



Høgskolen i **Hedmark**

Campus Evenstad
Skog og utmarksfag

Knut Jacobsen Melum

Litteraturstudium

Konsekvenser av forlenget omløpstid som klimatiltak

Consequences of increased rotation length as climate
change mitigation

6EV299 Bacheloroppgave

Bachelor i skogbruk, 3.år

2015

Samtykker til utlån i biblioteket

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage

Ja

Ja

Nei

Nei

Sammendrag

Globale klimaendringer er en av vår tids største miljøutfordringer. Global oppvarming i form av økt karbondioksidinnhold (CO₂) i atmosfæren fører blant annet til økt gjennomsnittstemperatur på jorda og økt havnivå, som vil gi store konsekvenser over hele verden. Norge har etter regjeringens nye klimamelding av februar 2015 påtatt seg et 40 % utslippsreduksjon av klimagasser innen 2030 sammenlignet med nivået i 1990. I denne meldingen beskrives skog som et av de viktigste virkemidlene for å nå dette målet.

Regulering av omløpstiden er en effektiv måte å forvalte skogens karbonbudsjett på. Selv om signalene fra regjeringen er positive til økt utnyttelse av skogressursen, er forpliktelsene til utslippsreduksjoner svært kraftige på kort sikt. Skogeierne skal ikke ta for gitt at det ikke kan bli innført konkrete klimatiltak også i skogbruket, og et av dem kan være å forlenge omløpstiden.

I denne oppgaven ble konsekvensene av å la skogen stå over økonomisk hogstmodenhet i den hensikt å binde karbon undersøkt. Det er utført økonomiske beregninger rundt rånetto, total karbonbinding og sammenlignet kostnaden ved forlenget omløpstid med et økonomisk optimalt bestand gjennom grunn- og venteverdiberegninger.

Resultatene viser at både volum pr. dekar, karbonmengde bundet i skogen ved hogsttidspunkt og ved langtidslagring i materialer økte med økende omløpstid. Den årlige tonnprisen for å lagre karbon i bestandet ved å utsette hogst ble redusert med økt omløpstid, sett bort i fra bestandet som står på kalkholdig, tørkesvak mark. Det var mer økonomisk kostnadseffektivt å binde karbon i alternativet med 20 års forlenget omløpstid i forhold til alternativene med kortere omløpstid.

Abstract

Global climate change is one of the greatest environmental challenges of our time. Global warming in terms of altered carbon dioxide (CO₂) levels in the atmosphere leads to an increase in the mean temperature on earth and an increased sea level that could in turn lead to severe consequences all over the world. In a new report, the Norwegian government states that they have undertaken the task of reducing net emissions of greenhouse gases by 40 % by 2030, compared to 1990 levels. In this report forestry is claimed to be one of the most important instruments to reach this goal.

Regulating the rotation length is an effective way to manage a forest' carbon budget. Even though the signals from the government are positive to an increased utilization of the forest resource, the commitment to the reduction levels is so ambitious that forest owners should not take for granted that measures to sequester carbon dioxide in forests not will be taken. One such measure could be to increase the rotation length of forest stands.

In this paper I have examined the consequences of increasing the rotation length as a function of sequestering carbon dioxide. I have done economical calculations on net income, total carbon sequestration and the cost of increased rotation length by comparing an economically optimal stand with different durations of increased rotation length.

I found that both volume pr decare, carbon level sequestered in the stand and in materials made from the saw timber increased by increasing rotation length. The yearly tonnage cost of sequestering carbon by delaying the harvest time was reduced by increased rotation length. The only exception was the stand with increased rotation length and limestone ground, that had the highest yearly tonnage cost. It was more cost-effective to sequester carbon in the stand with increased rotation age of 20 years, than the alternatives with shorter rotation length.

Forord

Med denne bacheloroppgaven avslutter jeg min studietid på Evenstad. Jeg har fått en solid innføring i norsk skogbruk, og ser fram til å gå løs på nye utfordringer i arbeidslivet. Jeg vil gjerne få takke min dyktige veileder Petter Økseter. Videre vil jeg takke min klassekamerat Marius Bjørseth for interessante innspill og gode diskusjoner. Jeg vil også få takke Sarah og Marieke på biblioteket på Evenstad for god hjelp med innhenting av litteratur.

Evenstad den 24.04.2015

Knut Jacobsen Melum

Innhold

1. Innledning.....	6
2. Materiale og metode.....	9
3. Resultater.....	15
4. Diskusjon.....	18
4.1 Oppsummering	19
5. Referanser.....	21
Vedlegg	26

1. Innledning

Globale klimaendringer er en av vår tids største miljøutfordringer. Global oppvarming i form av økt karbondioksidinnhold (CO₂) i atmosfæren fører blant annet til økt gjennomsnittstemperatur på jorda og økt havnivå, som vil gi store konsekvenser over hele verden (van Kooten et al. 1995). Den atmosfæriske konsentrasjonen av CO₂ har økt med 30 - 40 % siden starten av 1800-tallet, primært på grunn av forbruket av fossile brennstoff. (Eriksson et al. 2007; Stocker et al. 2013).

Det er et vedtatt internasjonalt mål å redusere utslippene av klimagasser gjennom blant annet Kyotoavtalen og videreføringen av denne (Forente Nasjoner, 2012). Norge har etter regjeringens nye klimamelding av februar 2015 påtatt seg et 40 % utslippsreduksjon av klimagasser innen 2030 sammenlignet med 1990. I denne meldingen beskrives skog som et av de viktigste virkemidlene for å nå dette målet. Etter som trær absorberer CO₂ under vekst forhindres denne fra å slippe ut i atmosfæren, og lagres som karbon i trærnes biomasse (van Kooten et al., 1995; Romero et al., 1998).

Skog og trebevokst areal utgjør 43 % av Norges landareal på 323 771 km², hvorav produktiv skogareal utgjør 25 % (Kartverket, 2014). Den norske skogen absorberer en CO₂ mengde tilsvarende 60 % av Norges årlige samlede utslipp av klimagasser (Norskog, 2014: Kystskogbruket 2014: Miljødirektoratet, 2014). Det totale volumet tømmer i norske skoger ligger på 912 millioner m³, hvorav 816 millioner m³ står på produktiv skogsmark. Den årlige tilveksten har ligget jevnt på ca. 25 millioner m³ årlig de siste ti årene. Avvirkningen har vært økende de siste seks årene, og i 2014 ble det avvirket 9,8 millioner m³ til industriformål. Andelen eldre hogstmoden skog på produktiv skogsmark er økende over hele landet, og utgjør totalt 326 millioner m³ (Statistisk Sentralbyrå, 2014).

For et aktivt skogbruk med høy verdiskaping og tilvekst er det avgjørende at hogstmoden skog hogges i tide. Likeledes må skogen hogges for å være i stand til å binde mest mulig CO₂, etter som trær kun binder CO₂ i tilvekstfasen (Larsson & Hyllen, 2007; Lundmark et al., 2014). Nettopp dette har vært gjenstand for konflikt i klimadebatten både nasjonalt og internasjonalt (Kjølstad & Granlund, 2011; Solberg & Sjølie, 2010; van Kooten et al., 1995), da det har vært tatt til orde for å bruke skogen kun som et biologisk karbonfangstanlegg ved å la den stå urørt. Et tre som hogges frigjør CO₂ ved nedbryting eller forbrenning, og det vil

utløse en karbondioksidgjeld som først betales tilbake når et nytt tre oppnår samme volum (Flaa, 2011; Kjølstad & Granlund, 2011).

I et kortsiktig tidsperspektiv vil altså skogbruk kunne virke økende på CO₂ innholdet i atmosfæren. Men dersom vi øker tidsperspektivet til det nye treet er like stort, altså et skogomløp, vil skogen oppnå karbonnøytralitet. I en granskog bindes det ca 800 kg CO₂ pr. m³ (Lundmark et al. 2014). Karboninnholdet i treet blir ikke sluppet ut i atmosfæren før treet oppløses. Dette skjer raskt dersom treet brukes til bioenergiformål, men trevirke som benyttes i byggematerialer fungerer som langtidslagre for karbon. Det er svært lite CO₂ - utslipp under produksjonen av byggematerialer i tre, sammenlignet med stål og betong (Norskog, 2014).

Opptaket av CO₂ i norske skoger økte fra 14 millioner tonn i 1990 til 30 millioner tonn CO₂ i 2010. Rapporten Klimakur 2020 (2010), utarbeidet på oppdrag fra Miljødepartementet, slår fast at Norges utslipp av klimagasser skal reduseres med inntil 17 millioner tonn innen 2020, inkludert skogens CO₂-opptak. Et utfordrende aspekt ved tiltakene som iverksettes er å verdsette CO₂. Kostnaden av utslippsreducerende tiltak kan regnes ut nøyaktig (Klimakur, 2010), men skal disse pålegges næringsliv og industri er man avhengig av å ha en markedspris for utslipp av CO₂ for å få en målbar effekt.

Dette er forsøkt gjennom salget av klimakvoter gjennom EU under ETS-systemet (European Commission, 2015), som har møtt mye kritikk etter som prisen har falt drastisk siden ordningens oppstart; fra 250 kr til dagens 50 kr (NRK, 2014; Statkraft, 2012). En klimakvote er en tillatelse til å slippe ut ett tonn CO₂ i atmosfæren (Miljødirektoratet, 2014), og antall kvoter er begrenset. Det er et viktig klimamål å presse denne prisen opp igjen, slik at det totalt sett blir dyrere å forurense (Torjus Bolkesjø, personlig kommunikasjon, 23. april 2015). Prisen på karbon vil bli viktig for framtidens skogbruk for å verdsette skogens klimabidrag i den framvoksende bioøkonomien. Bioøkonomi går ut på å utnytte biologiske ressurser i bærekraftige kretsløp til å lage produkter og energi (Norges Forskningsråd, 2013). Skogens rolle i bioøkonomien forutsetter at vi posisjonerer oss i dag, for den situasjonen vi står i om 50-100 år når oljen tar slutt. (Løken, 2013; Hoen, 2013).

Solberg-regjeringen av 2015 ønsker å produsere mer energi fra biomasse, plante ny skog samt legge til rette for økt avvirkning av skog (Meld. St. 13, 2015). Regjeringen legger altså klare forventninger til at skogbruket skal ta sin del av jobben mot et lavutslippssamfunn. Skal dette

la seg gjøre må også rammebetingelsene for næringen muliggjøre denne aktiviteten for skogeier. Norges Skogeierforbunds klimautvalg slo i 2009 fast at tross skogbrukets eksisterende klimabidrag, har ikke næringen på langt nær fått den uttellingen den burde.

Selv om signalene fra regjeringen er positive til økt utnyttelse av skogressursen, er forpliktelsene til utslippsreduksjoner svært kraftige på kort sikt. Skogeierne skal ikke ta for gitt at det ikke kan bli innført konkrete klimatiltak også i skogbruket, og et av dem kan være å forlenge omløpstiden. Hovedkonklusjonen fra FNs klimapanel (2012) er å binde mer karbon i skogen. Konsekvensene av forlenget omløpstid vil dreie seg om et lavere avvirkningsnivå og dertil inntekter fra skogen (Liski et al, 2001).

Regulering av omløpstiden er en effektiv måte å forvalte skogens karbonbudsjett på (Liski et al., 2001). Både Sohngen & Mendelsohn (2003) og Borch et al. (1991) fant at økt omløpstid var det mest kostnadseffektive tiltaket for å forhindre økt CO₂-konsentrasjon i atmosfæren. Holtsmarks undersøkelser (2011) viste at en økning i avvirkningen vil øke mengden CO₂ i atmosfæren i all framtid. Muligheten for at det i framtiden blir aktuelt med forlenget omløpstid er derfor absolutt tilstede (Kjølstad og Granlund, 2011), og det vil være hensiktsmessig for skogeier å vite hvilke konsekvenser dette kan få, både for lønnsomhet og karbonbinding.

I denne oppgaven undersøkes konsekvensene av å la skogen stå over økonomisk hogstmodenhet i den hensikt å binde karbon, både når det gjelder lønnsomhet for skogeier og total karbonbinding ved avvirkningstidspunkt og langtidslagring i materialer som et produkt av sagtømmeret fra avvirkningen. Dette løses gjennom å utføre grunn- og venteverdiberegninger.

2. Materiale og metode

Denne oppgaven er utført som et litteraturstudie ved Høgskolen i Hedmark avdeling Evenstad våren 2015. Det har blitt benyttet faglitteratur og matematiske utregninger basert på forutsetninger. Til de matematiske utregningene er databehandlingsverktøyet Microsoft Excel 2007 benyttet.

Forutsetninger

Gran er benyttet som treslag i utregningene, etter som den utgjør 44 % av stående tømmervolum i Norge, og 65 % av avvirket tømmer i Hedmark i 2014 (Statistisk Sentralbyrå, 2014: 2015). Produksjonsevne, volumverdier og tilvekstmodeller er hentet fra Braastads (1975) tabeller. For hogstmodenhetsalder ved økonomisk optimalt omløp benyttes 2,5 % rente etter Pettersen (2013).

Tabell 1. Produksjonsevne for gran etter Braastad (1975), og hogstmodenhetsalder etter Pettersen (2013).

H ₄₀	Årlig produksjonsevne (m ³ /da)	Hogstmodenhetsalder (år)
G17	0,75	85

Tømmerpriser er gjennomsnittsprisene i Hedmark for januar og februar 2015 hentet fra VSOP-databasen (Kløvstad, 2015 s. 10-11.). Sagtømmerandelen ved avvirkningstidspunkt er satt til 70 % etter Pettersen (2013). Ved økende bestandsalder utover hogstmodenhet vil dimensjonstilveksten på den ene siden øke sagtømmerandelen, mens råte vil trekke den ned (Huse et al., 2013; Skog & Landskap, 2015; Kvaalen, 2011). Den er derfor satt til 70 % uansett alder ved avvirkning, bortsett fra ved et scenario hvor det forutsettes at skogen står på kalkrik, tørkesvak mark (Huse et al., 2013; Stamnes et al., 2000). Her er sagtømmerandelen satt til 60 % med 10 års forlenget omløpstid som følge av tidlig råteinngang på denne marktypen (Huse et al., 2013; Stamnes et al., 2000). Bestandet med kalkrik, tørkesvak mark blir heretter kalt KTM.

Definisjonen på økonomisk hogstmodenhet er når viserprosenten er lavere enn avkastningskravet satt til 2,5 % (Svendsrud, 1985).

$$w = (\Delta H - p * G) / H$$

w = viseprosent

G = grunnverdi

ΔH = bestandets verditilvekst

P = avkastningskrav

H = Bestandets slakteverdi

Tabell 2. Tømmerpriser i kr/m³ og virkesfordeling i % mellom sortimentene sagtømmer og massevirke.

Sortiment	Pris i kr/m ³	Andel i % ved avvirkning
Sagtømmer gran	485	70
Massevirke gran	212	30

Ved beregninger knyttet til forlenget omløpstad er Braastads (1975) produksjonstabell for gran lagt til grunn. For beregningene knyttet til naturlig avgang er Tuhus' (1997) tabeller benyttet, som gir en relativ, årlig avgang i treantall for gran på 0,558 %. Dette gjelder scenarioet med forlenget omløpstad på 20 år, hvor verdiene er ekstrapolert utover Braastads (1975) produksjonstabeller for å illustrere virkningen av økt alder. Tilveksten forutsettes økt med totalt 4,2 m³ fra 95-års alder til 100-års alder, og deretter totalt 4 m³ til 105-års alder. Det knytter seg generelt stor usikkerhet til træs vekst og avgang ved utvidet omløpstad (Nilsen, Hobbestad & Clarke, 2007).

Volumet i bestandene ved avvirkningstidspunkt er redusert med 15 % for å kompensere for bark, topp og andre feil (Pettersen, 2013). Det forutsettes at bestanden ligger nært vei i flatt terreng. Driftsforholdene er gode. Driftsprisen for hogst og terrengtransport er satt til 98,5 kr / m³, som er gjennomsnittlig driftspris for Hedmark (Vennesland et al. 2013). I resultatdelen er begrepet forlenget omløpstad forkortet til F.O.

Karbonbinding

For mengden karbon bundet i granskog brukes gjennomsnittet av Lundmark et al. (2014) og Pettersens (2013) beregninger, som rapporterer at granskog binder henholdsvis 700 og 800 kg/m³. Karbonverdien i stående granskog brukt i utregningene blir da 750 kg/m³. Mesteparten

av karbonet lagres i treet, men noe lagres i røtter og jord (Nilsen, Hobbestad & Clarke, 2008). I denne oppgaven fokuseres det på karbonet lagret i selve treet, og har holdt beregninger om karbon lagret i jord og røtter utenom oppgaven, da det er knyttet stor usikkerhet til hvor mye karbon som faktisk bindes i disse komponentene (Skog og Landskap 2008: 2011). Karbonprisen er basert på den kommersielle prisen i ETS-markedet, og er satt til 50 kr (NRK, 2014).

Av volumet forutsettes 50 % av sagtømmerandelen brukt til byggematerialer o.l., som fører til langtidslagring av karbon (Bårdsgård, 2013). De resterende 50 % av sagtømmeret blir til flis på sagbruket under produksjonen, og utgår fra beregningene (Sørli, 2013).

Massevirkeandelen av volumet blir for enkelhets skyld ikke regnet som langtidslager av karbon. Dette fordi deler av massevirket går til oppvarming og deler til masseindustrien, og langtidslagring av karbon skjer gjennom at produkter fra masseindustrien resirkuleres, noe som er svært vanskelig og tallfeste (Lundmark et al., 2014).

Kulturkostnader

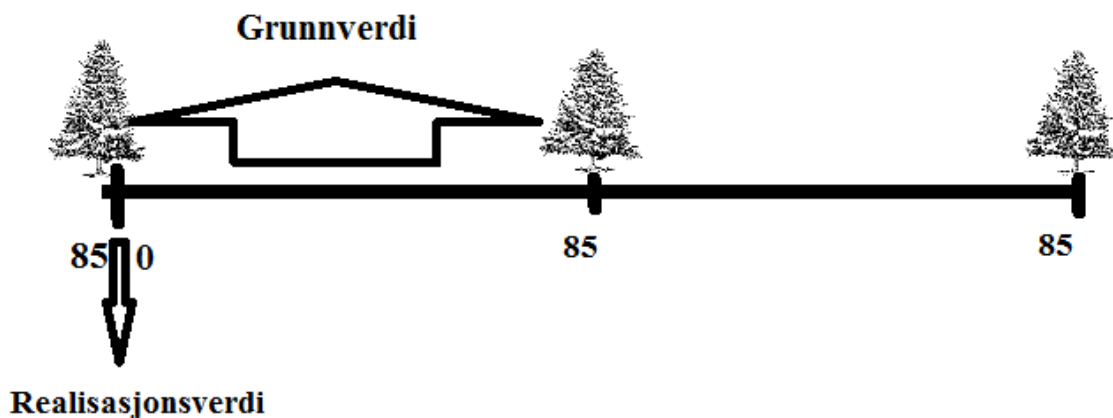
Bestandet som avvirkes ved økonomisk hogstmodenhetsalder forynges to år etter det sluttavvirkes. Ved etablering av nytt bestand forutsettes det at dette bestandet blir markberedt, det benyttes foredlet plantemateriale og bestandet ungsogpleies. Kulturkostnader er hentet fra gjennomsnittskostnad for Hedmark i 2014 etter skogfondsregnskapet (Kringlebotn et al., 2015). Markberedning foregår i år 1, og koster 251 kr/da. Planting foregår i år 2, og koster kr 4,64/stk ferdig plantet, men reduseres til kr 3,64/stk som følge av markberedningen. Det plantes 220 planter/da (Rindal et al, 2013: Landbruksdirektoratet, 2010). Ungskogpleie foregår i år 16 og koster 336 kr/da.

Grunn- og venteverdiberegninger

Grunn- og venteverdi benyttes for å se på hvilket alternativ som gir høyest arealavkastning. Grunn- og venteverdiberegninger er utført etter Svendsruds (2001) *Tabeller for beregning av verdien av skogbestand*. Grunnverdien gjenspeiler skogsmarkas verdi uten skog, altså snau mark, forutsatt at arealet skal disponeres til skogproduksjon. Venteverdien er en oppsummert nåverdi av framtidige nettoinntekter fra et bestand. Venteverdien omfatter både forventet verdi av stående trær og skoggrunn, og vil være lik grunnverdi + etableringskostnader på tidspunkt 0 (Svendsrud, 2001).

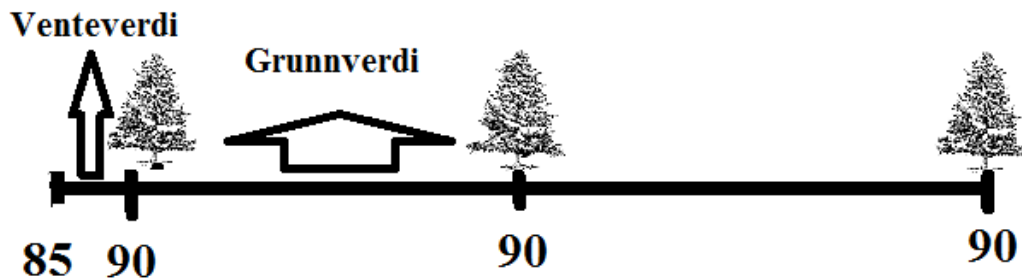
For bestandet som avvirket ved økonomisk hogstmodenhet (heretter kalt ØK-bestandet) beregnes realisasjonsverdi i dag. Med realisasjonsverdien menes dagens verdi av alt nyttbart tømmer i hogstklasse 4 og 5. Det forutsettes derfor at vi står i år 85, skogen skal hogges i dag. I morgen begynner det nye omløpet, og det må følgelig beregnes grunnverdi for arealet. For å muliggjøre sammenligning med de andre bestandene må grunnverdien multipliseres med gjentaksfaktoren, for å få grunnverdien for all framtid. Realisasjonsverdien og grunnverdien for all framtid adderes.

Prinsippskisse 1. Illustrerer tankegangen for beregningene. Avvirkningstidspunkt er symbolisert med grantre. Tallene symboliserer skogens alder. Et nytt omløp startes rett etter tverrstrekene hvor det står 85 år.



For de fire bestandene med forlenget omløpstid er det forutsatt at vi står på akkurat samme tidspunkt, i år 85. Skogen skal derimot ikke hogges før om 5, 10 eller 20 år. Da beregnes venteverdien for bestandet fra år 85 og til avvirkningsåret (90, 95 eller 105). I tillegg beregnes grunnverdien fra avvirkningsåret etter samme prinsipp som det første bestandet. Denne må også multipliseres med gjentaksfaktoren for å muliggjøre sammenligning. I tillegg må grunnverdien diskonteres tilbake til år 85 (nåtid), dette blir altså 5, 10 eller 20 år for å få nåverdien. Venteverdien og diskontert grunnverdi for all framtid adderes.

Prinsippskisse 2. Illustrerer tankegangen for beregningene. Avvirkningstidspunkt er symbolisert med grantre. Tallene symboliserer skogens alder. Et nytt omløp startes rett etter tverrstrekene hvor det står 90 år.



Deretter subtraheres venteverdien og diskontert grunnverdi for all framtid i F.O.-bestandet fra realisasjonsverdien og grunnverdien for all framtid for ØK-bestandet.

Tabell 3. Eksempel på utregning av forskjell i verdien av skogarealet forutsatt skogproduksjon for all framtid mellom økonomisk hogstmodenhetsbestandet og forlenget omløpstidsbestandene.

ØK	F.O.	Resultat
15 000	14 000	1 000

De 1000,- er da beløpet skogeier taper dersom han velger F.O. - strategien. Dette er også beløpet det koster for å finansiere bindingen av mengden karbon i bestandet i 5, 10 eller 20 år. Diskonterings- og gjentakfaktoren (Vedlegg) er hentet fra boken Økonomi og planlegging (Eid et al., 2002). Følgende formler er benyttet:

- **Grunnverdi:**

$$G = [H_n(1+p)^{-n} + \sum_0^n D_x * (1+p)^{-x} - \sum_0^n C_y * (1+p)^{-y}] * \left[\frac{(1+p)^n}{(1+p)^n - 1} \right]$$

G = Grunnverdi

H_n = Rånetto av foryngelseshogst i år n

D_x = Rånetto av tynning i år x

1. tynning –

2. tynning +

C_y = Kulturutgifter i år y

Ungskogpleie

Planting

Markberedning

P = rentefot

- **Venteverdi:**

$$V_q = H_n (1 + p)^{q-n} + \sum_q^n D_x * (1 + p)^{q-x} - \sum_q^n C_y * (1 + p)^{q-y} + G(1 + p)^{q-n}$$

V_q = Venteverdi i år q

H_n = Rånnetto av foryngelseshogst i år n

D_x = Rånnetto av tynning i år x, forutsatt at $q < x$

1. Tynning –

2. Tynning +

C_y = Kulturutgifter i år y, forutsatt at $q < y$

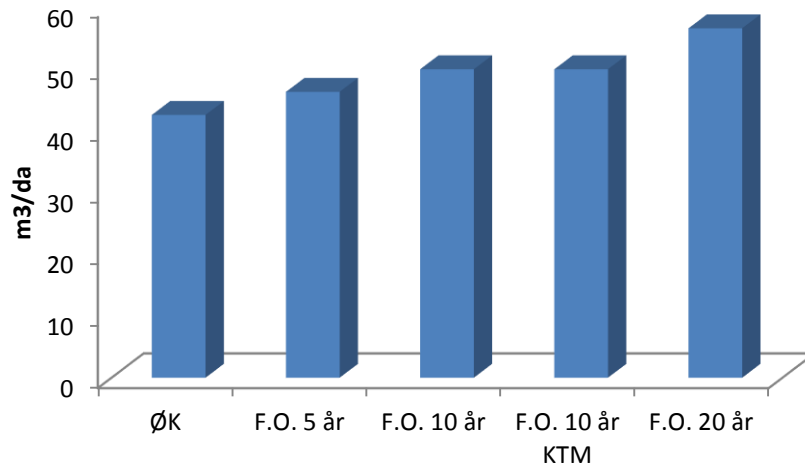
Ungskogpleie

G = Grunnverdi

p = rentefot

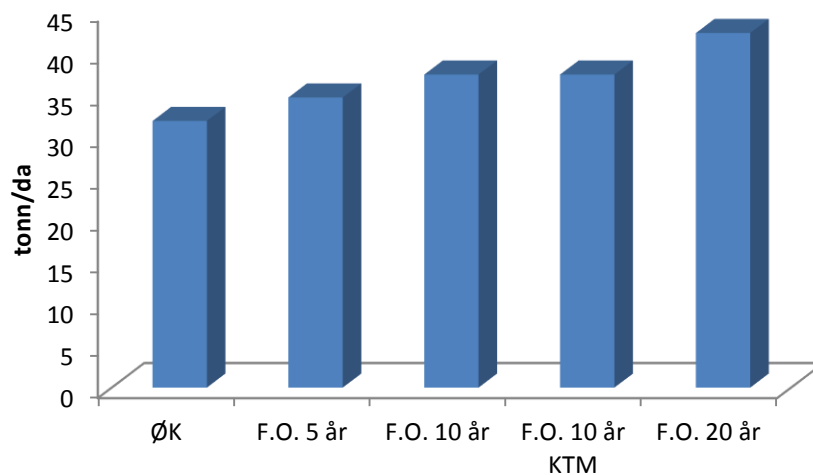
3. Resultater

Resultatene viser at volum (m^3/da) økte ved økt omløpstid. Ved økt omløpstid på 20 år økte volumet fra $42,5 \text{ m}^3/\text{da}$ til $56,5 \text{ m}^3/\text{da}$.



Figur 1. Volum (m^3) pr. dekar for de ulike omløpstidene.

Videre var det en økende mengde karbon bundet i bestandet ved økt alder for hogst. Ved økt omløpstid på 20 år økte karbonopptaket med 10 tonn.



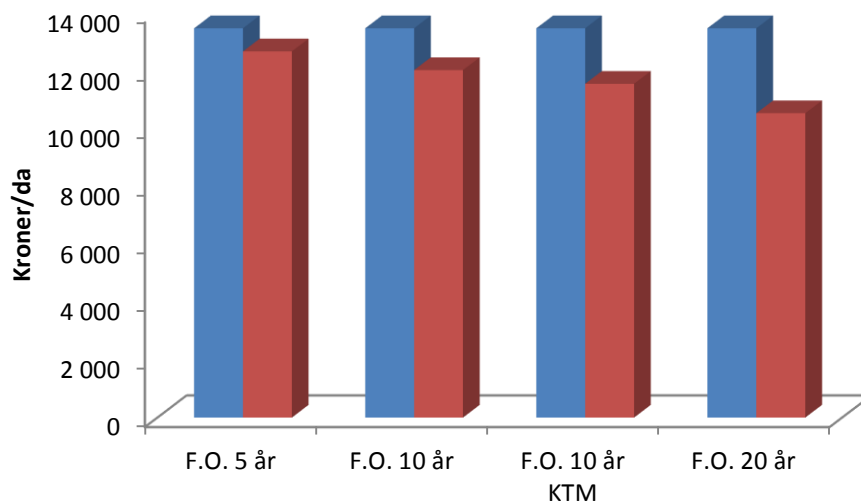
Figur 2. Karbonmengde bundet i de ulike omløpene ved hogsttidspunkt.

Den gjennomsnittlige, årlige bindingen av karbon i trevirke, forutsatt at bestandet hogges etter henholdsvis 5, 10 eller 20 års forlenget omløpstid var størst ved 5 års omløpstid.

Tabell 4. Gjennomsnittlig årlig binding av karbon i stående bestand (kolonne 2) og i materialer forutsatt hogst (kolonne 3)

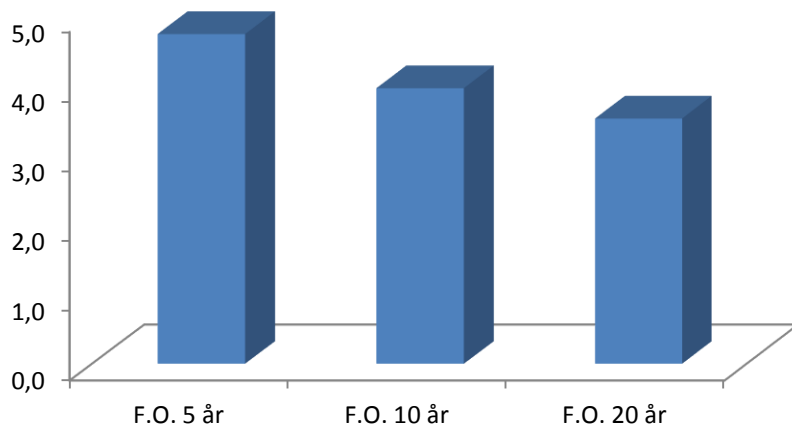
Omløp	Årlig binding av karbon (tonn/da)	Årlig binding av karbon i materialer (tonn/da)
Forlenget omløpstid 5 år	6,9	2,4
Forlenget omløpstid 10 år	3,7	1,3
Forlenget omløpstid 10 år KTM	3,7	1,1
Forlenget omløpstid 20 år	4,2	0,7

Det var bedre lønnsomhet i å avvirke skogen ved hogstmodenhet for all framtid ved alle omløpstidene, framfor å forlenge omløpstiden. Avvirkning av bestandet (85 år) ved hogstmodenhet ga en realisasjonsverdi på 13 098,-/da og en grunnverdi for all framtid på 424,-/da, og en samlet verdi på 13 552,-/da. Det største økonomiske tapet var ved å la skogen stå med 20 år forlenget omløpstid, da lå tapet på 2986,-/da for all framtid.



Figur 3. Verdien av skogarealet forutsatt skogproduksjon i all framtid ved de ulike omløpstider. Blå søyle viser referansealternativet som blir avvirket ved økonomisk hogstmodenhet. Rød søyle viser konsekvens av forlenget omløpstid ved de ulike alternativene.

Den gjennomsnittlige, årlige kostnaden ved å binde et tonn karbon viser en synkende årlig tonnpris ved økende omløpstid. Kostnaden var derimot høyest ved F.O. KTM- bestandet, hvor den var 5,2 kr pr. tonn pr. dekar pr. år.



Figur 4. Årlig tonnpris (kr) pr. dekar for å binde karbonet ved å forlenge omløpstiden.

4. Diskusjon

Resultatene viser at både volum pr. dekar, karbonmengde bundet i skogen ved hogsttidspunkt og ved langtidslagring i materialer økte med økende omløpstid. Den årlige tonnprisen for å lagre karbon i bestandet ved å utsette hogst ble redusert med økt omløpstid, sett bort i fra bestandet som står på kalkholdig, tørkesvak mark. Etter som forlenget omløpstid utsetter karbonutslippet, vil det ha en kortvarig positiv virkning på den atmosfæriske konsentrasjonen av CO₂. Men i det skogen avvirkes, frigjøres karbonet, før det nye omløpet igjen binder en tilsvarende mengde karbon (Sjølie, 2010). Det vil derfor være aktuelt å reise spørsmålet om det er hensiktsmessig å bruke penger på å utsette et uunngåelig karbonutslipp, i et kretsløp som allerede er karbonnøytralt (Granlund & Kjølstad, 2011)? Denne tankegangen forutsetter at skogeier blir kompensert for å la skogen sin stå over hogstmodenhet.

Etter som det var bedre lønnsomhet i å avvirke skogen ved hogstmodenhet enn noen av modellene med forlenget omløpstid, sier dette oss at dersom det skal være aktuelt for skogeier å gjennomføre et slikt tiltak er han avhengig av økonomisk kompensasjon tilsvarende tapet han påføres. For et høyest mulig økonomisk utbytte bør skogeier investere der det er størst økonomisk avkastning. Dette vil si på høye boniteter ved gode driftsforhold og kort avstand til vei. Ulike tiltak i ungskogfasen, skjøtselsfasen og ved tynninger kan gi raskere hogstmodenhet og høyere økonomisk utbytte med opp 35 % (Pettersen, 2000; Veidahl, 1999). Hogst av naturskog som erstattes med kulturskog vil i det nye omløpet virke positivt både for skogeiers økonomi og karbonopptaket (Lundmark et al., 2014). I kulturskog hvor det markberedes, benyttes foredlet plantemateriale og riktig skogskjøtsel gir dette bedre vekst og volum, som igjen binder mer karbon (Lundmark et al 2014). Dette underbygges av Kvaalen (2014) og Eldhuset & Nilsen (2005), som fant at karbonlagret kan bygges større opp i produksjonsskog enn i vernet skog. Økende karbonopptak og råstoffstrøm er sosiale goder som kommer samfunnet til nytte. For at disse faktorene skal være økende over tid er vi nødt til å ha en høy tilvekst, som igjen kommer av høy aktivitet i skogen (Lundmark et al, 2014).

Skogens rolle som karbonfangstanlegg for å bremse klimaendringene er et av hovedargumentene til Holtmark (2011). Dersom en ser på konsekvensene av ytre faktorer som stormfelling, brann og barkebilleangrep må skogens egnethet som et langtids karbonfangstanlegg trekkes i tvil. Stormen "Gudrun" feide i 2005 gjennom Sør-Sverige og la ned 75 millioner m³ skog, tilsvarende 10 % volum av stående skog i Norge (Granlund &

Kjølstad, 2011). I Canada trues 1 milliard m³ skog av barkebillen, en naturkatastrofe som i Nord-Amerika omtales som den verste som noen gang har rammet kontinentet (Granlund & Kjølstad, 2011).

Dersom forlenget omløpstid skal vurderes må råteproblematikken vektlegges. I norsk granskog er i gjennomsnitt mer enn hvert fjerde tre råteinfisert ved slutthogst (Solheim et al., 2012). Det er svært viktig å forhindre råte for å beholde en høy sagtømmerandel, ellers forverres rånettoen betraktelig (Huse et al., 2013). Spesielt på kalkholdig, tørkesvak mark og svært gode boniteter vil det være negativt å satse på forlenget omløpstid (Huse et al., 2013: Skog og Landskap, 2015: Stamnes et al., 2000). Solheim et al. (2012) viser til at vi i fremtiden kan forvente økt stormaktivitet, som kan føre til at trærne får store rotskader, men blir stående. Dette vil øke sjansen for spredning av rotkjukeråte via rotkontakt.

Viktigheten av å opprettholde en høy sagtømmerandel beskrives av Kvaalen (2014), som påpeker at vi får best mulig klimaeffekt i norsk skog ved høy tilvekst og en varig bruk av treprodukter for å holde CO₂ unna atmosfæren lengst mulig. I tillegg til å være kvalitetsforringende fører råte til en kontinuerlig karbonlekkasje fra bestandet. Kvaalen (2011) understreker også at omfanget av råte i granskog øker med bestandets alder. I prosessen med at råtesoppen bryter ned veden fører dette til CO₂ - utslipp. Tynning er det tiltaket som gir størst sjanse for råteangrep grunnet stubbeavskjær (Huse et al., 2013). Den beste måten å unngå råte, og følgelig karbonlekkasje, må være å optimere skogbehandlingen (Huse et al., 2013). En mulighet kan være hard ungskogpleie, gjerne om vinteren, for å få tilstrekkelig avstand mellom trærne allerede tidlig i omløpet. Dette reduserer risikoen for råtespredning, samtidig som tynning kan unngås.

4.1 Oppsummering

Skogen er i beste fall egnet som et korttidslager for karbon, sett at nåværende konsentrasjon av karbon i atmosfæren er så stor at en ytterligere økning i konsentrasjon må forhindres for enhver pris. Med det langsiktige perspektivet vi har på utviklingen av klimakrisen i dag vil både skogeier og klimaet være best tjent med et aktivt skogbruk som avvirker tømmeret ved økonomisk hogstmodenhet. Skogen i Norge er en økende, fornybar ressurs vi må fortsette å utvikle slik at vi står best mulig rustet til å møte framtidens klimautfordringer gjennom økt avvirkning og bruk av trevirke.

5. Referanser

- Bårdsgård, H. (2013, 13. juni). Krise i treforedlingsindustrien fører til masseeksport av tømmer. *Nationen*. Lokalisert på: [http://www.nationen.no/tunmedia/krise-i-treforedlingsindustrien-forer-til-masseeksport-av-tommer//](http://www.nationen.no/tunmedia/krise-i-treforedlingsindustrien-forer-til-masseeksport-av-tommer/)
- Braastad, H. (1975). Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. Ås: *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*. 31(9).
- van Kooten., G., C, Binkley, C., S & Delcourt, G. (1995). Effect of Carbon Taxes and Subsidies on Optimal Forest Rotation Age and Supply of Carbon Services. *American Journal of Agricultural Economics*, 77 (2), 365-374.
- Edvardsen, Ø. M. (2007). *Valg av foryngelsesmaterialer av norsk gran ved et klima i forandring*. Hamar: Det Norske Skogfrøverk. Lokalisert på: <http://www.skogfroverket.no/Web/Informasjon/Artikler/Foredlet%20plantemateriale%20gir%20b%E5de%20F8kt%20produksjon%20og%20finere%20kvist.pdf>, u.d.
- Eid, T., Fitje, A. & Hoen, H., F. (2002). *Økonomi og planlegging*. GAN forlag. ISBN 82-492-0200-7.
- Eriksson, E., Gillespie, A, R., Gustavsson, L., Langvall, O., Olsson, M., Sathre, R. & Stendahl, H. (2007). Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. *Can. J. Forest Research*. 37: 671-681.
- European Commision. (2015). *The EU Emissions Trading System*. Lokalisert på: http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm
- Flaa, Erik. (2011). *Optimal rotasjonstid i skog - med og uten karbonbinding*. Universitetet for miljø- og biovitenskap [UMB], Institutt for økonomi og ressursforvaltning, Ås.
- Forente Nasjoner, (2012). *Kyotoavtalen videreføres til 2020*. Lokalisert på: <http://www.fn.no/Aktuelt/Nyheter/Kyoto-avtalen-viderefoeres-til-2020>

Hoen, H., F. (2013). Bioøkonomiens muligheter. Hjemdal, L.,H. & Løken, J., C. (Red). *Fra sorte til grønne karboner*. (1. utgave, s. 10-32). Fredrikstad: Xenophon.

Holtmark, B. (2011, 23. mars). *Skog og klima oppsummert*. Lokalisert på:
<http://forskning.no/meninger/kronikk/2011/03/skog-og-klima-oppsummert>

Huse, K, J, Solheim, H & Pettersen, J. (2013). *Skogkurs -Resymé nr. 3: Råtebekjempelse*. (2. utgave). Biri: Skogbrukets Kursinstitutt

Kartverket. (2014) *Arealstatistikk for Norge*. Lokalisert på
<http://www.kartverket.no/Kunnskap/Fakta-om-Norge/Arealstatistikk/Oversikt/>

Kjølstad og Granlund, NOBIO. Skog som biomasseressurs - helhetstanken mangler

Kystskogbruket, 2014. *Skog og klima tema i Friluftsmagasinet 15 .mars*. Lokalisert på:
http://www.kystskogbruket.no/artikkel.cfm?ID_art=436

Kringlebotn, T., Haget, D. et al. (2014). *Hedmarksskogbruket i tall, Skogfondsregnskapet 2014 og skogstatistikk 2014*. (Rapport nr. 1/15). Hamar: Fylkesmannen i Hedmark, Landbruksavdelingen.

Landbruksdirektoratet. (2010). *Foryngelse og skogskjøtsel*. Lokalisert på:
<https://www.slf.dep.no/no/eiendom-og-skog/skogbruk/foryngelse-og-skogskjotsel>

Liski, J., Pussinen, A., Pingoud, K., Mäkipää, R. & Karjalainen, T. (2001) Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Can. J. Forest Research* 31: 2004-2013.

Løken, J., C. (2013). Biologisk lagerstyring gjennom aktiv bruk av fotosyntesen. Hjemdal, L.,H. & Løken, J., C. (Red). *Fra sorte til grønne karboner*. (1. utgave, s. 10-32). Fredrikstad: Xenophon.

Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B.C., ... Werner, F (2014). *Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation*. *Forests* 2014, 5(4), 557-578.

Melding til Stortinget 13 (2014-2015). *Ny utslippsforpliktelse for 2030 - en felles løsning med EU*. Det kongelige klima- og miljødepartement. Lokalisert på:
<https://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/meld.-st.-13-2014-2015/id2394579/>

Miljødirektoratet, 2014. *Gjødsling av skog som klimatiltak*. Lokalisert på:
<http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2014/Mai-2014/Gjodsling-av-skog-som-klimatiltak/>

Miljødirektoratet. 2014. *Ny rapport om kvotepris og investeringer*. Lokalisert på:
<http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2014/April-2014/Ny-rapport-om-kvotepris-og-investeringer/>

Norges Forskningsråd. 2013. *Setter fart på bioøkonomien*. Lokalisert på:
<http://forskning.no/naturressursforvaltning-bransje-industri-bioteknologi/2013/05/setter-fart-pa-biookonomien>

Norskog. (2014). *Skogmelding*. Lokalisert på: <http://www.skoginfo.no/tema.cfm?id=96>

Norges Skogeierforbund. (2009). *Betaling for binding av karbon?* Lokalisert på:
www.skogeier.no/userfiles/files/skog_klima/N09008.pdf

NRK. (2014). *Får slippe ut CO₂ for billig*. Lokalisert på: <http://www.nrk.no/ostfold/far-slippe-ut-co2-billig-1.11582314>

Kløvstad, A. (2015). Gjennomsnittspriser i januar og februar 2015. *Norsk Skogbruk*, 60(3), s. 10-11.

Pettersen, J. (Red). (2000). *Ressurser og forvaltning*. Biri: Skogbrukets Kursinstitutt.

Pettersen, J. (2013). *Skogkurs-Resymé nr. 13: Tap tidlig hogst*. (1. utgave).
Biri: Skogbrukets kursinstitutt.

Pettersen, J. (2014). *Skogkurs-Resymé nr. 10: Informasjon om skogfond*. (7. utgave).
Biri: Skogbrukets Kursinstitutt.

- Rindal, T. K., Myklestad, G. & Pettersen, J. (2013a). *Skogkurs - Resymé nr. 4: Planting*. (2. utgave). Biri: Skogbrukets Kursintitutt.
- Romero, C., Ros, V. & Daz-Balteiro, L. (1998). Optimal forest rotation age when carbon captured is considered: theory and applications. *Journal of the Operational Research Society*. 39: 121 - 131.
- Sjølie, H., K. 2010. *Modell for skogens CO₂-regnskap*. Lokalisert på:
<http://forskning.no/naturressursforvaltning-skog-skogbruk-forurensning-klima/2010/06/modell-skogens-co2-regnskap>
- Skagestad, E. & Pettersen, J. (2013). *Skogkurs -Resymé nr. 9: Markberedning*. (4. utgave). Biri: Skogbrukets Kursinstitutt.
- Skog og Landskap. (2015). *Skogskader på internett - Rotkjukesopp*. Lokalisert på:
<http://skogskade.skogoglandskap.no/index.cfm?oa=diagnosis.view&dia=54>
- Skog og Landskap. (2011). *Ukjente mengder karbon i jord*. Lokalisert på:
http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2011/ukjente_mengder_karbon_i_jord
- Skog og Landskap. (2008). *Karbonbinding i skogsjord*. Lokalisert på:
http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2008/karbonbinding_i_skogsjord/newsitem
- Statistisk Sentralbyrå. (2013). *Landsskogstakseringen, 2008-2012*. Lokalisert på
<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/lst/aar/2013-08-29#content>
- Statistisk Sentralbyrå. (2014). *Landsskogstakseringen 2009-2013*. Lokalisert på:
<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/lst/aar>
- Statistisk Sentralbyrå. (2015). *Skogavvirkning for salg*. Lokalisert på:
<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav/aar-forelopige/2015-01-22#content>
- Statkraft. (2012). *CO₂ er for billig*. Lokalisert på:
<http://www.statkraft.no/media/Nyheter/Nyhetsarkiv/2012/co2-er-for-billig/>

Stocker, T. Climate Change 2013: The Physical Science Basis

Solberg, B. & Sjølie, H, K. (2010) *Uegnet modell for skogbasert bioenergi*. Lokalisert på:
<http://forskning.no/meninger/kronikk/2010/08/uegnet-modell-skogbasert-bioenergi>

Solheim, H., Fossdal, C., G. & Hietala, A., M. (2012). *Rotkjuke - granas verste fiende*. Norsk Skogbruk 4 - 2012. Lokalisert på:
www.skogoglandskap.no/filearchive/rotkjuke_granas_verste_fiende.pdf

Stamnes, V., S., G, Solberg., S & Solheim, H. (2000). *En analyse av råtefrekvens i eldre granskog, ut fra skoglige, klimatiske og edafiske faktorer* (Rapport fra skogforskningen -Supplement 17. Ås: Norsk institutt for skogforskning & Institutt for skogfag. Lokalisert på: http://www.skogoglandskap.no/publikasjon/SF_2428_2077

Sørli, T, J. (2013, 10. mai). *Utfordrende framtid for massevirke*. Bondebladet. Lokalisert på:
<http://www.bondebladet.no/article/utfordrende-framtid-for-massevirke/>

Svendsrud, A. (2001). *Tabeller for beregning av verdien av skogbestand*. Rapport fra skogforskningen-Supplement 17.
Ås: Norsk institutt for skogforskning & Institutt for skogfag.

Svendsrud, A. (1985). *Skogøkonomi*. Universitetsforlaget.

Veidahl, A. (1999). *Skogøkonomi*. I Steinset, T. A. (Red.), *Norsk Skoghåndbok 2000* (s. 155-206). Oslo: Landbruksforlaget.

Vedlegg

Gjentaksfaktoren

$$V_0 = a \cdot \frac{(1 + \bar{p})^n}{(1 + \bar{p})^n - 1}$$

V_0 er verdien ved begynnelsen av den første perioden av en uendelig betalingsrekke, hvor betalingen a forfaller med n års (terminers) mellomrom, første gang ved begynnelsen av første periode, og for all framtid.

Diskonteringsfaktoren

$$V_0 = V_t \cdot (1 + \bar{p})^{-t}$$

V_0 er nåverdien ved begynnelsen av første termin (år) av et beløp som forfaller til betaling ved slutten av termin (år) n .