

052

utredning

Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren

Miljøkonsekvenser og tilrådninger

Håkon Borch

Biomasse- og økonomiberegninger

Per Kristian Rørstad

Birger Solberg



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren

Miljøkonsekvenser og tilrådninger

Håkon Borch

Biomasse- og økonomiberegninger

Per Kristian Rørstad

Birger Solberg

NINAs publikasjoner

NINA utgir fem ulike faste publikasjoner:

NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

NINA Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvernavdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren. NINA Utredning 052:1-52.

Borch, H. Miljøkonsekvenser og tilrådninger. s. 1-34.

Rørstad, P.K. & Solberg, B. Biomasse- og økonomiberegninger. s. 35-52.

Ås, november 1993

ISSN 0802-3107

ISBN 82-426-0394-4

Forvaltningsområde:

Norsk: Arealbruk - terrestrisk

Engelsk: Land use

Copyright ©:

Stiftelsen Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Erik Framstad

NINA, Ås

Design og layout:

Klaus Brinkmann

NINA, Ås-NLH

Sats: NINA, Ås-NLH

Trykk: Melsom

Opplag: 300

Trykt på miljøpapir!

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

N-7005 Trondheim

Tel: 73 58 05 00

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 5571 Skog på kulturmark

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Forord

Denne utredningen er skrevet på oppdrag av Direktoratet for naturforvaltning. Hensikten har vært å vurdere de miljømessige konsekvenser av å bruke skogproduksjon som en strategi mot CO₂-opphopning i atmosfæren. Bakgrunnen er to forskningsprosjekter: "Reduksjon av atmosfærisk CO₂ ved endret arealbruk - en effektivitetsanalyse med vekt på risiko" og "Skog og skogproduksjon som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren". Begge igangsatt av Den interdepartementale klimagruppen, for å utrede kostnadseffektivitet og potensialer for reduksjon av klimagasser ved forskjellige tiltak.

Denne utredningen består av to deler. I del 1 kommenteres miljøkonsekvenser av de ulike forstlige tiltak som diskuteres i to rapporter fra de nevnte prosjekter, samt et forslag til "miljøvennlig" utførelse av ett av tiltakene - tilplanting av marginal jordbruksmark. Denne er skrevet av Håkon Borch ved Norsk institutt for naturforskning (NINA). NINAs del av prosjektet har vært ledet av Gary Fry (NINA/Ås).

I vedlegget til del 1 er det sammenstilt en del økologiske parametre for ulike treslag. Disse ble satt sammen under arbeidet og er tatt med som vedlegg da det ikke foreligger lignende oversikter på norsk. Dette antas derfor å ha en allmenn interesse.

I del 2 er det biomasseberegninger og økonomiske vurderinger ved deler av de forslag som er utarbeidet for marginal jordbruksmark. Denne delen er skrevet av Per Kristian Rørstad ved Institutt for økonomi og samfunnsfag, Norges landbrukshøgskole (NLH) og Birger Solberg ved Norsk institutt for skogforskning (NISK)/Institutt for skogfag (NLH).

På grunn av ressursmessige begrensinger har vi ikke foretatt grundige analyser av alle mulige alternativer, da det er et problem med tilgang på gode grunnlagsdata. Dette gjelder både grunnleggende kunnskap om mange av treslagenes økologiske funksjoner og forhold omkring de forskjellige treslags produksjonspotensiale, forstlige og økonomiske faktorer. Resultatene må derfor brukes med forsiktighet.

I arbeidet har mange personer bidratt med opplysninger og gitt verdifulle faglige innspill. Vi sender en generell takk til disse. Vi vil spesielt takke Mary A. Losvik (SFDH) og Ann Norderhaug (NINA).

Ås, juli 1993.

Håkon Borch, Per Kristian Rørstad, Birger Solberg

Innhold

Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opp-
hopning i atmosfæren. Miljøkonsekvenser og tilrådninger
(Håkon Borch)

Referat.....	05
Abstract.....	05
1 Innledning	06
2 Skog som CO₂-bindende tiltak	06
2.1 Generelle kommentarer	06
2.2 Kommentarer til de enkelte forslagene.....	07
2.2.1 Treslagsskifte	07
2.2.2 Tilplanting av marginal jordbruksmark	08
2.2.3 Tilplanting av kraftgater.....	08
2.2.4 Gjødsling av skog	08
2.2.5 Forlenget omløpstid.....	09
2.2.6 Tettere plantinger	10
2.2.7 Grøfting og gjødsling av torvmark	10
2.2.8 Grøfting av sumpskogmark og grøfterensk av tidligere grøftet skog.....	11
2.2.9 Vedfyring i husholdningene	11
2.2.10 Bioenergi fra skogbruket ved hogstavfall, lauvtrær og tynningsvirke	11
2.2.11 Energiskog.....	11
2.2.12 Bioenergi ved bruk av kantsoner	12
3 Tilplanting av marginal jordbruksmark	13
3.1 Overordnede miljøsensyn	13
3.1.1 Viktige jordreserver.....	13
3.1.2 Biodiversitet.....	13
3.1.3 Kulturlandskapsensyn (estetiske, historiske, rekreative).....	13
3.2 Treslagsvalg	14
3.2.1 Miljøkonsekvenser	14
3.2.2 Førstlige og økonomiske hensyn	15
3.3 Tilgjengelige arealer	18
3.4 Tilrådninger ved tre eksempelområder	18
3.4.1 Nord-Norge	18
3.4.2 Vestlandet	19
3.4.3 Østlandet (og Trøndelag)	20
4 Sammendrag og konklusjon	22
5 Litteratur	23
Vedlegg 1. Egenskaper til norske treslag	26

Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opp-
hopning i atmosfæren. Biomasse- og økonomiberegninger.
(Per Kristian Rørstad, Birger Solberg)

Referat	35
Abstract	35
1 Innledning	36
2 Omregning av boniteter	37
3 Beregninger av biomasse	38
3.1 Biomasseproduksjon hos gran, furu og bjørk.....	38
3.2 Biomasseproduksjon hos osp og or	38
3.3 Nedbrytning av biomasse og bruk av virket	40
4 Økonomi	41
5 Resultater	45
5.1 Eksempel 1: Bjørk - furu - osp - or.....	45
5.2 Eksempel 2: Or - bjørk	49
6 Avsluttende kommentarer	50
7 Sammendrag	51
8 Litteratur	52

Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren

Miljøkonsekvenser og tilrådninger

Av Håkon Borch (NINA)

Referat

Borch, H., 1993. Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren. Miljøkonsekvenser og tilrådninger. - NINA Utredning 052:1-34

Denne utredningen kommenterer miljøkonsekvenser av de ulike forstlige tiltak, samt et forslag til "miljøvennlig" utførelse av et av tiltakene – tilplanting av marginal jordbruksmark. Forstlige tiltak for å binde CO₂ som, hvis de blir gjennomført i stor skala, vil ha overveiende negative konsekvenser for biodiversiteten og det norske skoglandskapet som helhet er: treslagsskifte, tettere plantinger, grøfting av sumpskogmark og grøfting/gjødsling av torvmark. Tiltakene tilplanting av marginal jordbruksmark, tilplanting av kraftgater, gjødsling av skog, bioenergi ved bruk av kantsoner kan ved hensynsfull utførelse kunne gjennomføres på en del av de tilgjengelige arealene uten store negative konsekvenser. En del av disse tiltakene har usikker miljøeffekt og bør vurderes nærmere før de utføres i stor skala. Tiltakene forlenget omløpstid, vedfyring i husholdningene, bioenergi fra skogbruket og energiskog vil ved riktig utførelse kunne ha klar positiv miljøeffekt. Tilplanting av marginal jordbruksmark er videre behandlet mer utførlig med utarbeidede eksempler for hvordan man kan tenke seg en "miljøriktig" utførelse. Typeområder er valgt ut fra statistikk over denne arealkategorien for å få med de områdekategorier som er mest aktuelle. Forslagene omfatter arealer fra Nord-Norge, Vestlandet og Østlandet.

Emneord: Skogplanting - Landbruksmark - Tiltak - CO₂ - Norge

Håkon Borch, NINA, Pb. 5064, 1432 Ås

Abstract

Borch, H., 1993. Forest production in Norway as a measure against increased level of CO₂ in the atmosphere. Environmental consequences and recommendations. - NINA Utredning 052:1-34.

In this report, environmental consequences of some suggested measures for binding CO₂ from the atmosphere by afforestation are validated. An "environmentally sound" proposal on afforestation of marginal agricultural land has also been prepared for different regions in Norway. Measures that mainly will have severe consequences for the environment are: change of tree species from deciduous to conifers, denser plantations, drainage of wetlands and drainage and fertilization of peat land. Other measures such as afforestation of marginal agriculture land, afforestations of power line corridors, fertilization of forest, bio-energy production in ecotones and hedgerows in the agricultural landscape, can be taken on some of the available areas without major impacts on the environment. A full scale accomplishment on all available areas is still not advisable without a more thorough investigation. The last group of measures that are suggested are: prolonged rotation age, woodburning in the households and bio-energy from forestry. All these will mainly have a positive effect on the environmental situation. Examples of environmentally sound afforestation of marginal agricultural land are worked out for the most relevant areas (north Norway, western coastal areas and some parts of lowland south-east Norway).

Key words: Afforestation - Cultivated land - Policy - CO₂ - Norway

Håkon Borch, NINA, P.O. Box 5064, N-1432 Ås, Norway

1 Innledning

Vi har i dette arbeidet tatt utgangspunkt i rapporten "Reduksjon av atmosfærisk CO₂ ved endret arealbruk - en effektivitetsanalyse med vekt på risiko" utarbeidet av Norsk institutt for skogforskning (NISK) og Institutt for skogfag, Norges landbrukshøgskole (NLH) (Lunnan et al. 1991), og notatet "Skog og skogproduksjon som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren" fra Institutt for økonomi og samfunnsfag, NLH (Solberg et al. 1992).

I første delen kommenterer vi de enkelte forslag som er framsatt med hensyn til mulige miljøkonsekvenser. Deretter har vi diskutert konsekvensene av tilplanting av marginal jordbruksmark og satt opp tre eksempelområder basert på hvor i landet vi har de største arealer av nedlagt jordbruksmark. Eksempelene er ment å vise hvordan et slikt tiltak kan utformes for å minimere miljøkonsekvensene.

Det må allikevel understrekes at til tross for våre anbefalinger vil disse arealene ha større biologisk og kulturlandskapsmessig verdi som åpne arealer.

2 Skog som CO₂-bindende tiltak

Ved en drøfting av tiltak for å binde CO₂ i Norge er det viktig at perspektivene for effekten av disse tiltakene er kjent. Vi vil derfor først gå gjennom noen av de aspektene som er av betydning i så måte, før vi vurderer de enkelte tiltak som er skissert som mulige alternativer for å binde mer CO₂ ved bruk av skog. Vurderingene og kommentarene er gjort med henblikk på mulige miljøkonsekvenser.

2.1 Generelle kommentarer

Skogen i Norge har etter krigen hatt en meget stor økningen i stående stammemasse som følge av en overgang til bestandsskogbruk og intensiv skogskjøtsel. Tall fra Landsskogstakseringene viser at fra 1930 til 1990 var økningen i stående stammemasse på ca. 300 millioner m³ eller tilsvarende 460 mill. tonn CO₂.

Disse endringer i skogsdriften må sies å ha hatt store konsekvenser for skogbildet og vilkårene for mange arter knyttet til skogen. Effekten målt i bundet karbon tilsvarer Norges utslipp av CO₂ i 13 år (tall for utslippsnivå av CO₂ for 1990 (SFT 1992)). Landsskogstakseringen viser at den årlige nettotilveksten av stående skog i siste periode (1968-1984) tilsvarer 22% av Norges årlige utslipp av CO₂. På et nasjonalt nivå kan vi derfor konkludere med at dette gir et ikke ubetydelig bidrag til utslippsbalansen.

Ser vi dette i et internasjonalt perspektiv har denne økte bindingen av CO₂ i norske skoger de siste 60 år tilsvart utslippene fra verdens forbruk av fossilt brensel (OECD 1991) i 26 dager. Dette indikerer at man står overfor problemstillinger med slike dimensjoner at uansett hva vi gjør av forstlige tiltak i Norge, vil de ha marginale og ikke signifikante effekter på en klimaforandring. Lokalt vil derimot flere av de tiltakene som er foreslått få vesentlige miljøkonsekvenser. Det er også verd å merke seg at skogetablering har kortvarig virkning m.h.t. karbonbinding da nedbrytningen etterhvert vil kompensere bindingen.

Klimaendring fra en drivhuseffekt vil kanskje gjøre Norge til et varmere land. Dette vil øke den generelle skogproduksjonen ved at vekstsesongen blir lenger, og at tregrensen vil flyttes høyere opp. Dette vil føre til en økt CO₂-binding i hele den tempererte sonen. Forandring av jordens nedbørsmønster kan også føre til endret vegetasjon over hele kontinenter. En rekke slike naturlige

faktorer vil komme sterkt inn, og de kan dels fungere som buffer mot en langsiktig endring av jordens atmosfæriske gass-sammensetning, og dels fremme en slik forandring. Betydningene av slike effekter i store systemer er vanskelig å forutsi, og det blir derfor nesten umulig å lage gode prediksjonsmodeller for en framtidig utvikling. Usikkerheten i disse antagelsene om framtidig utvikling av klima forårsaket av antropogent utslipp av CO₂ skulle derfor tilsi at man bør tenke seg godt om før man setter igang tiltak som får store konsekvenser for natur og miljø. Å redusere de faktorer som forstyrrer det naturlige likevektssystem, for eksempel gjennom en skjerpet energipolitikk som fører til redusert utslipp av antropogent CO₂, vil være en prinsipielt riktigere vei å gå.

Det årlige utslippet av CO₂ fra forbrenning av fossilt brensel var i 1988 beregnet av FNs klimapanel (IPCC) til 6,2 milliarder tonn. Til tross for stor usikkerhet bak tallene har man også forsøkt å beregne CO₂-tilførsel fra den avskoging som har foregått de siste 100 år, først og fremst i tropiske strøk. Et totalt estimat for hele perioden antyder 150 milliarder tonn (Adger et al. 1992, Makundi et al. 1991, Prentice & Fung 1990). For å få kontroll over CO₂-utslippene må innsatsen først og fremst settes inn på utslipp fra forbrenning av fossilt brensel og avskoging i tropiske strøk.

Når man ser på det totale bindingspotensialet over en 40 års periode ved de minst konfliktfylte forstlige tiltak (inkludert bioenergi) i Norge, er dette beregnet til 280 millioner tonn CO₂ (Solberg et al. 1992). I samme periode vil Norge slippe ut 1,36 milliarder tonn CO₂ (basert på tall fra 1990 (SFT 1992)). Sett i sammenheng med de globale tallene må kostnadseffektiviteten, målt både i miljøkostnader og økonomiske kostnader, sies å være lav i forhold til hva som trengs av effekt for å oppnå merkbare resultater på CO₂-balansen.

I denne rapporten har vi diskutert både positive og negative miljøeffekter utover klimaeffekten for de enkelte tiltak. Disse miljøeffektene kan variere avhengig av hvor i verden tiltaket blir satt ut i livet. For eksempel vil skogreisningstiltak i Norge i mange henseende ha negative miljøkonsekvenser. En skogreisning i deler av det tempererte belte, f.eks. det kontinentale Europa med sine skogløse jordbruksletter vil antagelig kunne ha mange positive effekter hvis det gjøres på en økologisk forsvarlig måte. Skoetablering i tropiske områder vil ha positive og verdifulle miljøeffekter som berører flere av de viktigste utfordringer vi står overfor (Brown et al. 1992). Stikkord som jorderosjon, vannhus-holdning, bevaring av genetisk mangfold, økt tilgang på brensel er sentrale her.

Vi vil derfor understreke at tiltak som mest sannsynlig kan gi reelle

effekter for klimasituasjonen, er tiltak satt inn i tropiske områder. Aktuelle tiltak her vil være etablering og restaurering av skogøkosystemer, etablering av eukalyptusplantasjer der skogen allerede er fjernet, agroforestry, sosioøkonomiske tiltak som reduserer avskogingen etc. (Houghton et al. 1987; Grainger 1991).

2.2 Kommentarer til de enkelte forslagene

2.2.1 Treslagskifte

Treslagskifte fra løvskog til granskog representerer betydelige miljøendringer. Dette tiltaket er først og fremst aktuelt langs kysten av Vestlandet og nordover. Her har vi imidlertid flere vegetasjonssamfunn som kystfuruskog, subalpine bjørkeskoger, lyngheier m.m. som Norge har et internasjonalt ansvar for å bevare.

Biodiversitet

De viktigste endringer av artssammensetningen og artsrikdommen som følge av granplanting har sammenheng med at et granbestand i deler av omløpet er så tett at lys og varmeinnstrålingen blir kraftig redusert. Bunnvegetasjon blir derfor sparsomt utviklet eller mangler helt. Mange plante- og dyrearter, samt mikroorganismer taper derfor sine leveområder (Hill 1986; Young 1986). At slike plantede bestand også har lite innslag av andre treslag virker i samme retning. Arter av flora og fauna som er knyttet til løvskog og kystfuruskog, vil gå tilbake i områder med omfattende granplantinger. For eksempel har hvitryggspetten, som er en truet art i europeisk sammenheng, en av sine rikeste forekomster på Vestlandet. Et treslagskifte vil få alvorlige konsekvenser for bestanden (Hågvar 1987).

Fugl kan illustrere effekten av treslagskifte da fugler inngår i næringskjeden planter - insekter - fugl. En differensiert og godt utviklet næringskjede er en forutsetning for en stor fuglepopulasjon. Sammenlignende studier av individtetthet av fugl i ulike skogstyper har vist: frodige løvskoger 1000-2000 fuglepar/km², magrere løvskoger 600-1200 fuglepar/km², kystfuruskog 300-600 fuglepar/km², østlandsk barskog 40-600 fuglepar/km², rene granbeplantinger 10-200 fuglepar/km² (Fremming & Slagsvold 1966; Hogstad 1967; Ødegaard 1982; Flade & Steiof 1988; Martin 1988; Raivio & Haila 1990; Thompson III & Fritzell 1990; Borch & Ystad 1991; Klæbo & Skaar 1991). Denne reduksjon i tetthet gjenspeiler en tilsvarende tetthetsreduksjon for flora og lavere fauna.

Podsolering av jordsmonnet, tap av næringsstoffer

Nåletrær har strø som senker pH i jorda. Kationer i det øverste jordsmonnet blir mobilisert når pH synker, og vasket ut av de øverste jordsjiktene. Denne effekten kalles podsolering. Hvis jordsmonnet er grunt eller næringsfattig, kan dette resultere i tap av næringsstoffer og varig senking av boniteten (Hornung et al. 1986; Miles 1986; Persson et al. 1989). Løskog etter et om-løp med gran kan tilbakeføre jordsmonnet til sin originale tilstand hvis næringsstoffene ikke har blitt avsatt utenfor trærnes rotsone eller vasket ut med grunnvannet. Med de store nedbørs-mengdene på Vestlandet kan tap av næringsstoffer være et problem.

Jorderosjon

Etter avirkning av et granbestand er jorda ofte blottlagt for vær og vind fordi undervegetasjonen er så sparsom. Det tar ofte 1-2 år før det er etablert et tett plantedekke som kan beskytte mot jorderosjon. De topografiske forholdene på Vestlandet bidrar ofte til at områdene langs kysten er spesielt utsatt for jorderosjon.

Forsuring av bekker og vassdrag

I flere land har det i mange år foregått et omfattende forskningsarbeid på virkninger i vann og vassdrag etter granetablering på større områder. Det er veldokumentert at pH synker og fiskebestandene i nedslagsfeltet går tilbake (Leeks & Roberts 1987; Ormerod et al. 1987; Maitland et al. 1990). I Skottland har man en anbefalt maksimal andel barskog på 20% i et vassdrags nedslagsfelt. Overskrides denne andelen får man redusert fiskeproduksjon (Egglisshaw et al. 1986; NCC 1986).

Laksefiske på Vestlandet og i Nord-Norge har stor økonomisk betydning, og mange faktorer har ført til en reduksjon i flere norske laksestammers produksjon. Tilplanting av store arealer med bartrær vil øke belastningene for laksefiskene med konsekvenser for rekreasjon og arbeidet med å bevare de norske laksestammene.

Kystskogene i Norge er unike

Et oseanisk klima, særpregede topografiske forhold og stor grad av kulturbetingede vegetasjonstyper har gitt vegetasjonen på Vestlandet en utforming som er unik. Noen av vegetasjonssammfunnene og økosystemene finnes bare her. Fraværet av gran er en vesentlig årsak til dette. Etter at vi har etablert gran gjennom skogreisningstiltak de siste 50 årene, vil man forvente at i framtiden vil noen av de nevnte økosystemer og vegetasjonssammfunn trenge tiltak fra mennesker for å bestå. Dess mer omfattende hjelp gran får til å etablere seg gjennom aktivt treslagskifte, dess vanskeligere vil det være å bevare Vestlandsnaturens særpreg.

2.2.2 Tilplanting av marginal jordbruksmark

Dette tiltaket blir omhandlet i større bredde i kap. 3.

2.2.3 Tilplanting av kraftgater

Idag blir ikke kraftgater brukt til skogproduksjon. Arealene blir ryddet for vegetasjon med 10-20 års mellomrom slik at man får en kontinuerlig pionervegetasjon bestående av bjørk, rogn, osp, selje etc. Disse områdene har derfor en viss verdi som beiteområder for hjortevilt. I plante- og dyrelivssammenheng bidrar kraftgatene til å differensiere landskapet.

Ut i fra landskapsestetiske perspektiver vil en skogproduksjon i traséene kunne bidra til å dempe det skjemmende inntrykket fra kraftgatene.

Fugler som skogshøns, ugler, rovfugl o.l. kolliderer ofte med ledningene da de flyr i tretopphøyde når de forflytter seg i terrenget. Undersøkelser har vist at det hvert år blir drept like mange skogshøns i kollisjon med kraftledninger som det blir skutt på jakt (Bevanger 1990). Om et skifte til granvegetasjon i kraftgatene vil influere på kollisjonsfaren mellom fugl og kraftledninger, er svært usikkert og vil eventuelt kreve videre undersøkelser.

2.2.4 Gjødning av skog

Eutrofiering av vassdrag og havområder, og endrede vegetasjonssammfunn

Utslipp av nitrogen til vann og vassdrag fra antropogen virksomhet i Norge er betydelige. Tall fra Statens forurensingstilsyn viser: ca. 20 500 tonn N fra kloakk, ca. 22 000 tonn N fra landbruk og 3700 tonn N fra industri. I tillegg kommer nedfallet av diffust utslipp ved tørr- og våtdeponeringer på 390 000 tonn N. Dette gir et årlig nedfall på 0,5-1,8 kg nitrogen pr. daa over store deler av Østlandet, Sørlandet og deler av Vestlandet (SFT 1992).

Det har vært en oppfatning at jorda i utmarka har hatt et C/N-forhold som fører til at alt tilgjengelig N blir bundet i jordsmonnet. De senere årene har det vært tegn til en økende eutrofiering av vassdrag som ikke har jordbruksarealer eller bebyggelse i sine nedslagsfelt. Dette kan tyde på at man har en nitrogenlekkasje gjennom jordsmonnet til grunnvannet, og at økosystemet ikke lenger er i stand til å holde nitrogenet tilbake. Årsakene ligger antagelig i de store diffuse nedfall. På Sørlandet hvor nedfallet er størst (ca 2 kg N/daa), tilsvarer nedfallet i de hardeste belastede

områdene nesten det anbefalte skoggjødslingsprogrammet (Pedersen et al. 1990). Denne generelle nitrogentilførselen forskyver gradvis konkurransevnen i de nitrofile plantenes favør. Vegetasjonssammfunnene i de utsatte områdene endres, og på lang sikt kan det bli et problem å opprettholde biodiversiteten da planter som foretrekker liten nitrogentilgang kan bli utkonkurrert i Sør-Norge. I deler av Europa er dette et problem for mose- og lavararter, og for noen arters vedkommende vil Norge kunne bli et viktig restområde.

Denne samlede N-tilførselen bidrar til eutrofiering av vann og vassdrag, vegetasjonssendringer i naturen, forsuring av jordsmonn og NO_x-utslipp til atmosfæren. Reduksjon av disse utslippene er en av våre store miljøoppgaver. Sett i dette perspektivet vil en omfattende gjødsling av skogsmark være et tiltak som vil medføre økt avrenning fra utmarksarealer og virke negativt på den totale forurensingsbelastningen.

Nitrogen og metan

Ved Institutt for bioteknologifag, NLH, er det satt igang et prosjekt som ser på jordas evne til å ta opp og bryte ned metan (CH₄) (pers.medd. Lars Bakken 1992). Denne prosessen er viktig for metanets oppholdstid i atmosfæren. Mye tyder på at CH₄ ikke brytes så raskt ned ved mikrobiologiske prosesser hvis det er for mye nitrogen tilgjengelig i jorda. På grunn av de store diffuse N-utslippene kan dette medføre en forlenget omløpstid for CH₄ i atmosfæren (Steudler et al. 1989). Gjødsling av skogsjord og diffust N-nedfall kan derfor ha effekter på den samlede drivhuseffekten. Hvilken størrelsesorden disse effekter har, og om de er av praktisk betydning i så henseende er foreløbig ukjent.

N₂O utslipp

En del av nitrogenet fra gjødslingen (anslått til 1-2%) vil slippe ut til atmosfæren som N₂O. Dette er en klimagass som ifølge FNs klimapanel (IPCC) er 270 ganger så effektiv som CO₂ som drivhusgass, og står for 13-15% av drivhuseffekten fra svenske utslipp (Robertson 1991; Rodhe et al. 1991).

Forsuringseffekt

Ved bruk av de kommersielle gjødselslagene som er på markedet idag, er det bare kalksalpeter som ikke har en pH-senkende virkning på jorda. Med de problemene man har med sur nedbør over store deler av landet, vil en storstilt gjødsling av skogsmark ikke hjelpe på situasjonen.

Skogens helsetilstand

En gjødsling av skogen gir skogen god vekst, og virker derfor antagelig positivt på skogens allmenne helsetilstand. Dette kan

gi skogen en økt motstandskraft mot andre stressfaktorer som sur nedbør. Man antar at en av grunnene til at skogen på Sørlandet er mindre skadet enn man kunne fryktet av den langtransporterte luftforurensingen skyldes den positive effekten det diffuse nitrogennedfallet har hatt på skogen (Pers.medd. P.K. Rørstad, Inst. for skogfag, NLH).

2.2.5 Forlenget omløpstid

Biodiversitet

Mange arter er avhengig av dødt trevirke i skogen. Ved en forlengelse av omløpstiden med 10 år, vil man kunne forvente en økning av dødt trevirke og en stimulering av arter som foretrekker gammelskog. Noen av disse artene er sterkt truet i dagens skogbruk. Eksempler på sjeldne og truede arter finner vi mange av blant insekter, sopp, moser, og lav (Ehnström 1992; Hallingbäck 1992; Larsson 1992; Nilsson 1992; Thor 1992). Spesielt for moser har Norge et internasjonalt ansvar da vi på grunn av klimatiske forhold har svært mange arter representert. Et slikt tiltak som forlenget omløpstid vil kunne bedre status for flere av artene.

Økonomiske vurderinger

I internasjonale forhandlinger argumenteres det med at landene med tropisk regnskog må avstå fra å hogge store skogområder og redusere sitt generelle awirkningstempo. Dette blir imøtegått av de fattige land med at de ikke har økonomiske alternativer til rovdrift slik som dagens råvarepriser er. Sett i dette perspektivet er det uheldig om Norge, som en av verdens rikeste nasjoner, ikke kan ha 10 års lenger omløpstid hvis det fungerer som et godt miljøtiltak.

Forlenget omløpstid er det mest kostnadseffektive av alle forslagene for CO₂-binding i skog (Lunnan et al. 1991). Allikevel er ikke forslaget vurdert på linje med de andre tiltakene da det vil medføre komplikasjoner for skogbruksnæringen. En utredning av hvilke samfunnsøkonomiske konsekvenser dette ville få, ville være interessant, da forslaget har mange positive virkninger på natur og miljø.

Som et apropos vil vi komme med et eksempel der andre hensyn enn næringspolitikk og økonomi legges til grunn for forvaltning. USA blir ofte angrepet for liten evne til å iverksette miljøtiltak som koster penger. De har nå vedtatt en plan som innebærer restriksjoner i skogsdriften på 1 200 000 km², (3,7 ganger Norges totale landareal) på den amerikanske vestkysten for å redde en indikatorart for urskog (Spotted Owl). Økonomisk er kostnadene beregnet til 30 000 arbeidsplasser de første 10 år og årlig tapt inntekt til statskassen på \$ 220 millioner i samme periode (Gup

1990; Thomas 1990). Forlenget omløpstid for Statens skoger sine arealer kunne brukes tilsvarende hvis man ønsker å binde CO₂.

2.2.6 Tettere plantinger

Tettere plantinger av gran/furu vil gi redusert løvinnblanding og en tett skog. Dette forsterker flere av de negative effektene av granplantning.

Lysgjennomgangen i kroneskiktet blir liten, og det blir et artsfattig bunn-, felt- og busksjikt. Tette granplantefelt har så godt som ingen verdi for dyrelivet, og vil redusere viltproduksjon og arts-mangfoldet.

Podsolerings effektene i jorda vil bli sterkere da man ikke har innslag av løvtrær som kan virke som "ionepumper", som via dyptgående røtter henter opp kationer og deponerer dem bundet i bladstrø på overflaten.

Tettere plantinger gir et skogsbylde som er lite egnet for friluftsliv og åpner derfor ikke for flerbruk av skogsarealene.

2.2.7 Grøfting og gjødsling av torvmark

Biodiversitet

Myrer og våtmarker er svært verdifulle landskapselementer med et karakteristisk plante-, insekts- og fugleliv knyttet til seg. Reduksjonen av disse arealene har vært stor i dette århundre, noe som har resultert i et eget vernearbeid for våtmarker og myrer. Dessverre er de rikeste myrene (tilsigsmyrer) mest interessante både i biologisk og økonomisk perspektiv. Fattigmyrer (nedbørsmyrer) kan også gjødsles og dermed gi god produksjon. Disse er mindre kontroversielle enn rikmyrene i naturvernssammenheng. Skal tiltaket utføres i større skala enn det som faktisk foregår idag, bør det foretas en bedre vurdering av aktuelle arealer med hensyn til biodiversitet, verdi i forhold til sjeldne arter, landskapsøkologiske og -estetiske forhold og ikke minst hydrologiske forhold. Tiltaket vil for mange arealer være svært kontroversielt.

Myrer er internasjonalt verneverdige

Bevaring av myrer er viktig i internasjonal sammenheng. Myr som fenomen er uvanlig i global sammenheng og forekommer hovedsakelig i områder med kjølig og fuktig klima. Noen av de viktigste forekomstene ligger i Skandinavia (Franzén In press).

Store arealer rikmyr har i Norge allerede blitt tatt til skog og jordbruksproduksjon. Det som er igjen, har derfor økt sin verneverdi betraktelig. Å ta vare på de rikmyrene vi har i Norge, er derfor et internasjonalt ansvar.

Klimagasser ved naturlige og drenerte myrer

Ved drenering og skogproduksjon på myr vil nettotilveksten i skogens etableringsfase binde mer CO₂ enn den årlige binding som foregår i myr. Samtidig reduseres utslippet av metan (CH₄) da myra får aerobe forhold i torvlaget. CH₄ er en effektiv klimagass, 21 ganger mer effektiv enn CO₂ (Rodhe et al. 1991), og man regner derfor med en reduksjon av samlet drivhuseffekt ved skogetablering på myr.

En faktor som det ikke er tatt tilstrekkelig hensyn til i dette resonnetet, er at enhver skogproduksjon bare vil ha tidsbegrenset CO₂-bindende effekt hvis ikke trevirket deponeres i en anaerob sjø eller konserveres på annen måte. Ved økt avvirkning og forbruk av tømmer legges grunnlag for økt binding av karbon. Etter en tid vil man nå en ny likevekt mellom frigitt (fra avfall) og bundet karbon. Når en slik likevekt inntreffer etter å ha nydyrket myr, vil man samtidig ha mistet til atmosfæren det karbon som var bundet i myra før tiltaket startet (Silvola 1986). Størrelsene på henholdsvis karbonlageret i myra før tiltaket iverksettes, og det man kan holde bundet ved den nye likevekten mellom skogproduksjon og avfallsnedbrytning, vil bestemme om tiltaket reelt binder CO₂. De eneste terrestriske langsiktige karbonfeller man har i Norge er myrer (Eriksson H. 1991; Franzén In press). Tiltaket vil derfor ha en kortvarig positiv effekt, og en mulig negativ effekt på lengre sikt.

Gevinsten ved redusert CH₄-utslipp fra myr er ikke en selvfølge. Produsert trevirke vil, etter en industriell prosess, for en stor del ende på en avfallsplass. Avfallsplasser fører til anaerobe gjæringsforhold, og nedbrutt karbon kommer ut som CH₄. I Sverige tilsvarende dagens CH₄-utslipp fra avfallsplasser 12% av totalutslippet, og andelen er økende (Svensson et al. 1991). Samfunnet organiserer sine avfallsplasser på en slik måte idag at det derfor innebærer en utsettelse og forflytting av problemet. Skal man kassere inn gevinsten ved redusert CH₄-utslipp må derfor trevirkesprodukter fra områdene ikke ende på slike avfallsplasser, eller CH₄-utslippet må utnyttes til energiproduksjon slik det gjøres ved noen avfallsplasser idag.

Beregninger av karbonbinding og klimagasser i tilknytning til myrer er komplekse og forbundet med flere usikkerhetsfaktorer. For å gi et riktig svar på disse spørsmålene trengs det bedre grunnlagsdata for de forskjellige faktorer, og det må utarbeides modeller for virkninger av de skisserte tiltak på kort og lang sikt. Vi vil derfor

fraråde å drenere myrer som et klimatilak før en vet mer om disse forholdene.

2.2.8 Grøfting av sumpskogsmark og grøfterensk av tidligere grøftet skog

Biodiversitet

Sumpskogene er blant de rikeste biotopene i skogen med høy artsdiversitet og høy produksjon av en rekke økologisk viktige nøkkelfaktorer for skogen som helhet. I dag er store arealer av sumpskogene drenert, og i mange områder ville det være svært viktig å bevare de rester som er igjen av denne vegetasjonstypen. For viltproduksjonen er disse arealene av meget høy verdi, og en tilstrekkelig tilgang til denne type areal er et minimumskrav for skogsfugl i kyllingperioden (Wegge 1984).

Vannrensing og -husholdning

I våtmark foregår det biologiske prosesser som virker rensende på sigevannet (SFT 1992). Sumpskoger har en tilsvarende funksjon og kan fungere som naturlige renseanlegg for områder hvor de hydrologiske forholdene ligger til rette for det. Slike områder er for eksempel hogstflater der det er stor avrenning av næringsalter det første året etter en hogst. Andréasson-Gren (1991) har vist at reetablering av sump og våtmark er den mest kostnadseffektive måten å rense nitrogen fra vann og vassdrag. Sumpskoger har også betydning for vannhusholdningen i skogen.

En omfattende grøfting av sumpskog for å øke skogproduksjonen vil få flere uheldige miljøkonsekvenser og tiltaket vil være konfliktfylt.

2.2.9 Vedfyring i husholdningene

Her ligger det en mulighet i å erstatte olje og kull med forbrenningsmateriale som inngår i det naturlige karbonkretsløpet. I rapporten til Lunnan et al. (1991) tar man opp effektivisering av vedovner som et mulig tiltak mot CO₂-oppopping i atmosfæren. Tiltaket vil i seg selv ikke ha noen effekt hvis man ikke ved hjelp av ny teknologi for vedovner kan få introdusert ved som energikilde for nye forbrukere. Den innsparte veden vil ellers ligge igjen i skogen og råtne med et like stort CO₂-bidrag til atmosfæren som om den ble brent i en ovn.

En utvikling av effektive vedovner med høy forbrenningsgrad vil imidlertid bidra til en redusert forurensing, noe som har vært et lokalt problem for mange områder om vinteren.

Dette tiltaket er et bidrag i retning av å få samfunnet over i en mer bærekraftig utvikling med et mer fornybart energiforsyningssystem. Potensialet er ikke meget stort for et land som Norge, men utviklingen av en slik teknologi kan gi betydelige gevinster i et internasjonalt perspektiv.

2.2.10 Bioenergi fra skogbruket ved hogstavfall, lauvtrær og tynningsvirke

Bruk av bioenergi fra hogstavfall m.m. vil kunne erstatte olje og kull med forbrenningsmateriale som inngår i det naturlige karbonkretsløpet. I prinsippet vil dette være et bra tiltak og gi et bidrag til samfunnets bærekraft. Det vil imidlertid være behov for en viss forsiktighet med næringsbalansen i jordsmonnet.

I trær er den vesentlige delen av næringsstoffene magnesium, kalsium, fosfor og kalium bundet i bark, blad og nåler. Ved å drive en "heltredrift" hvor hogstavfall tas ut av skogen for å brukes som energikilde vil man fjerne så store deler av næringsstoffreservene at driften ikke kan betegnes som bærekraftig (Aune et al. 1989).

Aune et al. (1989) foretok en sammenlignende undersøkelse av næringsstoffreservene i Nord-Trøndelag, Sørlandet og Bayern i Tyskland for å få et inntrykk av hvilke virkninger sur nedbør har hatt på jordsmonnet gjennom næringsstoffutvasking. De fant at den samlede næringsstoffreserven er sterkt redusert i de områdene som har hatt sterkest påvirkning av nedfallet. I Bayern var halvparten av næringsstoffreservene i skogen (jordreserver + biomasse) bundet opp i den stående biomassen. På Sørlandet var forholdet (biomasse/næringsreserver i jord) 1: 4 og i Trøndelag var 1/12 av næringsreserven bundet i biomassen. Disse forhold gjør at vi bør være svært forsiktig med å sette inn tiltak som fjerner næringsstoffer fra jordsmonnet. Det vil være av stor interesse for skogbruket selv å unngå driftsmetoder som reduserer næringsstoffreservene i jorda.

I Sverige har man startet med bioenergi fra hogstavfall, men der har man satt det som en forutsetning at man tilbakefører asken etter forbrenning til de samme arealene. Denne kostnaden bør derfor med i beregninger av kostnadseffektivitet.

2.2.11 Energiskog

Å erstatte olje og kull med solenergi i en eller annen form er viktig for å utvikle et bærekraftig samfunn. Flis er en del av det naturlige karbonkretsløpet og gir dermed ikke et reelt bidrag til

CO₂-oppbygging i atmosfæren. Energiskog kan derfor være et viktig bidrag til å redusere drivhuseffekten.

Energiskoger slik de oppføres i Sverige er ikke det vi vanligvis forbinder med en skog, men en intensiv produksjon av krattskog (or, poppel- og vierarter) på jordbruksland. I mange henseende vil dette være som en flerårig jordbruksproduksjon. Høsteintervallet er vanligvis 4 år, men man arbeider med treslagsblandinger og forlenget høsteintervaller opp imot 30 år (Christersson 1992).

En slik produksjon er mest interessant i nærheten av større befolkningsentra hvor flisa kan fyres i fjernvarmeanlegg. Aktuelle områder for en slik produksjon i større skala ville derfor være rundt Oslofjorden.

Biodiversitet

Erfaringer fra Sverige tyder på at et moderat innslag av energiskog i intensivt drevne landbruksområder utvider artsdiversiteten ved å tilføre et nytt habitat i landskapet. Floraen i energiskoger er studert, og den kan ved lite bruk av sprøyting utvikle seg til interessante vegetasjonssamfunn (Gustavsson 1986; 1988a; 1988b).

Av fugler har fasan, nattergal, sivsanger og torsanger etablert seg i disse områdene (Stenbeck 1990).

Grunnvannsrensing

Gjennom sin gode næringsopptaksevne kan energiskogen rense nitratforurenset grunnvann. I Sverige er det igangsatt forsøk på å pumpe opp grøftevann og grunnvann med høyt innhold av kalium og nitrat, og bruke dette som overrisling i energiskogen. Renseevnen viser seg å være meget stor (Christersson 1992).

Landskap

Hvis produksjonen får en hensynsfull utforming med hensyn til drift og plassering i landskapet, ville den kunne bidra til å gjøre kulturlandskapet i kornproduksjonsområdene mer variert. Arealer med energiskog vil raskt kunne tilbakeføres til landbruksarealer uten større nydyrkingsinvesteringer. Erfaringer fra Sverige har vist at det ikke er noe problem å pløye opp 20 år gamle vier-skoger. Dette gir fleksibilitet i forhold til framtidig bruk og matvareproduksjonsbehov.

2.2.12 Bioenergi ved bruk av kantsoner

Kantsoner i jordbrukslandskapet har flere viktige funksjoner. De kan virke som leveområder for planter og dyr, korridorer i landskapet, de samler opp erodert jord fra åkeren, de renser nitrat

fra avrenningsvann, og deres utforming har stor betydning for kulturlandskapets estetiske verdier. Å produsere bioenergi fra disse arealene vil kreve stor omtanke for at de nevnte økologiske funksjoner skal ivaretas (Fry 1990).

Agronomiske aspekter

Ut i fra ønsket om redusert bruk av sprøytemidler er det satt igang forskning på bruk av kantsoner og striper i åkerne. Tanken er at dette kan være en mulig måte å redusere plantevernbehovet i pløyd åkermark (Boatman 1988; Keller et al. 1992). Resultatene av forsøk hittil viser at det er av avgjørende betydning for sprøytebehovet at slike kantsoner får utvikle seg til stabile vegetasjonssamfunn. De utvikler da plantesamfunn som har liten betydning for ugrassituasjonen i åkeren. Slike stabile biotoper inntil og i jordbruksmark vil kunne sikre forekomst av tilstrekkelig mengde nytteinnsjekter slik at det totale sprøytebehovet for insecticider reduseres.

Hvis man tenker seg at slike arealer skal ha en energiskogsfunksjon ved at *Salix*- og *Populus*-arter blir plantet, for så å høste disse hvert femte år, vil dette medføre regelmessige forstyrrelser i vegetasjonen. Dette vil forhindre at stabile vegetasjonssamfunn oppstår, og antagelig reduseres de gunstige agronomiske effektene som slike soner kan ha. Mulige alternativer her ville være å bruke hengebjørk i relativt lange omløp (40-50 år). Et svar på disse spørsmål vil kreve mer forskning på området. En produksjon som skissert på arealene ned mot myr, vann og vassdrag bør utformes med tanke på den biologiske verdien av disse habitatene.

3 Tilplanting av marginal jordbruksmark

I utredningen om skog som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren er det under punkt 4.2 forslag om skogreisning på a) marginale jordbruksarealer og hagemarker og b) kraftgater (Lunnan et al. 1991). Vi skal i det følgende bare diskutere arealtype a). Marginal jordbruksmark defineres her som tungbrukt jordbruksmark, overflatedyrket eng, gjødslet beite/natur-eng og jordbruksarealer ut av drift.

Landbruksdepartementet (1992) har i et rundskriv tatt et initiativ for å starte etablering av skog på jordbruksarealer ute av drift. Det ytes tilskudd til planting, og det har blitt betydelig lettere å få tillatelse til å overføre arealer fra jordbruksdrift til skogbruksdrift. Tilplanting av marginal jordbruksmark er derfor allerede igang i liten skala, selv om det ikke er klart definert som et CO₂-tiltak. Det varsles imidlertid i rundskrivet at 1992 er oppstartingsåret, og at tiltaket vil kunne trappes opp etterhvert. Samtidig har Landbruksdepartementet og Miljøverndepartementet tatt initiativet til å ivareta kulturlandskapsverdier, ved å registrere viktige arealer, og å yte økonomisk støtte til opprettholdelse av gamle kulturlandskap.

Tilplanting av marginal jordbruksmark vil ofte gi uheldige virkninger på flora- og faunadiversitet, landskapsbilde og kulturminner. Hvis tilplantingen skal gjennomføres, bør den utføres slik at den kan gi miljøgoder. Dette fordrer flere hensyn som vi vil diskutere her.

3.1 Overordnede miljøhensyn

3.1.1 Viktige jordreserver

World Watch Institute påpeker i sin rapport (Brown et al. 1992) at behovet for dyrkbar mark vil øke i årene framover. Dette skyldes først og fremst den økende befolkningstilveksten på jorda. Samtidig tapes produktivt jordbruksareal i meget høyt tempo på grunn av jorderosjon, saltopphopninger og nedbygging av jordbruksmark. World Watch Institute påpeker derfor at jordbruksmark i tempererte områder er spesielt viktig å ivareta for fremtiden, da det er jordsmonn som er mindre utsatt for ødeleggende klimatiske forhold. Tilplanting av jordbruksmark i Norge bør derfor gjøres slik at man lett kan tilbakeføre jorda til jordbruksdrift igjen hvis behovet melder seg. En tilplanting av jordbruksmark

på det sentrale Østlandet med energiskog eller energigras vil derfor kanskje være det beste langsiktige tiltaket. Man vil da når som helst kunne avbryte produksjonen for å tilbakeføre jorda til jordbruksdrift, og allikevel få full uttelling ved en CO₂-gevinst fra produksjonen. Samtidig vil det være et bidrag til å redusere oljeforbruket.

3.1.2 Biodiversitet

Overflatedyrka eng og "natureng" er noe av det rikeste vi har av vegetasjonssamfunn. Av de 600-700 "engfloraarter" vi har i Norge, er 350 stort sett knyttet til kulturavhengige vegetasjonstyper. Mange av disse er avhengig av at tilstrekkelige arealer skjøttes på riktig måte. Også målt i generelt biologisk mangfold er disse arealene av høy verdi, med en divers flora og fauna med bl.a. mange truede insektarter (sommerfugler, humler m.m.). Enhver skogplanting på et slikt areal er ensbetydende med utradering av mange av disse artene fra området (Emmanuelsson & Johansson 1987; Norderhaug 1988; Persson et al. 1989).

Populasjonene er ofte avhengig av at det opprettholdes en tilstrekkelig tetthet av mulige habitater, da det alltid vil være en viss utdøings- og rekoloniseringsdynamikk mellom de forskjellige habitater. Det er derfor ikke nok å ta vare på et isolert område, men man må ivareta et visst nettverk av potensielle habitater.

3.1.3 Kulturlandskaphensyn (estetiske, historiske, rekreative)

Kulturlandskapet er en del av vår kulturarv som det er bred enighet om å utvikle og ta vare på til senere generasjoner. Det som oftest gjør at landskap får en høy verdi i folks bevissthet, er stor grad av mangfold, et småskala landskapsbilde, og innhold av elementer som forteller noe om tidligere historie og driftsformer. Nedlagt jordbruksmark, beitemarker, slåttenger og lignende danner viktige estetiske elementer i landskapet. Ved en tilplanting av slike arealer for skogproduksjon vil man vanskelig kunne bevare dette landskapsbildet. Det bør derfor utvises stor forsiktighet når landskapet registreres og arealer velges ut for tilplanting. Direktoratet for naturforvaltning har i 1992 startet en registrering av nasjonalt verdifullt kulturlandskap. Dette arbeidet ser ut til å bli viktig for å få til en forsvarlig forvaltning av våre kulturlandskapsverdier og for å beskytte de viktigste områdene mot tilplanting.

3.2 Treslagsvalg

Skogbruket i Norge har tradisjonelt vært basert på gran og furu som produksjonstrær. Andre treslag har mer vært å regne som kuriositeter i skogbrukssammenheng. De siste årene har det vært en voksende interesse for løvtrær, og da særlig bjørk. Dette er fra en biologisk betraktning en heldig utvikling som medfører et rikere og mer variert skogsbilde, med habitattilbud til vesentlig flere organismer enn det rene bartrebestand kan tilby.

3.2.1 Miljøkonsekvenser

Biodiversitet

Treslagsvalget påvirker biodiversiteten ved at de forskjellige treslag har forskjellige flora- og faunaassosiasjoner, og ved at de i varierende grad gir rom for antall av arter som gis mulighet for å leve i skogen som dannes. Ut i fra det faktum at gran- og furuskogen dominerer store arealer i Norge vil det øke diversiteten totalt i landskapet om man valgte andre treslag for disse marginale jordbruksarealer som skal tilplantes. En større bredde og variasjon i typen av trebestand som etableres, vil derfor fremme biodiversiteten. Hvert område bør derfor vurderes ut i fra sin beliggenhet og omkringliggende forekomst av biotoper.

Treslag som har spesielt mange dyre- og plantearter knyttet til seg er eik og osp, mens arter som gir en spesielt artsfattig skogstype er gran og bøk. Kombinasjoner av treslag gir totalt et mer diversitetsrikt skogssamfunn enn monokulturer.

Podsolering og tungmetaller i jord

Ved etablering av treslag med stort strø starter man en podsoleringsprosess i jordsmonnet. Hvis den får komme langt nok, kan den være mer eller mindre irreversibel og vil prege arealenes senere produksjon, vegetasjonskarakterer og bruksmuligheter. Ved tilplanting av tidligere grasdekket jordbruksmark med gran vil man utvikle podsoljordtyper, mens det ved planting av løvtrær oftest vil dannes mer næringsrike brunjordstyper.

Jordbruksareal som har vært i intensiv drift, har gjennom de siste 80-100 år blitt tilført store mengder fosfor som stammer fra apatittforekomster i Marokko og Russland. Apatitt fra Marokko har innhold av tungmetaller, spesielt kadmium. Man har ikke ansett dette som et problem da jordbruksarealene holder en så høy pH-verdi at kadmium holdes sterkt bundet i jorda. Ved tilplanting av slike arealer med bartrær eller bøk vil man få en senkning av pH i jordsmonnet, og følgelig en mobilisering av kadmium. Sveriges landbruksuniversitet skal derfor starte et forskningsprosjekt på

disse problemstillingene i tilknytning til åkermarksbeskogningsprogrammet (pers. medd. Agneta Ohlson, SLU). Selv om man vet for lite til å si om dette kan bli et reelt miljøproblem, bør det tillegges vekt når man nå står overfor valgmuligheten med hensyn til treslagsvalg for tidligere intensivt drevet areal.

Landskapestetiske vurderinger

Estetisk vil det ha stor betydning hvilke treslag man velger ved tilplanting av marginal jordbruksmark. Løvtrær beriker landskapet ved å skape variasjon der bartrærne ellers dominerer landskapet. Bartrær gir tette, lukkede bestander som fjerner de landskapestetiske kvalitetene som ligger i disse arealene.

Et glissent bestand av lavlandsbjørk vil kunne ivareta noe av arealenes lysåpne kvalitetene. Slike bestand vil også skille seg fra omkringliggende skog og markere noe av de historiske innslag i landskapet arealene representerer (Gustavsson 1991).

Ulik planteavstand på arealene kan bidra til å bevare noen estetiske kvalitetene. Et glissent bestand av eik, hengebjørk, svartor eller et annet lysåpent treslag i randsonen med en tettere plantet kjerne av et blandingsbestand i midten kan være en måte å mildne de estetiske virkningene av en skogetablering.

Blandingsbestander

Blandingsbestander er rikere på både plante- og dyrearter enn monokulturer, og vurderes også oftest til å ha en høyere verdi for friluftslivet (NOU 1989). En engelsk undersøkelse tok for seg virkningen på fuglelivet ved å blande løvtrær inn i bartrebestand. De konkluderer med at det er bedre at løvtrærne spres rundt i bestanden enn at de plantes inn som små grupper (Bibby et al. 1989). Der hvor gran eller bøk plantes, er det spesielt ønskelig at de ikke etableres i monokulturer.

Fremmede treslag

Import av fremmede arter til norsk natur kan være en risiko for den opprinnelige naturen. Hvis de importerte artene greier seg bra kan de utkonkurrere de opprinnelige artene og sette bestandene av disse kraftig tilbake. I England har de problemer med å bevare enkelte av vegetasjonssamfunnene i naturreservater på grunn av rhododendron og sycamorlønn som etablerer seg som ugras nesten overalt. Sycamorlønn er et importert treslag til De britiske øyer. Importerte treslag har også svært få dyre- og plantearter knyttet til seg der de er innplantet, noe som ofte gjør dem mindre interessante sett i fra et naturvern-synspunkt.

Tabell 1 Jordtyper og en del aktuelle treslag. Opplysningene er i det vesentlige hentet fra anbefalinger fra Forest Commission i England, men supplert med opplysninger fra skandinavisk litteratur (Insley & Davis 1988).
Current tree species for different soils. (Insley & Davis 1988).

Jordtype	Sandjord (næringsfattig)	Utvaskingsjord podsoll/aurhelle (kalkfattig)	Brunjord (kalkrik)	Marin stiv leirjord (kalkrik)	Leirholdig morene (kalkfattig)	Organisk jord (næringsfattig)	Organisk jord (næringsrik)
Løvtre	Dunbjørk (Gråor)	Bøk Dunbjørk Eik Gråor Hengebjørk	Alm Ask Bøk Eik Hengebjørk Lind Lønn Osp Svartor Søtkirsebær	(Ask) Dunbjørk Gråor Eik Lind Svartor Søtkirsebær	Eik Bøk Gråor Lønn Osp Svartor Søtkirsebær	Dunbjørk (Gråor Svartor)	Dunbjørk Gråor Hengebjørk Svartor
Bartre	Furu	Furu Gran	Gran Lerk	(Gran)	Gran	Furu	Gran

3.2.2 Forstlige og økonomiske hensyn

Proveniens og treslag

I og med at treartene har forskjellig tilslag i produksjon avhengig av jordsmonn, fuktighetsforhold og klima, er det viktig i denne sammenheng å finne gunstige treslag for den enkelte lokalitet. En forutsetning for god vekst og kvalitet er at treslagene og proveniensene må være plantet på sine optimalboniteter.

Klimakstreslagene for jordbruksarealer vil ofte på grunn av gunstig lokalisering være andre enn det som man ser i skogen rundt. Jordbruksmark er de beste arealene både med hensyn til jordsmonn og klima. Fra naturens side ville mange av disse arealene, hvis de ikke hadde blitt oppdyrket, hatt et betydelig innslag av edle løvtrær. For eksempel ville bøk dominere på jordbruksland i store deler av Vestfold hvis disse arealene fikk utvikle naturlig skog (pers. medd. J. Kielland-Lund). Man vil derfor på en del av disse arealene kunne velge noe mer varmfordrende treslag og provenienser i forhold til det de omkringliggende skoger skulle tilsi. Slike vurderinger må tas individuelt for det enkelte tilplantingssted.

Jord

Vegetasjonssamfunnene er et produkt av jordsmonn og klima. Treslagene i naturlig utviklet skog forteller derfor mye om jordsmonnet. Noen treslag har preferanse for spesielle jordtyper, mens andre er mindre spesifikke. Litteraturen på området er ikke entydig i sine anbefalinger, og det mangler kunnskap om disse spørsmålene. I **tabell 1** har vi satt opp en del anbefalte treslagsvalg ut i fra hva litteraturen sier om sammenhenger mellom treslag og jordpreferanse.

Importerte treslag og hybridformer

Det er en rekke treslag som kunne tenkes brukt i norsk skogbruk: balsampoppel, douglasgran, hestekastanje, hvitpil, hybridosp, kjempegran, lerk, sitkagran og skjørpil for å nevne noen. De fleste av disse artene brukes i park og hagesammenheng, og herfra har man noe erfaring. Noen av disse treslagene har også vært forsøkt i skogbruket, men det har vært et problem å finne riktige klimarasen. Edelgranbeplantninger fra 1960-tallet på Sørlandet som idag har dype frostsprekker, viser hvor risikofyllt dette kan være.

En annen faktor er at disse artene ikke har tilpasset seg den nor-

Tabell 2 Basisdensitet, volum- og tørrstoffproduksjon og omløpstad for aktuelle treslag. I sammenheng med CO₂-binding er tørrstoffproduksjon mest interessant. Densitets- og produksjonsdata varierer meget i litteraturen. Dette skyldes variasjon i klima og jordsmonn på de forskjellige målinger som blir referert.

Density, volum, dry matter production and turnover rate for different tree species.

Arter	Basisdensitet kg/m ³	Volum- produksjon m ³ /daa/år	Tørrstoff produksjon kg/daa/år	Omløpstad år
Alm <i>Ulmus glabra</i>	540	mangler data	mangler data	mangler data
Ask <i>Fraxinus exesior</i>	550	0,5-0,8	275-440	60-80
Bøk <i>Fagácea sylvática</i>	570	0,4-0,9	228-513	100-140
Dunbjørk <i>Betula pubéscens</i>	503	0,2-0,6	100-302	50-80
Furu <i>Pinus sivestris</i>	440	0,5-0,9	220-396	90-120
Gran <i>Picea abies</i>	380	0,5-1,2	196-456	80-100
Gråor <i>Alnus incána</i>	370	0,7-1,2	259-444	35-40
Hengebjørk <i>Betula péndula</i>	503	0,5-0,9	252-453	40-60
Lind <i>Tilia cordata</i>	430	0,5-0,75	215-323	mangler data
Lønn <i>Acer platanoides</i>	530	0,5-0,8	265-424	100
Osp <i>Pópulus trémula</i>	402	0,6-1,0	241-402	50-60
Rogn <i>Sorbus aucupária</i>	600	mangler data	mangler data	50
Selje <i>Salix cáprea</i>	430	0,8-2,2	344-946	6-40
Sommereik <i>Quercus robur</i>	550	0,3-0,8	165-440	120-160
Svartor <i>Alnus glutinósa</i>	440	0,7-1,2	308-528	35-50
Søtkirsebær <i>Prunus ávium</i>	470	0,4-0,8	188-376	mangler data

ske naturens smittepress og skade- og nytte dyrsfauna. De er derfor mer sårbare for å bli angrepet av sykdom og skadedyr.

Som en samlet vurdering vil vi fraråde å satse på fremmede treslag. Det er flere norske arter med stort produksjonspotensiale som man heller burde la få en plass i norsk skogbruk.

Virkeskvalitet

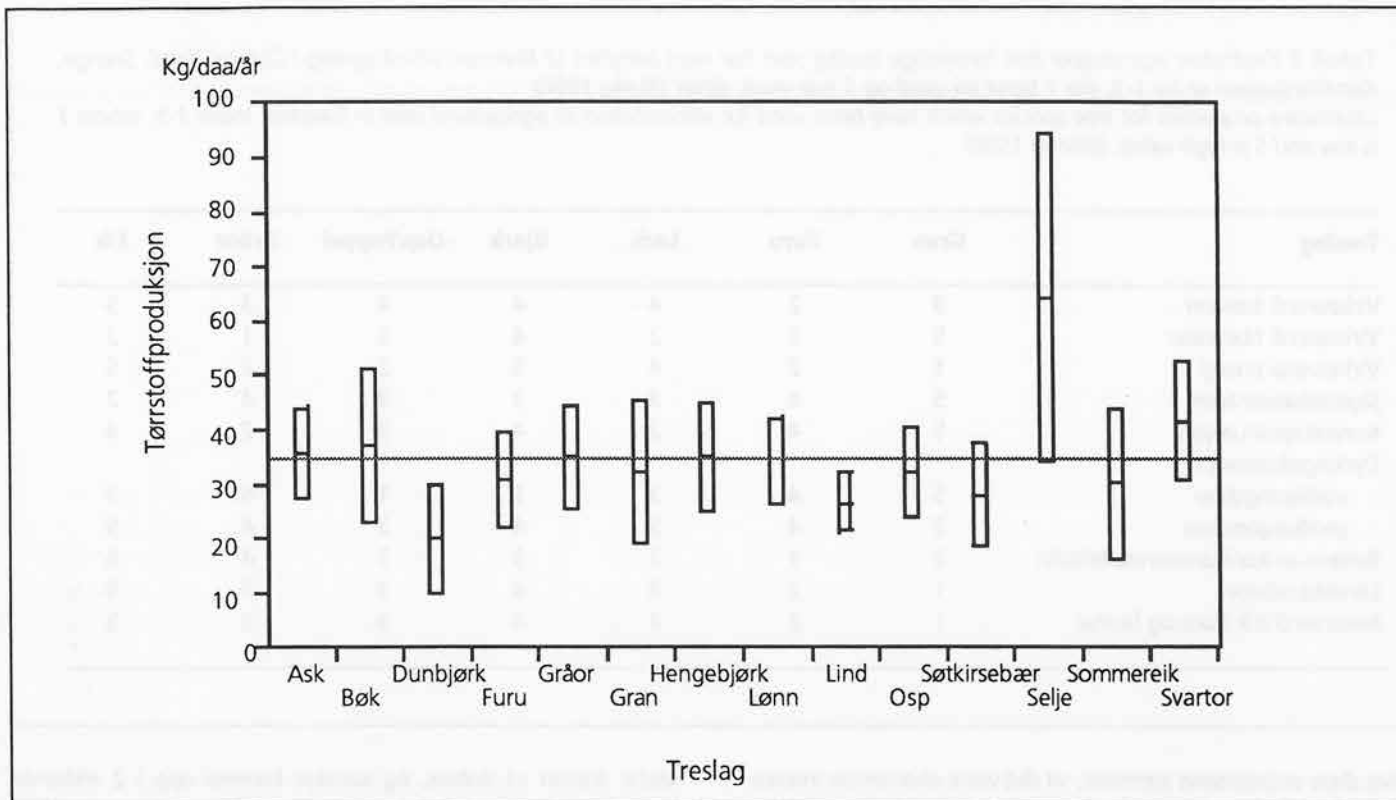
Erfaring viser at granbeplantninger på tidligere gjødslet mark ofte vil være utsatt for råte, og virkeskvaliteten er ofte dårlig da trærne vokser for fort (Noren 1989). I Sverige bruker man betegnelsen "åkergran" da den skiller seg klart kvalitetsmessig fra gran som er reist på skogsmark. Svenske erfaringer med kvalitetsproblemer har ført til en serie utredninger fra Sveriges landbruksuniversitet for alternative treslag for jordbruksmark. Av alternative treslag som vurderes er ask, bjørk, bøk, eik, gråor, lind, lønn, osp, svartor, søtkirsebær, og noen importerte treslag (Eriksson L. 1991; Malmqvist et al. 1991).

Produksjon og CO₂-binding

Fast grasdekke bygger opp mye humus i jordsmonnet, og biomassen i en eng med røtter osv. er ikke ubetydelig. Noen steder er det også en spredt tresetting på en del av arealene. Et estimat på rundt 10-15% av skogens biomasse er ikke usannsynlig (Pers medd. K.A.Solhaug 1992). I en beregning av kostnadseffektivitet ved tilplanting med skog som CO₂-tiltak bør dette tas med.

Produksjonsdata mangler for mange treslag da de aldri har hatt plass i skogbruket. Produksjonsdataene som foreligger, er alle basert på volumproduksjon, noe som skyldes at all skogøkonomi baseres på volumtall. Generelt kan man allikevel si at produksjonen når man måler den i tørrstoff, varierer noe mindre mellom treslag enn det som er vanlig oppfatning. I CO₂-sammenheng er det tørrstoffproduksjonen som har betydning. Se forøvrig **tabell 2**.

Treslagsblandinger kan i enkelte tilfeller gi en høyere totaltilvekst. Årsakene sammenfattes i begrepet "positiv blandingskoeff-



Figur 1
 Gjennomsnitt og variasjonsbredde i tørrstoffproduksjon pr. daa slik dataene framkommer i litteraturen. Variasjonen skyldes forskjellig klima og jordsmonn på de ulike målinger som blir referert. Den stiplede linjen antyder en middelværdi for de valgte treslag. Tørrstoffproduksjon i figuren gir et bilde av de forskjellige treslags effektivitet som CO₂-bindingstre.
 Mean and range in dry matter production of different tree species. The variation is caused by climate and soil variation on the sites where production has been measured. The dotted line indicates an average for the chosen tree species. The figure indicates the capability to bind CO₂.

fekt", uten at man i detalj vet hvilke faktorer som er viktigst. Noe ligger i bedre utnyttelse av vekstpotensiale ved forskjellig alder, bedret jordsmonn, mindre rotråte m.m. (Langhammer 1985; Almgren 1990).

I **figur 1** har vi satt opp tørrstoffproduksjonen pr. daa. for aktuelle treslag.

Økonomi

Å plante et tre er noe man først og fremst gjør for neste generasjon. Dagens markedssituasjon er ikke tilstrekkelig grunnlag for å kunne si hva som vil være mest etterspurt i framtida. Et eksempel som illustrerer dette, er den svenske marine som rundt 1870 plantet eikeskoger i Sør-Sverige for å sikre kvalitetsvirke til marinens verft.

En vanlig antagelse ved vurdering av hva som er mest lønnsomt å plante, er at om prisene varierer, så vil prisforholdet mellom de forskjellige virkestyper og kvaliteter være mer stabilt. Dette har vist seg for en stor del å være riktig. Vi vil allikevel referere hva de tenker om dette i forbindelse med åkermarksbesogningsprogrammet i Sverige. Lennart Eriksson ved Institutt for Skog-Industri-Marknad, SLU, oppsummerer utviklingen med 2 hovedtrender for framtiden (pers. medd. L. Eriksson):

- Kvalitetsdifferensieringen vil i framtiden bli sterkere, med en større prisforskjell mellom god og dårlig kvalitet. Det vil derfor bli viktigere å produsere høy kvalitet enn kvantitet.
- Prisutviklingen ser ut til å favorisere løvtrevirke framfor bartrevirke, slik at virkesverdien for løvtre vil stige relatert til bartrevirke.

Tabell 3 Kvalitative egenskaper hos forskjellige treslag som har vært benyttet til åkermarks-beskygning i Östergötland, Sverige. Karakterskalaen er fra 1-5, der 1 betyr lav verdi og 5 høy verdi. (Etter Elfving 1990)
Qualitative properties for tree species which have been used for afforestation of agricultural land in Sweden. Index 1-5, where 1 is low and 5 is high value. (Elfving 1990)

Treslag	Gran	Furu	Lerk	Bjørk	Osp/Poppel	Gråor	Eik
Virkesverdi trevarer	3	2	4	4	4	3	5
Virkesverdi fibervarer	5	3	2	4	5	1	2
Virkesverdi energi	1	2	4	5	2	2	5
Skjøtselskostnader	5	4	3	3	3	4	2
Kunnskapssituasjon	5	4	2	4	3	2	4
Dyrkingsikkerhet i etableringsfase	5	4	3	1	1	4	3
produksjonsfase	2	4	5	4	3	4	5
Berøres av konkurrerende feltsjikt	2	1	2	3	3	4	5
Landskapsbilde	1	2	3	4	3	3	5
Naturverdi (rik flora og fauna)	1	2	2	4	5	3	5

Hvis disse antagelsene stemmer, vil det være økonomisk interessant å utnytte de marginale jordbruksarealene til å produsere kvalitetsvirke og spesialsortiment. Ut i fra et miljøaspekt er det flere treslag som er interessante enn våre tradisjonelle produksjonstrær gran, furu og bjørk. Det er derfor gunstig at de økonomiske forhold også ser ut til å kunne gi muligheter for en mer nyansert beplantning av disse arealene. Manglende kunnskap kan derfor være en større begrensning enn rent bedriftsøkonomiske vurderinger. Et viktig arbeid i den videre tilplanting på marginal jordbruksmark vil derfor være å stimulere til produksjon av variert plantemateriale og provenienser.

I **tabell 3** er det gjengitt en del kvalitative egenskaper ved en del treslag.

3.3 Tilgjengelige arealer

For å få en vurdering av hvor tyngdepunktene av arealene ligger, har vi tatt utgangspunkt i SSBs tall for nedlagt landbruksareal registrert ved landbrukstelling 1989, som er på 790 000 daa. I **figur 2** er fordelingen av arealene framstilt grafisk.

Med de endrede rammebetingelser i jordbruket som regjeringen har varslet gjennom Alstadheimutvalget, må man forvente at

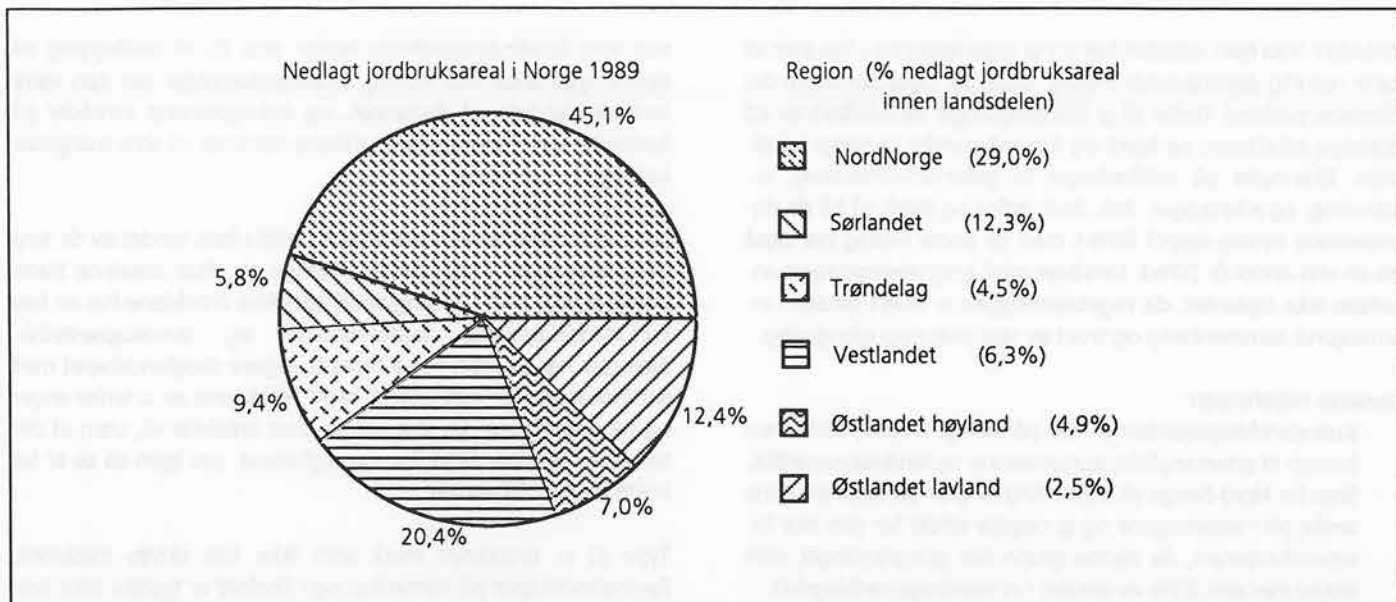
dette arealet vil dobles, og kanskje komme opp i 2 millioner daa. Disse nye arealene vil sannsynligvis fordele seg geografisk etter samme mønster som dagens ubrukte jordbruksareal. Tendensen til at tyngdepunktet av arealene er i Nord-Norge og på Vestlandet vil antagelig styrkes noe. En annen utvikling vil kreve en aktiv styring av nedleggingen av jordbruksarealene med spesielle tiltak. Vi har ved valg av eksempelområder ikke regnet med slike tiltak. Vi har laget forslag for de geografiske regioner hvor vi kan forvente at mest jordbruksareal vil bli nedlagt.

3.4 Tilrådninger ved tre eksempelområder

Ut i fra regionfordelingen over nedlagt areal idag og forventede rammebetingelser vil vi trekke fram 3 hovedgrupper av arealer.

3.4.1 Nord-Norge

Av det totale nedlagte jordbruksareal i Norge ligger hele 45% i de tre nordligste fylkene (≈ 360000 daa i Statistisk sentralbyrås jordbrukstelling 1989). Disse arealene stammer hovedsakelig fra mange nedlagte fiske/jord kombinasjonsbruk langs kysten.



Figur 2
Sirkeldiagrammet viser hvordan dagens nedlagte jordbruksareal fordeler seg geografisk over hele landet. Bak hvert regionsnavn står et prosenttall som angir andelen av jordbruksareal innen regionen som er tatt ut av drift.
The figure shows where in Norway agricultural land has been taken out of production. Behind each region name is a figure in parentheses. These number are percent of total agricultural land available within the region which has been taken out of production.

Geografisk ligger store deler av disse arealene langs fjorder og på øyer. I Nord-Norge er 29% av landbruksarealene tatt ut av drift pr. 1989, og nedleggningen må forventes å øke. På deler av disse arealene tilsier klima og vekstforhold at man ikke kan forvente noen stor skogproduksjon. Dette bør tas med i beregningene for potensiale for CO₂-binding.

Naturlig dominerende treslag: Bjørk og furu

Andre naturlige treslag: Osp, gråor, rogn, selje, hegg, gran (innplantet)

Anbefalt: Dominerende treslag bør være dunbjørk (ca. 80%), men også furu, osp og gråor på klimatisk gunstige lokaliteter (ca. 20%).

Spesielle miljøsensyn:

- Kulturlandskapsverdien er stor på mange arealer, både med hensyn til arts mangfold, kulturhistorie og landskapsestetikk (Elven & Norderhaug 1992).
- Beplantning av gran på disse arealene kan senke pH i vassdragene og gi negativ effekt for den rike fiskeproduksjonen (jfr. 2.2.1).

- Internasjonalt har de subalpine bjørkeskoger i Norge en høy verneverdi, da de har unike vegetasjonssamfunn og økosystemer (Aas 1992).

3.4.2 Vestlandet

På Vestlandet finner vi den neste store andel av nedlagt jordbruksareal (153 000 daa). En del av dette arealet ligger langt ut mot kysten, og er mindre interessant i skogreisningssammenheng. Noe mislykket nybrottsland på myrer langs kysten går også ut av produksjon og har mindre interesse som skogsmark. Bratte jorder i fjord og dalsidene på nedlagte gårdsbruk utgjør nok en betydelig andel av disse arealene. Disse arealene er meget produktive. Kulturlandskapsverdien er meget høy, både kulturhistorisk og landskapsestetisk. Biologisk har de stor verdi med forekomster av urterike enger, lyngheier og rik insektsfauna (Austad 1985, 1990; Losvik 1983, 1985, 1988a; 1988b)

Naturlig dominerende treslag: Alm, ask, dunbjørk, furu, gråor, lind, hengebjørk, osp.

Andre naturlige treslag: Sommerekik, svartor, rogn, selje, søtkirsebær, gran (innplantet).

Anbefalt: Ved hver lokalitet bør en ta utgangspunkt i hva som vil være naturlig dominerende treslag. Disse bør også dominere det plantede bestand. Dette vil gi blandingskoger av edelløvtrær på gunstige lokaliteter, og bjørk og furu på mindre gunstige lokaliteter. Eksempler på edelløvkoger er gråor-alm-lindeskog, oraskeskog, og eikeskoger. Ask, lind, gråor og bjørk vil bli de dominerende treslag (opptil 80%), men de andre treslag bør også gis en viss andel ($\geq 20\%$). Områder med lynghei-vegetasjon anbefales ikke tilplantet, da vegetasjonstypen er svært sjelden i internasjonalt sammenheng og truet av rask (naturlig) gjengroing.

Spesielle miljøhensyn:

- Kulturlandskapsverdien er stor på mange arealer, både med hensyn til artsmangfold, kulturhistorie og landskapsestetikk.
- Som for Nord-Norge vil beplantning av gran på disse arealene senke pH i vassdragene og gi negativ effekt for den rike fiskeproduksjonen. Av denne grunn bør granplantinger aldri dekke mer enn 20% av arealet i et vassdrags nedslagsfelt.
- Internasjonalt har subalpine bjørkeskoger, som også er representert på Vestlandet, en høy verneverdi, da de har unike vegetasjonssamfunn og økosystemer (Aas 1992).
- Edelløvskogene på Vestlandet er høyproduktive skoger. Utvalgte arealer kan utvikles ved en forstlig skjøtsel til økonomisk konkurransedyktig skog. Å erstatte den med gran er et uheldig alternativ med negative miljøkonsekvenser.

3.4.3 Østlandet (og Trøndelag)

De jordbruksområder i det østlige Sør-Norge og Trøndelag som klimatisk egner seg for korn dyrking, har gjennomgående en høy lønnsomhet, og er i dift. Disse arealer holdes i jordbruksproduksjon så lenge kornprisen er høy nok. Den varslede senking av kornprisen vil antagelig marginalisere de minst produktive av disse arealene. I Sørøst-Norge og Trøndelag er arealer som allerede har falt ut av produksjon enten:

- a) områder som har skrint og dårlig jordsmonn som gir liten avkastning, eller
- b) har en størrelse og beliggenhet i forhold til andre nærliggende gårdsbruk som gjør det lite økonomisk å transportere maskiner til arealene for å drive dem, eller
- c) har topografiske forhold som vanskeliggjør en rasjonell maskindrift.

Type a) og b) har de største arealene i kommuner som Trysil, Engerdal, Rømskog etc. med kombinasjonen skrint eller sanddrikt jordsmonn og meget spredt bosetting. Med en synkende korn-

pris som landbrukspolitikken legger opp til, vil nedlegging på denne type areal øke kraftig. Eksempelområder her kan være sentrale dalstrøk på Østlandet, og bakkeplanerte områder på Romerike som i avlingssammenheng kommer ut som marginale korn dyrkingsområder.

Type b) representeres også spredt rundt i hele landet av de små gårdsbruk oppe i skogsåsene. Mange av disse arealene framkommer som øyer i et skoglandskap. Disse områdene har en høy kulturlandskapsverdi kulturhistorisk og landskapsestetisk. Biologisk har de verdi ved å bidra til å gjøre skoglandskapet med sitt biotopspekter mer variert, samt forekomst av urterike enger og rik insektfauna. En stor del av disse arealene vil, uten at det settes inn spesielle tiltak fra myndighetene, gro igjen da de er for kostbare å vedlikeholde.

Type c) er brattlendt mark som ikke kan drives maskinelt. Ravinelandskapet på Romeriket og i Østfold er typiske slike områder.

A) Skogsbygder fra Trysil - Rømskog

Naturlig dominerende treslag: Dunbjørk/hengebjørk, furu, gran
Andre treslag: Gråor, osp, rogn, selje.

Anbefaling: Dominerende treslag bør være hengebjørk der det er klimatisk mulig (ca. 80%). Furu er aktuell på de tørrere sandarealene. Gråor er også et alternativ, spesielt på fuktigere arealer. Blandingskoger av bjørk, gran, gråor og furu kan også være brukbare alternativer. Spredte innslag av selje og rogn vil gi en artsrikere skog og øke viltproduksjonen. Av sistnevnte grunn kan det være vanskelig å få til forstlig produksjon på disse treslagene. På varmere og næringsrike lokaliteter kan alm og lønn etableres.

Spesielle miljøhensyn:

- En del av disse arealene er ryddet i nyryddingsperioden på 1930-tallet. Selv om plassene er av nyere dato har de kulturhistorisk verdi. Landskapsmessig har de en estetisk verdi ved at de bryter opp store sammenhengende gran- og furuskoger. For å bevare noe av dette bør det tilstrebtes beplantninger som kontrasterer til omgivelsene og som gir et lysåpent preg. Hengebjørk og gråor kan være egnede treslag der det er passende lokaliteter.

B) Nedlagte småbruk på Østlandet 200-400 m o.h.

Naturlig dominerende treslag: I den omkringliggende skog er det hengebjørk/(dun)bjørk, furu og gran som dominerer.

Andre treslag: Alm, gråor, lind, lønn, osp, rogn, selje, svartor.

Anbefaling: Hengebjørk med innsprengte grupper og enkelttrær av alm, osp, lønn, rogn og selje kan gi verdifulle og særmerkede biotoper. I slike blandingsbestand kan trærne settes i grupper slik at de kan tynnes og avvirkes på ulikt tidspunkt hvis det er nødvendig. På de beste plassene kan man etablere rene bestand av varmekjære treslag. Eksempler her på veldrenerte kalkrike marker kan være gråor-ask i tidlig suksisjon som skjerm for alm-lindeskog, og svartor-lønneskog på fuktigere lokaliteter. Eik kan etableres på de lavere og sørvendte områder i samplanting med gran, furu, ask eller søtkirsebær. Svartor (evt. gråor) kan egne seg på fuktigere områder og senkninger i terrenget med tung leirjord med tidvis høy vannstand (Gleysol). Edelløvtreslagene bør sikres en betydelig andel av plantingsarealene der det er klimatisk mulig (70%).

Etablering av skog på disse arealene kan by på problemer i områder med mye hjortevilt. Spesielle tiltak som ugrassprøyting, inngjerding og plaststrør rundt enkeltplanter har vært brukt ved skogetablering i utlandet. Disse tiltak vil oftest kreve økonomisk støtte. I Sverige har man hatt gode erfaringer med å breiså treslag som er viltømtålelige. Gjennom naturlig innsådd frø kombinert med suppleringssåing av ønskede treslag kan man skape en tett foryngelse, der et tilstrekkelig antall planter kan nå elgsikker høyde, tiltross for viltskadene (Karlsson 1991).

Naturlig vegetasjonsetablering kan også være et rimelig alternativ. Or, bjørk og osp vil som oftest etablere seg først, og ved riktig skjøtsel kan disse danne grunnlag for en rik blandingsløvskog. Senere kan man suppleringsplante med andre treslag.

Spesielle miljøhensyn:

- Kulturlandskapsverdien er stor på mange arealer, både med hensyn til artsmangfold, kulturhistorie og landskapsestetikk. Valg av lysåpne trebestander som skiller seg fra den omkringliggende skog, kan bevare noe av de kulturhistoriske og estetiske verdiene.
- Mange av disse områdene inneholder rester etter gamle driftsformer som slåtteenger, hagemarker, lauvingstrær m.m. De mest verdifulle av disse biotopene bør holdes unna en skogbeplantning og skjøttes for å bevare artsmangfoldet i vårt landskap.

C) Ravinelandskap på Romerike og langs Glomma

Naturlig dominerende treslag: Gråor, dunbjørk, hegg, svartor.

Andre treslag: Ask, gran, lønn, osp, rogn, selje.

Anbefaling: Gråor-heggeskog er ofte den naturlige vegetasjonen på disse leirjordsområdene. Det vil derfor være enklest å

spille på lag med naturen ved å skjømte de gråor-bestandene som etablerer seg. Gråor/svartor bør få bli de dominerende treslag, men andre treslag bør sikres en viss andel av arealet ($\geq 20\%$). På fuktigere områder er svartor sammen med ask et bra alternativ. Søtkirsebær har også vært lansert som et alternativ da den greier seg bra på den stive leira.

Hjortevilt kan føre til problemer ved etablering av søtkirsebær og ask. Gråor er derimot ikke preferert av elg og rådyr, og skulle ikke være vanskelig å etablere.

Bakkeplanert ravinelandskap er i kornproduksjonsammenheng som marginale områder å regne på grunn av de vanskelige vekstbetingelsene den stive leira byr kornplantene. På grunn av den høye jorderosjonen på disse områdene kunne mange av disse arealene med fordel tilplantes eller drives som ekstensiv beitemark. Et aktuelt treslag her ville være gråor da den virker svært positivt på jorda. Det rike strøet bidrar til at humusinnholdet bygges opp og jordpartiklene stabiliseres.

I CO₂-sammenheng kan det være interessant å se på om det kunne være mulig å etablere energiskog på disse arealene, da de ligger nært til store befolkningssentra hvor det er mulig å knytte produksjonen opp til eksisterende fjernvarmeanlegg uten for mye transportkostnader. En kombinasjon av selje/vier og or kan gi høy produksjon på leirjord.

Spesielle miljøhensyn:

- Det ravinelandskapet som ikke er bakkeplanert, har en høy kulturlandskapsverdi. En del av arealene bør tas vare på som beitearealer ved ekstensivt husdyrhold. På andre arealer kan man ved bruk av svartor gi områdene et lysåpent preg som kan gi et rikt feltsjikt av urter.
- I de bratte partiene bør man vektlegge trærnes evne til å stabilisere jordsmonnet, og forhindre jorderosjon. Aktuelle trær i denne sammenhengen er osp, gråor, svartor, ask, søtkirsebær og selje.

4 Sammendrag og konklusjon

Forstlige tiltak i Norge for å binde CO₂ fra atmosfæren vil ha en ubetydelig effekt på drivhuseffekten og mulige klimatiske endringer. Internasjonalt er derimot skog og skjøtsel/skogetable- ring ikke uten betydning for gassbalansen i atmosfæren.

De fleste av de foreslåtte forstlige tiltakene vil hvis de blir gjen- nomført i stor skala, ha overveiende negative konsekvenser for biodiversiteten og det norske skoglandskapet som helhet. Spesielt vil vi påpeke negative konsekvenser for tiltak som: treslagskifte, tettere plantinger, grøfting av sumpskogmark og grøfting/gjødsling av torvmark.

Tiltakene tilplanting av marginal jordbruksmark, tilplanting av kraftgater, gjødsling av skog, bioenergi ved bruk av kantsoner kan ved hensynsfull utførelse kunne gjennomføres på en del av de tilgjengelige arealene uten store negative konsekvenser. En del av disse tiltakene har usikker miljøeffekt og bør vurderes nærmere før de utføres i stor skala.

Tiltakene forlenget omløpstad, vedfyring i husholdningene, bio- energi fra skogbruket og energiskog vil ved riktig utførelse kun- ne ha klar positiv miljøeffekt.

Tilplanting av skog på marginal jordbruksmark er et av forslage- ne som er drøftet mer utførlig med utarbeidede eksempler for hvordan man kan tenke seg en "miljøriktig" utførelse. Vi har valgt typeområder ut fra statistikk over denne arealkategorien for å få med de områdekategorier som er mest aktuelle. Forslagene omfatter arealer fra Nord-Norge, Vestlandet og tre arealkategorier fra Østlandet.

Som konklusjon for vurderingen av tiltaket og tilrådninger som er gitt vil vi framheve følgende:

I klima/drivhusgass-sammenheng gir tilplanting av margina- le jordbruksarealer i Norge et bidrag med liten effekt. Mange av disse arealene har en høy estetisk, kulturell og naturvernmessig verdi som åpne arealer. Tiltaket bør derfor bare iverksettes etter en grundig vurdering av de aktuelle arealenes samlede biologiske og landskapsmessige verdi.

Ut i fra betraktningene i 3.1 – 3.4 har vi satt opp en del generel- le retningslinjer for tilplanting av de arealene av marginal jord- bruksmark som allikevel skal tilplantes. Disse anbefalinger kan gis uavhengig av hvor i landet det gjelder, og de bør alltid tas hensyn til:

- Områder med spesiell verdi for planter og dyreliv, eller områder som har spesiell verdi av estetiske eller kulturelle grunner, bør forbli uberørt av forstlig aktivitet.
- Monokulturer bør unngås. Samplanting med flere treslag øker verdien av områdene både med hensyn til plante og dyreliv og rekreasjon. Ved bruk av bartrær bør det alltid gis rom for et betydelig innslag av løvtrær.
- De norske naturlige treslag bør i størst mulig grad benyttes, og helst lokale provenienser av disse.
- Der det står eldre edelløvtrær, bør det gis plass rundt disse slik at de kan fortsette å utvikle seg. Plassen bør ikke være mindre enn 1 meter utenfor der de ytterste grenene når ut.
- Langs vann og vassdrag bør en la en stripe med naturlig vegetasjon få utvikle seg. Denne bør ikke være mindre enn 10 meter bred fra vannkanten.
- Inntil kanten av tilstøtende jordbruksarealer, impediment- områder, raviner, steinrøyser m.m. bør man lage "myke kanter" med en sone med busk og krattvegetasjon.
- Ved etablering av skog i jordbruksområder bør det etable- res korridorer i form av åkerreiner, kantvegetasjon og stri- per med skog mellom skogområdene.
- Hustuffer, arkeologiske minnesmerker, steingjerder, opp- murte kjerreveger og andre rester etter gammel kultur bør ikke tilplantes. Slike områder bør få "luft" rundt seg slik at de ikke blir borte i skogen.
- Stier og ferdselsårer som gir folk adgang til friluftsområder bør bevares.
- Beskytt landskapets visuelle karakter ved å unngå rette lin- jer. Landskapets skala og former bør tas i betraktning når man utformer plantefeltet. Plantemønsteret bør i størst mulig grad følge topografien og naturlige linjer i terrenget. Skal man plante etter et rutemønster bør linjene i plante- mønsteret bues.

5 Litteratur

- Adger, W.N., Brown, K., Shiel, R.S. & Whitby, M.C. 1992. Sequestration and emissions from agriculture and forestry. Carbon in the dock. - Land Use Policy, 4: 122-130.
- Almgren, G. 1990. Løvsog. Bjørk, Asp och Al i skogbruk och naturvård. - Skogstyrelsen, Jönköping.
- Almgren, G., Ingelög, T., Ehnström, B. & Mörtnäs, A. 1986. Ådellövskog. Ekologi och skötsel. - Skogstyrelsen, Jönköping.
- Andréasson-Gren, I. M. 1991. Costs for Nitrogen Source Reduction in a Eutrophicated Bay in Sweden. - I Folke C. & Kåberger T. (red.) Linking the Natural Environment and the Economy. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. s.173-188.
- Aune, E.I., Dahl, E. & Løes, A.-K. 1989. Comparisons of forest soils to acid precipitation in Central Norway, South Norway and Schwarzwald in Western Germany. - Medd. Norsk inst. skogforsk, 42(1): 133-146.
- Austad, I. 1985. Vegetasjon i kulturlandskapet. Bjørkehager og eirnebakker. - Sogn og Fjordane distriktshøgskule, rapport nr. 1.
- Austad, I. 1990. Juniper fields in Sogn, Western Norway, a managed vegetation type. - Nordic Journal of Botany, 9(6): 665-683.
- Austad, I., Lea, B.O. & Skogen, A. 1985. Kulturpåverkete edellauskoger. Utpøving av et metodopplegg for istandsetting og skjøtsel. - Økoforsk Rapport 1985:1, Ås-NLH.
- Bevanger, K. 1990. Topographic aspects of transmission collision hazards to game birds in the Central Norwegian coniferous forest. - Fauna norv. Ser. c, Cinclus 13: 11-18.
- Bibby, C., Ashton, J., N. & Bellamy, P. E. 1989. Effects of Broadleaved Trees on Birds of Upland Conifer Plantations in Northern Wales. - NCC report 49: 17-29.
- Boatman, N. D. 1988. The Definition and Agronomic Implications of the Selective Spraying of Cereal Field Edges (Conservation Headlands). - Fordingbridge, The Game Conservancy.
- Borch, H. & Ystad, G. 1991. Birds in a fragmented agricultural landscape; a landscape ecology approach on small fragments. - M. Sc. hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole.
- Brown, L.R., Durning, H.B., Flavin, C., French, H., Jacobson, J., Lenssen, N., Lowe, M., Postel, S., Renner, M., Ryan, J., Starke, L. & Young, J. 1992. State of the World. - Worldwatch Institute.
- Børset, O. 1985. Skogskjøtsel I. - Landbruksforlaget, Oslo.
- Christersson, L. 1992. Forskningsprogram for avdelingen Skoglig intensivodling. - Internot notat, SLU.
- Dahl, E., Elven, R., Moen A. & Skogen, A. 1986. Vegetasjonsregionkart over Norge 1:1 500 000. - Nasjonalatlas for Norge. Statens kartverk.
- Egglshaw, H., Gardiner, R. & Foster, J. 1986. Salmon catch decline and forestry in Scotland. - Scottish Geographical Magazine 102(1) 57-61.
- Ehnström, B. & Waldén H. W. 1986. Faunavård i skogbruket - Den lägre faunan. - Skogstyrelsen, Jönköping.
- Ehnström, B. 1992. Hotade ryggradslösa djur i Sverige - antal och hotbilder. - Konferanse om Flora- och faunavård 92, Ultuna, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Elfving, B. 1990. Stora valmöjligheter bland trädslagen. - Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift (4): 40-45.
- Elven, R. & Norderhaug, A. 1992. Nasjonal registrering av verdifulle kulturlandskap, (Del 1 & 2) Håndbok for feltregistrering, (ulike regioner) - viktige vegetasjonstyper i kulturlandskapet. - NINA, Ås-NLH.
- Emmanuelsson U., Johansson C.E. 1989. Biotopvern i Norden: Rekomendationer för kulturlandskapet. - Nordiska Ministerrådet, Miljørapport 1989:5, 112s.
- Eriksson, H. 1991. Sources and Sinks of Carbon Dioxide in Sweden. - Ambio 20(3-4): 146-150.
- Eriksson, L. 1991. Ekonomien vid åkermarksbeskogning. - Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier (SIMS), Rapport nr 17. 141 s + vedlegg.
- Flade, M. & Steiof, K. 1988. Bestandstrends häufiger norddeutscher Brutvögel 1950-1985: Eine Analyse von über 1400 Siedlungsdichteuntersuchungen. - Konferanse om Current Topics Avian Biology, Bonn, s. 249-260.
- Franzén, L. G. In press. Can Earth Afford to Lose the Wetlands in the Battle Against the Greenhouse Effect? - Submitted to Ambio
- Fremming, O.R. & Slagsvold, T. 1966. Kvantitativ fugletaksering i granskog basert på prøvofelt- og sjekkmotoden. - Fauna 19: 183-195.
- Fry, G. 1990. Kantskog som landskapselement. -I: E. Framstad (red.) Kantskogen i jordbrukslandskapet: betydning for landskap, vegetasjon, dyreliv og friluftsliv. Norsk institutt for naturforskning. (upublisert.)
- Grainger, A. 1991. Constraints on increasing tropical forest area to combat climate change. - Konferanse om Technical workshop to explore options for global forestry management International Institute for Environment and Development, Bangkok, Thailand: s.196-208.
- Gup, T. 1990. Owl v.s. man. - TIME magazine, 25, s. 56-65.
- Gustavsson, L. 1986. Vegetation and Flora of Short-Rotation Willow Stands from a Conservation Viewpoint. - Dr.Scient hovedoppgave, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Gustavsson, L. 1988a. Vegetation dynamics during the establishment phase of an energy forest on a riverside in south-western Sweden. - Studia Forestalia Suecica, 178.

- Gustavsson, L. 1988b. Vegetation Succession during the establishment of an Energy Forest on a Spagnum Peat Bog in East-Sentral Sweden. - *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 371-385.
- Gustavsson, R. 1990. Skog på åkermark- Plantera skog med spesielle miljøkvaliteter! - *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 4: 10-21.
- Gustavsson, R. 1991. Lövträds inverkan på landskapsbild. - *Skogsfakta konferens*, 15, s. 107-110, Uppsala, Sveriges landbruksuniversitet.
- Hallingbäck, T. 1992. Hotade mossor i Sverige. - *Konferanse om Flora- og faunavård* 92, Ultuna, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Hansen, E. 1984. Prydbusker og trær for norske hager. - *Landbruksforlaget/Det norske hageselskap*, Oslo.
- Hill, M. O. 1986. Ground flora and the succession in commercial forsts. - *Konferanse om Trees and wildlife in the Scottish uplands*, Natural Environment Research Council, Institute of Terrestrial Ecology, Banchory Research Station: s. 71-78.
- Hjorth, R. 1989. Våra skogsträd. - *Skogsstyrelsen*, Jönköping.
- Hogstad, O. 1967. Seasonal fluctuation in bird populations within a forest area near Oslo (southern Norway). - *Nytt Mag. Zool.* 15: 81-96.
- Holmåsén, I. 1980. Träd och buskar. - *ICA bokförlag*, Västerås.
- Hornung, M., Stevens, P. A. & Reynolds, B. 1986. The effects of forestry on soils, soil water and surface water chemistry. - *Konferanse om Environmental aspects of plantation forestry in Wales*, Gwynedd, north Wales, Institute of Terrestrial Ecology, Merlewood Research Station.
- Houghton, R. A., Bonne, R. D., Fruci, J. R., Hobbie, J. E., Melillo, J. M. & Palm, C.A. 1987. The flux of carbon from terrestrial ecosystem to the atmosphere in 1980 due to changes in land use: geographical distribution of global flux. - *Tellus* 39B: 122-129.
- Hultén, E. 1971. Atlas över växternas utbredning i Norden. - *Generalstabens litografiska anstalts förlag*, Stockholm.
- Hågvar, S. 1987. Spetter og andre hulerugere. - *Norsk Skogbruk*, Særtrykk nr. 4.
- Insley, H. & Davies H.L. 1988. *Farm Woodland Planning*. - *Forestry Commission Bulletin* 80, HMSO BOOKS, London.
- Juul-Hansen, I. 1992. Skogreisning i Akershus. - *Fylkeslandbrukskontoret i Akershus, Nedre Glommen Skogeierforening, Akershus Skogeierlag*.
- Karlsson, A. 1991. Naturlig föryngring och sådd av björk – möjligheter och problem på nedlagd åkermark. Björk och asp, - *Skogskonferens nr. 15*, Uppsala, SLUInfo/Försäljning.
- Keller, I., Molthan, J. & Ruppert, V. 1992. Ackerrand als Lebensraum. - *Das Ackerschonstreifenprogramm*. Hessisches Ministerium für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz. 50 s.
- Klæbo, H. & Skaar, L. 1991. Bestandskogbrukets innvirkning på spurvefuglfaunaens sammensetning. - *M.Sc. hovedoppgave, Norges landbrukshøgskole*.
- Kramer, H. 1988. *Waldwachstumslehre*. - *Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin*.
- Landbruksdepartementet 1991. Etablering av skog på jordbruksareal ute av drift. - *Rundskriv M-124/91 S*.
- Langhammer, A., red. 1985. *Bjørk Osp Or*. Institutt for skogskjøtsel, - *Norges landbrukshøgskole*.
- Larsson, K.-H. 1992. Hotade svampar i Sverige. - *Konferanse om Flora- og faunavård* 92, Ultuna, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Leeks, G.J.L. & Roberts, G. 1987. The effects of forestry on upland streams- with special refeence to water quality and sediment transport. - *Konferanse om Environmental aspects of plantation forestry in Wales*, Institute of Terrestrial Ecology, Snowdonia National Park Study Centre, Gwynedd, Wales, 22: 9-24.
- Lid, J. 1985. *Norsk, svensk, finsk flora*. - *Det Norske Samlaget*, Oslo.
- Losvik, M. H. 1985. Utslått landskap i vestnorsk lauvingsli. - *Blyttia* 43: 125-131.
- Losvik, M. H. 1988. Phytosociology and ecology of old hay meadows in hordaland, western Norway in relation to management. - *Vegetatio* 78: 157-187.
- Losvik, M. H. 1988. Økologisk-historiske studier av kulturavhengig vegetasjon i Hordaland. - *Dr.Sc. hovedoppgave, Universitetet i Bergen, Botanisk institutt*.
- Lunnan, A., Navrud, S., Rørstad, P.K., Simensen, K. & Solberg, B. 1991. Skog og skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren. - *Norsk institutt for skogforskning, Aktuelt fra Skogforsk nr 6 - 1991*, 86s.
- Maitland, P.S., Newson, M.D. & Best, G.A. 1990. The impact of afforestation and forestry practice on freshwater habitats. - *Nature Conservancy Council*, 70 s.
- Makundi, W., Sathaye, J. & Romm, J. 1991. Landuse policy, greenhouse gas emission and carbon sequestration. - *Konferanse om "Tropical forestry and global climate change"*, Lawrence Berkely Laboratory: 21 s.
- Malmqvist, C., Woxblom, L., Müller, S. & Eriksson, L. 1991. Trädslag för beskogning av åkermark. - *Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier, Sveriges landbruksuniversitet, Ulltuna, Rapport 7-11*.
- Martin, T. E. 1988. Habitat and area effects on forest bird assemblages: is nest predation an influence? - *Ecology*, 69 : 74-84.
- Miles, J. 1986. What are the effects of trees on soils? - *Konferanse om Konferanse om Trees and wildlife in the Scottish uplands*, Natural Environment Research Council, Institute of Terrestrial Ecology, Banchory Research Station: s. 55-62.

- Nature Conservancy Council 1986. Nature Conservation and Afforestation in Britain. - 108 s. Nature Conservancy Council, Peterborough.
- Nilsson, Ö. 1992. Hotade kärlväkster. - Konferanse om Flora- och faunavård 92, Ultuna, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Norderhaug, A. 1988. Urterike slåtteenger i Norge, – rapport fra forprosjekt. - Økoforsk utredning, 3, 92 s.
- Noren, A. 1989. Gran på Åkermark - høg produktion med risiker. - Skogfakta konferens, SLU, Ultuna,
- NOU 1989. Flersidig skogbruk. - Norsk offentlige utredninger nr. 10, 140 s.
- OECD. 1991. Estimation of greenhouse gas emission and sinks. Final report from the OECD Expert meeting. - OECD, Geneve.
- Ormerod, S.J., Mawle, G.W. & Reynolds, B. 1987. The influence of forest on aquatic fauna. - Konferanse om Environmental aspects of plantation forestry in Wales. Institute of Terrestrial Ecology, Snowdonia National Park Study Centre, Gwynedd, Wales: s. 9-24.
- Peck, K.M. 1989. Tree species preferences shown by foraging birds in forest plantations in northern England. - Biological Conservations 48: 41-57.
- Pedersen U., Walker S.E. & Kibsgaard A. 1990. Kart over atmosfærisk avsetning av svovel og nitrogenforbindelser i Norge. - NILU OR. 28/90.
- Persson, T., Svensson, R. & Ingelög, T. 1989. Floraförändringar efter skogplantering på jordbruksmark. - Svensk Botanisk tidskrift 83: 325-344.
- Prentice, K.C. & Fung I.Y. 1990. The sensitivity of terrestrial carbon storage to the climate change. - Nature 346: 48-51.
- Raivio, S. & Haila, Y. 1990. Bird assemblages in silvicultural habitat mosaics in southern Finland during the breeding season. - Ornis Fennica, 67: 73-83.
- Robertson, K. 1991. Emission of N₂O in Sweden – Natural and Anthropogenic Sources. - Ambio, 20 (3-4): 151-155.
- Rodhe, H., Eriksson, H., Robertson, K., Svensson, B. H. 1991. Sources and Sinks of Greenhouse Gases in Sweden: A Case Study. - Ambio, 20(3-4): 143-145.
- SFT 1992. Forurensing i Norge. - Statens Forurensingstilsyn. TA-828/1992.
- SFT 1992. Nasjonale samletall for forurensningsutslipp 1991. - Statens Forurensingstilsyn. TA-83/1992.
- SFT 1992. Økologisk renseteknologi - en oversikt over naturbaserte rensemetoder for avløpsvann. - SFT- 35/92 (60s.).
- Silvola, J. 1986. Carbon dioxide dynamics in mires reclaimed for forestry in eastern Finland. - Ann. Bot. Fennici, 23: 59-67.
- Solberg, B., Lunnan, A. & Rørstad, P. K. 1992. Skog og vegetasjon i den internasjonale klimaavtalen. - Notat, Institutt for økonomi og samfunnsfag, Norges landbrukshøgskole.
- Stenbeck, G. 1990. Energiskogens påverkan på miljön. - I Nilsson, M., red. Energiskog, Statens Energiverk, Stockholm.
- Stuedler, P. A., Bowden, R. D., Melillo, J. M. & Aber, E. D. 1989. Influence on Nitrogen Fertilizers on Methan Uptake in Temperate Forest Soils. - Nature 341: 314-316.
- Svensson, B.H., Lantsheer, J.C. & Rodhe, H. 1991. Sources and sinks of Methane in Sweden. - Ambio, 20: 155-160.
- Thomas, J.W. 1990. A conservation strategy for the Northern Spotted Owl. - Portland, Oregon.
- Thompson III, R.R. & Fritzell, E.K. 1990. Bird densities and diversity in clearcut and mature oak-hickory forest. - United States Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Rapport NC-293.
- Thor, G. 1992. Hotade lavar i Sverige. - Konferanse om Flora- och faunavård 92, Ultuna, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Wegge, P. 1984. Skogbruken og storfuglbiotopene. - I red. Skogfuglprosjektet 1980-84, Direktoratet for naturforvaltning, s 81-90.
- Young, M. R. 1986. The effects of commercial forestry on woodland Lepidoptera. - Konferanse om Trees and wildlife in the Scottish uplands, Banchory Research Station, Natural Environment Research Council, Institute of Terrestrial Ecology, s. 88-94.
- Ødegaard, R. 1982. Spurvefugsamfunnet i suksesjonsserier av blåbær-bregneskog (eu-piceetum) i Sør-Norge. - M. Sc. hovedoppgave, Universitet i Oslo.
- Aas, B. 1992. Bjørkebeltet og seterlandskapet. - Nasjonal forskerkonferanse om kulturlandskapet, Sogndal.

Vedlegg 1

Egenskaper til norske treslag

Under er det samlet en del opplysninger om norske trearter. Disse opplysningene er brukt for å gi et grunnlag for å vurdere aktuelle treslag. Opplysningene er sammenstilt fra følgende kilder: (Hultén 1971; Holmåsén 1980; Hansen 1984; Børset 1985; Langhammer 1985; Lid 1985; Almgren et al. 1986; Dahl et al. 1986; Ehnström & Waldén 1986; Miles 1986; Insley 1988; Kramer 1988; Hjorth 1989; Peck 1989; Persson et al. 1989; Almgren 1990; Gustavsson 1990; Malmqvist et al. 1991; Juul-Hansen 1992).

Alm (*Ulmus glabra*)

Naturlig forekomst: Regnes med blant de varmekjære treslagene, men vokser opp til 935 m o.h. i Sør-Norge, og nord til Beiarn langs kysten. Fylker med mye alm er Akershus, Telemark, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og, merkelig nok, Nordland (12% av alm i Norge finnes her). Stedsnavn antyder at almen har vært et langt vanligere tre enn det er i dag. Tilbakegang skyldes antagelig hard hogst og bruk (brødbark) uten planting. I lier på vestlandet er det en stor tilvekst av ny alm etter at de gamle slåtteenger med lauvingstræer er tatt ut av bruk. Samlet utgjør almen bare 0,1% av all løvskog.

Klima: Sommertemperatur ca. 11°C. Lite frostømfintlig og tåler vind og snø godt. Sør- til mellomboreal.

Marktyper: Krever kalk- og næringsrik mark.

Vegetasjonssammenheng: Almeskoger har ofte et kronesjikt dominert av alm og lind, busksjiktet av alm, ask, hagtorn, hassel. Feltsjiktet har ofte storbladete nitrofile, kalk- og varmekrevende urter med tildels sjeldne arter. Bunnsjiktet er ofte artsrike tepper av jordmoser. Alm er et rikbarkstre med en artsrik lav- og moseflora. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 30-40 år gammelt, og total levealder er opptil 500-600 år. Halvskoggeart.

Samplanting: Alm forekommer sjelden i rene bestander og egner seg som innslag i løvblandingsbestander. Naturlig vanligst sammen med lind.

Dyreliv: Vertsplante for sjeldne insekter. Vokser på god mark som ofte gir gode betingelser for dyrelivet. Noe utsatt for vilt-skader.

Landskapsbilde: Mye brukt som park-, allé-, og gårdstuntre. Gir staselige store trær opptil 30m høye og 4-5 m³.

Produksjon: Produksjonsdata foreligger ikke, men har en rask ungdomsvekst. Blir sympodial i formen hvis den ikke står tett i de første årene. Almsjuken som sprer seg i Norge for tiden, gjør dette interessante treslaget dessverre mindre aktuelt.

Vedkvalitet: Hardt treslag med tørrdensitet på 640 kg/m³. Egner seg til møbel og trevare.

Karbonbinding: Har meget volumiøse røtter og stor grenmasse. Dette gjør at karbonbinding er større enn tømmerproduksjonen skulle tilsi.

Ask (*Fraxinus exelsior*)

Naturlig forekomst: Varmekjært edelløvtre som vokser opp til Ringsaker/Lillehammer i Sør-Norge, og nord til Trøndelag langs kysten. Fylker med mye ask er Vestfold, Telemark, Aust-Agder, Hordaland og Sogn og Fjordane. Samlet utgjør asken 0,5% av Norges løvskog.

Klima: Sommertemperatur ca. 12,4°C. Frost- og vindutsatt. Boreonemoral.

Marktyper: Vil ha dyp, nærings- og kalkrik jord, gjerne med god fuktighet (brunjord). Trives ikke på stiv leire eller organisk jord.

Vegetasjonssammenheng: Ask forekommer mest som enkelt trær eller grupper insprengt i andre bestand, men skoger dominert av ask forekommer også. De ligger oftest i bunn av terrenget, og har et kronesjikt dominert av ask, svartor og alm. Busksjiktet inneholder ofte hassel, hagtorn og krossved. Feltsjiktet har ofte høye urter og gras, og sneller hvis det er mye nedbør. Ask er et rikbarkstre med en artsrik lav- og moseflora. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 10-15 år gammelt, og total levealder er opptil 300-400 år. Mindre utpreget lysart.

Samplanting: Ask egner seg i samplanting med svartor på "friske marktyper" som langs bekkedrag, elver etc. Danner naturlig bestander sammen med alm og lind.

Dyreliv: Meget ettertraktet fôr for hjortevilt, mus, vånd og hare. Dette gjør det vanskelig å få opp bestander i utmarka hvis en ikke har gode frøstrandtrær. I en engelsk undersøkelse var asken ikke blant de prefererte treslagene for forsøk hos fugl.

Landskapsbilde: Mye brukt som park-, allé-, og gårdstuntre. Gir staselige store trær opptil 25 m.

Produksjon: På gunstige plasser kan asken ha en god vekst.

Målinger har vist fra 0,5-0,8 m³/daa/år ved omløpstad på 60-80 år.

Vedkvalitet: Gul ytterved og brun kjerneved ved høy alder. Teknisk sett noe av de beste egenskaper blant våre treslag med tørrdensitet på 640 kg/m³. Egner seg til trelast, møbel og trevare.

Karbonbinding: Tørrdensitet og volumproduksjon sett i sammenheng tilsier at på egnede marktyper vil ask kunne gi bra karbonbinding.

Bøk (*Fagus sylvatica*)

Naturlig forekomst: Varmekjært edelløvtre som vokser hovedsakelig i Vestfold, Østfold, og Aust-Agder. En enkelt forekomst utenfor Bergen er antagelig plantet. Bøken har en meget langsom spredning og er den seneste innvandrer etter istiden. Mye tyder på at den ville være klimakstre rundt Oslofjorden og mange lokaliteter langs kysten opp til Sogn hvis den etablerer seg i disse områdene. Mye av det oppdyrkede arealet i disse områdene ville ved ikke-antropogene påvirkninger dannet bøkeskoger.

Klima: Sommertemperatur ca. 13°C. Utsatt for vårfrost. Liker god luftfuktighet og trives i kystklima. Nemoral til boreonemoral.

Marktyper: Vokser best på kalk- og næringsrik mark med frisk fuktighet (brunjord). Kan danne råhumus slik som gran på svakere marktyper. Forårsaker allikevel ikke like kraftig podsolering som gran da den har et dypt og effektivt rotsystem som pumper kationer opp til jordoverflaten, og lys og varme slipper ned til jordbunnen om vår og høst. Dette gir bedre omdanning av strø, og fordamping som trekker ioner opp i jordprofilen.

Vegetasjonssammenheng: Som en generell regel kan man si at dess større andel bøk det er i et bestand, dess artsfattigere er det. Rene bøkbestander er botanisk sett meget fattige, mens i blandingsbestander kan bildet bli mer nyansert. Våren i en bøkeskog kan allikevel være vakker med en rik blomstring av vårbloster. Bøk har en artsfattig, men særegen lav- og moseflora på barken. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 40-80 år gammelt, og total levealder er opptil 300-900 år. Skyggeart.

Samplanting: Bøk plantes oftest i rene bestander, men egner seg i samplanting med eik, bjørk, ask, lønn, og gran.

Dyreliv: Meget utsatt for beiting av hare og hjortevilt. Mange sjeldne insekter knyttet til gamle bøkestammer. Et ensaldret eldre bestand av bøk har ofte dårlig utviklet busk- og feltsjikt. Det gir lite skjul- og fødemuligheter, og slik skog blir for åpen for mange dyr. I blandingsbestand bedres disse forhold. Fugler unngår bøk i sitt førsøk i blandete trebestander, men bøkenøttene er viktig føde for mange dyr.

Landskapsbilde: Storvokst skog som danner parkaktige bestander. Kan bli opptil 40m høy og nå anselige dimensjoner (7-8 m³).

Produksjon: Langsom ungdomsvekst, men god totalproduksjon som ved svenske målinger oppgis til 0,4-0,9 m³/daa/år ved omløpstad på 100-140 år. Monopodial form. På kalkrik mark med frisk fuktighet (myskebøkeskoger) er dette antagelig et av de viltvoksende treslaget i Norge som produserer mest tørrstoff pr. arealenhet.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper med tørrdensitet på 680 kg/m³. Egner seg til trelast, møbel og trevare.

Karbonbinding: Børset (1985) oppgir en volumproduksjon på 70-90% av gran. Kompenserer man for trevirkets densitet gir dette 1,2 - 1,6 x grans karbonbinding på egnede marker.

Dunbjørk (*Betula pubescens*)

Naturlig forekomst: Dekker hele landet og danner tregrensen i Skandinavia. Det vanligste løvtreet i Norge.

Klima: Sommertemperatur 7,5°C. Tåler godt frost. Opp til og med nordboreal.

Marktyper: Lite kravfull og kan tolerere høy og skiftende grunnvannstand.

Vegetasjonssammenheng: Pionertreart som etablerer seg raskt på nye områder. Vokser mest i blandete bestander, og som spredte innslag på de fleste marktyper. Bjørka er et fattigbarkstre med artsfattig lav- og moseflora. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 5-15 år gammelt.

Samplanting: Egner seg i blandete bestander med osp, or, rogn, furu og gran.

Dyreliv: Viktig beiteplante for hjortedyr, orrfugl, jerpe og hare. Der både hengebjørk og dunbjørk er tilstede, blir hengebjørka preferert. Bjørk er allikevel karakterisert som lite utsatt for vilt-

skader, og man har bra erfaringer fra svensk åkermarksbeskogning.

Landskapsbilde: Småvokst skog som kan danne lysåpne bestander med et frodig feltsjikt, ofte preget av grasarter. Kan bli opp til 20 m høy.

Produksjon: Kan danne meget tette bestander i motsetning til hengebjørka som har større lyskrav. Totalproduksjon må allikevel sies å være middels, og oppgis til 0,2-0,6 m³/daa/år ved omløpstid på 50-80 år. I fra det finske skogforskningsinstituttets sammenlignende forsøksfelter viser dunbjørka 78% av hengebjørkas produksjon etter 53 år. Kan imidlertid produsere mer enn hengebjørk på fuktige områder. Monopodial form.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper som egner seg til møbel, trelast, trevare, papir og plater. Tørrdensitet 550 kg/m³.

Karbonbinding: Et løst anslag antyder en karbonbinding på 60 - 80% av gran.

Furu (*Pinus silvestris*)

Naturlig forekomst: Fra sør til nord, helt opp i mot snaufjellet, og langs kysten. Typiske furudistrikter er områder med mye sand og grusavsetninger.

Klima: Sommertemperatur på Østlandet på 8,3°C. Har noe problemer med kystklima og går derfor ikke høyere enn til sommer-temperaturer på 11°C på Vestlandet. Tåler godt frost. Opp til nordboreal.

Marktyper: Lite kravfull og kan tåle svært tørre forhold. Konkurrerer best på magrere marker og gir også her den beste kvaliteten.

Vegetasjonssammenheng: Vanligst i artsfattige plantesamfunn, men danner også spesielle artsrike kalkfuruskoger på kambrosilurgrunn. Furu er et fattigbarkstre med artsfattig lav- og moseflora. Kystfuruskogen har derimot mange sjeldne mosearter. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 20-40 år gammelt, og total levealder er opptil 600-800 år. Lyskrevende art.

Samplanting: Egner seg i blandete bestander med gran og innslag av løvtrær.

Dyreliv: Viktig beiteplante for hjortedyr og storfugl om vinteren. En del fuglearter er knyttet til furu. Kan være vanskelig å etablere i områder med stort beitepress om vinteren fra elg.

Landskapsbilde: Lysåpne bestander med utviklet feltsjikt, ofte preget av røssyng og blåbær. Kan bli opptil 35 m høy.

Produksjon: Produserer som gran eller bedre på skinnere marktyper, men noe dårligere på de rikere marktyper. Furu er derfor lite aktuell for marginal jordbruksmark med godt jordsmonn. På sandmoer og skinnere marker kan det imidlertid være aktuelt. Oppgitte tall er 0,5-0,9 m³/daa/år ved omløpstid på 90-120 år. Monopodial form.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper som egner seg til møbel, trelast, trevare, papir og plater. Tørrdensitet 490 kg/m³.

Karbonbinding: Mindre gren- og nålevolum enn gran gjør det usikkert om furu virkelig binder mer selv om tørrdensiteten er høyere.

Gran (*Picea abies*)

Naturlig forekomst: Utbredelsen av gran gjenspeiler at den er en østlig innvandrer av nyere dato. Grana dominerer Østlandet, Sørlandet, Trøndelag og deler av Nordland. Vil antagelig danne tregrense mot fjellet og innvandre store deler av Vestlandet og Nord-Norge hvis den får utvikle seg fritt.

Klima: Sommertemperatur 8,4°C. Trives ikke i nedbørfattige og tørre områder. Tåler frost. Opptil nordboreal.

Marktyper: Krever god jord for å gi skikkelig vekst, men kan avfinne seg med praktisk talt alt. Granplantinger på Vestlandet har vist en sterk podsoleringsseffekt på jordsmonnet allerede etter ett omløp med gran. Av hensyn til jordsmonnet bør derfor gran dyrkes sammen med løvtrær som kan motvirke pH-senkingen og næringsutvasking i jorda.

Vegetasjonssammenheng: Grana er et skygetålende tre som selv gir mye skygge. Den forandrer også de jordbunnsmessige forhold slik at feltsjiktet blir preget av arter tilpasset lite lys og lav pH. Grana er et fattigbarkstre med artsfattig lav- og moseflora. Den høye fuktigheten i eldre bestander kan gi en ganske rik moseflora i feltsjiktet og en spesiell lavflora på greinene når bestandene får lov til å bli gamle. Rene granbestander som er plantet tett, blir i deler av suksesjonsforløpet botaniske ørkener. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 20-40 år gammelt og total levealder er opptil 300-400 år.

Samplanting: Egner seg i blandete bestander med bjørk, osp, og furu.

Dyreliv: Rene granbestander er artsfattige. Lite brukt som beiteplante. Fugletetthet hos granskog på Østlandet er målt til 30-500 par pr. km², mens den i nordisk løvskog er 600-1200 par pr. km². Mange insektarter og noen fuglearter (fuglekonge, grankorsnebb, svartmeis, toppmeis) er spesielt tilpasset granskog.

Landskapsbilde: Mørke tette bestander gir et noe "tungt" preg. I perioder av suksesjonsforløpet har granskogen dårlig utviklet feltsjikt og er lite egnet for ferdsel. Kan bli opptil 40m høy.

Produksjon: Produserer bra på god mark, men kvaliteten blir dårlig på de beste marktyper. Mye råteproblemer ved planting på åkermark. Oppgitte tall er 0,5-1,2 m³/daa/år ved omløpstid på 80-100 år. Monopodial form.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper som egner seg til trelast, trevare, papir og plater. Tørrdensitet opptil 430 kg/m³.

Karbonbinding: Den høye volumproduksjonen gir høy karbonbinding til tross for lavere tørrdensitet. Det skal allikevel bemerkes at ved tilplanting på jordbruksmark har svenskene erfaring med at tørrdensiteten kan bli vesentlig lavere på grunn av den hurtige veksten (ned til 380 kg/m³).

Gråor (*Alnus incana*)

Naturlig forekomst: Dekker nesten hele landet hvor det vokser skog. Forekommer opp til 1100 m o.h.

Klima: Sommertemperatur 7,7°C. Tåler godt frost. Forekommer opp til nordboreal.

Marktyper: Lite kravfull og kan tolerere høy og skiftende grunnvannstand. Vokser best på fuktig leire (Gleisol) og langs elver og bekker. Forekommer også på tørre grussletter og som spredte innslag på de fleste marktyper.

Vegetasjonssammenheng: Pionertreart som etablerer seg raskt på nye områder. Or har symbiose med en nitrogenfikserende strålesopp, og etablering av or har en jordforbedrende effekt. Det rike strøet fra or gir et rikt plantesamfunn ofte preget av en del nitrofile arter. Gråor kan innta grasbunden mark. Gråor har en glatt bark med lite lav og moser uten at den av den grunn hører med til fattigbarkstræerne. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 5-20 år gammelt, og total levealder er opptil 200 år. Mindre utpreget lysart.

Samplanting: Egner seg i blandete bestander med ask, bjørk,

rogn og kirsebær. Den korte omløpstiden begrenser samplantingsmulighetene med treslag som ikke tåler asynkron avvirkning. Nitrogenfikseringen kan bidra til økt produksjon for andre trær i bestandet.

Dyreliv: Viktig beiteplante for jerpe. Av andre beitende dyr er or lite preferert, noe som gjør den lett å etablere og fornye.

Landskapsbilde: Småvokst skog som ofte danner randsoner mot vann og vassdrag og mot jordbruksmark. Kan danne lysåpne bestander med et frodig feltsjikt. Høyde 15-18 m.

Produksjon: Totalproduksjon er god på riktige marktyper, og or er antagelig en av de beste masseproduksjonstræerne vi har. Produksjonen oppgis til 0,9-1,2 m³/daa/år. Omløpstiden er kun 35 - 40 år. Monopodial form.

Vedkvalitet: Bruksegenskaper egner seg til møbel, trelast, trevare og plater. Ikke ønsket som massevirke. Tørrdensitet 480 kg/m³.

Karbonbinding: Gråorens høye produksjon og relativt høye densitet gjør at den på riktige marktyper er meget effektiv som karbonbinder.

Hengebjørk (*Betula péndula*)

Naturlig forekomst: Dekker lavlandet i Sør-Norge opp til 500 m o.h. og langs kysten nord til Saltdal.

Klima: Sommertemperatur 10,5°C. Tåler godt frost. Opp til mellomboreal. Det finns en variant i Pasvik som har vandret inn fra Finland. Denne er antagelig mer hardfør.

Marktyper: Vokser best på tørrere morenemark med tilstrekkelig finmateriale, men kan også vokse brukbart på fattigere marktyper.

Vegetasjonssammenheng: Pionertreart som etablerer seg raskt på nye områder. Vokser mest i blandete bestander og som spredte innslag på de fleste marktyper. Bjørka er et fattigbarkstre med artsfattig lav- og moseflora. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 5-15 år gammelt, og total levealder er opptil 250 år. Lysart.

Samplanting: Egner seg godt i blandete bestander med gran, furu, osp, or.

Dyreliv: Viktig beiteplante for hjortedyr, orrfugl, jerpe og hare.

Der både hengebjørk og dunbjørk er tilstede blir hengebjørka preferert. Bjørk er allikevel karakterisert som lite utsatt for vilt-skader, og man har bra erfaringer fra svensk åkermarksbeskogning.

Landskapsbilde: Gir et lyst og åpent park- og hagepreg som ved beplantning av marginale jordbruksområder vil bevare inntrykket av tidligere kulturmark.

Produksjon: Hengebjørka har store lyskrav og må stå med større avstand enn dunbjørka. Totalproduksjon må allikevel sies å være god på bedre marktyper og oppgis til 0,5-1,0 m³/daa/år ved omløpstid på 40-60 år. Monopodial form.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper som egner seg til møbel, trelast, trevare, papir og plater. Tørrdensitet 550 kg/m³

Karbonbinding: Omtrent som for gran.

Lind (*Tilia cordata*)

Naturlig forekomst: Forekommer sjeldent i rene bestander, men spredt på Østlandets lavland opp til Ringeby. Vanligst i Vest-Agder, Telemark og Vestfold. Langs kysten vokser den nord til Nordland på de beste lokalitetene. I Sogn opp til 530 m o.h.

Klima: Sommertemperatur 12,5°C. Skuddene kan være litt utsatt for frostskaider. Boreonemoral/sørboreal. Trives ikke i typisk kystklima.

Marktyper: Vokser best på tørrere, kalkrike gode marktyper (brunjordstyper). Høyt kalkinnhold i bladene gjør at den virker jordforbedrende. Greier seg også bra på leire.

Vegetasjonssammenheng: Lind er skyggetålende og vokser mest i blandete bestander og som spredte innslag på de fleste marktyper. Mistelteinen (*Viscum album*) finner man i kronen på lina i Vestfold. Linda er et rikbarkstre med artsrik lav- og moseflora. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 20-30 år gammelt, og total levealder er opptil 800-1000 år.

Samplanting: Egner seg godt i blandede bestander med ask, alm eller eik. Kan etableres som innsprengte grupper i eik-, bøk-, ask-, alm- eller ospebestander. Tåler lite lys som ungt tre og kan stå som underbestand under en skjerm av andre treslag.

Dyreliv: Noe utsatt for viltskader. Lindeblomstringen byr insekter på en overflod av nektar sent på sommeren og verdsettes derfor høyt av birøktere.

Landskapsbilde: Kan vokse til imponerende kjemper med stammeomkrets på over 6 meter. Høyden sjelden over 25 m da den brer seg mer ut i bredden når den blir eldre.

Produksjon: På gunstige plasser kan lind ha en god tilvekst, men tendens til sympodial form reduserer nytteproduksjonen hvis bestandet ikke skjøttes riktig. Målinger har vist fra 0,5-0,75 m³/daa/år.

Vedkvalitet: Lyst trevirke som egner seg til møbel og trevare. Tørrdensitet 490 kg/m³

Karbonbinding: Middels produksjon skyldes antagelig den sympodiale formen. Linda produserer nok noe mer enn produksjonsdataene sier når greinvolumet tas med. Karbonbindingen kan være god på egnede lokaliter.

Lønn (*Acer platanoides*)

Naturlig forekomst: Forekommer sjeldent i rene bestander, men spredt på Østlandets lavland opp til Lillehammer. Vanligst i Vestfold.

Klima: Sommertemperatur 12,5°C. Tåler dårlig frost. Opp til boreonemoral.

Marktyper: Vokser best på tørrere gode marktyper, gjerne kalkrike brunjordstyper.

Vegetasjonssammenheng: Lønn har middels lyskrav og vokser mest i blandete bestander og som spredte innslag på de fleste marktyper. Lønna er et rikbarkstre med artsrik lav- og moseflora. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 15-25 år gammelt, og total levealder er opptil 150-200 år. Halvskyggeart.

Samplanting: Egner seg godt i blandede bestander med ask, eller som innsprengte grupper i eik-, bøk-, ask- eller ospebestander. Tåler lite lys som ungt tre og kan stå som underbestand under en skjerm av andre treslag.

Dyreliv: Karakterisert som middels utsatt for viltskader ut i fra erfaringer fra svensk åkermarksbeskogning. Lønnesaft utnyttes av fugler og insekter på våren.

Landskapsbilde: Kan gi et lyst og åpent park- og hagepreg hvis planteavstanden ikke er for tett. Beplantning av marginale jordbruksområder på en slik måte vil bevare inntrykket av tidligere kulturmark.

Produksjon: På gunstige plasser kan lønn allikevel ha en god vekst. Målinger har vist fra 0,5-0,8 m³/daa/år ved 100 års omløpstid. I Tyskland sammenlignes lønnens produksjon med bøk og ask. Ofte sympodial form hvis bestandet ikke skjøttes riktig.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper som egner seg til møbel og trevare. Tørredensitet 620 kg/m³.

Karbonbinding: Høy densitet og middels produksjon gir brukbar karbonbinding på egnede lokaliteter.

Osp (*Pópulus trémula*)

Naturlig forekomst: Forekommer over hele Norge der det er skog, nord til Gamvik i Finnmark. I Sør-Norge opp til 1200 m o.h. Vanligst i skogsbildet er ospa på Sørlandet og i Telemark. Forekommer sjeldent i rene større sammenhengende bestander, men mer som enkelttrær og små klynger.

Klima: Sommertemperatur 7,6°C. Tåler frost. Opp til nordboreal. Liker ikke kystklima. Opp til mellom- og nordboreal region.

Marktyper: Vokser best på tørrere gode marktyper, men kan også etablere seg på skrinne mark. Veksten blir da deretter. Liker ikke stillestående høy vannstand eller stiv leire.

Vegetasjonssammenheng: Osp hører til de typiske pionertrærne som først etablerer seg etter skogbrann og flathogst. Ospa har store lyskrav og vokser mest i blandete bestander og som spredte innslag på de fleste marktyper. Osp er et rikbarkstre med artsrik lav- og moseflora når den vokser på næringsfrike lokaliteter. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 5-10 år gammelt, og total levealder er opptil 150 år. Lysart.

Samplanting: Egner seg som samplantingstre med de fleste trearter som har lik omløpstid eller tåler et inngrep underveis i omløpet.

Dyreliv: Osp er et meget verdifullt treslag for skogens økosystem, med over 900 arter av flora og fauna knyttet til seg. Beites hardt av hjortedyr og hare. Ospa utnyttes ofte som reirtre av hulerugende fugler.

Landskapsbilde: Kan gi et lyst og åpent park- og hagepreg som ved beplantning av marginale jordbruksområder vil bevare inntrykket av tidligere kulturmark. Kan bli opptil 30 m høy.

Produksjon: Osp er et av våre raskest voksende treslag med utpreget ungdomsvekst. Med omløpstid på 50-60 år får den en

bra produksjon fra 0,6-1,0 m³/daa/år. På middels bonitet kan den konkurrere ut gran i produksjon. Utpreget monopodial form.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper som egner seg til trelost, trevare, papir (kan blekes uten klor) og plater. Tørredensitet 440 kg/m³.

Karbonbinding: Relativt lav densitet og høy produksjon gir middels karbonbinding på egnede lokaliteter. Antagelig noe under gran.

Rogn (*Sorbus aucupária*)

Naturlig forekomst: Vanlig over hele Norge der det er skog. I Sør-Norge opp til 1500 m o.h, men da som busk. Vanligst i skogsbildet er rogn i Møre og Romsdal. Forekommer sjeldent i rene bestander, men mer som enkelttrær isprengt annen skog.

Klima: Sommertemperatur 7,7°C. Tåler frost. Opp til nordboreal. Rogn har pælerot og tåler derfor godt vind.

Marktyper: Vokser best på gode marktyper med friskt vanntilslig, men er ellers svært nøysom. Rogn virker jordforbedrende.

Vegetasjonssammenheng: Rogn har store lyskrav og vokser mest i blandete bestander og som spredte innslag i lysåpne glenner i skogen. Rogn har en middels artsrikt lav- og moseflora på barken. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 10-15 år gammelt, og total levealder er opptil 100-150 år. Mindre utpreget lysart.

Samplanting: Tåler lite lys som ungt tre og kan stå som underbestand under en skjerm av andre treslag.

Dyreliv: Rogn byr på fint vinterfôr for mange fugler som troster, sidensvans og korsnebb. Beites hardt av hjortedyr og hare. I en engelsk undersøkelse av fuglers preferanse av trær til førsøk om sommeren var rogn ikke preferert.

Landskapsbilde: Rogn blir ikke noe stort tre og kan ha et buskaktig preg hvis den utvikler sympodial form. Blomstringen om våren, bærene om høsten og de vakre bladfargene i september gjør rogn til et svært vakkert tre i landskapet. Kan bli opptil 15 m høy.

Produksjon: Rogn har en rask ungdomsvekst fram til den begynner å blomstre ved 20-års alder. Etter denne tiden bruker den for mye av sin energi på bærproduksjon til at det blir et forstlig pro-

duksjonstre av betydning. Levetida er kort med maksimal alder på 120 år. Til møbelvirkesproduksjon bør rogn ikke ha lenger omløp enn 50 år da den lett blir angrepet av råte når den blir eldre. Produksjonsdata foreligger ikke, men produksjonen er i litteraturen betegnet som lav. Monopodial form hvis riktig skjøtsel.

Vedkvalitet: Meget gode bruksegenskaper til møbel og trevarer. Rogn har tofarget ved som i Finland har blitt utnyttet en del i møbelproduksjon. Tørrdensitet opptil 730 kg/m³.

Karbonbinding: Meget høy densitet retter noe opp det den lave volumproduksjonen skulle tilsi, men siden det ikke foreligger produksjonsdata, er dette usikkert.

Selje (*Salix caprea*)

Naturlig forekomst: Vanlig over hele Norge der det er skog. I Sør-Norge opp til 1100 m o.h, men da som busk. Vanligst i skogsbildeg er selje i Sør-Trøndelag og Vestfold. Forekommer sjeldent i rene bestander, men mer som enkelt trær i skogkanter og i lysninger.

Klima: Sommertemperatur 7,6°C. Tåler frost. Opp til nordboreal.

Marktyper: Vokser best på tørre gode marktyper, gjerne kalkholdig leire.

Vegetasjonssammenheng: Selja har store lyskrav og vokser ofte i blandete bestander i skogkanter og i lysåpne glenner i skogen. Selje har en middels artsrikt lav- og moseflora på barken. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 2-10 år gammelt, og total levealder er opptil 100 år.

Samplanting: Tåler lite lys som ungt tre og kan stå som underbestand under en skjerm av andre treslag.

Dyreliv: Selje byr på attraktivt vinterfôr for hjorteviltet og kan bli hardt nedbeitet. Om våren er seljas tidlige blomstring av avgjørende betydning for flere humlearter, sommerfuglarter og bier.

Landskapsbilde: Selje blir ikke noe stort tre, og kan ha et buskaktig preg hvis den utvikler sympodial form. Kan bli opptil 20 m høy.

Produksjon: Selje har rask vekst. Som masseproduksjonstre er det antagelig det mest effektive av viltvoksende norske trearter. Mest aktuelt til energiskog. Avhengig av omløpstid får selja en produksjon fra 0,9-2,2 m³/daa/år. Den høyeste produksjonen gjelder energiskog med omløpstid på 6-8 år. Monopodial form hvis riktig tynnet.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper til møbel og trevarer. Tørrdensitet 490 kg/m³.

Karbonbinding: Den raske veksten gir en bra karbonbinding som kan være langt høyere enn for eksempel gran.

Sommereik (*Quercus robur*)

Naturlig forekomst: Varmekjært edelløvtre som vokser opp til Nes på Hedmark i Sør-Norge, og nord til Nord-Møre langs kysten (plantet helt til Nordland på varme lokaliteter). Fylker med mye eik er Agder, Vestfold, Telemark og Hordaland. Samlet utgjør eika 4% av Norges løvskog.

Klima: Sommertemperatur ca. 12,5°C. Frostutsatt på skudd og knopper vår og høst. Tåler kraftig vind. Opp til boreonemoral sone.

Marktyper: Er ikke kravstor, men produserer best på næringsrik jord, gjerne med god fuktighet. Kan trives bra på meget stiv leire, noe som gjør den interessant i mange områder hvor andre treslag får problemer.

Vegetasjonssammenheng: Eikeskoger forekommer vanligst i Agder. Andre steder er det mer enkeltrær eller blandingsbestander. Rene eikeskoger har ofte urterike feltsjikt og innslag av geitved, krossved, hagtorn og hassel som busksjikt. Den rike floraen skyldes at eika slipper igjennom mye lys. Eik har en middels artsrikt lav- og moseflora på barken. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 20-35 år gammelt, og total levealder er fra 500-1500 år. Lyskrevende treart.

Samplanting: Eik egner seg i samplanting med bøk, ask, lind, lønn, lerk og gran.

Dyreliv: Meget verdifullt tre for biodiversiteten. Over 500 arter av flora og fauna er knyttet til eika. Spesielt interessant er det om noen av trærne får lov til å gå inn i neste omløp ved avvirkning, da de gamle trærne gir grunnlag for mange insekter. Eik er smaklig fôr for hjortevilt, mus, vånd og hare. Dette gjør det middels vanskelig å få opp bestander i utmarka. I en engelsk undersøkelse var eik ikke blant de prefererte treslagene ved fôr-søk hos fugl.

Landskapsbilde: Mye brukt som park-, allé- og gårdstuntre. Gammel eikeskog har et majestetisk preg. Gir staselige store trær opptil 30m. Danner monopodiale rette stammer ved riktig skjøtsel.

Produksjon: På gunstige plasser kan eika ha en god vekst. Målinger har vist fra 0,3 -0,85 m³/daa/år ved omløpstid på 120-160 år.

Vedkvalitet: Meget gode bruksegenskaper med tørrdensitet på 650 kg/m³. Egner seg til trelast, møbel og trevare.

Karbonbinding: Tørrdensitet og volumproduksjon sett i sammenheng tilsier at på egnede lokaliteter vil eik kunne gi bra karbonbinding.

Svartor (*Alnus glutinosa*)

Naturlig forekomst: Hører med til de varmekjære løvtrærne og vokser på Østlandet opp til 400 m o.h. Forekomster langs kysten nord til Trøndelag.

Klima: Sommertemperatur 12,4°C. Tåler godt frost. Opp til sørboreal region.

Marktyper: Sin beste vekst får svartora på fuktig leire (Gleisol) og langs elver og bekker. Tolererer høy og skiftende grunnvannstand. Et av de trærne som liker seg best på sumpmark. Tåler godt brakkvann og vokser ofte ned mot strandsonen.

Vegetasjonssammenheng: Svartor har symbiose med en nitrogenfikserende strålesopp, og svartor har derfor en jordforbedrende effekt ved sitt lave C/N-forhold i strøet. Gir grunnlag for et frodig plantesamfunn ofte preget av nitrofile arter. Svartor kan innta grasbunden mark. Svartor har en middels artsrikt lav- og moseflora på barken. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 5-20 år gammelt, og total levealder er opptil 120 år. Mindre utpreget lysart.

Samplanning: Kan egne seg som pionertre og etableringsskjerm for edelløvtrær på grasbunden mark. Den korte omløpstiden begrenser samplantingsmulighetene med treslag som ikke tåler asynkron avvirkning. Nitrogenfikseringen kan bidra til økt produksjon for andre trær i bestandet.

Dyreliv: Viktig beiteplante for jerpe. Av andre beitende dyr er or lite preferert, noe som gjør den lett å fornye.

Landskapsbilde: Småvokst skog som ofte danner randsoner mot vann og vassdrag og mot jordbruksmark. Kan danne lysåpne bestander med et frodig feltsjikt. Høyde opptil 25 m.

Produksjon: Totalproduksjon er god på riktige marktyper, og or er antagelig en av de beste masseproduksjonstrærne vi har.

Produksjonen oppgis til 0,7-1,2 m³/daa/år. Omløpstiden er 35-50 år. Monopodial form.

Vedkvalitet: Gode bruksegenskaper som egner seg til møbel, trelast, trevare og plater. Svartor har tilnavnet "nordens mahogni" på grunn av den vakre fargetonen i treverket. Tørrdensitet 510 kg/m³.

Karbonbinding: Svartorens høye produksjon og densitet gjør at den på riktige marktyper er meget effektiv som karbonbinder.

Søtkirsebær (*Prunus ávium*)

Naturlig forekomst: Det er delte meninger om søtkirsebær hører med til de opprinnelige europeiske naturlige treslag, men søtkirsebær har etablert seg og forekommer vanlig langs hele kysten opp til Trøndelag. Forekommer på Østlandet nord til Ringsaker.

Klima: Boreonemoral. Liker ikke kraftig vind.

Marktyper: Sin beste vekst får søtkirsebær på næringsrik grunn med passe fuktighet (behøver ikke være kalkrike jordtyper). Vokser ofte bra på stiv leire, noe som gjør den aktuell i ravine-landskapet på Romeriket.

Vegetasjonssammenheng: Søtkirsebær vokser oftest som enkelttrær isprengt andre bestander. Søtkirsebær slipper gjennom lys, og strøet er lett nedbrytbart. Dette indikerer at den vil kunne gi en artsrikt flora. Blomstring og frøsetning begynner når treet er 4-15 år gammelt, og total levealder er opptil 100 år. Halvskyggeart.

Samplanning: Kan egne seg som pionertre og etableringsskjerm for edelløvtrær på grasbunden mark. Den korte omløpstiden begrenser samplantingsmulighetene med treslag som ikke tåler asynkron avvirkning.

Dyreliv: Vårblomstringen er en viktig fødekilde for insekter. Bærene spises av fugler, og kjernen av skogmus (*Apodemus spp.*). Middels utsatt for viltskader.

Landskapsbilde: På grunn av sin blomstring om våren og røde vakre høstdrakt synes den godt i landskapet. Rene bestander vil derfor ikke se "naturlig" ut, men understreke at dette er innplantet. Høyde opptil 25m.

Produksjon: Forsøk med rene bestander viser en god bestandsutvikling med monopodiale høye stammer hvis de blir skjøttet riktig. Produksjonstall fra England antyder 0,4-0,8 m³/daa/år.

Skandinaviske data mangler, men søtkirsebær betegnes ofte i litteraturen som middels til hurtigvoksende.

Vedkvalitet: Vakkert trevirke med bruksegenskaper som egner seg til møbel, trevare og finer. Tørrdensitet 535 kg/m³.

Karbonbinding: Søtkirsebærens middels produksjon, men høye densitet gjør at den på riktige marktyper er effektiv som karbonbinder.

Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren

Biomasseberegninger og økonomi

Av Per Kristian Rørstad (NLH) og Birger Solberg (NISK)

Referat

Rørstad, P. K. & Solberg, B. 1993. Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren. Biomasse- og økonomiberegninger. - NINA Utredning 052: 35 - 52

Formålet med del 2 er å sammenligne monokulturer (gran) og blandingsbestand (bjørk, furu, gran, osp og or) mht økonomi og binding av karbon. Analysen er begrenset til to mulige blandinger: 1) 70% bjørk, 10% furu, 10% osp og 10% or og 2) 80% or og 20% bjørk. Forskning i Norge har tradisjonelt vært fokusert på gran, furu og bjørk. For andre treslag og spesielt for blandingsbestand, er forskningsresultatene begrenset. Usikkerheten i beregningene er derfor større for blandingsbestandene enn for gran. Som økonomisk indikator er netto nåverdi brukt. Nåverdien er beregnet for 3, 5, og 7% p.a. realrente for å dekke et fornuftig intervall. De beregnede nåverdiene inkluderer bare inntekter og kostnader knyttet til tømmerproduksjon. Ved 3% p.a. realrente er nåverdiene høyere for gran, mens de er høyere for blandingene ved 5 og 7% p.a. realrente. Usikkerheten er større for blandingene, så en "modifisert" konklusjon vil være at det ser ut til at blandingene er økonomisk konkurransedyktige med gran ved 5 og 7% p.a. realrente. Karbon bindingen er signifikant høyere for gran enn for blanding 2. For blanding 1 er forskjellen ikke stor nok til at en kan trekke en klar konklusjon, men bindingen er høyest for gran. For å få sikrere resultater, som kan brukes i valget av virkemidler i miljøpolitikken, er det nødvendig med mer forskning. Denne forskningen bør fokusere på produksjonen i blandingsbestand.

Emneord: Skogplanting - Landbruksmark - Tiltak - CO₂ - økonomi - Norge

Per Kristian Rørstad, Inst. for økonomi og samfunnsfag, Postboks 5033, 1432 Ås,

Birger Solberg, Norsk institutt for skogforskning (NISK)/Inst. for skogfag, Postboks 5044, 1432 Ås,

Abstract

Rørstad, P. K. & Solberg, B. 1993. Forest production in Norway as a measure against increased level of CO₂ in the atmosphere. Biomass and economic calculations. - NINA Utredning 052: 35 - 52

The aim of part 2 is to compare monocultures (spruce) and mixed stands (birch, pine, spruce, aspen and alder) regarding economic parameters and carbon sequestration. The analysis is limited to two possible mixtures: 1) 70% birch, 10% pine, 10% aspen and 10% alder and 2) 80% alder and 20% birch. Research in Norway has traditionally been focused on spruce, pine and birch. For the others (aspen and alder) and especially for mixed stands, the research results are limited. The uncertainty in the estimates are therefore much larger for the mixed stands than for spruce. As an indicator of the economic performance the net present values (NPV) is used. The NPVs are calculated for 3, 5 and 7% p.a. real rate of interest in order to cover a reasonable interval. The NPVs only include incomes and costs connected to timber production. At 3% p.a. rate of interest the NVP is higher for spruce, whereas the NPVs for the mixtures are found to be higher at 5 and 7% p.a. The uncertainty is larger for the mixtures, so a "modified" conclusion would be that the mixtures seem to be competitive at 5 and 7% p.a. real rate of interest. The carbon sequestration is significantly higher for spruce than for mixture 2. For mixture 1 the difference is not large enough to reach a clear conclusion, but the sequestration is higher for spruce. To get more reliable results, that can be used in choices of environmental policy, more research is needed. This research should be focused on production in mixed stands.

Key words: Afforestation - Cultivated land - Policy - CO₂ - Economy - Norway

Per Kristian Rørstad, Dept. of Economics and Social Sciences, P.O. 5033, 1432 Ås, Norway

Birger Solberg, Norwegian forest research institute (NISK)/Dept. of forestry, NLH, P.O. 5044, 1432 Ås, Norway

1 Innledning

Rapporten "Reduksjon av atmosfærisk CO₂ ved endret arealbruk - en effektivitetsanalyse med vekt på risiko" utarbeidet av Norsk institutt for skogforskning (NISK) og Institutt for skogfag, Norges landbrukshøgskole (NLH) (Lunnan et al. 1991), og notatet "Skog og skogproduksjon som virkemiddel mot CO₂-opp-hopning i atmosfæren" fra Institutt for økonomi og samfunnsfag, NLH (Solberg et al. 1992) diskuterer muligheten for å utnytte bl.a. marginal jordbruksmark som arealer for å binde CO₂. NINA ved Håkon Borch (se del 1) har på oppdrag fra DN vurdert de miljøkonsekvenser og virkninger en kan forvente av å bruke skog som tiltaksmiddel for å redusere CO₂ i atmosfæren, og muligheter for å bruke marginal jordbruksmark som CO₂-bindende arealer. Hensikten med denne delen av utredningen er i første rekke å kvantifisere biomasseproduksjonen i skog ved et mer "miljøvennlig skogbruk" slik det er skissert i del 1 i denne utredningen, og å vurdere økonomien ved et slikt alternativ. Det er ikke hensikten å gi en fullstendig oversikt over konsekvensene av alle alternative skogbruksformer, men ved hjelp av noen eksempler prøve å få et visst begrep om hva en overgang til en mer miljøvennlig utforming av skogbruket vil bety.

Kommersielt skogbruk i Norge er i første rekke basert på treslagene gran og furu. På Vestlandet og i Nord-Norge blir også bjørka utnyttet, og særlig i Nord-Norge er det knyttet kommersielle in-

teresser til bjørka. I disse områdene er også relativt store arealer tilplantet med gran. Grunnen til dette er først og fremst at økonomien ved et "granskogbruk" er bedre enn for et "blandings"- eller "løvskogbruk". Det har også vært og er til dels fortsatt, et politisk mål å øke produksjonen i norske skoger. Dette er lettere å oppnå ved tilplantning av bartrær. Imidlertid er det også viktig å ta med at andelen løvtrær har økt, i alle fall i resten av landet.

Det er klart at tilplantningen har gitt miljømessige konsekvenser for flora, fauna og den estetiske verdien av skogene. Omfanget og kostnadene av dette sett fra samfunnets side kan diskuteres, men det er utenfor rammen av denne delen av utredningen (del 2) å drøfte dette.

Det største problemet en støter på når en nå skal finne nye og mer miljømessige "riktige" tiltak i skogbruket, er nettopp den historiske bakgrunnen. Den satsingen som har vært rundt gran og furu, har ført til at de andre treslagene har kommet mer i bakgrunnen. Det er forsket lite på andre treslag, og enda mindre på blanding av forskjellige treslag. Datamaterialet for analyse er derfor nokså tynt.

På grunn av begrensede ressurser og et tynt datamateriale har vi i første rekke valgt å se på treslagene gran, furu, bjørk, osp og or. Det er viktig å understreke at mange av forutsetningene som ligger bak beregningene er basert på skjønn.

2 Omregning av boniteter

Ved treslagsskifte og analyser av blandingsbestand er det av flere grunner viktig å kjenne boniteten (produksjonsevnen) til de forskjellige treslagene. For det første vil en gitt bonitet ha en gitt produksjonsevne, noe som i seg selv er en "målvariabel". Produksjonstabeller er også vanligvis laget med bonitet som inngang. Ved omregningen fra granbonitet til furu- og bjørkebonitet er dataprogrammet KVIKK-TAB brukt (NISK 1987). Boniteter for gran, furu og bjørk på samme voksested er vist i **tabell 1**.

Vi har valgt å bruke granbonitet 17 som utgangspunkt for beregningene. Ut fra **tabell 1** ser en at både furu og bjørk faller innenfor denne boniteten. Det kan diskuteres om bonitet 17 er det rette valget. G17 ligger litt over landsgjennomsnittet, men det er klart at det f.eks. på Vestlandet finnes områder med en langt høyere bonitet, opptil G26. En analyse av alle boniteter vil imidlertid være svært tidkrevende, og gå utover de ressursmessige rammene for dette prosjektet.

Når det gjelder valg av boniteter for osp og or, er disse basert på skjønn. Vi har valgt å bruke de beste bonitetene for osp og or (Osp II og Or I). Disse bonitetene er valgt for i alle fall ikke å underestimere produksjonen for osp og or.

Når det gjelder omløpstid (**tabell 2**), har vi for gran, furu og bjørk valgt å bruke tall fra "Håndbok for planlegging i skogbruket" (IST/ISØ 1987). Dette representerer den tradisjonelle omløpstiden, nemlig den som maksimerer produksjonen. For osp og or har vi gått inn i produksjonstabellene (Haugberg 1958, Børset & Langhammer 1966) og funnet tidspunktet hvor årlig løpende tilvekst er lik årlig middeltilveksten, noe som er identisk med maksimal produksjon.

Det er viktig å understreke at disse omløpstidene ikke er økonomisk optimale. Det kan vises at økonomisk optimal omløpstid under normale forhold vil være kortere enn den som maksimerer produksjonen, se f.eks. Johansson & Löfgren (1985). Den økonomisk optimale omløpstiden vil imidlertid være sterkt avhengig av rentekravet, og vil gå ned med økende rentekrav. For gran og furu vil vi anta at økonomisk omløpstid ligger minst 10 år under biologisk omløpstid under forutsetning av "normalt" rentekrav.

Tabell 1 Omregning av bonitet fra gran til furu og bjørk. Alle boniteter i H40 systemet. Corresponding site indexes for spruce, pine and birch. All site indexes are in the H40-system

Gran	Furu	Bjørk
11	12,6	10,5
14	14,5	12,5
17	16,4	18,0
20	18,3	19,9
23	20,1	21,8
26	23,7	22

Tabell 2 Omløpstider for de ulike treslagene. Harvesting age for different tree species.

Treslag	Omløpstid (år)
Gran	90
Furu	90
Bjørk	60
Osp	60
Or	40

3 Beregninger av biomasse

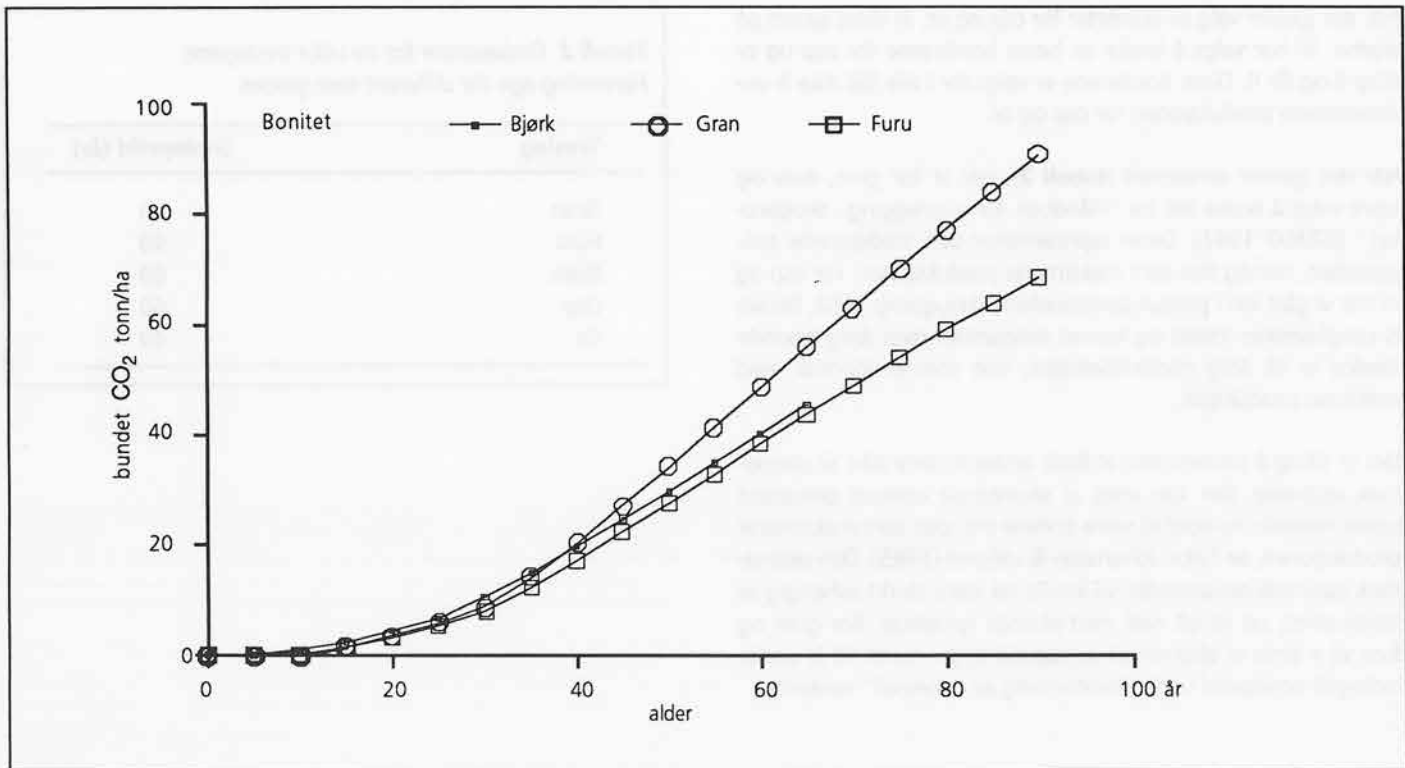
3.1 Biomasseproduksjon hos gran, furu og bjørk

Det er ikke gjort omfattende undersøkelser i Norge for å estimere biomasseproduksjonen i skog. For Sverige har Marklund (1988) utarbeidet forskjellige funksjoner for biomasseproduksjon for furu, gran og bjørk. Marklund (1988) har utarbeidet funksjoner for forskjellige "fraksjoner" slik som stamme, døde og levende greiner, etc. For bjørk er det ikke estimert funksjoner for de delene av treet som er under bakken, dvs stubbe og røtter. Disse delene er for bjørk anslått til 30% av biomassen over bakken. På bakgrunn av disse funksjonene har Blingsmo (1990) utarbeidet tabeller over biomasseproduksjon for furu, gran og bjørk. Tabellene er utarbeidet ved en kobling av norske produksjonsmodeller (tilvekstmodeller) og de svenske funksjonene, som

en antar har gyldighet også i Norge. I planleggingsprogrammet GAYA (Hoen & Eid 1990) er det gjort en tilsvarende kobling mot de svenske biomassefunksjonene. Beregningen her for gran, furu og bjørk er basert på tabellene utarbeidet av Blingsmo (1990). **Figur 1** viser utviklingen av total biomasse (i CO₂) for gran, furu og bjørk på bonitet 17 og utgangstetthet 2500 planter pr ha.

3.2 Biomasseproduksjon hos osp og or

For osp og or er det ikke, etter det vi vet, gjort undersøkelser av biomasseproduksjonen i Norge. For osp er det publisert konvensjonelle produksjonstabeller for bonitet II og III (Haugberg 1958). Opdahl (1991) har også studert produksjon og skjøtsel av osp. For gråor har Børset & Langhammer (1966) publisert produksjonstabeller for orebonitet 1 og 2. For både osp og or inneholder tabellene bare de tradisjonelle dataene for utviklingen av bestandet, dvs diameter, høyde, volum, etc.



Figur 1

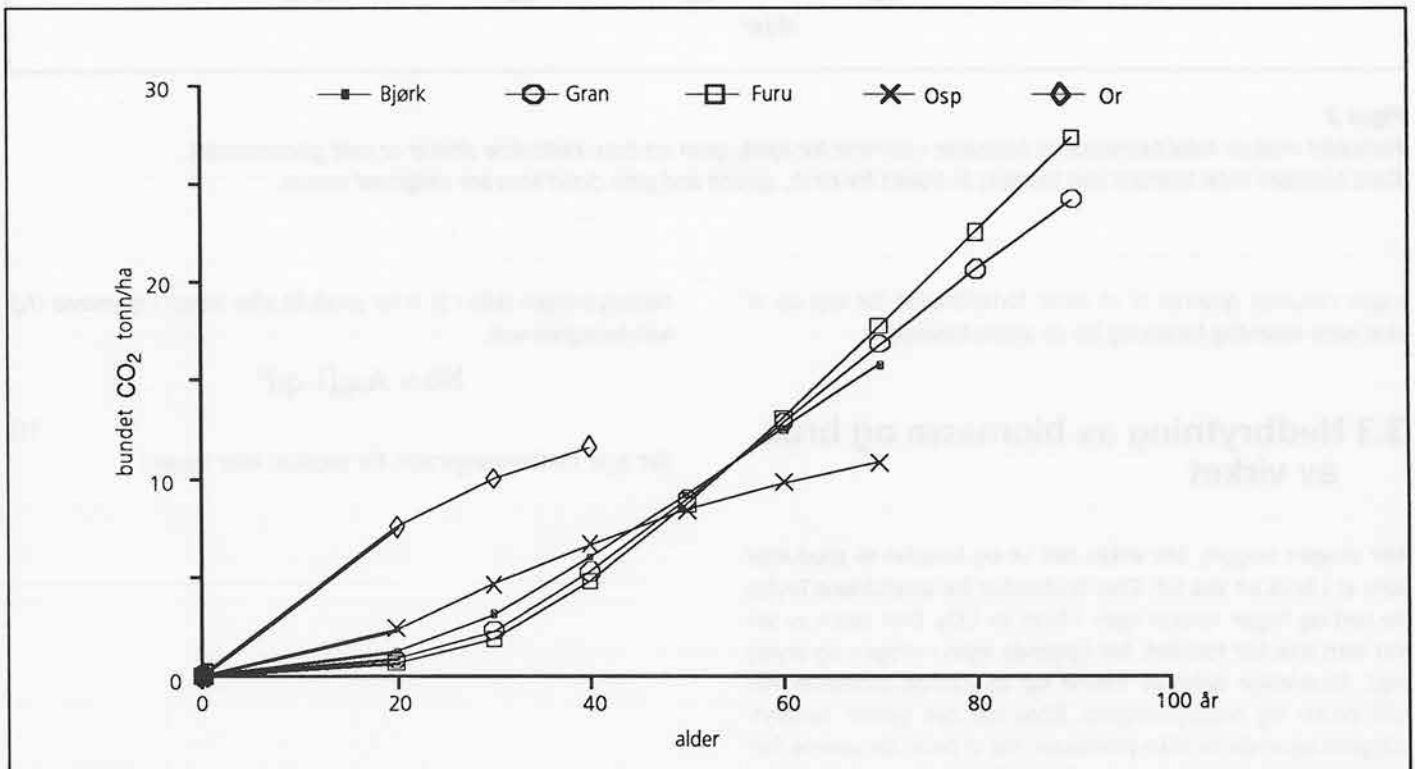
Utvikling av total biomasse (som CO₂) for bjørk, gran og furu.
Development of total biomass as CO₂ for birch, spruce and pine.

En mulig metode for å estimere biomasseproduksjonen ut fra konvensjonelle produksjonstabeller er å bruke funksjonene for bjørk beregnet av Marklund (1988). Det er imidlertid få muligheter for å teste om disse er riktige. Marklund har, som før nevnt, beregnet funksjoner for flere deler av trærne. En mulig måte å teste om disse funksjonene også kan brukes på osp og or, er å teste funksjonene for stammebiomasse. Ved å bruke disse funksjonene, som har inngang diameter ($d_{1,3}$), får en et uttrykk for biomassen i stammen for middeltreet. Ved å multiplisere dette med antall trær pr ha får en total stammebiomasse pr ha (kg/ha). Ut fra produksjonstabellene finner en stående volum pr ha (m^3/ha), og forholdet mellom biomasse og volum gir basisdensiteten (kg/m^3). Ved så å sammenligne dette tallet med densitet fra litteraturen kan en se hvor gode funksjonene er. For osp er basisdensiteten $400 kg/m^3$ og for svartor $440 kg/m^3$ (Kucera 1986). I vedlegg 1 til del 1 er en basisdensitet for gråor oppgitt til $370 kg/m^3$. Funksjonene for stammebiomasse gav i snitt en basisdensitet for osp på $332 kg/m^3$ og for gråor $440 kg/m^3$. Marklund (1988) sine funksjoner for stammebiomasse bør derfor ikke brukes.

En annen mulighet for å studere biomasseproduksjon er å se på bare stammebiomassen. Denne kan lett regnes ut ved at en kjenner basisdensiteten og stående volum på forskjellige tidspunkter. **Figur 2** viser utviklingen i stammebiomasse (tonn tørrstoff) for de aktuelle treslagene. For gran, furu og bjørk er Blingsmo (1990) brukt, mens for osp og or er biomassen beregnet ut fra nevnte produksjonstabeller.

Det er svært lite tilfredsstillende å bare se på stammebiomasse fordi dette representerer bare omlag halvparten av den totale biomassen. For å få et visst grep om hvor stort forholdet er mellom biomasse i stammen og den totale biomassen, kan en ta utgangspunkt i Blingsmo (1990) sine biomassetabeller. **Figur 3** viser dette forholdet for gran, furu og bjørk på forskjellige tidspunkt.

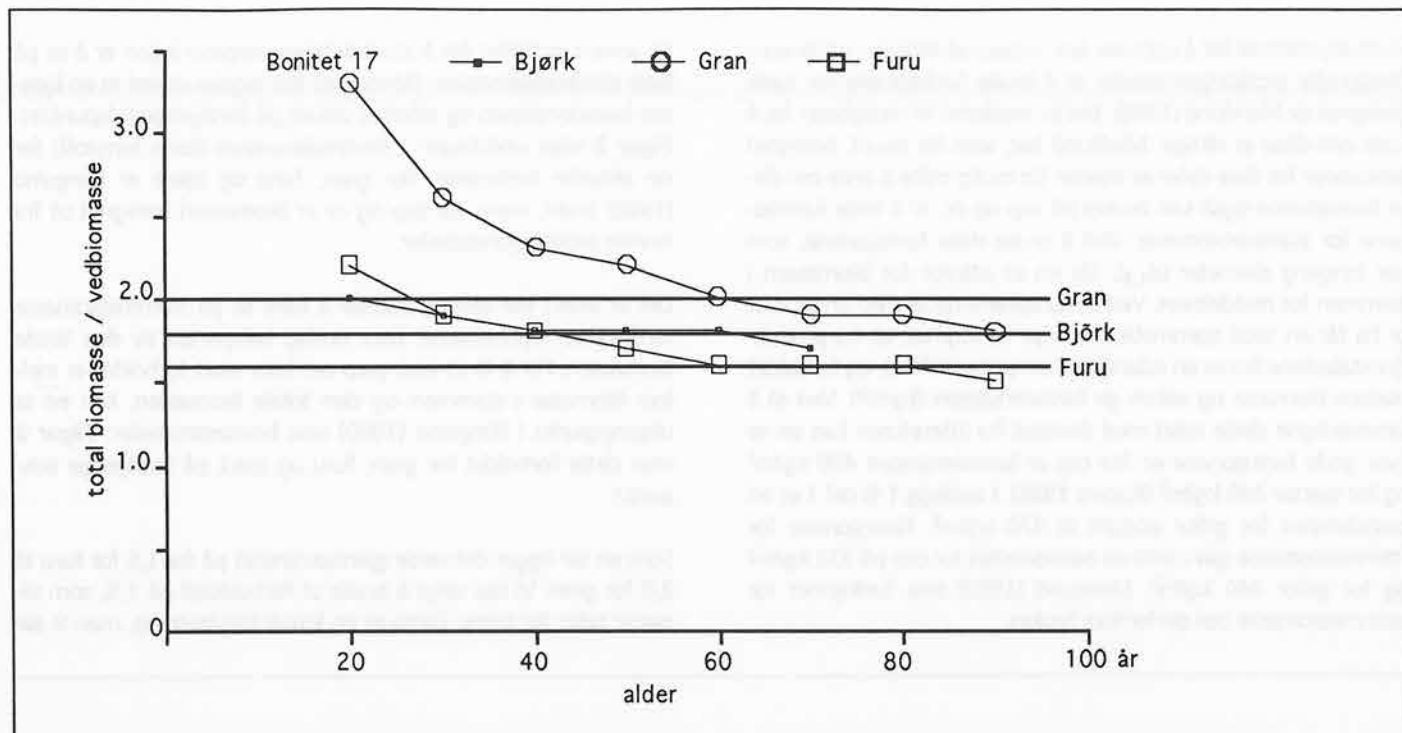
Som en ser ligger det veide gjennomsnittet på fra 1,6 for furu til 2,0 for gran. Vi har valgt å bruke et forholdstall på 1,8, som tilsvare tallet for bjørk. Dette er en kritisk forutsetning, men vi ser



Figur 2

Utvikling av stammebiomasse for bjørk, furu, gran osp og or.

Development of biomass in trunks for birch, spruce, pine, aspen and alder.



Figur 3

Forholdet mellom total biomasse og biomasse i stamme for bjørk, gran og furu. Heltrukne streker er veid gjennomsnitt. Ratio between total biomass and biomass in trunks for birch, spruce and pine. Solid lines are weighted means.

ingen naturlige grunner til at dette forholdstallet for osp og or skal være vesentlig forskjellig fra de andre treslagene.

Nedbrytningen (N_b) i år n for produkt eller tredel i biomasse (A_i) kan beregnes ved:

$$N_b = A_i q_i (1 - q_i)^n$$

[1]

3.3 Nedbrytning av biomasse og bruk av virket

Når skogen hogges, blir virket tatt ut og foredlet til produkter som er i bruk en viss tid. Etter brukstiden for produktene brytes de ned og frigjør karbon igjen i form av CO_2 . Den delen av virket som ikke blir foredlet, blir liggende igjen i skogen og brytes ned. Forskjellige deler av trærne og forskjellige produkter har ulike bruks- og nedbrytningstid. Både når det gjelder nedbrytningstid og andel av ulike produkter, har vi brukt de samme forutsetningene som i Lunnan et al. (1990). For osp og or har vi forutsatt at disse på dette punktet er lik bjørk.

der q_i er nedbrytningsraten for produkt eller tredel i .

4 Økonomi

For økonomiberegningene har vi valgt å bruke nåverdi som et økonomisk mål. Dette er det mest brukte målet for økonomi innen skogbruk. Nåverdien for alle framtidige omløp for et bestand kan beregnes ved

$$NV = \left[\sum_{t=0}^T h_t p_t (1+r)^{-t} - \sum_{t=0}^T C_t (1+r)^{-t} \right] * \frac{(1+r)^T}{(1+r)^T - 1} \quad [2]$$

der h_t er hogst ved tidspunkt t (m^3/ha), p_t er nettoprisen ved tidspunkt t (kr/m^3), r er rentefoten (rentekravet), C_t er kostnader ved tidspunkt t (kr/ha) og T er tidshorizonten (hogstalter). Første delen av [2] (det innenfor hakeparentesen) gir nåverdien for et omløp, mens siste delen er gjentakelsesfaktoren.

Rentefoten vil her være helt avgjørende for resultatet. Generelt kan en si at nåverdien går ned med økende rentefot. Siden rentefoten er en implisitt verdsetting av tid, vil en høy rentefot generelt favorisere tiltak med kort omløpstid mht nåverdien.

Det kan diskuteres hvilke rentefot en skal bruke i slike analyser. Det er anbefalt at en ved samfunnsøkonomiske analyser skal bruke 7% p.a. Et slikt høyt rentenivå vil for skogbruket bety at investeringsnivået, i forhold til dagens nivå, må gå ned. Populært sagt; skogen vokser ikke fort nok til å forrente dagens investeringsnivå til 7% rente. Dette betyr også at skogeierne ikke investerer i skog til 7%, men til en rentefot etter skatt som ligger betydelig lavere. Normalt vil en anta at skogeiernes realrentekrav etter skatt ligger i området 1-4%. I de økonomiske beregningene har vi valgt å bruke 3, 5 og 7% p.a.

Prisforutsetninger er et annet moment som er svært viktig i økonomiske beregninger. Inntekter fra de investeringer som gjøres (planting og annen skogkultur) høstes ikke før etter relativt lang tid (her 40 - 90 år). Mye kan skje i løpet av en slik periode mht priser. Tømmerprisene har de siste årene vist en relativt kraftig nedgang. Ser vi på tømmerprisene i et lengre perspektiv ser vi at det har vært relativt store variasjoner med en topp på 30-tallet og en på 50-tallet. Hvordan prisene vil være om 40 - 90 år er derfor umulig å vite. I mangel av en bedre gjetning har vi tatt utgangspunkt i dagens priser, dvs de prisene som gjaldt ved beregningstidspunktet. Vi har tatt utgangspunkt i tømmerprisene som gjaldt i Nedre Glommen skogeierforening vinteren 1992 (Nedre Glommen skogeierforening 1992). Prisene har etter denne tid falt.

Tabell 3 Gjennomsnittlige nettopriser (kr/m^3).
Mean net prices (kr/m^3).

Treslag	Nettopris (kr/m^3)
Gran	220
Furu	200
Bjørk	150
Osp	100
Or	80

Et annet problem mht priser er at det finnes en rekke sortimenter. For å få et godt prisestimat må en se på dimensjonsfordelingen og "dele" det enkelte treet i bestandet i de forskjellige sortimentene (apting). Imidlertid er dette vanskelig fordi produksjonstabellene ikke gir dimensjonsfordeling, og fordi det er en del kvalitetskriterier som heller ikke kommer fram i produksjonstabellene. For løvtreslagene har vi derfor gjort en skjønnsmessig fordeling av volumet i de forskjellige sortimentene og beregnet en gjennomsnittlig pris pr m^3 . For gran har vi støttet oss til dataprogrammet BESTPROG (Blingsmo & Veidahl 1990) som til en viss grad foretar en teoretisk apting. **Tabell 3** viser gjennomsnittlig nettopris for de ulike treslagene.

Som nevnt er det ikke gjort noe særlig forskning i Norge på andre treslag enn gran og furu. Veidahl (1991) har sammenlignet økonomien for en del løvtreslag og gran. Beregningene er gjort i forbindelse med en utredning som særlig har fokusert på kvalitetsproduksjon og omsetning av løvtretømmer i Akershus (Fylkeslandbrukskontoret i Akershus 1991). Beregningene vil normalt gjelde for boniteter som ligger over det vi har forutsatt i våre beregninger. Hvordan dette slår ut, er noe usikkert, høyere bonitet vil gi høyere produksjon og dermed høyere inntekter, men kulturkostnadene vil samtidig også øke. Det er å vente at gran vil bli mer lønnsomt med økende bonitet sammenlignet med løv. Imidlertid er dette avhengig av at kvaliteten for gran ikke går ned, noe som enkelte ganger kan være tilfelle ved f.eks. tilplantning på råteutsatt mark.

Nåverdiene i **tabell 4** er beregnet på grunnlag av Veidahl (1991). Vi vil ikke gå nærmere inn på beregningen til Veidahl (1991) og forutsetningene som ligger bak, men bare kort oppsummere Veidahls konklusjoner:

"Naturlig foryngelse av lauvskog over en viss alder og tetthet kan være konkurransedyktig med gran. Det forutsettes at lauvskogen pleies, slik at en får en del skur/spesialvirke ved slutt-

Tabell 4 Nåverdi (kr/ha) for alle framtidige omløp beregnet ved 3, 5 og 7% realrente. Høyt og lavt estimat, og snitt av disse. (Kilde: Veidahl 1991).

Net present value for all future cycles estimated at 3, 5, and 7% p.a. real rate of interest. Mean, high and low estimates of net present value. (Veidahl 1991).

Treslag	omløps - tid (år)	3%		5%		7%	
		høyt	lavt	høyt	lavt	høyt	lavt
Gran, høy bonitet	60	14380	4255	-4060	-6860	-8790	-9660
Gran, høy bonitet (gj.sn.)			9320		-5460		-9220
Intensivt løv (alm ask osp)	60	12080	4930	850	-1130	-1870	-2480
Intensivt løv (gj.sn.)			8510		-140		-2175
Ekstensivt løv (alm ask osp)	60		410		110		40
Gråor, høy bonitet	40	11520	6310	4150	2150	1650	770
Gråor, høy bonitet (gj.sn.)			8910		3150		1210

hogst.... Planting av lauvtrær vil i de fleste tilfeller være uøkonomisk hvis det ikke innføres spesielle tilskuddsordninger... På svært gode boniteter er det sannsynlig at en ved bruk av dagens priser på gran overvurderer framtidige inntekter pga at dagens kvalitetsreglement og prissystem lite fanger opp lav densitet og stor andel ungdomsved o.l. Lauvskog på svært god bonitet har ikke det samme kvalitetsproblemet."

I Sverige er det foretatt relativt omfattende undersøkelser i forbindelse med tilplanting av tidligere åkermark. Åkermark er en nokså spesiell type mark, men vi har likevel valgt å presentere i **tabell 5** noen av de økonomiske beregningene som er foretatt i det svenske prosjektet (Eriksson L. 1991). Beregninger er gjort for ulike prisscenarier, og vi har valgt ut det scenariet som gav høyest og lavest nåverdi. Vi har også beregnet gjennomsnittet av disse. Beregningene vil ikke uten videre gjelde for Norge, men de vil sannsynligvis gi et realistisk bilde av forholdet mellom de ulike treslagene.

Vi har i tillegg foretatt beregninger i dataprogrammet BESTPROG (Blingsmo & Veidahl 1990) for å beregne nåverdien for gran på bonitet 17. Programmet beregner bestandsutviklingen basert på samme antakelser som i andre bestandstabeller (bl.a. Blingsmo 1990). **Tabell 6** viser resultatet fra beregningene. På grunnlag av resultatene fra BESTPROG er også økonomisk optimal hogstaldere beregnet. Med et rentekrav på 7% er optimal hogstaldere ca 45 år, et rentekrav på 5% gir hogstmodenhetsalder på 50 år og 3% gir 70 år. Med andre ord fordrer en hogstaldere på 90 år et rentekrav godt under 3%, men avhenger av bl.a. optimal plantetetthet (som går ned ved økende rente).

Tallene i tabellen kan justeres for kulturkostnader ved å trekke fra kr 1030 ved et rentekrav på 3%, kr 730 ved 5% og 540 ved 7%.

Selv om ingen av de beregningene som er referert er gjort for blandingsbestand, vil de i alle fall gi en viss pekepinn/ramme for økonomien for blandingsbestand.

Tabell 5 Nåverdi (SEK/ha) for alle framtidige omløp beregnet ved 3, 5 og 7% realrente. Høyt, lavt og snitt av estimat. (Kilde: L. Eriksson 1991).

Net present value (SEK/ha) for all future cycles estimated at 3, 5, and 7% p.a. real rate of interest. Mean, high and low estimates of net present value. (L. Eriksson 1991).

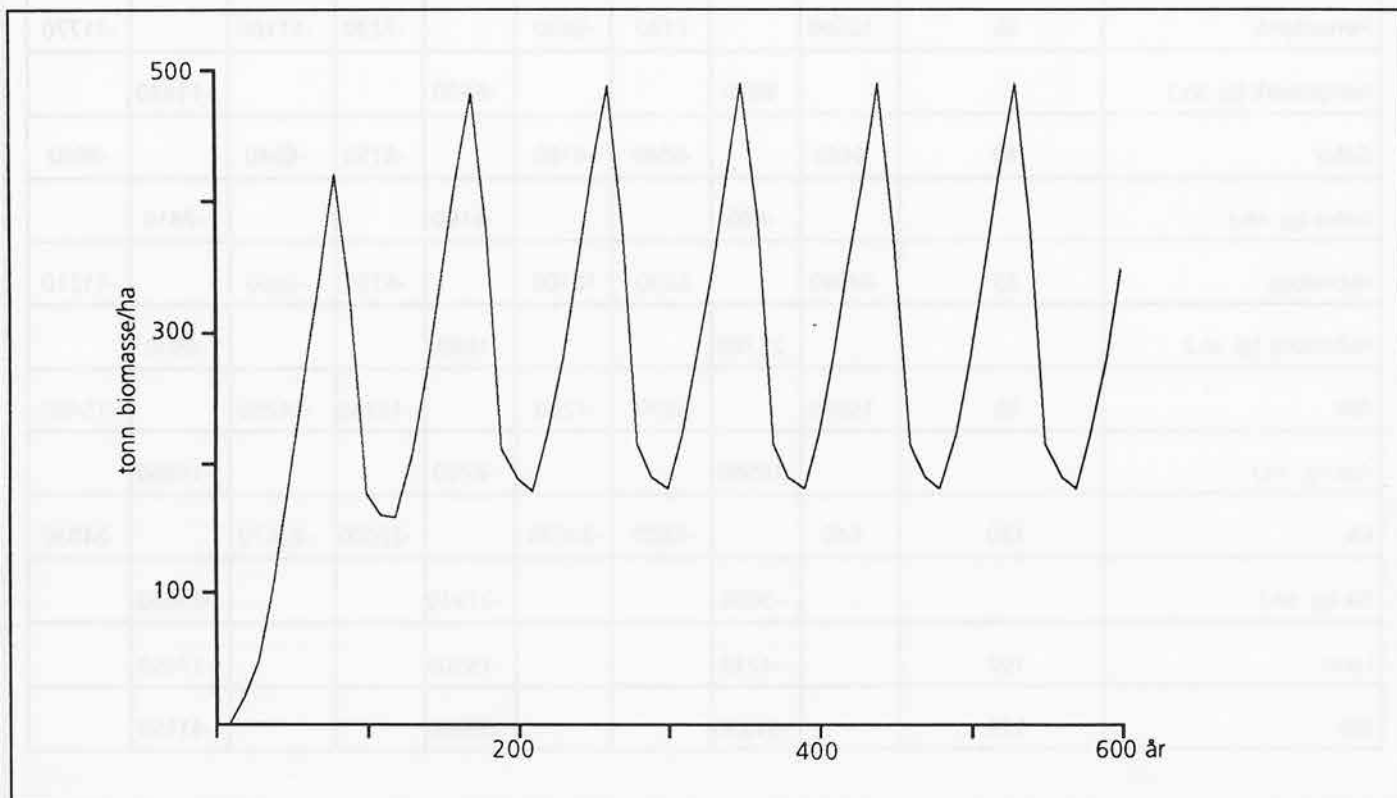
Treslag	omløps- tid (år)	3%			5%			7%		
		høyt		lavt	høyt		lavt	høyt		lavt
Gran 3500 pl/ha	74	27990		6970	1380		-5180	-5890		-8420
(Gran 3500 pl/ha gj. sn.)			17480			-1900			-7160	
Gran 1500 pl/ha	74	38100		16770	8470		2160	340		-1950
Gran 1500 pl/ha (gj. sn.)			27440			5310			-810	
Hengebjørk	55	10590		7140	-5830		-7230	-11100		-11770
Hengebjørk (gj. sn.)			8870			-6530			-11430	
Gråor	40	4440		-6040	-4180		-8150	-6940		-8680
Gråor (gj. sn.)			-800			-6160			-7810	
Hybridosp	33	44090		6630	10100		-6330	-2660		-11210
Hybridosp (gj. sn.)			25360			1890			-6930	
Ask	60	15090		6070	-7220		-10280	-14250		-15480
Ask (gj. sn.)			10580			-8750			-14860	
Eik	120	640		-6800	-20620		-22000	-23670		-24030
Eik (gj. sn.)			-3080			-21310			-23850	
Lønn	100		-4710			-15500			-17650	
Bøk	120		-31630			-39640			-41150	

Alle beregningene er gjort uten å ta hensyn til skatt, tilskuddsordninger, o.l. Beregningene vil derfor representere samfunnsmessi-

ge nytter og kostnader under forutsetning av bl.a. full sysselsetting m.v.

Tabell 6 Nåverdi (kr/ha) for gran bonitet 17 for alle framtidige omløp ved forskjellige rentekrav og to ulike plantetettheter. Det er i beregningene ikke medtatt kulturkostnader utover planting. Beregningene er foretatt i BESTPROG.
 Net present value for spruce at cite index 17 for all future cycles estimated at 3, 5, and 7% p.a. real rate of interest, and two different plant densities. Only planting costs are included in the model. Estimates are done in BESTPROG.

Alternativ	3%	5%	7%
2500 pl/ha, uten tynning	3260	-5590	-7130
2500 pl/ha, med tynning ved år 50	4140	-5160	-6940
1500 pl/ha, uten tynning	4060	-3070	-4240
1500 pl/ha, med tynning ved år 50	3800	-3000	-4190



Figur 4

Utviklingen i lagret biomasse (skog + hogstavfall + produkter) for gran.

Development in "stored" biomass (standing stock + forest litter + products) for spruce.

5 Resultater

Før vi går inn på bestemte behandlingsalternativer, er det viktig å se på hvordan utviklingen i biomasse over tid er for de enkelte treslagene. **Figur 4-8** viser utviklingen over 600 år for de forskjellige treslagene. Som utgangspunkt for figurene er produksjonstabellene som nevnt ovenfor brukt. For gran er det forutsatt at et nytt bestand etableres rett etter hogst. For blandingsbestandene er det regnet 10 års ventetid, dvs det går 10 år fra hogst til det nye bestandet er etablert. For osp og or er samme forutsetninger som for bjørk brukt når det gjelder fordeling på ulike produkter og nedbrytningstider.

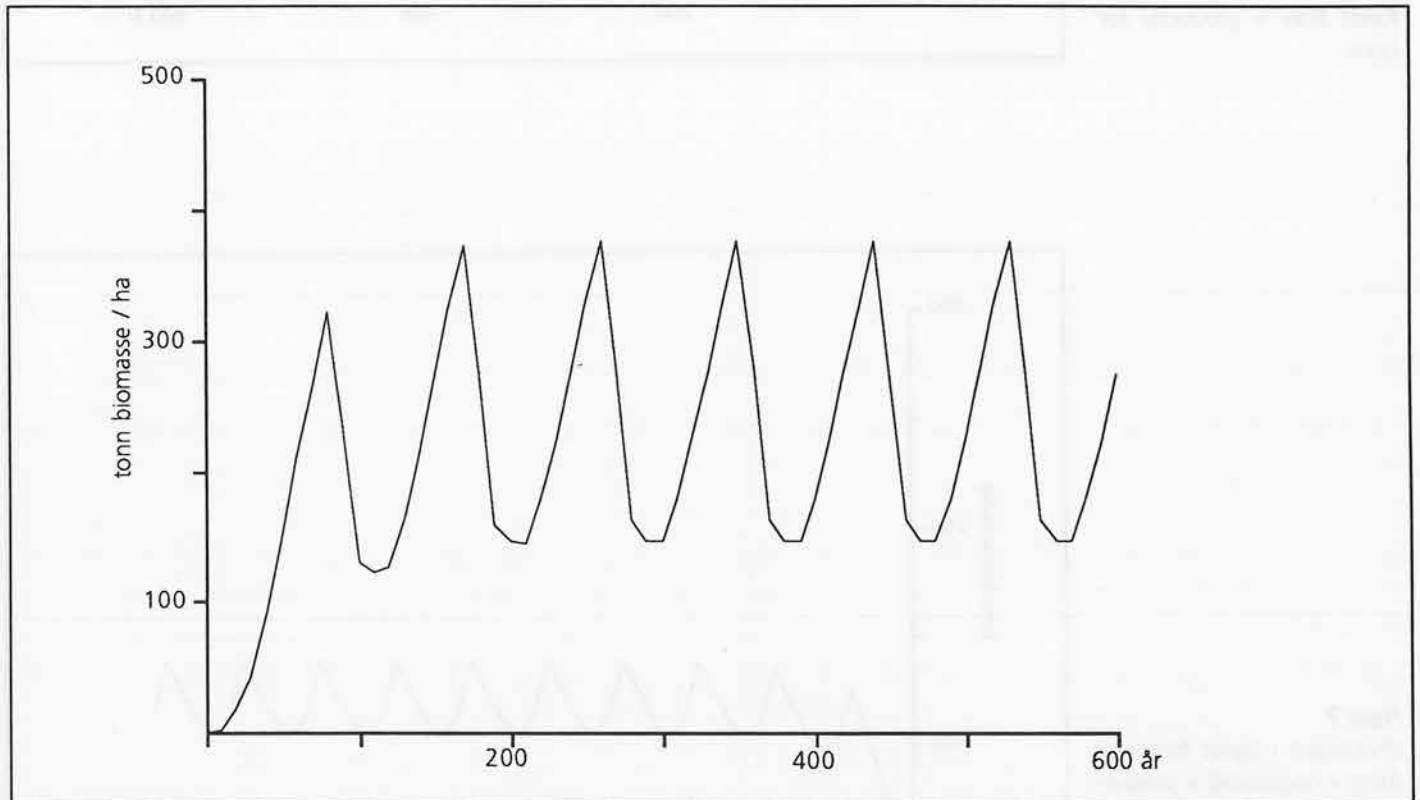
Forutsetter en 50% karbon i biomassen (som gjelder stort sett for alle treslag), kan tallene i figuren omregnes til CO₂ ved å multiplisere med ca 1,8.

5.1 Eksempel 1: Bjørk - furu - osp - or

Som nevnt tidligere er det gjennomført svært lite forskning på blandingsbestand både når det gjelder skjøtsel og produksjon. Vi er derfor på relativt "tynn is" på dette punktet.

I dette eksempelet har vi forutsatt at biomassen består av 70% bjørk, 10% furu, 10% osp og 10% or. Dette tilsvarer anbefalingen for Nord-Norge, i del 1. Alle løvtreartene er forutsatt å komme naturlig, dvs ingen plantekostnader.

Rent praktisk er denne blandingen "foretatt" ved å bruke dataene som ligger bak **figur 6 - 10** (monokulturer med full tetthet) og multiplisert med prosentandelen og summert opp. Her kan det ligge en betydelig feilkilde idet treslag i blanding kan oppføre seg forskjellig fra monokulturer. Med den informasjon vi har i



Figur 5

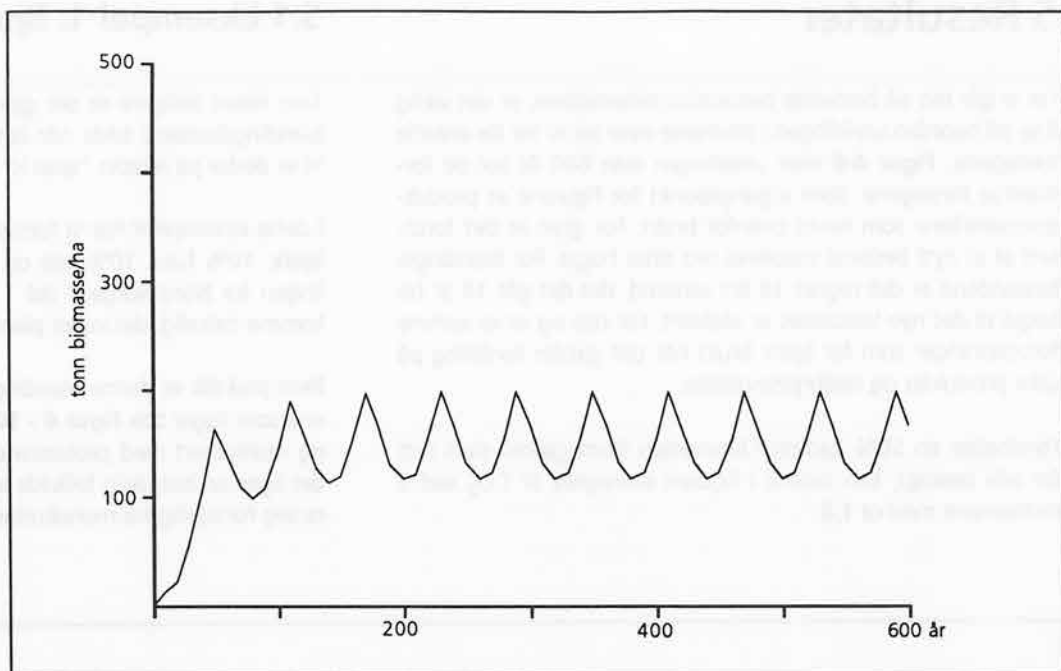
Utviklingen i lagret biomasse (skog + hogstavfall + produkter) for furu.

Development in "stored" biomass (standing stock + forest litter + products) for pine

Figur 6

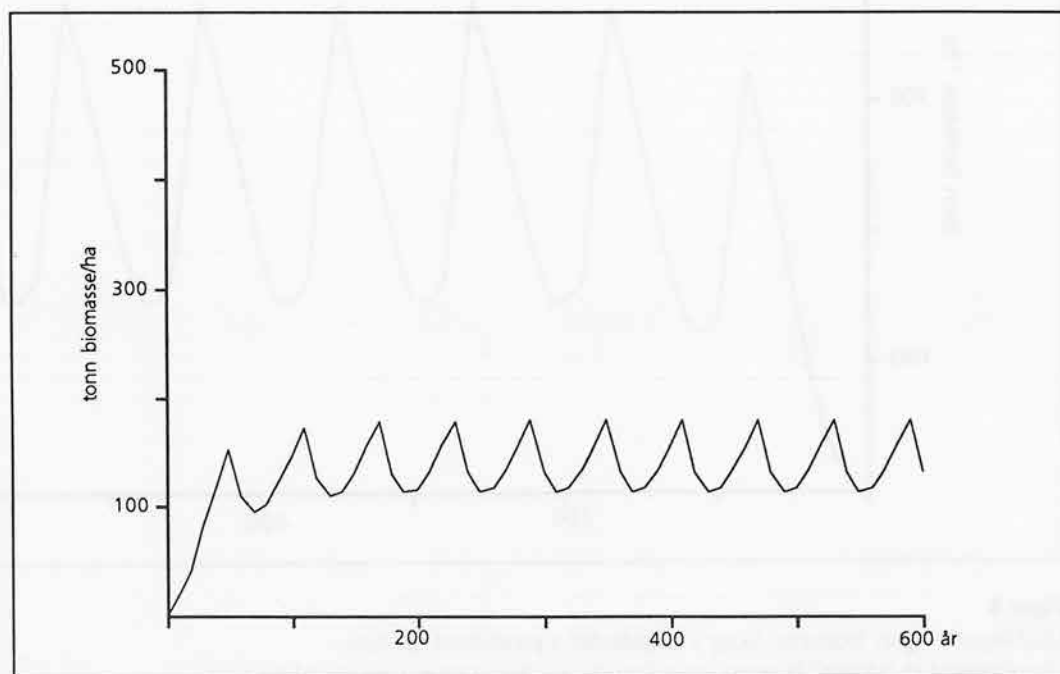
Utviklingen i lagret biomasse (skog + hogstavfall + produkter) for bjørk.

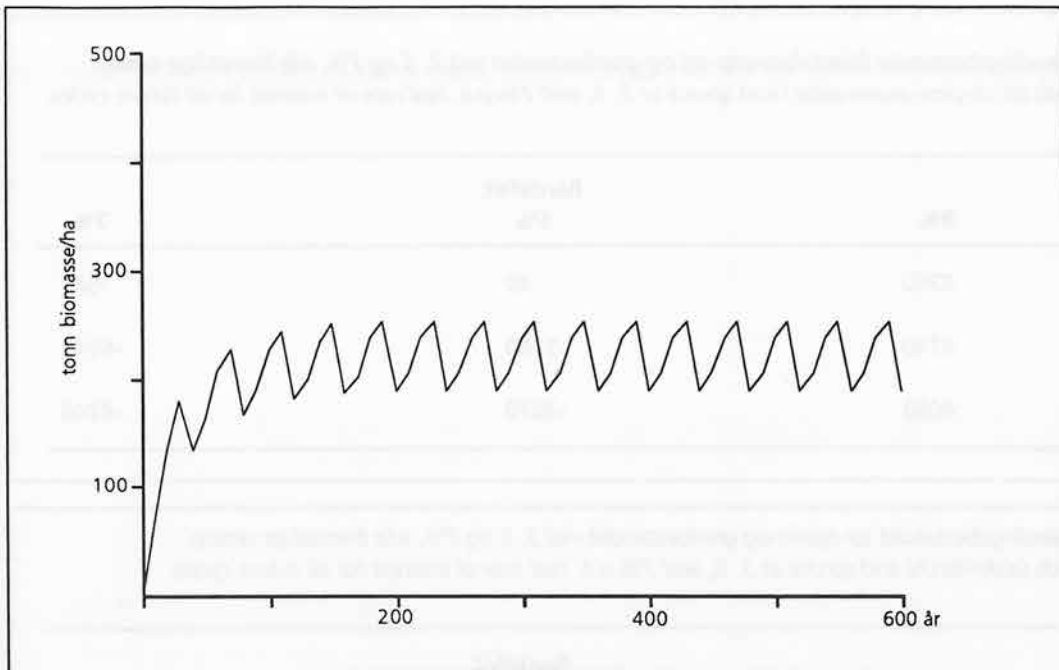
Development in "stored" biomass (standing stock + forest litter + products) for birch.

**Figur 7**

Utviklingen i lagret biomasse (skog + hogstavfall + produkter) for osp.

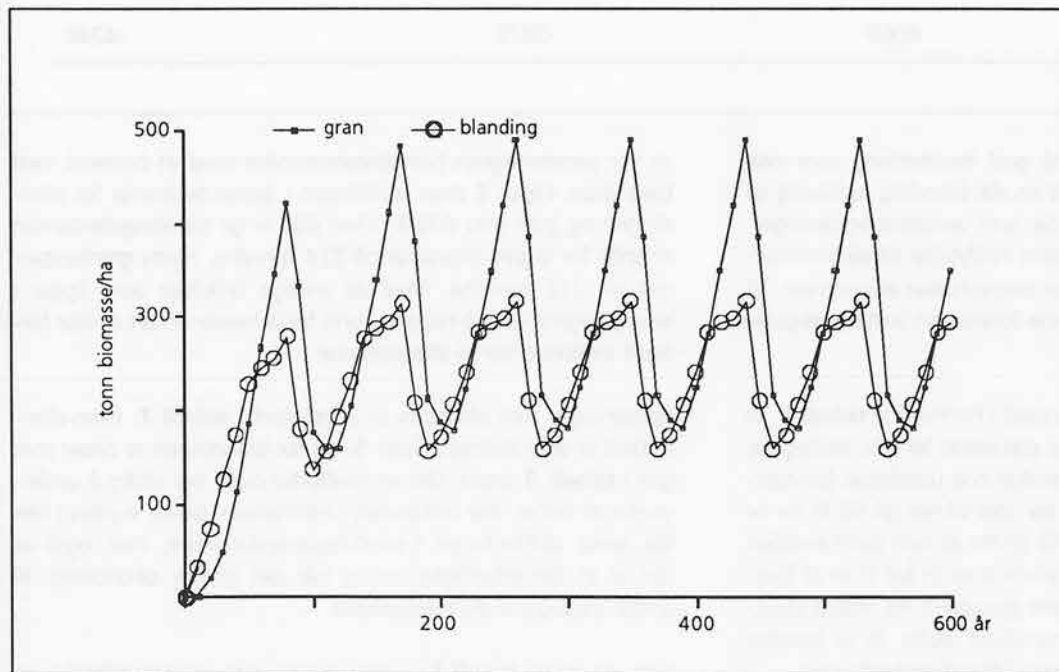
Development in "stored" biomass (standing stock + forest litter + products) for aspen.



**Figur 8**

Utviklingen i lagret biomasse (skog + hogstavfall + produkter) for or.

Development in "stored" biomass (standing stock + forest litter + products) for alder.

**Figur 9**

Utviklingen i lagret biomasse (skog + hogstavfall + produkter) for blandingsbestand (bjørk, furu, osp, or) og gran.

Development in "stored" biomass (standing stock + forest litter + products) for mixed stands (birch, pine, aspen, alder) and spruce.

Tabell 7 Nåverdien (kr/ha) for blandingsbestandet (bjørk-furu-osp-or) og granbestandet ved 3, 5 og 7%, alle framtidige omløp. Net present value for mixed stands (birch-pine-aspen-alder) and spruce at 3, 5, and 7% p.a. real rate of interest for all future cycles.

Bestand	Rentefot		
	3%	5%	7%
Blanding (bjørk-furu-osp-or)	3360	40	-540
Gran (2500 pl/ha)	4140	-5160	-6940
Gran (1500 pl/ha)	4060	-3070	-4240

Tabell 8 Nåverdien (kr/ha) for blandingsbestandet (or-bjørk) og granbestandet ved 3, 5 og 7%, alle framtidige omløp. Net present value for mixed stands (alder-birch) and spruce at 3, 5, and 7% p.a. real rate of interest for all future cycles.

Bestand	Rentefot		
	3%	5%	7%
Blanding (or-bjørk)	4170	1070	170
Gran (2500 pl/ha)	4140	-5160	-6940
Gran (1500 pl/ha)	4060	-3070	-4240

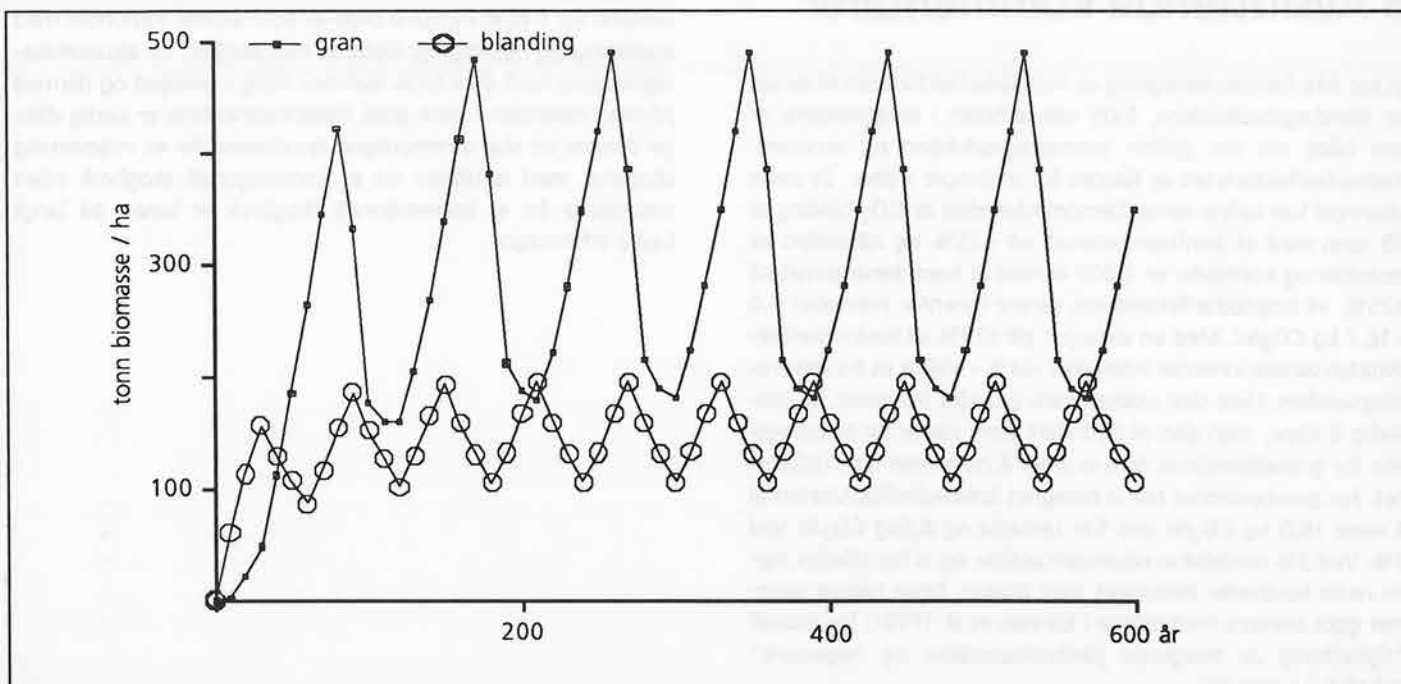
dag, er imidlertid dette en vel så god forutsetning som noe annet. Vi har også sett bort fra at en slik blanding antakelig vil kreve spesielle skogkulturtiltak, slik som avstandsreguleringer, tynninger, etc. Dette vil nok ha størst innflytelse på økonomiberegningene og føre til at vi kanskje overvurderer økonomien. Vi har forutsatt at det for blandingene foretas en avstandsregulering ved 10 års alder.

Hogst av de ulike treslagene er foretatt i henhold til **tabell 2**. Vi har forutsatt at det ikke skjer noe gjenvekst før alle treslagene (her furu) er hogd. Dette er en kanskje noe urealistisk forutsetning siden furuandelen er relativt lav. Det vil her gå 50 år fra or er hogd til den vokser opp igjen. På grunn av den store andelen bjørk vil en imidlertid neppe ha gjenvekst av or før etter at bjørka er hogd. Dette punktet bør være gjenstand for videre forskning, og for våre beregninger medfører dette at vi kanskje undervurderer biomasseproduksjonen i blandingsbestandet.

Vi har sammenlignet blandingsbestandet med et bestand med bare gran. **Figur 9** viser utviklingen i lagret biomasse for blandingen og gran over 600 år. Over 600 år gir blandingsbestandet et snitt for lagret biomasse på 224 tonn/ha, mens granbestandet gir 272 tonn/ha. Med de mulige feilkilder som ligger i beregningene er det neppe grunn for å hevde at det er stor forskjell mellom disse to alternativene.

Beregninger mht økonomi er presentert i **tabell 7**. Gran-alternativet er som definert i kap. 5, og for blandingen er priser som gitt i **tabell 3** brukt. Det er imidlertid også her viktig å understreke at det er stor usikkerhet i estimatene. Dette skyldes i første rekke usikkerheten i produksjonsestimatene, men også at det er et lite erfaringsgrunnlag når det gjelder økonomien til andre treslag enn de tradisjonelle.

Som en ser fra **tabell 7** gir gran bedre økonomi enn blandingen



Figur 10
 Utviklingen i lagret biomasse (skog + hogstavfall + produkter) for blandingsbestand (or, bjørk) og gran.
 Development in "stored" biomass (standing stock + forest litter + products) for mixed stands (alder, birch) and spruce.

ved 3% rentekrav. For høyere renteføtter gir blandingen bedre økonomi, noe som skyldes at løvalternativet ikke innebærer plantekostnader. Det er også verdt å merke seg at med et rentekrav på 7% vil nåverdien for begge alternativene være negativ. Dersom en investor (f.eks. samfunnet) har et slikt rentekrav, så skal ingen av tiltakene isolert sett settes i verk. Vi har i beregningene ikke tatt med skatte- og tilskuddsordninger, slik at vi ikke kan si noe om tiltaket er lønnsomt for skogeieren med et slikt rentekrav. Dette vil imidlertid neppe være tilfelle. Sett fra samfunnets side er ikke alle nyttekomponenter verdsatt i beregningene. I beregningene er bare medtatt kostnader til å etablere bestandet og inntektene fra salg av virke. Det vil (kan) imidlertid være også andre nyttekomponenter knyttet til skogbruk bl.a. at skogen binder CO₂, skaper arbeidsplasser, sikrer mat for vilt, gir økt rekreasjon, vern, etc. Disse er vanskelig å verdsette, men en vil ofte være i stand til å vurdere om disse komponentene er større enn en eventuell negativ nåverdi av inntektene og kostnadene i skogbruket.

5.2 Eksempel 2: Or - bjørk

I dette eksempelet har vi brukt en 80/20 blanding av or og bjørk. Dette kan være en blanding som f.eks. kan passe i ravinelandskapet langs Glomma og på Romerike og kanskje også på Vestlandet. På Østlandet vil en ha en naturlig innblanding av gran, men vi har sett bort fra dette. Det er forutsatt at løvtreartene er kommet naturlig, dvs ingen plantekostnader.

Figur 10 viser utviklingen i lagret biomasse for blandings- og granbestandet. Som en ser fra figuren, ligger granalternativet klart over blandingsalternativet mht lagret biomasse.

Økonomiberegningene for dette eksempelet er vist i **tabell 8**. Som en ser av tabellen kommer blandingen her ut med positiv nåverdi for alle rentenivåer i motsetning for gran. Imidlertid vil vi også her understreke den store usikkerheten som ligger i beregningene.

6 Avsluttende kommentarer

Vi har ikke foretatt beregning av kostnadseffektiviteten til de ulike blandingsbestandene, fordi usikkerheten i beregningene er stor både når det gjelder biomasseproduksjon og økonomi. Kostnadseffektiviteten er følsom for endringer i disse. Et tenkt eksempel kan belyse dette. Dersom nåverdien av CO₂-binding er 50 tonn med et konfidensintervall på ±25% og nåverdien av inntekter og kostnader er -5000 kr med et konfidensintervall på ±25%, vil kostnadseffektiviteten variere innenfor intervallet 6,0 - 16,7 kg CO₂/kr. Med en variasjon på ±20% vil kostnadseffektiviteten variere innenfor intervallet -33% - +50% ut fra forventningsverdien. Hvor stor usikkerheten er i våre estimater, er vanskelig å tippe, men den vil helt klart være større for blandingsenn for granalternativet, som vi anser å ha relativt liten usikkerhet. For granbestandet har vi beregnet kostnadseffektiviteten til å være 16,0 kg CO₂/kr ved 5% rentefot og 6,5kg CO₂/kr ved 7%. Ved 3% rentefot er nåverdien positiv, og vi har således ingen netto kostnader forbundet med tiltaket. Disse tallene stemmer godt overens med tallene i Lunnan et al. (1991) for tiltaket "tilplantning av marginale jordbruksområder og hagemark" (tabell 4.2.1 side 22).

Tidligere prosjekter har imidlertid vist (se Lunnan et al. 1991) at kostnadseffektiviteten er høyere for gran enn for bjørk ved skogreisning. Vi tror dette også gjelder for de alternativene som er vurdert her.

Som det framgår av tabellene, vil blandingene gi en høyere nåverdi enn gran ved 5 og 7% rentefot. På grunn av den store usikkerheten vil vi moderere konklusjonene til å si at det ser ut til at blandingsbestandene er konkurransedyktige med gran. Resultatene fra Veidahl (1991) og Eriksson L. (1991) viser også at rene løvbestand kan være konkurransedyktige med gran. Den viktigste forklaringen er forutsetningen om ingen plantekostnad for løvtreartene.

Når det gjelder lagring av biomasse, ser det ut til at denne er høyere for gran enn blanding, i alle fall for eksempel 2. For eksempel 1 er ikke forskjellen mellom de to bestandene stor nok til at vi vil trekke noen klar konklusjon. Andre miljøhensyn utover det å binde CO₂ slår helt klart ut i blandingenes favør.

Dersom et mer "miljøvennlig skogbruk" skal brukes som et tiltak for å binde CO₂, må det gjennomføres mer forskning for å skaffe bedre informasjon og på denne måten redusere usikkerheten i estimatene. Særlig viktig her er mer informasjon om produksjonen, både volum og biomasse i blandingsbestand. Det

må også gjennomføres undersøkelser av skogskjøtselen av slike bestand for å få et riktigere bilde av kostnadene forbundet med etablering og oppfølging. Dette er helt sentralt for økonomiberegningene fordi slike tiltak kommer tidlig i omløpet og dermed påvirker nåverdien i sterk grad. Disse momentene er særlig viktige dersom en skal sammenligne resultatene for et miljøvennlig skogbruk med resultater fra et konvensjonelt skogbruk siden resultatene fra et konvensjonelt skogbruk er basert på langt bedre informasjon.

7 Sammendrag

NINA (se del 1) har på oppdrag fra DN vurdert de miljøkonsekvenser en kan forvente av å bruke skog som tiltaksmiddel for å redusere CO₂ i atmosfæren, og gitt tilrådninger for bruk av marginal jordbruksmark som CO₂-bindende arealer. Hensikten med del 2 av utredningen er i første rekke å kvantifisere biomasseproduksjonen i skog ved et mer "miljøvennlig skogbruk" slik det er skissert i del 1, og å vurdere økonomien ved et slikt alternativ. Det er ikke hensikten å gi en fullstendig oversikt over konsekvensene av alle alternative skogbruksformer, men ved hjelp av noen eksempler prøve å få et visst begrep om hva en overgang til en mer miljøvennlig utforming av skogbruket vil bety.

Tradisjonelt er norsk skogbruk basert på treslagene gran og furu og til en viss grad bjørk. Et annet viktig kjennetegn er at det i første rekke plantes monokulturer. Som det framgår av del 1 vil en overgang til andre skogbruksformer, i første rekke blandingsbestand og introduksjon av andre treslag enn de tradisjonelle, kunne gi en positiv miljøgevinst i forhold til tradisjonelt skogbruk. Et problem en møter når en skal analysere alternative skogbruksformer er mangelen på kunnskap (forskning).

Som nevnt ovenfor har vi, med utgangspunkt i del 1 analysert to mulige blandingsbestand, som så er sammenlignet med monokultur av gran. Blanding 1, som geografisk kan "plasse-res" i Nord-Norge, består av 70% bjørk, 10% furu, 10% osp og 10% or. Blanding 2 består av 80% or og 20% bjørk og kan passe i ravinelandskapet langs Glomma og på Romerike og til en viss grad på Vestlandet.

Nåverdi er brukt som et økonomisk mål. Dette er den mest brukte indikatoren for å måle avkastningen av investeringer i skogbruket. Nåverdien er beregnet for 3, 5 og 7% p.a. realrente for å dekke et rimelig intervall. Valg av rentefot vil kunne være helt kritisk for konklusjonene. Nåverdiberegningene omfatter bare inntekter og kostnader i forbindelse med tømmerproduksjon. Det er forutsatt planting og bonitet G17 i alle alternativer. For blanding 1 viser resultatene at nåverdien er lavere ved 3% p.a. for blandingen enn for gran, hhv ca 3400 kr/ha og 4100 kr/ha. Ved 5% p.a. er nåverdien høyest for blandingen ca 40 kr/ha mot ca -3100 kr/ha for beste granalternativ. Negativ nåverdien betyr at "tiltaket" ikke er økonomisk lønnsomt. Ved 7% er nåverdiene negativ for begge, men høyest for blandingsbestanden, hhv ca -500 kr/ha og -4200 kr/ha. For blanding 2 viser analysen et tilsvarende bilde. Ved 3% er nåverdien for blandingen og gran omtrent lik, hhv ca 4200 kr/ha og ca 4100 kr/ha. Ved 5% er nåverdiene ca 1100 kr/ha og -3100 kr/ha for

hhv blandingen og gran. Ved det høyeste rentekravet er nåverdien for blandingen ca 200 kr/ha og ca -4200 kr/ha for gran. Det er en stor grad av usikkerhet i beregningene, særlig for blandingsalternativene. Det vil derfor være en for sterk påstand å påstå at blandingene gir en bedre økonomi enn monokultur med gran. Imidlertid ser det ut til at blandingene er konkurransedyktige med gran ved kalkulasjonsrenter over 5% p.a.

Når det gjelder binding av karbon er det ikke stor forskjell mellom blanding 1 og gran. Over en 600 års periode har blanding 1 i snitt lagret ca 220 tonn biomasse pr ha mens tilsvarende tall for gran er ca 270 tonn biomasse pr ha. For blanding 2 viser analysen at gran binder betydelig mer karbon enn blandingen.

Som nevnt tidligere er det betydelig usikkerhet knyttet til beregningene. Blant annet gjelder analysene for granbonitet G17, dvs en relativt lav bonitet ved tilplanting av tidligere jordbruksarealer. Ved høyere boniteter vil gran antakeligvis komme relativt bedre ut. Beregningene indikerer imidlertid at blandingsbestand kan være konkurransedyktige med gran både når det gjelder økonomi og binding av karbon. Skal en bruke blandingsbestand som et virkemiddel må en gjennomføre grundigere analyser. Det bør også forskes mer på produksjon (både biomasse og "salgbart" virke) i blandingsbestand.

8 Litteratur

- Blingsmo, K.R. & Veidahl, A. 1990. Vegledning for BESTPROG versjon 0.5. - NISK & Institutt for skogfag, NLH, 20s.
- Blingsmo, K.R. 1990. Biomasseproduksjonstabeller for gran, furu og bjørk.
- Børset, O. & Langhammer, Å. 1966. Vekst og produksjon i bestand av gråor. - Meld. fra NLH - nr. 24/1966.
- Eriksson, L. 1991. Økonomien ved åkermarksbeskogning. - Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier (SIMS), Rapport nr 17. 141 s + vedlegg.
- Fylkeslandbrukskontoret i Akershus 1991. Skogreising i Akershus med særlig vekt på kvalitetsproduksjon og omsetning av lauvtretrømmer. - 96s.
- Haugberg, M. 1958. Produksjonsoversikter for osp. Foreløpig rapport. - Meddr. fra D.n.S - nr. 50.
- Hoen, H.F. & Eid, T. 1990. En modell for analyse av behandlingsalternativer for en skog ved bestadnssimulering og lineær programmering. - Rapport 9/90. NISK. 30s + vedlegg.
- IST/ISØ 1987. Handbok for planlegging i skogbruket. - Institutt for Skogtaksasjon og Institutt for Skogøkonomi, NLH. Landbruksforlaget, 223 s.
- Johansson, P-O. & Löfgren, K-G. 1985. The economics of forestry and natural resources. - Basil Blackwell, Oxford, 292 p.
- Kucera, B. 1986. Trevirkets egenskaper i tabellform. - I C. Bonnevie-Svendsen; "Heije/Nygaard Norsk Skoghåndbok 1986". s 203-208.
- Lunnan, A., Navrud, S., Rørstad, P.K., Simensen, K. & Solberg, B. 1991. Skog og skogproduksjon som virkemiddel mot CO₂-oppnopning i atmosfæren. - Aktuelt fra Skogforsk nr 6 - 1991, 86s.
- Marklund, L.G. 1988. Biomassafunksjoner for tall, gran och bjørk i Sverige. - Inst. för skogtaxering, SLU. Rapport 45, 73s.
- Nedre Glommen skogeierforening 1992. Tømmerprisene vinteren 1992. - Nedre-Skog, Nr 1-92, side 10.
- NISK 1987. Dataprogrammet KVIKKTAB.
- Opdahl, H. 1991. Skjøtsel og produksjon av osp. - Aktuelt fra Skogforsk.
- Solberg, B., Lunnan, A. & Rørstad, P. K. 1992. Skog og vegetasjon i den internasjonale klimaavtalen. - Notat, Institutt for økonomi og samfunnsfag, Norges landbrukshøgskole.
- Veidal, A. 1991. Økonomien i lausskogbruket. - I Fylkeslandbrukskontoret i Akershus (1991): "Skogreising i Akershus med særlig vekt på kvalitetsproduksjon og omsetning av lauvtretrømmer". s. 50-95.

052

nina
utredning

ISSN 0802-3107
ISBN 82-426-0394-4

Norsk institutt for
naturforskning
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel. 07 58 05 00