	5	5,278	8,014	0,000
Skaftlängd				
Långsån	4	0,271	3,587	0,007
Örnstolån	5	2,138	12,636	0,000
Bladlängd				
Långsån	4	4,091	11,633	0,000
Örnstolån	5	2,823	7,890	0,000
Segmentvikt				
Långsån	4	9,153E-05	4,200	0,002
Örnstolån	5	2,396E-04	8,706	0,000

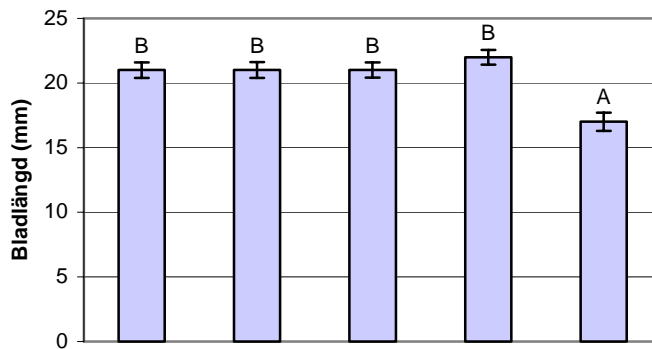
a



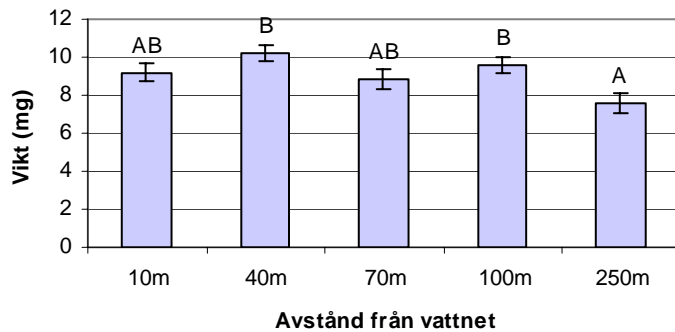
b



c

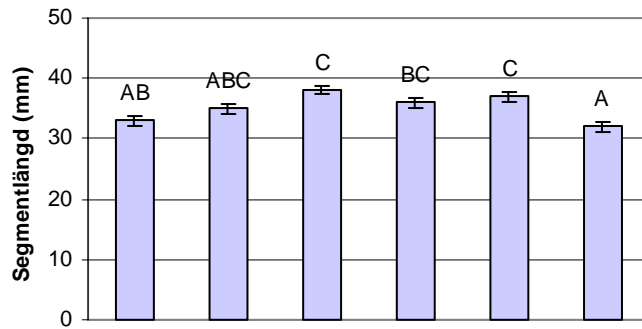


d

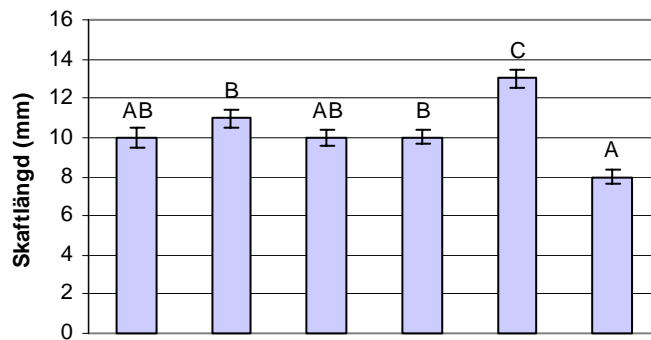


Figur 25 Tillväxtparameter (\pm SE) för *Hylocomium splendens*. Årssegment i gradienten vid Långsån. Olika bokstäver över staplarna innebär statistiskt signifikanta skillnader (Tukey's HSD, $p \leq 0,05$).

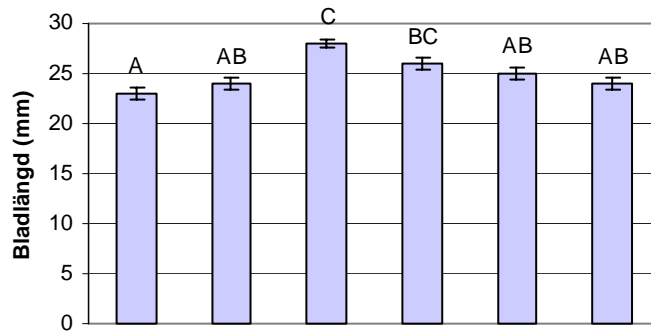
a



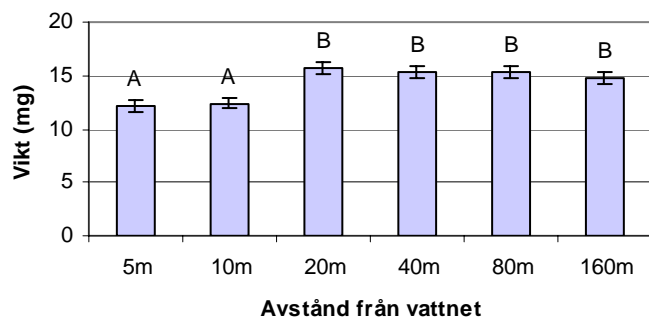
b



c



d



Figur 26 Tillväxtparameter (\pm SE) för *Hylocomium splendens*. Årssegment i gradienten vid Örnstolån. Olika bokstäver över staplarna innebär statistiskt signifikanta skillnader (Tukey's HSD, $p \leq 0,05$).

4. Diskussion

Undersökningen visar att vattentillgången påverkar tillväxten hos *H. splendens*, där årssegmenttillväxten reagerar positivt på ökad vattentillgång, medan tillväxten hos fjolårssegmenten reagerar negativt. Beträffande reaktion på näringstillförsel, visar undersökningen att detta inte har någon påverkan. Studien av gradienter vid åarna visar inte några entydiga resultat. Andra faktorer än de som är direkt kopplade till avståndet från vattnet har troligen så stor inverkan på tillväxten att det överskuggar eventuella effekter av en fuktighetsgradient. Skall några slutsatser kunna dras av gradientundersökningen måste betydligt fler faktorer kontrolleras såsom ljusförhållanden, fuktighet och näringsförhållanden etc.

4.1 Bevattnings- och näringsförsöken

Bevattningen av mossytorna i fältförsöket i Hallen resulterade i en högre vikt och längd (ca 10 %) på *Hylocomium splendens* årsskott, men ökningen var inte statistiskt säkerställd. I växthusförsöket var årssegmentstillväxten störst i behandlingen med hög vattentillgång och lägst i behandlingen med låg vattentillgång. Den ca 70 % större vattentillförseln till högvattenbehandlingen jämfört med lågvattenbehandlingen, resulterade i en dubbelt så stor biomassatillväxt hos mosssegmenten i högvattenbehandlingen. Skillnaderna i tillväxtökning hos de vattnade i jämförelse med de ej vattnade segmenten i de båda försöken kan förklaras av att miljöförhållandena i växthuset var gynnsammare och att temperaturen var mera stabil. Den optimala temperaturen för en hög relativ tillväxt hos *H. splendens* är mellan 20-25°C (Potter *et al.* 1995). Detta optimum uppnåddes under växthusförsöket då medeltemperaturen var ca 22°C. Resultaten från de båda försöken stämmer överens med studien av Potter *et al.* (1995), där det visats att segment får en ökad torrsvikt efter vattenbehandling. I fältförsöket påverkades mossan av nederbörd, vind och låga temperaturer. Vattenmängden som tillfördes mossan genom bevattning motsvarade ungefär lika mycket vatten som kom via nederbörden under försöket. Tillväxten hos de vattnade segmenten blev ändå bara ca 10 % högre än för de ovattnade. Nederbörden under försöksperioden var mycket stor, nästan dubbelt så stor som normalt i Höglekardalen (SMHI Höglekardalen). Normalvärdet under standardperioden 1961 – 1990 för nederbörd vid Höglekardalen för augusti och september är 196 mm. Under augusti och september 2001 var nederbörden hela 391 mm för detta område. Den förhållandevis låga tillväxtökningen för vattnade segment kan eventuellt förklaras av en vattenmättnad där segmenten nått den gräns där de inte kan tillgodogöra sig mer vatten under naturliga förhållanden.

Det sker en viss tillväxt hos fjolårssegmenten under juli till september, när dessa segment är på sitt andra år (Tamm 1953). Försöken i denna studie visar att tillväxten blir lägre för fjolårssegmenten vid bevattning. Mossan allokerar resurser till de växande årssegmenten under säsongen, denna allokering av näringsämnen från äldre till yngre delar är betydande (Økland *et al.* 1997, Eckstein 2000). Allokeringen kan vara en förklaring till viktskillnaderna i fältförsöket där medelvikten för fjolårssegmenten var lägre hos de vattnade segmenten än hos de ovattnade. Årssegmenten kräver sannolikt mera resurser när det är fuktigt och tillväxten är hög, därför allokeras då mera resurser från de äldre segmenten till årssegmenten. Hos de mosskott som fått mindre mängd vatten är fjolårssegmentens medelvikt högre än i årssegmenten. De torrare förhållandena på mossytan gör att resurserna stannar i de äldre segmenten en bit ner i mossan, där också fuktighetsförhållandena troligen är bättre än på ytan.

I fältförsöket i Hallen var skillnaden i vikt mellan vattnade och ovattnade fjolårssegment signifikant, med en högre vikt för de ovattnade segmenten. Längden på fjolårssegmenten visade däremot inte någon skillnad mellan behandlingarna. Trots den stora skillnaden i vattenmängd, var skillnaden i biomassatillväxt på fjolårssegmenten relativt liten, liksom den var för årssegmenten. I växthusförsöket visar sig skillnaden i tillväxt för fjolårssegmenten vara betydligt kraftigare och mera signifikant, t.ex. var bladmedellängden signifikant större i lågvattenbehandlingen än i medel- och högvattenbehandlingarna. Medelvikt för fjolårssegmenten visade också signifikanta skillnader mellan vattenbehandlingarna, där lågvattenbehandlingen hade de tyngsta segmenten för båda näringsbehandlingarna. Både försöket i Hallen och växthusförsöket visar att när tillväxten hos årssegmenten ökar, sker denna ökning på bekostnad av fjolårssegmenten. Resultatet av växthusförsöket visar dessutom att ju bättre tillväxten är i årssegmenten, desto mer resurser omlokaliseras från fjolårssegmenten, vars tillväxt minskar i samma grad.

Tillförseln av näring i växthusförsöket gav endast en svag ökning av bladmedellängd hos fjolårssegmenten, i övrigt kunde inga skillnader i längd- och vikt tillväxt påvisas. Gödslingen i växthusförsöket motsvarade $0,25 \text{ g N/m}^2 \times \text{år}$. Nivån valdes för att efterlikna de naturliga förhållandena med en tänkt tillförsel av näring från förna, dropp och nederbörd och utan att ge negativa effekter. En undersökning visar att årsvåtdepositionen via nederbörd av $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{NH}_4\text{-N}$ i Bredkålen, (ca 6 mil öster om lokalen för gradienterna, Jämtlands län), låg på $0,12 \text{ g/m}^2 \times \text{år}$ (Pihl Karlsson *et al.* 2003). Grovt räknat tillförsel marken i boreal barrskog ungefär $1 \text{ g N/m}^2 \times \text{år}$ via förnafall (Mälkönen 1975, Finèr *et al.* 2003). Den tillförda mängden näring i växthusförsöket är betydligt mindre än vid t.ex. skogsgödsling, där näring ges ca 2-4 gånger under en omloppstid med ca 150 kg N/ha per giva (Anon. 1991). Hög näringstillförsel av ammoniumnitrat (motsvarande $10,0 \text{ g N/m}^2 \times \text{år}$) och kaliumfosfat (motsvarande $10,0 \text{ g P/m}^2 \times \text{år}$ och $12,6 \text{ g K/m}^2 \times \text{år}$) under flera växtsäsonger, har visats ge negativa effekter på tillväxten hos *H. splendens* (Potter *et al.* 1995). Växthusförsöket har troligen pågått för kort tid för att effekterna av näringstillförseln ska kunna påvisas, oavsett om de skulle ha varit positiva eller negativa. Mossor tar mycket effektivt upp näring från dropp och nederbörd (Tamm 1953, Oechel och van Cleve 1986), det är därför troligt att de också här tagit upp en stor del av den näring som tillförts. Att någon tillväxtökning inte har kunnat registreras, kan bero på att mossan lagrat näring istället för att satsa på tillväxt (Chapin *et al.* 1990). Ingen näringsanalys har gjorts på mossan i växthusförsöket, varför det inte går att utreda närmare.

En dryg vecka innan växthusförsöket avslutades blev årssegmenten i flera mossprover svarta på ytan. Enligt Økland (1995) kan svärtning uppstå till följd av vattendränkning. I försöket är det främst lågvattenbehandlingen som blivit utsatt för svärtning. Det är därför inte troligt att svärtningen beror på vattendränkning i det här fallet. Det är troligare att svärtningen ändå orsakas av att det varit för torrt på mossans yta i dessa behandlingar. Svärtningen kan ha reducerat tillväxten hos de drabbade skotten som i många fall var små. Fjolårssegmenten på dessa skadade skott visade inga tecken på svärtning, vilket gör att storleksskillnaderna mellan års- och fjolårssegmenten är större än de skulle ha varit om svärtningen inte inträffat.

Medellängden för de vattnade och ovattnade årssegmenten i fältförsöket i Hallen är generellt kortare i block B än i de övriga blocken (ej redovisat), vilket kanske kan förklaras av att marken i detta område till stor del består av stenblock under det tunna humuslagret. Mossa som växer på stenar kan, enligt Tamm (1953), få en begränsad tillväxt genom

mindre tillgång på fuktighet från marken och kan kanske vara en del av förklaringen till den lägre medellängden i block B. Skillnaderna mellan de olika blocken har ingen betydelse för resultaten av undersökningen eftersom vattenbehandlingen hade samma effekt i alla block.

4.2 Gradientundersökningarna

Undersökningen av mosstillväxten i gradienterna gjordes med hypotesen att luftfuktigheten är störst närmast vattnet och att den sedan avtar med avståndet från vattendraget. Detta stöds av en amerikansk studie, som visar att den relativa fuktigheten under dagtid är 11 % lägre 30 m från vattnet, än alldeles invid vattnet (Brosofske *et al.* 1997). Närheten till ett vattendrag bör därför ge ett mera kontinuerligt fuktigt klimat. Detta bör ge mossor som *H. splendens* möjlighet att växa mera kontinuerligt med hjälp av den högre luftfuktigheten nära vattnet och inte bli lika beroende av nederbörd, som mossor på längre avstånd från vattnet.

Där gradienten är utlagd rinner Örnstolån i en sänka ca 6 m under omgivande mark. Det är ca 20 m från ån upp till krönet på sänkan och därefter planar marken ut. Generellt ökar tillväxten hos *H. splendens* längs sluttningen upp mot krönet där den högsta tillväxten uppmättes. De mossegment som vuxit närmast vattnet visar inte någon positiv tillväxtökning till följd av den ökade luftfuktigheten närmast vattnet. Troligen har andra faktorer såsom t.ex. den kylande effekten från vattendraget motverkat en ökad tillväxt. Lufttemperaturen invid ett vattendrag kan vara flera grader lägre än ett 20-tal m från vattnet, speciellt om vattendraget ligger i en sänka (Ross 1958, Brosofske *et al.* 1997). Vid Långsåsån är marken mer jämnt stigande längs hela gradienten än vid Örnstolån och 40 m från vattnet ligger markytan drygt 10 m ovan vattenytan. Det finns inga generella tillväxtskillnader mellan de två provpunkterna närmast vattnet (10 respektive 40 m från vattnet) i Långsåsgradienten, men medelvärdet för de olika tillväxtparametrarna tenderar att vara något högre i provpunkten 40 m från vattnet. Någon positiv effekt på grund av närheten till vattnet syns inte, men de negativa effekterna är mindre än vid Örnstolån. Temperaturskillnaden är troligen mindre här då åfåran inte är lika markerad. Resultaten från de båda gradienterna visar att effekterna av åfårans topografi och temperaturens inverkan, kan bidra till de mindre och lättare årssegmenten närmast vattendraget i den här studien.

Ljuset är en viktig faktor för mossans tillväxt (Tamm 1953, Økland 2000). I ett slutet bestånd har ökad ljusstillgång en gynnsam effekt på mossans tillväxt medan en alltför kraftig solexponering har negativ effekt på tillväxten (Tamm 1953). Grundytan för de två provpunkterna närmast vattnet (5 och 10 m från vattnet) vid Örnstolån är väldigt olika (16 respektive 36 m²/ha, bilaga 3), men trots detta finns inga signifikanta skillnader i tillväxten hos mossegmenten. Utifrån den stora skillnaden i grundyta mellan provpunkterna, kan en öppnare och därmed ljusare miljö förväntas närmast vattnet. Det som inte framgår från värdena på grundytan, är den buskigare vegetationen av gråal (*Alnus incana*) som finns närmast vattnet, därigenom blir skillnaderna i ljusförhållandena inte så stora.

Enligt Brosofske *et al.* (1997), kan climateffekten av en bäck sträcka sig upp till ca 50 m för luft och marktemperatur och till ca 30 m för relativ fuktighet ut från bäcken. Vegetationsförhållandena i provpunkterna 20 respektive 40 m från Örnstolån var likartade, det enda som skiljer är avståndet till ån. Eventuella skillnader i segmentstorlek mellan mossor insamlade vid de två provpunkterna skulle då kunna hänföras till effekter av

avståndet till ån (Brosofske *et al.* 1997). Segmentens segment- och bladlängd var högst 20 m från vattendraget, men då skillnaderna inte var signifikanta, kan ingen påverkan på tillväxten p.g.a. avståndet från ån konstateras. Effekterna från ån syns upphöra utanför själva åsänkan.

Skillnaderna i mosstillväxt på provpunkter längre bort än 50 m från vattnet i de två gradienterna orsakas troligen av andra miljöfaktorer än närheten till vattendragen. Skogen vid provpunkten 250 m från vattnet (Långsån) är något öppnare än vid 100 meter från vattnet men grundytan är densamma (18 m²/ha). Vid 250 m börjar vegetationen övergå i torrare tallskog, närheten till det hållmarkslika åskränet och en ökande solinstrålning gör att marken är torrare och det bidrar sannolikt till den mindre mosstillväxten. Andra orsaker till den låga tillväxten kan vara temperaturskillnader (Sonesson *et al.* 1992, Potter *et al.* 1995, Callaghan *et al.* 1997) och/eller näringstillgången och fördelningen av denna mellan de olika provpunkterna (Tamm 1953). I brist på mätvärden när det gäller fuktighet och temperatur längs gradienterna är detta endast antaganden. Terrängen vid Örnstolån från 40 m till 160 m från vattendraget består av frisk granskog och grundytan är även här oförändrad (26 m²/ha). Några signifikanta skillnader som beror på avståndet från ån går inte att se för denna del av gradienten.

Segmentens storlek och vikt är betydligt större i gradienten vid Örnstolån än vid Långsån. Vikten vid Örnstolån ligger t.ex. på ca 15 mg medan den för Långsån är ca 9 mg. Detta kan bero på att medelgrundytan för skogen vid Örnstolån var större än vid Långsån (ca 27 m²/ha mot ca 22 m²/ha). Beroende på trädmängd och -storlek, har förhållandet mellan ljus och skugga varit mer gynnsamt för mossans tillväxt vid Örnstolån. Undersökningar har visat att mossa som växt på skuggiga platser har högre medelvikt än mossa som växer solexponerad, samtidigt som frekvensen av små segment är låg inom de skuggade ytorna (Tamm 1953).

4.3 Sammanfattning

Denna studie stämmer således med försök som tidigare gjorts, där resultaten visar att skott från *H. splendens* ökat i torrsvikt efter vattenbehandling jämfört med skott som inte vattnats (Potter *et al.* 1995). Växthusförsöket bekräftar resultatet från fältförsöket; att ökad vattentillgång ger större tillväxt hos årssegmentet, medan tillväxten hos fjolårssegmenten snarare minskar. Näringstillförsel har inte gett några mätbara effekter på mossans tillväxt i det här försöket. Den minskande relativa fuktigheten med avståndet från ett mindre vattendrag (Brosofske *et al.* 1997) har inget enkelt samband med tillväxten hos *H. splendens* i den här undersökningen. Andra faktorer än avståndet från vattnet har troligen större inverkan på tillväxten. Skall några slutsatser kunna dras av gradientundersökningen måste betydligt fler faktorer kontrolleras såsom ljusförhållanden, temperatur, fuktighet och näringsförhållanden.

Tack

Jag vill tacka Anders Jäderlund för stöd och hjälp under arbetet och för hjälpen med vattningarna i Umeå när jag inte var där. Stort tack till min familj som hjälpt till under fältförsöken och stöttat mig under arbetet. Tack också till Carl-Johan Wikström som kom med idén till detta arbete och hjälpen med att samla in proverna i Örnstolån och Långsån.

Referenslista

- Anon. 1991. Skogsstyrelsens allmänna råd till ledning för användning av kvävegödselmedel på skogsmark. SKSFS 1991:2. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Berg, B. 1984. Decomposition of moss litter in a mature Scots pine forest. *Pedobiologia* 26: 301-308.
- Brosofske, K. D., Chen, J., Naiman, R. J., Franklin, J. F. 1997. Harvesting effects on microclimatic gradients from small streams to uplands in western Washington. *Ecological applications* 7(4), 1188-1200.
- Brown, D.H. and Bates, J. W. 1990. Bryophytes and nutrient cycling. *Botanical Journal of the Linnean Society* 104: 129-147.
- Callaghan, T. V., Carlsson, B. Å., Sonesson, M., Temesváry, A. 1997. Between-year variation in climate-related growth of circumarctic populations of the moss *Hylocomium splendens*. *Functional Ecology* 11, 157-165.
- Chapin, F. S. III, Oechel, W. C., van Cleve, K. and Lawrence W. 1987. The role of mosses in the phosphorous cycling of an Alaskan black spruce forest. *Oecologia* 74: 310-315.
- Chapin, F. S. I, Schultze, E. D. and Mooney, H. A. 1990. The ecology and economics of storage in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 423-447.
- DeLuca, T. H., Zackrisson, O., Nilsson, M-C., Sellstedt A. 2002. Quantifying nitrogen-fixation in feather moss carpets of boreal forests. *Nature* 419, 917-920.
- Didham, R. K., Lawton, J. H. 1999. Edge Structure Determines the Magnitude of Changes in Microclimate and Vegetation Structure in Tropical Forest Fragments. *Biotropica* 31(1): 17-30.
- Eckstein, R. L. 2000. Nitrogen retention by *Hylocomium splendens* in a subarctic birch woodland. *Journal of Ecology* 88, 506-515.
- Finèr, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S. and Starr, M. 2003. Carbon and nitrogen pools in an old-growth, Norway spruce mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting. *For. Ecol. Manage.* 174: 51-63.
- Furness, S. B., Grime J. P. 1982a. Growth rate and temperature responses in bryophytes I. *Journal of Ecology* 70, 513-523.
- Furness, S. B., Grime J. P. 1982b. Growth rate and temperature responses in bryophytes II. *Journal of Ecology* 70, 525-536.
- Geiger, R. 1965. *The climate near the ground*. Harvard University Press. Cambridge Massachusetts USA.
- Hallingbäck, T., Holmåsen, I. 1995. *MOSSOR En fälthandbok*. Tredje tryckningen. Interpublishing AB Stockholm. ISBN 91-86448-11-0.
- Hanslin, H. M. 1999. Seasonal dynamics of biomass increase and shoot elongation in five co-occurring boreal forest bryophytes. *Journal of Bryology* 21: 5-15.
- Hanslin, H. M., Bakken, S. Pedersen, B. 2001. The impact of watering regime and ambient relative humidity on the effect of density on growth in two boreal forest mosses, *Dicranum majus* and *Rhytidiadelphus loreus*. *Journal of Bryology* 23:43-54.
- Hylander, K., Jonsson, B. G., Nilsson, C. 2002. Evaluating buffer strips along boreal streams using bryophytes as indicators. *Ecological Applications* 12(3), 797-806.
- Lee, R. 1978. *Forest microclimatology*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Longton, R. E. 1992. The role of bryophytes and lichens in terrestrial ecosystems. In: Bates and Farmer (eds), *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*, Clarendon press, Oxford, UK. Sid: 32-75.
- Mälkönen, E. 1975. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84: 1-87.

- Oechel, W. C. and van Cleve, K. 1986. Role of bryophytes in nutrients cycling in the taiga. In: van Cleve, K., Chapin, F. S. III, Flanagan, P. W., Viereck, L. A., Dyrness C. T. (eds) Forest ecosystems in the Alaskan taiga: a synthesis of structure and function. Ecol Stud Anal Synth 57, pp. 121-137. Springer Verlag, New York.
- Pihl Karlsson, G., Blomgren, H., Petterson, K., Svensson, A., Sjöberg, K. 2002. Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds kemi. IVL rapport.
- Potter, J. A., Press, M. C., Callaghan, T. V., Lee, J. A. 1995. Growth responses of *Polytrichum commune* and *Hylocomium splendens* to simulate environmental change in the sub-arctic. New Phytologist. 131, 533-541.
- Ross, P. 1958. Microclimatic and vegetational studies in a cold-wet deciduous forest. Black Rock Forest Papers Number 24, Cornwall-On-The-Hudson, New York, USA.
- Ross, S. E., Callaghan, T. V., Ennos, A. R. 1998. Mechanics and Growth Form of the Moss *Hylocomium splendens*. Annals of Botany 82:787-793.
- Ross, S. E., Callaghan, T. V., Sonesson, M., Sheffield, E. 2001. Variation and control of growth-form in the moss *Hylocomium splendens*. Journal of Bryology 23: 283-292.
- Rydgren, K., Økland, R. H., Økland, T. 1998. Population biology of the clonal moss *Hylocomium splendens* in Norwegian boreal spruce forests. 4. Effects of experimental fine-scale disturbance. Oikos 82: 5-19.
- Rydgren, K., de Kroon, H., Økland, R. H., van Groenendael, J. 2001. Effects of fine-scale disturbance on the demography and population dynamics of the clonal moss *Hylocomium splendens*. Journal of Ecology 89, 395-405.
- Rydgren, K., Økland, R. H. 2001. Sporophyte production in the clonal moss *Hylocomium splendens*: the importance of shoot density. Journal of Bryology 23: 91-96.
- Schimmel, J. och Granström, A. 1996. Fire severity and vegetation response in the boreal Swedish forest. Ecology 77(5): 1436-1450.
- Schimmel, J. och Granström, A. 1997. Fuel succession and fire behavior in the Swedish boreal forest. Canadian Journal of Forest Research 27: 1207-1216.
- Sveinbjörnsson, B., Oechel, W. C. 1992. Controls on growth and productivity of bryophytes: environmental limitations under current and anticipated conditions. In: Bates and Farmer (eds), Bryophytes and Lichens in a Changing Environment, Clarendon press, Oxford, UK. Sid: 77-102.
- Tamm, C. O. 1953. Growth, Yield and Nutrition in Carpets of a Forest Moss (*Hylocomium splendens*). Tillväxt, produktion och näringsekologi i mattor av en skogsmossa. Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut. Band 43. Nr 1. Sid. 8-132.
- Økland, R. H. 1995. Population biology of the clonal moss *Hylocomium splendens* in Norwegian boreal spruce forests. I Demography. Journal of Ecology 83, 697-712.
- Økland, R. H., Økland, T. 1996. Population biology of the clonal moss *Hylocomium splendens* in Norwegian boreal spruce forests. II. Effects of density. Journal of Ecology 84, 63-69.
- Økland, R. H., Steinnes, E., Økland, T. 1997. Element concentrations in the boreal forest moss *Hylocomium splendens*: variation due to segment size, branching patterns and pigmentation. Journal of Bryology 19: 671-684.
- Økland, T., Økland, R. H., Steinnes, E. 1999. Element concentrations in the boreal forest moss *Hylocomium splendens*: variation related to gradients in vegetation and local environmental factors. Plant and Soil 209: 71-83.
- Økland, R. H. 2000. Population biology of the clonal moss *Hylocomium splendens* in Norwegian boreal spruce forests. 5. Vertical dynamics of individual shoot segments. Oikos 88: 449-469.
- Wardle, D. A., Zackrisson, O., Hörnberg, G. and Gallet, C. 1997. The influence of island on ecosystem properties. Science 227: 1296-1299

Bildförteckning

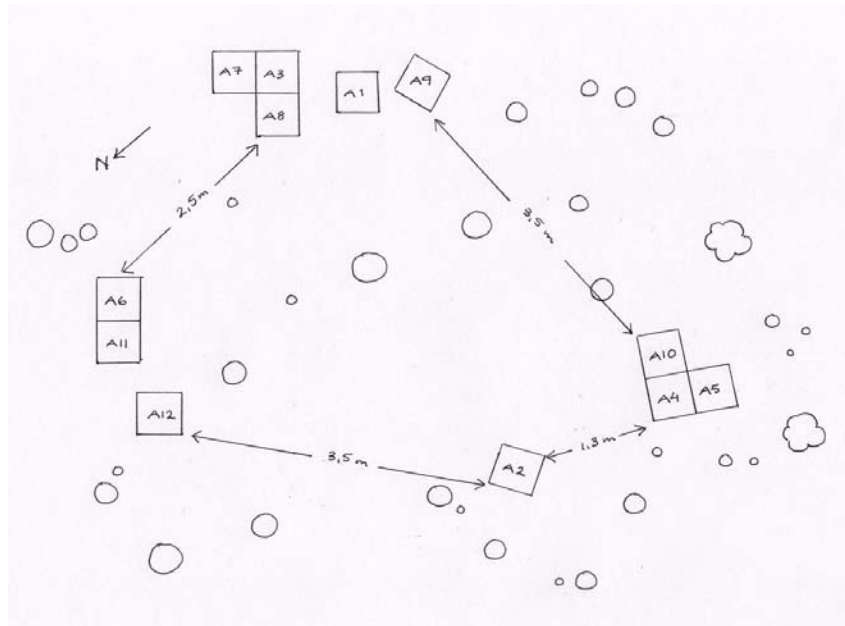
1. Utbredningskarta. Hallingbäck T, Holmåsen I. 1995. MOSSOR. En fälthandbok. Sid. 202.
2. Skiss av *H. splendens* skott, redigerat av Sofia Löfberg. Økland, R. H. 1995. Sid. 698.
3. Skott av *H. splendens*. Hallingbäck T, Holmåsen I. 1995. MOSSOR. En fälthandbok. Sid. 202.
4. Skiss på sympodialt växtsätt för *H. splendens*. Ross S. E. *et al.* 1998. Sid. 788.
5. Skiss på monopodiale växtsätt för *H. splendens*. Ross S. E. *et al.* 1998. Sid. 788.
6. Skiss på varianter av förgreningar hos *H. splendens*, redigerad av Sofia Löfberg. Økland, R. H. 1995. Sid. 699.
7. Karta Jämtlands län.
8. Ortofot Skogsvårdsstyrelsen med block A, B och C.
9. Block A, foto Sofia Löfberg.
10. Block B, foto Sofia Löfberg.
11. Block C, foto Sofia Löfberg.
12. Årssegment skördade, foto Sofia Löfberg.
13. Bevattningsytor, foto Sofia Löfberg.
15. Försöksruta, foto Sofia Löfberg.
16. Skiss av *H. splendens* skott, redigerat av Sofia Löfberg. Økland, R. H. 1995. Sid. 698.
17. Växthusförsök, foto Sofia Löfberg.
21. Karta över Långsån och Örnstolån.

Ordförklaringar

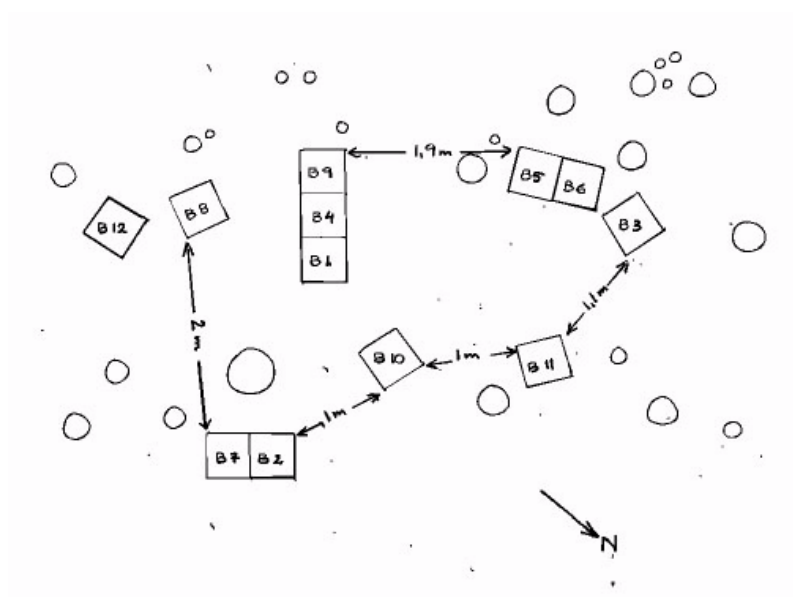
Akrokarp	sporhuset sitter i toppen på skottet.
Apex	toppen på segmentet.
Apikalt meristem	tillväxtpunkten i toppen där celldelning sker för ökad längd.
Dottersegment	årets segment.
Förgrening	utväxt av ett eller flera nya segment på fjolårets segment.
Gamofyt	är ett stadie eller en generation som har vegetativ tillväxt och bär könsorgan.
Lateralt meristem	är ett sidomeristem som ger upphov till en "sidogren".
Modersegment	föregående årets segment.
Monopodial	horisontell tillväxt.
Pleurokarp	sporhuset är sidoställt på skottets stam eller på toppen av en liten gren.
Poikilohydrisk	avsaknad av en effektiv reglering för upptag och förlust av vatten, men kan ta upp vatten via ytskiktet. Styrts av omgivningens fuktighet, "växelväta".
Regeneration	tillväxt av nya segment på avbrutna segment eller tillväxt på vilande segment som är äldre än två år.
Rhizoid	rothår.
Spermatozoider	hanceller.
Sporofyt	är det stadie/generation som bildar och sprider sporer.
Sympodial	vertikal tillväxt.

Bilaga 1

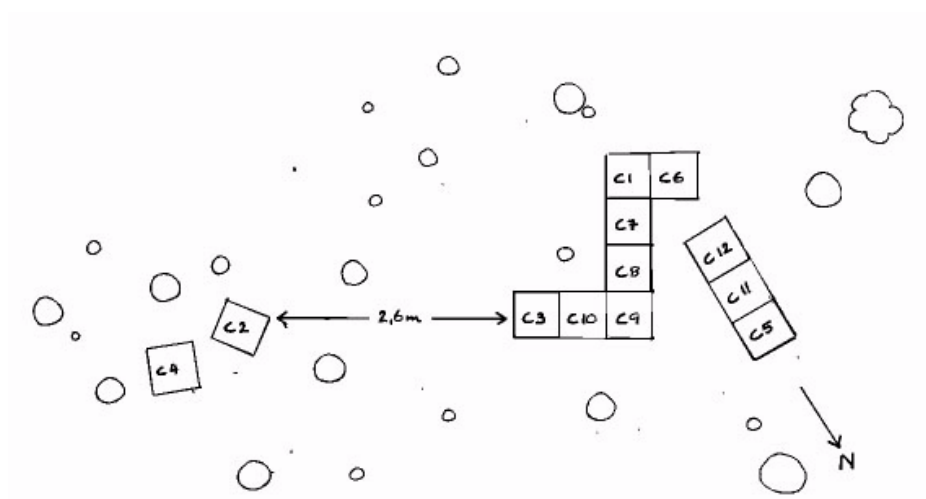
Block A Hallen



Block B Hallen



Block C Hallen

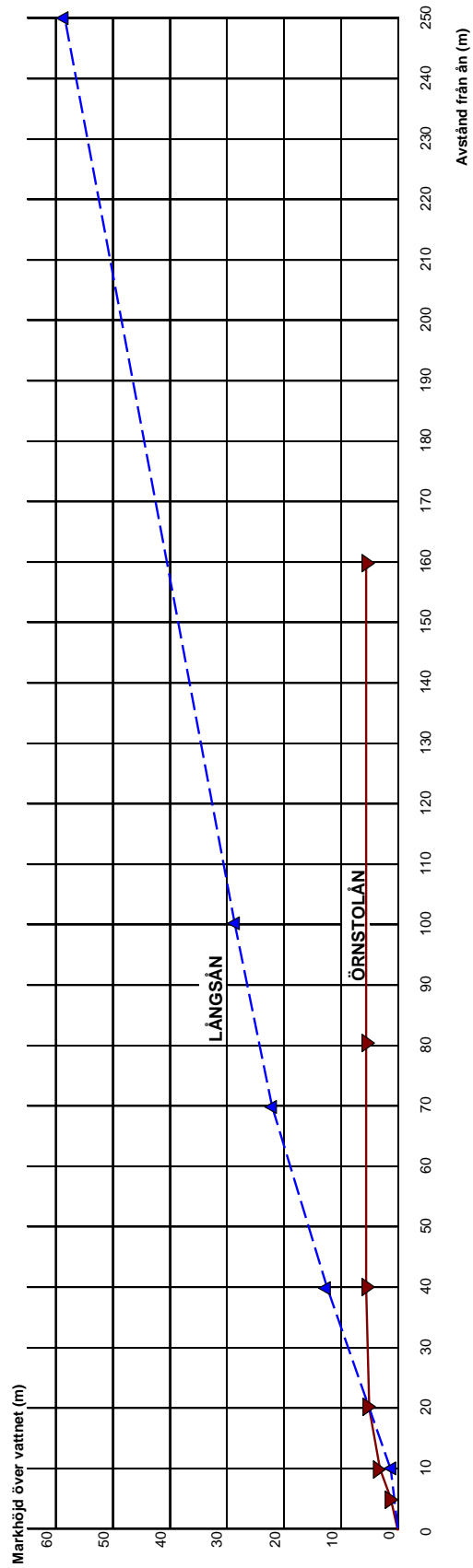


Bilaga 2

Regnmängdstabell Hallen

Datum (2001)	Regnmängd (mm)	Minne totalt (mm)	Temperatur (°C)
20 juli	0,00	0,00	
21 juli	0,00	0,00	
22 juli	0,50	0,51	
23 juli	5,35	5,85	
24 – 30 juli	5,69	11,54	
30 juli regnmätare utplacerad vid block A och nollställd, temperatur mätt på samma ställe.			
30 juli – 1 aug.	0,03	0,03	15°C
1 aug. – 3 aug.	0,23	0,26	18°C
3 aug. – 5 aug.	4,99	5,25	11°C
5 aug. – 8 aug.	0,92	6,17	15°C
8 aug. – 10 aug.	7,19	13,36	12°C
10 aug. – 13 aug.	5,43	18,79	14°C
13 aug. – 16 aug.	0,79	19,58	22°C
16 augusti regnmätare ur funktion, regnade ca 3 mm på kvällen. Nollställde minnet, placerades tillbaka den 18 augusti.			
18 aug. – 20 aug.	0,00	0,00	14°C
20 aug. – 22 aug.	3,36	3,36	20°C
22 aug. – 24 aug.	0,00	3,36	19°C
24 aug. – 26 aug.	4,14	7,50	19°C
27 – 30 aug. skyfall över Sundsvall, 146 mm på ett dygn enligt SMHI. Muntlig info onsdag 29 aug. att det regnat mellan 50 – 60 mm i Hallen. Mätning på väderleksrapporten från Höglekardalen 93 mm. Kontrollerade min mätare efter detta och den visade 4,35 mm, vilket inte kan stämma. Nollställde igen 1 september.			
1 sep. – 3 sep.	2,26	2,26	15°C
3 sep. – 5 sep.	0,00	2,26	11°C
Nya skyfall över området, vägen till provytorna avskuren. Regnmätaren fungerade.			
16 sep.	49,28	51,54	13°C
16 sep. – 19 sep.	0,00	51,54	13°C
19 sep. – 21 sep.	2,32	53,86	15°C
21 sep. – 23 sep.	2,26	56,12	10°C
23 sep. – 26 sep.	0,45	56,57	11°C
26 sep. – 28 sep.	0,54	57,11	5°C
28 sep. – 30 sep.	0,02	57,13	7°C
30 sep. – 3 okt.	2,99	60,12	11°C
3 okt. – 5 okt.	0,22	60,34	10°C
5 okt. – 11 okt.	6,14	66,48	9°C
11 okt. – 13 okt.	0,58	67,06	10°C
13 okt. – 14 okt.	0,02	67,08	8°C
14 okt. – 17 okt.	2,75	69,83	9°C
17 okt. – 19 okt.	0,14	69,97	3°C
19 okt. – 21 okt.	0,16	70,13	2°C
21 okt. – 27 okt.	2,91	73,04	4°C
Summa nederbörd av denna tabell är 100,12 mm. Detta är endast från block A.			
Summa nederbörd med Hallen medräknat är 111,67 mm.			
Medeltemperaturen dagtid under försöket var 11,5°C.			

Profiler vid Långsån och Örnstolån



		Grunddytor vid provpunkterna (m ² /ha)	
Långsån	25	30	18
Örnstolån	16	36	26
		29	26
			18

Bilaga 3