



Björkens möjligheter i ett framtida klimatanpassat brukande av skog

Sammanställning av nuläget och
förslag på insatser för framtiden

Författare: Nils Fahlvik, Mats Hannerz, Lars Högbom,
Staffan Jacobson, Mateusz Liziniewicz, Johan Palm, Lars Rytter,
Johan Sonesson, Märtha Wallgren & Jan-Olov Weslien



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling. Europa
investerar i landsbygdsområden



skogforsk

skogforsk.se

Redaktör: Johan Sonesson, Skogforsk – Layout: Inger Petré, Skogforsk.
Foto omslag Mats Hannerz, Silvinformation. Foto insida omslag Lars Rytter
Tryckeri: Gävle Offset 2021

ISBN: 978-92-88277-20-7

Förord

Föreliggande rapport har producerats inom projektet *Björkens möjligheter i ett framtida klimatanpassat brukande av skog – sammanställning av nuläget och förslag på insatser för framtiden*. Projektet har letts av Johan Sonesson på Skogforsk och erhållit finansiering från Europeiska Jordbruksfonden för Landsbygdsutveckling. Rapporten har skrivits gemensamt av författarna där de genom sin expertis haft huvudansvaret för olika delar enligt följande: *Anläggning, skötsel, produktion och ekonomi av naturligt förryngrad och planterad björk* – Nils Fahlvik, Staffan Jacobson och Lars Rytter; *Skogsträdsförädling med björk* – Mateusz Liziniewicz; *Effekter på mark och vatten* – Lars Högbom; *Flora och fauna* – Jan-Olov Weslien; *Viltet och björkens framtid* – Märtha Wallgren; *Björkens sociala värden* – Mats Hannerz; *Marknad då, nu och i framtiden* – Johan Palm. Syftet med rapporten är att bedöma björkens möjligheter i ett framtida brukande genom att sammanställa relevanta forskningsresultat och empirisk kunskap och utifrån detta avslöja kunskapsluckor och brister och därmed ge bättre möjligheter att ge rekommendationer för den framtida hantering av vårt tredje största trädslag, björken. Det är författarnas förhoppning att det här arbetet leder till att resursen björk i framtiden kan nyttjas på ett bättre och effektivare sätt inom alla dess olika värden.

Uppsala den 18 maj 2021
Johan Sonesson, Skogforsk

Innehåll

Förord	3		
Sammanfattning	4		
1. Inledning.....	4		
2. Anläggning skötsel, produktion och ekonomi av naturligt föryngrad och planterad björk.....	4		
3. Skogsträdsförädling med björk.....	5		
4. Effekter på mark och vatten	6		
5. Effekter på flora och fauna.....	6		
6. Viltets och björkens framtid	6		
7. Björkskogens sociala värden	6		
8. Marknad då, nu, i framtiden.....	7		
1. Inledning om björk	8		
2. Anläggning, skötsel, produktion och ekonomi av naturligt föryngrad och planterad björk	11		
2.1. Naturligt föryngrade bestånd.....	11		
2.1.1. Föryngring, etablering.....	11		
2.1.1.1. Naturlig föryngring via frö.....	11		
2.1.1.2. Naturlig föryngring med stubbskott	12		
2.1.2. Produktion i naturligt föryngrade björkbestånd	12		
2.1.3. Skötsel.....	14		
2.1.3.1. Røjning.....	14		
2.1.3.2. Gallring.....	15		
2.2. Planterade bestånd (inkl. sådd).....	17		
2.2.1. Föryngring, plantering.....	17		
2.2.1.1. Plantor	17		
2.2.1.2. Ståndorter	18		
2.2.1.3. Markberedning.....	18		
2.2.1.4. Planteringstidpunkt	18		
2.2.2. Föryngring, sådd	19		
2.2.3. Produktion i planterade björkbestånd.....	19		
2.2.4. Skötsel av planterad björk	21		
2.3. Blandskogar med björk.....	21		
2.3.1. Tvåskiktade blandskogar med björk.....	21		
2.3.1.1. Föryngring av gran under lågskärm av björk.....	22		
2.3.1.2. Gles skäm	24		
2.3.2. Enskiktade blandbestånd med björk.....	25		
2.3.3. Produktion i blandskog med björk och barr	26		
2.4. Stamkvistning.....	27		
2.5. Veddensitet	28		
2.6. Produktionsjämförelser mellan björk och andra trädslag.....	29		
2.7. Funktioner för att beräkna volymer och biomassa	30		
2.8. Gödsling av björk	30		
2.9. Det framtida klimatet och björk.....	31		
2.10. Ekonomiska aspekter	31		
3. Skogsträdsförädling med björk.....	32		
3.1. Introduktion	32		
3.2. Historia.....	33		
3.3. Strategi och förädlingscykel.....	33		
3.4. Klimatanpassning	34		
3.5. Elitpopulationen.....	34		
3.6. Genetiska vinster	35		
3.7. Användning av förädlad material.....	36		
3.8. Framtidens förädling.....	37		
4. Björk - effekter på mark och vatten.....	38		
4.1. Inledning.....	38		
4.2. Markförsurning.....	38		
4.3. Markmikrobiologi	39		
4.4. Skogsmarkens kol.....	39		
4.5. Trädslag och kollagring.....	39		
4.6. Björkens påverkan på kväveomsättning.....	40		
4.7. Björk och markens meso-fauna	41		
4.8. Effekt på avrinnande vatten.....	41		

5. Flora och fauna	42
5.1. Teoretisk bakgrund.....	42
5.2. Träd.....	42
5.3. Bestånd.....	42
5.4. Landskap	42
6. Viltet och björkens framtid.....	44
6.1. Vad styr klövviltsbete på björk?.....	44
6.2. Björkens egenskaper som foderväxt för klövvilt.....	45
6.3. Björkbetets betydelse för skogsbruket.....	45
6.4. Allmänna effekter av bete på björk	47
6.5. Vinterbetets påverkan på björk.....	47
6.6. Sommarbetets påverkan på björk.....	48
6.7. Bete året runt.....	48
6.8. Björken och vildsvinen.....	48
6.9. Omvärldsspaning	48
7. Björkskogens sociala värden	49
7.1. Friluftsliv - en del av skogens sociala värden	50
7.2. Lövskog inte självklar vinnare	50
7.3. Teorier som talar till lövskogens fördel	51
7.4. Björk och andra lövträd.....	52
8. Marknad då, nu, i framtiden.....	53
8.1. Bakgrund om lövtillgång och förädling.....	53
8.2. Volym, tillväxt och förbrukning av björk	53
8.3. Värdeskapande	54
8.4. Björkens egenskaper och potential.....	54
8.4.1. Massivträ.....	54
8.4.2. Plywood.....	55
8.4.3. Fiber.....	55
8.5. Skador och fel	55
8.5.1. Tillredningsfel - Fällsprickor och kapsprickor.....	55
8.5.2. Lagring och logistik	55
8.5.3. Rödkärna.....	56
8.5.4. Snabb tillväxt vs långsam tillväxt.....	56
8.5.5. Kvalitetsfrågor för massivträ	56
9. Rekommendationer för framtida forskning och praktik	61
10. Referenser	63

Sammanfattning

Rapporten är en sammanställning av den forskning och empiriska erfarenhet som finns för vårt största lövträdslag björk. Syftet är att utifrån den samlade kunskapen bedöma björkens möjligheter i ett framtida brukande och att identifiera kunskapsluckor och brister som kan förbättra trädslagets framtidsutsikter.

1. Inledning

Sverige har två björkarter, vårtbjörk och glasbjörk. Fjällbjörken räknas oftast som en underart till glasbjörk. Björken (båda arterna) är det tredje vanligaste trädslaget efter tall och gran med 12,5 procent av virkesförrådet i hela landet. Andelen björk minskar snabbt med åldern. I ungskog upp till 9 cm i diameter är 35 procent av virkesförrådet björk, men

över 30 cm har det sjunkit till cirka 5 procent. Vårtbjörkens andel av björkarnas virkesförråd är cirka 30-50 procent i södra och 10-20 procent i norra Sverige. Vårtbjörk och glasbjörk kan normalt skiljas åt på utseendet, men vid behov kan en kemisk reagens på fenoler i barken användas för bestämning. Båda arterna växer bäst på friska och näringsrika lokaler. Vårtbjörken klarar sig dock bättre på torra och lite magra marker medan glasbjörken har större tolerans mot fuktiga marker. Björkarterna är pionjärer som drar nytta av sin goda fröspridning och förmåga till stubbskottföryngring. Ungdomstillväxten är snabb och de når sin slutliga höjd, oftast drygt 25 m, före 80 års ålder. Flera skadeinsekter och svampar kan angripa björkar, exempelvis björkbastflugan, björksplintborren och björkrost.

2. Anläggning, skötsel, produktion och ekonomi av naturligt föryngrad och planterad björk

Nästan all björk i skogslandskapet är naturligt föryngrad från frö eller stubbskott. En fullvuxen björk kan under goda fröår producera 5-10 miljoner frön, men det är stor variation mellan olika år. Björkfröet mognar från mitten av juli till september. Det sprids med vinden men trots att björknöten har vingar hamnar de flesta frön nära moderträdet, endast några procent når längre än 100 meter. Fröet kan gro om det hamnar i en mikromiljö med jämn fuktighet utan konkurrens från annan vegetation. Föryngringen är bättre på fuktiga än friska marker. När fröet har grott växer plantan snabbt om miljön är rätt. Den är nu känslig för annan vegetation. En rekommendation för en god björkföryngring är att markbereda på friska marker i anslutning till fröår.

Både vårt- och glasbjörk skjuter stubbskott. Glasbjörken skjuter fler stubbskott men vårtbjörkens växer snabbare. En stubbskotts-föryngrad björk kan utvecklas till ett rakstamigt och kvalitetsmässigt bra träd. Stubbhöjden har liten betydelse för mängden stubbskott. Årstidens betydelse för stubbskott har undersökts i flera studier som dock gett motsägelsefulla resultat. I teorin skulle en björk som avverkas på sommaren få mindre stubbskott eftersom trädets resurser då finns i stam och krona, vilket också har visats i en del studier medan andra inte funnit detta samband. Trots stubbskotten lämpar sig björk inte för skottskogsbruk eftersom mängden stubbskott sjunker vid upprepad skörd.

På goda marker kan naturligt föryngrad vårtbjörk producera cirka 10 m³ per hektar och år och glasbjörk 8 m³. I de produktionsstudier som publicerats är dock variationen stor. På jordbruksmark varierar torrviktsproduktionen mellan

0,5 och 7,5 ton torrsbstans per hektar och år. Trädslagets potentiella tillväxt kan bedömas med höjdtvecklingskurvor framtagna för vårt- och glasbjörk gemensamt.

Det är svårt att bedöma produktionspotentialen i naturligt föryngrade björkbestånd eftersom utgångsläget ofta inte är känt. Här finns ett behov av mer kunskap om bland annat röjningsfasens betydelse för beståndets utveckling. Höjdtvecklingen är normalt snabb i ungdomen men avtar efter 15-20 års ålder. För att behålla en hög tillväxt på de enskilda stammarna krävs en tillräckligt stor grönkrona. Det betyder att det är viktigt att röja i tid så att lövmassan bibehålls. Röjningsmallar som väger in stamantal och medelhöjd har tagits fram för björk.

En variant för behandling av ung och tät björk är att topp-röja (midjeröja) de björkar som inte ska bli huvudstammar. Toppröjning upp till två tredjedelar av beståndets medelhöjd innan beståndet nått 3 meters höjd innebär att björkarna inte hinner växa förbi huvudstammarna. Samtidigt kan de toppröjda stammarna finnas kvar som viltfoder.

Gallring är en viktig åtgärd för björkens dimensionsutveckling. En tumregel är att grönkronan aldrig bör understiga halva trädhöjden. En första gallring görs ofta ner till 800-1 200 stammar vid en övre höjd på 10-12 meter i beståndet. Nästa gallring kan ske vid 15-17 meter, och den kan följas av ytterligare gallringar. Slutbeståndet bör hålla cirka 400-500 stammar per hektar. Gallringsmallar och modeller för björk har tagits fram både för Sverige, Norge och Finland.

Plantering av björk har liten omfattning idag, men plantering har fördelen att det går att använda det genetiskt bästa

material. En bra björkplanta ska ha god balans mellan rot och skott samt en bra näringsbalans. Även om en planterad björk etablerar sig och växer snabbare än en frösådd är det viktigt med markberedning och frihet från konkurrerande vegetation. På jordbruksmark kan kemisk behandling av ogräs vara nödvändigt, men den kan ersättas av en bra markberedning. Intressant nog har väldigt få studier fokuserat på plantering av björk på skogsmark.

Sådd med björkfrö är ovanligt idag men fullt tänkbart. Såddförsök med frön inbakade i "kulor" med moig sand har gett goda resultat.

Med ett bra genetiskt material kan planterad vårtbjörk på goda marker producera 10 m³sk per hektar och år. Nivån är ungefär som för naturligt föryngrad björk men den erhålls med betydligt färre stammar. Vårtbjörken producerar bättre än både gran och tall upp till 30 års ålder, därefter tar tall och senare gran över som mest snabbväxande. Finska studier visar att vårtbjörken vid 60 års ålder producerat cirka 15 procent mindre volym än gran och 10 procent mindre än tall.

Björk förekommer ofta i blandning med andra trädslag och den vanligaste blandskogformen i Sverige är gran tillsammans med björk. Blandskog med björk utgår ofta från en tvåskiktad skog där björken utgör en skärm över gran, antingen som en lågskärm som avverkas när granarna nått frostfri höjd, eller en högskärm som behålls tills den nått 10-12 meters höjd. Det finns flera varianter på skötsel av tvåskiktad skog med björk och gran, bland annat "Kronobergsmetoden". Enskiktade blandskogar med björk är mer utmanande att sköta eftersom gran och tall har mer uthållig tillväxt än björk. Om björken inte ska bli utkonkurrerad och målet är en hög andel löv under hela omloppstiden behöver röjningar och gallringar anpassas så att björkarna får gott om utrymme. Det har gjorts flera försök att beräkna tillväxten i blandskog med björk. Björkinblandningen leder till lägre tillväxt för granen, men i en tvåskiktad skog med björk som högskärm kan björkens produktion bidra till högre totaltillväxt. Det finns dock inget entydigt vetenskapligt stöd för att blandskog per se skulle leda till högre totalproduktion.

Björkens naturliga kvistrensning är god, men stamkvistning kan bidra till ökad produktion av kvistfritt virke. Stamkvistning av björk har använts i Finland sedan 1930-talet. Klana avsågade kvistarna övervallas efter cirka 4 år, och 2-3 cm tjocka kvistar efter cirka 8 år. En lämplig period för stamkvistning är efter savningsperioden och tiden kring midsommar rekommenderas ofta. Träden kan då motverka svampangrepp och en viss övervallning av kvistsåren hinner påbörjas under resten av säsongen.

Densiteten (torrsubstans per volymenhet) är hög hos björk (480 kg m⁻³) jämfört med gran (385 kg m⁻³) och tall (415 kg m⁻³). Variationen mellan och inom träd samt mellan ståndorter är dock stor.

Det finns flera studier av björkens produktion där den jämförs med andra trädslag, och de visar lite olika resultat. Naturligt föryngrad vårtbjörk kan producera likvärdigt med gran under en kort omloppstid, men granen är vinnare i

längden med cirka 15 procent högre tillväxt. Om björkens högre torrsubstanshalt vägs in är dock produktionen av biomassa ungefär likvärdig. Andra studier baserade på Riksskogstaxeringen visar att björk i genomsnitt producerar 40-60 procent av granens och 60-70 procent av tallens volymproduktion. De låga siffrorna gäller för hela landet och där jämförs till stor del naturligt föryngrad björk med förädlad gran och tall. På jordbruksmark har björken dubbelt så hög tillväxt som gran under de första 8-9 åren. Det finns funktioner framtagna för både stamvolym och biomassavolym för björk, vilka redovisas i rapporten.

Gödsling av lövbestånd är ovanligt och effektperioden är betydligt kortare än hos gran och tall (3-5 år). Finska resultat pekar dock på att det kan vara lönsamt att gödsla björk i slutet av omloppstiden.

Flera rapporter har beräknat björkodlingens ekonomi. De flesta kommer fram till att björken är ekonomiskt underlägsen våra barrträd med rådande sortiment och prisbild men att den kan hävda sig på de bästa björkboniteterna.

3. Skogsträdsförädling med björk

Skogsträdsförädling med björk i Sverige påbörjades på 1940-talet men nivån på insatserna har varierat över tiden. Förädlingsprogrammet lades ned på 1960-talet men återväcktes i slutet av 1980-talet. Ursprungligen valdes cirka 1300 utvalda plusträd av björk från naturliga svenska bestånd som tillsammans med material från Finland, Baltikum, Polen och Tyskland har använts för vidare urval till sju förädlingspopulationer. Inom vardera förädlingspopulation ingår 50 utvalda plusträd som sinsemellan korsas och testas i fältförsök för att få fram allt bättre material. Dessutom har en elitpopulation valts ut för hela södra Sverige. I denna ingår de 20 bästa genotyperna från de fyra sydsvenska förädlingspopulationerna.

Massförökningen av de utvalda björkarna görs i fröplantager. Växthusplantagen i Ekebo etablerades 1992, och i takt med förädlingsframstegen har klonerna i plantagen bytts ut i omgångar. Numera är fröplantagen Ekebo 5 i drift. Avkommorna beräknas ge 15-20 procent högre tillväxt jämfört med oförädlad björk. En kopia av Ekebo 5 har också etablerats hos Södra i Falkenberg. I norra Sverige finns inga registrerade frökällor av förädlad björk och där rekommenderas i stället förädlade frökällor från Finland.

Björkens tidiga frösättning (den kan blomma redan efter 1-2 år) gör den till ett bra modellträdslag för nya förädlingsmetoder. En sådan är genomisk selektion, där variation i DNA-koden utnyttjas i stället för att vänta på resultat från fältförsök. Med genomisk selektion kan förädlingscykeln för björk kortas från nuvarande 13-15 år ner till 5-6 år.

4. Effekter på mark och vatten

Olika trädslag kan påverka marken på flera sätt, exempelvis genom skillnader i förnans kvalitet ovan och under jord, produktionsskillnader och hur de fördelar fotosyntesprodukterna. Björk bidrar med oftast högre pH och buffringsförmåga hos förnan jämfört med barrskogsförna. Barrskogsmarkens pH är i allmänhet lägre än i lövskogen, framför allt i det översta skiktet ner till 10 cm. Under björk finns mer mikrober och högre kolmineralisering än under gran. Det är svårt att uttala sig om trädslagets betydelse för markens kolförråd. Förrådet är normalt stort och det krävs stora förändringar för att de ska vara mätbara. Det finns försök som visar på mer kol och andra på mindre kol under björk jämfört med gran och tall. Björkskogen har normalt högre hastighet på kväve mineraliseringen än gran och tall.

I en björkskog har markfaunan större inslag av dagmaskar och sönderdelare som tusenfotingar och gråsuggor jämfört gran- och tallskog.

Kantzonen runt vattendrag påverkas av trädslagsvalet. Björkförna bryts ner snabbare än granförna.

5. Effekter på flora och fauna

I Sverige finns ungefär 900 arter av mossor, lavar, svampar, skalbaggar och fjärilar som utnyttjar björk. Fjärilar och lavar utnyttjar levande björkar medan de övriga främst utnyttjar döda träd. Få arter lever på både barr- och lövträd, däremot kan många björkartarter utnyttja andra lövträd. På beståndsnivå är det framför allt marklevande arter (svampar, kärlväxter, markdjur) och vissa fåglar som påverkas av trädslaget. Med sitt högre pH i marken gynnas kärlväxtfloran. I en genomgång av fem artgrupper (markväxter, trädlevande mossor, lavar, vedskalbaggar och fåglar) konstaterades att artrikedomen i alla grupper ökar i blandskog jämfört med ren granskog.

På landskapsnivå är det betydelsefullt hur lövskogen är fördelad. För arter med dålig spridningsförmåga är det en fördel om lövskogen är samlad men rörliga arter gynnas av om lövet är utspritt i landskapet (t.ex. i blandskogar). Det är dock få arter som kräver rena lövbestånd, däremot finns sådana som gynnas av hög andel lövrika bestånd. Exempelvis behöver stjärtmes cirka 15 procent medelålders till äldre lövrika (>50 % löv) bestånd om avstånden mellan bestånden är 500 meter. Mindre hackspett behöver cirka 40 hektar äldre lövdominerade bestånd inom högst 200 hektar.

6. Viltet och björkens framtid

Björken är en viktig foderresurs för klövvilt och den utnyttjas året runt. Trädslaget är inte det mest begärliga om älgen får välja, men mängden och tillgängligheten gör att det blir ett viktigt foder. Vårtbjörk älgbetas oftast mer än glasbjörk, vilket kan bero på dess högre tillväxt och högre kväve-kolkvot. Planterad, snabbväxande, vårtbjörk betas också mer intensivt än självföryngrad björk.

Mängden björkfoder som är tillgängligt för klövviltet är störst i ungskog, och allra högst när träden är cirka 4 meter höga. I jämförelse med andra trädslag har dock tall mer ätbar biomassa i den unga skogen. Björkar blir sällan så hårt betade att deras höjdtillväxt stannar av, vilket är vanligt hos rönn och asp. Däremot har betet negativ påverkan på kvaliteten och värdet som skogsråvara. Stamkrokighet, missfärgningar och röta är vanliga konsekvenser av älgbeta på björk.

En vanlig fråga är hur en ökad andel björk i unga tallbestånd påverkar betesskadorna. Resultaten från olika studier är motsägelsefulla, men det verkar som om ett ökat björkinslag kan öka betesskadorna på tall, särskilt om björken övertoppar tallen. Å andra sidan skulle mindre björk i landskapet kunna leda till ökat betestryck på tallen. En forskare menar att björk inte behöver röjas bort i tallungskog om den inte direkt konkurrerar med tallhuvudstammarna. En punktröjning kring tallstammarna är i stället att föredra.

När björken röjs skjuter den stubbskott, vilket ger en ny produktion av viltfoder. Om björken kapas vid cirka 70 procent av höjden skjuter de nya skotten fart och växer till och med snabbare på höjden än hos orörd björk. När björken betas på vintern reagerar träden med färre men längre och mer förgrenade skott.

7. Björkskogens sociala värden

Björk och andra lövträd har historiskt och kulturellt en plats i folksjälen som går tillbaka till bondesamhällets beroende av virke, foder och lövträdens placering runt bebyggelsen. Skogens värde för friluftsliv gynnas av om skogen är varierad, tillräckligt gammal, tillgänglig, har utsikter och vyer och saknar spår av skador efter skogsbruksåtgärder. Trots att många studier har gjorts av människors preferenser av olika typer av skogsmiljöer går det inte entydigt att säga om lövskog eller barrskog är "bäst" för friluftslivet. Upplevelsevärde kan hänga ihop med vilken miljö människor är vana vid, årstid och syfte med besöket. En variation mellan trädslag och miljöer uppfattas generellt som positivt, vilket talar för ett större inslag av lövskog i landskapet. Det är få studier som direkt pekar ut björkens roll för friluftsliv och landskapsbild, men eftersom trädslaget är så vanligt är det oftast det som förknippas med lövskog i stora delar av Sverige. En ljusare och mer genomskiktlig skog som växlar utseende efter årstider talar dock till björkens fördel.

8. Marknad då, nu och i framtiden

Trots att en stor mängd projekt har genomförts för att stimulera lövvirkesanvändningen har lövträets andel i träteknisk industri minskat drastiskt de senaste 30 åren. I landet finns fyra sågverk som utnyttjar björk i större omfattning. Den sammanlagda förbrukningen av björkvirke i landet uppgår till knappt 8 miljoner m³fub (varav 2,8 milj. importeras), men endast 60 000 m³fub sågas i de fyra björksågverken. Huvuddelen används i massabruken eller som husbehovsved. Betalningen till skogsägare har legat på en stabil nivå men anses inte vara tillräcklig för att motivera produktionen av grovt och rakt björktimmer.

Björken har goda styrkeegenskaper med betydligt högre värden än hos gran och furu. Massiv björk används i möbelindustrin, mycket på grund av den höga böjhållfastheten. Den goda hållfastheten kan också utnyttjas i balkar för konstruktionsändamål där olika trädslag läggs i lager med björk i ytskikten. Där det krävs rakfibrigt virke, till exempel till tumstockar, är glasbjörk att föredra framför vårtbjörk. Björken har dock dålig beständighet, det vill säga ruttnar lättare än gran och furu. Beständigheten skulle kunna ökas med acetylering eller värmebehandling.

Efterfrågan på grova, raka träd skulle kunna öka om björk skulle användas i byggprodukter i större utsträckning, till exempel i korslimmat trä och massivträ. Idag används björk i princip inte alls i byggprodukter i Sverige, däremot i Norge. Traditionellt har rak och kvistren björk använts för plywoodframställning, där trädslagets styrka ger stora fördelar. I Sverige förekommer ingen fanértillverkning idag, däremot i ganska stor omfattning i Baltikum, Finland och Ryssland.

Björkvirket kan drabbas av skador vid fällning och tillredning. Vid lagring kan ändytorna torka ut snabbt och orsaka färgförändringar (bränd ved). Rödkärna är en färgförändring i centrum av stocken som utvecklas i en del björkar. I rapporten redovisas en stor mängd skador med bilder.

1. Inledning om björk

Det finns två björkarter i Sverige som är av intresse för virkesproduktion, vårtbjörk (*Betula pendula* Roth) och glasbjörk (*B. pubescens* Ehrh.). Glasbjörken förekommer över hela landet, vårtbjörken i hela landet utom i fjäll- och fjällnära trakter. Glasbjörken dominerar och står för ungefär tre fjärdedelar av landets virkesförråd av björk (Tabell 1:1). I södra Sverige är andelen vårtbjörk 30–50 procent medan den i norra Sverige sjunker till mellan 10 och 20 procent (Almgren 1990). Dessutom finns den ris- eller buskformade dvärgbjörken (*B. nana* L.) som är en typisk fjällväxt men påträffas på myrar ända ned till Skåne. Fjällbjörken (tidigare *Betula tortuosa*) är numera kategoriserad som en variant (*Betula pubescens* var. *tortuosa*) eller underart (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*, ibland *B. pubescens* subsp. *czerepanovii*) av glasbjörk och återfinns i fjälltrakterna, vanligtvis som skogsgräns mot kalfjället. Fjällbjörken är ett mellanting mellan träd och buske beroende på växt- och klimatförhållandena. En speciell variant av vårtbjörk är masurbjörk (*B. pendula* var. *carelica* (Merklin) Hejtmánek). Den kännetecknas av en genetiskt betingad oregelbundenhet i vedfibrerna. Masurbjörkar ger ett attraktivt virke. Alla våra tre björkarter kan korsa sig med varandra men hybrider mellan glas- och vårtbjörk är sällsynta då arterna har svårt att korsa sig (Johnsson 1974). Hybrider mellan dvärgbjörk och fjällbjörk (*B. pubescens* ssp. *czerepanovii*) är inte ovanliga i fjälltrakterna.

Tabell 1:1. Virkesförrådet av levande björk över landet på alla ägoslag. Tyvärr är det brist på data som visar mer specifikt hur vårtbjörk och glasbjörk fördelar sig totalt och över olika regioner. Data har hämtats från SLU (2019).

Landsdel	Björk Milj. m ³ sk	Alla trädslag Milj. m ³ sk	Björk % av alla trädslag
Norra Norrland	126	810	15,6
Södra Norrland	113	846	13,4
Svealand	97,2	917	10,6
Götaland	104	961	10,8
Hela riket	441	3533	12,5

Det finns en tydlig trend som visar att förekomsten av björk, räknat som andel av virkesförrådet, minskar med stigande stamdiameter, vilket också har en viss koppling till trädålder (Tabell 1:2). Orsaker till utvecklingen är bland andra kortare omloppstid för björk jämfört med gran och tall, svagare dimensionsutveckling, sämre konkurrensförmåga samt tidig borthuggning av björk. I Norra Norrland är björken det allra vanligaste trädslaget i diameterklassen 0–9 cm medan den är näst störst i övriga delar av landet efter granen

Tabell 1:2. Björkens virkesförråd som andel (procent) av det totala virkesförrådet på alla ägoslag för olika stamdiametrar. Data har hämtats från SLU (2019).

Diameterklass cm	Landsdel Norra Norrland	Södra Norrland	Svealand	Götaland	Hela riket
0–9	42,2	34,1	27,6	30,3	35,1
10–14	24,3	22,5	18,6	20,7	21,9
15–19	14,7	14,0	13,5	15,5	14,4
20–24	8,8	9,6	9,2	11,1	9,6
25–29	5,8	6,8	6,9	8,4	7,1
30–34	3,6	5,2	6,3	7,0	5,9
35–44	3,0	5,0	5,3	5,9	5,2
45–	0,6	6,8	5,7	4,6	4,8

För att särskilja glas- och vårtbjörk brukar några morfologiska kännetecken användas:

- Bladen - vårtbjörk har dubbelsågade blad som är som bredast nära basen medan glasbjörkens blad är enkelsågade och som bredast vid ungefär en tredjedel från basen (Figur 1:1).
- Barken - vårtbjörk utbildar skorpbark med åren vilket är ovanligt på glasbjörk (Figur 1:1).
- Kronformen - vårtbjörk har hängande grenar, glasbjörk har mer upprättstående grenar.
- Skotten - de unga skotten är vårtiga hos vårtbjörk (därav namnet) medan de är håriga hos glasbjörk.

De morfologiska dragen är inte alltid välutvecklade och det kan vara svårt att avgöra vilken av de båda arterna det är fråga om. För att komma till rätta med problemet har en kemisk metod tagits fram som på ett säkert sätt skiljer arterna åt utan att kromosombestämmning behöver användas (vårtbjörk är diploid med 28 kromosomer, glasbjörk är tetraploid och har 56 kromosomer). Den nya kemiska metoden baseras på att vårtbjörkens bark innehåller den fenoliska substansen platyphyllosid, vilken saknas i barken hos glasbjörk (Eriksson m.fl. 1996). Med en reagenslösning för platyphyllosid kan den påvisas, och i så fall är barkprovet taget från vårtbjörk.



Figur 1:1. Vårtbjörken (t.v.) har dubbelsågade blad som är bredast vid basen och en stam som tidigt får skorpbarkkaraktär. Glasbjörken (t.h.) har enkelsågade blad som är bredast en bit in på bladskivan och en bark som förblir huvudsakligen slät. Foto: Lars Rytter

Vårtbjörk och glasbjörk har olikheter i ståndortskraven även om de ofta växer tillsammans. Båda arterna växer bäst på friska och näringsrika lokaler. Vårtbjörken klarar sig dock bättre på något torra och lite magrare marker medan glasbjörken klarar sig jämförelsevis bättre på växtplatser med reducerad syretillgång såsom våtmarker, torvmarker och styv lera. I båda fallen blir naturligtvis tillväxten lägre än vid optimala förhållanden.

Björkar tycks tåla sura markförhållanden. Vårtbjörk har till exempel visat sig tåla pH-värden i marken på ned till 3,5 (t.ex. Ericsson och Lindsjö 1981). Såväl glas- som vårtbjörk är pionjärer som är anpassade till att överleva i ett landskap som påverkats av skogsbrand. Där drar de nytta av sin goda fröspridning och sin förmåga att skjuta skott från stambasen. Björken är ofta först på plats på föryngringsytor och på övergiven jordbruksmark. Björkarna har en snabb ungdomsutveckling, vilket är vanligt hos pionjärträdsdrag, och når sin slutliga höjd, oftast drygt 25 m, före 80 års ålder (Lagerberg 1972). Björkar kräver mycket utrymme om de som individer ska utvecklas ordentligt. Konkurrens mellan träd inträder snabbt och medför att träden förlorar grönkrona och därmed tillväxtkapacitet. Glasbjörken anses klara av att växa i täta bestånd något bättre än vårtbjörk.

Björken, liksom flertalet andra trädsdrag, löper risker att drabbas av vissa insekts- och svampskador. Ett insektsproblem för björk är björkbastflugan (*Phytobia betulae*) vars larver missfärgar virket. Bålgetingen (*Vespa rabo*) och klubbhornsstekeln (*Cimbicidae*) kan försämra kvaliteten hos björk i bestånd där de kaläter toppskott. Det leder till framtida krökar och flerstammighet. Björksplintborren (*Scolytus ratzeburgi*) angriper försvagade björkar vilket visar sig som vertikala rader med hål i barken. Vissa år är björkrost (*Melampsorium betulinum*) vanlig på björkarnas blad. Björkarna tappar de gulnande bladen tidigt under vegetationssäsongen, vilket normalt inte medför någon skada även om motståndskraft och tillväxt sätts ned tillfälligt. Gräsrika planteringar kan drabbas av basfläcksjuka som beror på svampangrepp av bland annat *Godronia multispora* och *Fusarium* spp. I vissa fall medför det att unga plantor dör. Mer om skador på björk hittas på hemsidan <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/skogsskada/> och i t.ex. Raulo (1987).

2. Anläggning, skötsel, produktion och ekonomi av naturligt föryngrad och planterad björk

2.1. Naturligt föryngrade bestånd

Eftersom sådd av björk är en ovanlig företeelse och då antalet planterade björkplantor är jämförelsevis mycket lågt (Skogsstyrelsen 2019), beror mycket av björkens föryngring och allmänna förekomst på naturliga uppslag från frö och stubbskott.

2.1.1. Föryngring, etablering

- En vuxen björk i södra Sverige producerar 5–10 miljoner frön under goda fröår. Fröna sprids med vinden men de flesta landar nära moderträdet. De kan dock spridas över 200 meter på öppna marker.
- Bäst resultat för naturlig föryngring av björk erhålls vid markberedning på friska marker, där fröna får kontakt med jord och vatten, och om markberedningen görs när fröproduktionen är riklig.
- Glasbjörk skjuter mer stubbskott än vårtbjörk men vårtbjörkens stubbskott växer snabbare. Björk som startat som stubbskott kan utvecklas till träd med bra kvalitet.
- Stubbskotten växer snabbare än frösådd björk och kan därför snabbare etablera sig innan marken blir bevuxen med ogräs.
- Tidpunkten under året kan påverka mängden stubbskott men mönstret är inte helt klarlagt och stubbskotten överlever inte i skugga.

2.1.1.1. NATURLIG FÖRYNGRING VIA FRÖ

Fröproduktionen hos björk varierar stort mellan olika år (Karlsson 2001). Det beror huvudsakligen på klimatskillnader mellan olika år, där kallt väder liksom regn och nattfrost ger en reducerad fröproduktion (Sarvas 1952). Fröproduktionen för ett enskilt träd på genomsnittliga marker i södra Sverige ligger på 5–10 miljoner under goda fröår, vilket är betydligt högre än för gran och tall (Rytter m.fl. 2014). Frömängden utgör därför sällan någon begränsning för frösådden. Björkfrön mognar från mitten av juli till september och frömognad nås tidigast i landets södra delar.

Enligt en finsk studie för 70 år sedan var grobarheten hos björkfrö 55–65 procent och av den andelen var 60–70 procent välmatade frön, vilket gjorde att 33–46 procent av frömängden bestod av värdefulla användbara frön (Sarvas 1952). Senare undersökningar styrker en relativt låg grobarhet för björkfrön. Suszka m.fl. (1996) anger intervallet 30–70 procent

för grobarhet. I den finska studien noterades också att det bästa fröet erhöles från rena björkbestånd under år med riklig blomning samt att fröstudier av vårt- respektive glasbjörk bör ske separat. Senare studier har visat att fröproduktionen är ungefär densamma hos vårt- och glasbjörk (Koski & Tallqvist 1978).

Björkens frön sprids med vinden. Då de har två vingar ut från själva björknöten blir fallhastigheten låg och fröna kan spridas långt. De flesta frön hamnar dock nära moderträdet och på 100 meters avstånd blir fröintensiteten bara några procent av den som gäller intill moderträdet (Rytter m.fl. 2014). Karlsson m.fl. (1998) fann att avståndet till moderträdet i allmänhet understeg 80 m i en studie av naturlig föryngring på jordbruksmark. Fries (1985) noterade dock att björkfrön kan spridas över 200 m på öppet hygge. Eftersom frömängden är stor hos björk blir det absoluta antalet frön förhållandevis stort även långt från moderträdet. Glasbjörkens frön är lite lättare än vårtbjörkens (0,12 respektive 0,15 mg; Suszka m.fl. 1996) och borde därför ha en något effektivare fröspridning men det återstår att visa.

Då björkfrön är små och saknar lagrad näring (frövita) kräver en lyckad groningen att fröna hamnar på ett lämpligt substrat med jämn ytfuktighet och mikromiljöer som tillåter att fröet delvis begravs. Det ger bra kontakt med substratet och god tillgång på vatten. Bar mineraljord och mineraljord med inblandning av organiskt material är lämpliga miljöer (Perala & Alm 1990). Tjocka förnaskikt och tät vegetation är ogynnsamt för groningen. Den naturliga björkföryngringen är betydligt större på fuktiga än på friska marker (Karlsson 2001, Kempe & Stener 2006). Kempe och Stener (2006) visade att tillfredställande föryngring av björk (>3000 plantor ha⁻¹) påträffades på 40–60 procent av de friska markerna medan motsvarande siffra var 76 procent på fuktiga marker. Det framgick dock inte hur fördelningen var mellan fröplantor och stubbskott.

Groddplantor av björk är beroende av en snabb initial tillväxt. De har lite reservnäring och är beroende av en miljö som saknar eller har liten konkurrens från annan vegetation om etableringen ska bli riklig. Karlsson m.fl. (1998) visade att en radikal markberedning var viktig för att få en jämn och tät björkföryngring från fröfallet. Om jordbruksmarken nyttjats ända fram till ”beskogningen” var behovet av markberedning lägre. På jordbruksmark som stått några år blev resultatet utan markberedning ett mindre antal och ojämnt fördelade plantor. Den naturliga fröföryngringen kan således förbättras med hjälp av markberedning.

I en finsk studie resulterade olika markberedningsmetoder i betydligt fler fröplantor än orörd kontroll medan gödsling i detta skede gav mindre effekt (Raulo & Mälkönen 1976). Karlsson (1996) observerade stora positiva effekter i ett markberedningsexperiment på övergiven jordbruksmark. Orörd kontroll och omrörning av marken gav sämst överlevnad och tillväxt medan avlägsnande av matjordsskiktet gav mycket bra överlevnad och etablering. Det förklarades bl.a. av reducerad konkurrens från omgivande vegetation. Karlsson och Nilsson (2005) fann att fläckmarkberedning och harvning gav fler fröplantor av björk under skärm men färre plantor än obehandlad kontroll på kalhygge. Markberedning ger sålunda i de flesta fall en gynnsam utveckling för naturlig fröföryngring. Karlsson (2003) gav följande råd för fröföryngring av björk i södra Sverige: 1) föryngringen bör planeras med hänsyn till markförhållanden, klimat och frötillgång; 2) markberedning på hyggen på friska marker ger störst plantbildningsprocent; 3) på ej markberedda hyggen kommer flest plantor när hygget är färskt; och 4) man bör invänta år med riklig fröproduktion och markbereda för maximal fröföryngring.

2.1.1.2. NATURLIG FÖRYNGRING MED STUBBSKOTT

Avverkade björkar skjuter ofta stubbskott som därmed är ett vanligt sätt för naturlig föryngring. Glasbjörk skjuter mer stubbskott än vårtbjörk (Karlsson 2001) men vårtbjörkens stubbskott har en snabbare höjdtillväxt än glasbjörkens (Björkdahl 1983). I en finsk studie (Luostarinen m.fl. 2009) syntes ingen avgörande skillnad i virket mellan stubbskottföryngring och frösådd glasbjörk, vilket innebär att stubbskottsföryngring är en användbar föryngringsmetod även när kvalitetstimmer eftersträvas. Stubbskotten kommer mestadels från vilande basala knoppar (Kauppi m.fl. 1987), men ibland även från adventivknoppar, dvs. knoppar som inte utvecklades initialt (Rinne m.fl. 1987). Antalet knoppar vid trädbasen på glasbjörk varierar starkt mellan olika trädindivider (Kauppi m.fl. 1988a). Stubbskott växer i allmänhet betydligt snabbare än fröplantor under de första åren (Kauppi m.fl. 1988b), vilket gör att tidsperioden då ogräs och vilt kan skada beståndet blir kortare.

Stubbhöjden tycks ha marginell betydelse för skottskjutning. För 2–5 åriga skott som avverkades blev skottskjutningen dålig vid kapning vid markytan (0 cm) men tillfredsställande vid 10 cm höjd (Johansson 1992a). Hytönen (2019) noterade emellertid att stubbskotten hos glasbjörk ofta kom från en nivå under 2 cm från markytan. Hytönen kunde också se att andelen stubbar som inte skjuter skott ökade med åldern i intervallet 10–24 år, samtidigt som en grövre stubbdiameter gav ett högre antal skott per stubbe. Mikola (1942) kom fram till att glasbjörk tappar mycket av sin förmåga att skjuta stubbskott efter 40–60 år.

Förmågan att skjuta stubbskott varierar också under året och är generellt sett högre då avverkning sker vintertid (Mikola 1942). Avverkade unga vårtbjörkar sköt minst stubbskott efter avverkning under sommaren och flest skott vid avverkning på vår och höst i en norsk studie (Haveraaen 1963). I en svensk studie noterade Johansson (1992a) lägst

skottskjutning för glasbjörk vid avverkning i oktober och för vårtbjörk vid avverkning i augusti, vilket i viss mån motsäger det norska resultatet. Etholén (1974) kunde dock inte se någon säsongsvariation hos glasbjörkstubbbar i Finland. Optimala tidpunkter för att få skott eller undvika skott vid avverkning av ungskog behöver sålunda utredas vidare. I äldre björkbestånd, 10–50 år gamla, var överlevnaden hos stubbarna lägst efter avverkning i april till juni (Johansson 1992b). Det kan sannolikt förklaras av att rötterna då har ett lågt näringsinnehåll efter att ha levererat näring till knoppsprickning och skottskjutning. I samma studie noterades också att ökad stubbdiameter gav lägre överlevnad hos stubbarna.

Hytönen och Issakainen (2001) studerade effekten av upprepade skörd på förmågan att skjuta stubbskott hos glasbjörk. Korta skördeintervall på 1–2 år ledde till att endast ett fåtal stubbar förmådde skjuta skott efter några få omdrev. Ett omdrev på 4 år innebar däremot att förmågan att skjuta stubbskott bibehölls. Författarna drog dock slutsatsen att glasbjörk inte är särskilt lämplig att använda i ett skottskogsbruk.

För snabb höjdtillväxt hos stubbskott krävs god tillgång på ljus (Johansson 1986, 1987) och vid låg ljusstillgång, under 10 procent relativ ljusstillgång, överlever inte skotten (Johansson 1991). Vid temperaturer under 10°C sker ingen skottskjutning (Johansson 1986).

2.1.2. Produktion i naturligt föryngrade björkbestånd

- Olika studier har visat på en stor variation i biomassa-produktion för naturligt föryngrade björk. På jordbruksmark kan den variera mellan 0,5 och 7,5 ton torrs substans ha⁻¹ år⁻¹.
- I välväxande bestånd kan vårtbjörken producera 10 m³ ha⁻¹ år⁻¹, och glasbjörken 8 m³.
- Höjdtvecklingskurvor för rena och blandade björkbestånd från naturlig föryngring har tagits fram. Kurvorna kan användas för att bedöma markens potential för björkproduktion.

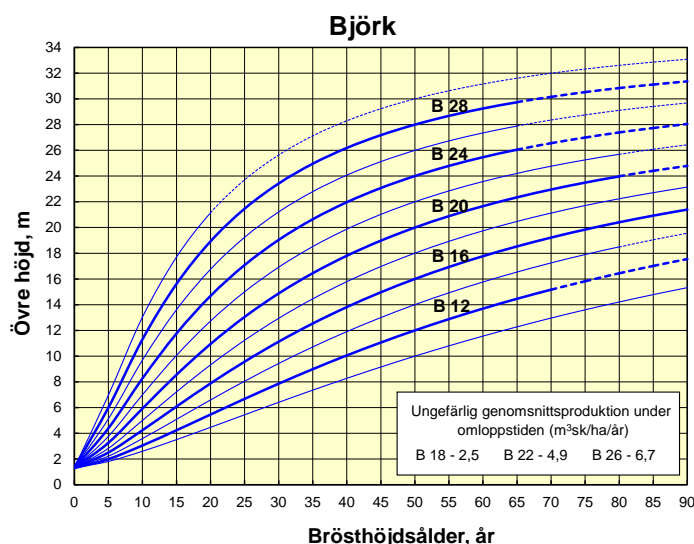
Publicerade produktionsnivåer för naturligt föryngrade björkbestånd har sammanställts i Tabell 2:1. Eftersom en stor del av björkbestånden kommit upp genom naturlig föryngring har många studier av produktion och skötsel hanterat sådana bestånd. Det är känt, men dåligt dokumenterat, att såväl tillväxtförmåga som stamkvalitet varierar för den naturligt föryngrade björken över landet. Den varierande produktionsnivån syns t.ex. tydligt i Johanssons (1999) studie över naturligt föryngrade björk på före detta jordbruksmark (Tabell 2:1). Produktionsnivåer från 0,5 till 7,5 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ uppmättes i relativt unga björkbestånd. Från det varierande materialet i Tabell 2:1 har de högsta tillväxtsiffrorna dokumenterats i vårtbjörkbestånd där medeltillväxten i ett flertal studier ligger kring eller över 10 m³ stamved ha⁻¹ år⁻¹. Motsvarande högsta nivå hos glasbjörk hamnar kring 8 m³ ha⁻¹ år⁻¹.

Tabell 2.1. Publicerad stamvedsproduktion inklusive bark hos naturligt förnygrad vårt- och glasbjörk. Värdet inom parentes har beräknats från värdet på stamvedsproduktion utan parentes genom att anta att veddensiteten är 480 kg TS m⁻³ (se Rytter 2004). Stamantal som börjar med ett högt och slutar med ett lågt värde anger start- och slutförband för produktionsrifforna. Stamantal med ett lågt värde följt av ett högt visar det spann för vilket produktionsvärdet tagits fram. *Kursivt* angivna uppgifter representerar skottskogsbbruk med korta omloppstider medan övriga uppgifter kommer från konventionellt skogsbruk. TS = torrsubbans. MAI = medeltillväxt och CAI = löpande tillväxt. MT = *Myrtillus*-typ; OMT = *Oxalis-Myrtillus*-typ; OT = *Oxalis*-typ.

Ålder (år)	Stamantal (st ha ⁻¹)	MAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹)	(ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹)	Maximal CAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹)	(ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹)	Kommentar	Källa
Vårtbjörk (<i>Betula pendula</i>)							
55	2 700-580	6,6	(3,2)	9,2	(4,4)	OMT mark, södra Finland, gallrat	Koivisto (1959)
56-68	5 000-400	3,0-3,2	(1,4-1,5)	4,6-5,2	(2,2-2,5)	H ₅₀ =18m, fastmark, Svealand, gallr	Fries (1964)
49-60	5 000-400	4,8-5,3	(2,3-2,5)	7,7-8,3	(3,7-4,0)	H ₅₀ =22m, fastmark, Svealand, gallr	Fries (1964)
44	5 000-300	7,6-8,0	(3,6-3,8)	12,5-12,7	(6,0-6,1)	H ₅₀ =26m, fastmark, Svealand, gallr	Fries (1964)
54	5 000-400	4,0	(1,9)	6,4	(3,1)	H ₅₀ =22m, fastmark, Norrland, gallr	Fries (1964)
50-56	5 000-446	5,4-6,0	(2,6-2,9)	7,1-8,9	(3,4-4,3)	H ₄₀ =17m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1967)
42	5 000-622	6,8-8,2	(3,3-3,9)	9,2-11,9	(4,4-5,7)	H ₄₀ =20m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1967)
33	5 000-597	8,3-11,4	(4,0-5,5)	11,3-17,2	(5,4-8,3)	H ₄₀ =23m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1967)
60	2 500-800	5,3	(2,5)	7,4	(3,6)	H ₄₀ =17m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1977)
45	2 500-800	6,5	(3,1)	9,4	(4,5)	H ₄₀ =20m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1977)
39	2 500-500	8,2	(3,9)	12,3	(5,9)	H ₄₀ =23m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1977)
11-16	36 000-14 000		4,2 ^a		7,7 ^a	torvmark, Finland	Ferm & Kaunisto (1983)
4-65	-	(0,4-13,6)	0,2-6,5			15 bestånd, Yaroslavl province	Utkin m.fl. (1987)
9	10 000	(0,7-1,9)	0,4-0,9			sandmark, olika gödsling, Finland	Saarsalmi m.fl. (1992)
7-32	2 280-45 500	(1,3-15,6)	0,6-7,5			ogallrat, f d jordbr.mark, Sverige	Johansson (1999)
8	11 600	(6,3)	3,5 ^a	(15,4)	8,4 ^a	jordbruksmark, 1 bestånd, Estland	Uri m.fl. (2007)
13	7 670	(9,4)	4,5			jordbruksmark, 1 bestånd, Estland	Uri m.fl. (2012)
6-60	100 000-305	(4,6-9,3)	2,2-4,5			skogsmark, 7 bestånd, OT, Estland	Uri m.fl. (2012)
Glasbjörk (<i>B. pubescens</i>)							
60	3 500-700	4,8	(2,3)	6,4	(3,1)	OMT mark, södra Finland, gallrat	Koivisto (1959)
48-70	5 000-1 321	2,5-2,7		3,6-4,1		H ₄₀ =11m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1967)
54-75	5 000-689	3,7-4,4	(1,8-2,1)	5,2-6,4	(2,5-3,1)	H ₄₀ =14m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1967)
87	2 500-900	2,5	(1,2)	3,8	(1,8)	H ₄₀ =11m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1977)
56	2 500-900	3,8	(1,8)	5,7	(2,7)	H ₄₀ =14m, Norge, olika gallr.styrkor	Braastad (1977)
40	1 012	(6,3)	3,0			OMT mark, södra Finland	Mälkönen (1977)
7-12	41 100-14 100	(2,3-7,5)	1,1-3,6			7 bestånd, torvmark, 64 ⁿ , Finland	Björklund & Ferm (1982)
20-40	4 422-3 948	2,5-4,2	1,6-2,4	7,4-7,9		OMT mark, Finland	Mälkönen & Saarsalmi (1982)
6-20	2 737-298 000	(1,0-8,4)	0,5-4,0			ogallrat, f d jordbr.mark, Sverige	Johansson (1999)
9-23	24 800-6 900		2,6-3,8 ^a			5 bestånd torvmark, Finland	Ferm (1990)
49-52	975	3,3	(1,6)			1 lokal, torvmark, ogallrat, Irland	Nieuwenhuis & Barrett (2002)
10-63	1 900-38 000	1,1-6,5	1,0-3,5 ^a			19 torvmarklokaler, n och v Finland	Niemistö (2013)
Björk, ospecificerat							
70	20 600-1 320	4,1	(2,0)	5,6	(2,7)	MT mark, södra Finland, ogallrat	Koivisto (1959)
55	20 200-1 970	4,9	(2,4)	6,9	(3,3)	OMT mark, södra Finland, ogallrat	Koivisto (1959)
70	12 900-870	6,8	(3,3)	8,6	(4,1)	OT mark, södra Finland, ogallrat	Koivisto (1959)
53	10 450-740	(5,5)	2,64			kärtrorv, östra England, ogallrat	Ovington & Madgwick (1959)

a ovanjordisk vedbiomassa, dvs. inkl. grenar b värdena har transformerats från m³fub till m³sk

Ett sätt att bedöma olika trädslags potentiella tillväxt är att upprätta höjdtvecklingskurvor och nyttja dem vid framtida markval för trädslaget. Eriksson m.fl. (1997) har tagit fram höjdtvecklingskurvor för rena och blandade bestånd av vårt- och glasbjörk (Fig. 2:1) från provytor i naturligt förnygrade bestånd. Kurvorna gäller över hela Sverige och baseras på övre höjd vid 50 års referensålder.



Figur 2.1. Höjdtvecklingskurvor för björk, gäller både vårt- och glasbjörk, med ingångsvariablerna övre höjd och brösthöjdsålder. Det antas ta 3-5 år för björken att nå brösthöjd. Figuren är hämtad från Eriksson m.fl. (1997).

2.1.3. Skötsel

- Ung björk växer snabbt på höjden, men höjdtvecklingen avtar redan vid 15-20 års ålder.
- Tidig röjning gör att grönkronan behålls. Om den blir för liten förlorar björken tillväxt. En försenad röjning leder till sämre diametertillväxt, en minskning som kvarstår lång tid.
- Röjningsmallar ger vägledning om vilket stamantal björken bör ha vid olika medelhöjd.
- Gallring utförs när grönkronorna får kontakt med varandra. En tumregel är att gallra så att minst halva trädhöjden är grönkrona.
- Gallringen ska gynna välväxande träd med stor grönkrona som är fria från skador och virkesfel. På goda marker bör slutbeståndet av björk ligga på 300-600 stammar ha⁻¹.
- Normalt genomförs 2-3 gallringar under omloppstiden. Med få och kraftiga gallringar kan dock omloppstiden kortas och gallringsekonomi förbättras.
- Det finns gallringsmallar för vårtbjörk och glasbjörk som ger vägledning för lämpligt stamantal vid olika höjd.

2.1.3.1. RÖJNING

Naturligt förnygrade bestånd som domineras av björk har ofta ett stort behov av röjning eftersom stamantalet brukar vara högt. Dyliska bestånd har också varit utgångsläget för många tidigare produktionstabeller (t.ex. Koivisto 1959, Fries 1964, Braastad 1967). Emellertid har den tidiga röjningsfasen inte varit föremål för särskilt många studier. Här finns utrymme att inhämta mer kunskap. Det är i den tidiga röjningsfasen som den framtida grönkronan kan bibehållas eller förloras för lång tid framöver, vilket delvis kan förklaras av att höjdtvecklingen hos björk är snabb inledningsvis men avtar redan efter 15-20 år (Eriksson m.fl. 1997, Figur 1). Att tidiga skötselgrepp ger positiv framtida effekt på tillväxten hos olika trädslag, däribland björk, har visats av Juodvalkis m.fl. (2005). I täta ungskogar blir även avgången hög. Ju större träden blir desto färre levande träd kan beståndet innehålla. Detta har studerats i björkbestånd för möjlig stående levande volym (Kikuzawa 1993) och för trädhöjd (Verwijst 1989). Teoretiska beräkningar av hur lång tid en eftersatt grönkrona behöver för att åter kunna ge full produktion för det enskilda trädet säger t.ex. att en gallring i ett björkbestånd vid 30 års ålder där grönkronan är 35 procent av trädhöjden inte når en större krona än 45 procent 20 år senare (Rytter & Werner 2000). Då en vanlig tumregel säger att grönkronan i gallringsskedet bör vara halva trädhöjden innebär det att full tillväxtkapacitet hos trädet inte nås.

I en studie av effekten av försenad röjning i bl.a. björkbestånd blev diameterutvecklingen tydligt lägre hos de framtida björkhuvudstammarna då röjningen fick vänta i 5 år (Rytter & Werner 2007). Höjdtvecklingen påverkades däremot i liten grad. I en uppföljande mätning av studien framkom att träden i den försenade röjningen börjat återhämta sig och utvecklade en grönkrona som i storlek närmast sig den som de tidigare röjda träden hade (Rytter 2013). Sannolikt kommer dock t.ex. diameterutvecklingen hos de sent framröjda träden alltid att ligga efter träden där röjningen skedde "i tid". Det framgick också av studien att träden i den försenade röjningen var slankare, dvs. hade en lägre diameter:höjd-kvot än de tidigare röjda träden. Det kan ha betydelse för risken att t.ex. knäckas av snöbrott (Johansson 1996) även om detta ifrågasatts (Zälitis & Zälitis 2007). Vikten av tidig röjning har även betonats av Zälitis & Zälitis (2007) som också noterade att kvistrensningen inte blev märkbart sämre vid tidig och hård röjning än i täta bestånd.

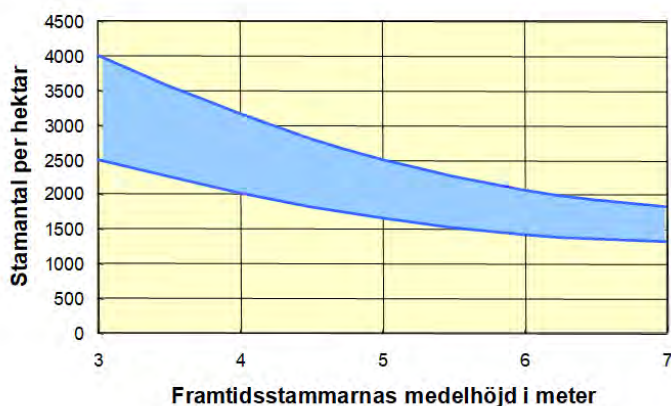
En röjningsmodell för lövträd som utvecklats för björk innebär att röjningsstammarna kapas eller bryts på en högre nivå än normalt (Karlsson & Albrektson 2000). Idén är att detta ska minska viltskador och möjliggöra en mer rationell röjningsteknik. Karlsson och Albrektson (2001) studerade på vilken höjd röjningen borde ske och kom fram till att röjningsnivån kunde höjas till 65 procent av beståndets medelhöjd utan risk för att huvudstammarna skulle bli "övervuxna" då medelhöjden var strax under 3 m. En senare studie undersökte hur olika årstider och metoder påverkade röjningsstammarnas överlevnad, och därmed förmåga att utgöra viltfoder (Ligné m.fl. 2005). Överlevnaden blev

sämst då röjningen utfördes under tillväxtsången och då röjningsstammarna kapades nära markytan på traditionellt sätt.

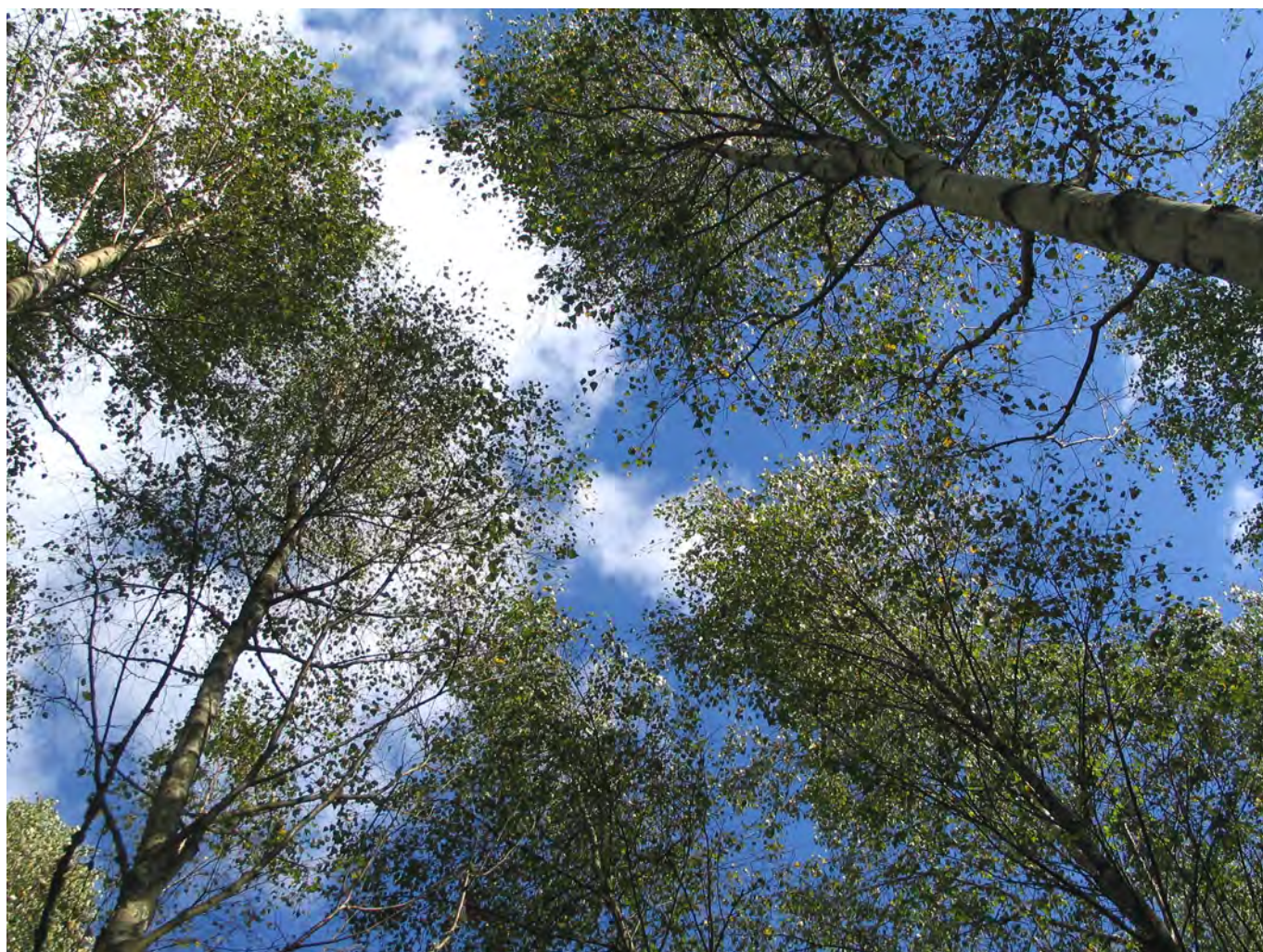
Med befintlig vetenskaplig och praktisk kunskap har röjningsmallar upprättats för bland annat björk. Mallarna visar det spann i stamantal som man bör hålla sig inom vid olika beståndshöjder för att framtidsstammarna ska kunna utvecklas väl (Figur 2:2.).

2.1.3.2. GALLRING

En väl genomförd röjningsinsats gör att skötseln kan inriktas på att överföra den kommande tillväxten på de träd som ska stå kvar efter åtgärd. Dessa bör utses i god tid och är de träd som både har en bra framtida tillväxtpotential och en hög stamkvalitet. I lövskogsskötsel brukar det kallas kvalitetsgallring eller krongallring då de framtida trädens grönkronor är i fokus (Figur 2:3). Gallringarna kan då vara både låg- och höggallring, dvs. de uttagna träden kan vara såväl större som mindre än de kvarvarande. Oftast blir resultatet en låggallring eftersom träd med små kronor tas ut i stor utsträckning.



Figur 2:2. Röjningsmall för björk. Stamantalet ska så mycket som möjligt hålla sig inom det blå fältet. Figuren har hämtats från Rytter (2019).



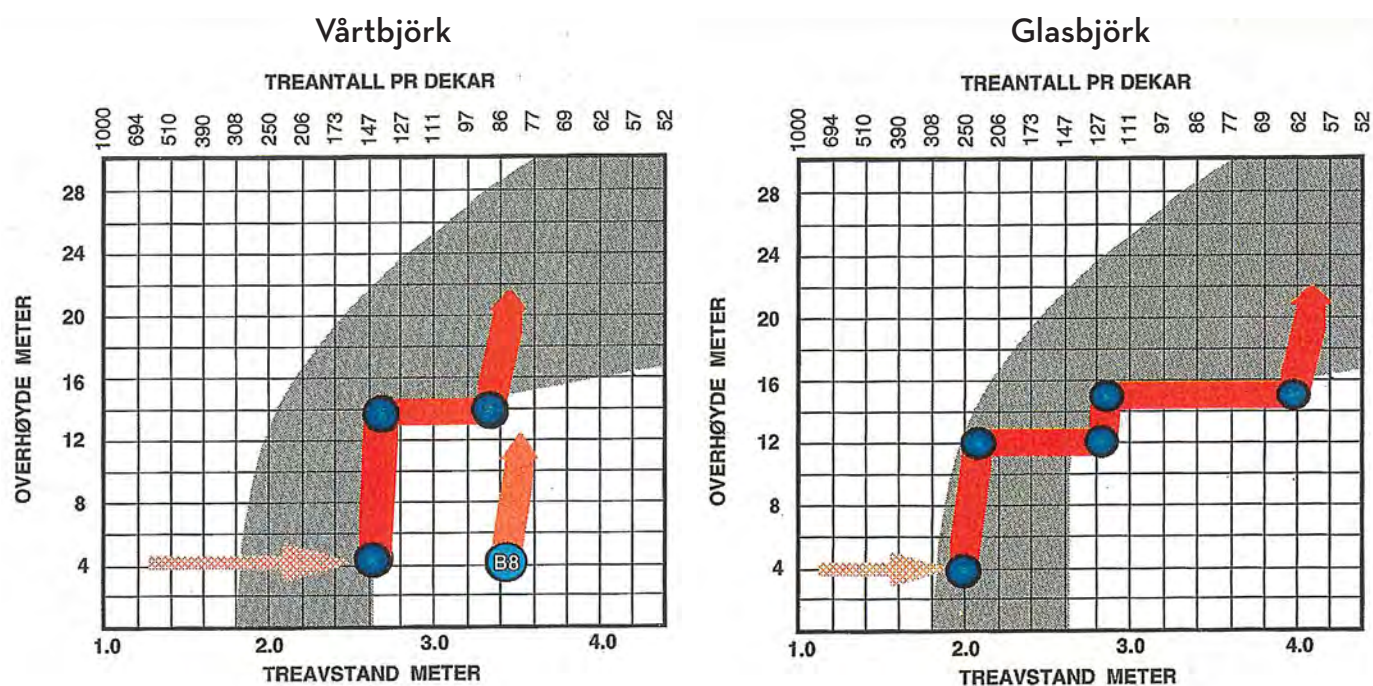
Figur 2:3. Vid gallring i lövskog är det grönkronans skick och utvecklingsmöjligheter som är avgörande för när åtgärden ska sättas in. När kronorna får kontakt med varandra bör gallring utföras och detta syns bäst under sommaren när träden är lövade. Foto: Lars Rytter

I de förekommande produktionstabellerna som baseras på naturliga bestånd ingår gallringar i beståndens utveckling för att i slutet ligga på 300–600 stammar ha⁻¹ vid ett någorlunda gott ståndortsindex, typ H₅₀ = 26 (t.ex. Koivisto 1959, Fries 1964, Braastad 1967). I ett historiskt perspektiv kan man se att antalet gallringar i björkbestånd har minskat med tiden (Rytter m.fl. 2014). Det för närvarande dominerande skötselschemat innefattar 2–3 relativt starka och tidiga gallringar under omloppstiden (Södra 2009, Hynynen m.fl. 2010, Rytter m.fl. 2014). Färre gallringar innebär att gallringsstyrkan ökar. Det kan försämra stamkvaliteten något men gör att kronan lättare kan bevaras. Dessutom kan omloppstiden förkortas och gallringsekonomin blir bättre. De kvalitetsmässigt bästa träden med god vitalitet och hög kvalitet och med välutvecklad grönkrona ska gynnas, krokiga och grovgreniga träd tas bort liksom träd med klykor och träd med små kronor som skulle få svårt att svara på ett gallringsingrepp.

Grönkronan hos framtidsstammarna bör alltid vara minst 50 procent av trädhöjden (Almgren 1990, Niemistö 1991, 1995, Cameron 1996, Rytter & Werner 2000). En del grövre träd bör lämnas kvar med tanke på flora och fauna, förslagsvis samlas dessa i grupper (t.ex. Rytter 2019). Den första gallringen i tidigare röjda bestånd infaller oftast då beståndens övre höjd är 10–12 m (jfr Rytter m.fl. 2014). Åtgärden kan ses som en röjningsgallring där uttagen volym endast blir omkring 15 m³sk ha⁻¹ med en stamdiameter på 8–10 cm. Efter

åtgärden bör det stå kvar 800–1 200 stammar ha⁻¹. De här rekommendationerna för den första gallringen ligger något tidigare än vad Raulo (1987) och Johansson (1996) föreslagit. Förstagallringen kan lämpligen vara ett uttag av brännved, för vilket björk är ett utmärkt trädslag. Nästa gallring sker när övrehöjdsträden är 15–17 m. Åldern är då mellan 20 och 30 år. Träd som kommit efter i utvecklingen och träd som är av dålig kvalitet avlägsnas, men även bra träd som konkurrerar med andra bra träd måste bort. Om inga fler gallringar ska göras reduceras stamantalet till mellan 400–500 ha⁻¹. Uttagen volym hamnar då i intervallet 35–60 m³sk ha⁻¹. Då valet är två återstående gallringar reduceras stamantalet först till 600–800 ha⁻¹ med ett uttag på 25–45 m³sk ha⁻¹. Den sista gallringen sker sedan då övre höjden är ungefär 20 m vid åldern 30–40 år. Då lämnas knappt 400 stammar ha⁻¹ och uttaget blir 50–60 m³sk ha⁻¹. Ovanstående är rekommendationer på hur gallring kan ske i björkbestånd men betydande avvikelser förekommer, speciellt vid vissa markförhållanden. Dessutom tas det fram ett successivt allt bättre odlingsmaterial, vilket gör att de föreslagna skötselrekommendationerna kommer att behöva en översyn.

I Norge har gallringsmallar utvecklats för lövskog som bygger på hur många träd som får plats vid en viss övre höjd (Braastad m.fl. 1993, Figur 2:4). Det finns mallar för både vårtbjörk och glasbjörk.



Figur 2:4. Norska gallringsmallar för vårtbjörk och glasbjörk baseras på förband/stamantal och övre höjd. Det grå området är det som man bör hålla sig inom och den svagt röda pilen visar vägen in i mallen. Röd markering med blåa cirklar anger föreslagen väg med tillväxt och gallring från röjning till slutavverkning. B8 i högra figuren innebär att ingen åtgärd sker då stamantalet nått ned till 80 träd per dekar för denna låga bonitet. Notera att stamantal ha⁻¹ erhålls genom att multiplicera angivet "treantall" med tio. Figurerna har hämtats från Braastad m.fl. (1993).

I en brittisk undersökning studerades hur stark gallring påverkar stamkvalitet och timmeregenskaper (Cameron m.fl. 1995). Stark gallring innebar att stamantalet tidigt togs ned till en nivå på ungefär 400 träd ha⁻¹ för att behålla grönkronan på 50 procent jämfört med den svaga gallringen där kronan tilläts gå ned till 30 procent. Resultatet blev ökad diametertillväxt vid stark gallring men också fler och kraftigare grenar. Detta påverkade dock inte möjligheterna till avsättning av värdefull sågstock. Det ska observeras att den starka gallringen i mångt och mycket påminner om de nuvarande inhemska gallringsrekommendationerna som presenterats ovan.

Niemistö (1991) utvecklade gallringsmodeller för glasbjörk växande på organogen mark i Finland. Skillnaden mot ovanstående rekommendationer för mineraljord är att bestånden bör hållas tätare eftersom kraftig gallring inte ger någon betydande diameterökning hos kvarvarande stammar. Grönkronorna måste dock hållas på en nivå över 45 procent av trädhöjden för att inte tillväxten ska reduceras. Slutförbandet föreslogs till 900 stammar ha⁻¹.

2.2. Planterade bestånd (inkl. sådd)

- En bra björkplanta ska ha god balans mellan rot och skott samt en god näringsbalans. Den ska också ha bra genetiskt ursprung. Gödslingsregim och odlingsförband i plantskolan kan styra plantornas utveckling. Planter med hög rot:skott-kvot är att föredra på torra marker.
- Vårtbjörken klarar sig bättre på lite torrare marker jämfört med glasbjörken som klarar fuktigare mark. Båda arterna kan växa på sura jordar, ner till pH 3,5.
- Vid plantering på jordbruksmark är markberedning och behandling av ogräs avgörande för resultatet. På skogsmark har björkplantorna liknande krav som barrplanter.
- Sommarplantering av växande planter är möjlig men risken för torkskador måste beaktas.
- Frösådd av björk kräver att marken är bar och utan konkurrerande vegetation. Fröet kan bakas in i moig sand ("fröprillor") och sås.

2.2.1. Föryngring, plantering

År 2018 planterades endast 1,3 miljoner björkplanter vilket kan jämföras med 175 miljoner tallplanter och 195 miljoner granplanter (Skogsstyrelsen 2019). Även om björk planteras i liten omfattning finns en hel del forskning på området.

2.2.1.1. PLANTOR

En lyckad plantering av skogsträd, inklusive björk, kräver planter av bra genetiskt ursprung (Stener 2015) och att de odlats så att näringsstatus och balans mellan rot och skott är bästa möjliga. Studier i laboriemiljö i Uppsala har tagit fram optimal balans mellan de olika essentiella näringsämnen hos vårtbjörk. Den balans som inledningsvis togs fram för björkplantorna och som i stort gäller även för andra växter (t.ex. Ingestad 1987, 1991) framgår av tabell 2:2. Efterföljande studier har sedan visat att flera av näringsämnenas förhållande till kväve (N) kan sänkas. Ericsson och Ingestad (1988) visade t.ex. att förhållandet mellan fosfor (P) och kväve (N) kunde sänkas från 13P:100N till 8-10P:100N utan att tillväxthastigheten reducerades hos vårtbjörkplanter. Liknande sänkningar i förhållande till N har också framkommit för kalium (K) (Ericsson & Kähr 1993) och magnesium (Mg) (Ericsson & Kähr 1995). För säkerhets skull och för att undvika brist har man i praktiken behållit ungefär de proportioner som Ingestad (1991) föreslog initialt.

Tabell 2:2. Viktsproportioner (kväve = 100) av näring som tagits upp av fröplanter vid fri tillgång. Tabellen har hämtats från Ingestad (1991). Senare studier har visat att de lägsta relativa mängder som krävs för maximal tillväxt är lägre i strikt kontrollerade försök. Proportionerna som listas här kan betraktas som "säkra" under fältförhållanden.

Makronäringsämnen		Mikronäringsämnen	
Näringsämne	Relativt värde	Näringsämne	Relativt värde
Kväve (N)	100	Järn (Fe)	0,7
Kalium (K)	65	Mangan (Mn)	0,4
Fosfor (P)	13	Bor (B)	0,2
Svavel (S)	9	Zink (Zn)	0,06
Magnesium (Mg)	8,5	Koppar (Cu)	0,03
Kalcium (Ca)	7	Molybden (Mo)	0,007

En ytterligare faktor som påverkar plantans kondition är hur den hanteras inför lagring och hur den lagras. Om planter tas upp och placeras i lager tidigt på hösten ökar risken för att de ska skadas och dö. Enligt en studie av Lindqvist (2000) blev skillnaden i mortalitet stor om björkplantor varit utsatta för temperaturer under +5°C eller ej. Omkring 3 dygn under +5°C ökade överlevnaden betydligt. Kortdagsbehandling, t.ex. 8 timmar dagsljus och 16 timmar natt, ger kontroll av höjdtillväxten i slutet av säsongen och köldhårdigheten inför lagring. Behandlingen tycks inte påverka björkplantors tillväxt efter plantering (Luoranen & Rikala 1997).

Förhållandet mellan rot och skott är viktigt för att plantorna ska kunna utvecklas på ett bra sätt. Näringsmässigt kan det styras genom att begränsa tillgången på N eller P för plantan. Då ökar rotens andel på bekostnad av skottet (Ericsson 1995), vilket kan nyttjas t.ex. vid plantering på torra marker. För att uppnå en god näringsstatus hos plantorna efter en begränsad näringstillförsel av specifika ämnen kan man ladda dem i slutet av säsongen utan att rot-skott balansen påverkas (t.ex. Rytter m.fl. 2003).

Förhållandet mellan rot och skott påverkas också av odlingscellens storlek och av hur tätt plantorna odlas. I en finsk studie framkom att odlingscellens storlek har stor betydelse för tillväxten efter utplantering (Aphalo & Rikala 2003). Vårtbjörkplantor som odlades i 300 cm³ stora celler var betydligt större inför utplantering och hade ungefär samma rot:skott-kvot som planter odlade i 190 cm³ celler. De större plantorna växte bättre och hade mindre skador än de mindre efter några år i fält. Planttätheten vid odling visade samma men inte lika kraftig effekt som cellstorleken. En senare studie visade att variationen i plantstorlek hos vårtbjörk ökade ju trängre plantorna odlats, vilket påverkar möjligheten att leverera ett högkvalitativt plantmaterial (Aphalo & Rikala 2006). Vid odling av björkplantor är det även möjligt att kemiskt reducera höjdtillväxten utan att diametertillväxt och tillväxt efter utplantering påverkas nämnvärt. Detta testades med de tillväxtreducerande ämnena daminozid och klormequat-klorid (CCC) i en finsk studie (Luoranen m.fl. 2002). En reducerad höjdtillväxt kan vara av intresse eftersom lövplantor ofta växer sig långa vid plantodling.

2.2.1.2. STÅNDORTER

Som nämnts i inledningen har vårtbjörk och glasbjörk lite olika ståndortskrav även om de ofta växer tillsammans. Båda arterna växer bäst på friska och näringsrika lokaler, men vårtbjörken klarar sig bättre på något torra och lite magrare marker och glasbjörken klarar sig jämförelsevis bättre på fuktigare marker (Rytter 1998). Björkplantor tycks tåla sura markförhållanden med pH ned till åtminstone 3,5 (Ericsson & Lindsjö 1981). De klarar också av att växa vid låga marktemperaturer även om de av naturliga skäl växer bättre vid högre (Solfjeld & Johnsen 2006). Aktivt växande planter klarade lägre temperaturer än planter i vila enligt den norska undersökningen.

2.2.1.3. MARKBEREDNING

Markberedning är en viktig åtgärd för att få till en lyckad plantering av björk vare sig det handlar om skogs- eller jordbruksmark. Olika studier har genomförts i syfte att förbättra och effektivisera plantering och etablering av björk. Markberedningsmetoderna är lite olika för ägoslagen jordbruksmark och skogsmark. De flesta studier av björkförnygring har haft fokus på jordbruksmark.

På jordbruksmark handlar det mycket om att hålla undan konkurrerande vegetation så att tillgången på vatten, näring och ljus blir god. Karlsson (2002) undersökte effekterna av markberedning och kemisk behandling vid plantering av små fröplantor av vårtbjörk. Kontroll utan markberedning eller kemisk behandling av ogräset medförde att nästan alla planter dog. Bäst överlevnad på sandig mark erhöles då matjordsskiktet avlägsnades. På finkornigare jordar var inversmarkberedning eller omrörning av marken effektivast. De största plantorna påträffades emellertid där matjordsskiktet fanns kvar. Herbicidbehandling gav positiv effekt i kontrollen men hade liten effekt där mekanisk markberedning utförts. Hytönen och Jylhä (2005) undersökte effekten av att hålla nere vegetationstrycket vid plantering av glasbjörkplantor. Planthöjden uppvisade ett linjärt negativt samband med vegetationstäckets storlek och då detta var 60 procent eller högre ökade plantavgången betydligt. Herbicider var ett mycket effektivt sätt att stävja konkurrerande vegetation och efter 11 år var stamvolymen 2,5 gånger större vid herbicidbehandling än för obehandlad kontroll, och avgången var endast 6 procent jämfört med kontrollens 21 procent. Marktäckning med skivor gav ingen extra tillväxt men ökad överlevnaden markant till endast 1,5 procent avgång jämfört med kontrollens 21 procent. I ett liknande försök med vårtbjörk var stamvolymen 38 procent högre på herbicidbehandlade ytor jämfört med obehandlad kontroll efter 20 år (Hytönen & Jylhä 2013). Utfallet berodde mycket på att överlevnaden var betydligt högre på de behandlade ytorna. De positiva effekterna av markberedning och herbicidbehandling vid plantering av björk på åkermark framkom också i en lettisk undersökning (Daugaviete m.fl. 2003).

Plantering av björk på skogsmark har hittills inte studerats i någon större utsträckning men fungerar och kräver sannolikt liknande åtgärder som vid plantering av barrplantor (t.ex. Nilsson m.fl. 2010).

2.2.1.4. PLANTERINGSTIDPUNKT

I syfte att öka tidsintervallet då plantering av björk kan ske testades plantering vid olika tidpunkter under sommaren i en finsk undersökning (Luoranen m.fl. 2003). Slutsatsen blev att det är möjligt att förlänga tiden för björkplantering till juli och början av augusti. Björkplantor som planterades på sommaren överlevde och växte lika bra som då vilande planter sattes under våren. Risken med sommarplantering är torra på marker med grov textur.

2.2.2. Föryngring, sådd

Sådd av björk är ett föryngringssätt som vi har viss kunskap om men som knappast används alls. Karlsson (1996) testade olika markförberedelsers effekt på både naturligt frösådda och sådda ytor på övergivna jordbruksmarker. Oavsett frökälla var bar mineraljord, och därmed avsaknad av konkurrerande vegetation, viktig för fröplantornas överlevnad. Försök med björksådd på skogsmark har visat varierande resultat för överlevnad beroende på lokal (Stener 2003). Variationen för såddfläckar där planter grott och överlevt var 23 till 89 procent. Även på skogsmark var blottad mineraljord en positiv faktor för överlevnad tillsammans med tidpunkten på vårkanten då markfuktigheten är god. I försöket utfördes sådden med hjälp av ”kolor” där moig sand och frön blandats ihop. Det ingick även såddrör och stratifiering av frön men dessa varianter gav ingen extra effekt.

Då frö ska användas är det viktigt att det hanteras rätt innan sådd. Lindberg och Werner (1998) sammanställde hur lövfrö bör behandlas och vid långtidförvaring ska vattenhalten i björkfrön vara maximalt 4 procent och temperaturen högst -5°C. Inför sådd ska fröna blötläggas med eventuell kallstratifiering i 1-3 veckor. Björkfrön är fotosensitiva, dvs de gror bättre under långdags- än kortdagsförhållanden. Skillnaden försvinner dock vid temperatur på 20°C och däröver.

2.2.3. Produktion i planterade björkbestånd

- En medeltillväxt på 10 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ kan nås med bra genetiskt material av vårtbjörk på goda marker. Nivån är ungefär densamma som för naturligt föryngrad björk men fås med betydligt glesare förband.
- Vid längre omloppstider producerar björken oftast mindre volymer än gran och tall men då virket är tyngre så blir producerad biomassa mer likvärdig.
- Glasbjörk har planterats i liten omfattning varför kunskapen om dess produktion vid plantering är blygsam.

Även om de flesta björkdominerade bestånd uppstått genom naturlig föryngring finns det en hel del planterad björk där man mätt tillväxten (Tabell 2:3). Utgångsförbandet vid plantering har stor betydelse för produktionen under de första decennierna. Niemistö (1995) noterade att ett utgångsförband under 2 500 planter ha⁻¹ medförde en volymförlust jämfört med tätare planteringsförband vid ungefär 20 års ålder men samtidigt påverkades diameterutvecklingen negativt då stamantalet översteg 1 000 stammar. Daugaviete m.fl. (2011) noterade stora skillnader i tillväxt i ett förbandsförsök på jordbruksmark i Lettland. Efter 15 år var medeltillväxten 4,4 m³ stamvolym ha⁻¹ år⁻¹ vid 1 100 stammar ha⁻¹ och 10,3 m³ vid 10 000 stammar. De högsta produktionsnivåerna för planterad vårtbjörk hamnar kring 10 m³ stamved ha⁻¹ år⁻¹, dvs. på samma nivå som för de naturligt föryngrade bestånden (Tabell 2:1). Emellertid är stamantalet genomgående betydligt lägre i planteringarna. Det finns för få planteringar av glasbjörk för att det ska gå att uttala sig om vilka produktionsnivåer som kan förväntas.

Oikarinen (1983) drog slutsatsen från sina produktionsmodeller att planterad vårtbjörk inte producerar mer än naturligt föryngrad. Fördelen med plantering ansågs vara en snabbare och jämnare etablering. Från Niemistö's (1996) undersökning framkommer att produktionen på jordbruksmark är något högre än på skogsmark vid samma ståndortsindex.

Vid en jämförelse av volymproduktion med de vanligaste barrträden producerade vårtbjörken bäst fram till 30 års ålder, därefter blev tallens produktion högst varefter granen producerade bäst efter 50 år (Oikarinen 1983). Vid 60 års ålder var vårtbjörkens volymproduktion ca. 15 procent lägre än gran och ca. 10 procent lägre än tall.

Tabell 2:3. Publicerad stamvedsproduktion inklusive bark hos planterad värtbjörk och glasbjörk. Värdet inom parentes har beräknats från värden på stamvedsproduktion utan parentes genom att anta att veddensiteten är 480 kg TS m⁻³ (se t.ex. Rytter 2004). Stamantal som börjar med ett högt och slutar med ett lågt värde anger start- och slutförband för produktionsrifforna. Stamantal med ett lågt värde följer av ett högt värde som visar det spann för vilket produktionsvärdet tagits fram. *Kursivt* angivna uppgifter representerar skottslogsbruk med korta omloppstider medan övriga uppgifter kommer från konventionellt skogsbruk. TS = torrsubbstans. MAI = medeltillväxt och CAI = löpande tillväxt. HT = *Hepatica*-typ; OT = *Oxalis*-typ OMT = *Oxalis-Myrtillus*-typ.

Ålder (år)	Stamantal (st ha ⁻¹)	MAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹)	(ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹)	Maximal CAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹)	(ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹)	Kommentar	Källa
Vårtbjörk (<i>Betula pendula</i>)							
6	40 000		3,9 ^a			<i>litet försök</i>	<i>Frivold & Borchgrevink (1981)</i>
50-60	2 000-538	5,7-6,1	(2,8-2,9)	8,2	(3,9)	H50=22, fastmark, södra Finland	Oikarinen (1983)
50-60	2 000-408	6,3-6,6	(3,0-3,2)	9,0	(4,3)	H50=24, fastmark, södra Finland	Oikarinen (1983)
40-60	2000-286	6,8-7,4	(3,3-3,5)	10,0	(4,8)	H50=26, fastmark, södra Finland	Oikarinen (1983)
40-50	2 300-296	7,6-8,3	(3,6-4,0)	12,4	(6,0)	H50=28, fastmark, södra Finland	Oikarinen (1983)
30-35	2 300-350	9,1-9,9	(4,4-4,8)	14,2	(6,8)	H50=30, fastmark, södra Finland	Oikarinen (1983)
55	2 000-500	8	4,0			prognos, jordbruksmark, s Sverige	Elfving 1986
39	4 000-?	5,9-7,1	(2,9-3,4)			gallrat, Norrland, allt material	Rosvall & Palmér (1988)
39	4 000-?	6,7-8,9	(3,2-4,3)			gallrat, Norrland, bättre hälften	Rosvall & Palmér (1988)
54-80	1 670-406	7,3-8,7	(3,5-4,2)	14,1	(6,8)	jordbr.mark, s Sverige, H50=27	Sonesson m.fl. (1994)
56-71	1 100-444	7,7-9,4	(3,7-4,5)	14,6	(7,0)	jordbr.mark, s Sverige, H50=30	Sonesson m.fl. (1994)
36-61	1 655-414	8,7-10,5	(4,2-5,0)	18,2	(8,7)	jordbr.mark, s Sverige, H50=32	Sonesson m.fl. (1994)
6	20 000		4,2-5,6 ^a			<i>torvmark, gödslat, Finland</i>	<i>Hytönen m.fl. (1995)</i>
6	20 000		2,3 ^a			<i>fastmark, gödslat, Finland</i>	<i>Hytönen m.fl. (1995)</i>
19-22	400-5 000	1,6-9,1	(0,8-4,4)			jordbruksmark, H50=25-28, Finland	Niemistö (1995)
30	2 400-1 300	6,7	(3,2)			H50=26, jordbruksmark, Finland	Niemistö (1996)
30	2 400-1 300	9,0	(4,3)			H50=28, jordbruksmark, Finland	Niemistö (1996)
30	2 400-1 300	10,4	(5,0)			H50=30, jordbruksmark, Finland	Niemistö (1996)
30	2 400-1 300	4,1	(2,0)			H50=24, skogsmark, Finland	Niemistö (1996)
30	2 400-1 300	6,4	(3,2)			H50=26, skogsmark, Finland	Niemistö (1996)
30	2 400-1 300	7,8	(3,7)			H50=28, skogsmark, Finland	Niemistö (1996)
30	2 400-1 300	9,8	(4,7)			H50=30, skogsmark, Finland	Niemistö (1996)
6	5 000		2,3 ^a			<i>jordbruksmark, södra Sverige</i>	<i>Telenius (1999)</i>
19	20 000		5,9 ^a			<i>gödslat, torvmark, centrala Finland</i>	<i>Hytönen & Saarsalmi (2009)</i>
15	1 100-10 000	4,4-10,3	(2,1-4,9)			jordbr.mark, olika förband, Lettland	Daugaviete m.fl. (2011)
15	1 188-2 330	8,4	(4,0)			jordbruksmark, OMT-typ, Estland	Lutter m.fl. (2015)
15	1 090-2 430	7,1	(3,4)			jordbruksmark, OT-typ, Estland	Lutter m.fl. (2015)
15	1 510-1 720	3,6	(1,7)			jordbruksmark, HT-typ, Estland	Lutter m.fl. (2015)
15-16	1 076-2 840	3,7-9,9	(1,8-4,8)			olika jordbruksmarker, Lettland	Daugaviete m.fl. (2015)
8-9	1 600	(1,7-8,0)	(0,8-3,8)			jordbruksmark, 56-64°N, 4 lokaler	Rytter & Lutter (2019)
Glasbjörk (<i>B. pubescens</i>)							
39	4 000-?	3,8-4,6	(1,8-2,2)			gallrat, Norrland, allt material	Rosvall & Palmér (1988)
6	20 000		3,4-5,6 ^a			<i>torvmark, gödslat, Finland</i>	<i>Hytönen m.fl. (1995)</i>
6	20 000		2,3 ^a			<i>fastmark, gödslat, Finland</i>	<i>Hytönen m.fl. (1995)</i>
19	20 000		5,7 ^a			<i>gödslat, torvmark, centrala Finland</i>	<i>Hytönen & Saarsalmi (2009)</i>
32-68	2 750-1 413	1,6-5,5	(0,8-2,6)			4 lokaler, olika mark, ogallr, Irland	Nieuwenhuis & Barrett (2002)
Björk, ospecificerat							
10-60	2 133-297	5,3-11,8	(2,5-5,7)			H50=22-33, jordbruksark, s Sverige	Karlsson m.fl. (1997)

^a ovanjordisk vedbiomassa, dvs. inkl. grenar ^b värdena har transformerats från m³fub till m³sk

2.2.4. Skötsel av planterad björk

Röjning i planterade bestånd bör ske på samma sätt som för naturligt föryngrade bestånd. Den stora skillnaden blir att stamantalet nästan alltid är lägre vid plantering och oftast styrs av planteringsförbandet, varför röjningsbehovet blir betydligt lägre.

Gallring utförs också på samma sätt som för naturligt föryngrade bestånd. I de produktionsmodeller som Oikarinen (1983) tog fram för planterad vårtbjörk rekommenderas 2-3 gallringar under en 60-årig omloppstid med ett uttag på 30-40 procent längs vägen. I produktionsstudien av Sonesson m.fl. (1994) görs också ett par kraftfulla gallringar på väg mot slutavverkning. Eftersom förädlade plantor används vid plantering av björk kommer dessa bestånd att växa betydligt bättre än de naturligt föryngrade (Liziniwicz m.fl. 2021) vilket innebär att omloppstiden blir kortare och att åtgärderna ligger närmare varandra i tiden.

Niemistö (1995) undersökte planteringsförbandets inverkan på tillväxten hos vårtbjörk under 20 år. Resultaten visade att 2 500 plantor ha⁻¹ räckte för att nå högsta produktion medan 1 600 plantor gav 20 m³ ha⁻¹ lägre massavedsproduktion än de tätare planteringarna. Diametertillväxten hos träden reducerades från och med förbandet 1 000 plantor ha⁻¹. Vid det allra glesaste förbandet på 400 plantor ha⁻¹ reducerades höjdtillväxten. I en senare sammanställning rekommenderade Niemistö (1996) ett planteringsförband på 1 600 plantor ha⁻¹ förutom på bördig jordbruksmark där plantantalet skulle vara högre men maximalt 2 500 plantor. Mäkinen (2002) noterade att övervallningstiden för gamla kvistar tog 20 år från kvistens initiering vid en planteringstäthet på 400 stammar ha⁻¹ mot 13 år vid 5 000 plantor ha⁻¹. En bidragande orsak till skillnaden var att grenarna hann växa sig grövre vid det glesare förbandet.

2.3. Blandskogar med björk

Skogsbestånden i de nordiska länderna utgörs till stor del av blandskogar som innehåller olika andelar av tall och gran med inslag av lövträd. De vanligast förekommande blandskogsformerna med lövträdsinblandning är gran och björk (Rytter 1998, Drössler 2010). Vid föryngring av gran på friska-fuktiga marker med god bördighet växer björken spontant upp och bildar ett tätt snabbväxande bestånd. Detta sker mer eller mindre spontant på våra föryngringsytor. Markberedda områden får riklig inblandning av björk eftersom blottläggningen av mineraljord i kombination med tillgång till markfuktighet under kritiska torrperioder under vegetationsperioden gynnar groningen av björkfröna. Tidigare utgjorde inväxningen enbart problem för skogsägaren, i första hand för att björken hämmade granplantornas tillväxt och utveckling. Vidare fördröjades etableringen och skötseln av bestånden p.g.a. kostnaden för minst en röjning.

Idag är intresset för blandskogar, särskilt björk och gran, mycket stort. En starkt bidragande orsak är att björken sedan slutet av 1980-talet fått ett ökat ekonomiskt värde och björkmassaved ger idag lika bra betalt som granmassaved. Även certifieringen av skogen har bidragit till ett ökat intresse, då ett visst inslag av lövträd är ett av kriterierna vid certifieringen. Bakgrunden till dessa kriterier är det allmänt ökade intresset för biologisk mångfald i det svenska skogsbruket.

2.3.1. Tvåskiktade blandskogar med björk

- Föryngring av gran under en lågskärm av självföryngrad björk är en metod som sedan i början av 1980-talet praktiserats i viss omfattning. På marker med frostproblem och där det inte finns tillräckligt antal träd för en högskärm, kan metoden vara en möjlighet att till en rimlig kostnad anlägga ett nytt granbestånd.
- Om granens uthålliga produktionsförmåga inte påverkas av tidig björköverskärning hävdas det att gran och björk i skärm tillsammans kan ge en högre totalproduktion än ett bestånd av enbart gran där björken röjts bort.
- Andra positiva effekter av björkinblandning kan vara skärmens dämpande effekt på uppslag av stubb- och rotskott som reducerar behovet av lövröjningar. Björkens har också en dränerande effekt på blöta marker och har en utjämnande effekt på beståndsklimatet som kan minska risken för frost- och torkskador.
- Den viktigaste negativa aspekten med björkskärmar är risken för tillväxtförluster hos den underväxande granen p.g.a. konkurrens från skärmträden.
- Under 1970-talet lanserades en metod, Kronobergsmetoden, där det röjda björkbeståndet skulle skydda granen mot frostangrepp och minska förutsättningarna för en ymnig produktion av stubbskott från de röjda stubbarna.
- Några år efter Kronobergsmetodens lansering utvecklades en annan metod där man aktivt satsade på skötsel av blandbestånd av björk och gran med en uttalad ambition att kunna avverka björk efter ungefär 35 år.

Vid konventionellt trakthyggesbruk, där man eftersträvar likåldriga och trädslagsrena bestånd av tall eller gran, kan uppslaget av lövträdsplantor på hygget utgöra ett problem i föryngringsfasen. Under perioden 1950 till 1975 var skogsbrukets inställning att lövträd som etablerats på hyggen till varje pris skulle röjas bort för att minska konkurrensen. Det bedrevs på vissa håll formligen ett "utrotningskrig" mot lövet¹, och fram till 1975 behandlades stora föryngringsarealer med herbicider. Efter förbudet mot herbicidbesprutning ökade arealen oröjda ungskogsbestånd. Samtidigt blev den motormanuella röjningen alltmer kostsam och arbetskrävande.

¹ Björken erhöll det föga smickrande öknamnet "den vita skökan".



Figur 2:5. Blandbestånd med björk. En lågskärm av björk över gran fungerar bra om granplantorna har svårt att etablera sig p.g.a. frost eller hög markfuktighet. Skärmen skyddar mot frost, dränkning eller ljuschock och dämpar stubbskottbildning. Foto: Staffan Jacobson

Förslag växte fram där man sökte dra nytta av björkens självföryngring istället för att bekämpa den. Under 1980-talet startades försök med nya skötselformer av ungbestånd med lövträdsinblandning. I första hand var det bestånd med björk och gran som studerades. Olika skötselmetoder av blandskog introducerades under senare delen av 1980-talet även i Norge (Braathe 1988) och Finland (Mielikäinen 1985).

2.3.1.1. FÖRYNGRING AV GRAN UNDER LÅGSKÄRM AV BJÖRK

Föryngring av gran under en lågskärm av självföryngrad björk är en metod som sedan i början av 1980-talet praktiserats i viss omfattning i framför allt Syd- och Mellansverige. På marker med frostproblem, och där det inte finns tillräckligt antal träd för en högskärm, kan metoden i vissa fall vara den enda möjligheten att till en rimlig kostnad anlägga ett nytt granbestånd. Metoden utnyttjar skillnaderna i tillväxtryck mellan de två trädslagen. Björken har som pionjärträdsdrag en god förmåga att snabbt kolonisera kalmare med en snabb ungdomstillväxt, medan granen såsom sekundärträdsdrag är skuggtålig och kan etablera sig under björken². För att sedan ta till vara granens mer uthålliga produktion måste björkskärmen successivt avvecklas under en 20–30 års period. Om granens uthålliga produktionsförmåga inte påverkas av den tidiga björköverskärningen, hävdas det att gran och björk i skärm tillsammans kan ge en högre totalproduktion än ett

bestånd av enbart gran, där all björk röjts bort (Tham 1988, Bergqvist 1999). Mer om denna s.k. ”blandskogseffekt” ovan.

Förutom den eventuella merproduktionen kan en lågskärmsmetod, i jämförelse med konventionell föryngring av gran, ge flera positiva effekter. Bland de aspekter som brukar framhållas kan nämnas skärmens dämpande effekt på bildningen av stubb- och rotskott (Johansson 1991), vilket kan minska behovet av dyra och ibland återkommande lövröjningar. Vidare nämns ofta björkens dränerande effekt på blöta marker, samt dess utjämnade effekt på beståndsklimatet (Ottosson-Löfvenius 1993), vilket kan minska risken för frost- och torkskador under vegetationsperioden (Lundmark & Hällgren 1987). Omdebatterad är också björkens eventuella positiva effekt på markstruktur och markkemi (se Kapitel 4. Björk – effekter på mark och vatten).

Den absolut viktigaste negativa aspekten med metoden är risken för tillväxtförluster hos den underväxande granen p.g.a. konkurrens från skärmträden. Motsättningen mellan metodens för- och nackdelar blir tydlig i det att man strävar efter en tillräckligt tät skärm som hämmar tillväxten av stubbskott men som samtidigt inte hämmar tillväxten hos granplantorna i alltför hög grad. Enligt vissa studier kan granens tillväxt hämmas kraftigt (t.ex. Folkesson & Barring 1982, Granhus & Dietrichsson 1997, Klang & Ekö 1999). Samtidigt kan granens kvalitet förbättras genom att kvistarna blir klenare och de frostrelaterade skadorna, såsom sprötkvist och dubbeltopp, blir färre (Klang & Ekö 1999).

²”Björken är granens moder”.

Tillämpningen av lågskärmsmetoden har hittills varit relativt begränsad men i takt med att behovet av lövmassaved och skogsbränsle ökar har intresset för metoden ökat. En eventuellt bidragande orsak till ett ökande intresse för metoden är dagens fokus på biodiversitet, som har lett till ett ökat intresse för ett skogsbruk som mer efterliknar det skogliga ekosystemets naturliga successioner.

Exakta rekommendationer för hur en lågskärm av björk ska anläggas och skötas måste dock sannolikt anpassas lokalt, beroende på produktionsförutsättningar, lokala erfarenheter samt grad av tidigare skogsvård i det aktuella beståndet.

Under 1970-talets slut lanserade dåvarande länsjägmästaren Arne Johansson en metod, Kronobergsmetoden (Figur 2:6) där det röjda björkbeståndet skulle skydda granen mot frostangrepp och minska förutsättningarna för en ymnig produktion av stubbskott från de röjda stubbarna (Anon, 1985, 1996). För att lövskärmen effektivt ska kunna motverka stubbskott rekommenderas enligt denna metod att skärmen bör hålla minst 3 000 och gärna 4 000 stammar per hektar om skärmen ställs när björkbeståndet är 3–4 meter högt. En tätare skärm ger björkstammar med finare kvist och mer upphissade kronor, vilket kan minska risken för mekaniska piskskador på granarna. Enligt metoden ska björkbeståndet sedan successivt glesas ut för att slutligen tas bort helt vid 10–12 m höjd. Metoden blev efterfrågad i tider då opinionen mot

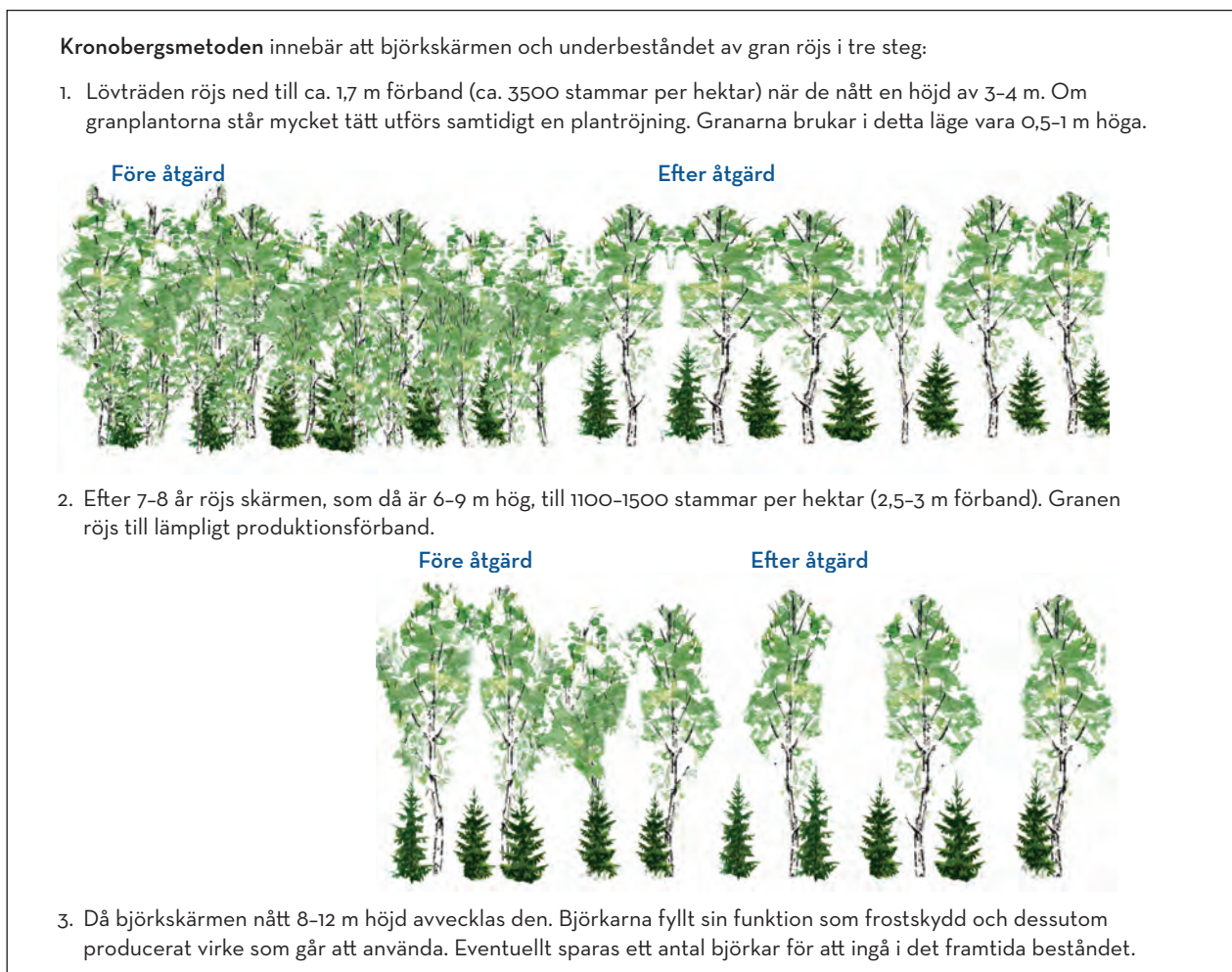
användning av herbicider på skogsmark var som livligast och minskade möjligheterna för skogsbruket att nyttja rationella metoder för dåtidens sätt att sköta de unga bestånden. Granen kan också planteras i efterhand under naturligt etablerad björk. Planteringen görs då lämpligen i samband med den första röjningen av björken, dvs. under en skärm av 2 500–3 000 björkar per hektar.

För att lyckas med metoden krävs en noggrann planläggning och ståndortsanpassning samt en intensivare tillsyn i jämförelse med vad som normalt krävs vid mer konventionella förnyngningsmetoder. De senaste årens utveckling av flerträdshanterande fällaggregat kan göra det möjligt att mekanisera skärmens utglesning och avveckling till en rimlig kostnad. Detta skulle eventuellt kunna göra lågskärmsmetoden till ett intressant alternativ även för stor-skogsbruket.

En eventuell ökad mekanisering i samband med utglesning och avveckling av lågskärmar reser samtidigt frågor som:

- Vad kan ett tidigare upptag av stickvägar i beståndet ha för konsekvenser på produktion och skador på unga granar?
- Vilka skador på granen kan ske i samband med utglesning och avveckling av skärmen?

Dessa frågor måste studeras vidare i praktiskt anlagda försök.



Figur 2:6. Beskrivning av Kronobergsmetoden. Illustratör: Bo Persson, Skogsstyrelsen

2.3.1.2. GLES SKÄRM

En gles björkskärm kan vara ett alternativ om risken för frost är liten. I en gles skärm kan granen utvecklas bättre. Några år efter Kronobergsmetodens lansering utvecklades en metod där man i första hand aktivt satsade på skötsel av blandbestånd av björk och gran med uttalade ambitioner att kunna avverka ett björkbestånd efter ungefär 35 år (Tham 1987, 1988). Beståndet ska bestå av 500–800 stammar ha⁻¹ av björk efter röjning. Röjningen skall sättas in när granen är 2–3 meter hög. Enligt Tham (1988) har skärmar med ca. 500 björkstammar ha⁻¹ en mycket liten påverkan på granens volymproduktion. Samtidigt kan en gles skärm medföra en ymnig produktion av stubbskott vilket då kräver ytterligare röjningsinsatser (Johansson och Lundh 1991).

En försöksserie med denna typ av björkskärmar lades ut i slutet av 1980-talet (Figur 2:7). Tretton år efter anläggningen av försöksytorna mättes bestånden, som då var mellan 32 och 45 år gamla. Resultaten från den sista inmätningen visade att granar som växt under björkskärm fått en tillväxtned-sättning under de tretton år som förflutit efter anläggningen av försöket. Medeltillväxten för granar som stått under björkskärmen var ca. 10 procent lägre än för granar i rena granbestånd (7,2 respektive 7,9 m³ ha⁻¹ år⁻¹). Däremot hade blandbeståndet en högre totalproduktion än det rena gran-

beståndet. Björkarnas medeltillväxt var ca. 4,3 m³sk ha⁻¹ år⁻¹. Tillsammans med granen i blandbeståndet motsvarar det en medeltillväxt på 11,5 m³sk jämfört med 7,9 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ i de rena granbestånden (Johansson 2001a). Sammantaget hade blandbeståndet således producerat över 100 m³sk mer än det rena granbeståndet. Enligt denna modell avverkas björksärmen vid 30–40 års ålder beroende på markens bördighet och björkarnas och granarnas tillväxt. Ett alternativ är att 50–100 björkar per hektar, av hög virkeskvalitet, lämnas kvar tills beståndet är ca. 60 år och som då kan skördas som fanérvirke (Johansson 2001b). Om björkstammarna sprids jämnt över arealen så bör konkurrensen med granarna bli liten.

Även denna typ av skärmskogsbruk är en intensivare form av skogsvård än brukligt och kräver en stor påpasslighet för att resultatet ska bli lyckat. Skillnaden i dimension mellan granen och björken kan ge problem i drivningsarbetet eftersom trädslagen uppnår gagnvirkesdimension vid olika tidpunkt. Vid konventionell gallring måste granar som ej kan tillvaratas avlägsnas i stickvägarna samtidigt som en extra gallring av granen kan bli nödvändig inom kort. Den första genomgallringen av beståndet riskerar därmed att bli dyr.



Figur 2:7. Försök med samodling av gran och björk. Foto: Staffan Jacobson

2.3.2. Enskiktade blandbestånd med björk

- Intresset för blandskog ökar och certifieringsstandarder ställer idag krav på en bibehållen lövandel. Ett alternativ till skärmskogsbruk kan då vara en enskiktad blandning med björk och barrträd.
- Utgångsläget är viktigt för möjligheten att skapa en långsiktig enskiktad blandning. En likartad dimensionsutveckling främjar också möjligheten att gallra trädslagen vid samma tidpunkt och med traditionella drivningsmetoder.
- Höjdförhållandet mellan trädslagen kan endast i ringa grad påverkas genom röjning och gallring. Troligtvis är beståndsanläggningen, med val av ståndort, markberedningsmetod och tidsplan, en viktig nyckel för hur trädslagen utvecklas i förhållande till varandra.
- Röjning och gallring är viktiga verktyg för att påverka träslagssammansättningen. Vid röjning är möjligheten att påverka som störst eftersom det normalt finns ett stort antal stammar som är utvecklingsbara. Denna möjlighet kan dock snabbt begränsas om röjningen sätts in för sent.
- Blandningar där barrträden växer i nivå med björkens kronor innebär en ökad risk för pisk-skador.

Konceptet med en lågskärm av björk över gran är den mest beprövade skötselmetoden för blandskog i Sverige. Metoden utnyttjar trädslagets olika tillväxtmönster där björkens snabba ungdomstillväxt tas tillvara genom tidiga gallringar för att på sikt bygga beståndet på granens mer uthålliga tillväxt. Beståndet övergår på så vis till en ren granskog efter halva omloppstiden även om enstaka björkar kan sparas långsiktigt utan att granens utveckling äventyras. Det finns behov av skötselmetoder som möjliggör en mer långsiktig blandning av barr och löv. Intresset för blandskog ökar och certifieringsstandarder ställer idag krav på en bibehållen lövandel under större delen av omloppstiden. Ett alternativ till skärmskogsbruk kan vara en enskiktad blandning med björk och barrträd. Om förhållandet i trädhöjd är ungefär lika blir konkurrenssituationen mellan trädslagen mer jämbördig och båda trädslagen har möjlighet att utvecklas. En likartad dimensionsutveckling främjar också möjligheten att gallra trädslagen vid samma tidpunkt och med traditionella drivningsmetoder.

Det finns idag för få experiment med enskiktade blandningar med björk och barrträd för att kunna dra några generella slutsatser om hur skogsskötseln bör utformas i denna typ av bestånd. Likt en lågskärm med björk över gran kräver även en enskiktad trädslagsblandning en större påpasslighet vid skötseln än ett trädslagsrent bestånd. Utgångsläget är viktigt för möjligheten att skapa en långsiktig enskiktad blandning (Mielikäinen 1980, Fahlvik m.fl. 2005). Om björken får överhanden i ett tidigt skede kan det bli nödvändigt att gallra trädslaget kraftigt för att gynna barrträdens utveckling. Björken får inledningsvis inte heller vara för långt efter barrträden. Höjdtillväxten kulminerar tidigt hos björken och en eftersatt kronutveckling

i ungdomen kan vara svår att åtgärda vid senare skötselinsatser (t.ex. Rytter 2013). Höjdförhållandet mellan trädslagen kan endast i ringa grad påverkas genom röjning och gallring. Troligtvis är beståndsanläggningen en viktig nyckel för hur trädslagen utvecklas i förhållande till varandra. Här kan faktorer såsom ståndort och markberedningens utförande påverka uppslaget av naturligt förnygrad björk (Karlsson 2003). Även den tidsmässiga planeringen av markberedning och plantering bör ha betydelse för hur barrträden utvecklas i jämförelse med björken.

Röjning och gallring är viktiga verktyg för att påverka träslagssammansättningen och konkurrensen i ett blandbestånd. Vid röjning är möjligheten att påverka som störst eftersom det normalt finns ett stort antal stammar som fortfarande är utvecklingsbara. Denna möjlighet kan dock snabbt begränsas om röjningen sätts in för sent. I en ungskog med tall, gran och björk i södra Sverige undersöktes möjligheten att påverka beståndstrukturen vid röjning (Fahlvik m.fl. 2015). Försöket visade att det gick att påverka beståndet i enlighet med olika målsättningar men visade också att många stamval var tvingande redan vid en medelhöjd av ca. 4 m till följd av konkurrens, skador och hänsyn till trädens rumsliga fördelning. Planeringen av gallringsåtgärder i en enskiktad blandskog förenklas av att trädslagen är i ungefär samma utvecklingsfas. Däremot krävs det en bättre kännedom om det enskilda objektet för att avgöra gallringsbehovet i ett blandbestånd än i en monokultur. I en monokultur är ofta uppgifter om utvecklingsgrad och beståndstäthet tillräckligt för att fram till en lämplig gallringstidpunkt. I ett blandbestånd måste konkurrensförhållandet mellan trädslagen kontinuerligt följas upp. Det kan behövas ett större fokus på björken vid senare gallringar i och med barrträdens mer uthålliga tillväxt. Ett av få försök med en enskiktad blandning med björk och gran kan åskådliggöra denna dynamik (Fahlvik m.fl. 2011). Försöket anlades på en bördig mark (G37) vid tidpunkter för röjning då totalt ca. 2000 stammar per ha lämnades med en björkandel på 0, 20 eller 50 procent (Figur 2:8). Försöket har därefter gallrats två gånger med bibehållen trädslagsfördelning. Vid röjningen var björken 1,5-2 m högre än granen. Björken behöll detta försprång under 10 år, men vid 36 års ålder hade granen kommit i kapp och kan förväntas att bli dominerande framöver varför björken måste gynnas aktivt i gallringar.

Trädslagets olika tillväxtmönster har också betydelse för valet av slutavverkningstidpunkt. Normalt tillämpas en kortare omloppstid för björk än för tall och gran. Ett sätt att ta hänsyn till skillnader i tillväxtdynamik är att anpassa blandningsförhållandet över tiden där andelen barr successivt tillåts att öka med ökande beståndsålder (Mielikäinen 1980, 1985, Frivold 1982, Fahlvik m.fl. 2011). Studier tyder på att en björkandel på <25% kan behållas under hela omloppstiden utan att nämnvärt påverka den totala produktionen (Mielikäinen 1980, 1985, Agestam 1985). Blandningar där barrträden växer i nivå med björkens kronor innebär en ökad risk för piskskador (Frivold 1982).



Figur 2:8. Bestånd med enskiktad blandning av björk och gran. Foto: Nils Fahlvik

Piskskador uppstår då björkens grenar kommer i kontakt med barrträdens toppskott och orsakar friktionsskador. I en norsk studie av 61 blandbestånd med gran och björk fann Frivold (1982) att piskskador var vanligt förekommande men att andel skadade granar sällan översteg 30 procent. Fahlvik m.fl. (2011) fann att 15–17 procent av granarna var piskade i blandningar med 20 och 50 procent björk. Skadade toppskott kan leda till tillväxtförluster och kvalitetsnedsättande fel såsom dubbeltopp och krök.

2.3.3. Produktion i blandskog med björk och barr

- Blandbestånd med en lågskärm av björk över gran kan ge en högre total volymproduktion än i ett bestånd där granen friställs genom en tidig avverkning av björken.
- Konkurrensen från björken kan dock leda till lägre tillväxt hos granen.
- Det finns idag inga entydiga bevis för förekomsten av en blandskogseffekt i blandningar mellan björk och barrträd. Behovet av fler fältförsök är därför stort för att få bättre underlag om produktionen i blandbestånd.
- Traditionellt har stamvolymen varit det viktigaste måttet i produktionsstudier. Torrvikten kan dock få större betydelse i framtiden och då kan björkens högre densitet leda till att utfallet från blandbestånd med björk blir mer fördelaktigt.

I teorin kan en blandskog producera mer än trädslagsrena bestånd om de ingående trädslagen bättre utnyttjar ståndorten genom att delvis utnyttja olika resurser, genom att trädslagen påverkar ståndorten så att det gynnar det andra trädslaget eller genom att blandningen bättre motstår störningar av olika slag (Kelty 2006). Det finns olika definitioner på blandskogseffekt men här avses huruvida en blandning av björk och barrträd producerar mer än det högst producerade trädslagsrena alternativet.

Blandbestånd med en lågskärm av björk över gran kan ge en högre total volymproduktion än i ett bestånd där granen friställs genom en tidig avverkning av björken (Tham 1988, Bergqvist 1999, Johansson 2014, Lundqvist m.fl. 2014). Konkurrenten från björken kan dock leda till lägre tillväxt hos granen (Andersson 1985, Braathe 1988). I en studie omfattande nio lokaler i mellersta och södra Sverige jämfördes alternativ där björken antingen avlägsnats helt eller reducerats till en skärm med 500 träd per ha (Johansson 2014). Behandlingarna anlades vid ca. 25 års ålder och efter 10 år glesades skärmen ut till ca. 100 björkar ha⁻¹. När försöken mättes efter 20 år var den totala medelproduktionen i alternativen med och utan skärm 8,1 respektive 4,7 m³ ha⁻¹. I norra Sverige studerades alternativ där björken antingen avlägsnats helt eller gallrats till en skärm med 300 eller 600 björkar ha⁻¹ vid 38 års ålder (Lundqvist m.fl. 2014). Efter 36 år uppmättes den totala volymproduktionen för gran i det friställda alternativet till 126 m³ ha⁻¹ medan totalproduktionen i gles och tät skärm var 183 respektive 242 m³ ha⁻¹. Skärmarna hade inte avverkats vid den senaste mätningen. I båda försöken registrerades ingen eller endast en liten påverkan av skärmen på granens medelhöjd och volymproduktion jämfört med gran utan skärm. Lundqvist m.fl. (2014) fann att granen var något slankare med skärm än utan. Skärmarna i försöken ställdes när björkens medelhöjd var >10 m. Försöken skiljer sig från den s.k. Kronobergsmetoden då skärmen har ställts betydligt senare och inte följer samma avvecklingssteg. Försöksdesignen gör det svårt att uttyda om det föreligger någon blandskogseffekt till följd av att trädslagen gynnar varandras tillväxt eller utnyttjar olika nischer. I skärmförsöken har normalt antalet granar varit samma i behandlingarna med och utan skärm. Det innebär ett högre stamantal i alternativen med skärm än i den frihuggna granen och denna förbandseffekt kan i sig ge en högre produktion (Lundqvist m.fl. 2014). Jämförelsen kan också se annorlunda ut om referensen till skärmen är ett alternativ där granen har vuxit utan konkurrens från björken i ungdomen. Försöken har ännu inte följts under en hel omloppstid och det återstår att se hur granen utvecklas i de olika alternativen på längre sikt.

Produktionen i mer långsiktiga blandbestånd med björk och barrträd har simulerats i svenska och finska studier (Agestam 1985, Ekö 1985, Mielikäinen 1980, 1985). I simuleringarna erhöles samma eller något lägre produktion i blandningar där en viss björkandel (ca. 25%) bibehölls under en omloppstid jämfört med ett rena barrbestånd. Mielikäinen (1985) särskilde på vårtbjörk och glasbjörk

och fann att blandningar med en måttlig andel vårtbjörk gav lika eller något högre tillväxt jämfört med ett rent granbestånd medan blandningar med glasbjörk genomgående resulterade i en lägre volymproduktion på de undersökta lokalerna. Det finns idag få fältförsök med enskiktade bestånd där olika blandningsförhållanden studeras under likartade förhållanden under en längre tid. I en finsk studie utvärderades produktionen på provytor med olika blandningsförhållanden mellan vårtbjörk och tall inom 14 lokaler (Hynynen m.fl. 2011). Resultaten visade att volymproduktionen i de medelålders bestånden avtog linjärt med ökande björkandel. Medelproduktionen inom björkdominerade ytor var ungefär 80 procent jämfört med talldominerade ytor. I södra Sverige studerades blandbestånd med vårtbjörk och gran där beståndsutvecklingen följts 10 år efter röjning till en björkandel på 0, 20 eller 50 procent av stamantalet. Det fanns inga signifikanta skillnader i volymproduktion mellan behandlingarna men produktionen tenderade att öka mer på rena granytor i slutet av perioden jämfört med blandningarna.

Sammanfattningsvis finns det idag inga entydiga bevis för förekomsten av en blandskogseffekt i blandningar mellan björk och barrträd. Behovet av fler fältförsök är stort för att kunna dra säkrare slutsatser om produktionen i blandbestånd. Tillgängliga studier representerar ett fåtal ståndorter och har ofta bara följts under första halvan av omloppstiden. Dynamiken i blandbestånden gör det viktigt att följa försöken under lång tid. Björkens snabba tillväxt i ungdomen kan till exempel leda till en högre produktion blandbestånd i början av omloppstiden medan skillnaderna jämnas ut vid högre ålder (Mielikäinen 1980, Frivold & Frank 2002). Det finns även andra faktorer som kan spela en viktig roll när olika blandningsalternativ jämförs. Studierna bygger genomgående på naturligt förnygrad björk med varierande grad av skötsel. Idag finns det förädlad plantmaterial av björk tillgängligt med en betydligt högre produktionspotential jämfört med naturligt förnygrad björk (Haapanen m.fl. 2015, Liziniewicz m.fl. 2021). Traditionellt har stamvolymen varit det viktigaste måttet i produktionsstudier. Torrvikten kan få större betydelse om uttaget av bioenergi ökar i framtiden och då kan björkens högre densitet (480 kg m⁻³) jämfört med gran (385 kg m⁻³; EPD 2020) leda till att utfallet från blandbestånd med björk blir mer fördelaktigt.

2.4. Stamkvistning

Stamkvistning är en skötselåtgärd som syftar till att skapa en kvalitetsmässigt god stam genom att avlägsna kvalitets-sänkande grenar och kvistar. Åtgärden har varit vanlig på ek och tall men har även förekommit på björk i Finland sedan 1930-talet. Den har då utförts i två steg (Hynynen m.fl. 2010). Vid 6–7 m höjd kvistas de nedre 2,5–3 m av stammen på 600–700 träd ha⁻¹. Nästa kvistning sker när träden är över 10 m då 400–500 träd ha⁻¹ kvistas igen till en höjd av 5–6 m. Det slutliga antalet stamkvistade träd vid en förlängd omloppstid blir ungefär 350 ha⁻¹. Tidpunkten för

stamkvistning har diskuterats och den för närvarande rådande rekommendationen för ordinära lövträd i Sverige är att stamkvistning bör ske efter savningsperioden på våren och att tiden kring midsommar är lämplig (Rytter m.fl. 2014). Motivet är att träden då befinner sig i aktiv tillväxt och kan motverka svampangrepp samtidigt som det är lång tid kvar på tillväxtsången så att övervallningen av kvistsår hinner påbörjas. Om kvistkudden eller stambarken skadas vid kvistning innebär det att missfärgning av veden ökar (Schatz m.fl. 2008).

Den naturliga kvistrensningen är jämförelsevis god hos björk men kan förbättras med artificiell hjälp. En del vetenskapliga stamkvistningsstudier har genomförts på björk för att studera effekter av åtgärden. En av de tidigaste studierna gjordes av Heiskanen (1958) i Finland. Övervallningstiden i den studien varierade beroende på kvistens storlek och årsringarnas bredd men var i snitt 4 år vid

en kvistdiameter på 1-10 mm och kring 8 år då kvisten var 2-3 cm. Andelen kvistrestorer som drabbades av röta ökade med ökad kvistdiameter men rötan gick aldrig utanför den årsring då stamkvistningen utfördes. Effekterna av stamkvistning på stamkvalitet uppvisade endast små skillnader mellan vårt- och glasbjörk. Stamkvistning av levande kvistar, s.k. grönkvistning, gav upphov till mer defekter än torrkvistning av döda kvistar. En nyligen genomförd studie på vårtbjörk (Stener m.fl. 2017) konstaterade att artificiell stamkvistning av vårtbjörk ökade volymen av felfri ved utanför kvistarna (Figur 2:9) och att virkesvärdet därmed ökade. Liksom i den tidigare studien observerades att defekter såsom röta påträffades inuti i kvistresterna.

Niemistö m.fl. (2019) har nyligen visat att övervallning av kvistsår hos vårtbjörk går snabbare hos friska än döda kvistar.



Figur 2:9. Exempel på stamkvistad (t.v.) och okvistad vårtbjörk. I båda fallen syns s.k. barkdrag kring kvisten, men veden utanför kvisten vid stamkvistning är fri från bark och defekter. Bilden tagen från arbetet av Stener m.fl. (2017).

Vid försök med inokulering av vitröta (*Chondrostereum purpureum*) hos stamkvistade vårtbjörkar (Vartiamäki m.fl. 2009) blev resultatet att rötan hade lättast att infektera under maj månad men variationen under året var stor.

I stamkvistningsstudier har olika verktyg för att avlägsna kvistar testats. Schatz m.fl. (2008) fann att användning av sekator gav mindre missfärgning av ved än då kvistsåg nyttjades. Niemistö m.fl. (2019) noterade å andra sidan att övervallningen gick snabbare då kvistsåg användes jämfört med sekator.

2.5. Veddensitet

Produktion har tidigare oftast uttryckts som volym av stamved, men det har blivit allt intressantare att uttrycka produktion även som biomassa och torrsubstans. För att översätta stamvolym till stambiomassa och vice versa har en genomsnittlig veddensitet av 480 kg m^{-3} använts i produktionstabellerna ovan (Tabell 2:1 och 2:3), vilket hämtats Motsvarande siffror för gran och tall är 385 och 415 kg m^{-3} enligt siffror i EPD (2020). Variationen i veddensitet är emellertid betydande och varierar både mellan årsringar och med trädhöjd (Ferm 1985). Stambarken har normalt en högre densitet än själva veden hos björk (Mälkönen 1977, Björklund & Ferm 1982, Ferm 1985) och grenarna har högre densitet än stammen (Björklund & Ferm 1982), delvis beroende på en högre barkandel. Johansson (2007) noterade att veddensiteten var högre på lerjord (435 kg m^{-3}) än på sandjord (423 kg m^{-3}) för unga (12 år gamla) björkar, men såg ingen skillnad mellan vårt- och glasbjörk.

2.6. Produktionsjämförelser mellan björk och andra trädslag

Det har gjorts jämförelser för att visa om det finns skillnader i tillväxt hos olika trädslag. När det gäller de båda björkarterna visade Fries (1964) att glasbjörken hade 79–83 procent av vårtbjörkens diametertillväxt vid samma diameter och ålder och att glasbjörkens medeldiameter var 72 procent av vårtbjörkens. En jämförelse mellan de båda trädslagen i planterade norrländska försök (Rosvall & Palmér 1988) visade att glasbjörken producerade 63 procent av vårtbjörkens nivå.

Vid jämförelser med andra trädslag visade Fries (1964) att den naturligt föryngrade vårtbjörken producerade ungefär 85 procent av granens tillväxt samtidigt som en 17 procent högre veddensitet medförde att torrsustansproduktion blev ungefär lika mellan trädslagen. Vid en jämförelse under norrländska förhållanden drog Rosvall och Palmér (1988) slutsatsen att utvalda vårtbjörksorter kunde producera lika mycket som gran men under en kortare omloppstid, 40 år för vårtbjörken och 50 år för granen. Eriksson (1991a) redovisade produktionsjämförelser mellan björk och gran och noterade att granen var överlägsen björken i sydvästra Sverige efter 36–37 år medan björken hade producerat mer än granen i norra Svealand efter 24–25 år. En förklaring till Erikssons motsägande resultat är sannolikt, förutom skillnaden i ålder, att plantmaterialet och därmed förädlingsgraden varierade. En senare studie (Ekö m.fl. 2008) visade att björken producerade betydligt mindre volym

än både gran och tall, 40–60 procent av granens och 60–70 procent av tallens produktion. Dessa låga siffror visade den aktuella situationen i landet och beror bland annat på att naturligt föryngrad björk jämförs med plantering av förädlad gran och tall. En pågående studie med plantering av olika trädslag på jordbruksmark (Rytter & Lutter 2019) visar att vårtbjörk i genomsnitt producerar mer än dubbelt så mycket som gran efter 8–9 år då jämförbara plantmaterial använts. Man kan dock förvänta sig att granen närmar sig och eventuellt går om björken med tiden. Lundström m.fl. (2006) beräknade tillväxtförlusten om naturligt föryngrad björk ersätter planterad gran och kom fram till att förlusten efter 50–100 år skulle bli 3–8 procent om 30–60 procent av granföryngringarna ersätts med björk. Som synes är det fortfarande oklart hur björk och gran producerar på samma mark vid en jämförelse.

Det har gjorts arbeten med att konvertera olika trädslagsståndortsindex med varandra, ett arbete som är besvärligt då olika beståndsparametrar betyder olika mycket för olika trädslag. Braastad (1985) utarbetade ståndortsindexrelationer (SI) mellan gran, tall, vårtbjörk och glasbjörk i Norge (Tabell 2:4a). Johansson (2006) presenterade SI-relationer för svenska förhållanden mellan gran, al, björk och asp (Tabell 2:4b). Bogghed (2010) gav följande funktion för att översätta björkbonitet (H_{50}) till granbonitet (H_{100}): $H_{100}Gran^{SI} = 1,15 * H_{50}Björk^{-1}$.

Tabell 2:4. a) Funktioner för att översätta ståndortsindex mellan gran, tall, vårtbjörk och glasbjörk (Braastad 1985). SI för gran och tall är H_{100} och SI för björk är H_{40} ; b) funktioner för att översätta ståndortsindex mellan gran, klibbal, gråal, vårtbjörk, glasbjörk och asp (Johansson 2006). SI för gran är H_{100} och för övriga trädslag H_{50} .

a) Funktioner hos Braastad (1985)	R ²	b) Funktioner hos Johansson (2006)	R ²
$SI_{Gran} = -3,732 + 1,1953 * SI_{Tall}$	0,750	$SI_{Gran} = 10,872 + 0,504 * SI_{Asp}$	0,32
$SI_{Tall} = 5,703 + 0,6275 * SI_{Gran}$	0,750	$SI_{Asp} = 7,896 + 0,643 * SI_{Gran}$	0,32
$SI_{Gran} = -0,982 + 0,9969 * SI_{Vårtbjörk}$	0,623	$SI_{Gran} = 0,438 + 0,836 * SI_{Klibbal}$	0,51
$SI_{Vårtbjörk} = 7,411 + 0,6250 * SI_{Gran}$	0,623	$SI_{Klibbal} = 10,665 + 0,613 * SI_{Gran}$	0,51
$SI_{Gran} = 0,546 + 0,9804 * SI_{Glasbjörk}$	0,642	$SI_{Gran} = 12,017 + 0,433 * SI_{Gråal}$	0,45
$SI_{Glasbjörk} = 3,308 + 0,6548 * SI_{Gran}$	0,642	$SI_{Gråal} = 1,418 + 0,940 * SI_{Gran}$	0,45
$SI_{Tall} = 0,284 + 0,9338 * SI_{Vårtbjörk}$	0,767	$SI_{Gran} = 9,276 + 0,609 * SI_{Vårtbjörk}$	0,48
$SI_{Vårtbjörk} = 3,401 + 0,8218 * SI_{Tall}$	0,767	$SI_{Vårtbjörk} = 4,174 + 0,781 * SI_{Gran}$	0,48
$SI_{Tall} = 3,836 + 0,7270 * SI_{Glasbjörk}$	0,691	$SI_{Gran} = 12,483 + 0,501 * SI_{Glasbjörk}$	0,31
$SI_{Glasbjörk} = -0,142 + 0,9502 * SI_{Tall}$	0,691	$SI_{Glasbjörk} = 6,930 + 0,620 * SI_{Gran}$	0,31

2.7. Funktioner för att beräkna volymer och biomassa

Volymfunktioner för bestämning av stamvolym hos björk finns tillgängliga för hela Sverige. Allmänt tillämpade funktioner är Andersson (1954) för småträd (diam. <5 cm) och Brandel (1990) för grövre träd. Funktioner finns framtagna för olika delar av landet och i Brandel (1990) även för olika uppsättningar av oberoende variabler. Brösthöjdsdiameter och trädhöjd ingår som oberoende variabler i samtliga funktioner. Funktionerna särskiljer inte på björkarterna.

Den första omfattande studien i Sverige för att ta fram biomassafunktioner för ovan- och underjordiska fraktioner hos gran och tall gjordes av Marklund (1988). I denna ingick även ovanjordiska funktioner för björk där vårt- och glasbjörk inte separerades. Björkfunktionerna byggde på 242 provträd i diameterintervallet 0–36 cm. Korsmo (1995) publicerade ekvationer för att bestämma biomassafraktioner hos unga lövträd, däribland vårtbjörk, från naturligt förnygrade bestånd i södra Norge. I arbetet ingick bestånd från både skogs- och jordbruksmark. Ekvationerna är av följande typ: $\ln W = a + b \cdot \ln^2(D)$ där W = biomassafraktionens

torrvikt, D = brösthöjdsdiameter, och a och b är koefficienter. Johansson (1999) utarbetade funktioner för att beräkna olika ovanjordiska biomassafraktioner för naturligt förnygrad vårt- och glasbjörk på före detta jordbruksmark i Sverige. Arbetet baserades på 10 bestånd av respektive trädslag. En powerfunktion visade sig vara bäst för att skatta de olika biomassafraktionerna: $B = a \times D^b$, där B = biomassafraktion (totalt, stam, grenar, blad), D = brösthöjdsdiameter och a och b är konstanter. Johansson (2007) tog senare fram funktioner där även stubbe och rötter inkluderades. I Finland presenterade Repola (2008) multivariata modeller för såväl ovanjordisk som underjordisk biomassa för båda björkarterna. De komponenter som ingår är stamved, stambark, levande och döda grenar, blad, stubbe och rötter. En ny norsk studie (Smith m.fl. 2014) utvecklade funktioner för ovanjordisk biomassa av både vårt- och glasbjörk (total biomassa ovan jord, stamved, stambark, levande krona, levande och döda grenar) baserade på stamdiameter och trädhöjd.

2.8. Gödsling av björk

Växter har en genetiskt inbyggd tillväxtgräns. Den tillväxt vi ser ute i skogarna är dock oftast betydligt lägre än denna gräns eftersom begränsning av en eller flera produktionsfaktorer reducerar tillväxten. På fastmarker i Sverige är det normalt tillgången på upptagbart kväve som begränsar trädens tillväxt. I Syd- och Mellansverige är det ofta vattentillgången under vegetationsperioden som, näst efter kvävetillgången, är den begränsande faktorn.

Gödsling av gran- och tallbestånd har varit en vanligt förekommande åtgärd i Sverige. Sammanlagt beräknas mer än två miljoner hektar skogsmark ha gödslats minst en gång sedan verksamhetens start på sextioalet (Högbom & Jacobson 2002). Även hos lövträd kan man få en positiv tillväxteffekt av en kvävegödsling. Men då lövträden omsätter hela sin lövbiomassa årligen, kommer depån av extrakväve att tömmas betydligt snabbare än i ett barrträd. Barrträden faller endast 1/8 till 1/3 av sin barrskrud varje år, varigenom utspädningseffekten av det upptagna kvävet går väsentligt långsammare än i björkbestånd. Effektperioden hos lövträd blir därför betydligt kortare och den sammanlagda tillväxteffekten lägre. Viro (1974) fann att effektperioden av en kvävegödsling endast var ca. 3 år i rena björkbestånd och ca. 5 år i blandbestånd. I två svenska försök i rena björkbestånd var effektperioden 4–5 år (Jonsson och Möller 1976).

Volymtillväxtökningen vid en standardgiva (160 kg N ha⁻¹) efter fem år i samma försök var 2,5 respektive 7,5 m³sk ha⁻¹, vilket var mindre än hälften av den tillväxtökning man normalt får vid gödsling i barrbestånd på samma typ av mark. Utifrån dessa resultat drog författarna slutsatsen att en viss björkinblandning i för övrigt gödslingsbara bestånd ej behöver medföra att bestånden undantas från gödsling.

Trots avsaknaden av entydiga forskningsresultat finns i Finland åsikten att det är lönsamt att gödsla livskraftiga björkbestånd som närmar sig slutavverkning (Raulo 1987). Samma författare varnar samtidigt för gödsling av yngre björkbestånd då detta kan öka deras mottaglighet för angrepp av skadegörare.

Från Finland redovisar Saarsalmi m.fl. (1992) resultat från försök med samtidig spridning av aska och kväve på nedlagd jordbruksmark där man planterat björk. Erhållen tillväxt, mätt som ton biomassa, var i försöksled med aska+kväve fördubblad jämfört med försöksled som enbart fått aska. I ett växthusförsök där man odlat glas- och vårtbjörk i välhumifierad *Carex*-torv redovisar Hytönen (2016) signifikanta tillväxtökningar efter tillförsel av vedaska. Utifrån dessa resultat drog författaren slutsatsen att gödsling med aska är en bra resurs vid brist på fosfor och kalium och kan rekommenderas vid odling av björk på torvmark.

2.9. Det framtida klimatet och björk

Den pågående förändringen av klimatet med varmare temperatur påverkar sannolikt den framtida skogen. Modeller och prognoser har tagits fram. Den allmänna uppfattningen är att tillväxten i våra skogar kommer att öka framöver på grund av klimatförändringen. För svenska förhållanden har prognoser upprättats för olika trädslag. Vårtbjörkens tillväxt beräknas öka under de närmaste 90 åren över hela landet (Bergh m.fl. 2010) med ungefär 8 procent i södra Sverige och 17 procent i norra Sverige jämfört med dagens klimat. Samtidigt minskar omloppstiden med 5 år i söder. En finsk studie (Briceño m.fl. 2006) visade att en klimatförändring ger mer positiv tillväxteffekt för gran och tall än för vårtbjörk. Björken beräknas få en 21 procent ökad tillväxt i södra Finland och en 34 procent ökning i norra delen av landet.

Ovanstående prognoser stöds bland annat av klimatkammarstudier. Pettersson m.fl. (1993) redovisade en genomgående högre tillväxthastighet hos små vårtbjörkplantor vid

en förhöjd CO₂-koncentration på 700 ppm jämfört med den tidens atmosfäriska förhållanden på 350 ppm. Resultatet gällde vid samma kvävetillgång men oavsett på vilken nivå den låg på. Silvola och Ahlholm (1995) noterade att tillväxtökningen vid förhöjd CO₂-halt från 350 till 700 ppm var liten hos vårtbjörkplantor när näringstillgången var svag men stark vid gödsling då CO₂-halten höjdes. Vid ännu högre CO₂-halter än 700 ppm var tillväxtökningen liten eller ingen beroende på näringstillgången.

Beskogning med initialt snabbväxande björk kan eventuellt nyttjas även för att binda CO₂. För att bedöma potentialen behövs kunskap om såväl ovanjordisk som underjordisk biomassa. Studier av björkens rotsystem är sällan genomförda. En studie i centrala Polen på övergiven jordbruksmark (Bijak m.fl. 2013) visade att vårtbjörkens rot:skott-kvot varierade från 0,1 till 1,0 med tydlig tendens för minskad kvot med ökad ålder, högre brösthöjdsdiameter och trädhöjd.

2.10. Ekonomiska aspekter

Björkodlingens ekonomi har beräknats vid ett antal tillfällen. Elfving (1986) jämförde björk med ekonomin hos gran, hybridasp och klibbal och kom fram till att björken gav lägre avkastning än gran och hybridasp. Libäck (1988) jämförde björk mot sitkagran, gran och hybridasp och den kunde inte hävda sig gentemot dessa. Eriksson (1991b) kom fram till att björken var ekonomiskt underlägsen de flesta alternativ med barrträd men dock bättre än flertalet ädellövträdslag. Författaren kom också fram till att plantering av vårtbjörk med 2 500 plantor, kombinerat med en röjning och tre gallringar och slutavverkning efter 55 år, gav ett bra ekonomiskt utfall. I den diskussion som Oikarinen (1983) publicerade blev bedömningen däremot att vårtbjörkens ekonomi visserligen var något sämre än hos barrkulturer, men skillnaden var så liten att förändrade förutsättningar lätt kunde ändra ordningsföljden mellan trädslagen. Ekö (2006) jämförde granens och björkens ekonomiska potential och drog slutsatserna att gran ger ett bättre ekonomiskt resultat än björk vid rimliga kalkylräntor. På den bästa björkboniteten som testades (H50=26) hävdade sig björken dock ganska väl och vid stormfällning blir jämförelsen betydligt bättre för björk även om det i normalfallet sällan blir fallet. En estnisk studie (Tullus m.fl. 2012) kom fram till att vårtbjörk planterad på åkermark

skulle ge en internränta på 4,7–6,7 procent vid en omloppstid på 34–45 år. Det var ett lägre utfall än för hybridasp men björken bedömdes ha bättre marknadsutsikter beroende på ett flertal olika virkessortiment och skördetidpunkten ansågs inte lika viktig.

Bergkvist m.fl. (2006) studerade möjligheterna att ta ut biomassa på ett mer ekonomiskt sätt vid röjning. Möjligheterna är beroende av att ungskogsskörden utvecklas men för övrigt visade de ekonomiska beräkningarna att det finns en potential att maskinellt ta ut skogsbränsle med positivt netto ur tätta ungskogar, vilka ofta är björkdominerade, som hittills klassats som eftersatta bestånd med normalt dyra röjningskostnader som följd. I den tidiga gallringen blir frågan om det ska tas ut energived eller massaved. Di Fulvio m.fl. (2011) kom fram till att den tidiga gallringen i björkdominerade bestånd bör inrikta sig på energived med de marknadspriser som gällde då studien gjordes. I en finsk studie undersöktes hur olika gallringar påverkar det ekonomiska utfallet (Ahtikoski m.fl. 2004). Det viktigaste budskapet blev att björkbestånd alltid ska gallras och att följa de rådande skötselrekommendationerna gav ett bra utslag. Emellertid var skillnaden inte så stor mellan olika gallringsstrategier varför det finns en god flexibilitet i hur björk ska gallras utan att det ekonomiska utfallet förändras.

3. Skogsträdsförädling med björk

- Under de senaste 30 åren har kvaliteten och tillväxten hos björk förbättrats markant i Sverige genom förädling.
- Ett bestånd med planterad förädlad björk utvecklar sig som ett annorlunda trädslag än naturligt föryngrad björk.
- De stora framstegen i björkförädlingen har gjorts med jämförelsevis låga investeringar och visar att det finns en outnyttjad potential att förbättra björkens tillväxt och egenskaper ännu mer med både klassisk och genomisk förädling.
- Utveckling av genomisk kunskap och metoder som är specifika för björk kan innebära en snabb förbättring av nuvarande björkmaterial.

3.1. Introduktion

Inhemska björkartor är de vanligaste lövträden i Sverige och de kan vara högproduktiva. Ofta förekommer björken i naturliga föryngringar och i barrträdplanteringar. De naturligt uppkomna bestånden är ofta lågproduktiva med låg kvalitet och det är svårt att med skötsel producera virke av hög kvalitet (Figur 3:1). Vissa skattningar pekar på att på motsvarande mark kan björken endast producera 40 procent av vad granen presterar (Ekö m.fl. 2008).

Hög virkeskvalitet hos björk definieras genom stammens grovlek och rakheter och positiva egenskaper hos grenarna. Råvara av högsta kvalitet används inom fanerindustrin som producerar de mest avancerade produkterna av björkvirke. Genetisk förädling av björk har föreslagits som ett sätt att öka produktionen hos björk och ge hög virkeskvalitet (Bild 3:2).



Figur 3:1. Naturligt föryngrad björk har ofta låg kvalitet med krokig stam och frekvent klykbildning. Foto: Lars Rytter

3.2. Historia

Björken har haft en "svajig" historia i förädlingsarbetet. Det första förädlingsinsatserna pågick under perioden 1940-1960-talen med forskning om fröförflyttning, art-hybridisering och polyploidiförädling (Werner 2010). De första björkfröplantagerna etablerades 1948 men på grund av svagt intresse skördades aldrig något frö (Werner 2010). Det svaga intresset för björk resulterade också i att förädlingsprogrammet avslutades i början av 1960-talet. Detsamma skedde även för andra lövträdsfamiljer. Intresset för björk väcktes till liv igen i slutet av 1980-talet (Stener & Jansson 2005, Danell & Werner 1989) och i början av 1990-talet valdes ca. 1 300 plusträd ut i naturliga bestånd över landet för att etablera sju förädlingspopulationer (Figur 3:3). Plusträd definieras som ett träd vilket är större och har bättre kvalitetsegenskaper än omgivande träd. Dessutom inhämtades material från Finland, Baltikum, Polen och Tyskland. Material levererades till Sverige av förädlingsinstitutioner i dessa länder.

3.3. Strategi och förädlingscykel

Björkens förädlingsstrategi baseras på "multiple-population"-strategin (Rosvall 2011) och den klassiska förädlingscykeln med testning, urval, nya korsningar och praktisk implementering (Figur 3:4). Samma strategi används även för gran och tall som är de största trädslagen i det svenska förädlingsprogrammet (Danell 1993). Varje population definieras av vegetationsperiodens och fotoperiodens längd, dvs dagsljusets längd under vegetationsperioden (Figur 3:3). Björken delades in i tre nordliga (B1-B3) och fyra sydsvenska (B4-B7) populationer. Varje population innehåller ca. 50 plusträdskloner utvalda från genetiska tester i fältförsök, vilket innebär att antalet valda plusträd är mycket mindre än den totala mängden testade kloner. Ursprungligen utsågs 1 300 plusträd medan behovet till de sju populationerna var 350 individer.

De genetiska testerna svarar generellt på frågan hur mycket av trädens fenotyp, t.ex. höjd, diameter och resistens, som kan förklaras med trädens genetiska kod och vilka genotyper som har de önskade egenskaperna. En ursprunglig strategi för björken var att göra kloner av alla utvalda plusträd. Klontester ger en mer noggrann uppskattning av genetiska avelsvärden än testning av avkommor. Tyvärr framkom en stor variation mellan kloner när det gäller att kunna framställa dem och t.ex. kunde bara en bråkdel av plusträden klonas i region B4. Dessutom var kloning ett dyrt alternativ i förhållande till det intresse som fanns för björk. Efter denna mindre framgångsrika erfarenhet av kloning ändrades strategin och man började testa plusträd via avkommor, dvs. halvsyskon.



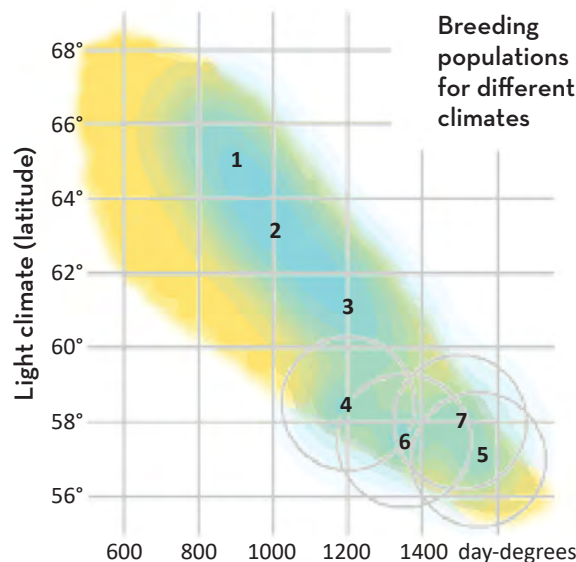
Figur 3:2. Förädlad björkbestånd med rak stam och stor grenvinkel. Foto: Line Djupeström, Skogforsk

Urvalet av genotyper gjordes för att nå ett antaget förädlingsmål, så kallad genetisk vinst. I nuläget definieras den genetiska vinsten för björk som en ökning av volymproduktion per hektar med en viss hänsyn till att förbättra stammens kvalitet (rakhet och grenegenskaper) och klimatanpassning (vårfenologi). Därmed baseras urvalet av de bästa genotyper på fenotypiska observation av höjd och diameter i fältförsök. I ett vanligt genetiskt försök med björk mäts höjd vid 6 års ålder och stamdiameter vid 12 års ålder. Externa kvalitets-egenskaper och skador registreras vid båda tillfällena. Urvalet av de bästa genotyperna utförs efter slutmätningen år 12.

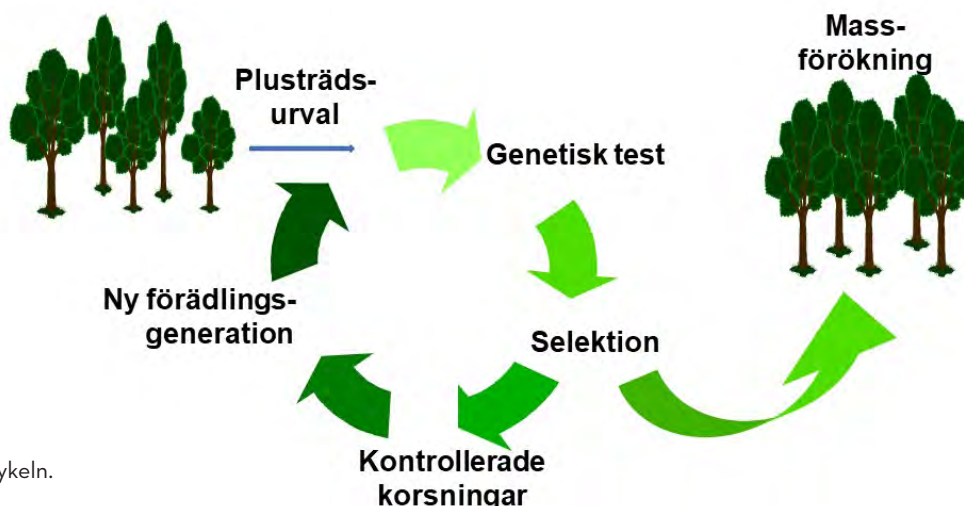
Både höjd och diameter har visat en stark genetisk ärftlighet (heritabilitet) och stor fenotypisk variation. I svenska studier har genetiska komponenter förklarats med 10-40 procent av fenotypisk variation i höjd och diameter (Stener & Hedenberg 2003, Stener & Jansson 2005). Båda parametrarna skapar bra förutsättningar för tillfredställande urval av de bästa genotyperna, vilket kan säkerställa att den genetiska vinsten levereras.

För att skapa en ny förädlingspopulation ska utvalda kloner korsas enligt ett schema där varje klon ingår i endast två korsningar ("double-pair mating"). De nya korsningarna (familjer) testas via avkomor och urvalet därefter innebär att den bästa genotypen väljs inom varje familj. Mellan 100 och 200 avkomor per korsning/familj testas.

Numera blir alla plusträd av björk testade och de bästa klonerna delas in i sju populationer. I södra och norra Sverige finns de utvalda klonerna arkiverade i krukarkivet i Ekebo och Sävar. Samtidigt är allt material nedgrävt i frilandsarkiven i Maltesholm och Sävar. Under kommande år kommer de att korsas för att skapa F1-material för framtidens testning.



Figur 3:3. Björkförädlingspopulationer i Sverige. 1-3 är norrländska populationer, 4-7 är sydsvenska populationer.



Figur 3:4. Förädlingscykeln.

3.4. Klimatanpassning

Nytt material som ska testas produceras ofta i mängder så att det kan upprepas på 2-4 försökslokaler och delas upp i olika delar av populationsregionerna. Anledningen är att kunna testa materialet på olika platser där mark-, vatten- och klimatförhållanden skiljer sig åt. I teststrategin försöker man att både plantera försöken i populationens naturliga regioncentra samt utanför den regionen (Figur 3:3). Ett försök som förflyttas söderut ska likna ett varmare klimat och ett som flyttas norrut ska motsvara ett kärvarare klimatläge. Utvalda genotyper ska vara "generalister", dvs. de ska växa bra och ha en bra kvalitet i alla försök.

3.5. Elitpopulationen

Intresset för förädlade björkplantor är för närvarande lågt. Årligen produceras ca. 2 miljoner björkplantor, vilket är en liten mängd jämfört med de 200 miljoner tallar och 200 miljoner granar som odlas fram. I södra Sverige finns endast små förflyttningseffekter, dvs. man kan flytta frö inom södra Sverige utan att volymproduktionen minskar och det är små miljö x genotypinteraktioner (Stener 1995, 1997). Under dessa omständigheter kan de sydsvenska populationerna betraktas som en enda population.

För att väcka intresset och intensivifiera förädlingsarbetet etablerades därför en elitpopulation för hela södra Sverige. Populationen innehåller de 20 bästa genotyperna från de fyra sydsvenska populationerna. I framtiden ska träden inom population korsas och urvalet görs för att snabbt öka den genetiska vinsten i volymproduktion.

3.6. Genetiska vinster

Genetisk vinst i förädlingsarbetet anges i procent ökad medelproduktion jämfört med oförädlad material vid optimal omloppstid för virkesproduktion, dvs. när den löpande tillväxten och medeltillväxten blir lika stor (Rosvall & Wennström 2008). Detta grundas på skattningar av resultat från unga försök av olika träslag och har verifierats med data från äldre parcellförsök (Jansson m.fl. 1998, Rosvall m.fl. 2001, Westin & Sonesson 2005, Jansson 2007, Liziniewicz m.fl. 2018).

Genetisk vinst beror på sammansättningen av kloner i använd population (Tabell 3:1). I den nuvarande fröplantagen Ekebo5 uppskattas genetisk vinst till 13 procent, vilket kommer att öka till 17 procent efter att nya kloner börjar producera frö och kan ersätta de sämsta av de nuvarande. Dessa vinster uppskattades dock bara bland de kloner som testats och det finns ingen referens med helt oförädlad material. Sålunda finns det inga objekt där en verklig kvantifiering av genetisk vinst kan ske. Problemet med genetisk vinstskattning är att en vanlig förädlingscykel är betydligt kortare än ett bestånds omloppstid. Därför är det sannolikt att genotyper som planteras i nuvarande bestånd kommer att ersättas med nya när bestånden nått sin omloppstid eftersom nya korsningar utförs och testas samt att ett nytt urval görs. I så fall blir genetisk vinstskattning av mindre värde. Bland annat av det skälet etableras inte försök för att skatta genetiska vinster då sådana försök kräver att

ett stort antal flerträdsparceller etableras, vilket inte är möjligt med nuvarande finansiering av björkförädlingen. I björkförädlingsprogrammet i Finland, vilket är betydligt större än det i Sverige, är genetiska vinster i volymtillväxt skattade till 29 procent i södra och 26 procent i norra delen av landet (Hagqvist 2001).

Utveckling av tillväxtmodeller är ett sätt att använda försöksdata som kommer från olika försöksdesigner, tillväxtperioder och med skötsel för olika ändamål. En modell för grundytteutveckling har skapats för planterade och förädlade björkbestånd i södra Sverige (Liziniewicz m.fl. 2021). Modellen visar att vinster upp till 32 procent är möjliga på de bästa ståndorterna, vilka representeras av sydsvensk jordbruksmark. Jämförelsematerialet i studien bestod av lågförädlad material. Användning av förädlad material med en förädlingsgrad som gav 18 procent vinst förkortade omloppstiden med 5-9 år enligt modellen och ökade därmed väsentligt beståndets ekonomi (markvärdet).

Som tidigare påpekats styrs urvalet i björkförädling framför allt av höjd och diameter. Ett sådant urval innebär en risk att andra egenskaper kan påverkas negativt. I gran och tall minskar t.ex. veddensitet med ökande diameter (Chen 2016, Chen m.fl. 2015) och det kan leda till en minskning av biomassaproduktionen. Hos björk syns emellertid inga negativa samband mellan tillväxt och veddensitet (Eriksson & Jonsson 1986, Jones m.fl. 2021).

Tabell 3:1. Genetiska vinster för utvalda kloner i olika förädlingspopulationer i förhållande till oförädlad material. För kvalitetsegenskaper betyder siffran förväntad andel av avkommor med acceptabel stamkvalitet. I en genomsnittspopulation finns ca. 70 procent träd med acceptabel kvalitet. Ekebo1 och Ekebo4 är gamla fröplantager. Ekebo5 är nuvarande fröplantage medan Ekebo6 är en ny fröplantage som kommer i drift om 10 år.

	Population	Genetisk vinst (%) volym	Genetisk vinst (%) raket	Genetisk vinst (%) grenighet
Population	Elit	18	89	83
Population	B7	12	75	66
Population	B6	11	89	81
Population	B5	11	86	78
Population	B4	11	87	81
Fröplantage	Ekebo1	9	89	71
Fröplantage	Ekebo4	11	88	78
Fröplantage	Ekebo5	13	92	75
Fröplantage	Ekebo6	17	91	84

3.7. Användning av förädlad material

Man behöver skilja mellan termerna förädlingspopulationer och användningsområden. Förädlingspopulationer etableras huvudsakligen för att ha kontroll på genetisk struktur i populationen, bevara så stor mängd björkgener som möjligt och arbeta med anpassning till framtidens klimat. Dessutom etableras nya korsningar och genetiska tester inom varje population. Ett användningsområde är ett definierat geografiskt område där resultatet av förädlingsarbetet kan tillämpas i praktiken.

Tillämpning av resultat sker oftast via olika typer av fröplantager där de önskade klonerna planteras för att massproducera frö. I allmänt får genotyperna från de fyra sydsvenska förädlingspopulationerna användas för massförökning i hela södra Sverige upp till Mälardalen. Genotyperna från tre nordsvenska populationer används i norra Sverige.

Ett exempel på avancerad tillämpning av resultaten från björkförädlingsprogrammet är Ekebo växthusfröplantage. Den första Ekeboplantagen etablerades 1992 på resultat från de första klon- och avkommetesterna. Klonerna i plantagen växer i krukor och som flyttats in i växthus före blomning för att undvika pollinering från oförädlade björkar i grannskapet. Efter pollinering flyttas krukorna tillbaka ut där fröna fortsätter att mogna. Klonsammansställningen i plantagen har ändrats genom åren då resultat från nya försök kommit fram. Numera finns fröplantagen Ekebo5 i drift (Figur 3:4). Träden i Ekebo5 ska producera frö som ska ge 15–20 procent mer volym per hektar och kvaliteten ska vara signifikant bättre jämfört med oförädlade frökällor. Vartannat år brukar plantagen ge en skörd på drygt 2 kg frö som löpande säkerställer marknadsbehovet i södra Sverige. År 2018 etablerades en växthusfröplantage av Södra Skogsägarna i Falkenberg. Plantagen är en kopia av Ekebo5-plantagen. Skillnaden är att träden är nedgrävda i marken, något som ska säkerställa högre förmåga för fröproduktion. Förutom Ekebo5 finns det två frilandsfröplantager i Asarum i Blekinge och Lilla Istad på Öland. Frö från de plantagerna används i andra hand.



Figur 3:5. Fröplantagen Ekebo5. Fröproduktion i krukor präglas av osäkerhet i trädens vitalitet eftersom det finns obalans mellan rotbiomassa och biomassa i trädens ovanjordiska del. Detta gör att fröproduktionen kanske inte blir tillräckligt stor för att täcka det behov som finns i södra Sverige. För att säkerställa tillgången på björkfrö etablerade Södra en växthusfröplantage i Falkenberg. I plantagen finns samma kloner som i Ekebo5-fröplantagen men alla kloner är nergrävda i marken för att gynna rotsystemets utveckling. Foto: Mateusz Liziniewicz

I norra Sverige, dvs. norr om 60:e breddgraden, finns inga registrerade frökällor och därför rekommenderas förädlade plantor/frön från Finland som är avsedda för motsvarande klimatområde. Eventuellt kan det finnas tillgängligt frö från de äldre växthusplantagerna i Sävar. Finskt material rekommenderas dock inte söder om 59:e breddgraden p.g.a. sämre tillväxt och högre mortalitet (Stener 1995).

Vid brist på odlingsmaterial skall frötäktsbestånd användas som frökälla. Frötäktsbestånden ska vara belägna inom två breddgraders avstånd från odlingslokalen.

3.8. Framtidens förädling

Förädling för att öka virkesproduktion och höja kvalitet kommer att dominera också i framtiden. Det krävs för att förbättra beståndsekonomin och väcka intresset för plantering av björk. I linje med den växande bioekonomisektorn finns även möjligheten att nya användningsområden för björkvirke kan uppstå. Detta kan öka intresset för förädling av björk med målet att öka virkesproduktion plus någon annan egenskap som är önskvärd för industrin t.ex. fiber och kemiska komponenter.

Björk är ett pionjärträdslag som blommar tidigt i jämförelse med barrträd. Vissa björksorter/kloner, som stimuleras med ökad CO₂-halt och ständig ljusstillgång, kan producera frön redan 1-2 år efter groningen (Kärki 1976). Denna egenskap gör björken till ett suveränt modellträdslag för att testa genomisk selektion (GS). Genomisk selektion kan tillämpas i björkförädlingen och i ett långt perspektiv förkorta förädlingscykeln.

I GS används fenotypiska observationer från försök för att skapa genomiska modeller vilka kopplar fenotypiska observationer till variation i olika delar av DNA-koden. Modellerna kan sedan tillämpas på DNA från nya genotyper, t.ex. från korsningar, för att skatta deras avelsvärde. Den traditionella förädlingen skattar trädets avelsvärde med hjälp av fenotypiska observationer och släktskap mellan individer. Genomiska modeller skattar istället trädets avelsvärde med hjälp av DNA-koden utan användning av fenotypiska data. Tillämpning av GS kan ske nästan direkt efter groningen och de utvalda genotyperna kan arkiveras för framtida korsningar. En vanlig förädlingscykel för björk tar

ofta 13-15 år (Rosvall 2011) men med GS kan den förkortas till 5-6 år. För att förverkliga metoden behöver dock intresset för björkodling öka kraftigt.

Vegetativ massförökning är attraktiv eftersom ett mindre antal kloner med mycket goda egenskaper ger större genetiska vinster jämfört med fröförökat material. Kontrollerade korsningar mellan de bästa björkgenotyperna kan producera frön av högt genetiskt värde som rent hypotetiskt kan klonas. Just nu klonas dock inte björk eftersom intresset är svagt. Om plantering av förädlad björk ökar i framtiden kan metoder med vegetativ förökning utvecklas (Koski & Rousi 2005).

Möjligheterna att förbättra björkmaterialet genom korsningar av sterila linjer har provats i Finland men inte i Sverige (Wangm. fl. 1996). Koncepten används ofta i jordbruket och har föreslagits för användning på skogsträd, men har ännu inte introducerats i något större skalan. Resultaten från Finland indikerar att det finns möjlighet att använda metoden, men såsom i fallet för GS är ett ökat intresse för björk en förutsättning för utveckling och fördjupade studier.

Björkförädlingen har onekligen förbättrat utgångsläget för ekonomiskt lönsam björkodling. Däremot bör inte förädlade björkfrön ses som en lösning för att få tillfredställande bestånd. De nödvändiga förutsättningarna ska skapas genom ett noggrant val av ståndort och intensiv skötsel. Kombinationen av de åtgärderna kan säkerställa bra resultat på kort tid. Faktiska jämförelser av olika björkmaterial med gran och tall på samma ståndort vore av högt värde för att fatta relevanta förvaltningsbeslut. Därför behövs nya försök med dessa trädslag.

4. Björk – effekter på mark och vatten

- Björkar har stor påverkan på en mängd markparametrar. Det sura nedfallet är ofta lägre under lövträd än barrträd.
- Marken under björk har ofta betydligt mindre kolmängder än både gran och tall.
- Marken under björk är oftast mindre sur och har en högre basmättnadsgrad än marken under tall och gran.

4.1. Inledning

Träd har stora både direkta och indirekta effekter på marken och kan därigenom även påverka både biologiska och kemiska markprocesser. Trädslaget påverkar marken på olika sätt, framför allt genom:

- 1) allokering av fotosyntesprodukter,
- 2) ge upphov till skillnader i förnans kvalitet både ovan och under jord och
- 3) produktionsskillnader.

Dessa artspecifika skillnader leder i förlängningen till att markens flora-, fauna- och svampsamhällen påverkas i olika riktning. Den markmikrobiologiska sammansättningen leder till att markprocesser som växttillgänglighet av kväve, fosfor och andra näringsämnen, kollagring och vittring påverkas. Genom dessa processer kommer även omgivande ekosystem att påverkas främst via yt- och grundvatten.

Syftet med den här rapportdelen är att kortfattat beskriva hur björken påverkar olika markparametrar, framför allt effekter på kol- och kväveomsättning och syra/bas-balanser. Effekterna är främst indirekta genom påverkan på markmikrobiologiska processer.

Björk anses vara en markförbättrare (Bradley & Fyles 1995). Markkemiska parametrar och mikrobiologisk aktivitet skiljer sig på avgörande sätt mellan björk å ena sidan och tall och gran å den andra. Det har hävdats att i vissa fall beror skillnaderna på utgångsläget och det är därför viktigt att jämförande studier har väl dokumenterade utgångslägen. Frågan om björkens påverkan på marken har under lång tid rönt intresse. För snart 95 år sedan visade Hesselman (1926) att på samma marktyp har björkförna ofta ett högre pH och en högre buffringsförmåga än barrskogsförna.

4.2. Markförsurning

Skörd och bortförsel av producerad biomassa leder till en biologisk försurning av markens övre horisonter. I vilken grad pH och basmättnadsgrad påverkas beror till stor del på hur mycket biomassa som produceras. Försurningen orsakas av trädens upptag av positivt laddade joner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , och Mn^{2+}), ett upptag som balanseras av utsöndring av protoner (H^+). Försurningen realiseras i samband med uttaget av biomassa och dess storlek beror på det totala uttaget av biomassa och näring. Det finns ett stort antal undersökningar som visar att bestånd av barrträd i regel har ett lägre pH i marken än lövdominerade bestånd. Nilsson m.fl. (2007) har utifrån Ståndortskarteringen skattat trädslagets påverkan på markens syra-basstatus. pH värdet i humuslagret i bestånd som dominerades av lövträd var 0,24 respektive 0,37 pH enheter högre än i rena gran- och tallbestånd. Skillnaden består dels i den större biomassaproduktionen hos gran dels också av att löv ofta växer på mer näringsrika marker.

Smolander m.fl. (2005) uppmätte högre pH under björk (4,7) jämfört med gran (pH 4,1). Mätningarna gjordes i ett 35-årigt björk-granförsök etablerat på en typisk podsol av blåbärstyp. Försöket är beläget i östra delarna av centrala Finland.

Undersökningar av totalt fem trädslagsförsök i Danmark (1), Litauen (3) och Sverige (1), visar på ett signifikant högre pH under björk ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,0$) än under gran ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 4,3$) i markskiktet 0–10 cm. I skiktet 20–30 cm hittades inga signifikanta effekter (Hagen-Thorn m.fl. 2004). I samma försöksserie mättes även katjonbyteskapaciteten (CEC) och basmättnadsgraden (BS). Katjonbyteskapaciteten skilde sig inte mellan försöken, däremot basmättnadsgraden, dvs. hur stor andel av jonbytesplatserna på markpartiklarna som är bundna till katjoner. Den större mängden organiskt material i humusen under granskog leder till att CEC ökar.

Andra faktorer som påverkar pH-nivån är nedfall av svavel och kväve vilket verkar försurande, svavelnedfallet har dock minskat dramatiskt under de senaste decennierna. Nedfallet i form av krondropp är högre under gran p.g.a. granens täta och ständigt gröna krona.

Även nitrifikation, den bakteriellt medierade oxidationen av ammonium till nitrat, är en försurande process. Nitrifikation gynnas av högt pH.

4.3. Markmikrobiologi

De markmikrobiologiska processerna drivs i stor utsträckning av rotexudat. Sandnes m.fl. (2005) undersökte om skillnader i utsöndringen av lågmolekylära karboxylsyror förelåg mellan gran och björk. Försöket utfördes i både i steril mikrokosm-miljö i försök på lab och i fältförsök och visade på stora skillnader i sammansättningen av enkla organiska syror.

Priha m.fl. (2001) visade med undersökning av PLFA (fosfolipid-fettsyror) på skillnader i mikrobiologisk samhällsstruktur i humuslagret mellan de undersökta trädslagen. Både den mikrobiella biomassan och kolmineringshastigheten var högst under björk och lägst under gran.

Hansson m.fl. (2013a) uppmätte signifikant mer svampbiomassa, mätt som mängd ergosterol³, i marken under björk (0,26 µg ergosterol g⁻¹) jämfört med gran 0,13 µg ergosterol g⁻¹) och tall 0,08 µg ergosterol g⁻¹.

4.4. Skogsmarkens kol

Den boreala zonen utgör ett betydande reservoar för kol (Goodale m.fl. 2002, Luyssaert m.fl. 2010). Zonen utgör cirka 17 procent av världens landyta men innehåller ca. 30 procent av kolet i landbaserade ekosystem. En stor del av kolet i boreala skogsekosystem finns i marken. Mängden kol som finns lagrad i marken är en balans mellan tillförsel av organiskt

material i form av förna (både ovan och under jord) och nedbrytning. Båda faktorerna styrs av ett stort antal faktorer, t.ex. jordmån, vattentillgänglighet, klimat, näringsstatus, beståndshistoria och bonitet.

Skogsmarken innehåller ett stort antal organiska ämnen, med högst varierande grad av motståndskraft mot nedbrytning. Kortfattad kan markkol indelas i fyra huvudgrupper: icke polära extraktivämnena (t.ex. vaxer, fettsyror och fetter), vattenlösliga extraktivämnena (t.ex. socker och fenoler), fraktioner lösliga i syra (cellulosa och hemicellulosa) och fraktioner olösliga i syra. Träkol från tidigare skogsbränder har en uppehållstid på tusentals år. Förutom det som räknas som organiskt material finns även andra kolpools i marken, stubbar och grova rötter (> 2mm) och finrötter (<2 mm). Finrötter och svamphyfer brukar oftast räknas in i det organiska materialet av tekniska skäl. Alla dessa olika ämnen brukar vanligtvis sammanfattas med begreppet SOM (Soil Organic Matter).

Att bestämma mängden markkol och hur mängderna påverkas av olika skötselåtgärder är notoriskt svårt, med små förändringar av stora lager. Dessutom kan en stor andel av det organiska materialet klassificeras som svårnedbrytbart med omsättningshastigheter som sträcker sig över 100-tals eller 1000-tals år. Endast en mindre del av det organiska materialet har korta omsättningshastigheter, med en tidskala som sträcker sig över månader och år.

³ En sterol specifik för svamp som används för att skatta mängden mycel i marken.

4.5. Trädslag och kollagring

Informationen om hur olika trädslag påverkar kollagring är spretig men försök har gjorts att sammanfatta de resultat som finns om trädslagseffekter på markens kollager. Vesterdal m.fl. (2013) sammanställde effekterna av olika trädslag på markens kollager från boreala och temporala klimatlägen. Tyvärr förekom björk endast i ett fåtal jämförelser, i endast 6

av totalt 27. I fem av jämförelserna var mängden kol i humuslagret lägre under tall och/eller gran, i det sjätte försöket hittades inga statistiska skillnader (Tabell 4:1). Det finns också en tidsaspekt, det var i den yngsta jämförelsen (Alriksson & Eriksson 1998) som den minsta skillnaden noterades.

Tabell 4:1. Sammanställning av olika trädslags effekter på humuslagrets kollagring. Data från Vesterdal m.fl. (2013).

Jämförelse	Land	Typ av jämförelse	Referens
Björk<douglasgran<tall	Kanada	Common garden	Thomas & Prescott (2000)
Björk<tall<gran	Sverige	Parvist försök	Hansson m.fl. (2011)
Björk=tall, lärk och gran	Sverige	Common garden	Alriksson & Eriksson (1998)
Björk, lärk<tall	Island	Parvist försök	Sigurðardóttir m.fl. (2000)
Björk<gran	Finland	Common garden	Smolander m.fl. 2005)
Björk<gran	Finland	Common garden	Olsson m.fl. (2012)

En jämförelse av kollagring mellan gran, tall och vårtbjörk i tre närliggande 50-åriga bestånd i sydvästra Sverige (Hansson m.fl. 2011) visade att granbeståndet hade den största mängden kol i marken (73 ton C ha⁻¹) medan björkbeståndet hade den lägsta (41 ton C ha⁻¹). Skillnaden mellan trädslagen kunde hänföras till skillnader i humuslagret. I björkbeståndet fanns 15 procent av kolet i humuslagret medan andelen var betydligt högre i tall- och granbestånden (tall 34 procent och gran 44 procent) (Hansson m.fl. (2011).

Den högre produktionen hos gran än hos både tall och björk i södra Sverige innebär också en större finrotsbiomassa och en ökad produktion av finrötter. I trädslagsförsöket vid Tönnersjöheden uppmätte Hansson m.fl. (2013b) den årliga finrotsproduktionen i torrsvikt till 284 g m⁻² för gran, till 78 g m⁻² för tall och till 73 g m⁻² för björk. Omsättningshastigheten för finrötter var lägst för tall (1 120 dagar) och något kortare för gran (900 dagar) och björk (922 dagar) (Hansson m.fl. 2013b).

I den jämförande studien på tidigare åkermark av Hagen-Thorn m.fl. (2004) hittades inga signifikanta skillnader i koncentration av kol mellan björk (21,7 mg g⁻¹) och gran (24,8 mg C g⁻¹). Totalmängden skilde sig inte signifikant, vare sig i 1-10 cm horisonten (björk 27,8 ton ha⁻¹ och gran 31,4 ton ha⁻¹) eller 20-30 cm horisonten (björk 10,2 ton ha⁻¹ och gran 9,1 ton ha⁻¹) (Hagen-Thorn m.fl. 2004).

Priha och Smolander m.fl. (1999) undersökte kol- och kväveomsättningen i ett 35-årigt björk-granförsök. Kolmineraliseringshastigheten skiljde sig inte i detta försök mellan trädslagen. Modeller för nedbrytning av död ved baserade på data från långtidsförsök i södra och mellersta (Mäkinen m.fl. 2006) visar att björkstammar bryts ner fortare än gran och tall.

Palvianen m.fl. (2010) undersökte nedbrytningen av stubbar hos vårtbjörk, tall och gran i en kronosekvens (0, 5, 10, 20, 30 och 40 år) efter slutavverkning i södra Finland. Stubbar av vårtbjörk bröts ner snabbare än för gran och tall. Efter 40 år hade stubbar av gran och tall tappat 78 procent av den initiala kolmängden medan stubbar av vårtbjörk hade förlorat 90 procent av den initiala kolmängden.

Kolmineraliseringshastigheten, mätt som mg CO₂-C g⁻¹ C dag⁻¹, var i en studie av Olsson m.fl. (2012) signifikant högre i humuslagret på björkytor (ca 0,80 CO₂-C g⁻¹ C dag⁻¹) jämfört med tall och gran (ca 0,25 CO₂-C g⁻¹ C dag⁻¹). Där emot, räknad som avgiven mängd CO₂-C m⁻² år⁻¹, var effekten signifikant högre under gran p.g.a. att kolmängderna i marken var större under gran. I det nordliga och mer näringsfattiga försöket i Kivalo i norra Finland var kolmineraliseringshastigheten likvärdig mellan björk och gran men signifikant skild från tall.

4.6. Björkens påverkan på kväveomsättning

Smolander m.fl. (2005) uppmätte lägre C-N-kvoter under björk (17) än under gran (23) i en finsk studie. Kvoten mellan C och N kan användas som ett indirekt mått på markmikrobiologisk aktivitet, då en C-N-kvot under 25, som ett tröskelvärde, ofta ger ökad växttillgänglighet av oorganiska kväveföreningar.

Priha och Smolander (1999) mätte i ett ca. 60 år gammalt försök skillnader i mikrobiell biomassa, netto N-mineralisering, nitrifikation, denitrifikationspotential (efter tillsats av nitrat) mellan björk-, gran- och tallbestånd på två olika boniteter. Björk skilde sig från både tall och gran för alla uppmätta parametrar. Efter fumigering med kloroform, ett sätt att skatta den mikrobiella biomassan, varierade kvävemängderna mellan 36 och 67 µg N cm⁻³ frisksvikt i humuslagret och mellan 13 och 50 µg N cm⁻³ i mineraljorden. Denitrifikationspotentialen, efter tillförsel av nitrat, var 2-29 ng N₂O-N cm⁻³ jord h⁻¹ i humuslagret och 0-28 ng

N₂O-N cm⁻³ jord h⁻¹ i mineraljorden. För båda parametrarna tenderade effekten att vara lägst under gran och högst under björk. I de mer produktiva bestånden fanns i effekterna i alla markhorisonter, medan i de mindre näringsrika bestånden endast i humuslagret. Högre C-N kvot och pH förklarar troligtvis både den lägre nitrifikation och det lägre antalet nitrifierare i mindre näringsrika bestånd. Slutsatsen hos Priha och Smolander (1999) var att det finns skillnader mellan trädslag men också att boniteten har betydelse.

Kvävemineraliseringen (µg N g⁻¹C dag⁻¹) i försöket på Tönnersjöheden var signifikant högre både i humuslagret och i 0-10 cm av mineraljorden under björk jämfört med tall och gran (Olsson m.fl. 2012). I markvattnet under humuslagret (O-horisonten) uppmätte Fröberg m.fl. (2011) ett lägre pH och högre koncentrationer av både löst organiskt kol och kväve hos gran och tall jämfört med björkparcellerna på Tönnersjöheden (Tabell 4:2).

Tabell 4:2. Koncentration av löst organiskt kol och oorganiska kväveföreningar samt pH i markvattnet i de tre översta markhorisonterna. Data från Fröberg m.fl. (2011).

Parameter	Horisont	Björk	Gran	Tall
Löst organiskt kol (mg l ⁻¹)	O (humus)	25	43	39
	A (blekjord)	26	21	34
	B (anrikningsskikt)	6	5	8
Kväve (mg l ⁻¹)	O (humus)	2,8	4,7	2,5
	A (blekjord)	1,8	1,6	1,5
	B (anrikningsskikt)	1,9	0,3	0,9
pH	O (humus)	5,0	4,4	4,3
	A (blekjord)	4,7	4,4	4,3
	B (anrikningsskikt)	4,8	4,6	4,7

4.7. Björk och markens meso-fauna

Skogsmarken i de boreala och tempererade skogarna hyser en rik och divers meso-fauna (Petersen & Luxton 1982). Det finns dock stora skillnader mellan olika skogstyper. I barrskogar med lågt pH dominerad mikroartropoder och enkytrider/ringmaskar medan i lövskogar med högre pH tillkommer sönderdelare som tusenfotingar, gråsuggor och daggmaskar till den totala biomassan.

Olsson m.fl. (2012) mätte förekomst och biomassa av daggmask i björk-, tall- och granbestånd i Tönnersjöheden. I björkbeståndet hittades signifikant fler daggmaskar än under tall och gran. På björk- och tallytorna hittades både *Dendrobaena octaedra* (råhumusmask) och *Lumbricus rubellus* (stor lövdaggmask). Antalet av båda arterna var högre i björkbeståndet, på granytorna hittades endast *D. octaedra*. Eftersom *L. rubellus* är 5-10 gånger större än *D. octaedra* är biomassan hos meso-faunan betydligt större på björkytorna.

4.8. Effekt på avrinnande vatten

Det råder en samstämmighet att trädslagen i kantzonen har effekt på ytvattenkemin. Lidman m.fl. (2016) har undersökt nedbrytningshastigheten av olika fallföroreningar i ett antal mindre vattendrag i norra Ångermanland och södra Västerbotten. Björkföroreningar har visat sig ha en signifikant snabbare nedbrytning än granföroreningar.

En jämförande studie i två små bäckar i Gästrikland etablerades 1995. Efter tre års referensmätning röjdes den bäcknära zonen längs bäckarna, längs den en bäcken lämnades löv och längs den andra tall (Högbom m.fl. 2002). Under de första fem åren detekterades inga skillnader mellan de båda bäckarna förutom att bottenfaunan påverkats olika. Björkbäcken hade t.ex. en större andel av organismer som räknas som sönderdelare (Högbom, L. opublicerat).

5. Flora och fauna

- Nära 1000 arter av mossor, lavar, svampar, skalbaggar och fjärilar kan ha björk som habitat.
- Större inslag av björk i bestånd skulle öka antalet arter på beståndsnivå.
- Habitatfragmentering är en process där en given arts livsrum bryts upp i mindre enheter. Det betraktas som det största hotet till att en art dör ut i ett skogslandskap.
- Större inslag av björk på landskapsnivå skulle minska habitatfragmenteringen för många arter som lever på lövträd.
- I många skogslandskap i Sverige är det brist på äldre lövrika skogar och en ökad satsning på björk som huvudträdslag skulle bidra till mer äldre lövskog.
- Grova riktvärden, baserade på både teoretiska och empiriska studier, är att mellan 10 och 30 procent av landskapets areal bör bestå av medelålders eller äldre lövträdsdominerade bestånd.

5.1. Teoretisk bakgrund

Detta avsnitt handlar om arter, populationer och samhällen av växter och djur som påverkas av kvalitén och mängden av levande eller döda trädstammar av björk. De rumsliga skalor som används här är i ordning träd, bestånd och landskap.

Den teoretiska bakgrunden rörande organismers abundans, spridning och överlevnad är mycket omfattande. Som en grundsten till nästan alla senare teorier finns MacArthurs och Wilsons (1967) klassiska ö-teori, senare följt av teorier om habitatfragmentering och metapopulationsekologi (se Hanski & Gilpin 1991). Habitatfragmentering är en process där en given arts livsrum bryts upp i mindre enheter. Habitatfragmentering består av flera komponenter; habitatförlust (arean habitat minskar), habitatisolering (ökning av medelavstånd mellan habitatfläckar), minskning av habitatens medelareal samt ökande s.k. kanteffekter (Fisher & Lindenmeyer 2007, Fahrig 2003). Den relativa betydelsen av dessa komponenter har varit en kontroversiell fråga (Fahrig 2013, Hanski 2015, Fahrig 2017, Rybicki m.fl. 2020). Även om habitatförlust tycks vara den enskilt viktigaste faktorn för att en population minskar så ökar den relativa betydelsen av de andra komponenterna med minskande habitatareal (Andrén 1994, Fahrig 2018, Rybicki m.fl. 2020).

Ett pedagogiskt angreppssätt som kan underlätta förståelsen av hur fragmentering påverkar artrikedom och samhällsstruktur utgår ifrån den regionala artstocken. En långsiktigt artrik lokal måste först och främst vara belägen i ett artrikt landskap. En isolerad eller liten lokal kommer att få en utarmad flora och fauna (spridningsfilter). Den lokala artstocken på en plats vid en tidpunkt beror också på den enskilda lokalens kvalitéer (habitatfilter), arters livshistoria och interaktioner mellan arter (ekologiskt filter) samt slumpmässiga faktorer (stokastiskt filter) (Lortie 2004, Appelqvist 2005).

5.2. Träd

På trädnivå rör det sig främst om arter som utnyttjar levande eller döda trädstammar, men även markvegetationen kan påverkas under enskilda träd, med en rikare flora under björkar än under barrträd (Wallrup m.fl. 2006). En grov analys över 5 artrika organismgrupper; mossor, lavar, svampar, skalbaggar och fjärilar, visar att det finns över 900 arter som utnyttjar björk (Gustafsson & Ahlén 1996, Bernes 1994 efter Ehnström, B.). Fjärilar och lavar utnyttjar i huvudsak levande björkar medan de övriga artgrupperna utnyttjar i huvudsak döda björkar (Figur 5:1; Ehnström 2015). Många arter kan leva på andra lövträd men det finns få arter som lever både på barrträd och björk. Dessa finns huvudsakligen bland organismer på död ved i sena förmultningsstadier. Något förenklat kan man säga att dessa substratberoende arter är beroende av trädens beskaffenhet och antal. Bestånd eller landskap med mycket björk kommer att ha många björkarter i livskraftiga populationer. Om det är rena bestånd eller blandbestånd spelar sannolikt mindre roll.



Figur 5:1. Större svartbagge (*Upis ceramoides*) på en björkstam. Larverna lever i vitrötade björkstammar, numera nästan enbart i Norra Sverige, förr spridd i stora delar av landet. Foto: Jan Weslien

5.3. Bestånd

På beståndsnivå är det framförallt marklevande arter (svampar, kärlväxter, markdjur) och vissa fåglar som påverkas av trädslaget. Marken i björkbestånd har högre pH än marken i barrträdsdominerade bestånd och detta påverkar i hög grad markvegetationen och markfaunan (se kapitlet om mark och vatten). Högt pH ger en rikare flora av kärlväxter (Ellenberg m.fl. 1991, Gustafsson 1994). För markvegetationens sammansättning är också ljusinsläppet en viktig faktor. Hedwall m.fl. (2019) fann att både trädslagsblandning och stamtäthet påverkar ljusinsläppet och markvegetationen. Marktäckning och artrikedom av kärlväxter ökade med ökad björkinblandning i granbestånd och minskade med ökade stamtäthet medan det motsatta gällde för markmossor. Det finns drygt 800 arter av storsvampar i björk-/aspskog, varav ca. 70 rödlistade (Bernes 1994 efter Hallingbäck, T.). Många av dessa arter finns också i blandskogar av löv och barrträd. I en systematisk genomförd litteraturstudie över fem artgrupper (markväxter, trädlevande mossor, lavar, vedskalbaggar och fåglar) jämförde Felton m.fl. (2010) monokulturer av gran med blandskog av björk och gran. Man fann att artrikedomen i alla artgrupper sannolikt ökar om man ersätter rena granbestånd med blandskogsbestånd. Däremot är det osannolikt att det skulle påverka rödlistade arter nämnvärt. För de rödlistade arterna behövs också andra modifieringar av skogsskötseln (t.ex. ökad omloppstid). Många häckfåglar är beroende av höga lövandelar men generellt är landskapsskalan viktigare än beståndsskalan (se nästa avsnitt). Järpen är dock en art där man visat att den trivs bäst i flerskiktad skog med viss lövinblandning (Åberg 2000), dvs rena barrbestånd, rena lövbestånd eller barrbestånd med för hög lövinblandning (>50%) är olämpliga.

5.4. Landskap

För många arter blir det betydelsefullt hur man rumsligt fördelar givna mängder björk i landskapet. Koncentreras björk i trädslagsrena bestånd kommer habitatfragmenteringen att öka för många arter jämfört med om man skulle blanda björk med barrträd i bestånden. Å andra sidan kanske många arter kräver så stort lövinslag på beståndsnivå att blandskogarna inte duger som habitat. Fahrig (2002) gjorde en analys av några olika fragmenteringsmodeller. Mycket kort och förenklat så antyder Fahrigs analys att för arter som har dålig spridningsförmåga är det bäst att koncentrera habitaterna i större sammanhängande områden medan för arter som är mer rörliga är det bäst med många utspridda habitat. För kombinationen barrträd-björk betyder detta att de lättspridda arterna klarar sig bra i ett landskap med litet inslag av trädslagsrena bestånd och mycket blandskogar, medan för de svårspridda arterna så är det fördelaktigt att ha större sammanhängande områden med stor dominans av ett trädslag.

Generellt kan man säga att få arter kräver rena lövbestånd. Däremot finns det många arter som måste ha landskap med hög andel lövrika bestånd. Exempel på sådana arter är mindre hackspett (Wiktander m.fl. 2001) och stjärtmes (Jansson 1999). Hur stor andel som behövs beror på fragmenteringen. Stjärtmes behöver ca. 15 procent medelålders till äldre lövrika (>50 procent löv) bestånd om avståndet mellan bestånden är 500 m. Mindre hackspett behöver ca. 40 ha äldre lövdominerade bestånd fragmenterade inom ett område på högst 200 ha. Detta stämmer väl med teoretiska resonemang om fragmentering där avstånden mellan habitaterna ökar exponentiellt då habitatarealen understiger ca. 20 procent av landskapet (se t.ex. Angelstam & Andrén 1993).

6. Viltet och björkens framtid

- Björk är en mycket betydelsefull födokälla för klövvilt i Sverige.
- Vårtbjörk är högre selekterad som föda, men glasbjörk är också viktig eftersom den är vanligare överlag.
- Klövviltbete på björk påverkar dess numerär, tillväxt, konkurrensstatus och kvalitet, men björkens fortlevnad i Sverige är inte hotad av klövviltbete.

6.1. Vad styr klövviltbete på björk?

Björk i ungskog utgör en viktig födoresurs (Figur 6:1) för klövvilt (Hörnberg 2001, Bergqvist m.fl. 2018) och betas året runt (Heikkilä 1991, Heikkilä m.fl. 1996). Under vintern betas de kala kvistarna och under sommaren repas löv och nya skott (Bergström & Danell 1987). Ibland äts också bark från björk (Mathisen m.fl. 2018), men det finns förhållandevis få rapporter om detta. Björkens betydelse som foder för älg har bekräftats genom positivt samband mellan konsumtion av björk och kroppsmassa på populationsnivå (Wam m.fl. 2018).

Klövviltbete på björk har visat sig styras av olika faktorer, däribland mängden björk i landskapet (Hörnberg 2001, van Beest m.fl. 2010, Bobrowski m.fl. 2015), mängden tall i landskapet (Cassing 2009, van Beest m.fl. 2010), älgtäthet (Bergqvist m.fl. 2014), plantmaterialets proveniens (Viherä-Aarnio & Heikkilä 2006), markens produktivitet (Mysterud m.fl. 2010, Wam m.fl. 2010), altitud (Mysterud m.fl. 2010), samt om björken växer i blandning med andra arter som *Salix* eller tall (Bergman m.fl. 2005, Milligan & Koricheva 2013). Tidigare betade björkar har högre sannolikhet att betas igen jämfört med tidigare obetade (Shiplely m.fl. 1998, Mathisen m.fl. 2017).

Björken rankas inte som något av de högst prefererade trädslagen för klövvilt i Sverige (Kullberg & Bergström 2001, Månsson m.fl. 2007, Cassing 2009), Finland (Heikkilä 1991, de Chantall m.fl. 2009, Milligan & Koricheva 2013) eller Norge (van Beest m.fl. 2010, Herfindal m.fl. 2015), utan äts i regel ungefär i samma utsträckning som den finns tillgänglig (Heikkilä 1991, Shiplely m.fl. 1998), eller i proportion till hur mycket klövvilt som finns (Heikkilä 1991, Bergqvist m.fl. 2014). Vandringssälgar som byter hemområde inför vintern intar en högre proportion björk i sin diet jämfört med stationära älgar (Histol & Hjeljord 1993). En studie i fjällmiljö har visat att bete på björk kan vara knutet till specifika lokaler,



Figur 6:1. Hårt betad björk, närbild. Foto: Märtha Wallgren

medan björkar i andra närliggande lokaler går fria från bete, en situation som kan hålla sig rumsligt stabilt i över ett decennium (Palo m.fl. 2015).

Vårtbjörk älgbetas vanligen i högre proportion än glasbjörk där de båda arterna förekommer tillsammans (Danell & Ericson 1986, Heikkilä 1991, Shiplely m.fl. 1998, de Chantall m.fl. 2009, Månsson 2009). Däremot har det motsatta observerats för har- och sorkbete (Rousi m.fl. 1989, Rousi 1990) och i en studie från Finland älgbetades bägge björkarterna i samma utsträckning (Löyttyniemi & Piisilä 1983).

Kemiska analyser av vårt- och glasbjörk har påvisat relativt små skillnader i fiber- och näringsinnehåll samt innehåll av beteshämmande substanser och smältbarhet (Shiplely m.fl. 1998). Skillnaderna i betestryck är enligt Danell och Ericson (1986) mindre uttalade mellan vårt- och glasbjörk i höjdintervallet 1–1,5 m än 1,5–3,0 m vilket skulle kunna betyda att skillnader i näringsinnehåll eller beteshämmande ämnen

mellan björkarterna blir högre med ökande ålder. Den snabbare tillväxten hos vårtbjörk jämfört med glasbjörk (Hytönen m.fl. 2013) påverkar förhållandena mellan N och C i skotten och skulle kunna vara en anledning till att vårtbjörk har högre begärlighet som foder (Bryant m.fl. 1983). Planterad, mer snabbväxande vårtbjörk betas också mer intensivt än självföryngrad, visar en studie från Finland (Heikkilä 1991). Dessutom är vårtbjörk ovanligare än glasbjörk i många landskap och kan därmed utgöra ett mer attraktivt inslag i dieten (Shipley m.fl. 1998).

Skillnader i näringsinnehåll och/eller beteshämmande ämnen kan skilja inte bara mellan olika arter av björk, utan också för samma björkart när de växer i olika habitat (Hódar & Palo 1997). I experimentmiljö (Jia m.fl. 2008) såväl som i naturlig miljö (Viherä-Aarnio & Velling 2001) har olika kloner av vårtbjörk visat sig ha olika smaklighet för älg. En tydligare proveniens hos vårtbjörk planterad i försök i Finland lockade till ett högre älgbetetryck, troligen efter-

som dessa plantor började sin årliga tillväxt tidigare än de inhemska björkarna (Viherä-Aarnio & Heikkilä 2006).

Älgar strävar efter att uppnå en balanserad kost med avseende på innehåll av näringsämnen såsom protein, fibrer och mineraler, samt minimering av sekundärmetaboliter som t.ex. kan hämma matsmältningen, vilket påverkar hur djuren väljer att nyttja en betesresurs av björk (Wam m.fl. 2018). Björkskottens proportionella innehåll av fibrer, kemiska försvarsämnen, samt deras smältbarhet gör att t.ex. bettdiametrar (Bergström & Danell 1986, Palo m.fl. 1992) är noga avvägda av betande djur. Björkskott bits i regel av i diameterintervallet 1-6 mm, med medel omkring 2,5-3 mm, där glasbjörkens diameter är något mindre än vårtbjörkens (Bergström & Danell 1986, Shipley m.fl. 1998). Bettdiametrar för såväl tall som de högre selekterade lövarterna *Salix*, asp och rönn är i medeltal grövre än för björkarterna (Bergström & Danell 1986, Shipley m.fl. 1998).

6.2. Björkens egenskaper som foderväxt för klövvilt

Eftersom björken är ett pionjärträdsdrag är mängden (täckningsgraden) tillgängligt björkfoder i höjdintervallet 0-3 m högre i ungskog (<30 år) än i äldre skog (Månsson 2009). Mängden björkskott tillgängliga för bete ökar flerfaldigt efter en avverkning av äldre barrskog (Wam m.fl. 2010).

Det finns få uppskattningar av hur mycket foder som finns på björk i jämförelse med andra trädsdrag, men enligt en kortare studie av Broman (2005) är biomassan hos tall 5 gånger högre än hos björk, rönn och *Salix* vid samma täckningsgrad. Kalén och Bergquist (2004) studerade mängden ätbar biomassa (upp till 2,5 m höjd) hos tall och björk vid olika trädhöjder och fann att tall håller större mängd ätbar biomassa tills träden är 3,5 m höga, därefter är mängden högre hos björk. Mängden ätbar biomassa (upp till 2,5 m höjd) hos björk är högst vid 4 m trädhöjd (Kalén & Bergquist 2004).

Smältbarheten hos björkarterna är lägre än i stort sett alla andra trädarter som ingår i svenska älgars diet (Shipley m.fl. 1998). Älgar som betar på fjällbjörk tar mindre bett (g biomassa) och spenderar längre tid att tugga maten än älgar som betar på *Salix*, vilket också indikerar att björk utgör den mindre lättsmälta födan av de två (Nordengren & Ball 2005).

Björken blir sällan överbetad så att dess höjdtillväxt helt stannar av, vilket är vanligt hos rönn och asp (Heikkilä & Härkönen 1993). Enligt en studie från Norge avstannar björkars höjdtutveckling när 45 procent av årsskotten betas (Speed m.fl. 2013). Eftersom björk är ett vanligt förekommande trädsdrag i Norden, inte minst i ungskog, betyder även en hög total konsumtion av björk ofta ett lågt antal bett per björkindivid. Den vanligaste årsbettsfrekvensen på björk är 1-4 bett per trädindivid för vårtbjörk och 1-2 för glasbjörk i Sverige (Shipley m.fl. 1998). I Finland har en samstämmig betesfrekvens på björk, 1-3 bett per trädindivid, påvisats (de Chantall m.fl. 2009). En bettfrekvens om >7 bett per trädindivid är ovanligt hos björk, men vanligt hos mer selekterade lövträd (de Chantall m.fl. 2009). Bettfrekvensen ökar dock med ökande betetryck och kan i vinterkoncentrationsområden för älg ligga på >10 bett per björkindivid (Heikkilä 1991). Även tidigare betade glasbjörkar, som har påverkad morfologi med högt antal tillgängliga skott, kan uppnå nivåer om >15 betade skott per trädindivid (Mathisen m.fl. 2017).

6.3. Björkbetets betydelse för skogsbruket

Bete kan ha negativ påverkan på björkars kvalitet, användbarhet och värde som skogsråvara. Det är vanligt med stamkrokighet och missfärgningar eller förruttelse i veden orsakat av älgbete (Härkönen m.fl. 2009). Enligt en studie från Finland hade 1/3 av de älgbetade björkarna inte några kvalitetsdefekter och därmed kan skogsägare ha vissa, dock begränsade, möjligheter att selektera fram oskadade träd vid röjning i betade björkbestånd (Härkönen m.fl. 2009).

För att minska risken för svåra betesskador på planterad björk framhåller Viherä-Aarnio och Velling (2001) att det är viktigt att testa hur begärliga olika kloner av framför allt vårtbjörk är för betande djur som älg, sork och hare, innan beslut tas kring vilket eller vilka kloner som ska ingå i kommersiell produktion av trädslaget.

Björken har, precis som de mer begärliga lövträden rönn, asp, sälg och ek, rapporterats kunna öka betesskador på tall när de växer tillsammans i samma bestånd (Figur 6:2; Heikkilä & Härkönen 1993, Milligan & Koricheva 2013, Wallgren m.fl. 2013). Särskilt i de fall då björk övertoppar tall (Figur 6:3), har skadorna på tall visat sig kunna öka (Heikkilä & Härkönen 1993, Bergqvist m.fl. 2014). Å andra sidan minskar älgars selektivitet när foderutbudet minskar, vilket kan



Figur 6:2. Vissa studier tyder på att betesskador på tall kan öka när björk växer i samma bestånd. Bilden visar en betad björk i tallskog. Foto: Märtha Wallgren

Röjning i produktionsskog minskar mängden tillgänglig björkföda för älg (Härkönen 1998). Stubbar efter röjda björkar skjuter nya skott (Götmark m.fl. 2005) och kan därmed fortsätta producera foder för vilt (Karlsson & Albrektson 2000, Vindstad m.fl. 2017). Björkar som kapas vid 70 procent av höjden, vid en ursprungshöjd om 1,8 m, har ökad tillväxt under kommande år jämfört med både de som kapats vid 40 procent av höjden och de som lämnats orörda (Karlsson & Albrektson 2000). Fjällbjörkar (en underart till glasbjörk) inom höjdspannet 1–2 m som kapas vid 50 cm höjd producerar mer nya skott än de som kapas vid 5 cm höjd (Haveraaen & Hjeljord 1981). Även gödsling och god vitalitet i övrigt ger bättre förutsättningar för fjällbjörk att sätta nya

innebära att alltför lite björk i landskapet skulle kunna öka betestrycket på tall (Heikkilä 1991). Vid analys av en stor mängd nationella skogliga data (Riksskogstaxeringen) hittade Hörnberg (2001) inget samband på provytenivå mellan älgbetesskador på tall och mängd björk inom beteshöjden. Motsatta resultat gällande tall och vårtbjörk har presenterats av Milligan och Koricheva (2013).



Figur 6:3. Då björk övertoppar tall tycks skador på tall öka. Foto: Märtha Wallgren

skott. Individuer försvagade av bete eller torka och träd inom höjdspannet 8–12 m visade inte samma positiva respons efter kapning (Haveraaen & Hjeljord 1981). Ibland kan betestrycket på stubbskott av björk vara så hårt att ingen etablering av nya trädbildande björkar sker (Vindstad m.fl. 2017).

Enligt Härkönen (1998) behöver björk som växer tillsammans med tall inte röjas bort med anledning av betesskaderisk på tall, förutom om det råder direkt konkurrens mellan björken och tallhuvudstammarna. I de fall som björk behöver röjas rekommenderar Härkönen m.fl. (2008) punkttröjning med 1,5–3 m radie (beroende på ålder på tallarna), dock med reservation för att effekten sannolikt är mindre positiv i områden med höga älgtätheter.

6.4. Allmänna effekter av bete på björk

Forskning visar också att klövviltsbete kan öka dödligheten (den Herder m.fl. 2009b) eller hindra tillväxten (Lyly m.fl. 2013) hos unga vårtbjörkar. Björkens generellt goda spridnings- och kolonisationsförmåga gör att dess föryngring gynnas i en miljö som påverkats av en kombination av skogsbruk (i artikeln avses röjning, gallring och markberedning) och utestängning av betande djur (Kramer m.fl. 2006). Utan effekterna från skogsbruk (dvs. i slutna skog) kan björkens föryngring bromsas av bete (Kramer m.fl. 2006).

En indirekt effekt som bete kan ha på björk är att det ökar konkurrenskraften hos unga björkar i jämförelse med mer betesbegärliga lövträd som ek, asp och ask, vilkas höjdtutveckling i högre grad missgynnas av bete (Van Bogaert m.fl. 2009, Leonardsson m.fl. 2015). Utbrott av skadegörare på björk, exempelvis fjällhöstmätare, *Epirrita autumnata*, kan dock göra att den förlorar konkurrensen mot den mer snabbväxande aspen, trots det högre betestrycket på den senare (Vehviläinen & Koricheva 2006).

Även renbete kan ha påverkan på björk. I en studie från Finland undersöktes skillnader i fjällbjörkförekomst

mellan vinter- och sommarbetesområden för ren och forskarna fann att såväl antalet unga fjällbjörkar i höjdsplanet 0,3–1,5 m som mängden lövbiomassa upp till 1,5 m var lägre i sommarbetesområdet där den huvudsakliga björkkonsumtionen sker (Kumpula m.fl. 2011). Tidigare har Lehtonen och Heikkinen (1995) också visat att renbete kan ha negativ påverkan på föryngring av fjällbjörk. Kumpula m.fl. (2011) argumenterar för att beakta ekosystemets bärkraft och tillämpa rotationssystem vid planering av bete i fjällbjörkskog. En potentiellt positiv effekt av bete kan dock vara förändrad plantkemi, vilket kan öka nedbrytningshastighet och näringsomsättning i marken, vilket har påvisats hos fjällbjörk som betats av ren (Stark m.fl. 2007).

Unga björkar betas också av hare och sork (Kullberg & Bergström 2001; Lyly m.fl. 2013). Bete av hare och gnagare har visat sig kunna ha värre effekter för vårtbjörk än bete från klövvilt, eftersom de förstnämnda i högre utsträckning dödar unga individer av björk genom ringbarkning, medan klövviltsbetet i huvudsak påverkar tillväxttakten (Lyly m.fl. 2013).

6.5. Vinterbetets påverkan på björk

Enligt en norsk studie kan vinterbete av älg på glasbjörk leda till en gradient av responser beroende på om betningsgraden är lätt eller svår, där svårare bete (under efterföljande år) kan leda till det högsta antalet tillgängliga såväl som betade skott (Mathisen m.fl. 2017). En klippningsstudie från Sverige har demonstrerat att glasbjörk reagerar genom överkompensatorisk tillväxt efter att toppskottet klipps, men att effekten avtar med ökande täthet av omgivande träd och alltså förmodligen är konkurrensberoende (Hjälten m.fl. 1993).

Inte bara skottmängden, utan även björkens morfologi, kan påverkas av bete. Både glas- och vårtbjörk svarar på simulerat vinterbete genom att under nästkommande säsong producera färre men längre och mer förgrenade skott (Bergström & Danell 1987). Skotten hos vinterklippta björkar växer också längre in på hösten och producerar större och mer klorofyllrika blad (Danell m.fl. 1985). En tänkbar förklaring är att eftersom bete endast drabbar björkens delar ovan mark och inte rotsystemet, så kan en oförändrad mängd vatten och näring fördelas till färre skott, vilka i sin tur ger mer resurser per skott (Bergström & Danell 1987). Vidare verkar björkar kompensera för den förlust av knoppar som betet har medfört genom att de nya skotten har fler knoppar jämfört med hos oklippt björk (Bergström & Danell 1987). Kompensationen är dock inte fullständig, utan björkar som betats har totalt sett färre knoppar under nästkommande år jämfört med obetade (Bergström & Danell 1987).

Konsekvenserna av björkens responser efter vinterbete kan i vissa fall vara att träden under nästkommande tillväxtsång producerar en mindre total biomassa av nytt bete, vilket kan verka som en nackdel för betande klövvilt. Men eftersom de nya skotten är färre, längre och mer förgrenade, kan detta istället utgöra en tillgängligare placering av födan på trädet, vilket i sin tur kan förklara varför älgar föredrar att beta på tidigare betade björkar framför tidigare obetade (Danell m.fl. 1985, Mathisen m.fl. 2017). En studie av De Jager och Pastor (2008) bekräftar att betade björkars geometriska form är mer gynnsam för fortsatt bete än obetade björkars, men att effekten kan bli negativ vid mycket intensivt bete. Bete sänker också den totala höjdtutvecklingen hos björkar, vilket medför att skotten på tidigare betade träd fördröjs inom klövviltets räckvidd längre och att de av den anledningen också hinner utsättas för fler betestillfällen (Bergström & Danell 1987).

Klippningsstudien från Bergström och Danell (1987) visade också att betade björkar verkar satsa på ökad höjdtillväxt på bekostnad av fröproduktion, en strategi som kan vara effektiv för att klara sig i konkurrensen med omgivande träd. Responserna på simulerat bete skiljer sig inte mellan vårtbjörk och glasbjörk (Bergström & Danell 1987).

Effekter av vinterbete på vårtbjörk kan sträcka sig utanför klövvilt-träd-interaktionen. En studie från Finland visade att risken för vårtbjörk att angripas av skadeinsekter varierade med nivån av betesskada från klövvilt i kombination med träddiversitet, där bete ökade vårtbjörkens känslighet för insektsangrepp mer i bestånd med högre träddiversitet (Muiruri m.fl. 2015).

6.6. Sommarbetets påverkan på björk

Lövrepning sommartid har negativa effekter på björkens höjd- och diametertillväxt (Hjälten m.fl. 1993, den Herder m.fl. 2009a). Björkar har löv av två slag under samma sommar. Det ena är tidiga löv, vilkas knoppar sätts redan året innan, och det andra är senare löv, vilka växer ut på årsskotten under innevarande sommar. Repning av tidiga löv tidigt har negativa effekter på björkens skott- och bladbiomassa både senare under samma sommar och under efterföljande sommar (Bergström & Danell 1995). Björk kompenserar för tidig

lövrepning till en viss grad, genom att sätta sekundära löv, men dessa utgör en mindre biomassa än de löv som har förlorats och är mindre begärliga av betande klövvilt (Bergström & Danell 1995). Lövrepning verkar därmed inte medföra samma potentiellt positiva effekter för fortsatt bete som vinterbetet gör. Däremot verkar lövrepning på björk kunna inducera sekundära försvarsmekanismer som verkar mot angrepp av skadeinsekter (den Herder m.fl. 2009a).

6.7. Bete året runt

Simulerat sommar- och vinterbete vid olika nivåer av älg-täthet (0, 10, 30 och 50 älgar per 1000 ha) resulterade i förändringar i arkitekturen hos glas- och vårtbjörk (Pastor & De Jager 2013). Det simulerade lägre betetrycket medförde att skottmängden på björkarna ökade, medan den högsta nivån istället medförde en minskning av antalet skott (Pastor & De Jager 2013). Författarna argumenterar för att även små förändringar av skottmängd i ett större kontext som landskapsskala kan inducera förändringar av älgstammens storlek med en initialt positiv effekt från bete, men därefter en negativ om betetrycket fortsätter att öka.

6.8 Björken och vildsvinen

Det finns få studier om hur björk påverkas av vildsvin, men en studie från Nederländerna undersökte om vildsvinens bökande hade någon påverkan på föryngring hos olika lövträd och för björk kunde ingen effekt påvisas (Bruinderink & Hazebroek 1996).

6.9. Omvärldsspaning

Av de trädslag som bison i Białowieża Primeval Forest, Polen, konsumerar utgör björk (4 arter) 15 procent av mängden och rankas som det tredje högst begärliga arten i relation till trädslagets variation i förekomst (Kowalczyk m.fl. 2011). Endast tall och Salix (15 arter) har högre begärlighet.

I Skottland har forskare visat att såväl kronhjort som betande boskap, särskilt får, kan ha en negativ effekt på föryngring av björk, men att effekten är beroende av faktorer som betetryck och konkurrensförhållanden mellan björk och annan vegetation, vilket kan styras genom medveten förvaltning (Pollock m.fl. 2005, Tanentzap m.fl. 2013). Även arbete kan utgöra ett problem vid föryngring av glasbjörk och i hartåta områden kan speciella strategier, såsom skydd eller decimering av harbestånd, behöva tillämpas för att föryngringen ska lyckas (Rao m.fl. 2003).

7. Björkskogens sociala värden

- Björk och andra lövträd har historiskt och kulturellt en plats i folksjälen som går tillbaka till bondesamhällets beroende av virke, foder och lövträdens placering omkring bebyggelsen.
- Skogens värde för friluftsliv gynnas av om skogen är varierad, tillräckligt gammal, tillgänglig, har utsikter och vyer, och saknar spår av skador efter skogsbruksåtgärder.
- Studier av människors preferenser ger inte stöd för att lövskog alltid uppskattas mer än barrskog. Variation mellan trädslag och miljöer är däremot positivt, vilket talar för ett större inslag av lövskog.
- En ljusare och mer genomsiktig skog som växlar utseende efter årstider talar till björkens fördel ur ett landskapsperspektiv.

Lövträden har en särskild plats i den svenska folksjälen, både av historiska och kulturella skäl. Lövskogen dominerade eller var vanlig på de bördiga och mullrika marker som var värda att odla upp, medan barrskogen stod som symbol för ödemarken mellan människornas bosättningar. Lövträden bidrog med foder till djuren och virke till byggnader, stängsel och redskap. Lövträden vårdades ömt på både inägor och i utmarken. Med hamling och skottskogsskötsel kunde ett träd bidra till hushållet under generationer. På tomten växte ofta ett vårdträd som skulle vaka över gården och dess invånare.

Lövträden fick också en symbolisk roll för de välbärgade i samhället. Alléer, herrgårdsparkar och så småningom anlagda trädgårdar runt husen blev alla planterade med lövträd. I det moderna samhället är det lövträd som används i stadsmiljöer och längs vägar.

Det finns alltså mer eller mindre starka och omedvetna historiska band hos oss människor till lövträden. Egenskaper som att de har en tydlig årstidsrytm, med en skir grönska på våren och praktfulla färger på hösten, bidrar till de positiva värdena. Andra egenskaper som att de släpper igenom ljus, ofta har en yppigare markflora, inramar öppen mark och vatten samt har ett rikare djurliv talar också till lövträdens fördel.

Eftersom björken är vårt i särklass mest förekommande lövträd är det också naturligt att björkskogen har en viktig roll för människors upplevelser. Björkarna i skogsbacken vid hemmanet stod inte bara för brännved och slöjdvirke. Deras ljusa stammar och skira lövverk som förändras under säsongen var en symbol för trygghet, årstidsväxlingar och något som människor förknippade med hem. Ett vanligt motiv på målningar i många hem är ju björkhagen eller den röda stugan omgiven av björkar (Figur 7:1).

Det finns till och med en stad som har björken som symbol – Umeå, Björkarnas stad. Med finska städer som förebild anlades trädplanteringar längs Umeås gator redan före den stora branden 1888, då en stor del av trähusen i innerstaden brann upp. Björkstråken har därefter återställts och är nu ett centralt inslag i stadsbilden (www.umea.se).



Figur 7:1. Frukost i det gröna.

Carl Larsson 1910-1913. Wikipedia commons, Public Domain. Källa <http://sundborn.com/ks/CL04>

7.1. Friluftsliv – en del av skogens sociala värden

Skogsstyrelsen definierar skogens sociala värden som *”de värden som skapas av upplevelser i skogen”* (Birkne m.fl. 2013). Värdena kan innefatta hälsa, välbefinnande, fritidsupplevelser, estetiska värden och identitet och kulturarv, bland mycket annat. Friluftsliv å sin sida brukar definieras av Naturvårdsverket som *”vistelse utomhus i natur- eller kulturlandskapet för välbefinnande och naturupplevelser utan krav på tävling”* (SFS 2010:2008).

Det finns många undersökningar som visar att friluftsliv och vistelse i skog och natur är högt skattade sysselsättningar bland svenskarna. Friluftsliv 2018, en undersökning av

svenskarnas friluftsvanor, visar att nästan 9 av 10 svenskar har varit *”ute i skog och mark för att få en naturupplevelse”* under det senaste året (Fredman m.fl. 2019). Under vardagar är 51 procent *”ute i naturen”* ganska eller mycket ofta, och under helger är 65 procent det. Skog är den vanligaste naturtypen, och drygt 50 procent svarar att de *”alltid”* eller *”ganska ofta”* och *”mycket ofta”* vistas i skog på fritiden. Nästan hälften (47 procent) svarar att de skulle vilja vara ute i naturen oftare än de faktiskt har varit, och 40 procent anger att brist på lämpliga platser/områden är en orsak till att naturbesöken inte blir av.

7.2. Lövskog inte självklar vinnare

Är det då självklart att friluftsliv och rekreation upplevs mer positivt i en lövskog än i en barrskog? Det är inte så enkelt. I en av de större skandinaviska kunskaps-sammanställningar som har gjorts om människors preferenser till skog för friluftsliv (Gundersen & Frivold 2008) ingick 53 olika forskningsstudier från Finland, Sverige och Norge. Ett femtontal berörde skillnader mellan löv- och barrskog (studierna och resultaten finns också beskrivna i Hannerz m.fl. 2016).

Några generella slutsatser från sammanställningen är att:

- Skogens ålder har stor betydelse för friluftslivet – värdet ökar med åldern men den stigande kurvan kan sjunka eller stanna av i samband med gallringar när marken täcks av ris.
- Stora träd uppskattas mer än små träd.
- Tillgängligheten är viktig – det ska vara lätt att komma till samt att röra sig i skogen.
- Utsikter och vyer är uppskattade, och även genomsikten inne i en skog. En glesare skog föredras ofta framför en tät, även om en viss undervegetation kan upplevas positivt i en i övrigt uniform skog.
- Skiktning och variation upplevs i vissa studier som positivt, men i andra studier bidrar skiktade och snåriga skogar till lägre värden då sikten minskar och framkomligheten försvåras.
- Tydliga spår av skogsbruk (körskador och hyggen) uppfattas oftast som negativt.

När det gäller skillnader mellan lövskog och barrskog är det svårare att dra tydliga slutsatser från sammanställningen (Gundersen & Frivold 2008). Flera studier visar att inblandning av löv i barrbestånd upplevs positivt. En jämförelse mellan blandskogar och trädslagsrena skogar får dock en mer splittrad bild i forskningen. Det finns norska studier som pekat på att blandskog är bättre än ren barrskog, men finska studier som tyder på motsatsen. Andra studier visar att rena björkbestånd uppskattas mer än rena barrbestånd,

men åter andra studier att rena tallbestånd föredras framför rena björkbestånd. I två norska studier föredrog människor i tätortsnära miljöer att vandra i barrdominerade skogar framför lövskogar. Författarna bakom kunskaps-sammanställningen drog slutsatsen att andra faktorer som genomsikt, ljusinsläpp, tillgänglighet och skiktning betyder mer än trädslaget i sig.

En senare gjord europeisk studie (Storbritannien, Norden, Centraleuropa och Spanien) analyserade hur olika faktorer i skogen påverkar människors preferenser för rekreation (Edwards m.fl. 2012). De viktigaste faktorerna som påverkar rekreativsvärdet i de nordiska länderna var:

- Trädens storlek (ju större desto bättre)
- Avverkningsrester (ju mindre desto bättre)
- Hyggesstorlek (ju mindre desto bättre)
- Variation mellan skogsbestånd (lagom är bäst)
- Genomsiktighet (lagom är bäst).
- Förekomst av död ved uppfattades som negativt (ju mindre desto bättre).

De nordiska länderna skiljde ut sig genom att variation i trädstorlek inte var en så starkt positiv faktor som i Central-europa och Storbritannien. Studien (Edwards m.fl. 2012) skiljde inte ut olika trädslag från varandra. Indirekt kan dock resultaten tolkas som att en lövskog med grova träd och en lagom genomsikt är en gynnsam miljö för rekreation. Ädellövskog sköts ofta med mer eller mindre hyggesfria metoder där marken sällan är helt kal, vilket talar för att hyggesstorlek inte blir en försvårande faktor.

En enkätstudie gjord i Skåne och Blekinge undersökte om värdet av ett skogsbesök förändras om andelen ädellövskog ökade eller minskade (Norman m.fl. 2010). Resultaten visade att värdet av upplevelsen skulle öka om andelen ädellövskog också ökar, men med en avtagande effekt ju högre andel löv. Det innebär att mer ädellövskog från en måttlig nivå ökar rekreativsupplevelsen men inte att den skulle bli maximerad om det bara fanns ädellövskog.

Studien var gjord i områden där ädellövskog har en viktig roll. I ett annat landskap kan barrskogen upplevas som mer naturlig och attraktiv. Norman m.fl. (2010) fann att preferensen för lövskog var större för de som bodde i lövskogsrika trakter, medan de som bodde i barrskogslandskap föredrog barrskog. Sambandet mellan vilken naturtyp som föredras och vad människan är präglad på har visats i flera andra studier. I tyska studier fann man exempelvis att människor från lövrika regioner är mer positiva till lövträd än människor från lövfattiga områden (Schraml & Volz 2009).

En svårighet med studier av människors preferenser är att det är svårt att fånga helhetsupplevelsen. Många studier görs

genom bedömning av fotografier eller verbala beskrivningar, eller genom att värdera punkter i skogen längs en slinga. Omständigheterna runt skogsbesöket, vilket syfte friluftslivet har, vilken årstid och väder och hur lång vandringsvägen är betyder mycket för hur skogen uppskattas. De tillfrågades värderingar och egna erfarenheter påverkar också resultatet. Ett kalhygge som ersätter favoritskogen nära hemmet kan uppfattas som katastrofalt, medan ett hygge längs en längre vandringssträcka i stället kan upplevas som något som skapar variation och utsikt. På samma sätt kan en snårig lövskog bjuda motstånd vid en promenad igenom den, men bli ett uppskattat blickfång längs vandringsvägen.

7.3. Teorier som talar till lövskogens fördel

En ofta beskriven teori är biofilhypotesen (Wilson 1984, Annerstedt 2009). Enligt den är människan anpassad till den miljö där hon har sitt ursprung, på den afrikanska savannen. Här finns spridda trädgångar med lövkronor som skänker skydd och skugga, en varierad vegetation och eventuellt någon vattensamling. Dagens människor skulle alltså ha en förkärlek till denna natur kodad i våra gener. Lövskogar med öppna, ljusa partier och träd med vida kronor påminner i viss mån om denna ursprungsmiljö, och det skulle kunna vara en av anledningarna till att människan mår bra i en lövskog. Savannliknande miljöer hittar vi ju också i hagmarker med uppvuxna men gles stående träd, lundmiljöer eller varför inte golfbanor.

En annan teori har att göra med förmågan till uppmärksamhet (Kaplan & Kaplan 1989). I naturen kan man få utlopp för den spontana uppmärksamheten, som även kan kallas fascination. Naturen bjuder på många tillfällen till fascination och spontanitet, utan att kräva någon särskild koncentration. Det är i sig lindrande för stressen. Här kan det tänkas att lövskogen kan erbjuda särskilda möjligheter. Stressforskaren Matilda van den Bosch (f.d. Annerstedt) har föreslagit att lövskogen med sin variation och rikedom på biologisk mångfald kan bjuda på särskilt goda möjligheter till nyfikenhet och fascination (Annerstedt 2009). En enkätundersökning vid Sveriges lantbruksuniversitet kom fram till att tillgång till lövskog nära bostaden kunde bidra till stresslindring (Annerstedt m.fl. 2010).

En aspekt som påverkar förmågan till uppmärksamhet är variation i skogslandskapet. Variationen förekommer i flera skalor: inom bestånd, mellan skogsbestånd och mellan olika ägoslag. I en studie i Skåne kunde besökare som gått en slinga genom en mer varierad miljö nämna fler aktiviteter som de skulle vilja göra jämfört med en slinga i en mer ensartad miljö. I den varierade miljön hade besökarna också en bättre tidsuppfattning av hur länge de varit ute och promenerat (Axelsson Lindgren & Sorte 1987). Behovet av variation talar för en variation mellan trädslag, både mellan barr och löv, och mellan olika lövträdsarter.

Enkätundersökningarna och myndigheternas definitioner ger inget entydigt svar på om lövskogen skulle vara särskilt värdefull för utövande av friluftslivet och andra sociala värden. Värden som "identitet och kulturarv", "estetiska värden", "sociala naturkvaliteter", "pedagogik och kunskap om skog och miljö" som räknas upp av Skogsstyrelsen kan bli tillfredsställda i såväl barrskog som lövskog (Birkne m.fl. 2013). Det finns dock egenskaper hos lövskogen som stärker flera av värdena. Det kan handla om:

- Äldre odlingsmiljöer där lövträden är en naturlig del av kulturarvet (identitet och kulturarv)
- Bårder av löv längs vägar, vattendrag och öppen mark (estetiska värden)
- Den rika mångfalden bland både djur och växter som kan vara förknippad med lövträd (pedagogik och kunskap)
- Variation i landskapet mellan ljusare lövbestånd och mörkare barrskogar, och de strövvänliga bokskogarna i södra Sverige (sociala naturkvaliteter).



7.4. Björk och andra lövträd

De studier som refereras ovan tar sällan upp skillnaderna mellan olika lövträdslag. Björkskogens ljusa karaktär, där också kulturmarkens växter kan frodas, hjälper till att bryta av karaktären i ett i övrigt barrdominerat landskap. Björkens skira lövverk på våren och gula paraply på hösten lockar både till vistelse och något att vila ögonen på. I landskapsvårdande syfte är det vanligt att björk sparas längs vägar och åkerkanter för att skapa en mjukare övergång mellan djup skog och öppen mark (Figur 7:2). Det finns andra lövträdslag som fyller liknande funktion, men inget annat i vårt land med de ljusa stammar som björken begåvats med.

Figur 7:2. Björkbestånd längs landsväg på Öland.
Foto Mats Hannerz, Silvinformation.

8. Marknad då, nu, i framtiden

- Betydande björkvolymer är möjliga att använda inom industrin. Tillväxten överstiger med god marginal avverkningsnivån.
- För närvarande används huvuddelen av björkvirket som avverkas i Sverige i massabruken och till husbehovsved. En mindre del sågas.
- Industriellt utnyttjande på internationell nivå utgörs av massivträ, plywood och fiberved.
- Björken har goda inneboende egenskaper både kemiskt och fysiskt.
- Särskild uppmärksamhet måste ägnas åt björkens känslighet för avverknings- och lagringsskador.
- Kvalitetsaspekter för timmer och fanér av björk skiljer sig markant från barrvirke.

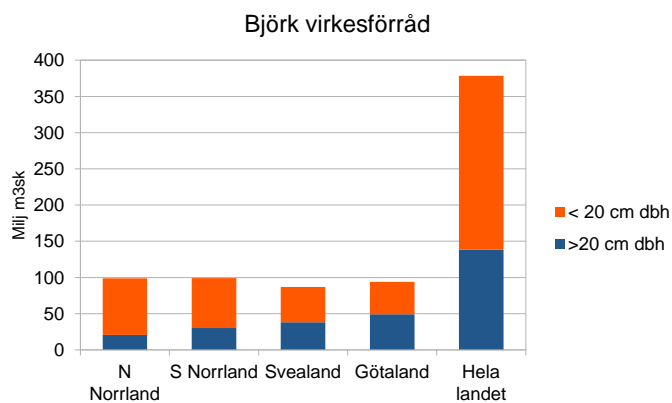
8.1. Bakgrund om lövtillgång och förädling

Det har genomförts en mängd projekt för att stimulera lövträanvändningen av massivträ och lövskogproduktion. Detta till trots är de största förändringarna de senaste 30 åren att björk för pappersmassatillverkning fått ett värde och att den trätekniska industrin (lövsågverk och fanérindustri) drastiskt har minskat i antal produktionsenheter och förbrukad volym. Det har medfört att det finns en grundläggande betalningsförmågan för fiberbjörk men en minskad

betalningsförmåga för rakt, grovt, kvistfritt virke av björk. Det är stor skillnad på den industriella och den småskaliga användningen av björk, vilket innebär helt olika marknadsförutsättningar. Det småskaliga har betydelse för en positiv syn på löv och är viktigt för den som bedriver verksamheten. Den storskaliga sidan uppfattar de små som bra och upplever ingen konkurrens utan samarbetar många gånger.

8.2. Volym, tillväxt och förbrukning av björk

Björkförrådet på skogsmark är ca. 378 milj m³sk (Figur 8:1). Tillväxten i Sverige (Tabell 8:1) är ca. 14 milj m³sk år⁻¹ (Riksskogstaxeringen 2020). Björken är det tredje största träslaget volymmässigt i Sverige och det råder ingen brist på grov björk att använda för olika ändamål om man jämför med behovet hos de industrier som förbrukar grov björk. Tillväxten i Götaland är 3,9 milj m³sk år⁻¹, i Svealand 3,3 milj m³sk år⁻¹ och i Norrland 6,8 milj m³sk år⁻¹. Huvuddelen av den avverkade björken går till massabruken och till husbehovsved. Endast ca. 60 000 m³fub björk sågas vid de fyra större björksågverken. Förbrukningen av lövvirke i Sverige var 2018 7,77 milj m³fub (6,2 milj m³fub björk) varav 2,77 milj m³fub importerades. Förbrukning av inhemskt virke inklusive övrigt löv utgjorde 5 milj m³fub. (SDC 2018) Husbehovsved utgör ca. 4,2 milj m³fub och är en mycket osäker siffra och består inte enbart av björk utan även en del barr. Denna användning kommer gissningsvis att minska med den ökande användningen av värmepumpar. (Energimyndigheten 2011).



Figur 8:1. Virkesförråd av björk på skogsmark. Gränsen 20 cm visar volymen sågbar dimension (Riksskogstaxeringen 2020).

Tabell 8.1. Björkens tillväxt och virkesförbrukning 2018. Riksskogstaxeringen, skogsdatabasen avsatt tillväxt 2013–2017.

Tillväxt milj m ³ sk	Förbrukning inhemskt virke bruken milj m ³ fub	Förbrukning import bruken milj m ³ fub	Husbehovsved milj m ³ fub	Sågstock/kubb milj m ³ fub	Fanérstock export milj m ³ fub
14	5	2,77	4,2	0,06	Försumbart

Det är svårt att exakt slå fast björkförbrukningen eftersom en mindre del av brukens lövvirkesförbrukning utgörs av bok och för husbehovsveden ingår alla trädslag i den totala volymen. Den troliga förbrukningen av inhemskt björkvirke ligger någonstans mellan 8 och 10 milj m³fub.

8.3. Värdeskapande

Värdeökningen i björkens leverantörskedjor i Sverige är låg jämfört med barrvirket. Massabruken skapar värdeökning men deras produkter (textilfiber, pappersmassa, specialmassor) är i sin tur en råvara som är satt under ständig prispress. Nya produkter och nya användningsområden inom massaproduktion skapar högre värden i följande förädlingsled men det påverkar inte virkespriset såvida det inte råder en bristsituation på björk inom upptagningsområdet. Betalningsförmågan till skogsägaren för dessa sortiment ligger på en stabil nivå och är mycket viktig som en betalningsbas för björkvirke. Produktionen av husbehovsved innebär ett högt värdeskapande i förädlingskedjan men priset för råvaran till skogsägaren följer priset på fibern. Denna betalningsförmåga

är viktigt för landsbygden och skogsägandet men det skapar inte ett värde som skulle kunna ge en högre avkastning och därmed ge ett starkt ekonomiskt incitament för att sköta och odla björk med mål att uppnå rakt virke och grova dimensioner. Sågverk och fanérindustri har en högre betalningsförmåga men det finns endast 4 björksågverk i Sverige som sågar mer än 5 000 m³fub år⁻¹ och ingen fanérindustri. Det skulle kunna gå att höja värdeskapandet för björk genom att utveckla leverantörskedjans koppling till slutkunden och genom teknisk utveckling. (Karlsson m.fl. 2011).

När det gäller björkens värde hänger det ihop med att det är ett trädslag med betydande volymer på norra halvklotet och att det är relativt lätt att importera och exportera björk mellan Sverige och närliggande länder. Under årens lopp har det etablerats väl fungerande kanaler för import men det är inte lika vanligt för export. Prisnivåer, efterfrågesituationer, tullar m.m. kan dock snabbt påverka situationen (Ekstrand 2020). Världsmarknadspriser, kvaliteter och tillgänglighet har därvid stor betydelse precis som när det gäller gran och tall.

8.4. Björkens egenskaper och potential

8.4.1. Massivträ

Björk har mycket goda styrkeegenskaper med betydligt högre värden än hos gran och furu. Den vanligaste användningen av massiv björk i Sverige är inom möbelindustrin. Den höga hållfastheten och den ljusa färgen är det som efterfrågas hos björken. Den höga böjhållfastheten gör det möjligt att designa tunna konstruktioner med bibehållen styrka. En traditionell användning är virke till tumstockar. Här krävs rakfibrigt virke där glasbjörken föredras. Normalt sett skiljer man inte på glas- och vårtbjörk men för vissa ändamål (t.ex. fiberns rakhet) är det av betydelse. Balkar för konstruktionsändamål kan göras mycket starka med lager av olika trädslag med björk i ytscikten som i hög grad bestämmer hållfastheten hos en balk. Lokal förstärkning av träkonstruktioner är möjlig där extra hög styrka krävs, t.ex. i sammanfogningspunkter (Sjölund & Stenis 2019). Ett österrikiskt företag (Hasslacher Norica Timber) har gjort ett koncepthus med korslimmat trä helt i björk för att visa virkesåtgång och ytans utseende. De rapporterar 25 procent lägre virkesåtgång jämfört med motsvarande produkt i gran eller furu med samma hållfasthetsegenskaper.

Björk har dålig beständighet (klass 5 enligt EN 350), dvs. ruttnar lättare än gran och furu. Det finns olika sätt att öka beständigheten såsom impregnering, värmebehandling och acetylering. Det pågår försök med acetylering av björk och

dessa visar att det skulle öka beständigheten väsentligt utan att äventyra hållfastheten (Lai & Plöning 2019). Värmebehandling medför ett sprödare virke och är inte aktuellt ur konstruktionssynpunkt. Impregnering är möjlig men inte aktuell på grund av att vätskan inte tränger tillräckligt långt in i cellväggarna och beständigheten blir därmed sämre än för barrträ. (Malmqvist & Woxblom 1991).

Standardlängder för björktimmer/björkkubb är 3 meter i Sverige. Mycket av hanteringen inom industrin är anpassat efter detta (t.ex. virkestorkar). Detta är inte bara en anpassning till industrin utan också att björken i skogen inte är så rak som är önskvärt. Det är svårt att få fram långa stockar från den björkråvara som finns i Sverige. Detta påverkar användningen som konstruktionsvirke, t.ex. krävs tätare fingerskarvar än vid användning av barrträ.

Utökad användning av björk i byggprodukter i form av korslimmat trä och massivträ skulle resultera i ökad efterfrågad volym av sågad vara och därmed ge signaler till råvaruproducenter om grova, raka träd. Det finns i princip ingen användning av björk i byggprodukter idag men det finns erfarenheter från Norge med byggnader där bärande element är av björk och där man även certifierat limträbalkar via Norsk Treteknisk Institut. (Kilde m.fl. 2006). I Sverige finns vissa hållfasthetstester gjorda.

8.4.2. Plywood

Vid plywoodtillverkning kommer också björkens goda styrkeegenskaper till sin rätt. Detta är välkänt hos plywoodfabrikerna på andra sidan Östersjön. Svarvning av björk i Sverige är fullt möjlig (kontakt med Moelven Otterbäcken) och gjordes av Vänerply fram till 1992 men fabriken är gjord för en stocklängd på 2,55 m och med den råvara som fanns då (och finns nu) blir utbytet alltför dåligt. I en framtid med rakare och grövre björk är det inga problem att svarva björk i befintlig anläggning. E-ply i Edsbyn (nu i malpåse) har en kortare svarv där den svenska råvaran skulle kunna vara möjlig att använda och ge ett högre utbyte.

Utökad användning av björk för fanérsvarvning, både för byggändamål, möbler och annan tillämpning, skulle resultera i ökad volym samt signaler om grova och raka träd. Det finns dock ingen produktion i Sverige idag. Fanérsvarvning av björk förekommer i stor skala i Estland, Lettland, Finland och Ryssland. En utveckling av detta område i Sverige är möjlig men måste vara väl grundad kommersiellt. Kunskapen inom området finns redan fullt ut på andra sidan Östersjön men även till en del i Sverige. Tillgången på svarvstock är för närvarande begränsad på andra sidan Östersjön beroende på att maximal avverkningsnivå uppnåtts i Finland och Baltikum, vilket innebär att de stora fanérfabrikerna i första hand vänder sig till Ryssland men även till Sverige för att få tag i råvara. Ryssland har vissa problem med logistik och certifiering medan det i Sverige kan vara svårt att få tag i tillräckligt stora volymer (ca. 100 000 m³) för att få igång ett kontinuerligt exportflöde. Kina påverkar marknaden för svarvstock av björk eftersom de köper betydande mängder björkstock i t.ex. Lettland.

8.4.3. Fiber

Björk är en viktig råvara speciellt för hög tryckbarhet och finish hos produkterna. De nya specialmassorna är intressanta men ligger fortfarande på en låg nivå volymmässigt.

Tillgängligheten av björkfiber kan sammanfattas på följande sätt: den björk som faller ut är den som kommer fram som en konsekvens av övriga avverkningar. Det blir vad det blir kan man säga. Beroende på olika företags industristruktur kan det finnas överskott eller underskott av björk från deras svenska skogsinnehav och deras leverantörer men det kan lätt jämnas ut genom virkesbyten eller köp och sälj inom landet. Det finns ett konkurrerande flöde som går till fjärrvärmeverkens biobränsleeldade pannor. Allmänt sett har inte de större skogsägarna i Sverige en inriktning på att odla/skötta björk med sikte på raka grova träd även om de anser att björken är ett viktigt träslag. De behöver råvaran till sina industrier speciellt i dagens läge då importen är dyrare än den inhemska råvaran.

8.5. Skador och fel

8.5.1. Tillredningsfel - Fällsprickor och kapsprickor.

Det är lätt att förstöra 50 års odlarmöda av rakvuxen grov björk genom ovarsam hantering vid avverkning och lagring. Björken är mycket känslig för fällsprickor och kapsprickor. Om kunskapen om detta finns hos avverkningspersonal är det lätt att förebygga genom varsamhet i fällmomentet respektive kapmomentet (t.ex kransänkning vid kapning). För björk till fiberindustrin har sprickorna ingen betydelse.

8.5.2 Lagring och logistik

Bränd ved innebär att ändytorna torkar ut snabbare än det inre av stocken och det medför en färgförändring som kvarstår i virket (Figur 8:2). Med skördaravverkning av virket kan denna färgförändring även inträda där nävern skalats av och uttorkningen sprider sig från det skadade stället. Bränd ved uppstår under vår och sommar när virket lagras utan att sågas upp. Virke som avverkas och sågas under höst och vinter får inte denna färgförändring. Med tanke på att den mesta björken följer med annan avverkning innebär det att björk avverkad under vår och sommar nästan alltid blir bränd om inte sågverken hinner ta hand om virket innan sommarsemestern. För björk till fiberindustrin har bränningen ingen betydelse.



Figur 8:2. Bränd ved. Foto: Johan Palm

8.5.3. Rödkärna

Rödkärna är en färgförändring i centrum av stocken (Figur 8:3) och den utvecklas med tiden i en del björkar. Rödkärna är ett virkesfel men kan tolereras till en viss grad eftersom

björkens centrumvirke ändå ger sämre egenskaper (märgsprickor, snedfibrighet, instabil juvenilved, svartkvist) än övrig del av stocken.



Figur 8:3. Rödkärna. Foto Johan Palm

8.5.4. Snabb tillväxt vs långsam tillväxt

Björken är ströporig (Figur 8:4). Vedegenskaperna är likvärdiga vare sig trädet vuxit snabbt eller långsamt. En snabb tillväxt medför snabbare övervallning av kvistar och därmed större andel kvistfritt virke och mindre risk för rödkärna.



Figur 8:4. Tvärsnitt av björkved i förstoring.
Foto Linköpings Universitet/Lövträinstitutet

8.5.5. Kvalitetsfrågor för massivträ

Nedanstående figurer (8:5-8:10) visar kvalitetskrav som finns för björkvirke. För en utförlig genomgång av skador och fel hänvisas till boken Björktimmer Förädling egenskaper och skador (Nylinder m.fl. 2006).

Kvistar

På stockens mantelyta och i det sågade virket



Frisk kvist

Sammanvuxen med omgivande ved och fri från röta.



Torr kvist

Saknar helt eller delvis samband med den omgivande veden. Kvisten kan vara svart.



Rötkvist

Kvist angripen av röta.



Övervallad kvist

Bulan på stammen döljer en kvist.

Kvistmärken

Kvistmärkets vinkel och storlek visar kvistens kvalitet och hur djupt den sitter.



Bred vinkel

Kvisten ligger nära centrum och har en vinkelrät riktning ut från stammen.



Spetsig vinkel

Kvisten ligger nära stockytan och har en sned riktning ut från stammen.



Sprötkvist

Ger en mycket sned riktning ut från stammen.

Figur 8:5. Översiktlig sammanställning av kvistfel på björkstock: Illustrationer: Bobo Hermansson©

Skador



Öppen lyra
– indikerar rötangrepp eller invuxen bark.

Klyka
– ger vresved och sned fiberriktning i det sågade virket.



Övervallad lyra
– indikerar rötangrepp eller invuxen bark.



Lyra – tvärsnitt



Hackspetthål
– kan innehålla föremål som skadar sågblad. Indikerar rötangrepp.



Nävertäkt
– indikerar rötangrepp eller färgat virke.



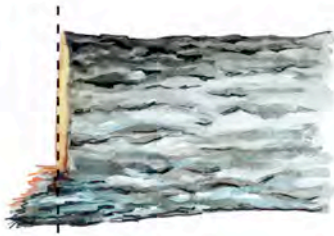
Taggtråd
– skadar sågblad



Röd- eller brunkärna
– färgad ved

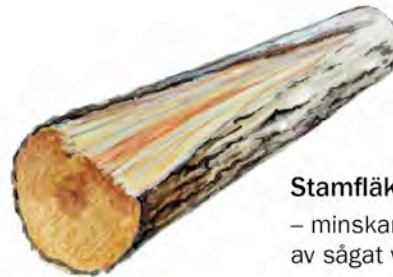
Figur 8.6. Översiktlig sammanställning av skador på björkstock. Illustrationer: Bobo Hermansson©

Avverkningssskador



Fällkam

– påverkar transportörer i sågverket.



Stamfläkning

– minskar utbytet av sågat virke.



Rotben

– försvårar hantering i sågverket.



Fällspricka

– minskar utbytet av sågat virke.

Krökar

Tvärkrök

– påverkar utbytet av sågat virke.



Slängkrök

– påverkar utbytet av sågat virke och försvårar sågning och hantering i sågverket.



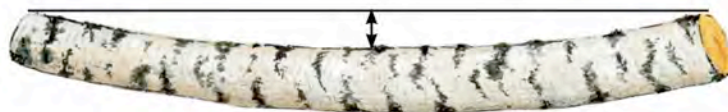
Långkrök

– påverkar utbytet av sågat virke.



Båghöjd eller pillhöjd

– mätregel för krökens storlek. Kan anges i cm eller procent av stocklängd.



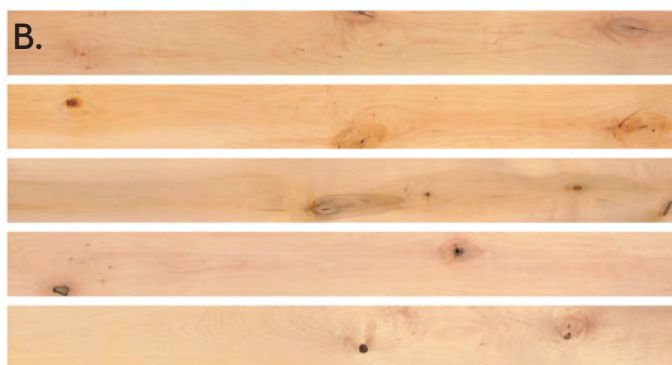
Figur 8.7. Översiktlig sammanställning av avverkningssskador och krökar på björkstock. Illustrationer: Bobo Hermansson©



Figur 8:8. Exempel på maximal kvistighet en träteknisk industri kan acceptera. Priset ligger ca. 100 kr över massavedpriset. Illustration: Bobo Hermansson©



Figur 8:9. Exempel på stock med önskvärt utseende. Priset kan ligga på ca. dubbla massavedpriset i bästa fall. Illustration: Bobo Hermansson©



Figur 8:10. Exempelbilder på sortering av sågad vara. Från Palm & Woxblom (2008).

9. Rekommendationer för framtida forskning och praktik

Skötsel

Plantering av björk på skogsmark fungerar ofta men behöver studeras och testas mer.

Föryngring med stubbskott kräver mer information när under året avverkning kan ske och vid vilken beståndsålder det fungerar tillfredsställande.

Tidig röjning har stor effekt på beståndets utveckling och behöver utredas bättre, framför allt vid naturlig föryngring där kravet på röjning är starkt.

Införande av förädlat material kommer att kräva nya skötselinstruktioner och -mallar. Sannolikt krävs även nya höjdutvecklingskurvor.

Jämförande produktionsförsök mellan björk och andra trädslag på samma marker där ursprungsmaterialet är jämförbart behövs för att bättre kunna uttala sig om hur olika trädslag producerar i förhållande till varandra. Försök har etablerats och behöver följas.

Effekter på tillväxt och skötsel vid monokulturer och blandskog behöver mer kunskap. Bland annat är effekten av varierande skiktningegrad bristfälligt känd.

Förädling

Framtidens klassiska förädling ska utföras inom nuvarande population vilken ska producera den nya generationen för genetiskt urval.

Fröplantager med inhemskt material bör etableras även för centrala och norra Sverige. Kapaciteten för fröproduktion bör öka i södra Sverige för att täcka en ökande efterfrågan i framtiden.

Det är fortfarande brist på kunskap om produktionen hos förädlad björk, både jämfört med oförädlad björk och i jämförelse med andra trädslag. Mer detaljerad kunskap om produktionens beroende av ståndort har hög prioritet.

Mer omfattande studier behövs av variationen i basala vedegenskaper och egenskaper som bedöms att bli efterfrågade av framtidens industri.

Skapande av modeller för genomisk selektion (GS) i syfte att förkorta tiden för förädlingscykeln kräver mycket grundläggande arbete med etablering av nya försök för fenotypiska observationer.

Tillämpning av GS skulle också kräva en utveckling av genomiska redskap (SNP-chips) och studier av genomisk struktur av populationer.

Blomningsstimulering av björk så att blomningen blir jämnare mellan olika kloner skulle ge bra förutsättningar för tillämpning av genomisk selektion.

Vegetativ förökning av björk med sticklingar med mer avancerade teknik såsom somatisk embryogenes och vävnadskultur kan ytterligare förbättra björkmaterialet.

Mark och vatten

Hur påverkas markkemi och kollagring med en ökad björkandel i blandskog och olika former av skärmar.

Fler underökningar behövs kring björkens påverkan på markvattenkemi, framför allt med olika björkinblandning.

Kantzoner med björk längs vattendrag: hur ska dessa skötas för optimal effekt på vattenkemi och biodiversitet i vatten och på land?

Flora och fauna

Det behövs mer kunskap om björkens betydelse för flora och fauna i olika regioner i Sverige. En hypotes kan vara att björken är viktigare i norr än i söder, eftersom artrikedomen av lövträd är större i södra än i norra Sverige.

Det behövs mer kunskap om skötsel av flerskiktad blandskog, som bedöms vara viktiga habitat för en del fågelarter, t.ex. järpen.

I nuvarande skogsbruk är barrträd stammen i produktionskedjan och björk ett viktigt hänsynsträd. Ett sätt att öka mängden äldre björkar i skogslandskapet är att, i högre grad än nu, prioritera björk i virkesproduktionen. Detta bör ske i alla i alla delar av produktionskedjan; från föryngring till slutavverkning.

Vilt

Björkens status påverkar betesskador på andra trädslag och behöver därför skötas/förvaltas.

Vid satsning på björk som produktionsträdslag, särskilt i förädlad form, behöver riskerna för betydande betesskador från klövvilt beaktas.

Sociala värden

Mer kunskap behövs om den tätortsnära skogens betydelse för friluftslivet, såväl omfattning i olika regioner som tillgänglighet och utformning.

När friluftaktiviteter förändras över tiden och nya generationer och folkgrupper tillkommer påverkas också anspråket på skogen. Forskningen behöver följa utvecklingen och undersöka exempelvis hur skogen kan anpassas för att hantera konkurrens mellan olika aktiviteter (mountainbike, ridning, vandring etc.) och hur nya svenskar ska hitta till skogen.

Björk och andra lövträd kan bidra till ökad variation och genomsiktighet i skogen. Forskning och vägledning för landskapsutformning med fördelning mellan barr- och lövskog kan bidra till ett mer välkomnande skogslandskap. Denna forskning bör gå hand i hand med forskning om trädslagens betydelse för biologisk mångfald, klimatpåverkan med mera.

Det behövs mer forskning om samspelet mellan skogsägare och friluftslivet. Hur ser attityderna till friluftsliv ut hos skogsägare, hur kan de uppmuntras att visa särskild hänsyn till rekreation, och hur skulle samhället kunna stötta för att öka skogarnas attraktionskraft för besökare? Studier och praktiska erfarenheter behövs också för att kartlägga och hantera slitage och nedskräpning i olika skogar och av olika friluftaktiviteter.

Marknad

Ett sätt att utveckla marknaden för björk är att skapa en arena med industriell inriktning för aktörer i leverantörskedjan skog till färdig produkt för utbyte av erfarenheter och idéer. Arenan kan utgöra en referens för att genomföra utvecklingsarbete och forskning för att i högre grad utnyttja björkens unika egenskaper för traditionella och nya produkter.

Utmaningen är att få en sådan arena på plats, många försök har gjorts och det har tidvis fungerat bra men för närvarande finns inga sådana skogsindustriella initiativ och det är oklart om vilket/vilka företag eller organisation som långsiktigt kan driva ett sådant projekt. Klart är att stora aktörer måste vara engagerade för att råvaruflöden ska kunna garanteras och mindre aktörer behövs för att säkerställa flexibilitet och innovationskraft.

En annan mer passiv möjlighet är att aktörer med inverkan på större virkesflöden utvecklar sitt intresse för marknaden och kan fånga upp de affärsmöjligheter för björkstock som kan uppstå.

10. Referenser

- Agestam, E. 1985. A growth simulator for mixed stands of pine, spruce and birch in Sweden. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research, Garpenberg, 150p.
- Ahtikoski, A., Päätaalo, M.-L., Niemistö, P., Karhu, J. & Poutiainen, E. 2004. Effect of alternative thinning intensities on the financial outcome in silver birch (*Betula pendula* Roth) stands: a case study based on long-term experiments and MOTTI stand simulations. *Baltic Forestry* 10: 46–55.
- Almgren, G. 1990. Lövskog. Björk, asp och al i skogsbruk och naturvård. Skogsstyrelsen, Jönköping, 261 s.
- Alriksson, A., Eriksson, H. 1998. Variation in mineral nutrient and C distribution in vegetation compartments of five temperate tree species in NE Sweden. *Forest Ecology and Management*: 108: 261–273.
- Andersson, S.-O. 1954. Funktioner och tabeller för kubering av småträd. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 44:12, 29 s.
- Andersson, S.-O. 1985. Treatment of young mixed stands with birch and conifers. In: Hägglund, B., Petersson, G. (eds.): Broadleaves in boreal silviculture – an obstacle or an asset? Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report 14: 127–161.
- Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71: 355–366.
- Angelstam, P. & Andrén, H. 1993. Hur mycket är nog? Skog & Forskning 17-1993: 14–19.
- Annerstedt, M. 2009. Vårda din skog – vårda din hälsa. Sveriges lantbruksuniversitet, Fakta Skog nr 4 2009, 4 s.
- Annerstedt, M., Norman, J., Boman, M., Mattsson, L., Grahn, P. & Währborg, P. 2010. Finding stress relief in a forest. *Ecological Bulletins* 53: 33–42.
- Anonymus 1985. Lövröjning med skärmmetoden. – Skötsel av granföryngringar med tätt lövsly. Skogsvårdsstyrelsen i Kronobergs län, Växjö, 4 s.
- Anonymus 1996. Kronobergsmetoden för lövröjning – skärm-metod för skötsel av granföryngringar med tätt lövsly. Skogsvårdsstyrelsen i Kronobergs län, Växjö, 4 s.
- Aphalo, P. & Rikala, R. 2003. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forests* 25: 93–108.
- Aphalo, P. & Rikala, R. 2006. Spacing of silver birch seedlings grown in containers of equal size affects their morphology and its variability. *Tree Physiology* 26: 1227–1237.
- Appelqvist, T. 2005. Naturvårdsbiologisk forskning. Underlag för områdesskydd i landskapet. Naturvårdsverket, Rapport nr. 5452, 154 s.
- Axelsson-Lindgren, C. & Sorte, G. 1987. Public responses to differences between visually distinguishable forest stands in a recreation area. *Landscape and Urban Planning* 14: 211–217.
- Bergh, J., Nilsson, U., Kjartansson, B. & Karlsson, M. 2010. Impact of climate change on the productivity of silver birch, Norway spruce and Scots pine in Sweden and economic implications for timber production. *Ecological Bulletins* 53: 185–195.
- Bergkvist, I., Lundmark, T., Rytter, L. & Thor, M. 2006. Uttag av biobränslen i ungskog. Skogforsk, Arbetsrapport nr 611, Uppsala, 17 s.
- Bergman, M., Iason, G. R. & Hester, A. J. 2005. Feeding patterns by roe deer and rabbits on pine, willow and birch in relation to spatial arrangement. *Oikos* 109(3): 513–520.
- Bergqvist, G. 1999. Wood volume yield and stand structure in Norway spruce understory depending on birch shelterwood density. *Forest Ecology and Management* 122: 221–229.
- Bergqvist, G., Bergstrom, R. & Wallgren, M. 2014. Recent browsing damage by moose on Scots pine, birch and aspen in young commercial forests - effects of forage availability, moose population density and site productivity. *Silva Fennica* 48(1), article id 1077, 13 p.
- Bergqvist, G., Wallgren, M., Jernelid, H. & Bergstrom, R. 2018. Forage availability and moose winter browsing in forest landscapes. *Forest Ecology and Management* 419: 170–178.
- Bergström, R. & Danell, K. 1986. Moose winter feeding in relation to morphology and chemistry of six tree species. *Alces* 22: 91–112.
- Bergström, R. & Danell, K. 1987. Effects of simulated winter browsing by moose on morphology and biomass of two birch species. *Journal of Ecology* 75(2): 533–544.
- Bergström, R. & Danell, K. 1995. Effects of simulated summer browsing by moose on leaf and shoot biomass of birch, *Betula pendula*. *Oikos* 72(1): 132–138.

- Bernes C. (red) 1994. Biologisk mångfald i Sverige. En landsstudie. Monitor 14, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Bijak, S., Zasada, M., Bronisz, A., Bronisz, K., Czajkowski, M., Ludwisiak, L., Tomusiak, R. & Wojtan, R. 2013. Estimating coarse roots biomass in young silver birch stands on post-agricultural lands in central Poland. *Silva Fennica* 47(2): id 963 14 p.
- Birkne, Y., Rydberg, D. & Svanqvist, B. 2013. Skogens sociala värden - en kunskapssammanställning. Skogsstyrelsen, Meddelande 9-2013, Jönköping, 75 s.
- Björkdahl, G. 1983. Högjuttveckling hos stubbskott av vårt- och glasbjörk samt tall och gran efter mekanisk röjning. SLU, Inst. f. skogsproduktion, Avd. f. beståndsbehandling, Stencil nr 18-1983, Garpenberg, 54 s.
- Björklund, T. & Ferm, A. 1982. Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder. *Folia Forestalia* 500, 37 p. In Finnish with English abstract
- Bobrowski, M., Gillich, B. & Stolter, C. 2015. Modelling browsing of deer on beech and birch in northern Germany. *Forest Ecology and Management* 358: 212-221.
- Bogghed, A. 2010. Produktionsförmåga vid olika ståndortsindex och konvertering av ståndortsindex mellan trädslag. Lantmäteriet, PM, Gävle, 4 s.
- Braastad, H. 1967. Produksjonstabeller for bjørk. Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen 22: 265-365.
- Braastad, H. 1977. Tilvekstmodellprogram for bjørk. Norsk Institutt for Skogforskning, Rapport 1/77, Ås, 17 s.
- Braastad, H. 1985. Relationship between site index class and potential yield of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula verrucosa* and *Betula pubescens* on the same site. SLU, Dep. of Silviculture, Report 14, pp. 175-187.
- Braastad, H., Bunkholt, A., Huse, K.J., Næss, R.M., Pettersen, J. & Risdal, M. 1993. Lauvskog - Bestandspleie. Norsk Institutt for Skogforskning, Institutt for Skogfag, Biri, 25 s.
- Braathe, P. 1988. Development of regeneration with different mixtures of conifers and broadleaves - II. Norwegian Forest Research Institute, Report 8, 50 p. In Norwegian with English summary.
- Bradley, R.L. & Fyles, J.W. 1995. Growth of paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings increase soil available C and microbial acquisition of soil-nutrients. *Soil Biology and Biochemistry* 27: 1565-1571.
- Brandel, G. 1990. Volymfunktioner för enskilda träd: tall, gran och björk. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion. Rapport nr 26, Garpenberg, 72 s.
- Briceño-Elizondo, E., Garcia-Gonzalo, J., Peltola, H., Matala, J. & Kellomäki, S. 2006. Sensitivity of growth of Scots pine, Norway spruce and silver birch to climate change and forest management in boreal conditions. *Forest Ecology and Management* 232: 152-167.
- Broman, E. 2005. Slutrapport: Validering av täckningsgrad som mått på älgens tillgängliga födoresurs. Naturvårdsverket, Diarienummer 802-151-03F, 15 s.
- Bruinderink, G. & Hazebroek, E. 1996. Wild boar (*Sus scrofa scrofa* L) rooting and forest regeneration on podzolic soils in the Netherlands. *Forest Ecology and Management* 88(1-2): 71-80.
- Bryant, J. P., Chapin, F. S. & Klein, D. R. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40(3): 357-368.
- Cameron, A.D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry* 69: 357-371.
- Cameron, A.D., Dunham, R.A. & Petty, J.A. 1995. The effects of heavy thinning on stem quality and timber properties of silver birch (*Betula pendula* Roth). *Forestry* 68: 275-285.
- Cassing, G. 2009. Deciduous tree occurrence and large herbivore browsing in multiscale perspectives. Thesis, Karlstad University, Faculty of Social and Life Sciences Biology. *Karlstad University Studies* 2009:30, 33 p.
- Chen, Z.-Q. 2016. Quantitative genetics of Norway spruce in Sweden. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Science, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2016:55, 56 p.
- Chen, Z.-Q., Karlsson, B., Lundqvist, S.-O., García Gil, M.R., Olsson, L. & Wu, H.X. 2015. Estimating solid wood properties using Pilodyn and acoustic velocity on standing trees of Norway spruce. *Annals of Forest Science* 72(4): 499-508.
- Danell, K. & Ericson, L. 1986. Foraging by moose on two species of birch when these occur in different proportions. *Holarctic Ecology* 9(1): 79-83.
- Danell, K., Huss-Danell, K. & Bergström, R. 1985. Interactions between browsing moose and two species of birch in Sweden. *Ecology* 66(6): 1867-1878.
- Danell, Ö. 1993. Breeding programmes in Sweden. Progeny testing and breeding strategies. In: Lee, S.J. (ed.) *Proceedings of the Nordic Group for Tree Breeding*, Edinburgh, Scotland, 6-10 Oct 1993.
- Danell, Ö. & Werner, M. 1989. Förädlingsplan för björk. Föreningen Skogsträdsförädling, Årsbok 1989, Institutet för Skogsförbättring, Uppsala.

- Daugaviete, M., Krūmiņa, M., Kāposts, V. & Lazdiņš, A. 2003. Farmland afforestation: the plantations of birch *Betula pendula* Roth. on different soils. *Baltic Forestry* 9: 9-21.
- Daugaviete, M., Liepiņš, K. & Liepiņš, J. 2011. The growth of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in plantations of different densities. *Mežzinātne* 24(57): 3-16. In Latvian with English summary
- Daugaviete, M., Lazdiņa, D., Bambe, B., Bārdule, A., Bārdulis, A. & Daugavietis, U. 2015. Productivity of different tree species in plantations on agricultural soils and related environmental impacts. *Baltic Forestry* 21: 349-358.
- de Chantall, M., Lindberg, H. & Kallonen, S. 2009. The condition and survival of *Populus tremula* and other deciduous saplings in a moose winter-foraging area in southern Finland. *Annales Botanici Fennici* 46(4): 280-290.
- De Jager, N. R. & Pastor, J. 2008. Effects of moose *Alces alces* population density and site productivity on the canopy geometries of birch *Betula pubescens* and *B. pendula* and Scots pine *Pinus sylvestris*. *Wildlife Biology* 14(2): 251-262.
- den Herder, M., Bergstrom, R., Niemela, P., Danell, K. & Lindgren, M. 2009a. Effects of natural winter browsing and simulated summer browsing by moose on growth and shoot biomass of birch and its associated invertebrate fauna. *Annales Zoologici Fennici* 46(1): 63-74.
- den Herder, M., Kouki, J. & Ruusila, V. 2009b. The effects of timber harvest, forest fire, and herbivores on regeneration of deciduous trees in boreal pine-dominated forests. *Canadian Journal of Forest Research* 39(4): 712-722.
- Di Fulvio, D., Kroon, A., Bergström, D. & Nordfjell, T. 2011. Comparison of energy-wood and pulpwood thinning systems in young birch stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26: 339-349.
- Drössler, L. 2010. Tree species mixtures – a common feature of southern Swedish forests. *Forestry* 83: 433-441.
- Edwards, D., Marion Jay, M., Jensen, F.S., Lucas, B., Marzano, M., Montagné, C., Peace, A. & Gerhard Weiss, G. 2012. Public preferences for structural attributes of forests: Towards a pan-European perspective. *Forest Policy and Economics* 19: 12-19.
- Ehnström, B. 2015. Björk. Svart på vitt om myllrande mångfald. Centrum för Biologisk mångfald ISBN 978-91-88083-5, 101 s.
- Ekstrand, A. 2020. Marknaden för lövvirke 2020 – Aktuell rapport i juni 2020. *Ekbladet* 35: 1-2.
- Ekö, P.M. 1985. En produktionsmodell för skog i Sverige, baserad på bestånd från riksskogstaxeringens provtytor. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, Rapport 16, Umeå, 224 s.
- Ekö, P.M. 2006. En jämförelse mellan granens och björkens ekonomiska potential. *Skogforsk, Arbetsrapport Nr 609*, Uppsala, s. 56-73.
- Ekö, P.M., Johansson, U., Petersson, N., Bergqvist, J., Elfving, B. & Frisk, J. 2008. Current growth differences of Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pendula* and *Betula pubescens*) in different regions in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 307-318.
- Elfving, B. 1986. Odlingsvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Sydsvetige. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 5-86: 31-41.
- Ellenberg, H., Weber, E.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulissen, D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18: 1-258.
- Energimyndigheten 2011. Energistatistik för småhus 2011. Rapport ES 2012:04, Eskilstuna, 63 s.
- EPD 2020. Basic Products from Forestry, Product Category Classification: UN CPC 031. PCR 2020:05. EPD International AB, Stockholm, 44 p.
- Ericsson, T. 1995. Growth and shoot:root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. *Plant and Soil* 168-169: 205-214.
- Ericsson, T. & Ingestad, T. 1988. Nutrition and growth of birch seedlings at varied relative phosphorus addition rates. *Physiologia Plantarum* 72: 227-235.
- Ericsson, T. & Kähr, M. 1993. Growth and nutrition of birch seedlings in relation to potassium supply rate. *Trees* 7: 78-85.
- Ericsson, T. & Kähr, M. 1995. Growth and nutrition of birch seedlings at varied relative addition rate of magnesium. *Tree Physiology* 15: 85-93.
- Ericsson, T. & Lindsjö, I. 1981. Tillväxtens pH-beroende hos några energiskogsarter. Projekt ESO, Teknisk Rapport nr 11, SLU, Uppsala, 7 s.
- Eriksson, G. & Jonsson, A. 1986. A review of the genetics of *Betula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 421-434.
- Eriksson, H. 1991a. Vad vet vi idag om björkens och aspens produktion i Sverige. SLU, Skogsfakta, Konferens 15, Uppsala, s. 73-83.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Lundgren, L.N. 1996. Glasbjörk eller vårtbjörk? – metoder för säker artbestämning. SLU, Fakta Skog nr 1 1996, Uppsala, 4 s.

- Eriksson, H., Johansson, U. & Kiviste, A. 1997. A site-index model for pure and mixed stands of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 149–156.
- Eriksson, L. 1991b. Ekonomin vid åkermarksbeskogning. SLU, Inst. f. Skog-Industri-Marknad Studier, Rapport nr 17, Uppsala, 141 s.
- Etholén, K. 1974. The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. *Folia Forestalia* 213: 1–16.
- Fahlvik, N., Agestam, E., Nilsson, U. & Nyström, K. 2005. Simulating the influence of initial stand structure on the development of young mixtures of Norway spruce and birch. *Forest Ecology and Management* 213: 297–311.
- Fahlvik, N., Agestam, E., Ekö, P.M. & Lindén, M. 2011. Development of single-storied mixtures of Norway spruce and birch in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26(Suppl. 11): 36–45.
- Fahlvik, N., Ekö, P.-M. & Pettersson, N. 2015. Effects of precommercial thinning strategies on stand structure and growth in a mixed even-aged stand of Scots pine, Norway spruce and birch in southern Sweden. *Silva Fennica* 49(3) article id 1302, 17 p.
- Fahrig, L. 2002. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological applications* 12: 346–353.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 487–515.
- Fahrig, L. 2013. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. *Journal of Biogeography* 40: 1649–1663.
- Fahrig, L. 2017. Ecological Responses to Habitat Fragmentation Per Se. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48: 1–23.
- Felton, A., Lindbladh, M., Brunet, J., Fritz, Ö. 2010 Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management* 260: 939–947.
- Ferm, A. 1985. Variation in the water content and basic density of small-sized pubescent birch (*Betula pubescens*) stems on peatland. *Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja* 206: 19–39. In Finnish with English abstract
- Ferm, A. 1990. Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland. *Folia Forestalia* 744, 17 p. In Finnish with English abstract.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia Forestalia* 558, 32 p. In Finnish with English abstract.
- Fischer, J. & Lindenmayer D.B. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16: 265–280.
- Folkesson, B. & Barring, U. 1982. Exempel på riklig björkförekomst inverkan på utvecklingen av unga tall och granbestånd i norra Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet, Avd. för skoglig herbology, Rapport nr 1, 64 s. ISSN 0280-3674.
- Fredman, P., Ankre, R. & Chekalina, T. 2019. Friluftsliv 2018. Nationell undersökning av svenska folkets friluftsvanor. Naturvårdsverket, Rapport 6887, Stockholm, 78 s.
- Fries, C. 1985. The establishment of seed sown birch (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens*) on clear cuttings in Sweden. In: Broadleaves in boreal silviculture - an obstacle or an asset? (Hägglund, B., Peterson, G., eds.). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report 14, pp. 127–161.
- Fries, J. 1964. Vårthjörkens produktion i Svealand och södra Norrland. *Studia Forestalia Suecica* 14: 1–227.
- Frivold, L.H. 1982. Stand structure and yield of mixed stands of birch (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) and spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in South East Norway. *Meldinger fra Norges Lantbrukshøgskole* 61(18), 108 p. In Norwegian with English summary.
- Frivold, L.H. & Borchgrevink, I. 1981. Biomasseproduksjon av lavlandsbjørk (*Betula verrucosa* Ehrh.) i en 6-årig forsøksplantering i Ås, Norge. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 60.12: 1–16.
- Frivold, L.H. & Frank, J. 2002. Growth of mixed birch-coniferous stands in relation to pure coniferous stands at similar sites in south-eastern Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 139–149.
- Fröberg, M., Hansson, K., Berggren Kleja, D. & Alavi, G. 2011. Dissolved organic carbon and nitrogen leaching from Scots pine, Norway spruce and silver birch stands in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 262: 1742–1747.
- Goodale C.L., Apps, M.J., Birdseye, R.A., Field, C.B., Heath, L.S., Houghton, R.A., Jenkins, J.C., Kohlmaier, G.H., Kurz, W., Liu, S., Nabuurs, G.-J., Nilsson, S. & Shvidenko, A.Z. 2002. Forest carbon studies in the Northern hemisphere. *Ecological Application* 12: 891–899.

- Granus, A. & Dietrichson, J. 1997. Yield of biomass in young mixed forests of birches (*Betula pendula* Ehrh & *Betula pubescens* Roth) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). In: Hakki, P., Heino, M. & Puranen, E. (eds.) IEA Bioenergy. Proceedings from joint meeting Forest management for bioenergy, Jyväskylä, Finland, Sept. 9-10, 1996. The Finnish Forest Research Institute, Vantaa, Finland, pp. 230-237.
- Gundersen, V.S. & Frivold, L.H. 2008. Public preferences for forest structures: A review of quantitative surveys from Finland, Norway and Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening* 7: 241-258.
- Gustafsson, L. 1994. A comparison between ecological characteristics between Swedish threat-ened and non-threatened forest vascular plants. *Ecography* 17: 39-49
- Gustafsson, L. & Ahlén, I. 1996. Geography of plants and animals. National atlas of Sweden. SNA publishing Stockholm, 160 p.
- Götmark, F. G., Berglund, A. & Wiklander, K. 2005. Browsing damage on broadleaved trees in semi-natural temperate forest in Sweden, with a focus on oak regeneration. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20(3): 223-234.
- Haapanen, M., Jansson, G., Nielsen, U., Steffenrem, A. & Stener, L.-G. 2015. The status of tree breeding and its potential for improving biomass production: A review of breeding activities and genetic gains in Scandinavia and Finland. *Skogforsk*, Uppsala, 55 p.
- Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K. & Nihlgård, B. 2004. The impact of six European tree species in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management* 195: 373-384.
- Hagqvist, R. & Hahl, J. 1998. Genetic gain provided by seed orchards of silver birch in southern and central Finland. Reports from the Foundation for Forest Tree Breeding 13: 1-32.
- Hannerz, M., Lindhagen, A., Forsberg, O., Fries, C. & Rydberg, D. 2016. Skogsskötsel för friluftsliv och rekreation. Skogsskötselserien nr 15, Skogsstyrelsen. 161 s.
- Hanski, I. 2015. Habitat fragmentation and species richness. *Journal of Biogeography* 42: 989-994
- Hanski, I. & Gilpin, M. 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 3-16
- Hansson, K., Olsson, B.A., Olsson, M., Johansson, U. & Berggren Kleja, D. 2011. Differences in soil properties in adjacent stands of Scots pine, Norway spruce and silver birch in SW Sweden. *Forest Ecology and Management* 262: 522-530.
- Hansson K., Fröberg, M., Helmisaari, H.-S., Kleja, D.B., Olsson, B.A., Olsson, M. & Persson, T. 2013a. Carbon and nitrogen pools and fluxes above and below ground in spruce, pine and birch stands in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 309: 28-35.
- Hansson, K., Helmisaari, H.-S. Sah, S.P. & Lange, H. 2013b. Fine root production and turnover of tree and understory vegetation in Scots pine, silver birch and Norway spruce stands in SW Sweden. *Forest Ecology and Management* 309: 58-65.
- Haveraaen, O. 1963. På hvilken tid av året skal en rydde bjørk? *Norsk Skogbruk* 9: 692-693.
- Haveraaen, O. & Hjeljord, O. 1981. Forbedring av elgens (*Alces alces*) vinterbeite ved hogst og gjødsling av bjørk (*Betula pubescens* var. *tortuosa*) i Gausdal Vestfjell. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 60: 1-16. In Norwegian with English summary.
- Hedwall, P.-O., Holmström, E., Lindblad, M. & Felton, A. 2019. Concealed by darkness: How stand density can override the biodiversity benefits of mixed forests. *Ecosphere* 10(8):e02835, 11p.
- Heikkilä, R. 1991. Moose browsing in a Scots pine plantation mixed with deciduous tree species. *Acta Forestalia Fennica* 224: 1-13.
- Heikkilä, R. & Härkönen, S. 1993. Moose (*Alces alces* L.) browsing in young Scots pine stands in relation to the characteristics of their winter habitats. *Silva Fennica* 27(2): 127-143.
- Heikkilä, R., Nygren, K., Härkönen, S. & Mykkänen, A. 1996. Characteristics of habitats used by a female moose in the managed forest area. *Acta Theriologica* 41(3): 321-326.
- Heiskanen, V. 1958. Studies on pruning of birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49.3: 1-68. In Finnish with English summary
- Herfindal, I., Tremblay, J.-P., Hester, A. J., Lande, U. S. & Wam, H. K. 2015. Associational relationships at multiple spatial scales affect forest damage by moose. *Forest Ecology and Management* 348: 97-107.
- Hesselman, H. 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. *Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt* 22:5. Stockholm, 169 s.
- Histol, T. & Hjeljord, O. 1993. Winter feeding strategies of migrating and nonmigrating moose. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 71(7): 1421-1428.

- Hjälten, J., Danell, K. & Ericson, L. 1993. Effects of simulated herbivory and intraspecific competition on the compensatory ability of birches. *Ecology* 74(4): 1136-1142.
- Hódar, J. A. & Palo, R. T. 1997. Feeding by vertebrate herbivores in a chemically heterogeneous environment. *Écoscience* 4(3): 304-310.
- Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S. & Velling, P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry* 83: 103-119.
- Hynynen, J., Repola, J. & Mielikäinen, K. 2011. The effects of species mixture on the growth and yield of mid-rotation mixed stands of Scots pine and silver birch. *Forest Ecology and Management* 262: 1174-1183.
- Hytönen, J. 2016. Wood ash fertilization increases biomass production and improves nutrient concentrations in birches and willows on two cutaway peats. *Baltic Forestry* 22: 98-106.
- Hytönen, J. 2019. Stump diameter and age affect coppicing of downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) *European Journal of Forest Research* 138: 345-352.
- Hytönen, J. & Issakainen, J. 2001. Effect of repeated harvesting on biomass production and sprouting of *Betula pubescens*. *Biomass and Bioenergy* 20: 237-245.
- Hytönen, J. & Jylhä, P. 2005. Effects of competing vegetation and post-planting weed control on the mortality, growth and vole damages to *Betula pubescens* planted on former agricultural land. *Silva Fennica* 39: 365-380.
- Hytönen, J. & Jylhä, P. 2013. Long-term effect of weed control on survival and growth of silver birch planted on arable land. *Baltic Forestry* 19: 170-178.
- Hytönen, J. & Saarsalmi, A. 2009. Long-term biomass production and nutrient uptake of birch, alder and willow plantations on cut-away peatland. *Biomass and Bioenergy* 33: 1197-1211.
- Hytönen, J., Saarsalmi, A. & Rossi, P. 1995. Biomass production and nutrient uptake of short-rotation plantations. *Silva Fennica* 29: 117-139.
- Hytönen, J., Saramäki, J. & Niemistö, P. 2013. Growth, stem quality and nutritional status of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in pure stands and mixtures. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29(1): 1-11.
- Härkönen, S. 1998. Effects of silvicultural cleaning in mixed pine-deciduous stands on moose damage to Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Scandinavian Journal of Forest Research* 13(4): 429-436.
- Härkönen, S., Miina, J. & Saksa, T. 2008. Effect of cleaning methods in mixed pine-deciduous stands on moose damage to Scots pines in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23(6): 491-500.
- Härkönen, S., Pulkkinen, A. & Heräjärvi, H. 2009. Wood quality of birch (*Betula* spp.) trees damaged by moose. *Alces* 45: 67-72.
- Högbom, L. & Jacobson, S. 2002. Kväve 2002 - en konsekvensbeskrivning av skogsgödsling i Sverige. *Skogforsk, Redogörelse nr 6 2002*, 42 s.
- Högbom, L., Nordlund, S., Lingdell, P.-E. & Nohrstedt, H.-Ö. 2002. Effects of tree species in the riparian zone on brook-water quality. In: Björk, L. (ed.) *Sustainable Forestry in Temperate Regions. Proceedings of the SUFOR International Workshop, April 7-9, 2002*, Lund, Sweden.
- Hörnberg, S. 2001. The relationship between moose (*Alces alces*) browsing utilisation and the occurrence of different forage species in Sweden. *Forest Ecology and Management* 149(1-3): 91-102.
- Ingestad, T. 1987. New concepts on soil fertility and plant nutrition as illustrated by research on forest trees and stands. *Geoderma* 40: 237-252.
- Ingestad, T. 1991. Nutrition and growth of forest trees. *Tappi Journal* 74: 55-62.
- Jansson, G. 1999. Landscape composition and birds in managed boreal forest. Thesis, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 122, SLU, Uppsala, 33 p.
- Jansson, G. 2007. Gains from selecting *Pinus sylvestris* in southern Sweden for volume per hectare. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22(3): 185-192.
- Jansson, G., Danell, Ö. & Stener, L.-G. 1998. Correspondence between single-tree and multiple-tree plot genetic tests for production traits in *Pinus sylvestris*. *Canadian Journal of Forest Research* 28(3): 450-458.
- Jia, J., Niemelä, P., Rousi, M. & Härkönen, S. 2008. Selective browsing of moose (*Alces alces*) on birch (*Betula pendula*) clones. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12(1): 33-40.
- Johansson, T. 1986. Development of suckers by two-year-old birch (*Betula pendula* Roth) at different temperatures and light intensities. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 17-26.
- Johansson, T. 1987. Development of stump suckers by *Betula pubescens* at different light intensities. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 77-83.

- Johansson, T. 1991. Sprouting ability of two-year-old *Betula pendula* stumps exposed to different light intensities during five years. *Scandinavian Journal of Forest Research* 6: 509–518.
- Johansson, T. 1992a. Sprouting of 2- to 5-year-old birches (*Betula pubescens* Ehrh. and *Betula pendula* Roth) in relation to stump height and felling time. *Forest Ecology and Management* 53: 263–281.
- Johansson, T. 1992b. Sprouting of 10- to 50-year-old *Betula pubescens* in relation to felling time. *Forest Ecology and Management* 53: 283–296.
- Johansson, T. 1996. Management of birch forest. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences Supplement* 24: 7–20.
- Johansson, T. 1999. Biomass equations for determining fractions of pendula and pubescent birches growing on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass and Bioenergy* 16: 223–238.
- Johansson, T. 2001a. Björkskärm över gran – resultat från försök anlagda 1983–1984. SLU, Inst. för skogshushållning, Rapport 16, Uppsala, 29 s.
- Johansson, T. 2001b. Blandskog av björk och gran – merproduktion och mångfald. SLU, Fakta Skog Nr 12-2001, Uppsala, 4 s.
- Johansson, T. 2006. Site index conversion equations for *Picea abies* and five broadleaved species in Sweden: *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Betula pendula*, *Betula pubescens* and *Populus tremula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 14–19.
- Johansson, T. 2007. Biomass production and allometric above- and below-ground relations for young birch stands planted at four spacings on abandoned farmland. *Forestry* 80: 41–52.
- Johansson, T. 2014. Tillväxt och produktion hos skärmbestånd med björk och gran. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för energi och teknik, Rapport 068, Uppsala, 31 s.
- Johnsson, H. 1974. Genetic characteristics of *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh. *Annales Forestales* 6/4: 91–133, Zagreb.
- Jones, G., Liziniewicz, M., Adamopoulos, S., Lindeberg, J. 2021. Genetic parameters of stem and wood traits in full-sib silver birch families. *Forests* 12(2): 1–17
- Jonsson, S. & Möller, G. 1976. Björkens reaktion på kväve-gödsling. Föreningen Skogsträdsförädling, Institutet för skogsförbättring, Årsbok 1975, 42 s.
- Juodvalkis, A., Kairiukstis, L. & Vasiliauskas, R. 2005. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. *European Journal of Forest Research* 124: 187–192.
- Kalén, C. & Bergquist, J. 2004. Forage availability for moose of young silver birch and Scots pine. *Forest Ecology and Management* 187(2-3): 149–158.
- Kaplan, R. & Kaplan, S. 1989. The experience of nature: a psychological perspective. Cambridge University Press, 352 p.
- Karlsson, A. 1996. Site preparation of abandoned fields and early establishment of naturally and direct-seeded birch in Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 199: 1–25.
- Karlsson, A. 2002. Site preparation of abandoned fields and early establishment of planted small-sized seedlings of silver birch. *New Forests* 23: 159–175.
- Karlsson, A. & Albrektson, A. 2000. Røj på en högre nivå! SLU, Fakta Skog Nr 9 2000, Uppsala, 4 s.
- Karlsson, A. & Albrektson, A. 2001. Height development of *Betula* and *Salix* species following pre-commercial thinning through breaking the tops of secondary stems: 3-year results. *Forestry* 74: 41–51.
- Karlsson, A., Albrektson, A. & Sonesson, J. 1997. Site index and productivity of artificially regenerated *Betula pendula* and *Betula pubescens* stands on former farmland in southern and central Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 256–263.
- Karlsson, A., Albrektson, A., Forsgren & Svensson, L. 1998. An analysis of successful natural regeneration of downy and silver birch on abandoned farmland in Sweden. *Silva Fennica* 32: 229–240.
- Karlsson, M. 2001. Natural regeneration of broadleaved tree species in southern Sweden. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silviculturae* 196 (Dissertation), 44 p., Alnarp.
- Karlsson, M. 2003. Naturlig förnygring av björk i södra Sverige – kan man styra och förutsäga resultatet? SLU, Fakta Skog Nr 1 2003, Uppsala, 4 s.
- Karlsson, M. & Nilsson, U. 2005. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 205: 183–197.
- Karlsson, R., Palm, J., Woxblom, L. & Johansson, J. 2011. Konkurrenskraftig kund Anpassad affärsutveckling för lövträ – Metodik för samordnad affärs- och teknikutveckling inom leverantörskedjan för björkämnen. SLU, Institutionen för skogens produkter, Rapport nr 19, Uppsala, 138 s.
- Kauppi, A., Rinne, P. & Ferm, A. 1987. Initiation, structure and sprouting of dormant basal buds in *Betula pubescens*. *Flora* 179: 55–83.

- Kauppi, A., Rinne, P. & Ferm, A. 1988a. Sprouting ability and significance for coppicing of dormant buds on *Betula pubescens* Ehrh. stumps. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 343–354.
- Kauppi, A., Kiviniitty, M. & Ferm, A. 1988b. Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh. of seed and sprout origin. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 1603–1613.
- Kelty, M.J. 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management* 233: 195–204.
- Kempe, G. & Stener, L.-G. 2006. Självföryngring med björk på granmarker. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 609, Uppsala, s. 53–55.
- Kikuzawa, K. 1993. Self-thinning line and B-point line of the yield-density diagram in a young birch stand. *Forest Ecology and Management* 58: 287–298.
- Kilde, V., Solli, K.H., Pitzner, B., Lind, P. & Bramming, J. 2006. Björk i synlige konstruksjoner. Norsk Treteknisk Institutt, Rapport 67, Oslo, 70 s.
- Klang, F. & Ekö, P.M. 1999. Tree properties and yield of *Picea abies* planted in shelterwoods. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 262–269.
- Koivisto, P. 1959. Growth and yield tables. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 51.8: 1–49. In Finnish with English summary.
- Korsmo, H. 1995. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 333–346.
- Koski, V. & Rousi, M. 2005 A review of the promises and constraints of breeding silver birch (*Betula pendula* Roth) in Finland. *Forestry* 78(2): 187–198.
- Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. *Folia Forestalia* 365: 1–60. På finska med engelsk summary.
- Kowalczyk, R., Taberlet, P., Coissac, E., Valentini, A., Miquel, C., Kaminski, T. & Wojcik, J. M. 2011. Influence of management practices on large herbivore diet-Case of European bison in Bialowieza Primeval Forest (Poland). *Forest Ecology and Management* 261(4): 821–828.
- Kramer, K., Bruinderink, G. & Prins, H. H. T. 2006. Spatial interactions between ungulate herbivory and forest management. *Forest Ecology and Management* 226 (1-3): 238–247.
- Kullberg, Y. & Bergström, R. 2001. Winter browsing by large herbivores on planted deciduous seedlings in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16(4): 371–378.
- Kumpula, J., Stark, S. & Holand, O. 2011. Seasonal grazing effects by semi-domesticated reindeer on subarctic mountain birch forests. *Polar Biology* 34(3): 441–453.
- Kärki, L. 1976 Toward more effective tree breeding through the use of flower induction halls. *The Foundation for Forest Tree Breeding, Yearbook 1976*, pp. 37–45.
- Lagerberg, T. 1972. Kompendium i Trädkännedom. II. Lövträd & Växtgeografi. Omarbetning av H. Sjörs, Skogshögskolans kompendiekommitté, Stockholm, 111 s.
- Lai, G. & Plönning, S. 2019. Fracture characteristics of acetylated birch - Experimental and numerical studies. Lund University, Dep. Of Construction Sciences, Division of Structural Mechanics, Master's thesis, Report TVSM-5234, 95 p. Sweden. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8990739>
- Lehtonen, J. & Heikkinen, R. K. 1995. On the recovery of mountain birch after Epirrita damage in Finnish Lapland, with a particular emphasis on reindeer grazing. *Écoscience* 2(4): 349–356.
- Leonardsson, J., Löf, M. & Götmark, F. 2015. Exclosures can favour natural regeneration of oak after conservation-oriented thinning in mixed forests in Sweden: A 10-year study. *Forest Ecology and Management* 354: 1–9.
- Libäck, K. 1988. Björkodlingens ekonomi. STFI, STFI-Meddelande D320, Stockholm, s. 66–70.
- Lidman, J., Jonsson, M., Burrows, R.M., Bundschuh, M. & Sponseller, R.A. 2016. Composition of riparian litter input regulates organic matter decomposition: Implications for headwater stream function in a managed forest landscape. *Ecology and Evolution* 7: 1068–1077.
- Ligné, D., Karlsson, A. & Nordfjell, T. 2005. Height development of *Betula pubescens* following precommercial thinning by breaking or cutting the treetops in different seasons. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 136–145.
- Lindberg, A. & Werner, M. 1998. Hantering av lövträdsfrö - från skörd till sådd. SkogForsk,Handledning, Uppsala, 44 s.
- Lindqvist, H. 2000. Effect of different lifting dates and different lengths of cold storage on plant vitality of silver birch and common oak. *Scientia Horticulturae* 88: 147–161.

- Liziniwicz, M., Berlin, M. & Karlsson, B. 2018. Early assessments are reliable indicators for future volume production in Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) genetic field trials. *Forest Ecology and Management* 411: 75–81.
- Liziniwicz m.fl. 2021, submitted *Silva Fennica*.
- Lortie J., Brooker, R.W., Choler, P., Kikvidze, Z., Michalet, R., Pugnaire, F.J. & Callaway, R.M. 2004. Rethinking plant community theory. *Oikos* 107: 433–438.
- Lundmark, T. & Hällgren, J.-E. 1987. Effects of frost on shaded and exposed spruce and pine seedlings planted in the field. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 1197–1201.
- Lundqvist, L., Mörling, T. & Valinger, E. 2014. Spruce and birch growth in pure and mixed stands in Sweden. *The Forestry Chronicle* 90(1): 29–34.
- Lundström, A., Rosvall, O. & Elfving, B. 2006. Regionala effekter på skogsproduktionen om granskog omförs till björkskog. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 609, Uppsala, pp. 74–81.
- Luoranen, J. & Rikala, R. 1997. Growth regulation and cold hardening of silver birch seedlings with short-day treatment. *Tree Planter's Notes* 48: 65–71.
- Luoranen, J., Rikala, R. & Aphalo, P.J. 2002. Effect of CCC and daminozide on growth of silver birch container seedlings during three years after spraying. *New Forests* 23: 71–80.
- Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. 2003. Root egress and field performance of actively growing *Betula pendula* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 133–144.
- Luostarinen, K., Huotari, N. & Tillman-Sutela, E. 2009. Effect of regeneration method on growth, wood density and fibre properties of downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.). *Silva Fennica* 43: 329–338.
- Lutter, R., Tullus, A., Kanal, A., Tullus, T., Vares, A. & Tullus, H. 2015. Growth development and plant-soil relations in midterm silver birch (*Betula pendula* Roth) plantations on previous agricultural lands in hemiboreal Estonia. *European Journal of Forest Research*: 134: 653–667.
- Luyssaert, S., Ciais, P., Piao, S.L., Schulze, E.-D., Jung, M., Zaehle, S., Schelhaas, M.J., Reichstein, M., Churkina, G., Papale, D., Abril, G., Beer, C., Grace, J., Loustau, D., Matteucci, G., Magnani, F., Nabuurs, G.-J., Verbeeck, H., Sulkava, M., Van Der Werf, G.R. & Janssens, I.A. 2010. The European carbon balance. Part 3: forests. *Global Change Biology* 16: 1429–1450.
- Lyly, M., Klemola, T., Koivisto, E., Huitu, O., Oksanen, L. & Korpimäki, E. 2013. Varying impacts of cervid, hare and vole browsing on growth and survival of boreal tree seedlings. *Oecologia* 174: 271–281.
- Löyttyniemi, K. & Piisilä, N. 1983. Moose (*Alces alces*) damage in young pine plantations in the Forestry Board District Uusimaa-Hime. *Folia Forestalia* (Helsinki) 553: 1–23 In Finnish with English summary
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, 203 p.
- Malmqvist, C. & Woxblom, L. 1991. Trädslag för beskogning av åkermark – björk och lönn. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skog-industri-marknad studier, Utredningar 10, Uppsala, 63 s.
- Marklund, L.G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. SLU, Inst. f. skogstaxering, Rapport 45, Umeå, 73 s.
- Mathisen, K. M., Milner, J. M. & Skarpe, C. 2017. Moose-tree interactions: rebrowsing is common across tree species. *BMC Ecology* 17:12, 15 p.
- Mathisen, K. M., Wojcicki, A. & Borowski, Z. 2018. Effects of forest roads on oak trees via cervid habitat use and browsing. *Forest Ecology and Management* 424: 378–386.
- Mielikäinen, K., 1980. Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(3), 82 p. In Finnish with English summary.
- Mielikäinen, K. 1985. Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133: 495–500. In Finnish with English summary.
- Mikola, P. 1942. Über die Ausschlagbildung bei der Birke und ihre forstliche Bedeutung. *Acta Forestalia Fennica* 50(3): 1–102. På finska med tysk sammanfattning.
- Milligan, H. T. & Koricheva, J. 2013. Effects of tree species richness and composition on moose winter browsing damage and foraging selectivity: an experimental study. *Journal of Animal Ecology* 82(4): 739–748.
- Muiruri, E. W., Milligan, H. T., Morath, S. & Koricheva, J. 2015. Moose browsing alters tree diversity effects on birch growth and insect herbivory. *Functional Ecology* 29(5): 724–735.
- Mysterud, A., Askilrud, H., Loe, L. E. & Veiberg, V. 2010. Spatial patterns of accumulated browsing and its relevance for management of red deer *Cervus elaphus*. *Wildlife Biology* 16(2): 162–172.

- Månsson, J. 2009. Environmental variation and moose *Alces alces* density as determinants of spatio-temporal heterogeneity in browsing. *Ecography* 32(4): 601-612.
- Månsson, J., Kalén, C., Kjellander, P., Andren, H. & Smith, H. 2007. Quantitative estimates of tree species selectivity by moose (*Alces alces*) in a forest landscape. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22(5): 407-414.
- Mäkinen, H. 2002. Effect of stand density on the branch development of silver birch (*Betula pendula* Roth) in central Finland. *Trees* 16: 346-353.
- Mäkinen, H., Hynynen, J., Siitonen, J. & Sievänen, R. 2006. Predicting the decomposition of Scots Pine, Norway spruce, and birch stems in Finland. *Ecological Applications* 16: 1865-1879.
- Mälkönen, E. 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91.5, 35 p.
- Mälkönen, E., & Saarsalmi, A. 1982. Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia Forestalia* 534: 1-17.
- Niemistö, P. 1991. Growing density and thinning models for *Betula pubescens* stands on peatland in northern Finland. *Folia Forestalia* 782: 1-36. På finska med engelsk summary.
- Niemistö, P. 1995. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (*Betula pendula*). *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 245-255.
- Niemistö, P. 1996. Yield and quality of planted silver birch (*Betula pendula*) in Finland - Preliminary review. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences Supplement no. 24*: 51-59.
- Niemistö, P. 2013. Effect of growing density on biomass and stem volume growth of downy birch stands on peatland in western and northern Finland. *Silva Fennica* 47. id 1002, 24 p.
- Niemistö, P., Kilpeläinen, H. & Heräjärvi, H. 2019. Effect of pruning season and tool on knot occlusion and stem discolouration in *Betula pendula* - situation five years after pruning. *Silva Fennica* 53. id 10052, 29 p.
- Nieuwenhuis, M. & Barrett, F. 2002. The growth potential of downy birch (*Betula pubescens* (Ehrh.)) in Ireland. *Forestry* 75: 75-87.
- Nilsson, T., Johansson, M.-B. & Nilsson, Å. 2007. Trädslagets betydelse för markens syra-basstatus - resultat från Ståndortskarteringen. Skogsstyrelsen, Rapport 2, Jönköping, 83 s. ISSN 1100-0295.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G. & Puttonen, P. 2010. Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 283-294.
- Nordengren, C. & Ball, J. P. 2005. A field assessment of the Spalinger-Hobbs mechanistic foraging model: free-ranging moose in winter. *Canadian Journal of Zoology* 83(4): 518-526.
- Norman, J., Ellingson, L., Boman, M. & Mattsson, L. 2010. The value of forests for outdoor recreation in southern Sweden: are broadleaved trees important? *Ecological Bulletins* 53: 21-31.
- Nylinder, M., Pape, R. & Fryk, H. 2006. Björktimmer - Förädling, egenskaper och skador. SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi (SBT), Uppsala, 112 s.
- Oikarinen, M. 1983. Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 113: 1-28 +appendix. På finska med engelsk sammanfattning.
- Olsson, B.A., Hansson, K., Persson, T., Beuker, E. & Helmisaari, H.-S. 2012. Heterotrophic respiration and nitrogen mineralisation in soils of Norway spruce, Scots pine and silver birch in stands of contrasting climates. *Forest Ecology and Management* 269: 197-205.
- Ottosson-Löfvenius, M. 1993. Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Ecology, 23 p.
- Ovington, J.D. & Madgwick, H.A.I. 1959. The growth and composition of natural stands of birch. 1. Dry-matter production. *Plant and Soil* 10: 271-283.
- Palm, J. & Woxblom, L. 2008. Kvalitetsspråk för sågat lövträ. Träcentrum Nässjö.
- Palo, R. T., Bergstrom, R. & Danell, K. 1992. Digestibility, distribution of phenols, and fiber at different twig diameters of birch in winter. Implication for browsers. *Oikos* 65(3): 450-454.
- Palo, R. T., Öhmark, S. M. & Iason, G. R. 2015. Distribution of winter browsing by moose: evidence of long-term stability in northern Sweden. *Alces* 51: 35-43.
- Palviainen, M., Finér, L., Laiho, R., Shorohova, E., Kapitsa, E. & Vanha-Majamaa, I. 2010. Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management* 259: 390-398.

- Pastor, J. & De Jager, N. R. 2013. Simulated responses of moose populations to browsing-induced changes in plant architecture and forage production. *Oikos* 122(4): 575–582.
- Perala, D.A. & Alm, A.A. 1990. Reproductive ecology of birch: a review. *Forest Ecology and Management* 32: 1–38.
- Petersen, H. & Luxton, M. 1982. A comparative analysis of soil fauna population and their role in decomposition processes. *Oikos* 39: 287–388.
- Pettersson, R., McDonald, A.J.S. & Stadenberg, I. 1993. Response of small birch plants (*Betula pendula* Roth.) to elevated CO₂ and nitrogen supply. *Plant, Cell and Environment* 16: 1115–1121.
- Pollock, M. L., Milner, J. M., Waterhouse, A., Holland, J. P. & Legg, C. J. 2005. Impacts of livestock in regenerating upland birch woodlands in Scotland. *Biological Conservation* 123(4): 443–452.
- Priha, O. & Smolander, A. 1999. Nitrogen transformations in soil under *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 965–977.
- Priha, O., Grayston, S., Hiukka, R. Pennainen, T. & Smolander, A. 2001. Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soils under *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. *Biology and Fertility of Soils* 33: 17–24.
- Rao, S. J., Iason, G. R., Hulbert, I. A. R., Elston, D. A. & Racey, P. A. 2003. The effect of sapling density, heather height and season on browsing by mountain hares on birch. *Journal of Applied Ecology* 40(4): 626–638.
- Raulo, J. 1987. Björkboken. Skogsstyrelsen, Jönköping, 87 s.
- Raulo, J. & Mälkönen, E. 1976. Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil *Folia Forestalia* 252, 15 p. På finska.
- Repola, J. 2009. Biomass equations for birch in Finland. *Silva Fennica* 42: 605–624.
- Riksskogstaxeringen 2020. Skogsdatabasen, virkesförråd 2015–2019.
- Rinne, P., Kauppi, A. & Ferm, A. 1987. Induction of adventitious buds and sprouts on birch seedlings (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.). *Canadian Journal of Forest Research* 17: 545–555.
- Rosvall, O. (ed.) 2011. Review of the Swedish tree breeding programme. Skogforsk, Uppsala, 84 p.
- Rosvall, O., & Palmér, C.H. 1988. Björk - Norrlands Eucalyptus. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädlingsinformation 1987/88 Nr 1, Uppsala, 6 s.
- Rosvall, O., & Wennström U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. Skogforsk, Arbetsrapport nr 665, Uppsala, 42 s.
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar. SkogForsk, Redogörelse nr 1 2001, Uppsala, 41 s.
- Rousi, M. 1990. Breeding trees for resistance to mammalian herbivores — a study based on European white birch. *Acta Forestalia Fennica* 210: 1–20.
- Rousi, M., Tahvanainen, J. & Uotila, I. 1989. Inter- and intraspecific variation in the resistance of winter-dormant birch (*Betula* spp.) against browsing by the mountain hare. *Holarctic Ecology* 12: 187–190.
- Rybicki, J., Abrego, N., & Ovaskainen, O. 2020. Habitat fragmentation and species diversity in competitive species communities. *Ecology Letters* 23: 506–517.
- Rytter, L. 1998. Löv- och lövblandbestånd - ekologi och skötsel. SkogForsk, Redogörelse nr 8, Uppsala, 62 s.
- Rytter, L. 2004. Produktionspotential hos asp, björk och al. Skogforsk, Redogörelse nr 4, Uppsala, 62 s.
- Rytter, L. 2013. Growth dynamics of hardwood stands during the precommercial thinning phase - Recovery of retained stems after competition release. *Forest Ecology and Management* 302: 264–272.
- Rytter, L. 2019. Lövträd och lövskog - En sammanställning av nuvarande kunskap. Skogforsk, Rapport, Uppsala, 62 s.
- Rytter, L. & Lutter, R. 2019. Early growth of different tree species on agricultural land along a latitudinal transect in Sweden. *Forestry* 93: 376–388.
- Rytter, L. & Werner, M. 2000. Lövskogen. Skogstyrelsen - Grönare Skog, Skogsstyrelsens Förlag, Jönköping, 31 s.
- Rytter, L. & Werner, M. 2007. Influence of early thinning in broadleaved stands on development of remaining stems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22: 198–210.
- Rytter, L., Ericsson, T. & Rytter, R.-M. 2003. Effects of demand-driven fertilization on nutrient use, root:plant ratio and field performance of *Betula pendula* and *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 401–415.
- Rytter, L., Karlsson, A., Karlsson, M. & Stener, L.-G. 2014. Skötsel av björk, al och asp. Skogsstyrelsens förlag, Skogsskötselserien, 2:a uppl., Jönköping, 131 s. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

- Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1992. Biomass production and nutrient consumption of *Alnus incana* and *Betula pendula* in energy forestry. *Folia Forestalia* 797: 1–29. In Finnish with English summary.
- Sandnes, A., Eldhuset, T.D. & Wollebeck, G. 2005. Organic acids in root exudates and soil solution of Norway spruce and silver birch. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 259–269.
- Sarvas, R. 1952. On the flowering of birch and the quality of seed crop. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 40(7): 38 p.
- Schatz, U., Heräjärvi, H., Kannisto, K. & Rantatalo, M. 2008. Influence of saw and secateur pruning on stem discolouration, wound cicatrisation and diameter growth of *Betula pendula*. *Silva Fennica* 42: 295–305.
- Schraml, U. & Volz, K.-R. 2009. Do species matter? Valuable broadleaves as an object of public perception and policy. In: Spiecker, H. (ed.) *Valuable broadleaved forest in Europe*. S. Brill, Leiden, Boston, Köln, pp. 213–236.
- SDC 2018. Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2013–2017. SDC/VMU, Sundsvall, 22 s.
- SFS 2010. Förordning om statsbidrag till friluftsförbundet. Svensk Författningssamling 2010:2008, Sveriges riksdag.
- Shiple, L. A., Blomquist, S. & Danell, K. 1998. Diet choices made by free-ranging moose in northern Sweden in relation to plant distribution, chemistry, and morphology. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 76(9): 1722–1733.
- Sigurðardóttir, R. 2000. Effects of different forest types on total ecosystem carbon sequestration in Hallormsstadur Forest Eastern Iceland. PhD Thesis, Yale University, USA, 209 p.
- Silvola, J. & Ahlholm, U. 1995. Combined effects of CO₂ concentration and nutrient status on the biomass production and nutrient uptake of birch seedlings (*Betula pendula*). *Plant and Soil* 168-169: 505–511.
- Sjölund, M. & Stenis, N. 2019. Limträhybrider av acetylerad björk och obehandlad gran: En experimentell och numerisk analys av vissa mekaniska egenskaper och fuktbetende. KTH, Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad, Institutionen för Byggnadskonst, Examensarbete inom Samhällsbyggnad, 125 s.
- Skogsstyrelsen 2019. Produktion av skogsplantor 2018. Skogsstyrelsen, Statistiska Meddelanden JO0313 SM 1901, 20 s. Sveriges officiella statistik.
- SLU 2019. Skogsdata 2019. SLU, Inst. f. skoglig resurshushållning, Umeå, 135 s. Sveriges officiella statistik.
- Smith, A., Granhus, A., Astrup, R., Bollandsås, O.M. & Petersson, H. 2014. Functions for estimating aboveground biomass of birch in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29: 565–578.
- Smolander, A., Lojonen, L., Suominen, K. & Kitunen, V. 2005. Organic matter characteristics and C and N transformations in the humus layer under two tree species, *Betula pendula* and *Picea abies*. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1309–1318.
- Solfjeld, I. & Johnsen, Ø. 2006. The influence of root-zone temperature on growth of *Betula pendula* Roth. *Trees* 20: 320–328.
- Sonesson, J., Albrektson, A. & Karlsson, A. 1994. Björkens produktion på nedlagd jordbruksmark i Götaland och Svealand. SLU, Inst. f. skogsskötsel, Arbetsrapport 88, Umeå, 31 s. + appendix.
- Speed, J. D. M., Austrheim, G., Hester, A. J., Solberg, E. J. & Tremblay, J.-P. 2013. Regional-scale alteration of clear-cut forest regeneration caused by moose browsing. *Forest Ecology and Management* 289: 289–299.
- Stark, S., Julkunen-Tiitto, R. & Kumpula, J. 2007. Ecological role of reindeer summer browsing in the mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*) forests: effects on plant defense, litter decomposition, and soil nutrient cycling. *Oecologia* 151(3): 486–498.
- Stener, L.-G. 1995. Jämförelse mellan björk av finskt och svenskt ursprung i ett försök i södra Sverige. Skogforsk, Redogörelse nr 1, Uppsala, 17 s.
- Stener, L.-G. 1997. Förflyttning av björkprovenienser i Sverige. Skogforsk, Redogörelse nr 3, Uppsala, 30 s.
- Stener, L.-G. 1998. Länsvisa uppgifter om areal och virkesförråd för lövträd. Skogforsk, Redogörelse nr 4, Uppsala, 61 s.
- Stener, L.-G. 2003. Fältsådd av björk i södra Sverige – ett alternativ till plantering. Skogforsk, Resultat nr 18, Uppsala, 4 s.
- Stener, L.-G. (ed.) 2015. The status of tree breeding and its potential for improving biomass production – A review of breeding activities and genetic gains in Scandinavia and Finland. Skogforsk, Uppsala, 56 p.
- Stener, L.-G. & Hedenberg, Ö. 2003. Genetic parameters of wood, fibre, stem quality and growth traits in a clone test with *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18(2): 103–110.
- Stener, L.-G. & Jansson, G. 2005. Improvement of *Betula pendula* by clonal and progeny testing of phenotypically selected trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20(4): 292–303.

- Stener, L.-G., Rytter, L. & Jansson, G. 2017. Effects of pruning on wood properties of planted silver birch on southern Sweden. *Silva Fennica* 51(2), id 1713, 15 p.
- Suszka, B., Muller, C. & Bonner-Masimbert, M.B. 1996. Seeds of forest broadleaves – From harvest to sowing. INRA Editions, Paris, 295 p.
- Södra 2009. Lövskogsskötsel. Södra, Skogsavdelningen, Växjö, 20 s.
- Tanentzap, A. J., Zou, J. & Coomes, D. A. 2013. Getting the biggest birch for the bang: restoring and expanding upland birchwoods in the Scottish Highlands by managing red deer. *Ecology and Evolution* 3(7): 1890–1901.
- Telenius, B.F. 1999. Stand growth of deciduous pioneer tree species on fertile agricultural land in southern Sweden. *Biomass and Bioenergy* 16: 13–23.
- Tham, Å. 1987. Tvåskiktade bestånd av gran och björk – ett sätt att öka produktionen? Skogen i energiförsörjningen. SLU, Skogsfakta konferens nr 10: 46–51.
- Tham, Å. 1988. Yield prediction after heavy thinnings of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). SLU, Institutionen för skogsproduktion, Rapport 23, Garpenberg, 36 p.
- Thomas, K.D. & Prescott, C.E. 2000. Nitrogen availability in forest floor of three tree species on same site: the role of litter quality. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 1698–1706.
- Tullus, A., Lukason, O., Vares, A., Padari, A., Lutter, R., Tullus, T., Karoles, K. & Tullus, H. 2012. Economics of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) and silver birch (*Betula pendula* Roth.) plantations on abandoned agricultural lands in Estonia. *Baltic Forestry* 18: 288–298.
- Uri, V., Löhmus, K., Ostonen, I., Tullus, H., Lastik, R. & Vildo, M. 2007. Biomass production, foliar and root characteristics and nutrient accumulation in young silver birch (*Betula pendula* Roth.) stand growing on abandoned agricultural land. *European Journal of Forest Research* 126: 495–506.
- Uri, V., Varik, M., Aosaar, J., Kanal, A., Kukumägi, M. & Löhmus, K. 2012. Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management* 267: 117–126.
- Utkin, A.I., Gul'be, Y.I., Ermolova, L.S., Kaplina, N.F. & Rozhdestvensky, S.G. 1987. Primary productivity of birch, aspen, grey alder stands in Yaroslavl province (USSR) as an example of production invariability of the vegetation cover. *Proc. IUFRO Proj. Grp P1.09.00, Integrated Research in Biomass for Energy*, pp. 29–38. Ljubljana, Yugoslavia, 1986. Swed. Univ. Agric. Sci., Sect. Energy Forestry.
- Wallgren, M., Bergström, R., Bergqvist, G. & Olsson, M. 2013. Spatial distribution of browsing and tree damage by moose in young pine forests, with implications for the forest industry. *Forest Ecology and Management* 305: 229–238.
- Wallrup, E., Saetre, P. & Rydin, H. 2006. Deciduous trees affect small-scale floristic diversity and tree regeneration in conifer forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 399–404.
- Wam, H. K., Hjeljord, O. & Solberg, E. J. 2010. Differential forage use makes carrying capacity equivocal on ranges of Scandinavian moose (*Alces alces*). *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 88(12): 1179–1191.
- Wam, H. K., Felton, A. M., Stolter, C., Nybakken, L. & Hjeljord, O. 2018. Moose selecting for specific nutritional composition of birch places limits on food acceptability. *Ecology and Evolution* 8(2): 1117–1130.
- van Beest, F. M., Mysterud, A., Loe, L. E. & Milner, J. M. 2010. Forage quantity, quality and depletion as scale-dependent mechanisms driving habitat selection of a large browsing herbivore. *Journal of Animal Ecology* 79(4): 910–922.
- Van Bogaert, R., Jonasson, C., De Dapper, M. & Callaghan, T. V. 2009. Competitive interaction between aspen and birch moderated by invertebrate and vertebrate herbivores and climate warming. *Plant Ecology & Diversity* 2(3): 221–232.
- Wang, T.L., Hagqvist, R. & Tigerstedt, P.M.A. 1996. Growth performance of hybrid families by crossing selfed lines of *Betula pendula* Roth. *Theoretical and Applied Genetics* 92: 471–476.
- Vartiamäki, H., Hantula, J. & Uotila, A. 2009. Susceptibility of silver birch pruning wounds to infection by white-rot fungus (*Chondrostereum purpureum*), a potential bioherbicide. *Silva Fennica* 43: 537–547.
- Vehviläinen, H. & Koricheva, J. 2006. Moose and vole browsing patterns in experimentally assembled pure and mixed forest stands. *Ecography* 29(4): 497–506.
- Werner, M. 2010. Föreningen Skogsträdsförädling från ursprunget 1936 och de första 70 åren. Föreningen Skogsträdsförädling, Uppsala, 364 s.

- Verwijst, T. 1989. Self-thinning in even-aged natural stands of *Betula pubescens*. *Oikos* 56: 264–268.
- Vesterdal, L., Clarke, N., Sigurdsson, B.D. & Gundersen, P. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management* 309: 4–18.
- Westin, J. & Sonesson, J. 2005 Unik studie visar på stor potential för förädling av gran. Skogforsk, Resultat nr 20, Uppsala. 4 s.
- Viherä-Aarnio, A. & Heikkilä, R. 2006. Effect of the latitude of seed origin on moose (*Alces alces*) browsing on silver birch (*Betula pendula*). *Forest Ecology and Management* 229(1-3): 325–332.
- Viherä-Aarnio, A. & Velling, P. 2001. Micropropagated silver birches (*Betula pendula*) in the field - Performance and clonal differences. *Silva Fennica* 35(4): 385–401.
- Wiktander, U., Olsson, O. & Nilsson, S.G. 2001. Seasonal variation in home-range size and habitat area requirement of the lesser spotted woodpecker *Dendrocopus minor* in southern Sweden. *Biological Conservation* 100: 387–395.
- Wilson, E. 1984. *Biophilia: the human bond with other species*. Harvard University Press, Cambridge. 176 p.
- Vindstad, O. P. L., Jepsen, J. U., Klinghardt, M., Ek, M. & Ims, R. A. 2017. Salvage logging of mountain birch after geometrid outbreaks: Ecological context determines management outcomes. *Forest Ecology and Management* 405: 81–91.
- Viro, P.J. 1974. Fertilization of birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 81(4), 38 p.
- Zālītis, T. & Zālītis, P. 2007. Growth of young stands of silver birch (*Betula pendula* Roth) depending on precommercial thinning intensity. *Baltic Forestry* 13: 61–67.
- Åberg, J. 2000. The occurrence of hazel grouse in the boreal forest. Effects of habitat composition at several spatial scales. Thesis, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, *Silvestria* 158, SLU Uppsala, 30 p.



skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00

skogforsk.se