



Tillväxt hos inhemska trädslag i Borneo

– En jämförelse av 34 arter inom ett återbeskogningsförsök

The growth among native tree species in Borneo - a comparison of 34 species in a reforestation trial

Filip Bonnerup & Simon Vesterlund

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbeten i skogsvetenskap
Umeå 2021



Tillväxt hos inhemska trädslag i Borneo – en jämförelse av 34 arter inom ett återbeskogningsförsök

Growth among native tree species in Borneo – a comparison of 34 species in a reforestation trial

Filip Bonnerup & Simon Vesterlund

Handledare: Daniel Lussetti, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel & Petter Axelsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö

Bitr. handledare: Ulrik Ilstedt, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Examinator: Gustaf Egnell, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i skogsvetenskap

Kurskod: EX0911

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Daniel Lussetti

Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap

Delnummer i serien: 19

Nyckelord: återbeskogning, inhemska arter, kolinlagring, tropisk, Borneo

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Arkivering och publicering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Metadata och fulltext blir då synliga och sökbara på internet. I samband med att dokumentet laddas upp arkiveras det även digitalt.

JA, jag ger härmed min tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.
<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>

NEJ, jag ger inte min tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och abstract blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Degraderingen av tropiska skogar har en stor negativ påverkan på biodiversiteten i dessa artrika system, samt skogens potential för kolinlagring. I och med detta förlorar systemet sin potential för att binda delar av den koldioxid som orsakar pågående klimatförändringar. I arbeten att återbeskoga degraderade tropiska skogar, för att försöka återskapa de ekosystemtjänster som gått förlorade, används ofta exotiska trädslag så som *Eukalyptus* och *Acacia*. Dessa trädslag är väl dokumenterade samt påvisar så väl god tillväxt så som kolbindningsförmåga. Däremot bidrar de lite till att återskapa inhemsk biodiversitet och med sina invasiva egenskaper kan de konkurrera med inhemska trädarter och leda till en ännu lägre biodiversitet.

Målet med detta arbete var att undersöka potentialen för kolinlagring hos inhemska tropiska trädarter från Borneo och därmed försöka identifiera arter som kan konkurrera med exotiska trädarter. Detta gjordes genom att analysera data från 34 olika trädarter som planterades i ett återbeskningsprojekt i Sabah, Borneo, Malaysia.

Vi fann att variation i kolinlagringsförmåga kunde predikteras från trädarternas veddensitet; arter med lägre veddensitet hade generellt högre kolinlagring än arter med högre veddensitet. Vi fann även fyra arter som hade väsentligt högre medeltillväxt än vad som kunde predikteras från veddensiteten, samtliga av dessa hörde till familjen *Shorea sp.* Dessa arter påvisade en kolinlagringsförmåga som motsvarade 30-50% av kolinlagringsförmågan hos *Acacia mangium* och *Eukalyptus pellita*.

Våra resultat tyder på att när det gäller kolinlagring samt tillväxt så kan inte de inhemska trädslagen konkurrera med de exotiska. Detta beroende på att de mest extrema värden vi fick från vår data inte överstiger 50% av potentialen hos de exotiska trädslagen. Dock fann vi även att de exotiska trädslagen i många fall har en negativ inverkan på biodiversiteten i de ekosystem de befinner sig i. Vår slutsats är därmed att om målet är att bevara biodiversitet samt skapa potential för kolinlagring, så är dessa inhemska arter ett bra alternativ. Om målet är att maximera kolinlagring är exoterna det bättre alternativet.

Nyckelord: återbeskogning, inhemska arter, kolinlagring, tropisk skog, Borneo

Abstract

Degradation of tropical forests have had a major negative impact on biodiversity in these species-rich systems, as well as lowering carbon sequestration. This results in these systems losing their potential to bind parts of the carbon dioxide that is causing the ongoing climate change. When working with reforestation of degraded tropical forests, with the goal of reintroducing the ecosystem services that have been lost, exotic tree species such as *Eucalyptus* and *Acacia* are often used. These tree species are well documented and have high growth rates and high potential for carbon sequestration. The exotic tree species are lacking when it comes to contributing to the native biodiversity, they also show invasive tendencies and can lower the biodiversity by competing with native tree species.

The goal with this article was to investigate the potential for carbon sequestration among native tropical tree species originating from Borneo, and finding native tree species that can compete with the exotic tree species. This was accomplished by analyzing data from 34 different tree species that had been planted in a reforestation project in Sabah, Borneo, Malaysia.

We found that the variation in carbon sequestration could be predicted by using wood density; species with lower wood density generally had higher carbon sequestration than species with a higher wood density. We also found four tree species that showed significantly higher carbon sequestration than predicted with the wood density, these species all belonged to the family *Shorea sp.* These tree species exhibited a carbon sequestration potential that was equal to 30-50% of the potential found in *Acacia mangium* and *Eucalyptus pellita*.

Our results indicate that when it comes to carbon sequestration and growth, the native tree species cannot compete with the exotic tree species. The reason for this conclusion is that the highest values from the native tree species are still only 50% of the potential found in the exotic tree species. We found that the exotic tree species have a negative impact on biodiversity in areas where they are introduced. Our conclusion is that if the goal is to preserve biodiversity while increasing the potential for carbon sequestration, the native tree species are the better choice. However, if the goal is to maximize carbon sequestration, the exotic species are the better alternative.

Keywords: reforestation, native tree species, carbon sequestration, tropical forest, Borneo

Förord

Detta kandidatarbete har utförts våren 2021 på Jägmästarprogrammet på Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel som avslutning på de tre första åren.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare, Daniel Lussetti och Petter Axelsson för bra råd och ett otroligt engagemang i detta arbete. Vi vill även tacka vår biträdande handledare, Ulrik Ilstedt för en bra uppstart av arbetet.

Filip Bonnerup & Simon Vesterlund

Umeå

April 2021

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	10
Figurförteckning	11
1. Inledning	13
2. Material och metoder	17
3. Resultat	20
4. Diskussion	24
Referenser	28
Bilaga 1	30

Tabellförteckning

Tabell 1. En jämförelse av data mellan återbeskogningsprojektet i Sabah, Borneo, Malaysia och plantagerna i Guangdong Province, Kina samt Três Marias, Brasilien. Där *S. leprosula*, som växte bäst, bara har halva biomassatillväxten jämfört med *E. pellita*.....23

Figurförteckning

Figur 1. Översigtskarta över Sydostasien, Malaysia samt punkt som markerar INIKEA-projektet.....	18
Figur 2. Medelbiomassatillväxten för alla arter mellan år 2012-2020 i återbeskningsförsöket i Sabah, Borneo, Malaysia. Fyra av dessa arter tillhör familjen <i>Shorea</i> ; <i>leprosula</i> (79,2 kg), <i>macrophylla</i> (66,48 kg), <i>parvifolia</i> (57,05), <i>fallax</i> (54,57). Dessa påvisar en markant högre medeltillväxt jämfört med resterande arter i försöket.	20
Figur 3. Förhållandet mellan medeltillväxten och veddensiteten för de 34 olika arterna i återbeskningsförsöket i Sabah, Borneo, Malaysia. Punkterna ovanför linjen påvisar ett högre AGB-värde gentemot det förväntade värdet av arternas veddensitet.....	21
Figur 4. Plantmortalitet (%) inom varje art i återbeskningsförsöket i Sabah, Borneo, Malaysia.....	22

1. Inledning

Degradering av skogsekosystem är ett globalt problem och överutnyttjande tillsammans med de pågående klimatförändringarna har lett till att stora skogar har svårt att leverera produkter och ekosystemtjänster som vi tidigare har tagit för givet (Paquette & Messier 2010). Degradering av de tropiska skogarna är extra allvarligt. 2011 uppskattades det att 30-40% (500-600 miljoner hektar) av de tropiska skogarna var till någon grad degraderade (Budiharta et al. 2014). Skogar som utsatts för störningar har visat en lägre grad av evapotranspiration, vilket är summan av evaporation och transpiration, samt betydligt lägre nederbörd (Bullock & Woodcock 2021). Detta leder till en lägre luftfuktighet och längre torrperioder, vilket i sin tur leder till en högre förekomst av bränder. I artiklar från Aragao (2018) och Bullock (2020) påvisas ett samband mellan förekomsten av störningar och torrperioder, där andelen areal påverkad av störningar är det dubbla under perioder av torra.

Stora ytor regnskog skövlas i dagsläget, dels för virkesuttag men främst för att ta fram mark som går att använda för odling av grödor samt bete för boskap. Detta bidrar till att naturliga och orörda skogar blir allt färre och kommer inte bara behöva skyddas i framtiden, utan även på vissa platser återinföras (Paquette & Messier 2010). I en artikel från Shahraki et al. (2016) undersöktes hur olika typer av markanvändning påverkar markens kolinlagringsförmågor. Deras resultat visade att områdena med naturlig skog, skog där förekomsten av mänskliga störningar varit minimal, var de områden med högst kolinlagring samt att skogar som utsatts för störning hade den lägsta. Utifrån det går det att konstatera att skogar som ej utsatts för mänskliga störningar spelar en viktig roll när det gäller långvarig kolinlagring i marken, samt att störningar i ekosystem bör ses som något negativt för kolinlagringen i området (Shahraki et al. 2016).

Genom att använda sig av trädplantager kan återbeskogning uppfylla några av de ekosystemtjänster som ostörda skogar uppfyller, t.ex. kolinlagring samt bevarande av biodiversitet. Trädplantager, både de som består av inhemska arter och exoter, betraktas dock av många som något negativt (Paquette & Messier 2010). Dessa plantager kopplas till industrins stora monokulturer, produktion av timmer och annan råvara och sällan till andra ekosystemtjänster. Dock är plantager mycket mer

varierande idag och används på många håll för återbeskogning och återställning av ekosystem, vilket visar att alla plantager inte är industriella (Parrotta et al. 1997).

I många delar av världen används exotiska trädslag i trädplantager och produktionsskogar. Enligt en rapport från FAO (2020), består upp till 44% av världens trädplantager idag av exoter, d.v.s. arter som är introducerade i ett ekosystem där de vanligtvis inte existerar. I detta fall är det inte produktionsskogar som denna artikel ska fokusera på, då dessa allmänt har låg biologisk mångfald och låg kolinlagring jämfört med exempelvis orörda skogar. I fokus är det de degraderade markerna där exotiska trädslag används för att återbeskoga ytor och återskapa potential för kolinlagring. Detta är fallet för exoter som *Eucalyptus pellita* och *Acacia mangium*, snabbväxande pionjärer som även kan växa under varierande förhållanden, vilket ger dem ett brett användningsområde. Dessa trädslag används främst för produktion av virke, tack vare deras snabba tillväxt och korta omloppstider. Idag återfinns över sju miljoner hektar av *A. mangium* och *E. pellita* plantager i Sydostasien (Harwood & Nambiar 2014). Dessa arter föredras då de är välstuderade och det är dokumenterat att de växer bra och har hög potential för kolinlagring. Däremot har de låg potential att bidra till bevarande av inhemska ekosystem och deras biodiversitet. Ett problem som uppstår är områden med monokulturer bestående av exoter, då dessa monokulturer är mer sårbara mot bränder och patogener som kan få förödande konsekvenser i sådana bestånd (Turnbull et al. 1998; Harwood & Nambiar 2014).

A. mangium ursprungliga förekomst innefattar Indonesien, Papua Nya Guinea och nordöstra Queensland i Australien (Hegde et al. 2013). Trädarten har införts i många andra länder, med den främsta anledningen att producera massaved. *E. pellita* härstammar från samma områden, med en viss osäkerhet om den bör räknas som inhemska på de öar i Indonesien där den funnits (Dombro 2010). Främsta användningen av *E. pellita* är timmerproduktion. Båda dessa trädarter har egenskapen att kunna växa på näringsfattiga jordar och klarar av perioder av torka samt stora mängder av nederbörd. Detta gör dem inte bara effektiva för produktionsskog, utan även för återbeskogning. Något som skiljer dessa trädarter åt är deras resistensförmågor, *E. pellita* är mer resistent mot insekter och patogener, vilka istället orsakar stora skador på *A. mangium* bestånd i delar av Asien (Harwood & Nambiar 2014).

På grund av exoternas invasiva förmågor kan de utgöra ett hot inom inhemska system. I en artikel från Islam (2019), analyseras introduktionen av *A. mangium* i Brunei. Trädslaget introducerades tack vare dess förmåga att växa bra under torra, näringsfattiga och utsatta förhållanden, samt dess regenerativa förmåga. Detta gjorde den till ett bra val för att återställa degraderade områden. Dock har trädslagets regenerativa och invasiva egenskaper gjort den till ett hot för Bruneis

naturliga skogar. I Bruneis kustnära skogar har en stor minskning i mångfalden bland inhemska arter iakttagits. Områden som *A. mangium* har etablerat sig i löper även en större risk att bli drabbade av skogsbränder. Bestånd med *A. mangium* är idag en av de främsta anledningarna till att skogsbränder startar längs Bruneis kust, detta beror på att trädarten har lätt att fatta eld samt sprida denna. *A. mangium* i Brunei är ett bra exempel på de negativa konsekvenser exoter kan ha på ett ekosystem och varför inhemska alternativ bör övervägas när det kommer till återställning av degraderade områden (Islam et al. 2019).

Genom att använda inhemska trädarter kan vissa av dessa negativa konsekvenser undvikas, då dessa är en naturlig del av ekosystemet och därmed har en positiv inverkan på den lokala flora och faunan. Dock är processen att återskapa naturliga tropiska skogar komplicerat eftersom dessa system är så artrika (Chechina & Hamann 2015). Kunskapen om de lokala trädens biommassatillväxt och kolinlagrings förmågor är även bristande, mer insikt i detta skulle kunna öka villigheten att använda dessa trädarter. Att återskapa artrika bestånd med hjälp av plantering är en utmaning. Trädarter med sen succession är inte bara ekologiskt värdefulla, utan visar högre värden när det gäller skogsprodukter utöver timmer. Detta innefattar ätbara frukter, fiber, latex, oljor och mediciner (Peters et al. 1989). Om en skog ska upprättas där det inte ska förekomma avverkningar, så får befolkningen mer utav en skog med dessa träd jämfört med om marken skulle användas för plantager eller boskap. Utifrån detta är en diversifierad skog med god förekomst av trädarter med sen succession en god källa till en variation av skogsprodukter som samhällen kan ha nytta av, samt även säljas för att ge dem inkomst (Ibid). Detta gör processen mer komplicerad och leder till att om återbeskogning sker med fokus på inhemska arter med höga värden, så är det trädarter med sen succession som blir valda (Uhl et al. 1988). Dock klarar många sena successionsarter inte av att växa under förhållandena som kopplas till plantager på öppna fält, hög isolation samt torra och degraderade jordar, vilket gör dessa arter icke lämpade för denna typ av återbeskogning (Uhl et al. 1988). Sammanfattningsvis är kunskapen låg gällande många av de inhemska tropiska trädarterna, vilket gör det svårt att effektivt kunna använda dessa inom återbeskogning. Genom att få utökad kunskap inom återbeskogning med inhemska trädarter, samt att kunna direkt jämföra dessa med exoterna, bör de inhemska trädarterna bli ett mer lockande alternativ. För att uppnå detta behöver inhemska träd planteras och följas upp över tid i återbeskogningsförsök.

År 1998 i provinsen Sabah, Borneo, Malaysia, etablerades INIKEA Sow-a-seed projektet, vars mål var att öka biodiversiteten genom plantering av diverse lokala arter (Gustafsson et al. 2016). Projektets område omfattar ca 18 500 ha, där över 80 arter har planterats genom åren. Det har tidigare bedrivits selektiv huggning på projektområdet, vilket skedde i sammanband med kraftiga skogsbränder som

drabbade Sabah. Övriga områden har upplevt olika grader av störningar innan projektet etablerades, från i stort sett orörda skogsdelar till områden med kraftiga störningar, där pionjärarter och grästyper dominerade (Gustafsson et al. 2016).

Målet med studien är att i ett försök med 34 inhemska trädarter identifiera lovande arter med god tillväxt och kolinlagring. Samt jämföra hur dessa trädarter växer i andra studier och förhåller sig i jämförelse med exotiska trädarter genom litteraturstudier. Syftet med detta är för att dels kunna återbeskoga dessa områden inom en rimlig tidsram, hitta arter som är värda att investera i för att i framtiden kunna ha en ekonomisk vinning och till sist på en längre sikt återföra den biologiska mångfalden som har förlorats i dessa områden. I detta arbete kommer biomassatillväxten och kollinlagringen att jämföras inom de 34 givna trädslagen och dessa kommer i sin tur jämföras med andra exoter som är vanligt förekommande i regionen.

Våra hypoteser lyder 1) trädarternas biomassatillväxt och därmed kolinlagring skiljer sig åt och 2) att denna variation till viss del kan förklaras av variation i veddensitet, men att några av trädarterna sticker ut och har en högre kolinlagring än vad vi kan förvänta från veddensiteten, och 3) kolinlagringen i dessa inhemska utstickande trädarter är jämförbar med kolinlagringen i exoter i regionen.

2. Material och metoder

Materialet som analyserades var data från tidigare inventeringar av ett trädslagsförsök med 34 inhemska arter utlagt i en sekundär regnskog i Sg. Tiagau Forest Reserve i sydostliga Sabah (4°36'N, 117°12'E), Borneo, Malaysia. Klimatet är humid tropisk ekvatorial med hög nederbörd året om (Gustafsson et al. 2016), även om de blötare perioderna ligger under månaderna oktober-februari (Peel et al. 2007). Försöket ligger på en altitud på 300 m ö.h. med en sydsluttande backe ca. 100 meter från topp ner till en liten bäck i botten, med några få raviner som går genom sluttningen. Mellan åren 2002-2013 var medelnederbörden på platsen 2517 mm (SD 760) (Gustafsson et al. 2016). Området har blivit selektivt avverkat p.g.a. tidigare skogsbränder som inträffade under tidigt 80-tal. Den sekundära skogen som naturligt vuxit upp efteråt har fått hård konkurrens av snabbväxande pionjära trädarter och gräs, till en utsträckning att vissa delar av skogen är rena gräsfläckar. Den omkringliggande skogen av INIKEA-projektet har blivit avverkat och stora delar har konverterats till andra användningsområden, främst palmoljeplantage.

År 2008 planterades 34 olika inhemska trädarter (bilaga 1) med ca 20 replikat av varje art, med tre meter mellanrum mellan varje planeringspunkt. De här 34 arterna valdes ut av lokalbefolkningen eftersom dessa arter var det som lokalbefolkningen brukade mest. Träden planterades randomiserat i rader om 34 st. All konkurrerande markvegetation blev undanröjd innan planteringarna gjordes. Efter en månad gjordes en stödplantering av de plantor som att dött. För att bibehålla konkurrensfriheten i planteringslinjerna gjordes en röjning av markvegetation 1-3 gånger varje år. I februari 2013, 50 månader efter första planteringen, gjordes en gallring av pionjärträd för att öka ljustillförseln till försöksträden, samtidigt gjordes även en röjning av markvegetationen ännu en gång. Även efter 50 månaders tid efter första planteringen gjordes ytterligare en stödplanering av de plantor som hade dött (ibid). Fyra inventeringar genomfördes 2008, 2010, 2012 och 2020 där de mätte höjden (H , m) och diameter i brösthöjd (DBH , cm) på alla individuella träd (Gustafsson et al. 2016).



Figur 1. Översiktskarta över Sydostasien, Malaysia samt punkt som markerar INIKEA-projektet.

Den empiriska delen av studien bestod av analysering av data; datat samlades in under tidigare inventeringarna och har sammanställts i programmen Excel och Minitab för analys. För att adressera hypotes 1) att arterna skiljer sig i potential för kolinlagring räknades trädslagsgruppernas biomassatillväxt ut genom det följande.

Trädets biomassa (ABG; above ground biomass, kg) räknas ut genom att använda DBH, H samt veddensiteten (bilaga 1) (*ICRAF Database - Wood Density*) (p , g/cm^3) (Chave et al. 2005)

$$AGB = p * D^2 * H$$

Trädens medeltillväxt/år räknades ut genom att ta år 2020 AGB_2 minus år 2012 AGB_1 dividerat på antalet år, alltså åtta år:

$$\overline{AGB} = (\overline{AGB}_2 - \overline{AGB}_1) \div 8$$

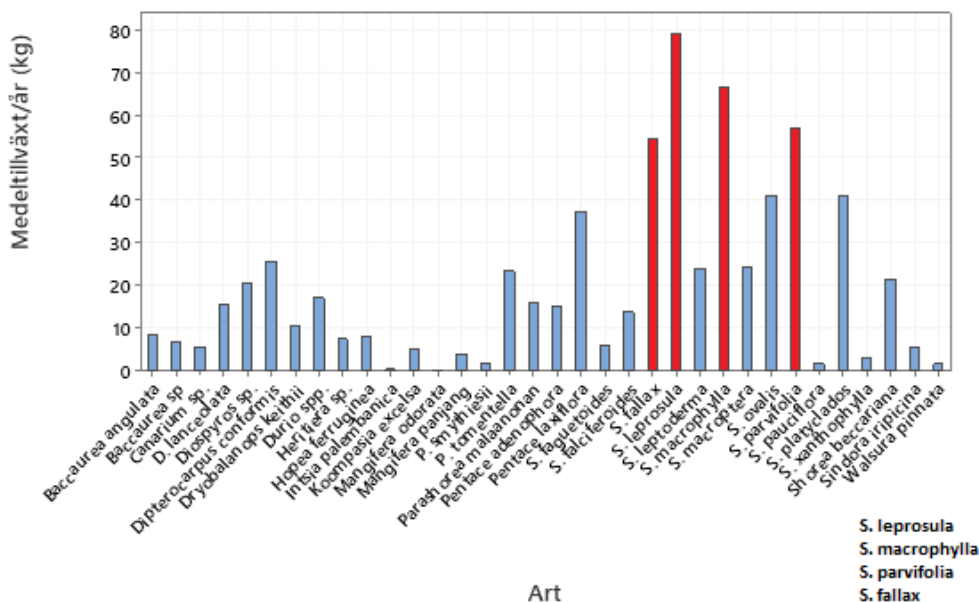
Medelbiomassan för alla arter räknades sedan ihop för att till sist bli sammanställd i en boxplot i programmet Minitab för att se medeltillväxten/år (AGB/år). För att få fram mängden producerat kol divideras AGB med två. Andelen kol i veden har blivit satt samma för alla arter, 50%, som är ett generellt antagande (*Seeing Forests for the Trees and the Carbon: Mapping the World's Forests in Three Dimensions* 2012).

För att adressera hypotes 2) att variation i kolinlagringsförmåga kan förklaras av trädens veddensitet men att vissa arter har högre inlagringsförmåga än vad som förklaras av veddensiteten, utfördes en regressionsanalys, även där i programmet Minitab. Detta gjordes för att se förhållandet mellan AGB och veddensiteten samt för att visuellt identifiera arter med hög kolinlagringspotential.

För att adressera hypotes 3) att kolinlagringen i dessa utstickande arter är jämförbar med exoterna *E. pellita* och *A. mangium*, utfördes en litteratursökning för att med lämpliga sökord hitta relevanta artiklar från regionen. Litteratursökningen gjordes i Google Scholar, Primo och Web of Science för att hitta studier på träd tillväxt av de inhemska arter vi identifierade i den empiriska studien som höga kolinlagrare samt exoterna *E. pellita* och *A. mangium* som är vanligt förekommande i plantageskogsbruk i regionen. De studier samt resultat som hittades på *E. pellita* och *A. mangium* var benämnda i enheten $\text{m}^3/\text{ha}/\text{år}$ och det var därför tvunget att beräknas om till $\text{kg}/\text{år}$, för att lätt kunna jämföras med resultaten från denna studie. Formeln som användes för detta var samma formel som användes vid beräkningen av AGB på de inhemska trädarterna.

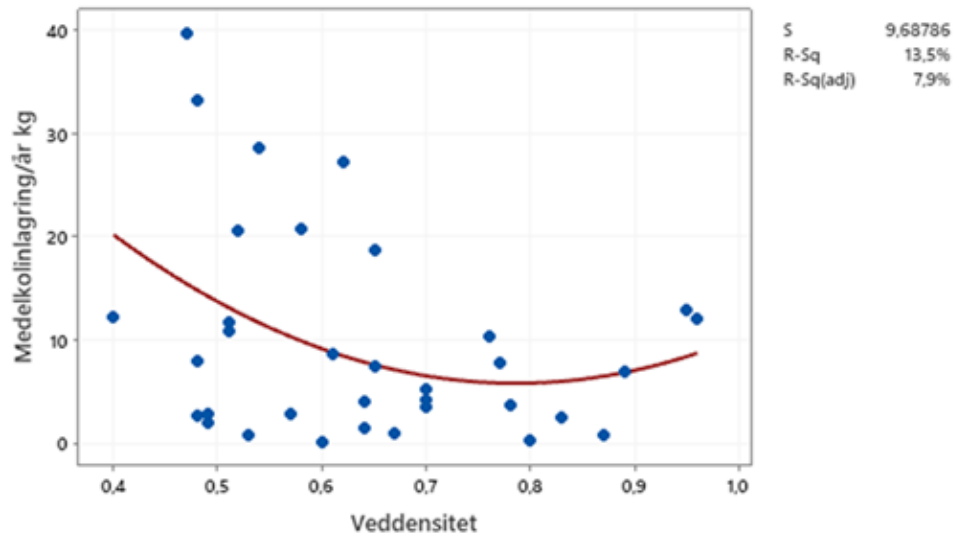
3. Resultat

Resultatet för de 34 arterna i studien skilde sig markant i biommassatillväxt och därmed i kolinlagringsförmåga (figur 2). Högst medelbiommassatillväxt hade arten *S. leprosula* på ca 80 kg/år och lägst medelbiommassatillväxt hade arten *I. palembanica* Miq på 0,25 kg/år. Resultatet visade också att biommassatillväxten kunde förklaras av variation i veddensiteten, arter med en högre veddensitet hade generellt sett en lägre biommassatillväxt jämfört med arter med en lägre veddensitet (figur 3). Resultatet visar också att det är fyra arter som sticker ut från de 34 arterna som har tillhandahållits i denna studie. Dessa påvisar en högre AGB-medeltillväxt/år, där *S. leprosula* har 80 kg, *S. macrophylla* har 66 kg, *S. parvifolia* har 57 kg och *S. fallax* har 55 kg.



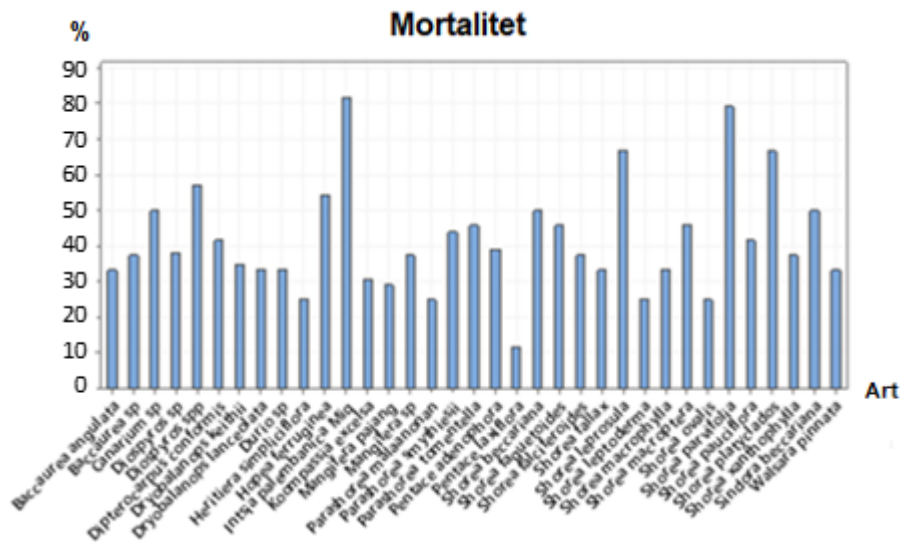
Figur 2. Medelbiommassatillväxten för alla enskilda trädslagsgrupper mellan år 2012-2020 i återbeskningsförsöket i Sabah, Borneo, Malaysia.

Punkterna ovanför linjen visar då ett högre AGB gentemot vad som förväntades av deras veddensitet.



Figur 3. Förhållandet mellan medeltillväxten och veddensiteten för de 34 olika arterna i återbeskningsförsöket i Sabah, Borneo, Malaysia. Punkterna ovanför linjen påvisar ett högre AGB-värde gentemot det förväntade värdet av arternas veddensitet.

Figur 4 visar andelen döda träd inom varje art vid mätningar år 2020. Där *I. palembanica* Miq var den art med högst dödlighet (ca 80 %) och *P. laxiflora* var den art med lägst dödlighet (ca 10 %). För alla arter som ingick i projektet låg den totala dödligheten på ca 40%.



Figur 4. Andelen döda träd inom varje art i återbeskoningsförsöket i Sabah, Borneo, Malaysia.

Litteratursökningens mål var att hitta jämförbara data för de exotiska trädslagen. Sökningen inriktade sig på att hitta planterade bestånd av *A. mangium* och *E. pellita*, där medelvärdena av brösthöjdsdiameter och höjd hade noterats. Bestånd som var planterade i Sydostasien var att föredra, samt bestånd som inte blivit gödslade, då detta bidrar till att förhållandena var desto mer jämförbara med datat från Borneo. I följande tabell återfinns resultaten från en *Eukalyptus*-plantage i Brasilien samt en *Acacia*-plantage i Sydöstra Kina, och även värdena från Borneo (tabell 1.).

Tabell 1. Jämförelse av data mellan återbeskningsprojektet i Sabah, Borneo, Malaysia och plantagerna i Guangdong Province, Kina samt Três Marias, Brasilien. Där *S. leprosula*, som växte bäst, bara har halva biomassatillväxten jämfört med *E. pellita*.

Region	Art	Gödsling	Ålder (år)	Medelhöjd (m)	Medeldiameter i brösthöjd (cm)	Årlig biomassatillväxt (kg/år)
Guangdong Province, Kina	<i>Acacia mangium</i>	1kg (64 % P & 9,2 % N)/planta	12,00	15,00	20,00	265,00
Três Marias, Brasilien	<i>Eucalyptus pellita</i>	370 kg/ha ortofosfat & 90 kg/ha sulfat	3,00	8,80	9,10	160,00
Sabha, Borneo, Malaysia	<i>Shorea leprosula</i>	Ingen	8,00	13,89	12,33	79,20
	<i>Shorea macrophylla</i>	Ingen	8,00	8,21	8,14	66,48
	<i>Shorea parvifolia</i>	Ingen	8,00	14,33	15,33	57,05
	<i>Shorea fallax</i>	Ingen	8,00	7,48	6,54	54,57

4. Diskussion

Figur 2 illustrerar fördelning på medeltillväxten/år för de olika arterna, där de fyra med bäst tillväxt tillhör familjen *Shorea*. Spridningen verkar ha en stark korrelation med arternas veddensitet, vilket styrkte hypotes 1. Detta är något som även undersöktes av King et al. (2006) där de bland annat jämförde korrelationen mellan veddensitet och diametertillväxt i regnskogar i Peninsular och Sarawak, Malaysia. Där diametertillväxten varierade kraftigt beroende på veddensiteten, generellt sett med en ökad diametertillväxt var det med en lägre veddensitet. Dessa skogar dominerades främst av *Dipterocarpaceae*. En liknande studie gjordes av Karinlinasari et al. (2018), där de kom fram till att korrelationen mellan tillväxt och vedkvalitet, baserat på test av vedstyrka och veddensitet, hade en lägre tillväxt med en ökad veddensitet, men att de finns några undantag för vissa arter som ligger ovanför den negativt lutande kurvan, liknande vårt resultat i figur 3. I denna studie studerade de dock korrelationen mellan veddensiteten och diametertillväxt. Något som också observerades i vår studie var att en veddensitet på ca 0,5-0,65 g/cm³ gynnade tillväxten, eftersom medelveddensiteten för de fyra arter som hade högst medeltillväxt hade ett värde på 0,53 g/cm³. Vårt generella antagande är att de arter som uppvisar en högre medeltillväxt än förväntat har samtidigt en generellt lägre veddensitet. Även om spridningen är relativt jämnt utspridd (se fig. 3) uppvisar resultatet ändå en ökning i medeltillväxt vid lägre veddensitet.

Beräkningarna som gjordes för att få fram resultatet av tillväxten gjordes på inventeringarna från åren 2012 och 2020. Anledningen till detta var för att vissa träd vid inventeringsåren 2008 och 2010 hade en för liten DBH och blev därav inte medräknade på vissa individer. Detta ledde till ett stort bortfall av siffror som var nödvändiga för uträkningen och för ett rättvist resultat. Huruvida resultatet fortfarande är rättvist eller inte är nog fortfarande diskutabelt, eftersom 2020 eventuellt är lite tidigt att göra beräkningar på. Träden har endast fått vuxit i 18 år, vilket gör att träden inte fått visa sin fulla potential gällande både massatillväxt och kolinlagring. Därav hade en upprepning av denna undersökning, men vid ett senare tillfälle, varit att föredra.

Något som skulle gynna både ekonomin och den biologiska mångfalden skulle vara att till en början plantera lågdensitetsträd (ex. *S. leprosula*) för att agera som skärmträd, till dess att de har skapat en miljö där högdensitetsträd trivs (Nguyen et al., 2014). En alternativ lösning för att återskapa den ursprungliga floran är att göra på samma sätt, men att plantera de tåliga och lättvuxna exotiska träden (ex. *eucalyptus*) och låta dessa agera som skärmträd till de inhemska träden. Genom den sista lösningen skulle, till en början, målet med att återskapa den

inhemska florans motarbetas, men på en längre sikt, genom att ta ner de exotiska skärträderna och ge utrymme för de inhemska trädslagen, skulle målet vara på god väg att uppnås. Detta skulle eventuellt gynna ekonomin då en gallring av lågdensitetsträd eller exotiska träd kan göras och på så sätt få en tidig avkastning, för att sedan plantera högdensitetsträd. På så sätt får vi en inkomst på kort tid, samt har en chans att återskapa och bevara den biologiska mångfalden. Denna studie visar dock att det skulle innebära en större ekonomisk insats att återbeskoga dessa degraderade marker med de inhemska trädarterna.

Som tidigare nämnt är *Acacia* och *Eucalyptus* två välanvända arter för att återbeskoga tropiska regnskogar tack vare att dessa arter växer bra och har ett brett användningsområde. Med en AGB-medeltillväxt på 265 kg/år respektive 169 kg/år (Ren & Yu 2008; Bernardo et al. 1998) ligger *A. mangium* och *E. pellita* i överkant jämfört med *S. leprosula*, med en AGB-medeltillväxt på ca 80 kg/år, som var den art som vuxit bäst i vår studie. Således kan vi ej styrka vår tredje hypotes; att några av dessa inhemska arter har en jämförbar tillväxt med exoterna *A. mangium* och *E. pellita*.

Mortalitet hos de olika arterna var en faktor som ej räknades med. Denna faktor är i praktiken väldigt viktig då vi inte endast vill att träden skall växa bra, men också såklart överleva. Därför måste vi ha det i åtanke när vi tittar på resultatet, eftersom studien endast innehöll 20 individer av varje art. Detta illustreras även väl i figur 4, där vi ser att *I. palembica* Miq har en dödlighet på ca 80 %, dock sticker inte denna art ut något märkvärdigt i medeltillväxten. Det gör däremot den art som har vuxit bäst i vår studie, *S. leprosula*, som har en medeltillväxt på ca 80 kg/år (figur 1) men är också den art som har tredje högst dödlighet i försöket. Ett annat exempel som ger en mer positiv syn på denna aspekt är vår sjunde bästa art gällande medeltillväxten, *P. laxiflora* 37,35 kg/år, som ligger lägst i andelen döda (ca 10 %) (figur 4) och skulle därför i praktiken vara en bra art att plantera. Mortaliteten kan ha påverkat våra resultat då medeltillväxten för en trädart blir mindre pålitlig om vi har data från färre individer. Detta leder till att trädarter som har haft hög mortalitet under försöket kan ha en beräknad medeltillväxt som inte är representativ.

Planteringsförhållandena varierade mellan de inhemska och de exotiska arterna vilket troligtvis hade en inverkan på tillväxten. I Borneo planterades plantorna under skydd av äldre- stora träd. Dessa stora träd skänkte skydd i form av skugga samt att de motverkar att jorden skulle bli torr. Detta var nödvändigt för att många av de inhemska arterna skulle kunna växa, då många trädarter inte klarar av att växa i torra jordar under utsatta förhållanden. Det data vi har använt för att representera exoterna är baserat på försök där data togs från storskaliga *Acacia*- respektive *Eucalyptus*-planteringar. Detta data innefattar betydligt större antal träd samt att de vuxit under annorlunda förhållanden. Dessa har planterats på öppna ytor med relativt täta förband. Detta kombinerat med gödsling som utfördes för dessa plantor,

resulterar i en större näringstillgång samt att deras enda konkurrens är de övriga plantorna (Ren & Yu 2008). De inhemska trädarterna i våra försök får nödvändigt skydd av de större träden, men måste även konkurrera om näringsämnen och solljus med dessa. En annan faktor att beakta är om skärmträdens biomassatillväxt även den ska räknas med i resultaten, då detta utgör en del av tillväxten i området. Om detta försök skulle göras om framöver skulle insamlande av data för skärmträden kunna leda till bättre data.

Under datasökningen upplevdes det relativt svårt att finna data för de exotiska trädslagen som vi ansåg vara jämförbart med vår data. Nu i efterhand berodde detta troligtvis på att vi var ute efter data från träd i liknande ålder som i försöket i Borneo, vilket begränsade sökresultaten.

Att ha tillgång till data för tillväxten under längre perioder skulle göra det möjligt att bekräfta relevansen av våra resultat. Utifrån artiklar berörande tillväxten hos *A. mangium*, varierar den beräknade årliga tillväxten beroende på hur gamla bestånden var när mätningarna utfördes (Kamo et al. 2005; Ren & Yu 2008). Det vore därför intressant att studera tillväxtkurvorna hos dessa trädararter, både inhemska och exotiska, och utifrån detta återigen jämföra tillväxten. Pionjär trädararter som *A. mangium* och *E. pellita* visar en hög tillväxt tidigt och når även sin maximala tillväxt tidigt. Vårt data innehåller flertalet sekundära trädararter som uppnår sin maximala tillväxt senare än pionjärarterna. Vi tror därför att jämföra biomassatillväxterna vid jämförbara punkter i deras tillväxtkurvor, skulle kunna ge mer givande resultat. Detta skulle kunna genomföras genom att beräkna och jämföra kolinlagringen vid trädarternas maximala tillväxt. Även tidsaspekterna skulle vara intressanta att undersöka. Finns det trädararter vars tillväxt minskar anmärkningsvärt efter en viss tidpunkt, finns det andra som bibehåller en hög tillväxt under längre perioder än andra? Ännu en faktor som är värd att nämna är att vi har analyserat tillväxt samt kolbindning på trädnivå, genom att istället utföra detta på beståndsnivå kan man få en bättre bild av effekterna en återplantering av inhemska träd kan medföra. Analyseringen av detta bör kunna ge relevanta resultat gällande kollinlagring i återbeskningsarbeten, där målet är att skapa långvariga bestånd som ska utsättas för minimala mängder störningar.

Sammanfattningsvis så har vi bevisat att biomassatillväxten skiljer bland de lokala trädarterna som planterades i återbeskningsprojektet i Borneo, samt att biomassatillväxten till viss del kan kopplas till veddensiteten hos dessa arter. Trädararter med lägre veddensitet hade generellt en högre biomassatillväxt samt kolinlagring. Som nämnt råder det viss osäkerhet på grund av hög dödlighet hos vissa trädararter. Jämförelsen av biomassatillväxterna mellan de exotiska trädarterna, *A. mangium* och *E. pellita*, och de lokala trädslagen visade som förväntat en betydligt högre tillväxt hos de exotiska trädarterna. Trots att de exotiska trädarterna

påvisade hög biomassatillväxt samt kolbinding på individnivå, så kan de ökade riskerna för skogsbränder och patogenutbrott som dessa trädarter medför skada tillväxten på beståndsnivå. Förutom dessa risker så har dessa exotiska trädarter påvisats vara skadliga för de lokala ekosystemen de introduceras i. Något som går att säga säkert är att om målet är att återskapa de lokala regnskogarna med den biologiska mångfald som medföljer så är de lokala trädslagen det bättre alternativet. Denna rapport har visat att det finns lokala arter med högre potential för biomassatillväxt och kolinlagring, som är värda att beaktas som alternativ när det gäller effektiv återbeskogning av regnskog i Sydostasien. Detta arbete kommer kräva mer resurser och tid än vad återbeskogning med de exotiska trädarterna behöver, men förhoppningsvis kan detta leda till skogar med högre biologisk mångfald samt mindre konkurrens från exotiska arter i dessa etablerade skogar.

Referenser

- Aragão, L.E.O.C., Anderson, L.O., Fonseca, M.G., Rosan, T.M., Vedovato, L.B., Wagner, F.H., Silva, C.V.J., Silva Junior, C.H.L., Arai, E., Aguiar, A.P., Barlow, J., Berenguer, E., Deeter, M.N., Domingues, L.G., Gatti, L., Gloor, M., Malhi, Y., Marengo, J.A., Miller, J.B., Phillips, O.L. & Saatchi, S. (2018). 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, 9 (1), 536. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>
- Bernardo, A.L., Reis, M.G.F., Reis, G.G., Harrison, R.B. & Firme, D.J. (1998). Effect of spacing on growth and biomass distribution in Eucalyptus camaldulensis, E. pellita and E. urophylla plantations in southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 104 (1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00199-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00199-0)
- Budiharta, S., Meijaard, E., Erskine, P.D., Rondinini, C., Pacifici, M. & Wilson, K.A. (2014). Restoring degraded tropical forests for carbon and biodiversity. *Environmental Research Letters*, 9 (11), 114020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/114020>
- Bullock, E.L. & Woodcock, C.E. (2021). Carbon loss and removal due to forest disturbance and regeneration in the Amazon. *Science of The Total Environment*, 764, 142839. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142839>
- Bullock, E.L., Woodcock, C.E., Souza Jr, C. & Olofsson, P. (2020). Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. *Global Change Biology*, 26 (5), 2956–2969. <https://doi.org/10.1111/gcb.15029>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145 (1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chechina, M. & Hamann, A. (2015). Choosing species for reforestation in diverse forest communities: social preference versus ecological suitability. *Ecosphere*, 6 (11), art240. <https://doi.org/10.1890/ES15-00131.1>
- Dombro, D.B. (2010). Eucalyptus pellita: Amazonia Reforestation's red mahogany. 8
- FAO and UNEP (2020). *The State of the World's Forests 2020: Forests, biodiversity and people*. Rome, Italy: FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642en> Also Available in: Chinese Spanish Arabic French Russian
- Gustafsson, M., Gustafsson, L., Alloysius, D., Falck, J., Yap, S., Karlsson, A. & Ilstedt, U. (2016). Life history traits predict the response to increased light among 33 tropical rainforest tree species. *Forest ecology and management*, 362, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.017>

- Harwood, C.E. & Nambiar, E.K.S. (2014). Productivity of acacia and eucalypt plantations in Southeast Asia. 2. trends and variations. *International Forestry Review*, 16 (2), 249–260. <https://doi.org/10.1505/146554814811724766>
- Hegde, M., Palanisamy, K. & Yi, J.S. (2013). Acacia mangium Willd. - A Fast Growing Tree for Tropical Plantation. *Journal of Forest and Environmental Science*, 29 (1), 1–14. <https://doi.org/10.7747/JFS.2013.29.1.1>
- ICRAF Database - Wood Density. <http://db.worldagroforestry.org/wd> [2021-04-12]
- Islam, S.N., Mohamad, S.M.B.H. & Azad, A.K. (2019). Acacia spp.: Invasive Trees Along the Brunei Coast, Borneo. I: Makowski, C. & Finkl, C.W. (red.) *Impacts of Invasive Species on Coastal Environments: Coasts in Crisis*. Cham: Springer International Publishing, 455–476. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91382-7_14
- Kamo, K., Jamalung, L. & Mohammad, A. (2005). Growth and Biomass of *Acacia mangium* Willd. Stands Planted as Bare-Root and Container Seedlings. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 39 (4), 299–305. <https://doi.org/10.6090/jarq.39.299>
- Karlinasari, L., Andini, S., Worabai, D., Pamungkas, P., Budi, S.W. & Siregar, I.Z. (2018). Tree growth performance and estimation of wood quality in plantation trials for *Maesopsis eminii* and *Shorea* spp. *Journal of Forestry Research*, 29 (4), 1157–1166. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0510-8>
- King, D.A., Davies, S.J., Tan, S. & Noor, N.S.M. (2006). The role of wood density and stem support costs in the growth and mortality of tropical trees. *Journal of Ecology*, 94 (3), 670–680. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01112.x>
- Paquette, A. & Messier, C. (2010). The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8 (1), 27–34. <https://doi.org/10.1890/080116>
- Parrotta, J.A., Turnbull, J.W. & Jones, N. (1997). Introduction - Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99 (1–2), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00190-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00190-4)
- Peel, M.C., Finlayson, B.L. & McMahon, T.A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12
- Peters, C., Gentry, A. & Mendelsohn, R. (1989). Valuation of an Amazonian Rainforest. *Nature*, 339 (6227), 655–656. <https://doi.org/10.1038/339655a0>
- Ren, H. & Yu, Z. (2008). BIOMASS CHANGES OF AN ACACIA MANGIUM PLANTATION IN SOUTHERN CHINA. *Journal of Tropical Forest Science*, 20 (2), 105–110
- Seeing Forests for the Trees and the Carbon: Mapping the World's Forests in Three Dimensions* (2012-01-09). [Text.Article]. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/ForestCarbon> [2021-04-15]
- Shahraki, A.E., Kiani, B. & Iranmanesh, Y. (2016). Effects of different landuse types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24 (3), Pe379–Pe388, En389
- Turnbull, J.W., Crompton, H.R. & Pinyopusarerk, K. (red.) (1998). Recent developments in acacia planting: proceedings of an international workshop held in Hanoi, Vietnam, 27-30 October 1997. *ACIAR Proceedings Series*. 383 pp.-383 pp.
- Uhl, C., Buschbacher, R. & Serrao, E. (1988). Abandoned Pastures in Eastern Amazonia .1. Patterns of Plant Succession. *Journal of Ecology*, 76 (3), 663–681. <https://doi.org/10.2307/2260566>

Bilaga 1

Art	Veddensitet
Dipterocarpus conformis	0,95
Dryobalanops keithii	0,7
D. lanceolata	0,77
Hopea ferruginea	0,64
Parashorea malaanonan	0,48
P. smythiesii	0,67
P. tomentella	0,51
Shorea beccariana	0,51
S. falciferoides	0,89
S. fallax	0,62
S. leprosula	0,47
S. leptoderma	0,96
S. macrophylla	0,48
S. macroptera	0,4
S. ovalis	0,52
S. parvifolia	0,54
S. pauciflora	0,53
S. platyclados	0,58
S. xanthophylla	0,64
S. faguetooides	0,49
Baccaurea angulata	0,7
Baccaurea sp	0,7
Canarium sp.	0,57
Diospyros sp.	0,76
Durio spp.	0,61
Heritiera sp.	0,78
Intsia palembanica	0,8
Koompasia excelsa	0,83
Mangifera odorata	0,6
Mangifera panjang	0,49
Pentace adenophora	0,65

Pentace laxiflora	0,65
Sindora beccariana	0,62
Walsura pinnata	0,87